

Új Nemzeti Kiválóság Program 2023/2024 Tanulmánykötet

Győr, 2024



ISSN 2630-8134

ISBN 978-615-6443-16-8

© Széchenyi István Egyetem, 2024

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a mű bővített, illetve rövidített változata kiadásának jogát is. A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül sem a teljes mű, sem annak része semmiféle formában nem sokszorosítható.

Kiadó | Széchenyi István Egyetem

Levélcím | 9026 Győr, Egyetem tér 1.

TARTALOMJEGYZÉK

ÚNKP-23-1: Felsőoktatási Alapképzés Hallgatói Kutatói Ösztöndíj

HORVÁTH LILI Tanulásban akadályozott tanulók nyelvi képességeinek felmérése	7
KUSICA KOLOS Ukrajna fegyveres támogatása az orosz-ukrán háborúban.....	18
TÓTH OLIVÉR Mesterséges intelligencia építészeti alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata	29

ÚNKP-23-2: Felsőoktatási Mesterképzés Hallgatói Kutatói Ösztöndíj

CSÓTÁR HANNA A DIC mérés technika alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata beton elemeken.....	37
ERŐS ORSOLYA JÚLIA A jogellenes gyermekelviteli ügyek hazai és nemzetközi gyakorlata	47
GULYÁS CSENGE Biológiai védekezés a mirigyes bálványfa (Ailanthus altissima) ellen, és a gazdanövénykörüre vonatkozó vizsgálatok	55
KISS BENCE Játék vagy használható technika? - Xerográfia az alkalmazott grafikában.....	60
LENNERT JÓZSEF RICHÁRD Li-ion akkumulátorok állapot becslése mesterséges intelligenciaalkalmazásával.....	64
LUKÁCS BENCE Pénzügyi elemzési technikákkal fenntarthatósági számviteli mérőszámok kidolgozásának keretrendszere az ESG-SDG teljesítmény átfogó értékelése érdekében, nagyszámú nemzetközi vállalat jelentéstételi gyakorlatánakelemzésével.....	69
RUBOVSZKY ÁRON MÁRTON Belső égésű motor dugattyúgyűrű felületén lézergravírozással kialakított struktúra tribológiai vizsgálata	82
SZENTENDREI DÁNIEL Hidrogén és belsőégésű hajtás okozta kondenzátum mennyiségének hatásainak meghatározása a kompresszorkerék előtt szimulációs környezetben.....	90

ÚNKP-23-3: Felsőoktatási Doktori Hallgatói Kutatói Ösztöndíj

AGG ÁRON DÁVID Gyalogosok járműforgalomra gyakorolt hatásának elemzése gépi látás alapú módszerrel közúti csomópontokban	98
BANA BERNADETT Takarmányok minőségének vizsgálata műszeres illatmérés eredménye alapján.....	110

FRANK MÁTÉ A termékfelelősségi szabályozás fenntarthatóságának kérdései –A fejlesztési kockázat joggazdaságtani elemzése.....	120
GÖRBE POLINA A dinamikusan optimalizált raktári termékelhelyezés okozta hatásokvizsgálata a háttértári betárolásokra vonatkozóan.....	127
HORVÁTH KRISZTIÁN Egy versenygokart többtest-dinamikai szimulációja a víz rugalmasságánakfigyelembevételével.	134
HORVÁTH PATRÍCIA A klaszterek és vállalati hálózatok szerepének vizsgálata a fenntarthatófejlesztési célok elérésében	142
JAKAB SÁNDOR KÁLMÁN Bioalapú polimer újrahasznosíthatóságának vizsgálata.....	155
JÓVÉR VIVIEN A szerkezeti és geometriai romlás hatása a közúti vasútfelépítményrendszerekre: élettartam meghatározása geometriai és dinamikamódszerek alkalmazásával	163
KATONA MIHÁLY Szinkron reluktancia villamos gép újratervezése és újragyártása a körforgásosgazdasági modell szempontjai szerint	172
KOVÁCS MÁRIÓ Szintaktikus fémhabok mechanikai veselkedésének numerikus modellezéseés az eredmények validálása anyagvizsgálati módszerekkel	182
MACHER GERGELY ZOLTÁN Az azbesztcement komplexumot tartalmazó csapadékvízzel szennyezettöntözővíz toxikus hatása a Solanum lycopersicum csírázására, kezdetinövekedésére, valamint fiziológiai és biokémiai paramétereire	191
MÁJER JÁNOS Szoftvertesztelői eljárások automatizálási lehetőségeinek kutatása HIL/SIL környezetben CI/CV alapokon.....	202
MOHAMMAD FAHAD Az útburkolat nyomvályúsodásának véges elemes modellezése	208
NÉMETH ATTILA Biostimuláns Mikroalga Biomassza Alkalmazási Lehetőségeinek VizsgálataMuskátli Növekedésének És Fejlődésének Befolyásolására	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
NÉMETH PÉTER Hibrid járműarchitektúra optimalizációja szimulációs és validációs eszközökkel a felhasználás és az új technológiai lehetőségek függvényében	217
NÉMETH RICHÁRD Álhírekre való fogékonyság felmérése a társadalmi generációk körében,közösségimédia-elemzés segítségével	237
ŐSZE ÁRON A különleges jogrenddel összefüggésben gyakorolható jogi és politikaikontrollmechanizmusok	246
PÁLFFY ZSUZSANNA A vállalati beágyazottság fenntartható modellje a kis- és közepes méretűcsaládi cégek jó gyakorlatai alapján	252
PÁTKAINÉ BENDE ANNA A családbarát vállalatok társadalmi felelősségvállalásának vizsgálata	262

PESTHY MÁRK Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának hatása magas fordulatszámú rotor-csapágy rendszerek rotordinamikájára	275
PUSZTAI ZOLTÁN Kísérleti energiahatékony jármű menetellenállásának részletes vizsgálata	284
SOMOGYI CSILLA Sértetti jogok szabályozásának összehasonlítása a német és az osztrákbüntetőeljárás kódexben - Különös tekintettel a sértett fogalmára	292
SZABÓ-SÁRVÁRI LORETTA CSILLA Fermentált takarmány hatása az interleukin (IL-6 és IL-10) génexpressziójárabrojlerekben.....	300
SZABÓ VERONIKA ANNA Az öngyógyító hatás vizsgálata kémiailag habosított rPET blendekben	309
TAKÁCS RICHÁRD Hidrogén hajtású járművek sűrítőkerék eróziójának vizsgálata	318
VEREBÉLYI VIKTÓRIA Az államot illető közjogi és magánjogi jogosítványok elhatárolása különöste tekintettel a közgyűjteményben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadására irányuló eljárásra.....	326
ZSEBŐ SÁNDOR Légi és földközeli szenzorok NDVI értékeinek egy időben történő vizsgálata.....	334

ÚNKP-23-4: “Tudománnyal fel!” Felsőoktatási Doktorvárományosi és Posztdoktori Kutatói Ösztöndíj

DR. BAKÓ FERENC F fiatal felnőttek klímaszorongással kapcsolatos ismeretei és érzései: Longitudinális kutatás a környezeti tudatosság mintázatainak feltárásáramesterséges intelligencia segítségével	341
DR. HORVÁTH KRISZTIÁN Nemlineáris állapotbecslési módszerek szinkronmotoros villamos hajtásokszögsebesség-érzékelő nélküli szabályozásához	349
DR. KELEMEN ROLAND A cyberfare state egyes jellemvonásainak a vizsgálata, avagy a kibertérhatása a biztonságra, az államra és a társadalomra	358
DR. KOCSIS BENCE JÁNOS 3D nyomtatott fém-szigetelő vasmag fejlesztése elektromotorokhoz.....	367
DR. SIK BEATRIX Vadszeder (Rubus fruticosus L.) gyümölcspor felhasználása ételmiszerben, mint természetes antioxidáns összetevő és színezék	376
DR. SZALAY ISTVÁN A villamos járműhajtásokban alkalmazott állandó mágneses szinkrongépekfluxusmodelljének nemlineáris bővítése korszerű érzékelő nélküli szabályozásieljárásokhoz.....	385

ÚNKP-23-5: Bolyai+ Felsőoktatási Fiatal Oktatói, Kutatói Ösztöndíj

DR. LENDVAI LÁSZLÓ Gyártási körülmények hatásának vizsgálata additív feldolgozásra szántakrilnitril butadién sztirol (ABS) alapanyagra	393
DR. NOGEL MÓNIKA A precíziós medicina jogi kihívásai Magyarországon: A prediktívdiagnosztikai genetikai tesztekől a génterápiáig vezető út jogi normáinak újragondolása	401
DR. SZABÓ ZSOLT ROLAND A digitális leszakadás azonosítására alkalmas nemzetközi indikátorokösszevetése.....	408
DR. WELTSCH ZOLTÁN Határfelületi kapcsolatok vizsgálata különböző járműipari anyagok esetén.....	419

Tanulásban akadályozott tanulók nyelvi képességeinek felmérése

1. Bevezetés

Az Európai Unió állásfoglalása alapján az anyanyelvi képességeket az elsőrendű kulcskompetenciák egyikeként tartjuk számon, amely kompetenciák elsajátíttatása a közoktatási rendszer egészét meghatározza. A tudatos nyelvhasználat – amelynek alaptényezői a nyelvi képességek – az egyének foglalkoztatási ágazatban való helyállását is jelentős mértékben befolyásolja (Sós, 2018). A kommunikáció mind a létezés, mind pedig a szocializációs folyamatok (a kapcsolatteremtés) bölcsőjeként értelmezendő. Amellett, hogy elősegíti az egyéni életminőség/környezet javulását, és a kölcsönös bizalomépítést, a másokkal történő kooperációhoz szükséges alapfeltételeket is megteremti (Sipos – Venczel-Szakó – Ásványi, 2022).

A jelen tanulmány legfőbb célkitűzéseit a következők: 1.) egyrészt annak felmérése, hogy a középfokú tanulmányaikat befejezni tervező, szakiskolába járó, tanulásban akadályozott személyek milyen nyelvi készségekkel rendelkeznek (hiszen tudjuk, hogy ezek a képességek kamaszkorban ebben a populációban még intenzíven fejlődnek, lásd pl. Bakos – Zajdó, 2013; Zajdó – Babosné Prán – Bakos, 2013), illetve, hogy ezen kommunikációs képesség-profillal való rendelkezés mennyire segíti elő a munkaerőpiacon való érvényesülésüket; 2.) másrészt pedig annak vizsgálata, hogy az érintett tanulók esetében – az elmúlt tizenkét év ismeretanyagával felvértezve – a hatékony kommunikációs attitűd (lásd: nyelvi eszközök megfelelő használata) milyen mértékben vált alapkészségeik szerves részévé annak céljából, hogy a munkaerőpiaci elhelyezkedésükre sor kerülhessen, és ezáltal képessé váljanak önálló életvitelük kialakítására.

A tanulási akadályozottság fogalmának kialakulása hazánkban az 1990-es évekre vezethető vissza. Ennek keretein belül a magyar gyógypedagógia (külföldi példát követve) az értelmi képességek sérüléséből adódó tünetek két ágát különítette el egymástól: az értelmi és a tanulási akadályozottságot (Albert, 2009). A hatályos terminológiai megnevezés alapján, a tanulási nehézség csupán gyűjtőfogalomként értelmezendő, amely magába foglalja a tanulási elmaradást/gyengeséget, a tanulási zavart és a tanulási akadályozottságot. Tanulási akadályozottság alatt azon több tantárgyi területre kiterjedő – generalizált, átfogó, tartós – tüneteket értjük, amelyek a kognitív funkciók és beszéd késedelmes fejlődésében, elhúzódo feladatvégzésben, többszöri hibázásban, valamint a szociális érés nehézségeiben nyilvánulnak meg (lásd: magatartás-és viselkedészavarok). Ezen eltérések – a tanulási kompetenciák kialakulásának elmaradásából, zavarából és akadályozottságából kifolyólag –

¹ SZE Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Gyógypedagógia Tanszék, Tanulásban akadályozottak pedagógiája szakirány, II. évfolyamos, nappali tagozatos hallgató. Témavezető: Dr. Zajdó Krisztina Ph.D., SZE Apáczai Kar, Gyógypedagógia Tanszék; nyelvész, kommunikátor, a beszéd- és hallástudományok doktora, egyetemi docens.

korrelálnak a bio-pszicho-szociális háttérrel (szociálisan hátrányos – ingerszegény, elhanyagoló környezet) (Mesterházy – Szekeres 2019).

A nyelvi képességeknek négy fajtája különíthető el egymástól: az olvasás, a hallás utáni megértés, a beszéd és az írás képessége. A nyelvpedagógia állásfoglalása szerint, az előbbi kettő esetében a megértési funkcióra helyeződik a hangsúly (befogadó jelleg), az utóbbi kettőnél pedig az alkotási folyamat minősül hangsúlyosnak (alkotó jelleg). E négy terület azonban nem különíthető el élesen egymástól, ugyanis az alkotó jelleg egyaránt nélkülözhetetlen elemük (Cs. Czachesz, 1998).

A jövőkép kialakításának kompetenciája a tanulásban akadályozott, középfokú tanulmányi kötelezettségeiknek eleget tevő egyének életében is meghatározó tényezőnek minősül, ugyanis egy minőségi és kiegyensúlyozott életvitel megteremtésének alapját azon koncepció képezi, miszerint a társadalom minden tagjának lehetősége van arra, hogy a személyes céljait elérje. A tanulásban akadályozott fiatalok jövőképeinek formálódását az alábbi tényezők bármelyike befolyásolhatja:

1. akadályozottság, mint mérték (önálló életvitel kialakítására szolgáló képesség/képtelenség – pozitív/negatív jövőkép);

2. intelligenciahányados (alacsony IQ – képességfejlődés, továbbtanulás, munkaerőpiacon való érvényesülés, családalapítás lehetőségéről való lemondás);

3. szociális/családi környezet (szülők iskolai végzettsége – Bernstein-féle: korlátozott/kidolgozott nyelvi kód);

4. tanulmányok elérhetősége (tanulásban akadályozottak – gyengébb értelmi képességek – továbbtanulási alternatívák szakiskolára való korlátozódása/munkaerőpiaci elhelyezkedés nehezítettsége);

5. elhelyezkedési lehetőségek (társadalmi befogadás, elfogadás, esélyegyenlőség);

6. szociális befogadás/elfogadás (integráció elősegítése, befogadó attitűdök kialakulása);

7. önfogadás (pozitív énkép megteremtése) (Molnár – Mező, 2021).

A tanulásban akadályozott tanulók nevelési-oktatási folyamataival a 2011. évi CXC. törvény 15. § és 47. §-a², a 2012-es évtől hatályos Nemzeti alaptanterv (röviden: NAT)³ és a 2012-es EMMI rendelet (A sajátos nevelési igényű tanulók iskolai oktatásának irányelvei, röviden: SNI-irányelvek)⁴, valamint a 2019. évi LXXX. szakképzési törvény⁵ foglalkozik.

Jelen kutatás csupán részeredményeket közöl, ugyanis az adatgyűjtés még folyamatban van.

² 2011. évi CXC. törvény a nemzeti köznevelésről, 13. fejezet – 15. §: A gyógypedagógiai, konduktív pedagógiai nevelési-oktatási intézmény / 28. fejezet – 47 §: Sajátos nevelési igényű és beilleszkedési, tanulási, magatartási nehézséggel küzdő gyermekek, tanulók nevelése, oktatása

³ 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet – a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról

⁴ 32/2012. (X. 8.) EMMI rendelet – a Sajátos nevelési igényű gyermekek óvodai nevelésének irányelve és a Sajátos nevelési igényű tanulók iskolai oktatásának irányelve kiadásáról

⁵ 2019. évi LXXX. törvény a szakképzésről

2. A kutatás

2.1. A kutatási minta

A felmérés fókuszcsoportját azon tanulásban akadályozott tanulók képzik, akik érettségi és szakmai érettségi vizsga előtt állnak. A résztvevők 10. évfolyamos, 2001 és 2007 között született férfiak és nők. Ami a specializációjukat illeti, nyolc féle szakosodást képviseltek, úgy mint: a) sütőipari és gyorspékészeti munkás; b) falazó kőműves; c) parkgondozó; d) virág-és koszorúkészítő; e) szakácssegéd; f) bolti előkészítő; g) asztalos ipari szerelő; és h) számítógépes adatrögzítő.

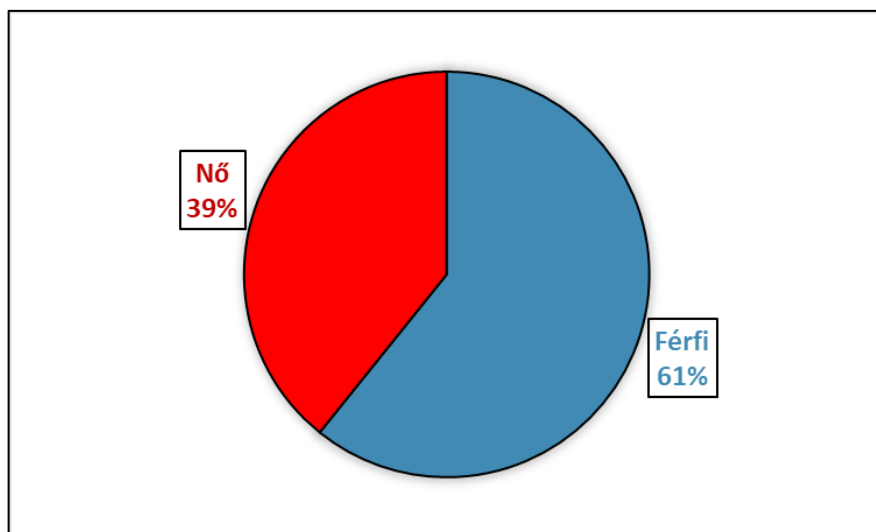
A minta 51 főt foglal magába. Az adatfelvétel a nyugat-magyarországi régió két vármegyekezőpontjában zajlott, Győrben és Szombathelyen. Míg az általam felkeresett intézmények közül, a szombathelyi szakiskola a város centrumában, addig a győri szakképzési centrum a külkerületben helyezkedik el. Előbbi esetében kettő, utóbbi esetében pedig három alkalommal fordultam meg az intézményben. A látogatott osztályok számszerűsített megnevezésére vonatkozólag Szombathelyen egy, Győrben pedig négy csoport tanulóit volt alkalmam a jelen kutatásba bevonni.

Másodéves, gyógypedagógus – tanulásban akadályozottak pedagógiája szakirányos – hallgatóként:

a) a tanulásban akadályozott tanulók kommunikációs képességeinek fejlődésével;

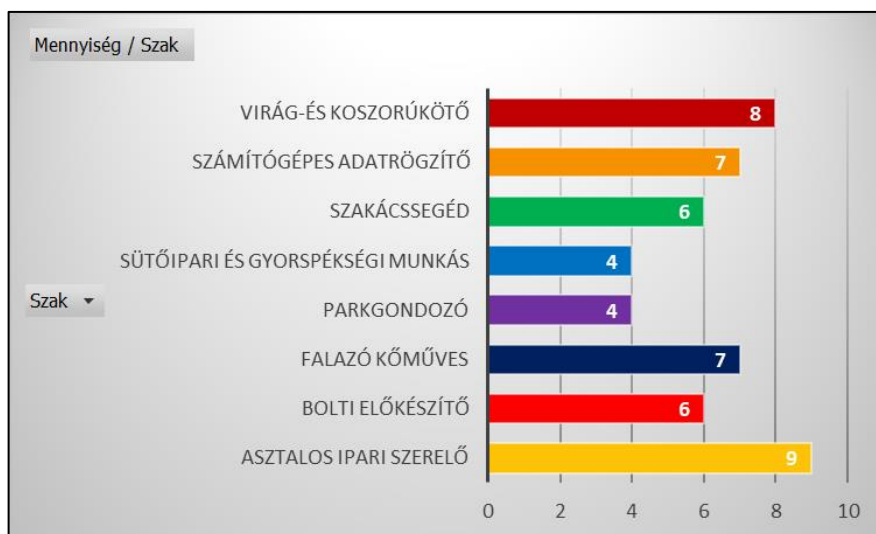
b) a feladatsorok szerkesztésének módjával;

c) valamint a kiértékelés módszertani, illetve gyakorlati technikáival kapcsolatos ismereti és tapasztalati terminológiák minél széleskörűbb megismerésére helyeztem a hangsúlyt. A kutatás azáltal válhat a társadalom javára, hogy a tanulásban akadályozott, szakiskolai tanulmányaikat befejezni tervező egyének nyelvi kompetencia-profiljának feltérképezése által a gyógypedagógiai oktató-nevelő tevékenység tudományos alapokon fejlődik tovább. A jelen kutatás ehhez járul hozzá.



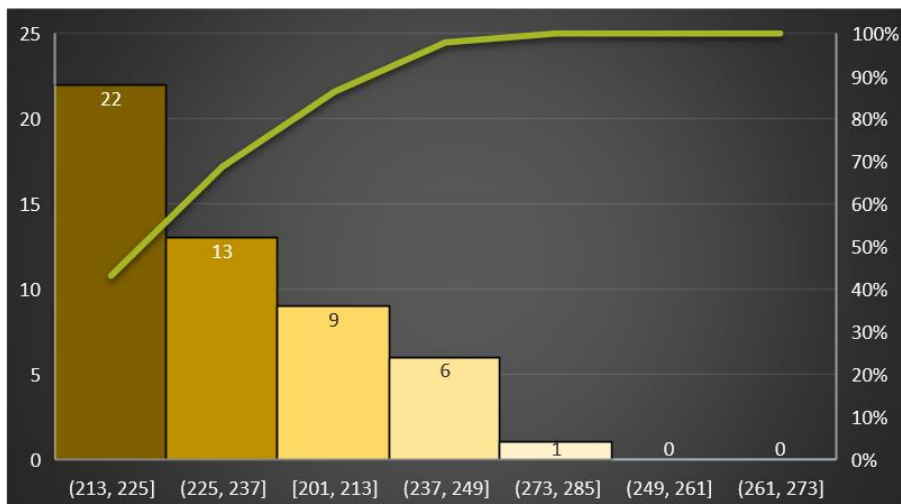
1. ábra: Az adatközlők nemek szerinti százalékos megoszlása

Az 1. ábra az adatközlők nemek szerinti százalékos eloszlását mutatja be. A kördiagramon jól látható, hogy a felmérésben résztvevők több mint fele (61 %-a) férfi.



2. ábra: A minta szakok szerinti eloszlása

A 2. ábra az általam felmért osztályokban tanuló diákok specializáció alapján történő megoszlását jeleníti meg. Látható, hogy a nyolc szakirányból a legtöbb kiegészítő az asztalos ipari szerelők (9 fő), a két legkevesebb pedig a sütőipari és gyorspékségi munkások (4 fő), valamint a parkgondozók (4 fő) csoportjából került ki.



3. ábra: A résztvevők életkorának hónapok szerinti megoszlása

A 3. ábra az 51 főből álló mintát alkotók életkorának hónapok szerinti megoszlását ábrázolja. A megfigyelések a következők: a) az első oszlop (213-225 hónap) – 22; b) a második oszlop (225-237 hónap) – 13; c) a harmadik oszlop (201-213 hónap) – 9; d) a negyedik oszlop (237-249) – 6; e) az ötödik oszlop (273-285) pedig 1 tanulót foglal magába.

2.2. A kutatás módszerei és eszközei

2.2.1. A kutatás körülményei

A felmérés lebonyolítására személyesen, az intézmény keretein belül került sor, előzetes intézményvezetői jóváhagyás és megállapodás alapján. Az adatgyűjtési idő osztályonként 45 percből állt. Az adatfelvétel lépései a következők:

1. lépés: Bevezető megbeszélés: a kutatás céljának ismertetése;
2. lépés: 3-3 nyomtatott példány (szöveg, kérdéssor, munkalap) kiosztása + utasítások ismertetése;
3. lépés:
 - a. Hallott egység: szöveg hangos felolvasása a tanulónak, munkalapra – születési év és hónap, nem (férfi/nő), évfolyam, szakirány – tanulói adatok felírásának kérése, majd önálló munkavégzés megindítása;
 - b. Írott egység: munkalapra – tanulói adatok felírásának kérése, önálló munkavégzés azonnali megindítása.
4. lépés: szöveg, kérdéssor, munkalap begyűjtése a tanulók egyéni munkatempójához igazodva.

Az intézmények szakembereinek aktív szerepvállalása folytán, a mintavételre – a korábbiakban már említett öt alkalom mindegyikén – megfelelő módon és keretek között került sor. Ami a tanulók együttműködési képességét illeti, elmondható, hogy – megfigyeléseim és tapasztalataim alapján – megfelelő mértékű koncentrációval és elhivatottsággal végezték el az általam ismertetett feladatokat.

2.2.2. A kutatás módszerei és eszközei

A kutatási terv két olyan szöveg megalkotását kívánta meg, amely – a felmérés formaiságát megtartva, továbbá a résztvételt vállaló személyek érdeklődését felkeltve – a tanulók általános kognitív képességeivel és feladattudati szintjével egyaránt összhangban áll. Ehhez igazodva mindkét tesztfeladatot alkotó szöveget úgy állítottam össze, hogy az egyik a szabadidő és kikapcsolódás, a másik pedig a munkaerőpiac témakör köré szerveződik. Amíg előbbi a hallás utáni, addig utóbbi az írott szövegértés felmérésére szolgál.

Ami a szövegértés részenkénti (hallás utáni – írott) szerkezeti felépítését és menetét illeti, a kutatás módszertani követelményeit szem előtt tartva, az adott szakiskolákba járó tanulók mindkét készség vizsgálatára esetében három-három nyomtatott példányt kaptak használatra: magát a szöveget, a hozzá kapcsolódó kérdéssort, és egy üres lapot, amely a válaszok feltüntetésére szolgált. A 10-12 mondatból álló szövegek megalkotásakor mind a hallás utáni, mind pedig az írott

egységnél az átláthatóságra, a követhetőségre és a metaforikus elemektől való mentességre, vagyis az egyértelműsége törekedtem.

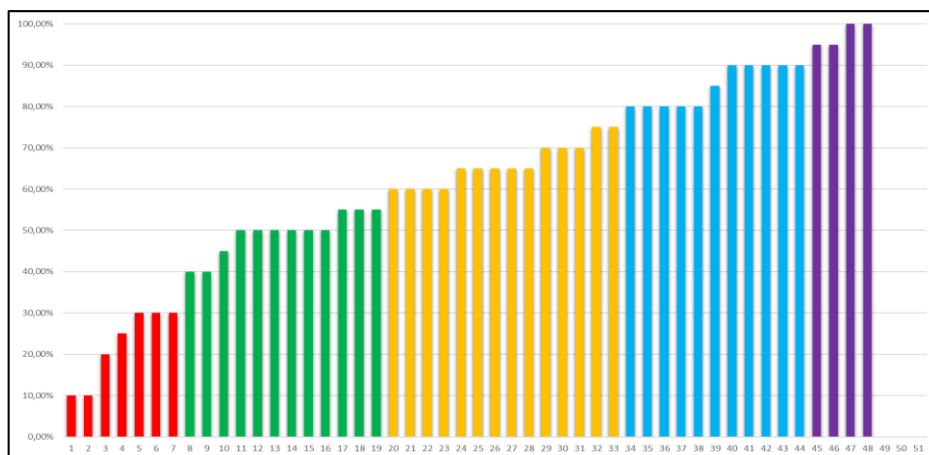
Az általam megalkotott, ellenőrzést igénylő kérdéssorok készségként tíz kérdésből tevődtek össze. A kérdések sorrendje igazodott a szöveghez. Az üres lapokon pedig az eredmények kimutatása céljából feltüntetésre kerültek az alábbi tanulói adatok: születési év és hónap, nem (férfi/nő), évfolyam, szakirány, valamint a feladatsorok megoldásra fordított időtartam. A kutatásetikai előírásokhoz igazodva, a tanulók önálló munkavégzését egy 2-3 perces bevezető beszélgetés előzte meg, amelynek keretében rövid tájékoztatásban részesültek a felmérés célkitűzéséről és egyéni feladatkörükről.

Amíg az írott egység felmérésénél a három példány kiosztását követően – az adatok rögzítésekor a kutatási protokollhoz igazodva – azonnal kezdetét vette az egyéni feladatmegoldás, addig a hallás utáni esetében ezen tevékenységet egy hangos felolvasás vezette fel. Az egyes tanórák keretében a hallott szövegértés felmérése 5 perc bevezetőből, 10 perc felolvasásból, és 30 perc önálló munkavégzésből, az írott egység felmérése pedig 5 perc bevezetőből, 10 perc egyéni olvasásból és 30 perc egyéni feladatvégzésből tevődött össze.

3. A kutatás eredményei

A kapott kutatási adatok leíró statisztikai elemzés formájában kerültek kiértékelésre. Az alábbiakban ezen eredmények bemutatására kerül sor.

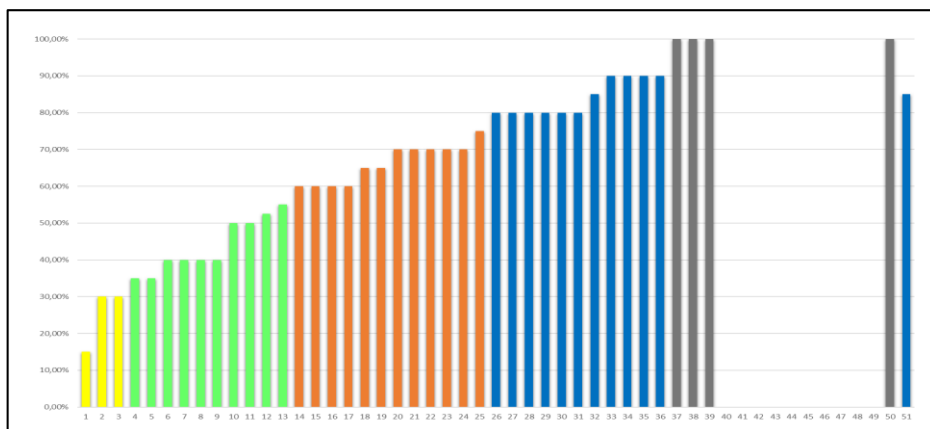
A 4. ábra a nyelvi készségek közül a hallott szövegértés eredményeinek százalékos csoportosulását mutatja be. Megállapítások: 0-33 % között 7 (nem felelt meg), 34-55 % között 12 (elégségesen felelt meg), 56-75 % között 14 (közepesen felelt meg), 76-90 % között 11 (jól megfelelt), 91-100 % között pedig 4 (kiválóan megfelelt) tanuló teljesített.



4. ábra: A hallott szövegértés eredményeinek százalékos megoszlása

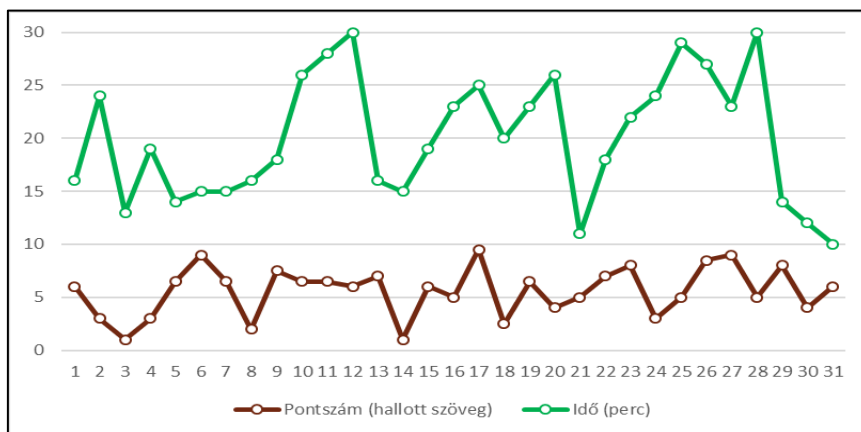
Az 5. ábra a nyelvi készségek másik ágát, az írott szövegértés eredményeinek százalékos megoszlását szemlélteti. Megállapítások: 0-33 % között 3 (nem felelt meg), 34-55 % között 10 (elégségesen felelt meg), 56-75 % között 12 (közepesen

felelt meg), 76-90 % között 12 (jól megfelelt), 91-100 % között pedig 4 (kiválóan megfelelt) tanuló teljesített.

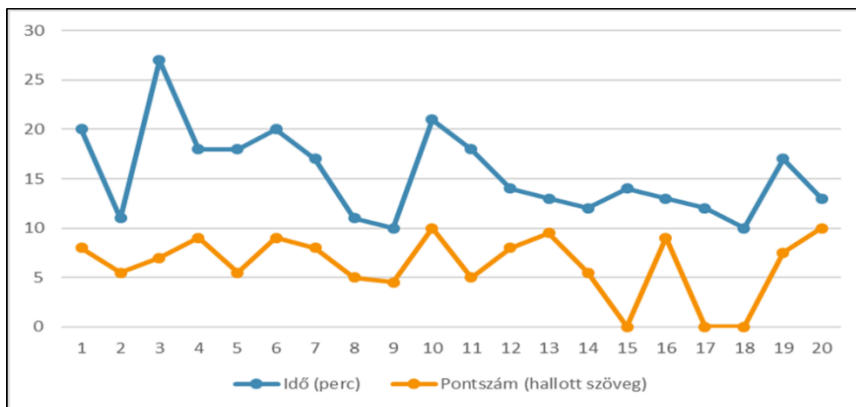


5. ábra: Az írott szövegértés eredményeinek százalékos megoszlása

A 6-7. ábrákon a nemek elkülönített, hallott szövegértésben elért pontszáma és a feladatmegoldáshoz felhasznált idő eloszlásai tekinthetők meg. Amíg a férfiak adatait a 6., addig a nőket pedig a 7. ábra szemlélteti. Amíg a fiúk átlagosan 5,59 pontot értek el 20,03 perc alatt, addig a lányok pedig átlagosan 7,41 ponttal oldották meg a kérdéssort 16,88 perc alatt.

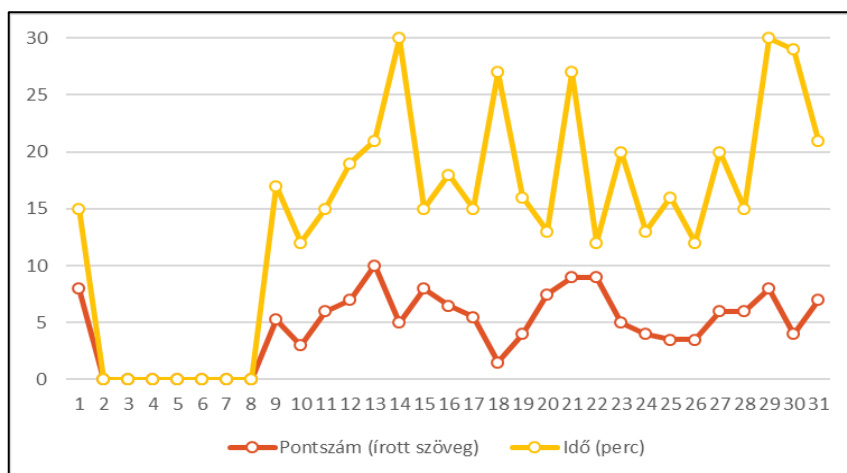


6. ábra: Hallott szövegértés – elért pontszám és felhasznált idő – szerinti megoszlása (nem – férfi)

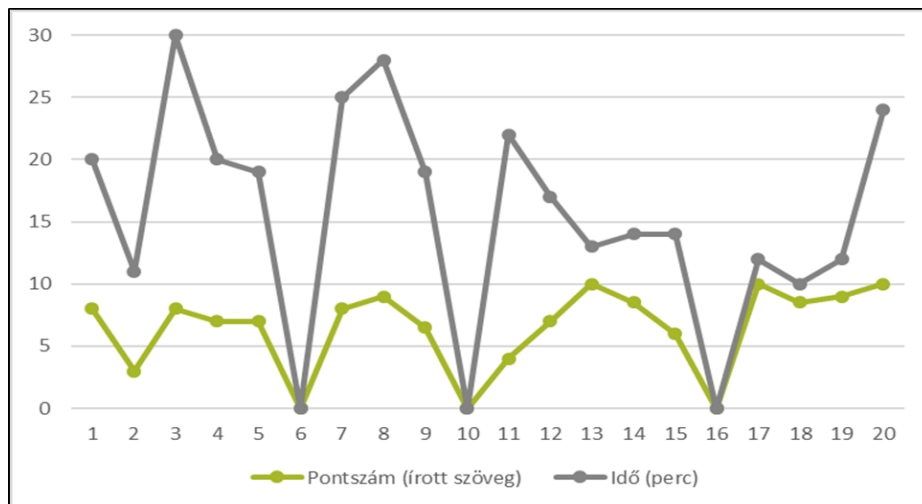


7. ábra: Hallott szövegértés – elért pontszám és felhasznált idő – szerinti megoszlása (nem – nő)

A 8-9. ábrák a nemek elkülönített, írott szövegértésben elért pontszám és a feladatmegoldáshoz felhasznált idő eloszlásait mutatják be. Amíg a férfiakat a 8., addig a nőket pedig a 9. ábra ismerteti. Amíg a fiúk átlagosan 5,92 pontot értek el 18,66 perc alatt, addig a lányok pedig átlagosan 7,61 ponttal 18,23 perc alatt oldották meg a kérdéssort.



8. ábra: Írott szövegértés – elért pontszám és felhasznált idő – szerinti megoszlása (nem – férfi)



9. ábra: Írott szövegértés – elért pontszám és felhasznált idő – szerinti megoszlása (nem – nő)

Összegzés a tanulásban akadályozott tanulók nyelvi képesség-profiljával kapcsolatban:

1.) A készségenkénti (lásd: hallott-írott) szövegértési felmérésekben szakiskolába járó, 10. évfolyamos, tanulásban akadályozott tanulók vállaltak részt.

2.) A feladatsorok több, mint 60 %-t férfi, kevesebb, mint 40 %-t pedig nő töltötte ki.

3.) A minta két intézmény tanulóiból, nyolc szakirány képviselőiből tevődött össze.

4.) A felmérésben érintett egyének a 2001 és 2007 között született korosztályt képviselik.

5.) A hallott egység átlagértékei: a) pontszám: 6,24; b) idő: 18,92 perc; c) %-os eredmény: 62,4%.

6.) Az írott egység átlagértékei: a) pontszám: 6,63; b) idő: 18,49 perc; c) %-os eredmény: 66,28%.

7.) Ami pedig a nemek közötti eredmények megoszlását illeti, a) hallott egység – férfiak: átlagpontszám – 5,59 pont; átlag felhasznált idő – 20,03 perc; nők: átlagpontszám – 7,41 pont; átlag felhasznált idő – 16,88 perc / b) írott egység – férfiak: átlagpontszám – 5,92 pont; átlag felhasznált idő – 18,66 perc; nők: átlagpontszám – 7,61 pont; átlag felhasznált idő – 18,23 perc.

Megállapítások:

1.) A hallott és írott szövegértés eredményei alapján az a konklúzió vonható le, hogy a tanulók – attól eltekintve, miszerint a hallott egység egy jóval kötetlenebb témát jelenített meg – az írott szövegértésben jobb teljesítményt nyújtottak, annak ellenére, hogy ezen egység textusa összetettebbnek értékelhető.

2.) A hallott szövegértésnél amíg a férfi tanulók átlagosan alacsonyabb pontszámot értek el, de több időt fordítottak a kérdések megválaszolására, addig a női tanulók átlagosan magasabb pontot kaptak a munkatevékenységeikre, de a ráfordított idő jóval kevesebbnek bizonyult. Ezen egység tekintetében a lányok jobban teljesítettek a fiúknál.

3.) Az írott szövegértés esetében is e tendencia érvényesült: fiúk – átlagosan alacsonyabb pontszám, több ráfordítási idő; lányok – átlagosan magasabb pontszám, kevesebb ráfordítási idő. A lányok teljesítménye az írott szövegértésnél is felülmúlta a fiúk eredményeit.

4. A kutatással kapcsolatos további tervek

Jelen tanulmány a tanulásban akadályozott, szakiskolába járó, 10. évfolyamos, tanulmányaikat befejezni tervező, tanulók nyelvi képességprofiljára (lásd: hallott-írott szövegértés) vonatkozó részeredmények közzétételét lehetővé, ugyanis az adatgyűjtési folyamat jelenleg is zajlik, az érintett egyének körében. A tanulásban akadályozott tanulók – sikeres önálló életvitel kialakítására és munkaerőpiacon való érvényesülésére irányuló törekvése – nemzetgazdasági szempontból egyaránt jelentős. Így annak érdekében, hogy minél széleskörűbb képet kaphassunk a tanulók nyelvi képességeiről, a kutatói tevékenység folytatása szükséges.

Az adatgyűjtési tevékenység lezárulását a kapott adatok elemzése, összehasonlítása, majd pedig az eredmények értelmezése követi. A nagyobb elemszámmal rendelkező minta elérése azért képezi elsődleges célkitűzéseim egyikét, mert ennek segítségével egy szélesebb alapon nyugvó képről szerezhetünk tudomást a tanulásban akadályozott tanulók nyelvi készségeiről és nehézségeiről, valamint önálló életvitelük megteremtésének és munkahelyen való elhelyezkedésének lehetőségeiről.

Felhasznált szakirodalom

- Albert Tibor (2009): Tanulásban akadályozott gyermekek képességfejlesztése kreatív tevékenységek által – Nyugat-magyarországi Egyetem, Apáczai Csere János Kar, Neveléstudományi Intézet, Gyógypedagógia Intézeti Tanszék – Győr.
- András Katalin, Bíró Zoltán (1978): Nyelv és hátrányos helyzet, *Korunk*, 37/10. 826-830.
- Bakos Anikó Erika – Zajdó Krisztina (2013). Szegregált körülmények között oktató, tanulásban akadályozott felső tagozatos diákok szövegértési képességének vizsgálata, in: Szöllősy Éva, Prax Levente, Hoss Alexandra (szerk.): *Találkozások az anyanyelvi nevelésben*: Pécs: Pécsi Tudományegyetem Nyelvtudományi Doktori Iskola, 25-34.
- Sipos Norbert – Venczel-Szakó Tímea – Ásványi Zsófia (2023): 10. fejezet – A sikeres munkatársi kommunikáció, in Balogh Gábor és Karoliny Mártonné (szerk.): *Az emberi erőforrások menedzselése - Konceptiók, technikák*

nemzetközi kitekintésben. Akadémiai Kiadó, Budapest.
https://mersz.hu/hivatkozas/ml104aeem_125/kom/1

- Basil Bernstein: Nyelvi szocializáció és oktathatóság (1975), in Pap Mária – Szépe György (szerk.): Társadalom és nyelv. Szociolingvisztikai írások, Gondolat, Budapest, 393-434.
- Richard, S.B., Bardy, M.P., & Taylor, R.L. (2015). Cognitive and intellectual disabilities: historical perspectives, current practices, and future directions (2nd ed.). New York: Routledge.
- Czibere Csilla és Kisvári Anna (2006, szerk.): Inkluzív nevelés. Ajánlások tanulásban akadályozott gyermekek, tanulók kompetencia alapú fejlesztéséhez. Életpálya építés. SuliNova Közoktatás-fejlesztési és Pedagógus-továbbképzési Kht., Budapest.
- Cs. Czachesz Erzsébet (1998): Olvasás és pedagógia. Mozaik Kiadó, Szeged.
- Tarkó Klára (2021): A tanuláshoz kapcsolódó nyelvi készségek és fejlesztésük, in Tarkó Klára, Marunák Mária, Szenes Márta és Rúzs Molnár Krisztina (szerk.): Hogyan tanul a sikeres egyetemista? – Tanulásmódszertani útmutató felsőoktatásban részt vevő hallgatók számára – 3. fejezet. 62-84. Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Józsa Krisztián – Fazekasné Fenyvesi Margit (2007): Tanulásban akadályozott gyermekek tanulási motivációja. In: Iskolakultúra Online 1. pp. 76-92.
- Mesterházy Zsuzsa, Szekeres Ágnes (2019): A nehezen tanuló gyermekek iskolai nevelése. ELTE Bárczi G. Gyógypedagógiai Kar, Budapest.
- Molnár Alexandra, Mező Katalin (2021): Tanulásban akadályozott fiatalok jövőképeinek vizsgálata – Különleges Bánásmód, 7/3. 57-67.
- Sós Tamás (2018): A kompetenciaigények vizsgálata a szakképzés és a munkaerőpiac összefüggéseiben, az észak-magyarországi régióban. Doktori (PhD) értekezés, téziszfüzet – Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezéstudományok, Doktori Iskola – Gödöllő.
- Rottmayer Jenő (2006, szerk.): Inkluzív nevelés. Ajánlások tanulásban akadályozott gyermekek, tanulók kompetencia alapú fejlesztéséhez. Szövegértés-szövegalkotás. SuliNova Közoktatás-fejlesztési és Pedagógus-továbbképzési Kht., Budapest.
- Radványi Katalin (2011): A kompetencia alapú fejlesztés értelmezése a kognitív képességek jelentős elmaradása esetén. Gyógypedagógiai Szemle, 39. 1. sz. 1-21.
- Szabó G. Ferenc (2010): A kommunikatív kompetencia. Anyanyelv-pedagógia, 2010/2., <http://www.anyanyelv-pedagogia.hu/cikkek.php?id=257>
- Zajdó Krisztina – Babosné Prán Rita – Bakos Anikó Erika (2013): Hatodik és kilencedik osztályos, szegregáltan nevelkedő, tanulásban akadályozott diákok helyesírási teljesítményének összehasonlítása, in: Szöllősy Éva, Prax Levente, Hoss Alexandra (szerk.): Találkozások az anyanyelvi nevelésben. Pécs: Pécsi Tudományegyetem Nyelvtudományi Doktori Iskola, 318-332.

Az ukrán nyári offenzíva fegyveres támogatása

1. Bevezetés

Az ukrán nyári offenzíva az orosz-ukrán háború 2023-as évének legfontosabb hadművelete volt. Az ukrán erők megpróbálták visszafordítani a háború menetét, az Észak-atlanti Szerződés Szervezetének (NATO) államai pedig fegyveresen támogatták őket a cél eléréséhez. Azonban az offenzíva számos kérdést vetett fel a fegyveres támogatással kapcsolatban: pontosan mivel támogatta a NATO Ukrajnát és ez hogyan mutatkozott meg a háborúban.

A tanulmány a nyári offenzívát több szempontból vizsgálja, hogy megválaszolja ezeket a kérdéseket. Elsősorban, magát az offenzívát elemzi a felkészüléstől kezdve annak végéig. Az offenzíva menetének vizsgálása segít a fegyveres támogatás értelmezésében és megmagyarázza, hogy milyen célokra szántak bizonyos fegyvereket és harcjárműveket. Ezután a tanulmány megvizsgálja, hogy Ukrajna pontosan milyen harcjárműveket kapott NATO tagállamoktól és analizálja a harcjárművek képességeit. Végül a tanulmány összesíti és kategorizálja a számlagos adatokat és egy ábrával bemutatja, hogy mely fegyvernemek és harcjármű típusok tették ki a támogatás legnagyobb részét. A tanulmány ezen kívül elemzi a tüzérségi lőszer helyzetét és a NATO tagállamok által küldött muníciókat. Ugyanígy a NATO által biztosított képzések és tanfolyamok is górcső alá kerülnek.

A tanulmány alapjául szolgáló kutatás szekunder forrásokon alapszik, mint hírportálok, agytrösztök cikkei és kormányzati intézmények bejelentései. Azonban a kutatást korlátozta, hogy csak nyílt forrású információ érhető el.

2. Ukrajna nyári offenzívája

A bakhmuti-csata a háború legnagyobb és talán legfontosabb csatája volt. A 2023-as évre a frontvonal mozgások szinte leálltak és a két oldal ágyútűzzel akarta kimeríteni egymást. A kimerítésen alapuló harcászatot mutatja, hogy a Bakhmutért harcoló orosz haderő nagy része toborzott rabokból állt. Fél év kimerítő harc után végül májusban az ukrán erők feladták a várost ².

A bakhmuti-csata alatt az ukránok a saját offenzívájukra készültek, hogy visszafordítsák a háború menetét. Ebben nagy segítség volt az orosz erők kimerülése Bakhmutban, amit elterelő és felkészítő műveletekkel akartak kihasználni.

¹SZE Nemzetközi tanulmányok szak, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Témavezető: Dr. Szőke Júlia, egyetemi docens, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Nemzetközi Tanulmányok és Kommunikáció Tanszék.

²STEPANENKO, KATERYNA: The Kremlin's Pyrrhic Victory in Bakhmut: A retrospective on the Battle for Bakhmut, Institute for the Study of War, 2023, <https://www.understandingwar.org/backgrounder/kremlin%E2%80%99s-pyrrhic-victory-bakhmut-retrospective-battle-bakhmut>, letöltés ideje: 2023.04.23

Egyrésztől egy kisméretű ellentámadással Bakhmut szárnyain³, másrésztől az Orosz Önkéntes Hadtest betörésével Oroszországba. Ugyan ez egy félkatonai szervezet, de jelentős fegyveres támogatást kaptak az ukránoktól⁴. Végül pedig Storm Shadow robotrepülőgépekkel mértek csapást stratégiai fontos pozíciókra⁵.

Az ukrán nyári offenzíva Zaporizzsja megye irányába június 4-én kezdődött. A támadást friss NATO fegyverekkel ellátott és képzett dandárok vezették, azonban az offenzíva gyorsan kudarcba fulladt. Számos ukrán dandár súlyos veszteségeket szenvedett és képtelenek voltak áttörni az orosz vonalakon. Erről főleg az erős orosz védelem tehet, azonban az ukrán erők rendezetlensége és képtelensége is említésre méltó, mint a kudarc okai⁶.

A kezdetleges kudarcok és veszteségek után az ukrán erők visszatértek a kimerítéshez. Ez azt jelentette, hogy megint a tűzérés lett a csatatér ura. Ezzel együtt a gyalogsági műveletek sokkal kisebbek és lassabbak lettek⁷. Bár a hadviselés ezen fajtájának bevezetése után a veszteségek csökkentek, de lőszerhiányhoz vezetett. Ezt súlyosbította, hogy az ukrán tűzérés jelentős része már NATO lövegekből állt és emiatt kiszolgáltatottak voltak a nyugati lőszer csomagoknak. Ezek a csomagok viszont lassan érkeztek, mivel a NATO lőszergyáraknak nem volt elég gyártási kapacitása⁸.

November elején az ukrán főparancsnok, Valerij Zsaluznij az Economist-nak adott interjújában elmondta, hogy az adaptáció ellenére a hadművelet tetőzött. Ezenkívül összefoglalta a tetőzés okait. Elsősorban, az offenzíva képtelen volt lendületet szerezni az első heteken. Másodsorban, a kimerítésre való visszaállás lelassította a hadműveletet. Végül, a kimerítésben saját erői is szenvedtek⁹. Ennek oka az, hogy az őszi hónapokban az ukránok elvesztették a tűzérési fölényüket lőszerhiány miatt. Mint Bakhmutnál, a NATO államok nem tudtak elég lőszer

³PELESCHUK, DAN: Ukraine hails its first offensive success in defence of Bakhmut, Reuters, 2023 <https://www.reuters.com/world/ukraine-top-commander-advance-bakhmut-is-first-success-citys-defence-continues-2023-05-15/> letöltés ideje: 2023.04.23

⁴DICKINSON, PETER: Belgorod raid sparks border alarm for Russia ahead of Ukrainian offensive, Atlantic Council, 2023, <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/belgorod-raid-sparks-border-alarm-for-russia-ahead-of-ukrainian-offensive/>, letöltés ideje 2024.04.23.

⁵CHIU, LEO: A Quick Guide to the Storm Shadow Missiles in Ukraine, Kyiv Post, <https://www.kyivpost.com/post/25764#:~:text=The%20Storm%20Shadow's%20orange%20and,Russian%20forces%20during%20its%20counteroffensive.2023,> letöltés ideje: 2024.4.23

⁶KOFMAN, MICHAEL – LEE, ROB: Perseverance And Adaptation: Ukraine's Counteroffensive at Three Months, War on the Rocks: <https://warontherocks.com/2023/09/perseverance-and-adaptation-ukraines-counteroffensive-at-three-months/>, letöltés ideje: 2024.04.23

⁷KOFMAN – ROB: i. m. (2023)

⁸KIRBY, JEN: Can the West keep supplying Ukraine with enough artillery?, Vox, 2023, <https://www.vox.com/2023/6/6/23744349/ukraine-artillery-counteroffensive-united-states-europe>, letöltve, 2024.04.23

⁹THE ECONOMIST: Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia, The Economist, 2023, <https://www.economist.com/europe/2023/11/01/ukraines-commander-in-chief-on-the-breakthrough-he-needs-to-beat-russia>, letöltés ideje, 2024.04.23

biztosítani. Az oroszok viszont csak növelték a napi lövések számát mély löszerraktáraikkal és észak-koreai támogatással¹⁰.

Összesítve, a nyári offenzívával az ukránok megpróbálták megfordítani a háború menetét Bakhmut elvesztése után. A támadást NATO által képzett és felfegyverzett erők vezették, azonban képtelenek voltak áttörni az orosz vonalakon. A kudarc után az ukránok tüzérség alapú kimerítésre váltottak, viszont ez sem érte el az elvárt eredményeket. Ennek oka az volt, hogy a NATO államok képtelenek voltak elég löszert biztosítani Ukrajnának, és emiatt az oroszok megszerezték a tüzérségi fölényt az őszi hónapokban. Az offenzíva őszi végén tetőzött és végződött az ukrán főparancsnok, Valerij Zaluzsnij szerint¹¹.

3. Fegyveres támogatás ukrájának

A nyári offenzívában az orosz védelem erős volt és ez megkövetelte a páncélozott harcjárművek használatát. Ez azt jelentette, hogy az ukrán erőknek szüksége volt harckocsikra, lövészpáncélosokra és páncélozott csapatzállítókra¹².

Januárban Lengyelország kezdeményezte Ukrajna támogatását modern Leopard 2-es harckocsikkal. Ez egy politikai harchoz vezetett Németországgal, mivel német engedély kellett a harckocsi exportálásához, de végül a németek elfogadták és az első Leopard 2 februárban meg is érkezett Ukrajnába (Dahm, 2023). Ezután több nemzet is küldött Leopard 2-es harckocsikat: Lengyelország (18), Németország (18), Svédország (10), Spanyolország (10), Kanada (8), Norvégia (8) és Portugália (3). A leggyakoribb típus a 2A4 (40) volt, ezt követte a 2A6 (21) és az Strv 122 (10)¹³. A Leopard 2 számos szempontból felülmúlta a szovjet eredetű harckocsikat, pl. mozgékonyság szempontjából jobb erő/tömeg arány és magasabb csúcssebesség előre és hátra. Ezenkívül, a digitális tűz-vezető rendszernek köszönhetően hosszú távon is képes pontos lövésekre. A személyzetnek pedig három modern éjjellátó berendezése van¹⁴

Az ukrán erők Leopard 1-es harckocsikat is kaptak egy közös német, dán és holland programban. Összesítve ez 135 db 1A5 és 30 db 1A5BE Leopard-ot jelentett¹⁵. Az 1A5BE harckocsikat a belga OIP Land Systems védelmi cég árulta a

¹⁰ECKEL, MIKE: Report: North Korea Shipping Ammunition, Weaponry 'At Scale' To Russia, Radio Free Europe, 2023, <https://www.rferl.org/a/north-korea-supplying-weaponry-russia-ukraine-war/32641294.html>, letöltés ideje: 2023.04.23

¹¹THE ECONOMIST: i. m. (2023)

¹²Gady, Franz-Stefan: Even More Than Tanks and Planes, Ukraine Needs IFVs, Foreign Policy, 2023, <https://foreignpolicy.com/2023/03/20/ukraine-russia-war-tanks-leopard-ivf-infantry-fighting-vehicle-bradley/>, letöltés ideje: 2024.04.23

¹³JANOVSKY, JAKUB – NAALSIO26 – ALOHA – DAN, KEMAL: Answering The Call: Heavy Weaponry Supplied To Ukraine, Oryx, 2023, <https://web.archive.org/web/20231106133648/https://www.oryxspioenkop.com/2022/04/answering-call-heavy-weaponry-supplied.html>, letöltés ideje: 2024.04.23

¹⁴GIEGERICH, BASTIAN – MICHEL, YOHANN -TONG MICHAEL: Ukraine: can the German Leopard change its spots?, International Institute for Strategic Studies, 2023, <https://www.iiss.org/en/online-analysis/military-balance/2023/01/ukraine-can-the-german-leopard-change-its-spots/>, letöltés ideje 2024.04.23

¹⁵JANOVSKY, - NAALSIO26 – ALOHA – DAN – KEMAL: i. m. (2023)

programnak¹⁶. Bár a páncélzata sokkal gyengébb, mint más NATO vagy szovjet eredetű tankoké, ennek ellenére az ukránok dicsérték mobilitása és hosszú távú pontossága miatt¹⁷.

A Leopard-okon kívül Ukrajna 14 db Challenger 2-es harckocsit is kapott az Egyesült Királyságtól. Az ukrán legénységek szerint ez a tank sok szempontból felülmúlta saját szovjet eredetű tankjaikat, de a nehéz súlya miatt sokszor sárba süllyedt¹⁸. Az Egyesült Államok 31 db Abrams harckocsival szerette volna támogatni Ukrajnát, viszont ezek csak októberben érkeztek meg¹⁹.

A NATO tankok mellett szovjet eredetű tankokat is küldtek az ukrán erőknél. Ez több tucat T-72-t és 60 db PT-91 'Twardy'-t jelentett. A Twardy egy jelentősen fejlesztett T-72 volt és emiatt az ukránok könnyen integrálták a hadseregükbe²⁰.

Ukrajna lövészpáncélosokat is kapott az offenzívához. Összesítve: német Marder 1A3 (40), amerikai M2A2 ODS Bradley (186) és svéd CV9040C (50). Ezenkívül, Ukrajna vásárolt 200 db lengyel Rosomak lövészpáncélost is²¹. Az ukrán legénységek főleg a Bradley-t méltatták tűzereje, könnyed kezelése és frontvonalon mutatott teljesítménye miatt²².

A hadművelet során többszáz páncélozott csapatszállítót is szerzett Ukrajna. A támogatás nagy részét több mint 300 db amerikai M113 tette ki, ezt nemcsak az Egyesült Államok, de Németország és a Benelux államok küldték. Idővel az M113 az ukrán hadsereg igás lova lett sokasága és sokoldalúsága miatt²³. Az univerzális M113 mellette az Egyesült Államok 189 db harc-fókuszált Stryker-t, Hollandia és Németország pedig logisztika-fókuszált 96 db Bandvagn 206-ot is küldött²⁴.

Végül, de nem utolsó sorban, Ukrajna több mint 200 db különböző műszaki járművet kapott. Ezeket a járműveket speciális műszaki célokra készítették, mint aknamentesítés, járműmentés, és védelmi művek építése. Ezek közül néhány

¹⁶GRAY, ANDREW: Deal struck to send German-made Leopard 1 tanks from Belgium to Ukraine, Reuters, 2023, <https://www.reuters.com/world/europe/deal-struck-send-german-made-leopard-1-tanks-belgium-ukraine-2023-08-08/>, letöltés ideje: 2024.04.23

¹⁷MALYASOV, DYLAN: Ukrainian Soldiers commend Leopard-1 tanks in battle, Defence Blog, 2023, <https://defence-blog.com/ukrainian-soldiers-commend-leopard-1-tanks-in-battle/>, letöltés ideje: 2024.04.23

¹⁸DEFENSE EXPRESS: Ukrainian Tank Crew On Pros and Cons of British Challenger 2 and Number of These tanks Still in Operation, Defense Express, 2024, https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/ukrainian_tank_crew_on_pros_and_cons_of_british_challenger_2_and_number_of_these_tanks_still_in_operation-9790.html, letöltés ideje: 2024.04.23

¹⁹JANOVSKY, - NAALSIO26 – ALOHA – DAN – KEMAL: i. m. (2023)

²⁰RUBRYKA: Solutions to win: Newly created Ukrainian brigade armed with Polish tanks, Rubryka, 2024, <https://rubryka.com/en/2024/01/16/rishennya-dlya-peremogy-novostvorenu-okremu-mehbrygadu-ozbroyily-polskymy-tankamy/>, letöltés ideje: 2024.04.23

²¹JANOVSKY, - NAALSIO26 – ALOHA – DAN – KEMAL: i. m. (2023)

²²Cook, Ellie: US Bradleys are Killing It on the Ukraine Frontlines, Newsweek, 2023, <https://www.newsweek.com/bradley-fighting-vehicles-ukraine-avdiivka-47th-brigade-russia-1857732>, letöltés ideje: 2024.04.23

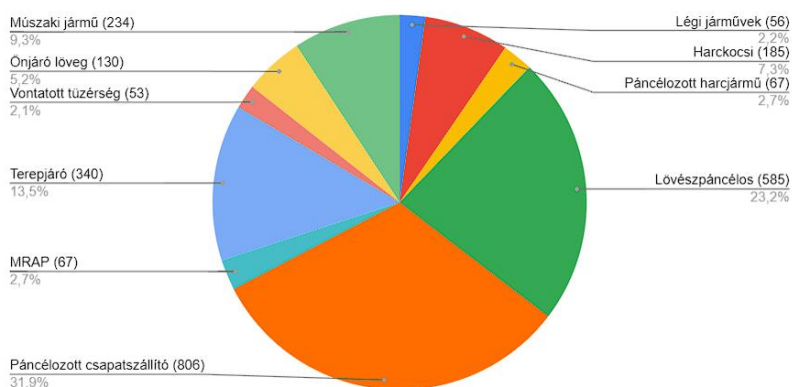
²³КОЗАЦЬКИЙ, САНЯ: M113: NATO's 'Workhorse' in Defense Forces of Ukraine, Militarnyi, 2024, <https://mil.in.ua/en/articles/m113-nato-s-workhorse-in-defense-forces-of-ukraine/#:~:text=These%20armored%20vehicles%20come%20from,are%20directly%20engaged%20in%20hostilities>, letöltés ideje: 2024.04.23

²⁴JANOVSKY, - NAALSIO26 – ALOHA – DAN – KEMAL: i. m. (2023)

aknamentesítő páncélozott volt és harcjárműveknek biztosította az utat a frontvonalon²⁵.

Az 1. ábra számszerűen, típusonként kategorizálva bemutatja, hogy Ukrajna hány járművet és nehézfegyvert kapott a nyári offenzívára készülve és a hadművelet alatt. Az ábra 2023 február végétől kezdődik, mert Ukrajna ekkor kapott először NATO harckocsikat és november elején végződik, mert Zaluzsnij szerint ekkor ért véget az offenzíva.

A 2523 jármű és nehézfegyver két harmadát páncélozott harcjárművek tették ki. Ez annak köszönhető, hogy ezekre a járművekre volt szüksége Ukrajnának a legjobban a frontvonalon és olyan járművekből, mint az M113, Bradley, Stryker és Rosomak típusonként többszázat kaptak. Hasonlóan a terepjárók is viszonylag nagy részét tették ki a támogatásnak 13,5%-kal, mert többszáz HMMWV-t kapott Ukrajna. Hírnevük ellenére a harckocsik csak 7%-át tették ki a támogatásnak. Nem besorolható páncélozott harcjárművek és MRAP (Mine-Resistant-Ambush Protected) járművek kis számban jelentek meg, mert az előbbi egy kis niche, az utóbbit pedig más járművek váltották fel, mint például páncélozott csapat szállítók. A tüzérségi lövegek összesítve is csak 7%-ot tettek ki, mert az ukrán tüzérség fő akadályja nem a lövegek, hanem a lőszer hiánya volt. A műszaki járművek a támogatás 9%-át tették ki, a légi járművek pedig csak 2%-át.



1. ábra: Támogatás fegyvernemekre osztva (2023. február 27 - november 6)
 Forrás: Saját szerkesztés Oliemans - Mitzer 2023²⁶, Janovsky et al. 2023²⁷ alapján

²⁵SWIFT, ROBERT: Analysis: Ukraine offensive struggles without engineering assets, i24News, 2023, <https://www.i24news.tv/en/news/analysis-opinion/1690404329-analysis-ukraine-offensive-struggles-without-engineering-assets>, letöltés ideje: 2024.04.23

²⁶OLIEMANS, JOOST - MITZER, STIJN: Answering The Call: Heavy Weaponry Supplied to Ukraine, Oryx, 2023, <https://web.archive.org/web/20230227213334/https://www.oryxspioenkop.com/2022/04/answering-call-heavy-weaponry-supplied.html>, letöltés időpontja: 2024.04.23

²⁷JANOVSKY, - NAALSIO26 – ALOHA – DAN – KEMAL: i. m. (2023)

3.1. Lőszer, robotrepülőgépek és ballisztikus rakéták

A nyári offenzíva során az ukrán tüzérség átlagosan napi 6-7000 lőszeret használt el. Ilyenkor már a lövegek jelentős része NATO fegyver volt, amihez NATO tagállamok csak helyel-közzel tudtak elég lőszeret biztosítani. A probléma megoldásához Amerika többéves szerződéseket adott ki saját és dél-koreai lőszergyártó cégeknek²⁸, az európai államok pedig multilaterális szerződésekkel próbálták megoldani az ügyet²⁹.

Az offenzíva alatt Ukrajna először kapott DPICM (Dual-Purpose Improved Conventional Munition) kazettás lőszereket az Egyesült Államoktól. Egy 155 mm DPICM lőszer 72 darab robbanó töltetett szór szét egy nagy terület fölött. Ennek köszönhetően sokkal effektívebb, mint egy általános robbanótöltet. Vietnámban átlagosan 13,6 robbanó töltet kellett egy találatához, DPICM lőszerből csak 1,7. A kazettás lőszer nemcsak sokkal effektívebb, hanem ugyanannyi találatához sokkal kevesebb szükséges is, ami kíméli a lövegeket és a logisztikát is³⁰.

Ukrajna Storm Shadow robotrepülőgépeket is kapott az offenzívához. A Storm Shadow tökéletes fegyver volt stratégia célpontok támadására, mert a hatótávja több mint 250 kilométer és alacsony észlelhetősége miatt az orosz légvédelem csak ritkán tudta elhárítani³¹.

Ugyanehhez a célhoz Amerika pedig ATACMS (Army Tactical Missile System) ballisztikus rakétákat adományozott. Az ukránok ezeket a rakétákat különböző stratégiai fontos célpontok ellen használták, mint légibázisok és lőszerraktárok³².

3.2. Képzés és haderőépítés

A nyári offenzívára való felkészülés fontos része volt a kiképzés új erők létrehozásához. Ebben egyre csak növekvő szerepet játszottak a NATO államok által biztosított kiképző programok három fontos ok miatt.

Elsősorban, az új NATO fegyverekhez és harcjárművekhez tanfolyamokra volt szükség. Időhiány miatt viszont sok kurzus anyagát sűrítették, például a

²⁸KIRBY: i. m. (2023)

²⁹EUROPEAN DEFENCE AGENCY: Seven EU Member States order 155mm ammunition through EDA joint procurement, European Defence Agency, 2023, <https://eda.europa.eu/news-and-events/news/2023/10/02/seven-eu-states-order-155mm-ammunition-through-eda-joint-procurement>, letöltés ideje: 2024.04.23

³⁰WATLING, JACK, BRONK, JUSTIN: Giving Ukraine Cluster Munitions is Necessary, Legal and Morally Justified, Royal United Services Institute, 2023, <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/giving-ukraine-cluster-munitions-necessary-legal-and-morally-justified>, letöltés ideje: 2024.04.23

³¹CHIUI: i. m. (2023)

³²GIACOMO, CAROL: Ukraine Uses New U.S. Missile Against Russia, Arms Control Association, 2023, <https://www.armscontrol.org/act/2023-11/news/ukraine-uses-new-us-missile-against-russia>, letöltés ideje:2024.04.23

Leopard 1-es harckocsi tanfolyamát 6 hétre. Az oktatók szerint a képzés inkább egy gyorstalpalóként szolgált, mint teljeskörű tanfolyamként³³.

Másodsorban pedig Ukrajna saját haderőépítésének fejlesztése volt a cél. Ehhez ukrán oktatók NATO oktatóktól kaptak továbbképzést és általános és technikai ügyekről, mint a NATO fegyverek integrálása³⁴.

Végül pedig, Ukrajnának szimplán sok új katonára volt szüksége, de nem volt meg a kapacitása kiképzésre. A NATO államok segítettek ebben általános képzésekkel, mivel több tízezer újoncot és tartalékost készítettek fel³⁵.

Ugyan a NATO tagállamok által biztosított képzések sokat segítettek az ukrán haderő építésében, de számos korlátja és hibája volt a programnak. A képzések idő-korlátja miatt nem volt lehetőség teljes programokra, amelyek rendszeren felkészítették volna az ukrán újoncokat. Emellett a NATO és az ukrán harcrendszer különbözik és nem minden esetben volt szinkronizálva a kettő a kiképzések során³⁶.

4. Összegzés

Ukrajna nyári offenzívája a háború szempontjából 2023 legfontosabb hadművelete volt. Bakhmut elvesztése után az ukrán erők megpróbálták visszafordítani a háború menetét saját támadásukkal, amit NATO által képzett és felfegyverzett erők vezettek. Azonban az offenzíva képtelen volt áttörni az orosz vonalakon és a tüzérség alapú kimerítésre váltás után sem érték el a várt eredményt. Végül az offenzíva ősz végén tetőzött és végződött.

A nyári offenzívához Ukrajna jelentős fegyveres támogatást kapott NATO tagállamoktól: modern NATO tankok közül Leopard 2 és Challenger 2, régebbi Leopard 1; szovjet eredetű T-72 és PT-91; lövéspáncélosok közül M2A2 ODS Bradley, Marder 1A3 és CV9040C. Emellett Ukrajna 200 db lengyel Rosomak-ot is vásárolt. A támogatásban számos páncélozott csapat szállító is szerepelt, mint az M113, Stryker és a Bandvagn. Összesítve, Ukrajna 2023. február és november között több mint 2500 járművet és nehézfegyvert kapott. Ennek két harmada az

³³CAHILL, SEBASTIAN: Ukrainian soldiers are going through a 6-week crash course in Germany, putting in 12-hour days on pivotal Leopard tanks, A trainer says it's not enough, Business Insider, 2023, <https://www.businessinsider.com/ukrainian-soldiers-russia-leopard-tanks-training-war-germany-2023->

8#:~:text=Some%20Ukrainian%20soldiers%20are%20putting,slow%2Dmoving%20counteroffensive%20against%20Russia., letöltés ideje: 2024.04.23

³⁴MADAN, LEE: Ukrainians trained to become weapons instructors, BBC, 2023, <https://www.bbc.com/news/uk-england-wiltshire-66357867>, letöltés ideje:2024.04.23

³⁵MINISTRY OF DEFENCE - Wallace, Ben: British Commandos train hundreds of Ukrainian Marines in UK programme, GOV.UK, 2023, <https://www.gov.uk/government/news/british-commandos-train-hundreds-of-ukrainian-marines-in-uk-programme#:~:text=More%20than%2020%2C000%20recruits%20from,%2C%20leadership%2C%20and%20medical%20training>, letöltés ideje: 2024.04.23

³⁶KOSHIW, ISOBEL: NATO training leaves Ukrainian troops 'underprepared' for war, Open Democracy, 2023, <https://www.opendemocracy.net/en/odr/ukraine-russia-training-nato-west-military/>, letöltés ideje: 2024.04.23

előbb felsorolt páncélozott harcjárművek voltak, de említésre méltó a több mint 200 db terepjáró és műszaki jármű is.

A támogatás fontos része volt a tüzérségi lőszer is, mert az ukrán tüzérség jelentős része már NATO lövegeket alkalmazott. Az Egyesült Államok DPICM kazettás lőszerrel támogatta Ukrajnát, ami hatékonyabb, mint az általános robbanólőszer. Ezenkívül a NATO tagállamok próbálták növelni a lőszergyártási kapacitásokat. A tüzérség mellett Ukrajna Storm Shadow robotrepülőgépeket és ATACMS ballisztikus rakétákat is kapott, amivel stratégiaileg fontos célpontokra mértek csapást.

A NATO támogatás nélkülözhetetlen volt Ukrajna haderőépítéséhez is. A háború során több tízezer ukrán katona kapott kiképzést NATO tagállamokban. Ezek a képzések sokrétűek voltak, az általános képzéstől kezdve az oktatók továbbképzésén át specifikus tanfolyamokig a NATO fegyverek és harcjárművek alkalmazásához. Azonban a képzések idő-korlát miatt rövidek voltak és néha ütköztek az ukrán harcrendszerrel.

Felhasznált irodalom

- CAHILL, SEBASTIAN: Ukrainian soldiers are going through a 6-week crash course in Germany, putting in 12-hour days on pivotal Leopard tanks, A trainer says it's not enough, Business Insider, 2023, <https://www.businessinsider.com/ukrainian-soldiers-russia-leopard-tanks-training-war-germany-2023-8#:~:text=Some%20Ukrainian%20soldiers%20are%20putting,slow%2Dmoving%20counteroffensive%20against%20Russia.>, letöltés ideje: 2024.04.23
- CHIU, LEO: A Quick Guide to the Storm Shadow Missiles in Ukraine, Kyiv Post, <https://www.kyivpost.com/post/25764#:~:text=The%20Storm%20Shadow's%20range%20and,Russian%20forces%20during%20its%20counteroffensive.2023>, letöltés ideje: 2024.4.23
- COOK, ELLIE: US Bradleys are Killing It on the Ukraine Frontlines, Newsweek, 2023, <https://www.newsweek.com/bradley-fighting-vehicles-ukraine-avdiivka-47th-brigade-russia-1857732>, letöltés ideje: 2024.04.23
- DEFENSE EXPRESS: Ukrainian Tank Crew On Pros and Cons of British Challenger 2 and Number of These tanks Still in Operation, Defense Express, 2024, https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/ukrainian_tank_crew_on_pros_and_cons_of_british_challenger_2_and_number_of_these_tanks_still_in_operation-9790.html, letöltés ideje: 2024.04.23
- DICKINSON, PETER: Belgorod raid sparks border alarm for Russia ahead of Ukrainian offensive, Atlantic Council, 2023, <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/belgorod-raid-sparks-border-alarm-for-russia-ahead-of-ukrainian-offensive/>, letöltés ideje: 2024.04.23.

- Eckel, Mike: Report: North Korea Shipping Ammunition, Weaponry 'At Scale' To Russia, Radio Free Europe, 2023, <https://www.rferl.org/a/north-korea-supplying-weaponry-russia-ukraine-war/32641294.html>, letöltés ideje: 2023.04.23
- EUROPEAN DEFENCE AGENCY: Seven EU Member States order 155mm ammunition through EDA joint procurement, European Defence Agency, 2023, <https://eda.europa.eu/news-and-events/news/2023/10/02/seven-eu-states-order-155mm-ammunition-through-eda-joint-procurement>, letöltés ideje: 2024.04.23
- GADY, FRANZ-STEFAN: Even More Than Tanks and Planes, Ukraine Needs IFVs, Foreign Policy, 2023, <https://foreignpolicy.com/2023/03/20/ukraine-russia-war-tanks-leopard-ifv-infantry-fighting-vehicle-bradley/>, letöltés ideje: 2024.04.23
- GIACOMO, CAROL: Ukraine Uses New U.S. Missile Against Russia, Arms Control Association, 2023, <https://www.armscontrol.org/act/2023-11/news/ukraine-uses-new-us-missile-against-russia>, letöltés ideje: 2024.04.23
- GIEGERICH, BASTIAN – MICHEL, YOHANN -TONG MICHAEL: Ukraine: can the German Leopard change its spots?, International Institute for Strategic Studies, 2023, <https://www.iiss.org/en/online-analysis/military-balance/2023/01/ukraine-can-the-german-leopard-change-its-spots/>, letöltés ideje 2024.04.23
- GRAY, ANDREW: Deal struck to send German-made Leopard 1 tanks from Belgium to Ukraine, Reuters, 2023, <https://www.reuters.com/world/europe/deal-struck-send-german-made-leopard-1-tanks-belgium-ukraine-2023-08-08/>, letöltés ideje: 2024.04.23
- JANOVSKY, JAKUB – NAALSIO26 – ALOHA – DAN, KEMAL: Answering The Call: Heavy Weaponry Supplied To Ukraine, Oryx, 2023, <https://web.archive.org/web/20231106133648/https://www.oryxspioenkop.com/2022/04/answering-call-heavy-weaponry-supplied.html>, letöltés ideje: 2024.04.23
- KIRBY, JEN: Can the West keep supplying Ukraine with enough artillery?, Vox, 2023, <https://www.vox.com/2023/6/6/23744349/ukraine-artillery-counteroffensive-united-states-europe>, letöltve, 2024.04.23
- KOFMAN, MICHAEL – LEE, ROB: Perseverance And Adaptation: Ukraine's Counteroffensive at Three Months, War on the Rocks: <https://warontherocks.com/2023/09/perseverance-and-adaptation-ukraines-counteroffensive-at-three-months/>, letöltés ideje: 2024.04.23
- KOSHIW, ISOBEL: NATO training leaves Ukrainian troops 'underprepared' for war, Open Democracy, 2023, <https://www.opendemocracy.net/en/odr/ukraine-russia-training-nato-west-military/>, letöltés ideje: 2024.04.23
- КОЗАЦЬКИЙ, САНЯ: M113: NATO's 'Workhorse' in Defense Forces of Ukraine, Militaryni, 2024, <https://mil.in.ua/en/articles/m113-nato-s-workhorse-in-defense-forces-of->

research/publications/commentary/giving-ukraine-cluster-munitions-
necessary-legal-and-morally-justified, letöltés ideje: 2024.04.23

Mesterséges intelligencia építészeti alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata

1. Bevezetés

A tanulmány a jelenleg tartó új ipari forradalom, az ipari forradalom 4.0 egyik legkiemelkedőbb technológiai jelenségeire, a mesterséges intelligencia (MI) algoritmusokra fókuszál. A jelenlegi globális helyzetben több olyan munkakör is jelen, illetve kialakulóban van, amelyet szorosan átsző a technológia, de csak ha mindennapi életünket vesszük alapul akkor is érezhetjük a digitalizáció hatását. A tanulmányban a mesterséges intelligencia algoritmusok építészeti felhasználását vizsgálom, azon belül is kiemelt figyelmet fordítva az energetikai elemzésre képes intelligenciákra.

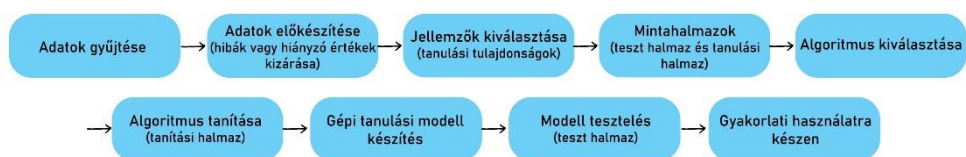
Fontos megemlíteni, hogy ebben a témában meglehetősen nehéz naprakésznek maradni, hiszen amikor ezeket a sorokat írom, akkor is folyamatosan folyik ezeknek az algoritmusoknak a fejlesztése, illetve nap mint nap új szoftverek kerülnek bemutatásra. Ezt jól mutatja az a tény, hogy amikor a mesterséges intelligencia robbanás elkezdődött (körülbelül 2022-ben), akkor még a nagy szöveg modelles motorok (pl.: ChatGPT) nem voltak képesek kielégítően akkurátus választ generálni, de gyakran még a kérdést sem tudták értelmezni, amelyeket feltettünk nekik. Mára viszont az MI már gyakorlatilag bármire képes számunkra választ adni, amit megtalál az interneten.

A tanulmány első részében a mesterséges intelligencia jelenlegi piaci helyzetét vizsgáltam. Itt azokat az alkalmazásokat kerestem, amelyek főként energetikai analízis szempontjából kielégítően használhatók az építészek számára. A tanulmány második részében az egyik első részben talált MI módszertannal vizsgált épületelemzés folyamatát és eredményeit mutattam be. Ez fontos pontja volt a kutatásnak, hiszen itt tudtam értékelni, hogy ezek a jelenlegi alkalmazások mennyire használhatóak gyakorlatban. A tanulmány elkészítésekor két másik szaktársam, Hajdu Árpád és Hegedűs Dániel két másik (hagyományos, parametrikus) energetikai elemzésre használható módszertant vizsgáltak, így az energetikai elemzés jelenleg elérhető módszereiről átfogóbb képet kaptam. A kutatásban mivel több módszertan is vizsgálva lett, ezért az eredményeket egy saját szempontrendszer szerint, táblázatos formában értékeltük. Ezen eredmények által egy jövőbeli potenciális alkalmazást vizionáltunk, amely integrálja a különböző módszerek főbb értékeit.

¹ Építészmérnöki Bsc szak Építész, Építő és Közlekedésmérnöki Kar. Témavezető: Ajtayné Dr. Károlyfi Kitti, Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék, egyetemi adjunktus

2. Mi az MI?

A mesterséges intelligencia alkalmazások fokozott pontosságot, megrövidült munkaidőt és egyszerűsített munkafolyamatokat ígérnek.² A mesterséges intelligencia, mint fogalom már nagyon régóta jelen van (elsőként Marvin Minsky és John McCarthy írta le a New Hampshire-i Dartmouth College-ben), de csak a mai modern világ kezdte igazán tartalommal felruházni.³ A mesterséges intelligencia működésében a természetes intelligencia szimulációja, amely szimulációt képesek vagyunk számítógépesen feldolgozni. Ezek a szimulációk kiemelkedően nagy és komplex adathalmazokkal dolgoznak (big data), amelyeknek a feldolgozására jelentős számítási kapacitás szükséges. Az emberi agynál még nem komplexebb, de sokkal inkább több adatból álló iterációra képesek, hogy minél akkurátusabb választ adjanak egy adott problémára. Ezeknek az algoritmusoknak azonban a legfontosabb tulajdonsága az öntanulás. A mesterséges intelligenciának csak egy tanító halmazt és egy teszt halmazt kell megadnunk, majd miután a „betanítás” sikeres volt, készen is áll a feladatok megoldására.⁴ Minél több bemenő adatot viszünk be, a modell annál pontosabban képes az eredmények vagy válaszok számítására, azaz az általunk bevitt adatok táplálják, tanítják az algoritmust.⁵



1. ábra Mesterséges intelligencia tanulási algoritmus létrehozása (saját)

Egy épület élete 3 fő részre osztható, ha szakmailag tekintjük, a tervezésre, a kivitelezésre és az üzemeltetésre. Ebben a 3 lépésben természetesen több részre oszlik a folyamat, de mindegyikben képesek vagyunk MI algoritmusokat használni. A tervezési fázisban főként olyan elemző algoritmusokat használunk, amelyek analízisekkel és vizsgálatokkal segíthetik a folyamatot (pl. beépítési mutatók teljesítésének ellenőrzése, árnyékvetés szimulációja). Ezen felül ennél a lépésnél használhatunk generatív algoritmusokat is, amelyek iteratív módon generálnak vizuális adatokat akár, például az épület formájáról. A dokumentációs stádiumban a terv feldolgozása folyik. Itt szintén segíthetnek analitikus és generatív MI algoritmusok. Ebben a fázisban csak hogy néhány példát említsek, berendezési sémákat tudnak létrehozni a generatív, míg költségbecslést, munkák időbeli szervezését képesek végrehajtani az analitikus algoritmusok. A végső fázis az

² Morteza Ghobakhloo, 2020, Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. In Journal of Cleaner Production (Vol. 252). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>

³ James Moor, 2006, The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years, Article in AI Magazine

⁴ Siew Goh Cheng, Wang Yee Hey, 2023, Proceedings of the 27th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate.

⁵ Catarina Belém, Luís Santos, António Leitao, 2019, On the Impact of Machine Learning Architecture without Architects?

üzemeltetés, az épület ebben a fázisban már megépült és birtokba is vették a használók. Itt főleg analitikus algoritmusok vannak jelen. Az épület monitorozás, a folyamatos optimalizálás, a hibaadatok kezelése vagy az épület teljes automatizálása is megoldható MI segítségével.⁶

3. MI alkalmazások

A mesterséges intelligencia algoritmusok piacutatásánál bár sok alkalmazást megvizsgáltam, legfőbb szempont az energetikai analízis képességére esett. Ehhez mérten kerestem olyan alkalmazásokat, amelyek az ilyen analízisre képesek. Több olyan alkalmazást is találtam, amelyek megfelelően használhatóak egy esettanulmány elkészítésére.

Az alkalmazások közül az első a Google egyik alvállalata a Sidewalk Labs, amely okosvárosok fejlesztésében segíti a tervezőket. Ez az algoritmus mellett, hogy főként generatív motort használ, tartalmaz egy analitikus algoritmust is. Ez képes számunkra olyan analízisekhez való hozzáférést nyújtani, mint például gazdasági optimalizálás beépítési értelemben, napsütötte órák mennyiségének számítása vagy árnyékvetés analízis.⁷

Hasonló alkalmazás a Spacemaker AI, ami mára már egybeolvadt az Autodesk Forma nevű mesterséges intelligencia alkalmazással. Ez a szoftver szintén urbánus környezet vizsgálatára lett fejlesztve, kifejezetten tekintettel a homlokzatokat érő szoláris sugárzás mértékének mérésére és az olyan geometriai optimalizálásra, amely lehetővé teszi a városi terek legkevesebb mértékű kítakarását egy épület által.⁸

Az előbb említett Autodesk Forma a Spacemaker tulajdonságain kívül, rendelkezik rengeteg analízis végrehajtási lehetőséggel. Emellett az egyetlen olyan analitikus mesterséges intelligencia szoftver, amely képes valós időben kommunikálni egy 3D tervező programmal, így az abban történő geometriai változásokat is azonnal követik az analízis eredményei. Ennek értelmében folyamatosan képesek vagyunk monitorozni a tervezési folyamat alatt az épület energetikai értékeit.⁹

A Cove.Tool egy az Autodesk Formához jelentősen hasonló alkalmazás, de ebben tipikusan az energetikai elemzésen van a hangsúly. Bár ez a szoftver nem képes magyar szabvány szerint tanúsítani, de nemzetközileg több országban elfogadott szabvány szerinti tanúsításra képes. A tanulmányban ezt a mesterséges intelligenciát használtam az esettanulmány elkészítéséhez.¹⁰

Fontos megemlíteni még egy alkalmazást, amely jelenleg is fejlesztés alatt áll, ez a Digital Blue Foam. Ami mondhatjuk, hogy az előző szoftverek kiemelkedő

⁶ Shah Bundela Vikramaditya, 2023, Artificial Intelligence based Workflow Framework for Architectural Design.

⁷ Sidewalk Labs, <https://www.sidewalklabs.com/>, 2024.04.12

⁸ Spacemaker, <https://d3.harvard.edu/platformdigit/submission/spacemaker-merging-ai-technology-with-urban-planning-anddesign/>, 2024.04.12

⁹ Autodesk Forma, <https://www.autodesk.com/products/forma/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, 2024.04.12.

¹⁰ Cove.tool alkalmazási felület, <https://app.covetool.com/project/199455/change/>, 2024.04.12.

előnyeit ötvözi. Várhatóan ez az alkalmazás több tervezőprogrammal is kommunikálni tud majd élő kapcsolattal.¹¹

4. MI gyakorlati használata

A mesterséges intelligencia vizsgálata a Cove.Tool nevű alkalmazásban történt, amit az MI ALKALMAZÁSOK résznél is említettem. Fontos megjegyezni, hogy minden elemző MI alkalmazás rendkívül drága és csak kereskedelmi licence-el elérhető. A Cove.Tool volt az egyetlen cég, akinél sikerrel jártam a megbeszéléseken, így ők adtak hozzáférést az alkalmazásukhoz. A Digital Blue Foam és az Sidewalk Labs egyébként jelenleg még nem szándékozik oktatási licence-ét kibocsátani, mint a további megbeszéléseken kiderült.

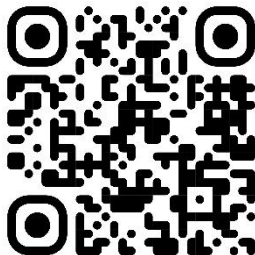
A Cove.Tool szoftver alapvetően egy webes alkalmazás, így operációs rendszertől függetlenül használhatjuk és nem igényel jelentős számítási kapacitást. A szoftverben egy, a Hegedűs Dániel László hallgató társam által tervezett, parametrikusan létrehozott homlokzatú irodaházat vizsgáltam. A szoftverben több különböző nemzetközi szabvány állítható be, az ASHRAE 19 (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers 2019) szabványt használtam, amely az IECC 2021 (International Energy Conservation Code) szabványnak megfeleltethető.

Az alkalmazás kezelése rendkívül gördülékenyen ment, nagyon könnyen tanulható volt és a kezelői felület is megfelelő segítséget biztosított az egyszerű navigáláshoz. Energetikai elemzésnél az épület adatainak legpontosabb importálása egy nagyon fontos szempont, ebben többféle lehetőséget kínált a program. Egy manuális számadatokon alapuló bevitelt, illetve egy a 3D elemek 3D tervezőszoftverben egy kiegészítő segítségével való elem klasszifikáción keresztüli bevitelt. Mindkettőt megvizsgáltam, de a numerikus bevitelnél jelentősen kevesebb eredményt tudtam kapni a programból.

A szoftver 11 lépést kínál számunkra, amelyek tulajdonképpen lineárisan végig követhető lépések. Logikai sorrendben van felépítve a rendszer, ezzel is segítve a szoftver tanulhatóságát. Az általános projektbeállításon keresztül egészen a költség- és a CO2 optimalizálásig is el tudunk jutni.

A szoftverben bár algoritmus végzi a számításokat, javarészt csak a geometriai ismeretekre hagyatkozva képes számolni. Ez abból a szempontból volt lényeges számomra, hogy a szoftverben bár klasszifikációval képes voltam megadni a 3D geometriát, de azon túl csak a tervezőprogramban a 3D elemekhez rendelt tulajdonságokat (például anyag, tűzállóság) tudja a program importálni. Ezt a hiányosságot egy olyan felhasználói interfésszel pótolták, amelyen képesek vagyunk beállítani az épülethez tartozó további jellemzőket. Ilyenek az energetikai elemzéshez fontos villamos rendszerek, hőátbocsátási tényezők és egyéb olyan paraméterek, amelyeket a szoftverben dinamikusan tudunk állítani, hogy minél pontosabb eredményt kapjunk az elemzésről. Ezen felül olyan különböző gépészeti rendszereket is képesek vagyunk megadni, amelyek befolyásolhatják az energetikai elemzés végeredményét.

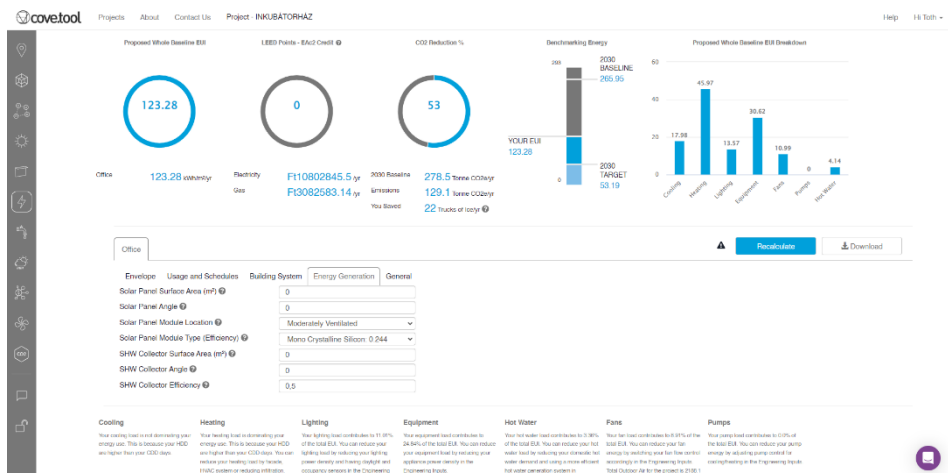
¹¹ Digital Blue Foam, <https://www.digitalbluefoam.com/>, 2024.04.12.



2. ábra 3D analízis lehetőségek a szoftverben (saját)
<https://me-qr.com/QXbO6AKy>

Számomra az energetikai és vizuális elemző fül volt a legfontosabb a program által kínált vizsgálatok közül. A vizuális elemző fülnél a klasszifikációval importált geometriát a szoftver környezeti kontextusba tudta helyezni, a megadott földrajzi adatok alapján, így tudjuk elemezni tovább az épületet. Ezek a vizsgálatok széles spektrumot lefedtek, egészen a legalapvetőbbektől a különlegesekig. (2. ábra)

Az energetikai elemzés fül teljes mértékben kielégítette azokat az igényeket, amelyeket támasztottam felé. Itt több grafikont kínál a program (3. ábra) az energetikai eredmények értelmezésére. Ezek közül az első grafikon a Proposed Whole Baseline EUI – Javasolt teljes EUI alapérték, amelyben az EUI (Energy Use Intensity) az energiafelhasználási intenzitást jelenti, ami a magyar szabvány szerint az összesített energetikai jellemzőnek tekinthető. Emellett LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) minősítést jelző diagram is található ezen a fülön. A harmadik grafikon pedig az energiafelhasználás által kibocsátott CO₂ mennyiséget mutatja meg számunkra. Ezen grafikonok és a mutatott értékek alapján egy kezdeti fázisban lévő tervezésnél kulcsfontosságú információt nyerhetünk az épületünk fenntarthatóságáról. Illetve iteratív jelleggel tudjuk vizsgálni, hogy a tervezésben tett változtatások miben befolyásolták az épület energetikáját. Ezen felül két oszlopdigramot találunk még ezen a fülön, amelyből az egyik az EU-s stratégiák által kitűzött energiafelhasználási intenzitást mutatja és ahhoz viszonyítva a saját épületünk értékét. Emellett láthatjuk, hogy bizonyos rendszerek mennyire terhelik az energiafelhasználást az épületben.



3. ábra Cove.Tool energetikai elemző felülete (saját)

5. Jövőbeli kilátások

A kutatásban több módszert hasonlítottunk össze két hallgatótársammal, Hajdu Árpáddal és Hegedűs Dániellel. Az eredmények tekintetében a Magyarországon jelenleg használatos Auricon Energetic szoftver számításait vettük alapul, ehhez hasonlítottuk a többi eszközt. Az elemzés során meglepően közel voltak a mesterséges intelligencia alkalmazás eredményei az Auricon-hoz, a minimális eltéréseket akár a számítási módszerek különbségének is betudhatjuk. A módszerek összehasonlításánál egy olyan táblázat is készült, amelyben a különböző munkafolyamatok kiértékelésre kerülnek, egy általunk meghatározott szempontrendszerben. A táblázat relatív minimum és relatív maximum értékeket tartalmaz. (4. ábra)

programok összehasonlítása				
	Auricon	Energy Evaluation	Ladybug	CoveTool
munkaidő	●●●○○	●●○○○	●●●●○	●●○○○
tudás elsajátításához szücs. idő	●●○○○	●●●○○	●●●●●	●●●○○
exportált adatok érthetősége	●●○○○	●●○○○	●●●●●	●●●●●
kezelhetőség	●●●○○	●●○○○	○○○○○	●●●●○
gépigény	●●○○○	●●●○○	●●●●●	●○○○○
későbbi használati potenciál	●●●●○	●●●○○	●●○○○	●●●●●

4. ábra Programok összehasonlítása (saját)

A különböző módszerek megismerését követően, azoknak előnyeit és hátrányait figyelembe véve, fontos volt egy olyan jövőbeli alkalmazás vizionálása, amely konstruktívan összeilleszti a vizsgált eszközök előnyös tulajdonságait. A vizionált szoftverben kiemelten fontos az élő kapcsolat az elemzőszoftver és a tervezőprogram között, így interaktív módon képesek vagyunk követni a két szoftverben történő változtatásokat. Itt fontos továbbá a BIM (Building Information Modelling) munkakörnyezethez szükséges kiterjesztések (, IFD - Industrial Foundation Classes for Data, IFC - Industrial Foundation Classes) exportálása is. A másik alappillére a vizionált szoftvernek az Európai szinten jelenlevő szabványok rendszerezett kezelése. Ezen felül természetesen elengedhetetlen, hogy nemzetközi szabványokat is tartalmazzon ez a szoftver. Továbbá fontos, hogy olyan energetikai elemzőkben használatos kiterjesztés is exportálható legyen, mint az energy plus, esetleges eredmény validálás szempontjából. Ezen felül a szoftvernek mindenképpen egy mesterséges intelligencia algoritmusra kell épülni, amely a folyamatos bemenő adatok alapján képes az energetikai elemzést egyre pontosabban és az energetikai optimalizációt egyre hatékonyabban elvégezni. A szoftver ezen túlmenően intuitív felhasználói felülettel rendelkezzen, tartalmazza az adekvát épületadatok változtathatóságának lehetőségét és felhő alapú tárolást és hozzáférést is nyújtson.

Egy ilyen vizionált program fejlesztése természetesen nagyban hozzájárulna a tudatos tervezéshez, de hatalmas informatikai szaktudást és jogi háttérrel igényel. Ennek függvényében a kifejlesztése is jelentős időbe telhet. Pozitív azonban, hogy ilyen gyors ütemű technológiai fejlődéssel rövid időn belül képesek leszünk ilyen szoftverek létrehozására.

6. Összegzés

A jelenlegi globális energetikai környezetben kiemelten szigorú stratégiák kerülnek kidolgozásra, amelyek megkövetelik a sokkal tudatosabb tervezést. A tudatos tervezést olyan programokkal érhetjük el, amelyek kellően naprakészek a számítástechnika konstans fejlődő területén. A naprakész szoftverek ma már mondhatjuk, hogy teljesen mesterséges intelligencia alapúak kell, hogy legyenek, hiszen ezekkel tudjuk elérni a legnagyobb kapacitást, mind saját időnk kihasználásában, mind pedig számítási kapacitás tekintetében. Ezenfelül fontos, hogy az energetikai elemzés módszereket jobban kutassuk, hiszen a mesterséges intelligencia energetikai elemzésben való szerepéről még rengeteg kutatási témát találhatunk.

A tervezők gyakran hajlamosak egész életükben egy adott programot használni és abban komfortzónán belül tevékenykedni. Fontos azonban, hogy a rohanó világban, ahol rengeteg fejlesztés megy végbe nap mint nap, képesek legyünk a komfortzónán túl megismerkedni új programokkal, módszerekkel és technológiákkal, hiszen a tervezésnél kezdődhet egy új, fenntarthatóbb jövő építése.

Felhasznált irodalom

- Morteza Ghobakhloo, 2020, Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. In Journal of Cleaner Production (Vol. 252). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>
- James Moor, 2006, The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years, Article in AI Magazine
- Siew Goh Cheng, Wang Yee Hey, 2023, Proceedings of the 27th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate.
- Catarina Belém, Luís Santos, António Leitao, 2019, On the Impact of Machine Learning Architecture without Architects?
- Shah Bundela Vikramaditya, 2023, Artificial Intelligence based Workflow Framework for Architectural Design.
- Sidewalk Labs, <https://www.sidewalklabs.com/>, 2024.04.12
- Spacemaker, <https://d3.harvard.edu/platformdigit/submission/spacemaker-merging-ai-technology-with-urban-planning-anddesign/>, 2024.04.12
- Autodesk Forma, <https://www.autodesk.com/products/forma/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>, 2024.04.12.
- Cove.tool alkalmazási felület, <https://app.covetool.com/project/199455/change/>, 2024.04.12.
- Digital Blue Foam, <https://www.digitalbluefoam.com/>, 2024.04.12.

A DIC mérés technika alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata beton elemeken

1. Bevezetés

A beton a mérnöki használatban a legelterjedtebb és legismertebb anyag, mely nyomásnak erős, míg húzásnak gyenge ellenállást mutat. Mivel a beton nyomóterhelés hatására, a növekvő nyomószilárdságnak köszönhetően egyre ridegebb viselkedést mutat, a különféle szálerősítő elemek használata, már régóta megszokott az építő és vasút iparban. Kezdetben fémből készült elemeket, majd később az additív technológia fejlődésével párhuzamosan elkezdtek polimereket használni, amely elősegítette a különböző folyamatok költséghatékonyá tételét, különösen, ha a gyorsprototípus gyártást vesszük figyelembe. A megfelelő felépítésű és jó mechanikai, szívóssági tulajdonságokkal bíró erősítő elem alakja és anyaga pontosan szabvány által nincs meghatározva, ezért a különböző struktúrájú erősítőelemek kérdését több folyóirat és cikk vizsgálja.²³ Az egyik ilyen értekezés, amely az additív gyártástechnológián keresztül mutatja be a polimer és a fém erősítések hatását a kötőanyag mechanikai tulajdonságaira, Farina I. és társai publikációja. A cikkben hárompontos hajlítási vizsgálatokat és optikai mikroszkópos elemzéseket végeztek el a próbatesteken, ahol kimutatták, hogy a vizsgált anyagok nyíróképessége, hajlítószilárdsága és törési szívóssága nagymértékben függ az erősítőszálak kialakításától és anyagától. A nagy felületi érdességű szálakkal erősített próbatestek nyírási tönkremenetelt és nagy határfelületi kötőszilárdságot mutatnak, míg azok, melyek nem erősítettek, illetve sima szálakkal vannak erősítve, hajlítási tönkremenetelt és korlátozott határfelületi kötőszilárdságot mutattak.⁴ Egy másik kutatásban Brian Salazar és társai polilaktid savból (PLA) és akrilnitril-butadién-sztirolból (ABS) készült erősítéssel készült rácsszerkezetet alkalmaztak nagy szilárdságú betonon.

Kimutatták, hogy a polimer anyagválasztás (PLA vagy ABS) nem volt jelentős hatással az eredményekre, azonban a rácsos erősítés százalékos arányának növelése, a nyomószilárdság csökkenéséhez és nagyobb alakíthatósághoz vezetett. Tehát kijelenthető, hogy egy adott alakítási módszerhez tartozó kísérlet nem korlátozódik egy speciális rácsgeometriára vagy

¹ SZE SZE-GIVK Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar, Gépészmérnöki MSc Szak, Járműgyártás és Technológia tanszék. Témavezető: Dr. Szalai Szabolcs, Oktatási dékánhelyettes, 3D Felület digitalizáció és hossz mérés technika labor

² P. Stähli, R. Custer, and J. G. M. van Mier, "On flow properties, fibre distribution, fibre orientation and flexural behaviour of FRC," *Mater. Struct.*, vol. 41, no. 1, pp. 189–196, Jan. 2008, doi: 10.1617/s11527-007-9229-x.

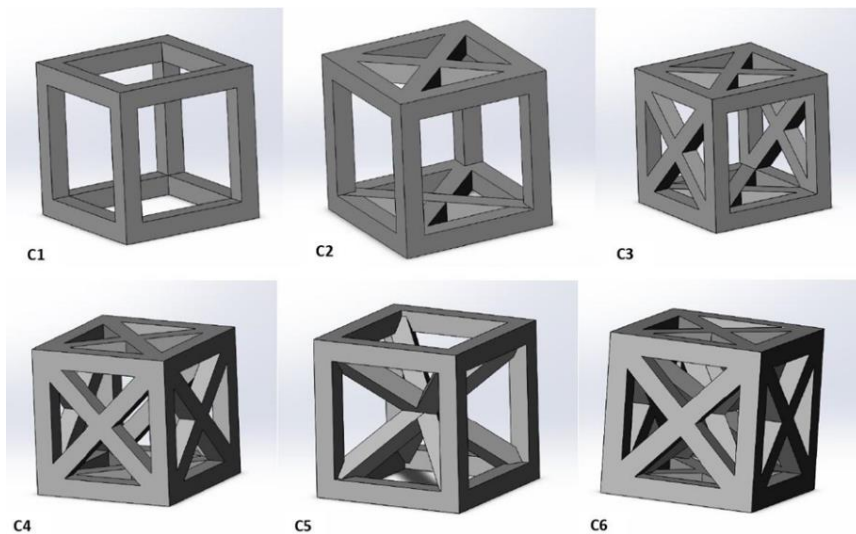
³ J. Saroia et al., "A review on 3D printed matrix polymer composites: its potential and future challenges," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 106, no. 5–6, pp. 1695–1721, Jan. 2020, doi: 10.1007/s00170-019-04534-z.

⁴ I. Farina et al., "On the reinforcement of cement mortars through 3D printed polymeric and metallic fibers," *Compos. Part B Eng.*, vol. 90, pp. 76–85, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.12.006

anyagra. A cikkben említett rácsos megerősítés lehetővé teszi az erősítőanyag elhelyezésének ellenőrzését és ezáltal optimalizálását az adott terhelési forgatókönyvek szempontjából.⁵ Sarkalatos pont még ezen kívül, ha 3D nyomtatott elemekről van szó, a nyomtatási orientáció is, mivel a nyomtatott elemek mechanikai tulajdonságai nyomtatási irányfüggők. A megfelelő nyomtatási orientációval elérhető a feszültség terjedése a szálak mentén, így terheléskor a repedések kénytelenek több nyomtatott rétegen keresztül terjedni, nem kizárólag rétegek közt, ezzel javítva a próbatest szívósságát és mechanikai tulajdonságait.

2. Alkalmazott geometria és elemei

Az alkalmazott szálerősítő szerkezetek geometriájának leegyszerűsítése végett, a szerkezetek különféle ketrecszerű cellákból lettek felépítve. A térfogat-tömeg arányt figyelembe véve, a szimpla, lapközéppontos és köbös egységcellákat alapul véve lettek kialakítva az alapcellák, melyeket az 1. ábra szemléltet.



1. ábra Alkalmazott cella geometriák

A kockák a geometriai konfiguráció alapján kerültek C1-C6-ig tartó besorolásba, miszerint a legegyszerűbb felépítéstől (SC) haladunk a legbonyolultabbig (BFVC). Korábbi tanulmányokban már kimutatták, hogy a nagy feszültséggel terhelt régiók átlósan fordulnak elő az egyenletes rácsszerkezeteknél,

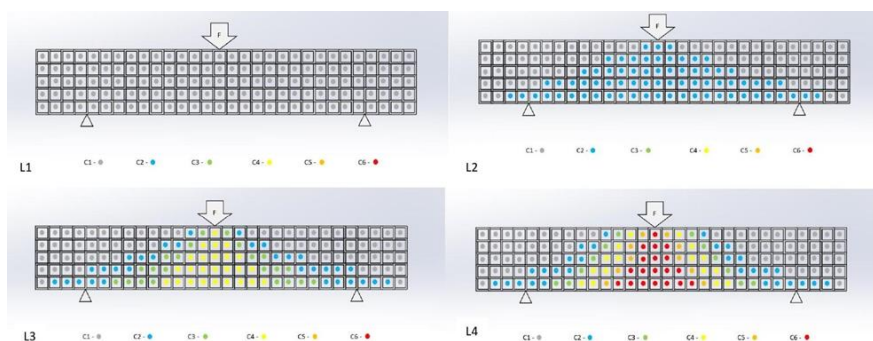
⁵ S. Ba. PWilliams, "Polymer lattice-reinforcement for enhancing ductility of concrete," Mater. Des., vol. 196, p. 109184, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.matdes.2020.109184.

például a BCC és BFVC (BBC, FCC és VC kapcsolata).⁶ Ezért a kísérletek során a BCC(C5) és BFVC(C6) és FCC(C2-C4) rácsszerkezetek is alkalmazásra kerültek. A cellák mindegyike 1,25mm-es merevítő elemekkel rendelkeznek, a kockák mérete 10x10x10mm. A bemutatott elemek alapparamétereit az 1. táblázat szemlélteti.⁷

Jelölés	Geometriai konfiguráció	Színkód	Tömeg [g]	Térfogat [mm ³]	Relatív térfogat [%]
C1	SC	szürke	0.16	156.25	15.625
C2	FCC-1	kék	0.21	214.75	21.475
C3	FCC-2	zöld	0.27	273.21	27.321
C4	FCC-3	sárga	0.33	331.69	33.169
C5	BCC	narancs sárga	0.23	230.50	23.05
C6	FCC-3 + BCC	piros	0.40	399.79	39.979

1. táblázat A cellaelemek alapparamétereit színkódokkal

A relatív térfogat értékeit, a térfogat osztva a kockák mérete (10x10x10=1000mm³) alapján lett kiszámítva, eszerint a cellák relatív térfogata növekvő sorrendben: C1<C2<C5<C3<C4<C6. A különféle cellaelemek színkódokkal lettek ellátva. A 2. ábrán szereplő rácsszerkezetek a felépítés ábrázolása mellett, bemutatják a kísérleti elrendezést, a terhelés irányát beleértve.



2. ábra A nyomtatott minták cellaelrendezései színkód alapján

⁶ F. N. Habib, P. Iovenitti, S. H. Masood, and M. Nikzad, “Fabrication of polymeric lattice structures for optimum energy absorption using Multi Jet Fusion technology,” Mater. Des., vol. 155, pp. 86–98, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.matdes.2018.05.059.

⁷ C. Li et al., “A novel hybrid design method of lattice structure based on failure mode,” Sci. China Physics, Mech. Astron., vol. 65, no. 9, p. 294611, Sep. 2022, doi: 10.1007/s11433-021-1905-9.

Az elemi cellákból felépített rácsszerkezetek mérete 45x263.75x45mm. A tervezés során a költséghatékonyság és a felhasznált anyagminimumra való törekvés lett szem előtt tartva. A rácsszerkezetek felépítése és geometriája az alkalmazott gép (Matest S.P.A. Gerenda 150kN) méreteit figyelembevéve lett kialakítva. A rácsszerkezetek alapparamétereit a 2. táblázat foglalja össze.

Jelölés	Tömeg [g]	Térfogat [mm ³]	Felszín [mm ²]
L1	117.19	117185.76	365622.68
L2	165.92	165921.85	508610.19
L3	165.83	165834.00	497882.5
L4	176.89	176888.41	525748.32

2. táblázat Rácsszerkezetek alapparamétereit

3. Próbatestek előkészítése

A próbatestek több lépésben lettek előkészítve. A kinyomatott szálerősítő elemek egy fazsaluból készült formába lettek rögzítve, majd egy kötőanyag keverékkel lettek a végleges formára hozva. Az erősítő elemek nyomtatási paramétereit és a kötőanyag keverési paramétereit a 3. fejezet alfejezetei tartalmazzák.

3.1. Szálerősítés

Minden minta a Creality CR-10S V2 Pro nyomtatóval lett elkészítve, politejsav (PLA) alkalmazásával, mely széles körben ismert és használt, magas alakrögzülési és alakvisszanyerési sebességének köszönhetően. Ebben a kutatásban általános és üvegszál erősített PLA került alkalmazásra.⁸ A 2.fejezetben bemutatott szerkezetek terve a Solidworks Professional 2020 x64 Edition szoftverrel lett elkészítve, mely STL formátumba lett konvertálva, hogy a Creality CR-10S V2 Pro nyomtatóba lehessen importálni. A 3D nyomtatási folyamat megkezdése előtt az STL fileokat felkellett dolgozni, hogy a szerkezetek digitális modellje nyomtatási utasításokká legyen alakítva. Ehhez az UltiMaker Cura 5.3.0 speciális szeletelő szoftver került alkalmazásra. Az FDM nyomtatása során minden minta azonos paraméterekkel került nyomtatásra. A fűvóka átmérője 0.4mm, a nyomtatott rétegvastagság 0.2mm és a nyomtatási minta kocka alakú volt. A nyomtatási sebesség 50mm/s, a töltési sűrűség 20% volt, továbbá a letapadás javítsa végett brim lett alkalmazva. A fűvóka és az asztal nyomtatási paramétereit 215°C és 65°C-ra lettek beállítva. Az infill nagysága nem befolyásolta a próbatestek végleges méretét és a felhasznált filament mennyiségét.

8 C. Tang, J. Liu, W. Hao, and Y. Wei, "Flexural properties of 3D printed graded lattice reinforced cementitious composites using digital image correlation," Mater. Des., vol. 227, p. 111734, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.matdes.2023.111734.

3.2. Kötőanyag összetétel és öntés

A próbatestek kötőanyagaként betont lett alkalmazva, melynek összetételét a 3. táblázat foglalja össze, 1 liter anyag kikeverése esetén.

Anyag	Márka	Mennyiség (gramm)
Víz	-	300
Cement	CEM-II-AS-42,5	856
Mészkelet	Lafarge	205
Adalék anyag	OH0/1	930
Folyósító	VC 5 NEW	5,5

3. táblázat Beton összetétel

A csomómentesre kevert anyag fazsaluba lett öntve, melynek belső felszínét SIKA Separol W-120 szeparátorral vontuk be. Ezt követően (Matest C278) vibro asztal segítségével légbuborék mentesek lettek a próbatestek, majd egy hétig, a kiszáradás veszélyt elkerülése érdekében, víz alatt kerültek tárolásra, így került biztosításra, hogy a próbatestek teljes keresztmetszetükben megszilárduljanak, de a külső rétegek ne száradjanak ki. Felhasználás előtt, a kísérletek kezdését megelőzőleg egy nappal szobahőmérsékleten lettek szárítva a próbatestek. A kísérletek megkezdése előtt, az általános PLA erősített próbatestek esetében száradás után észlelésre került, hogy mikrorepedések húzódnak a nyomtatott szerkezeten, ezzel erősítés helyett kritikus zónákat létrehozva.

3.3. Festés és GOM mérés előkészítés

A megszilárdult és előszárított próbatesteket a mérést megelőzően, 15 perccel le lettek festve matt fehér lakk (DECO MOTO TECHNO AEROSOL), majd matt fekete (UNITED SEALANTS SPRAYS MATT BLACK SPRAY) lakkspray-el. A festés akkor jó, ha a szórt szemcsék megfelelő méretére, konzisztenciájára továbbá megfelelő a fekete-fehér egyensúly a felületen.^{9,10,11} A próbatestek alakváltozása DIC GOM ARAMIS kamerarendszerrel lett rögzítve, amely a digitális képpelkorreláció elvén alapul. A GOM a minták 3D koordinátáinak, elmozdulásának és felületi deformációjának mérésével képsorozatot készít a dinamikus feszültségekről. A rendszer állítható és cserélhető lencsékkel, LED-es megvilágítással, polarizációs szűrőkkel és 5-megapixeles kamerákkal rendelkezik.

Számos tartozékának köszönhetően a mérési körülményekhez igazítható, pozícionálása gyors és egyszerű. A változó mérési körülményekre, például páratartalom, hőmérséklet, stb. érzékeny, ezért kalibrálása túl nagy amplitúdójú

⁹ S. Szalai and G. Dogossy, "Speckle pattern optimization for DIC technologies," Acta Tech. Jaurinensis, vol. 14, no. 3, pp. 228–243, 2021, doi: 10.14513/actatechjaur.00573.

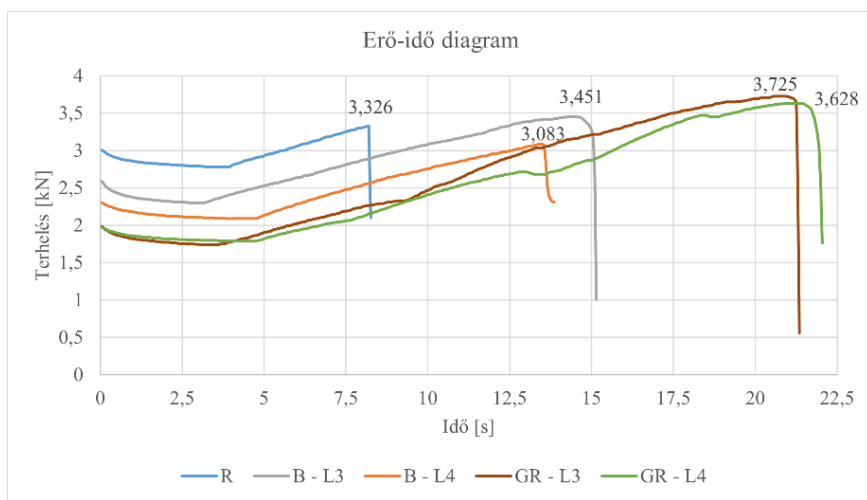
¹⁰ S. Szalai, H. Csótár, D. Kurhan, A. Németh, M. Sysyn, and S. Fischer, "Testing of Lubricants for DIC Tests to Measure the Forming Limit Diagrams of Aluminum Thin Sheet Materials," Infrastructures, vol. 8, no. 2, p. 32, Feb. 2023, doi: 10.3390/infrastructures8020032.

¹¹ P. Reu, "Speckles and their relationship to the digital camera," Exp. Tech., vol. 38, no. 4, pp. 1–2, Jul. 2014, doi: 10.1111/ext.12105.

változások esetén, illetve 8 óránként ajánlott. A mérési pontosságot a megfelelő kalibrálással lehet biztosítani. A kalibrálási kép akkor jó, ha a megvilágítás egyenletes, a kép fókuszban van és nem figyelhető meg elmosódás, továbbá a kamerák úgy vannak szinkronizálva, hogy közben kitöltik a kalibrációs térfogatot és a laser pointer a kaliber lap közepére mutat.¹² A minden méréshez 8Hz mérési frekvenciát állítottunk, a mérési tartomány pedig, 20mm × 100mm-es CP20-as volt, 60mm fókussszal, a mérési hőmérséklet 23°C és a páratartalom 35% volt.

4. GOM mérések és eredmények

A méréseket követően az eredmények az ARAMIS Professional 2018 szoftverben kerültek kiértékelésre. Összesen 14 darab próbatest került vizsgálatra. 6 erősítés nélküli referencia (R), 4 általános PLA erősített (B) és 4 üvegszál erősített PLA (GR) próbatest lett tesztelve a négy pontos hajlító vizsgálatok során, 0,1 kN/sec terhelési sebességgel. A nyomtatott cellaelrendezések közül a tesztek során a legjobban az L3 és L4 elrendezések teljesítettek (B-L3, B-L4, GR-L3, GR-L4). A két felhasznált anyag közötti különbségek már az erő-idő diagram is látványosan szemléltetik, amely a 3. ábrán látható, a maximális terheléssel.

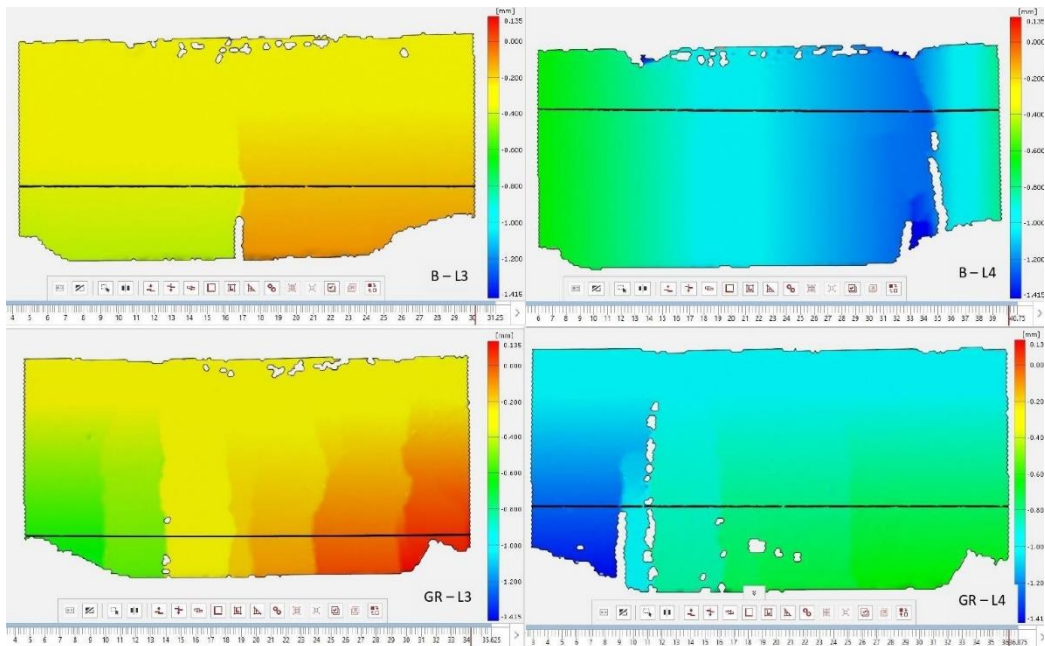


3. ábra A B-L3, B-L4, GR-L3 és GR-L4 testek a referenciához viszonyítva

Leolvasható, hogy az üvegszál erősített próbatestek, L3 elrendezés esetében 8%-kal, míg az L4 elrendezés esetében 18%-kal nagyobb terhelést bírtak, mint az általános PLA erősített testek. A referenciához viszonyítva az értékeket szembevetve, hogy a mérési időtartamok egyre hosszabbak, ahogy az erősítőelemek sűrűsödnek a szerkezetben. Technikai okokból kifolyólag az erőmérés nem volt összeköthető a GOM szenzorral, így az erődiagramoknak megfelelően a GOM kiértékelések során az elmozdulás mezők kerültek vizsgálatra. A GOM mérések ezeket a megfigyeléseket alátámasztották és elérhetővé tették a mikrorepedések terjedésének megfigyelését. A 4.

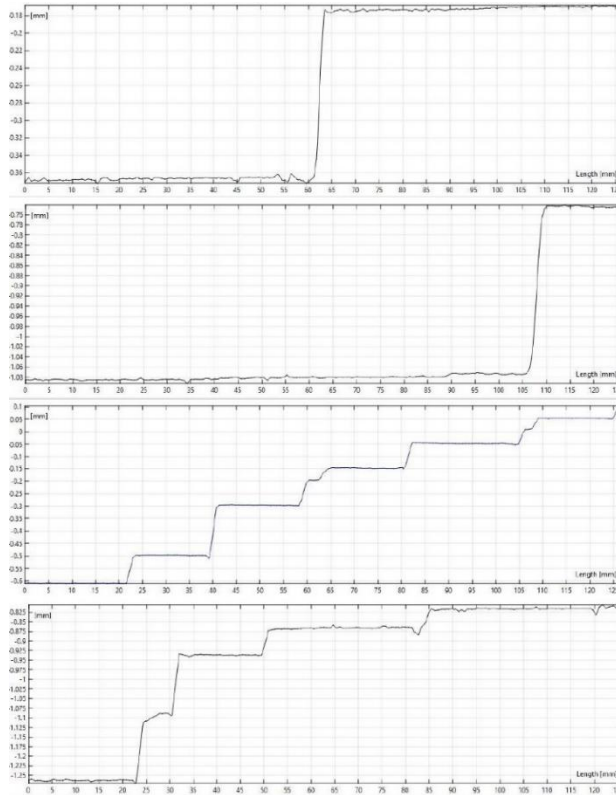
¹² P. Reu, "Calibration: A good calibration image," Exp. Tech., vol. 37, no. 6, pp. 1–3, Nov. 2013, doi: 10.1111/ext.12

ábra a 3. ábrán szemléltetett szálerősítéssel ellátott próbatetek GOM kiértékelésének képeit ábrázolja, ahol a testek x irányú elmozdulása lett megfigyelve.



4. ábra: Szálerősített próbatetek x irányú elmozdulásának GOM vizsgálata

Annak érdekében, hogy az eredményeket egymáshoz lehessen hasonlítani az ábrák jobb oldalán látható skálákat egységesen be kellett állítani, melyek +0,135mm és -1,415mm lettek. Ezen értékek meghatározásához szükséges volt a mérések eredeti skálaértékei közül meghatározni a maximum és minimum értéket. A kiértékelés képei szépen kiemelik a szálerősített struktúrák közti különbségeket. Az L3 elrendezés esetében az elmozdulás az általános PLA (B) anyag esetében -0,1 és -0,4mm köz esett, míg az üvegszál erősítés (GR) esetében -0,8 és +0,135 között volt. Az L4-es elrendezés esetében általános -0,6 és -1,2mm intervallumba esett, míg az üvegszál PLA esetében -0,4 és -1,415mm közé esett. Az eredmények nem csak a szerkezetek geometriai elrendezésének különbségeire világítanak rá, de az anyagbéli különbségeket is kiemelik. Az általános PLA esetében az össze próbatestnél 1 maximum 3 repedés alakult ki, míg az üvegszál erősített testek esetében a legegyszerűbb szerkezetnél is 3, a legbonyolultabbaknál, pedig 6-7 repedés is látható a GOM kiértékeléseken, a nagy század alatti pontosságnak köszönhetően. A repedések terjedése és összeczáródása, továbbá az új repedések keletkezése alátámasztja, hogy a polimer erősítések kedveznek a betonelemek mechanikai tulajdonságainak. Az 5.ábra a repedések megjelenése és összeczáródása közti kapcsolatot mutatja be, amelyek a 4.ábra elemeinek metszeteinek segítségével, B-L3, B-L4, GR-L3, GR-L4 sorrendben.



5. ábra A kiértékelés metszetek x irányú terheléseinek diagramjai

A négy diagram a testek x irányú deformációját mutatja meghatározott intervallumban, 0-125mm, amely a mérési ablak szélességének megfelelő érték. A repedések terjedését és összezáródását, a legjobban az üvegszálerősített testek diagrammjai mutatták. A repedés terjedési mechanizmusa jól látható, hiszen a diagrammok lépcsőzetes struktúrával rendelkeznek. Ezen lépcsők mutatják a repedés terjedését. Ezek az értékek kisebb mértékben ugyan, de az erődiagramokon is megjelennek. Ez az összehasonlítás jól mutatja a DIC rendszer alkalmazhatóságát.

5. Következtetések

[1.] Az általános PLA erősített próbatestek terhelést megelőző mikrorepedéseit több faktor is okozhatta. Elsősorban a felhasznált beton közel 11pH-val rendelkező lúgos közeg, amely könnyen kioldhatta az általános PLA egyes részeit. Ez a másik, üvegszál PLA anyagnál nem okozott szemmel látható problémát, amelyet alátámasztanak a kapott eredmények is. Továbbá a választott anyag nem rendelkezett a kitöltő közeghez közeli hőtágulási tényezővel és kellően nagy húzószilárdsággal sem rendelkezett, így a beton lassú zsugorodása könnyen deformációt okozhatott a belső szerkezetben. Ez a terület további kutatásokat kíván, több próbatest felmérését és a tört felületek további mikroszkopikus vizsgálatát a további hipotézisek felállításához.

[2.] A DIC GOM ARAMIS 2018 kiértékelések, a lépcsőzetes elmozdulás

diagrammal alátámasztották, hogy a szálerősítések befolyásolják a mechanikai feszültség terjedését és annak lokalizációját. Továbbá a lépcsőzetes struktúra arra a következtetésre vezet, hogy repedések nyíltak és záródtak össze, így jobban megoszlott a mechanikai terhelés a szálerősítéseknek köszönhetően, melyet a 4. és az 5. ábra is alátámaszt.

[3.] Az eredmények már most jól látható különbségeket tárnak fel a kialakított szálerősítési struktúrák közt, így a pályázat folytatásaként további komplexebb vizsgálatsorozattal tervezem folytatni kutatói és publikációs tevékenységemet.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- P. Stähli, R. Custer, and J. G. M. van Mier, “On flow properties, fibre distribution, fibre orientation and flexural behaviour of FRC,” *Mater. Struct.*, vol. 41, no. 1, pp. 189–196, Jan. 2008, doi: 10.1617/s11527-007-9229-x.
- J. Saroia et al., “A review on 3D printed matrix polymer composites: its potential and future challenges,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 106, no. 5–6, pp. 1695–1721, Jan. 2020, doi: 10.1007/s00170-019-04534-z.
- I. Farina et al., “On the reinforcement of cement mortars through 3D printed polymeric and metallic fibers,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 90, pp. 76–85, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.12.006.
- S. Ba. PWilliams, “Polymer lattice-reinforcement for enhancing ductility of concrete,” *Mater. Des.*, vol. 196, p. 109184, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.matdes.2020.109184.
- R. Li et al., “Bio-inspired honeycomb structures to improve the crashworthiness of a battery-pack system,” *Eng. Fail. Anal.*, p. 108041, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.engfailanal.2024.108041.
- X. Peng, G. Liu, J. Li, H. Wu, W. Jia, and S. Jiang, “Compression property and energy absorption capacity of 4D-printed deformable honeycomb structure,” *Compos. Struct.*, vol. 325, p. 117591, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.compstruct.2023.117591.
- F. N. Habib, P. Iovenitti, S. H. Masood, and M. Nikzad, “Fabrication of polymeric lattice structures for optimum energy absorption using Multi Jet Fusion technology,” *Mater. Des.*, vol. 155, pp. 86–98, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.matdes.2018.05.059.
- C. Li et al., “A novel hybrid design method of lattice structure based on failure mode,” *Sci. China Physics, Mech. Astron.*, vol. 65, no. 9, p. 294611, Sep. 2022, doi: 10.1007/s11433-021-1905-9.
- C. Tang, J. Liu, W. Hao, and Y. Wei, “Flexural properties of 3D printed graded lattice reinforced cementitious composites using digital image

correlation,” *Mater. Des.*, vol. 227, p. 111734, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.matdes.2023.111734.

- S. Szalai and G. Dogossy, “Speckle pattern optimization for DIC technologies,” *Acta Tech. Jaurinensis*, vol. 14, no. 3, pp. 228–243, 2021, doi: 10.14513/actatechjaur.00573.
- S. Szalai, H. Csótár, D. Kurhan, A. Németh, M. Sysyn, and S. Fischer, “Testing of Lubricants for DIC Tests to Measure the Forming Limit Diagrams of Aluminum Thin Sheet Materials,” *Infrastructures*, vol. 8, no. 2, p. 32, Feb. 2023, doi: 10.3390/infrastructures8020032.
- P. Reu, “Speckles and their relationship to the digital camera,” *Exp. Tech.*, vol. 38, no. 4, pp. 1–2, Jul. 2014, doi: 10.1111/ext.12105.
- P. Reu, “Calibration: A good calibration image,” *Exp. Tech.*, vol. 37, no. 6, pp. 1–3, Nov. 2013, doi: 10.1111/ext.12059.

A jogellenes gyermekelviteli ügyek hazai és nemzetközi gyakorlata

1. Bevezetés

Tanulmányomban a jogellenesen külföldre vitt gyermekek ügyeit járom körül, annak jogi szabályozását, mind anyagi mind eljárásjogi kérdéseit vizsgálva. A kiskorú gyermekek államhatár átlépését a nemzeti és a nemzetközi jog szabályai is meghatározzák. A gyermek külföldre vitele jogellenes, ha az, az elvitel idején fennálló felügyeleti jogot sért.² Eltérően alakulhat az ügy megítélése a szülői felügyelet közös vagy egyik szülő általi gyakorlása esetén, a másik szülő hozzájárulásával vagy annak hiányában történő elvitelnél, illetve az említetteken túl, számos egyéb körülmény vizsgálendő még, melyeket tanulmányom következő fejezeteiben kívánok részletesen bemutatni.

2. Általános jellemzői a jogellenesen külföldre vitt gyermekek visszavitele iránt indított eljárásoknak

A 1986. évi 14. törvényerejű rendelet hirdette ki a Gyermekek Jogellenes Külföldre Vitelének Polgári Jogi Vonatkozásairól szóló, Hágában az 1980. évi október 25. napján kelt szerződést (a továbbiakban: Hágai Egyezmény), amely tartalmazza jogellenes külföldre vitt gyermek visszavitele iránt indítható eljárás szabályait. EU-n belül - egyik tagállamból a másik tagállamba történő elvitel esetén - szintén a Hágai Egyezmény hivatkozendó, kiegészítve a Brüsszel IIb rendelet³ III. és IV. fejezeteivel.

Az eljárás központi értékei a gyermek érdeke és a szülői felügyeleti jog tényleges gyakorlásának biztosítása. Az egyezmény célja restitutív, - különleges körülmények fennállásának hiányában - a szülői felügyeleti jog gyakorlásának törvényes állapotba történő visszaterelése. Fontos továbbá kiemelni, hogy a jogellenes gyermekelviteli ügyben eljáró szerv nem a szülői felügyeleti jogról dönt, a Hágai Egyezmény 19. cikkéből pedig egyértelműen kiderül: az eljárásban hozott döntés nem tekinthető a szülői felügyeleti jogot érintő érdemi döntésnek, amely a

¹ Jogász szak, SZE Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Témavezető: Reiderné Dr. Bánki Erika PhD egyetemi docens, SZE Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Polgári Jogi és Polgári Eljárásjogi Tanszék

² 1986. évi 14. törvényerejű rendelet a Gyermekek Jogellenes Külföldre Vitelének Polgári Jogi Vonatkozásairól szóló, Hágában az 1980. évi október 25. napján kelt szerződés kihirdetéséről 3. cikk (a továbbiakban: Hágai Egyezmény)

³ A Tanács (EU) 2019/1111 rendelete (2019. június 25.) a házassági és szülői felelősségi ügyekben a joghatóságról, a határozatok elismeréséről és végrehajtásáról, valamint a gyermekek jogellenes külföldre viteléről (átdolgozás) CELEX: 32019R1111 (a továbbiakban: Brüsszel IIb rendelet)

Kúria gyakorlatában is már régóta követett elv.⁴ Az eljáró szervnek öt fontos kérdést kell vizsgálnia:

1. A gyermek 16 éven aluli?
2. Hol volt az elvitel előtt a gyermek szokásos tartózkodási helye?
3. Jogellenes-e az elvitel a megállapított szokásos tartózkodási hely szerinti állam joga alapján?
4. Gyakorolta-e a szülői felügyeleti jogait a kérelmező?
5. Fennáll-e a visszavitel megtagadásának oka?

3. A jogellenesség megállapítása: gyermek szokásos tartózkodási helyének függvényében

Az eljáró szervnek a visszavitel elrendeléséről vagy megtagadásáról szóló döntésének meghozatalához először meg kell állapítania, hogy történt-e jogellenes elvitel vagy visszatartás a Hágai Egyezmény 3. cikk alapján. A jogellenesség feltétele a gyermek szokásos tartózkodási helyén szerzett felügyeleti jog, ezért kell vizsgálni, hogy hol volt a szokásos tartózkodási hely az elvitel idején, azonban erre vonatkozóan a Hágai Egyezmény definíciót nem tartalmaz. El kell határolni a szokásos tartózkodási helyet a lakóhely fogalmától. A fogalmak közötti legfőbb eltérés megragadható abban, hogy a tartózkodási hely sem regisztrációhoz, sem állami hatóság bejegyzéséhez nem kötött. A szokásos tartózkodási hely eldöntése nem jog- hanem ténykérdésként értékelhető.⁵ A fizikai jelenlét ténye adja a tartózkodási hely fogalmát, jellegéből pedig következtethetünk arra, hogy szokásosnak tekinthető-e. Az 1996-os Hágai Egyezmény kézikönyve bár nem említi, külföldi szakirodalom⁶ a szokásos tartózkodási hellyel kapcsolatban két fontos körülményre hívja fel a figyelmet: a letelepedés szándékára és a méltányolható időtartamú tartózkodásra. Gyermek esetén azonban ennél összetettebb a kérdéskör és az egyezmény szövege kifejezetten a gyermek szokásos tartózkodási helyét tartalmazza. Természetes, hogy a gyermek mindennapjainak és életvitelének szülei a meghatározói. Saját céljai és elképzelései nyilvánvalóan a kiskorúnak is vannak, azonban azok egyrésztől nem lehetnek teljesen függetlenek a szülői támogató vagy ellenző hatásoktól, másrészt sokkal inkább kisebb horderejűek és rövidtávúak, mintsem egy másik államban való letelepedésre és új élet kezdésére vonatkozóak. Minden esetben az ügy egyedi megítélése szükséges, azokból a tényekből kiindulva, melyek elsősorban a gyermek életében relevánsak, nem pedig a szüleiében. Korától függően a következő körülmények vizsgálata terjedt el a gyakorlatban: hol jár a gyermek védőnőhöz, gyermekorvoshoz, óvodába, bölcsődébe, iskolába, rokonai és baráti körébe, magánórákra, hobbitevékenységét hol végezni? Kőrös András, is

⁴KÖRÖS ANDRÁS: A jogellenesen Magyarországra hozott gyermekek visszavitelére irányuló eljárás főbb kérdései in RAFFAI KATALIN (szerk.): *Határokon átnyúló családi ügyek. Nemzetközi személyes- és családjogi kérdések a XXI. században* 2018, Pázmány Press, Budapest, 101.

⁵ELISA, PÉREZ-VERA: Explanatory Report on the 1980 Hague Child Abduction Convention, in *HCCH Publications*, 66.pont <http://www.hcch.net/upload/expl28.pdf> 2023. 11. 07.

⁶R. BEAUMONT, PAUL - E. MCELEAVY, PETER: *The Hague Convention on International Child Abduction*, 1999, Oxford University Press, Oxford

kiemeli tanulmányában⁷ a Legfelsőbb Bíróság elvi határozatát, amely szerint “a [Hágai] Egyezmény alkalmazásában a gyermek szokásos tartózkodási helye alatt azt a helyet kell érteni, amely huzamosabb ideig és akár a véglegesség szándéka nélkül is a szülő és a gyermek együttélésének természetes és zavartalan helyszíne, ideértve a megfelelő közös lakást, a gyermeket eltartó szülő munkahelyét és azt a mikroközösséget is, ahová a gyermek az adott időszakban beilleszkedett.”⁸

4. A visszavitel megtagadásának okai

A jogellenesség fennállása az első kérdés, melyet a bíróságnak el kell döntenie, azonban megállapítása még nem feltételezi automatikusan a visszavitel elrendelését. Vannak olyan körülmények, melyek fennállása megalapozhatják a visszavitel iránti igény megtagadását, még abban az esetben is, ha bebizonyosodik, hogy jogellenes volt az elvitel maga. Az Európai Unió Bíróságának gyakorlata viszont következetes abban, hogy a visszavitel megtagadásának esetei kivételesek és ilyen helyzetben is a gyermek érdekének kell érvényesülnie.⁹

4.1. Hágai Egyezmény 12. cikk: 1 éven túli beilleszkedés

A Hágai Egyezmény 12. cikke tartalmaz egy főszabályt és egyúttal az első kivételes esetet is, amikor a visszavitel megtagadható. Főszabály szerint “a gyermek jogellenes elvitelétől vagy elrejtésétől az eljárásnak azon Szerződő Állam igazságügyi vagy államigazgatási szervei előtti megindításáig, ahol a gyermek van, egy évnél kevesebb idő telt el, az érintett hatóság haladéktalanul elrendeli a gyermek visszavitelét.” A kivétel pedig arra vonatkozik, hogy “az igazságügyi vagy államigazgatási szerv akkor is elrendeli a gyermek visszavitelét, ha az eljárást az előző bekezdésében említett egyéves határidő lejárta után indították, kivéve, ha bizonyítják, hogy a gyermek már beilleszkedett új környezetébe.”

Az ún. egyéves határidő vizsgálata nem minden esetben egyszerű. A gyakorlatban általában egyértelmű a határidő számításának kezdő időpontja: amikor a gyermeket elvitték, pontosan meghatározható dátummal. Vannak esetek azonban, amikor nem ennyire egyértelmű és vita tárgyát képezheti az eljárásban a kérelmező és a kérelmezett ellentétes állítása. Például felmerül a kérdés, hogy honnan számítandó a határidő a következő esetben. A gyermekkel külföldre utazó szülő és a másik szülő között megállapodás született arra nézve, hogy egyikük elviheti külföldre a gyermeket egy bizonyos, hosszabb, de meghatározott ideig, de a gyermeket elvivő szülő szándéka alapvetően már a kiutazásnál a kintmaradásra irányult. Hogyan kell figyelembe venni azt az időt, amelyet a megállapodás alapján még látszólag jogszerűen töltött külföldön? Másképpen: melyik lesz az az időpont, amikor a kérelmezett megvalósította a jogellenes elvitelt? Természetesen, ha a joggyakorlat azt az álláspontot alakítaná ki, hogy az elvitel időpontja (a kérelmezett

⁷KÖRÖS: i.m., 105.

⁸A Legfelsőbb Bíróság EBH 2003.950. számú Elvi Határozata

⁹C. v. M. ügy C-376/14.PPU. (Európai esetjogi azonosító: ECLI:EU:C:2014:2268)

szándéka alapján) már a kiutazáskor megkezdődött, méltánytalan lenne a kérelmezővel szemben, hiszen a kérelmezett adott esetben tudhatta előre, hogy a megállapodás ideje alatt időt nyer, mivel azalatt nem is indíthat sikeresen jogellenes elviteli eljárást¹⁰. Indokolt tehát kezdő időpontként a jogszerű kinttartózkodás megszűnését tekinteni.

4.2. Hágai Egyezmény 13. cikk a) pont: elvitel vagy visszatartás időpontjában felügyeleti jogait ténylegesen nem gyakorolta vagy az elvitelhez hozzájárult

Hágai Egyezmény 13. cikk a) pont második fordulata alapján a gyermek visszavitele megtagadható, ha a visszavitelt “ellenző személy [...] bizonyítja, hogy a felügyeleti joggal rendelkező személy [...] előzetesen vagy utólag hozzájárult az elvitelhez vagy elrejtéshez.”

Mint az eddigiekben részletezett kérdésekben, itt is hasonló gyökerű a probléma: nincs definiálva mi számít hozzájárulásnak. A gyakorlatban így a hozzájárulás elég tágan értelmezhető: kifejezett vagy csupán ráutaló, írásbeli vagy szóbeli, közvetlen vagy közvetett is lehet. Minden eset egyedi körülményeit vizsgálva állapítható meg, hogy a szülő adott-e hozzájárulást vagy belenyugodott-e az elvitelbe. A gyakorlat azt mutatja, hogy a hallgatóságos belenyugvás is értékelhető hozzájárulásként, azonban figyelembe veendő az elvitel és az eljárás megindítása között eltelt idő megítélésében az ésszerű gyorsaság.¹¹

4.3. Hágai Egyezmény 13. cikk b) pont: a visszavitel testi, lelki károsodást vagy elviselhetetlen helyzetet okozna

A Hágai Egyezmény 13. cikk b) pontja a gyermek visszavitelének megtagadását a körülmények olyan kivételes esetére alapozza, mely esetén “a gyermeket visszavitele testi vagy lelki károsodásnak tenné ki vagy bármilyen más módon elviselhetetlen helyzetet teremtene számára.”

A gyakorlatban ez a leggyakrabban hivatkozott eset. A Hágai Egyezmény idézett cikkének hivatkozásakor az eljáró szervnek az általánosan vett gyermeki érdeket - itt a szokásos tartózkodási helyére történő visszavitelt, - és konkrétan az esetben szereplő gyermek védelmét kell mérlegre tennie.¹² A testi és lelki károsodás eseteinek értelmezése nemzetközi szinten sem okoz nehézséget, megítélésük hasonló alapokon nyugszik. A harmadik csoport értelmezésénél már talán nehezebb egy közös bázis megtalálása. A kézikönyv az *elviselhetetlen* jelző értelmezéséhez annak

¹⁰2021. évi LXII. törvény a szülői felelősséget érintő nemzetközi igazságügyi együttműködésről 14. §

¹¹A.Q. v. J.Q., 12 December 2001, transcript, Outer House of the Court of Session (INCADAT azonosító HC/E/UKs 415)

¹²R. BEAUMONT, PAUL - E. MCELEAVY, PETER: *The Hague Convention on International Child Abduction*, 1999, Oxford University Press, Oxford 31.

a kérdésnek a vizsgálatát javasolja, hogy ésszerűen elvárható-e a gyermektől, hogy az adott helyzetet tolerálja?¹³

Különös, és a gyakorlattól egyáltalán nem elrugaszkodott kérdésként merülhet fel, amikor a gyermek lelki megrendelődését vagy elviselhetetlen helyzetet pont a másik szülőtől való elszigetelése okozza.¹⁴ Fontos hangsúlyozni, hogy a gyermek visszavitelének kötelezettsége a szokásos tartózkodási helyére nem jelenti olyan állapot fenntartását, amely veszélyeztető lenne a gyermek számára. Az eljáró szerv nem dönthet például közös lakásba visszaköltözésről, csupán a szülői felügyeleti jog helyreállításához szükséges mértékig várható el a visszatérés a gyermekkel a szokásos tartózkodási hely szerinti államba.¹⁵

4.4. Hágai Egyezmény 13. cikk: érett gyermek ellenkezése

A gyakorlatban szintén sokszor felmerülő kérdésekhez vezet a Hágai Egyezmény 13. cikkében található kivétel: a gyermek ellenkezése. A cikk alapján, ha az eljáró szerv “úgy találja, hogy a gyermek ellenzi a visszavitelét és elérte már az érettségnek azt a fokát, amikor nézetei már számításba veendők” megtagadhatja a visszavitel elrendelését.

Két tényezőt kell vizsgálni ebben az esetben: a gyermek nyilatkozatát és a gyermek érettségét. Különlegesen traumatikus élmények hiányában is megterhelő élmény a gyermeknek önmagában a szokásos tartózkodási helyéről való kiszakítottóság, az ismeretlen, új környezet és az eljárás kimenetelének - bár rövidnek számító, de mégis hetekig tartó - bizonytalansága jövőjét illetően. A gyermek nyilatkozatát befolyásolja tehát egyrészt a múlt felidézésének megterhelő élménye, másrészt a szülők szintén befolyásoló tényezőként jelennek meg. Különösen a vele együtt élő szülő magatartása és megnyilvánulásai lehetnek mélyebb hatással a gyermek nyilatkozatára is. A negatív befolyásolás felismerése nem egyszerű feladat a meghallgató bíró számára. Az ellennevelés és elidegenítés¹⁶ - legyen az akár tudatos, akár kevésbé szándékos - a gyermeket visszavitelét ellenző nyilatkozatának megtételében nagyban befolyásolhatja.

4.5. Hágai Egyezmény 20. cikk: visszavitel emberi jogok védelmébe ütközik

A Hágai Egyezmény Magyarországon legkevesebbet alkalmazott 20. cikke szerint a visszavitel “megtagadható, ha az a megkeresett Államnak az emberi jogok védelmével és az alapvető szabadságokkal kapcsolatos alapelveibe ütköznék.”

¹³Draft Guide to Good Practice on Article 13(1)(b) of the Hague Convention of 25 October 1980 on the Civil Aspects of International Child Abduction 14.

¹⁴M. ŽUPAN - M. DRVENTIĆ: Kindesentführung vor kroatischen Gerichten mit besonderer Rücksicht auf die

aus Deutschland kommenden Anträge in *Revija za evropsko pravo* 2018/1. szám, 63-83.

¹⁵X v Latvia, App. No. 27853/09, 23 November 2013.

¹⁶KOZÁK HENRIETT-NÉMETH RITA: A PAS (parental aliention syndrom), a szülői elidegenítési tünetegyüttes aktuális státusza, in *Családi jog*, 2013/ 3. szám, 21–27.

Nemcsak hazai, de globális statisztikákat is tekintetbe véve a legkevesebbszer sikeresen hivatkozottként a közrendi ütközés zárja ki a visszavitel elrendelését. A gyakorlatban ennek egyik oka lehet, hogy a Hágai Egyezmény részes államai javarészt ugyanazon emberi jogi egyezmények szerződő felei is egyben, másrészt, ha másik kizáró ok is fennáll egyidőben, a visszavitel megtagadásának indokolását inkább a gyakorlatban kidolgozottabb 13. cikk b) pontra alapozta a bíróság.¹⁷

5. Összegzés

Az eljárás során tapasztalható bizonytalanságok a definíciók hiányából fakadnak. A jogbiztonság szempontjából kedvező lenne olyan kulcsfogalmak pontosítása, mint a "hozzájárulás", "beilleszkedés", "gyermek szokásos tartózkodási helye." Az eljárás speciális céljára tekintettel pedig a "gyermek legfőbb érdekének" előtérbe kerülő szempontjait is szűkíthetné a jogalkotó annak érdekében, hogy a túl tágan értelmezhető fogalmak tényleg a gyermek érdekét védjék és ne a megromlott kapcsolatú szülők egymás közti vitájának érdekérvényesítésére szolgáljanak.

A Hágai Egyezmény alapján indítható eljárás a ténykérdések eldöntése felől nézve (egyéves időtényező és a gyermek szokásos tartózkodási helye) egyszerű eljárásnak tűnhet, viszont a jogkérdések zavaros fogalmai által mégis nehezen kiszámítható kimenetűek.

Elsősorban a szokásos tartózkodási hely fogalmának szinte teljesen kiszámíthatatlan értelmezéséből adódó problémát tartom sürgetőnek enyhíteni, mert ez a Hágai Egyezmény eljárásának legelső olyan kérdése, amely alapvetően döntheti el az ügy kimenetelét. Természetesen mindig az ügy egyedi körülményeiből szükséges kiindulni, azonban a jogbiztonságot erősítő tényezőnek tartanék egy mankót, iránymutatást - például eltelt napok számának minimum határa a beilleszkedés megállapíthatóságához - amelyen keresztül a bíróságok közelíthetnék gyakorlatukat.

Végül a kötelező jogi képviselőt mind a kérelmező, mind a kérelmezett oldalán a felek jogainak és kötelezettségeinek hatékonyabb gyakorlását segíthetné elő. Látható, hogy jogászok szempontjából is egy elég szűk körben előforduló, speciális ügycsoportról van szó. Nemzetközi köz- és magánjogi, uniós jogi és családjogi ismeretek alkalmazása mellett külföldi családjogi rendelkezések értelmezése is szükséges. Véleményem szerint nem elvárható a laikus szülőtől eligazodás hazai és külföldi anyagi jogi szabályokban a rendkívül szoros eljárásjogi határidők keretében.

Összefoglalva a Hágai Egyezmény rendelkezéseinek vizsgálatát követően megállapítható, hogy a visszavitel iránti eljárás tényleg rendelkezik azokkal a jellemzőkkel, amelyek biztosítják a gyermek legfőbb érdekének érvényesítésének lehetőségét. Erős garanciákat tartalmaz a gyorsaságra, annak kivédésére, hogy szülői felügyeleti jogot érdemben befolyásoló eljárásá fordítsák át a felek, és a visszavitel megtagadásának kivételes esetei szintén a gyermek valódi érdekét tartják szem előtt. A hazai gyakorlat jogbiztonsága az ítélkezési gyakorlat tükrében kielégítő, amely

¹⁷A.M.R.I. v. K.E.R., 2011 ONCA 417 (INCADAT azonosító HC/E/CA 1067)

természetesen részben köszönhető az egyetlen kizárólagos illetékességgel rendelkező és eljáró bíróságnak is. A nemzetközi gyakorlat viszont már annál inkább bizonytalanságokkal terhelt: különböző nemzetek fórumai előtt eltérő gyakorlat kialakulása figyelhető meg. Az eltérések pedig kivétel nélkül a mérlegelésre széles teret hagyó definíciók vonatkozásában érhetők tetten. Fentebb vázolt javaslataim megvalósítását ezért nem a hazai jogalkotás számára, hanem inkább uniós és nemzetközi jogi szintű, a gyakorlat tényleges harmonizálására alkalmas dokumentumokban tartanám kívánatosnak.

Felhasznált irodalom

- 1986. évi 14. törvényerejű rendelet a Gyermekek Jogellenes Külföldre Vitelének Polgári Jogi Vonatkozásairól szóló, Hágában az 1980. évi október 25. napján kelt szerződés kihirdetéséről
- 2021. évi LXII. törvény a szülői felelősséget érintő nemzetközi igazságügyi együttműködésről
- A Legfelsőbb Bíróság EBH 2003.950. számú Elvi Határozata
- A Tanács (EU) 2019/1111 rendelete (2019. június 25.) a házassági és szülői felelősségi ügyekben a joghatóságról, a határozatok elismeréséről és végrehajtásáról, valamint a gyermekek jogellenes külföldre viteléről (átdolgozás) CELEX: 32019R1111
- A.M.R.I. v. K.E.R., 2011 ONCA 417 (INCADAT azonosító HC/E/CA 1067)
- A.Q. v. J.Q., 12 December 2001, transcript, Outer House of the Court of Session (INCADAT azonosító HC/E/UKs 415)
- C. v. M. ügy C-376/14.PPU. (Európai esetjogi azonosító: ECLI:EU:C:2014:2268)
- Draft Guide to Good Practice on Article 13(1)(b) of the Hague Convention of 25 October 1980 on the Civil Aspects of International Child Abduction
- ELISA, PÉREZ-VERA: Explanatory Report on the 1980 Hague Child Abduction Convention, in *HCCH Publications* <http://www.hcch.net/upload/expl28.pdf> 2023. 11. 07.
- KOZÁK HENRIETT-NÉMETH RITA: A PAS (parental alienation syndrom), a szülői elidegenítési tünetegyüttes aktuális státusza, in *Családi jog*, 2013/ 3. szám
- KÖRÖS ANDRÁS: A jogellenesen Magyarországra hozott gyermekek visszavitelére irányuló eljárás főbb kérdései in RAFFAI KATALIN (szerk.): *Határokon átnyúló családi ügyek. Nemzetközi személyes- és családjogi kérdések a XXI. században* 2018, Pázmány Press, Budapest
- M. ŽUPAN - M. DRVENTIĆ: Kindesentführung vor kroatischen Gerichten mit besonderer Rücksicht auf die aus Deutschland kommenden Anträge in *Revija za evropsko pravo* 2018/1. szám
- R. BEAUMONT, PAUL - E. MCÉLEAVY, PETER: *The Hague Convention on International Child Abduction*, 1999, Oxford University Press, Oxford

- R. BEAUMONT, PAUL - E. MCELEAVY, PETER: *The Hague Convention on International Child Abduction*, 1999, Oxford University Press, Oxford
- X v Latvia, App. No. 27853/09, 23 November 2013.

Biológiai védekezés a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) ellen, és a gazdanövénykörre vonatkozó vizsgálatok

Dolgozatomban feltártam a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) által okozott természetvédelmi, erdészeti és ökológiai problémákat. Széleskörű hazai és nemzetközi szakirodalmi áttekintést végeztem az inváziós faj elleni biológiai védekezés lehetőségeiről. Üvegházi kísérlet során a *Verticillium nonalfalfae* kórokozóval injektált csemeték tüneteit figyeltem meg 2023. június és 2023. október között. A bálványfán kívül az őshonos, erdészeti szempontból jelentős fafajok kórokozóval szembeni fogékonyságát vizsgáltam, a nem célzott fafajokra való kockázat tekintetében. A 9 fafaj közül a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*), a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*), a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), a csertölgy (*Quercus cerris*), a kocsányos tölgy (*Quercus robur*), a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), a szürke nyár (*Populus x canescens*), a fekete nyár (*Populus nigra*), és a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*) injektálása történt meg. A bálványfát 50 literes edényekbe ültettem, mellé egyéb fafajok kerültek. Az így létrehozott mini-ökoszisztémákkal próbáltam leképezni a természetes folyamatokat, azaz a bálványfa negatív hatásait a körülötte lévő csemetékre. Az injektált fajok közül csak a bálványfa mutatott hervadásos, a vártnál enyhébb tüneteket. Október közepén az injektálás helyéről hossz- és keresztmetszeti mintákat készítettem, ahol elszíneződéseket kerestem. A mintákat malt extract agar felhasználásával készült táptalajra helyeztem. Összehasonlításra kerültek az injektált és a nem injektált csemeték, a tünetek, a szíjács esetleges elszíneződése és a táptalajra helyezett minták szerint.

1. Bevezetés és célkitűzés

Az mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) napjainkra szinte minden kontinensen elterjedt és hazánkban is a legveszélyesebb inváziós növények között tartják számon. Egyaránt okoz természetvédelmi, ökológiai és erdészeti problémákat, de agresszív terjedése és kiváló regenerálódó képessége miatt legelőkön, kaszálókon is felverődhet, sőt, urbán környezetben is gyakran találkozhatunk vele. Az ellene való védekezés nagy körültekintést igényel és igencsak munkaigényes folyamat. A védett természeti területek, a természetes és természetközeli állapotú vízfolyások, vizes élőhelyek, illetve erdőfelújítások esetében a rendelkezésre álló mechanikai vagy kémiai védekezési módok korlátozottak, nem minden esetben elégségesek vagy lehetségesek. A környezetvédelmi szempontok előtérbe kerülésével egyre nagyobb szerepet kaphatnak a szelektív, biológia módszerek a nem kívánatos szervezetek ellen. Így felmerül a kérdés, hogy találunk-e olyan természetes ellenségét a bálványfának, ami

¹ Növényorvosi MSc szak, SZE Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar. Témavezető: Prof. Dr. Palkovics László Amand egyetemi tanár, Növénytudományi Tanszék

segíthet a visszaszorításában anélkül, hogy a nem célzott növények károsodnának? Külföldi referenciák alapján, a bálványfa elleni védekezésben ígéretesnek mutatkozott a *Verticillium nonalfalfae* gomba, mint potenciális „bio-herbicide”. Hazai viszonylatban elsőként vizsgálhattam a kórokozó hatását a különböző fásszárú növényekre, különös tekintettel a leggyakoribb őshonos-, illetve a gazdaságilag kiemelt jelentőségű fajokra. Célom, hogy gazdagítsam a *V. nonalfalfae* gazdanövénykörére vonatkozó ismereteket eddig nem vizsgált fajokkal és megerősítem a tudást a már vizsgált fajokra vonatkozóan. Az általam végzett kísérlettel szeretnék hozzájárulni a módszer használatának előrelendítéséhez, illetve az alkalmazás korlátainak felderítéséhez.

2. Anyag és módszer

Az I. számú kísérletben 8 faját direkt injektálása történt *Ailantex* készítménnyel (*Verticillium nonalfalfae*). Egy 50 literes edénybe 6 db csemete került fajonként.

A II. számú kísérletben szintén 50 literes edényekbe a központi bálványfa köré egyéb fajokot ültettem, két természetben is előforduló társulást mintázva (A és B mini-ökoszisztéma). Edényenként két bálványfát injektáltunk. A bálványfa által az egyéb fajokra gyakorolt negatív hatásokat is vizsgáltam.

Vizsgálat időtartama: 2023. június 15. – 2023. október 16.

2023. június 15-én injektáltunk *Ailantex*® (Biohelp, Ausztria) készítménnyel (*Verticillium nonalfalfae* kórokozó, G1/5 izolátum, konidium szuszpenzió). Az injektálás a *Maschek és Halmsghlager (2018)*² által leírt módszerrel történt. Minden edény esetében 5 csemetét fertőztünk, a középső egyedek kontrollként szolgálnak, így nem kezeltük azokat.

2023.06.19-től kezdve hetente ellenőriztük a tünetek fejlődését, egészen 2023.10.16-ig. A tünetek súlyosságát egy 0-4-ig terjedő skálán mértük a 1. táblázat szerint.

Skála	Tünetek
0	nincsenek tünetek/egészséges levelek
1	1–33% a lombzat érintett/klorotikus levelek
2	34–66% a lombzat érintett/nekrotikus levélszélek
3	67–99% a lombzat érintett/hervadó levelek
4	elpusztult vagy lombtalan csemete.

1. táblázat: Tünetek súlyosságának értékelése

2023.10.13-án talajszint felett néhány cm-rel levágtuk a csemetét. 3 cm-es hosszmetzeti és keresztmetzeti mintákat készítettünk, ahol a szíjács esetleges elszíneződését vizsgáltunk. Az injektált egyedeket összehasonlítottuk a kontrollokkal. Az injektált egyedekből származó mintákat és a kontrollokat külön-

² Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): Effects of *Verticillium nonalfalfae* on *Ailanthus altissima* and associated indigenous and invasive tree species in eastern Austria. *European Journal of Forest Research*. 137. 197–209.

külön Petri-csészébe helyeztük, malt extract agar felhasználásával készült táptalajra, majd Parafilm-mel lezártuk. Az Ailantex készítményt táptalajra szélesztettük, majd az egy konidiumos tenyészetből a *V. nonalfalfae* tiszta tenyészetet hoztuk létre MEA táptalajon és összehasonlítottuk az EPPO oldalán található tiszta tenyészetekkel PDA táptalajon. A táptalajra helyezett inokulált és kontroll faszeleteket szobahőmérsékleten, sötétben inkubáltuk 12 napig, majd a faszövet környezetében az abból kifejlődött gomba micélium morfológiai bélyegeit összehasonlítottuk a tiszta tenyészetrel, illetve a nem inokulált kontrollokkal.

3. Vizsgálati eredmények és következtetések

Az üvegházi kísérlet lehetőséget biztosított arra, hogy külső tényezőktől elszigetelten vizsgáljuk a *Verticillium nonalfalfae* által fertőzött különböző fafajok reakcióit. Maschek és Halmsghlager (2018)³ kísérleteit alapul véve a kórokozó gazdanövénykörére vonatkozó tudás bővítése volt a célom. A saját eredményeimet összehasonlítottam egy táblázattal, ahol az eddig ismert gazdanövénykörre vonatkozó kutatásokat gyűjtöttem össze.

A **fekete nyár** (*P. nigra*) Maschek és Halmsghlager⁴ szerint lehetséges rezisztenciával rendelkezik a kórokozóval szemben, mivel nem voltak hervadásos tüneteket, mindössze 5%-ban mutattak narancssárga/barnás elszíneződést a metszetek és csak csekély mértékben (mindössze 10%-ban) tudták újraizolálni a kórokozót. A saját kísérletben hasonlóak voltak a tapasztalatok, hervadásos tüneteket, szíjács elszíneződést nem mutattak a növények és a táptalajon sem sikerült kimutatni a kórokozót. Ezek ismeretében szintén **lehetségesen rezisztensként** kategorizáltam a fekete nyarát.

Az általam választott **magyar kőrisről** (*F. angustifolia* subsp. *danubialis*) eddig nem rendelkezünk ismeretekkel, hogy fogékony gazdanövénye lehet-e a *V. nonalfalfae*-nek. Egyéb kőrisfajokról, mint a *Fraxinus americana*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus nigra*, *Fraxinus pennsylvanica* és *Fraxinus quadrangulata* Hiemstra és Harris (1998)⁵ által összeállított lista alapján tudjuk, hogy a *V. dahliae*-re fogékonyak. Ezen fajok közül Maschek és Halmsghlager (2018)⁶ vizsgálta a Magyarországon is őshonos magas kőris (*Fraxinus excelsior*), valamint az észak-amerikai eredetű inváziós amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica*) fogékonyságát. A magas kőris esetében ugyanazt tapasztalták, mint a fekete nyárnál, így lehetséges rezisztensként jelölték. Az amerikai kőrisnél sem jelentkeztek a verticilliumos hervadás tünetei, mindössze 15%-ban észleltek elszíneződést a szíjácsban, viszont egy esetben sem tudták újraizolálni a kórokozót, így rezisztensnek írták le. A saját kísérlet során hasonlókat tapasztaltam a magyar kőrisrel is. A levelek nem mutattak hervadást, a szíjács halvány elszíneződései látszottak és egy esetben sem sikerült kimutatni a kórokozót. Így szintén **lehetségesen rezisztensként** jelöltem.

³ Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): i.m. 197–209.

⁴ Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): i.m. 197–209.

⁵ Hiemstra, J.A. – Harris, D. C. (1998): A compendium of Verticillium wilts in tree species. Wageningen, Ponsen and Looijen

⁶ Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): i.m. 197–209.

A **kocsányos tölgy** (*Q. robur*) Maschek és Halmsghlager (2018)⁷ kísérletében toleránsként szerepel, mivel nem mutatott hervadásos tüneteket, 42%-ban barnás elszíneződést tapasztaltak a szíjácsban és nagy arányban (63%-ban) sikerült újraizolálni a kórokozót. Hasonló megállapítást tettem én is, mivel a kísérletemben nem voltak hervadásos tünetek, viszont a háncs és a szíjács között jellemző sötét elszíneződés mind az 5 injektált egyednél jellemző volt, a kontrollonknál ez hiányzott. A szín árnyalata viszont inkább sötétbarnás-lilás volt. Az 5 minta közül 3-ból (60%) egyértelműen azonosítható volt a *V. nonalfalfae* izolátum, így **toleráns** megjelölést kapott.

A **kocsánytalan tölgy** (*Q. petraea*), Yvonne et al., (2022)⁸ értékelése szerint lehetségesen rezisztens. Verticilliumos hervadást nem diagnosztizáltak a vizsgált egyedeken, barnás feketés elszíneződéseket a metszetek 62%-ban tartalmaztak. Azonban az újraizolálás aránya ehhez képest kisebb (33%) volt. A saját vizsgálatomban szintén nem voltak a lombozatot érintő tünetek és a háncs és szíjács közötti sötétbarnás-lilás elszíneződés az estek 100%-ban jelen volt. A mintákból táptalajon a kórokozó nem volt egyértelműen kimutatható, így a **lehetséges rezisztencia** kategóriába került.

A fehér akácot (*R. pseudoacacia*) Kasson et al., (2015)⁹ a *V. nonalfalfae* VnAa140 izolátumra fogékonyak jelölte, míg Maschek és Halmsghlager (2018)¹⁰ a G1/5 törzs Vert56 izolátummal szemben rezisztensnek találta. A rezisztenciát abból következtették, hogy hervadásos tüneteket nem mutatott, 85%-ban zöldes/feketés elszíneződés jelentkezett és nem sikerült kimutatni a kórokozót. A saját vizsgálatomban szintén nem voltak hervadásos tünetek, a szíjács 4-ből egy esetben (25%) mutatott feketés elszíneződést, de csak injektálás közvetlen helyén. Ugyanerről az egy mintából sikerült újraizolálni a kórokozót, így az akácot **lehetségesen rezisztensnek** jelöltem.

A **közönséges gyertyánt** (*Carpinus betulus*) korábban nem vizsgálták, mint a *V. nonalfalfae* lehetséges gazdanövénye. Verticilliumos hervadásra emlékeztető tünetet nem fedeztünk fel rajta. Az injektált egyedek szíjácsa nem mutatott elszíneződést a kontrollokhoz képest, táptalajon azonban nagy arányban 5-ből 3 esetben (60%) lehetett kimutatni, így a gyertyánt **toleráns** kategóriába helyeztem.

A szürke nyár (*P. x canescens*) és a csertölgy (*Q. cerris*) fajokkal érdemes lenne újra megismételni a kísérletet, mivel jelenleg nincs róluk elég információ, hogy a fogékonyt meghatározzuk.

A **mirigyés bálványfa** csemeték 85%-a elpusztult Maschek és Halmsghlager (2018)¹¹ kísérletében. 100%-ban produkáltak valamilyen tünetet a levélzetben és a szíjács sárgás-barna elszíneződésében egyaránt. 66%-ban sikerült újraizolálni a *V. nonalfalfae* kórokozót. A saját kísérletemben a bálványfák mindegyike produkált

⁷ Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): i.m. 197–209.

⁸ Yvonne L. et al. (2022): Further pathogenicity testing of *Verticillium nonalfalfae*, a biocontrol agent against the invasive Tree of Heaven (*Ailanthus altissima*), on non-target tree species in Europe. *Phytoparasitica*. 51. 113-130.

⁹ Kasson, M. T. – O'Neal, E. S. – Davis, D. D. (2015): Expanded host range testing for *Verticillium nonalfalfae*: potential biocontrol agent against the invasive *Ailanthus altissima*. *Plant Disease*. 99. 6. 823–835.

¹⁰ Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): i.m. 197–209.

¹¹ Maschek O. – Halmsghlager E. (2018): i.m. 197–209.

gyengébb tüneteket, azonban egy sem pusztult el. 12-ből 9-nél (75%) megfigyelhető volt a szíjács sárgás-barna elszíneződése is. A 12 mintából 8-at (66%) lehetett azonosítani *V. nonalfalfae*-ként, így a bálványfa **fogékonysága** bizonyítható.

Ahhoz, hogy a *V. nonalfalfae*-t biztonságosan tudjuk bio-herbicideként alkalmazni szabad természetben, úgy gondolom, hogy további gazdanövénykörre vonatkozó vizsgálatokat kell elvégezni a nem célzott fafajokra való kockázat tekintetében.

Bár legtöbb Magyarországon készült tanulmány a szárazabb termőhelyeken okozott károkról számol be a bálványfa kapcsán, jelentős előfordulásai vannak a fajnak, üde és félszáraz élőhelyeken is. A klímaváltozással járó magasabb átlaghőmérséklet, a sok napsütéses óra, és a kedvezőtlen eloszlású csapadék okozta aszályok kedveznek a bálványfa terjedésének, így jelentős állományai alakulhatnak ki ezeken a területeken is.

Felhasznált irodalom

- *Hiemstra, J.A. – Harris, D. C. (1998): A compendium of Verticillium wilts in tree species. Wageningen, Ponsen and Looijen*
- *Kasson, M. T. – O’Neal, E. S. – Davis, D. D. (2015): Expanded host range testing for Verticillium nonalfalfae: potential biocontrol agent against the invasive Ailanthus altissima. Plant Disease. 99. 6. 823–835.*
- *Maschek O. – Halmschlager E. (2018): Effects of Verticillium nonalfalfae on Ailanthus altissima and associated indigenous and invasive tree species in eastern Austria. European Journal of Forest Research. 137. 197–209.*
- *Yvonne L. – Maschek O. – Kirisits T. – Halmschlager E. (2022): Further pathogenicity testing of Verticillium nonalfalfae, a biocontrol agent against the invasive Tree of Heaven (Ailanthus altissima), on non-target tree species in Europe. Phytoparasitica. 51. 113-130.*

**Játék vagy használható technika?
- Xerográfia az alkalmazott grafikában**

A művészi grafika egy viszonylag új és sajátos ágazata, a digitális reprográfia körébe tartozó xerográfia. A 19-20. században a hagyományos grafikai technikák, mint például a fametszet vagy litográfia mellett, a fotografiai eljárásoknak köszönhetően megjelentek egyéb sokszorosító módszerek is. Ezek közé tartozik dolgozatom témája, a művészi fénymásolás, vagyis xerográfia. A képi hibák esztétikája, a megismételhetetlen végeredmény, valamint a gépek működéséből fakadó sajátos vizualitás rengeteg művészt vonzott a 20. század második felében. A fénymásolók megjelenésével sokan kezdték el az eredetileg irodai berendezésként funkcionáló eszközöket rendeltetésüktől eltérően használni, és egy egyedi képi világgal rendelkező grafikai irányzatot alakítottak ki. 2022 elején, előzetes ismeretek nélkül, magam is felfedeztem a technikát és azóta folyamatosan alkotok, kísérletezem, próbálom megismerni a határait.

A fotó- vagy képzőművészeti alkotásokon túllépve, az analóg vagy digitális fénymásolási eljárásokkal készült képek alkalmazott grafikai helyét kutattam. Úgy vélem a mai, szinte teljesen digitális úton készült képi világ uralta közegben üdítően hathat egy olyan technika, melyben ismét megjelenhet a manualitásból származó egyediség, személyesség, a „tökéletlenség” esztétikája. A mesterséges intelligencia térnyerésével pedig még inkább aktuális, hogy amit létrehozunk emberi alkotásnak, kevésbé sterilnek hasson. Tapasztalataim szerint ennek lehet egy kiváló eszköze a fénymásoló. Kutatásom során egy egyszerű összehasonlítást is végeztem a mesterséges intelligencia képgenerálási képessége és az általam is folytatott szkenerfotózás technikája között. Dolgozatom elsősorban saját kísérleteimből származó tapasztalataimra épül. A téma és az eljárás rendkívül megfogott, igyekeztem minél jobban körüljárni, lehetőségeit mélyebben megismerni. Emiatt a Széchenyi István Egyetem tervezőgrafika szakának mesterképzésén írt szakdolgozatomban is hasonló irányba mentem el. Párhuzamosan haladtam szakdolgozatommal és ÚNKP kutatásommal, a két munka közti átfedések elkerülhetetlenek voltak, hiszen kevés megbízható szakirodalom áll rendelkezésre a fénymásolás-művészet területén, az alkalmazott grafika vonzatában pedig még kevesebb. Szakdolgozatom ÚNKP kutatásom alapjaira épül, melyet számos helyen bővítettem és egy interjúsorozattal egészítettem ki, melyben olyan neves alkotókkal beszélgettem, akik valamilyen módon alkalmazták a fénymásolást képzőművészeti, fotóművészeti vagy alkalmazott grafikai téren.

Ha a témával foglalkozunk, rengeteg, gyakran egymást lefedő kifejezéssel találkozhatunk. Dolgozatom címében a xerográfia kifejezést használtam egyfajta frappáns gyűjtőfogalomként. Maga a xerográfia (xerox art) egyébként a hagyományos, analóg, toner festékanyagot használó gépekre vonatkozik. A kifejezés a Xerox cég nevéből ered, amely cég 1960-ban dobta piacra az első automata

¹ SZE Művészeti Kar, Design Tanszék, tervezőgrafika mesterképzés

Témavezető: Uhl Gabriella PHD, egyetemi docens, Művészeti Kar, Design Tanszék

fénymásoló gépet, a Xerox 914-es modellt.² A xerográfia szinonimájaként rendszeresen feltűnik a copy art (copygráfia) kifejezés is. Az általam is művelt, modern, digitális képet létrehozó, szkennerekkel történő alkotásnak nehezebb nevet találni. Czeizel Balázs fotóművész, grafikus, „szkengram”-ként vagy „digitális fotogramként” hivatkozik a technikára *Fotoszféra* című írásában,³ Klaus Urbons, német elektrografikus pedig „digitális xerográfiáknak” vagy „digitális fénymásolatoknak” hívja a hasonló elven készült fénymásolatokat *Copy Art – Fénymásolás-művészet* című könyvében.⁴ Én szkzenografikaként vagy szkzennerfotózással (scanography) létrehozott művekként szoktam megnevezni alkotásaimat. A gyakran xerográfia anyagként emlegetett, amerikai művész, Sonia Sheridan a „generative systems” szókapcsolatot vezette be az 1970-es években az Art Institute of Chicago oktatójaként. A kor újonnan megjelent médiumának gyűjtőfogalmaként használta a kifejezést, és a fénymásolóval, telefaxal és számítógéppel létrehozott műveket sorolta ide. Az elektrografika és elektrográfia szavak hasonlóak a „generative systems”-hez. Az elektrografika művészi szóhasználatban Magyarországon először 1990-ben tűnt fel. A jelenséggel, az egész Közép-Európában egyedülálló, *Árnyékkötők* szakfolyóirat foglalkozott tüzetesebben. A lap egy xerox úton előállított kiadvány volt, melyben hazai és külföldi alkotók elektrográfiai munkái és ezekhez kapcsolódó elméleti írásai jelentek meg. A fénymásolóval, telefaxal, számítógéppel vagy egyéb elektromos eszközzel létrehozott műveket nevezték elektrografikáknak. Később Bohár András, képzőművész és művészettörténész javasolta az elektrográfia kifejezést, ami mára, a Magyar Elektrográfiai Társaság tevékenységének is hatására, bevett szakkifejezéssé vált. Annak idején ezek a terminusok csak szűk körökben terjedtek el, nem voltak részesei a művészetről szóló diskurzusnak.⁵ Végző soron a xerográfia a hagyományos fénymásoló művészi használatát jelenti, a szkzenográfia pedig a modernebb digitális lapolvasókét.

A mail art és a performansz lehetőségein túl, a fénymásoló és szkennerek alkalmasak sajátos, csak e technikára jellemző vizualitás kialakítására. A lapolvasó felületén megülő porszemek, szennyeződések, a beolvasott anyagok textúrája mind hangsúlyos szerepet kaphat a kompozícióban. A hagyományos gépekkel sorozatos másolás útján elérhetünk kikeményített hatást, különféle absztrahálásokat vihetünk végbe, a mozgó fénycsíkkal működő gépeken elfolyó, elmosódó formákat is kialakíthatunk, de a tárgy fixen tartásával túéles, egységesen megvilágított képet is kaphatunk. Használhatjuk a gépeket csukott illetve nyitott fedővel, játszhatunk a külső fényforrások előidézte hatásokkal. A technika alkalmas reпрó fotók készítésére is, de kollázsok, montázsok és assemblage-ok megörökítésének eszköze is lehet. A modern szkennerek digitális képet adnak eredményül, amikkel egyszerűen

² Klaus Urbons: *Copy Art – Fénymásolás-művészet*, 2005, Magyar Műhely Kiadó, Budapest, 31. o.

³ Czeizel Balázs: *Fotoszféra – Az analóg fotogramtól a digitális fotogramig*, 2018, Moholy-Nagy Művészeti Egyetem, Budapest, 31. o.

⁴ Klaus Urbons: *Copy Art – Fénymásolás-művészet*, 2005, Magyar Műhely Kiadó, Budapest, 62 és 79. o.

⁵ Kováts Borbála. *Az elektrografika és az elektrográfia - Két fogalom természetrajza*; 2011. április 23., <https://szalon.arnolfini.hu/kovats-borbala-az-elektrografika-es-az-elektrografia/>, utolsó megtekintés dátuma: 2023.11.04.

továbbdolgozhatunk bármilyen képszerkesztő szoftverben. Emellett rendkívül hozzáférhető eljárás. A legegyszerűbb otthoni nyomtató lapolvasójával is elkezdhetünk dolgozni, nincs szükség hosszas előkészületekre vagy speciális felszerelésre, helyigénye sem nagy. Hasonló kísérletezési lehetőségeket biztosít, mint a nagyobb "szakértelmet" és technikai felkészültséget igénylő fotogram.

Az említett pár lehetőség és azok kombinációjával izgalmas és sokszínű képi világ hozható létre, melynek az alkalmazott grafikában is helye van. A xerográfia vagy szkennertofotózás sikeres alkalmazásának kulcsa, hogy megtaláljuk azokat a felületeket, amik kompatibilisek a technika jellegzetességeivel. Nyilván nem egy nagyvállalat arculata és logója fog ezzel az eljárással készülni, de az a médium, ami nagyobb „művészi” szabadságot enged, megfelelő hordozója lehet.

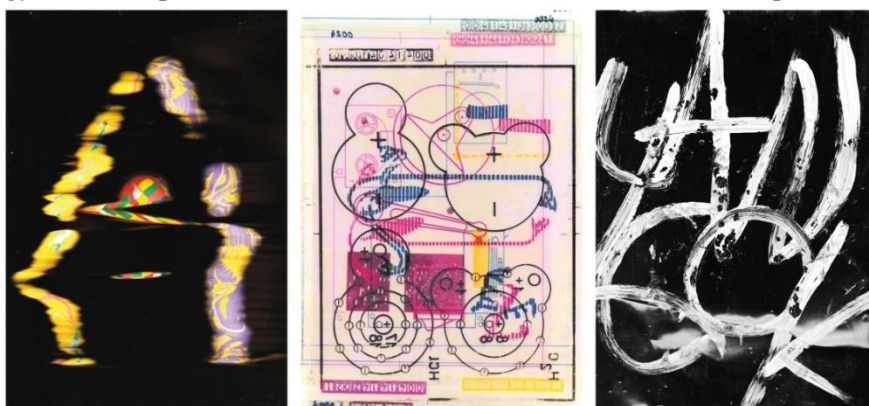
Dolgozatomban többek között írok a zine kultúrában máig hangsúlyosan jelenlevő fénymásolásról, és az ezekben a füzetekben megjelenő kötetlen tipográfiai és grafikai megoldásokról. Példaként hozom fel Barka Ferenc tervezőgrafikus könyvborítóit, melyekkel egy négy részes sorozaton keresztül vitt végig egységes vizualitást szkennelt kompozícióival. Megemlítem a méltán népszerű animációs sorozat, a *South Park* vizualitását, melynek a védjegyévé vált papírtextúrás megjelenést szintén szkenneléssel állították elő. A legendás brit rockzenekar, a *Radiohead* vizualitása is építkezett szkennelt elemekből. Stanley Donwood, grafikus és a banda frontembere, Thom Yorke szoros együttműködésben alkották meg albumjaik borítóit és azok kísérő grafikáit, melyek előállításában gyakran alkalmaztak reprográfiai módszereket. Az „underground” jelleg és a fősodorbéli művészettől való elkülönülés hatja át képi világukat. Fontos volt kitérnem a hazai *Árnyékkötők* szakfolyóiratra is. A lapban magyar és külföldi alkotók elektrográfiai munkáit köztölték elméleti írásokkal kiegészítve, szerkesztői Zsubori Ervin, Saxon-Szász János, Tenki István és Dárdai Zsuzsa voltak.⁶ A lap maga fénymásolás útján készült és került sokszorosításra, az alkotók tevékenységükkel rengeteg hozzátettek ahhoz, hogy az elektrográfia Magyarországon is elismert irányzattá váljon.

Magam is igyekszem grafikai projektjeimbe integrálni az eljárást, több egyetemi feladatba és grafikai pályázatba is beemeltem. Készítettem könyvborító sorozatot, plakátokat és irodalmi szövegek illusztrációját is. Az experimentális tipográfia területén is kipróbáltam a technikát. Szkenneltem guruló gumilabdákat, gallyakból és növényekből kirakott szavakat és fóliára festett betűket. Egyetemi keretek között ebből egy füzet is készült, melyben magyar képverseket dolgoztam fel, betű, szó és teljes szöveg lebontásban. Szkennelt tipográfiai elemeket tartalmazó munkámmal vettem részt a nagy múltú *TRAKTA 2 – A második fogás* nevű pályázaton is 2023-ban, ahol képemmel beválogattak a hatvan kiállító és katalógusba kerülő alkotó közé. Legutóbbi munkám, egy szkennelt stop-motion animáció *Idézőjelben* címmel, a *Typozone 5 – Human Touch* tipográfiai biennálé kiállításán volt megtekinthető. Ebben József Attila *Szabad-ötletek jegyzékének* egy részletét dolgoztam fel. Munkáimat igyekszem rendszeresen publikálni Behance oldalamon⁷.

⁶ <https://www.arnyekkotok.hu/Info/impr1.html>, utolsó megtekintés dátuma: 2024.04.02.

⁷ behance.net/bencekiss5997

Jelenleg mestermunkámat készítem, mely során egy zsebkönyvsorozat borítórendszerét és belső illusztrációit hozom létre a szkenerfotózás grafikai világára építve. Úgy vélem az eljárás egy változatos, kísérletezésre ösztönző és egyedi vizualitás lehetőségét hordozó médium, aminek meg lehet a maga helye az alkalmazott grafikai színterén. A véletlen szülte esztétika fontos tényezője a technikának, de gondos tervezéssel egységes hatás is elérhető. Az így készült munkák kitűnhetnek a kizárólag digitális szoftverekkel vagy mesterséges intelligenciával készült designok közül. A mai vizuálisan túlterhelt hétköznapiakban értékelnünk kell minden olyan technikát, ami még hordozza az ember alkotói kézjegyét, és nem pusztán az automatizmusokra és bevett sablonokra épít.



5. ábra: Saját szkzenografikáim

Felhasznált irodalom

- behance.net/bencekiss5997
- Czeizel Balázs: *Fotoszféra – Az analóg fotogramtól a digitális fotogramig*, 2018, Moholy-Nagy Művészeti Egyetem, Budapest
- <https://www.arnyekkotok.hu/Info/impr1.html> (utolsó megtekintés dátuma: 2024.04.22.)
- Klaus Urbans: *Copy Art – Fénymásolás-művészet*, 2005, Magyar Műhely Kiadó, Budapest
- Kováts Borbála. *Az elektrografika és az elektrográfia - Két fogalom természetrajza*; 2011. április 23. <https://szalon.arnolfini.hu/kovats-borbala-az-elektrografika-es-az-elektrografia/> (utolsó megtekintés dátuma: 2024.04.22.)

Li-ion akkumulátorok állapot becslése mesterséges intelligencia alkalmazásával

1. Bevezetés

Napjainkban a különböző méretű és teljesítményű Li-ion akkumulátorok számos olyan eszközben megtalálhatók, amelyek az életünk szerves részét képezik. Legyen szó akár egy laptopról, egy mobiltelefonról vagy éppen egy elektromos gépjárműről. Ezen akkumulátorok élettartamát a használati szokásaink, valamint a használat körülményei nagymértékben befolyásolják, amelyek megfelelő optimalizációjával és a szükséges beavatkozások biztosításával az akkumulátor élettartama nagymértékben javítható. Különösen a nagyobb méretű és gyártási költségű, így például az elektromos gépjárművekben alkalmazott akkumulátorok esetében rendkívül fontos az optimális élettartam elérése, amelyet különböző úgynevezett BMS-ek (Battery management system) alkalmazásával igyekeznek megvalósítani.²

Jelen tanulmány egyik célja a Li-ion akkumulátorok hatékonyságát és élettartamát befolyásoló legkülönbözőbb tényezők felkutatása (mint például a hőmérséklet és a használati szokások) és az azok figyelembevételével egy Li-ion akkumulátor digitális ikrének megvalósítása volt.³ A tanulmány másik célja pedig egy mesterséges intelligencia alapú töltöttségi állapotbecslés megvalósítása volt mérési adatok és a korábban említett digitális iker felhasználásával.

A következőkben a fent említett célok megvalósítását, illetve az azokból levonható következtetéseket szeretném ismertetni.

2. Li-ion akkumulátorok élettartamát befolyásoló tényezők

A tanulmány első lépéseként felkutatam azokat a tényezőket, amelyek a Li-ion akkumulátor élettartamát a legnagyobb mértékben befolyásolják és ezek közül kiválasztottam azokat, amelyeknek hatása univerzális, valamint jól mérhető és modellezhető is. Ezen tényezők közül a hőmérsékletet, a használati tartományt, valamint a ciklikus öregedést választottam ki a modellbe történő felhasználáshoz. Azonban hosszútávon mindenképpen érdemes lehet más élettartam befolyásoló tényezők integrálási lehetőségeit is megvizsgálni, ilyen lehet például a C-arány vagy éppen az optimálistól eltérő merítési mélység hatása.

¹ Járműmérnöki MSc szak, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Témavezető: Dr. Fodor Dénes, egyetemi docens, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Teljesítményelektronika és Villamos Hajtások Tanszék

² Baba Mulani (2023): Lithium-Ion Batteries : Foundational and Practical Insight, Independently published

³ Isidor Buchmann (2016): Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers, Cadex Electronics Inc.

3. Megvalósítás keretrendszerének meghatározása

Alapvetően elmondható, hogy a korábban említett digitális iker és mesterséges intelligencia alapú állapotbecslés megvalósítására két programozási környezet tekinthető kiemelkedően optimálisnak. Az első lehetőség, hogy ezeket Python-ban valósítjuk meg. A Python-os megvalósítás esetén a TensorFlow elnevezésű könyvtár lehetőséget kínál a mesterséges intelligencia alapú becslési megoldás elkészítésére még PyBaMM (Python Battery Mathematical Modelling) nevű könyvtár felhasználásával létrehozhatjuk az akkumulátor modellünket. A másik megvalósítási lehetőség a MATLAB alkalmazása, ahol a MATLAB/Simulink-ben található Simscape Battery könyvtár lehetőséget kínál számunkra az akkumulátor digitális ikrének megvalósításához még a különböző mesterséges intelligenciát támogató app-ok, mint például Deep Network Designer lehetőséget kínál magának a mesterséges intelligencián alapuló becslő algoritmusnak az elkészítéséhez.

4. Megvalósítás és eredmények

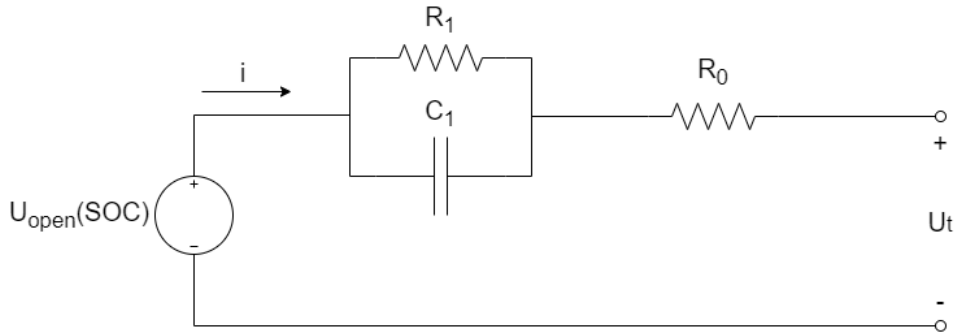
A korábban ismertetett két keretrendszerből a megvalósításhoz végül a MATLAB és MATLAB/Simulink lett kiválasztva, amelyet az adott programozási környezet grafikus jellege, illetve az adott programozásban rendelkezésre álló nagyobb tapasztalat indokolt.

4.1. Li-ion akkumulátor digitális ikrének megvalósítása

A Li-ion akkumulátor digitális ikrének megvalósítására a gyakorlatban két különböző modell áll rendelkezésre, amelyekből az egyik az úgynevezett elektrokémiai modell, amely molekuláris szinten vizsgálja a Li-ion cellák viselkedését és komplex, soktényezős egyenletrendszerek felhasználásával írja le annak viselkedését⁴. A másik megvalósítási lehetőség az úgynevezett ekvivalens áramköri modell, amely a Li-ion cellák viselkedését alapvetően az Ohm- és Kirchhoff törvényekre vezeti vissza, amely jóval egyszerűbb egyenletekhez és kisebb komplexitáshoz vezet.⁵ Alapvetően elmondható, hogy az elektrokémiai modell nagyobb pontosságot eredményez, azonban alkalmazását az általam választott applikáció nem indokolta, így végül az ábrán is látható Thevenin modell alkalmazása mellett döntöttem, amely egy 1 RC tagot tartalmazó ekvivalens áramköri modell és már képes leképezni a Li-ion akkumulátorokra jellemző nemlinearitásokat is. Az ábra ezt az ekvivalens áramköri modellt szemlélteti.

⁴ Kailong Liu, Yizhao Gao, Chong Zhu, Kang Li, Minrui Fei, Chen Peng, Xi Zhang, Qing-Long Han (2022): Electrochemical modeling and parameterization towards control-oriented management of lithium-ion batteries, *Control Engineering Practice*, Volume 124, <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105176>

⁵ 4Rajanna B V, Kumar M (2020): Comparison of one and two time constant models for lithium ion battery, *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Volume 10, <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i1.pp670-680>



6. ábra Thevenin modell (saját ábra)

A modell főbb egyenletei:

$$U_t = U_{open}(SoC) - i \cdot R_0 - U_1 \quad (1)$$

$$\dot{U}_1 = -\frac{U_1}{C_1 \cdot R_1} + \frac{i}{C_1} \quad (2)$$

$$C_1 = \frac{\tau_1}{R_1} \quad (3)$$

Ahol:

- U_t – Az akkumulátor kimeneti feszültsége
- U_{open} – A nyitott áramköri feszültség
- U_1 – Az első polarizációs feszültség
- i – A terhelési áram
- R_0 – Az ekvivalens belső ellenállás
- R_1 – Az első polarizációs ellenállás
- C_1 – Az első polarizációs kapacitás
- τ_1 – Az első időkonstans

A megfelelő modell kiválasztását követően annak megvalósítása a MATLAB/Simulink-ben található Simscape Battery elnevezésű könyvtár használatával történt, amelyben az úgynevezett „Battery (Table based)” blokk lehetőséget kínál a Li-ion akkumulátor digitális ikrének megvalósítására az ekvivalens áramköri modell felhasználásával. Ezen blokk felhasználásával készítettem el az akkumulátor digitális ikrét, illetve a valóság jobb modellezése érdekében egy hűtési rendszert is készítettem a modellhez.

4.2. Modell parametrizálás

A modell paraméterezéséhez egy kombinált megoldást használtam, amely azt jelenti, hogy bizonyos paramétereket a „Battery (Table based)” blokkban a gyártó által előre definiált paraméterek alapján választottam ki még más paramétereket mérési adatok felhasználásával a Parameter Estimator app segítségével becsültem

meg. A Parameter Estimator app lehetőséget kínál arra, hogy a megfelelő bemeneti és kimeneti adatokat felhasználva megbecsüljük a rendszerünk köztes paramétereit ezáltal kialakítva a valóságot jobban közelítő viselkedést. Ennek a módszernek az alkalmazásával sikerült jól leképeznem a Li-ion akkumulátor nemlinearitásait, illetve azt is elértem, hogy a digitális ikrem univerzálisan felhasználható legyen hiszen a megfelelő mérési adatok segítségével bármikor át lehet azt parametrizálni egy eltérő méretű vagy akár eltérő típusú Li-ion akkumulátorra.

4.3. Deep learning alapú állapotbecslő megvalósítása

Az alkalmazható mesterséges intelligencia alapú megoldások közül az állapotbecslés megvalósításához a Deep learning alkalmazását választottam azon belül pedig úgynevezett Recurrent Neural Network (RNN) alkalmazása mellett döntöttem. ⁶Az RNN kiválóan alkalmas arra, hogy a megfelelő tanítást követően a bemeneti adatsorokat feldolgozza és azok alapján kimeneti adatot vagy adatokat hozzon létre. Ez az én alkalmazási megoldásomban azt jelentette, hogy a betanított neurális hálózat az akkumulátoron mérhető értékeket felhasználva lehetővé tette a Li-ion akkumulátor modell töltöttségi állapotának becslését. A neurális hálózat megalkotásához a MATLAB-ban található Deep Network Designer app-ot használtam fel, amely lehetővé tette az egyes rétegek grafikus vizualizációját. Mivel szerettem volna kiküszöbölni az eltűnő gradiensek és a hosszú távú összefüggések jelentette problémák kiküszöbölésére, így hálózat kialakítása során egy speciális RNN típust az úgy nevezett LTSM-eket (Long-short term memory) alkalmaztam. ⁷Ezt követően pedig az összeállított hálózatot egy MATLAB szkript segítségével tanított az általam meghatározott tanítási paraméterek és az ADAM tanítási algoritmus felhasználásával. A tanítás során az időoptimalizáció végett a tanítási adatsor mellett egy validációs adatsort is használtam ezzel csökkentve a fölösleges tanítási epoch-ok számát.

5. Összefoglalás

Tanulmányom során sikerült számos olyan tényezőt felkutatnom, amelyek a Li-ionok élettartamára és ezáltal annak valós töltöttségi állapotára is jelentős hatást gyakorolnak majd ezen tényezők közül sikerült kiválasztanom azokat, amelyek hatása egységes és jól integrálható a tervezett modellbe. Az optimális környezet kiválasztását követően pedig sikeresen megalkottam a Li-ion akkumulátorom digitális ikrét is, amelyet úgy alakítottam ki, hogy különböző élettartam befolyásoló tényezők, mint például a hőmérséklet vagy éppen a ciklikus öregedés leképezését is lehetővé tegye. Ezt követően az akkumulátor modellemet valós mérési eredmények felhasználásával parametrizáltam majd létrehoztam egy deep learning algoritmuson alapuló becslési rendszert, amely lehetővé teszi a Li-ion akkumulátor töltöttségi

⁶ 5. John Paul Mueller, Luca Massaron (2019): Deep Learning For Dummies, For Dummies

⁷ Hochreiter Sepp, Schmidhuber Jürgen (1997): Long Short-term Memory, Neural computation
<https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>

állapotának becslését. A létrehozott rendszer ráadásul univerzálisnak tekinthető hiszen a megfelelő mérési eredmények birtokában a digitális iker újraparaméterezhető még a neurális hálózat újratanítható, így a rendszer alkalmas lehet akár másmilyen méretű vagy típusú akkumulátorok állapotbecslésére is.

Felhasznált irodalom

- Baba Mulani (2023): Lithium-Ion Batteries : Foundational and Practical Insight, Independently published
- Isidor Buchmann (2016): *Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers*, Cadex Electronics Inc.
- Kailong Liu, Yizhao Gao, Chong Zhu, Kang Li, Minrui Fei, Chen Peng, Xi Zhang, Qing-Long Han (2022): Electrochemical modeling and parameterization towards control-oriented management of lithium-ion batteries, Control Engineering Practice, Volume 124, <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105176>
- Rajanna B V, Kumar M (2020): *Comparison of one and two time constant models for lithium ion battery*, International Journal of Electrical and Computer Engineering, Volume 10, <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i1.pp670-680>
- John Paul Mueller, Luca Massaron (2019): *Deep Learning For Dummies*, For Dummies
- Hochreiter Sepp, Schmidhuber Jürgen (1997): *Long Short-term Memory*, Neural computation <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>

Fenntartható Fejlődési Célokra való vállalati megfelelés mérése Global Reporting Initiative ESG jelentési módszertan alapján

1. Bevezetés

Napjainkban a fenntarthatóság a kormányok, a vállalkozások és a társadalmak számára világszerte kiemelt prioritássá vált a példátlan globális kihívások miatt. Az olyan keretek, mint a környezeti, társadalmi és irányítási (ESG) kritériumok és az ENSZ fenntartható fejlődési céljai központi szerepet játszanak ebben a törekvésben, mivel alapvető iránymutatásokat nyújtanak a sürgető környezeti, társadalmi és gazdasági kérdések kezeléséhez. Ebben az összefüggésben a fenntarthatóságot célzó közpolitikák megfogalmazása és végrehajtása az érdemi változás elérésének kritikus eszközeivé váltak.

Az Európai Unió (EU) kiemelkedő szereplője a fenntarthatóság globális színterének, és a környezetbarát, társadalmilag befogadó és gazdaságilag életképes fejlődés előmozdítását célzó politikák és kezdeményezések átfogó keretével rendelkezik. Az EU vezető szerepet tölt be a fenntarthatóság terén, ambiciózus éghajlati célokkal és a vállalati felelősségvállalásra vonatkozó szigorú szabályozásokkal. Más régióknak is követniük kellene a példáját. A fenntarthatósággal kapcsolatos kihívások azonban nem korlátozódnak a földrajzra, ezért fontos megérteni, hogy a különböző régiók hogyan közelítik meg és kezelik ezeket a kérdéseket. Az EU-n kívüli országok saját fenntarthatósági stratégiákat és politikákat dolgoztak ki, amelyek a különböző társadalmi-gazdasági környezetet, kulturális értékeket és politikai prioritásokat tükrözik. Fontos feltárni a régiók közötti fenntarthatósági közpolitikák hasonlóságait, különbségeit, sikereit és kihívásait a határokon átnyúló együttműködés elősegítése és a közös globális célok felé való haladás felgyorsítása érdekében.

Ez a dolgozat az EU és más régiók ESG-, SDG- és fenntarthatósági közpolitikáinak összehasonlító elemzését végzi. A hangsúly ezek eredetének, fejlődésének, hatékonyságának és a fenntartható fejlődésre gyakorolt hatásainak megértésére helyeződik. Esettanulmányok, szakpolitikai keretek és végrehajtási stratégiák kerültek kivitelezésre annak érdekében, hogy a „jó gyakorlatok” azonosíthatók lehessenek. Meghatározásra kerülnek a fejlesztendő területek a jövőbeli szakpolitikai fejlesztések és nemzetközi együttműködési erőfeszítések számára.

A tanulmány bemutatja, hogy a vállalatok miképp jelentik a Fenntartható Fejlődési Célok (SDG) felé tett lépéseiket. Négy iparág került áttekintésre, melyek kárháromszög statisztikai teszttel is vizsgálva lettek, eltérés szempontjából. Az eredmények alkalmasak közpolitikák és szabályozások informálására, amelyek átláthatóbb és standardizált SDG jelentéseket alakíthatnának ki.

¹ Vezetés és szervezés szak, Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar, dr. Tóth Árpád, egyetemi docens, Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar, Statisztika, Pénzügy és Kontrolling Tanszék

2. Fenntartható Fejlődési Célok vállalati jelentései



1. ábra: Sustainable Development Goals (Fenntartható Fejlődési Célok)²

A Fenntartható Fejlődési Célok (Sustainable Development Goals, rövidítve: SDG-k), (1. ábra) olyan globális kezdeményezés, amelynek célja a társadalmi, gazdasági és környezeti kihívások kezelése a fenntartható és igazságos jövő érdekében. Az ENSZ valamennyi tagállama által 2015-ben a fenntartható fejlődés 2030-ig szóló menetrend részeként elfogadott fenntartható fejlődési célok 17 egymással összefüggő célból és 169 célkitűzésből állnak. Az SDG-k számos területet érintenek, többek között a szegénység, az éhezés, az egészségügy, az oktatás, a nemek közötti egyenlőség, a tiszta víz és a higiénia, a megfizethető és tiszta energia, a tisztességes munka és a gazdasági növekedés, az ipari innováció és az infrastruktúra, az egyenlőtlenségek csökkentése, a fenntartható városok és közösségek, a felelős fogyasztás és termelés, az éghajlatváltozás elleni fellépés, a víz alatti élet, a szárazföldi élet, a béke, az igazságosság és az erős intézmények, valamint a célokért folytatott partnerségek.

Kutatás alapján arra a következtetésre, lehet jutni, hogy azok a vállalatok, akik a GRI jelentéstevő keretrendszert használják a jelentéstételhez, nagyobb valószínűséggel adnak közre SDG-hez kapcsolódó információkat és jelentéseket.³

² AJBH (2024), ENSZ FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI CÉLOK, Elérhető: <https://www.ajbh.hu/-/ensz-fenntarthato-fejlodesi-celok-sustainable-development-goal-sdg->, letöltve: 2024.03.24.

³ Amin, Jan – Mata, Mario Nuno – Albinsson, Pia A – Martins, José Moleiro – Hassan, Rusni Bt – Mata, Pedro Neves: Alignment of islamic banking sustainability indicators with sustainable development goals: Policy recommendations for addressing the covid-19 pandemic, Sustainability, 13, 2607. o.

Egy megvizsgált irodalmi áttekintés alapján kiderült, hogy az SDG-ről való nyilatkozás és támogatás elterjedt a cégek körében, viszont a való jelentés az SDG-ről, illetve konkrét mutatókkal történő alátámasztás az esetek töredékében valósul meg.⁴ A szivárványmosás az SDG jelentések szimbolikusságára utal, amely szerint a vállalatok nem integrálják az SDG-eket a vállalati stratégiába, csak figyelem felhívás céljából, használják a jelentéseikben az UN által meghatározott SDG logókat, jelzéseket.⁵ Továbbá jellemző a vállalatokra az úgynevezett „cseresznyeválogatás”, amely a vállalat számára megfelelő SDG-k kiválasztását jelenti, a fenntarthatósági jelentésbe.⁶ Az empirikus elemzés eredménye a vizsgált 105 fenntarthatósági jelentésből (energiaipar), arra a következtetésre vezetett, hogy a vizsgált energetikai vállalatok nem adtak megfelelő szintű információt a fenntartható fejlődés 2030-ig szóló menetrenddel kapcsolatos vállalati intézkedésekről.⁷ Egy másik kutatás során kiderítették, hogy amennyiben magas a környezeti GRI szabványokkal kapcsolatos információszint, akkor a vállalat környezeti SDG rangsora is magas lesz.⁸ Egy, az európai autógyártók GRI jelentéseinek vizsgálatával foglalkozó tanulmány során, olyan GRI mutatókat kerestek, melyek összekapcsolhatóak az SDG-ben meghatározott mérőszámokkal, így kimutathatóvá tehetőek a vizsgált vállalatok hozzájárulásai az SDG-hez a GRI jelentéstételen keresztül.⁹ Eredményeik szerint összesen 17 SDG-t tudtak lefedni az úgynevezett SDKPI (SDG-hez kapcsolódó releváns KPI-ok) használatával, 12 cél és 32 kapcsolódó célról szóló mutatók értékelésével.¹⁰ Emellett az SDG Compass felhasználásával, létrehozott egy úgynevezett SRS index megmutatja, hogy a vállalat mennyi mutatóról jelentett az elvárthoz képest, majd ezt összesíti 16 célra vonatkozóan.¹¹

Az ESG-adatok jelentésének következtetlenségei kihívást jelentenek az elemzés számára. Ez a változatosság megnehezíti a vállalatok közötti összehasonlítást, mivel a mérőszámok nem feltétlenül egyeznek, így nem egyértelmű, hogyan lehet meghatározni a legjobban teljesítő vállalatokat. Emellett

⁴ Hamad, Salaheldin - Lai, Fong Woon - Shad, Muhammad Kashif - Khatib, Saleh F. A. - Ali, Syed Emad Azhar: Assessing the implementation of sustainable development goals: does integrated reporting matter? in *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 14(1), 49-74. o.

⁵ Ferrero-Ferrero, Idoya - Muñoz-Torres, María Jesús - Rivera-Lirio, Juana María - Escrig-Olmedo, Elena - Fernández-Izquierdo, María Ángeles: SDG reporting: an analysis of corporate sustainability leaders, in *Marketing Intelligence & Planning*. Izzo, Maria Federica - Ciaburri, Mirella - Tiscini, Riccardo: The challenge of sustainable development goal reporting: The first evidence from Italian listed companies in *Sustainability*, 12(8), 3494. o.

⁶ Ferrero-Ferrero et. al.: i.m.

⁷ Tsalis, Thomas A. – Malamateniou, Kyveli E. - Koulouriotis, Dimitros - Nikolaou Ioannis: New challenges for corporate sustainability reporting: United Nations' 2030 Agenda for sustainable development and the sustainable development goals, in *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27, 1617-1629. o.

⁸ Gutiérrez-Ponce, Herenia: Sustainability as a strategy base in Spanish firms: Sustainability reports and performance on the sustainable development goals, in *Sustainable Development*, 31, 3008–3023 o.

⁹ Perello-Marin, M. Rosario - Rodríguez-Rodríguez, Raúl - Alfaro-Saiz, Juanjo: Analysing GRI reports for the disclosure of SDG contribution in European car manufacturers, in *Technological Forecasting and Social Change*, 181, 121744. o.

¹⁰ Perello-Marin et. al.: i.m.

¹¹ Pizzi, Simone - Rosati, Francesco - Venturelli, Andrea: The determinants of business contribution to the 2030 Agenda: Introducing the SDG Reporting Score, in *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 404-421. o.

az összehasonlításhoz szükséges, általánosan rendelkezésre álló adatok feltételezése irreális, ami tovább nehezíti az ESG-teljesítmény átfogó értékelésére irányuló erőfeszítéseket. A vállalatok közötti adatinkoherencia eltérő eredményeket mutathat, de a referenciaérték kiválasztása ugyanilyen fontos az ESG-mérőszámok teljesítményének értékeléséhez. Az ESG-adatszolgáltatók úgy határozzák meg a referenciaértékeket, hogy a legmagasabb és a legalacsonyabb pontszámot a legjobban, illetve a legrosszabbul teljesítőkhöz rendelik, a többiek pedig a kettő közé esnek. A referenciaérték-tartomány meghatározása a versenytársak összehasonlítása vagy előre meghatározott optimális teljesítményszintek alapján változhat, ami befolyásolja az ESG-pontszámok értelmezését, és potenciálisan eltérésekhez vezethet a szolgáltatók között.¹²

A nemzetközi ESG-indexalapok minimális ESG-szabványokat határoztak meg, ami jelentős ingadozásokat okoz az alapok összetételében a vállalatok ESG-értékelése alapján. A Yahoo Inc. példáján keresztül az ASSET4 ESG-pontszáma az évek során drasztikusan ingadozott, különösen a társadalmi pillér tekintetében, ami rávilágít az ESG-szint és a kockázat figyelembevételének fontosságára az átfogó minősítési összehasonlításokban. A különböző adatszolgáltatók eltérő eredményeket adnak, az ASSET4 és a Bloomberg magasabb kockázatot mutat a társadalmi dimenzióban, míg a KLD magasabb kockázatot jelez a vállalatiirányításban. Úgy tűnik, hogy az ESG-kockázat mértéke nagymértékben függ a választott adatforrástól, a várható veszteségek korrelációi pedig az ESG-értékelésben a kiugró értékektől való lehetséges függést mutatják.¹³

Láthatjuk, hogy az egyik legjelentősebb probléma, amely hozzájárul az ESG minősítések közötti különbségekhez, a különböző minősítő ügynökségek által alkalmazott módszertanok változatossága. Az egyes ügynökségek különböző ESG-tényezőket helyezhetnek előtérbe, különböző adatforrásokat használhatnak, eltérő súlyozási sémákat alkalmazhatnak, és különböző pontozási rendszereket alkalmazhatnak. Ez még ugyanazon vállalat esetében is következetlenségekhez vezethet a minősítésekben, ami a befektetők számára kihívást jelent az ESG-teljesítmény összehasonlítása a különböző minősítő intézetek között. E kihívás megoldásához elengedhetetlenek a szabványosítási erőfeszítések. Az olyan szabványosított ESG-jelentési keretrendszerek elfogadásának ösztönzése vagy kötelezővé tétele, mint amilyeneket a Fenntarthatósági Számviteli Standard Testület (SASB) vagy a Globális Jelentési Kezdeményezés (GRI) dolgozott ki, segíthet a minősítési módszerek összehangolásában. A szabványosítás elősegíti az ESG-tényezők értékelésének és jelentésének következetességét, lehetővé téve a befektetők számára a vállalatok fenntarthatósági teljesítményének pontosabb összehasonlítását. Emellett a hitelminősítő intézetek, a vállalatok, a befektetők és a szabályozó szervek közötti ágazati szintű együttműködés elősegítheti az ESG-értékelésre vonatkozó közös szabványok és legjobb gyakorlatok kidolgozását, ami tovább csökkenti a minősítések közötti eltéréseket.

¹² Kotsantonis, Sakis - Serafeim, George: Four things no one will tell you about ESG data, in *Journal of Applied Corporate Finance*, 31(2), 50-58. o.

¹³ Dorfleitner, Gregor - Halbritter, Gerhard - Nguyen, Mai: Measuring the level and risk of corporate responsibility—An empirical comparison of different ESG rating approaches, in *Journal of Asset Management*, 16, 450-466. o.

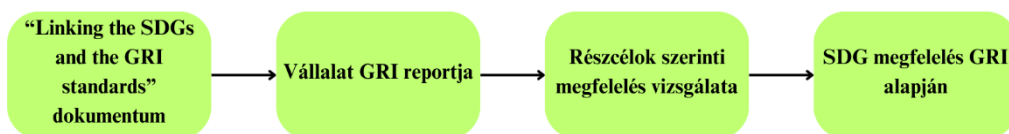
3. A vállalati megfelelés a Fenntartható Fejlődési Célok tekintetében

A primer kutatás első részében egy SDG megfelelési elemzés került végrehajtásra. Az elemzéshez a „Linking the SDGs and the GRI standards” nevű dokumentum került feldolgozásra.¹⁴ A dokumentum tartalmazza, minden SDG-hez kapcsolható GRI tételt. Ezáltal meghatározható, hogy adott GRI tételhez mely SDG célok kapcsolhatók, illetve, hogy adott SDG-hez hány GRI tétel kapcsolható. A módszertan ezen részét a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Módszertan további ismertetése
Forrás: saját szerkesztés

A dokumentum gyakorlati alkalmazásához valós vállalatok ESG jelentéseit kellett átnézni, azon belül is az úgynevezett „GRI content index” alfejezetet, aldokumentumot¹⁵. Az adott vállalat jelentett GRI tételeinek listázásával megadhatóvá vált, hogy az jelentett GRI tételek hány százalékban fedik le a megadott tételeket, melyek kapcsolhatók az SDG-hez¹⁶. A módszertan utóbb említett része az 3. ábrán látható.



3. ábra: Módszertan gyakorlati megvalósítása
Forrás: saját szerkesztés

A módszertanban elemzésre kerültek technológiai, autóipari, energia és egészségügyi iparágak kiválasztott cégeinek fenntarthatósági jelentései. Elemzési szempont, hogy vizsgált vállalatok jelentettek-e az SDG-ről és ha igen, melyik SDG-ket jelentettek. Továbbá vizsgálat tárgya, hogy GRI jelentési módszertant használtak-e. Amennyiben GRI jelentést használtak és rendelkezésre áll „GRI

¹⁴ GRI (2022a) Linking the SDGs and the GRI Standards, elérhető: <https://www.globalreporting.org/search/?query=Linking+the+SDGs+and+the+GRI+Standards>, letöltve: 2024.02.13.

¹⁵ GRI (2022a) Linking the SDGs and the GRI Standards, elérhető: <https://www.globalreporting.org/search/?query=Linking+the+SDGs+and+the+GRI+Standards>, letöltve: 2024.02.13. i.m.

¹⁶ GRI (2022a) Linking the SDGs and the GRI Standards, elérhető: <https://www.globalreporting.org/search/?query=Linking+the+SDGs+and+the+GRI+Standards>, letöltve: 2024.02.13. i.m.

content index” dokumentum, az adott vállalat esetében kalkulálható az adott vállalat SDG-hez való megfelelése a GRI tételek alapján.

Képletek:

(1) *SDG-nek való megfelelés GRI alapján = jelentett releváns GRI tételek / összes releváns GRI tétel*

(2) *Jelentett SDG-hez viszonyított megfelelés = SDG megfelelés arány / jelentett SDG száma*

(3) *1 SDG-re jutó átlagos megfelelés = SDG megfelelés arány / összes SDG száma*

Ebben a szekcióban az első módszertan eredményei kerülnek bemutatásra és elemzésre. A 10. táblázatban a vizsgált vállalatok adatainak összefoglalása látható iparág szerint. A legtöbb GRI tételt a vizsgált autóiipari vállalatok érték el, míg a legalacsonyabb GRI tételt a vizsgált technológiai cégek érték el. A legtöbb SDG-t az egészségügy vizsgált vállalatai tették, míg a legtöbb alátámasztott SDG-t a vizsgált autóiipari vállalatok érték el. A jelentett és alátámasztott SDG-k különbsége megadja, hogy mennyi SDG-vel jelentettek kevesebbet a vizsgált vállalatok, mint amennyihez hozzájárultak a GRI jelentésük alapján.

Iparág szerint	Technológia	Autóiipar	Energia	Egészségügy
Darab GRI	886	1524	1215	1158
GRI megfelelés	49%	85%	70%	71%
Jelentett SDG megfelelés	162%	155%	118%	135%
Összes SDG megfelelés	47%	83%	68%	64%
Jelentett SDG	77	81	96	111
Alátámasztott SDG	122	147	145	139
<i>SDG eltérés</i>	45	66	49	28

10. táblázat: Vizsgált cégek adatainak összefoglalása iparág szerint

Forrás: saját szerkesztés

A 11. táblázatban összefoglalásra kerültek a vizsgált vállalatok jelentett GRI tételeinek leíró statisztikája iparág szerint. Az adatok alapján átlagosan a vizsgált autóiipari cégek jelentették a legtöbb GRI tételt, míg a legkevésbé a vizsgált

technológiai vállalatok. A legmagasabb medián érték is a vizsgált autóiipari vállalatokhoz kapcsolható, míg a jelentett GRI tételek számában való szórás is a vizsgált autóiipari vállalatok esetében volt a legkisebb. Mindez arra enged következtetni, hogy a vizsgált autóiipari cégek konzekvensen használják a GRI tételeket és a vizsgált vállalatok aktívan számolnak be fenntarthatósági teljesítménnyel a GRI módszertan használatával. A legmagasabb GRI tétel jelentés ennek ellenére egy az egészségügyi szektorban vizsgált vállalatnál volt, ahogy a legkisebb GRI tétel jelentés száma is.

	Technológia	Autóiipar	Energia	Egészségügy
<i>Átlag</i>	98	169	135	129
<i>Medián</i>	83	180	126	119
<i>Szórás</i>	48	28	31	49
<i>Maximum</i>	192	191	192	195
<i>Minimum</i>	51	109	93	35

11. táblázat: A vizsgált vállalatok jelentett GRI tételeinek leíró statisztikája iparág szerint
 Forrás: saját szerkesztés

A jelentett GRI tételek száma alapján a vizsgált vállalatok iparág szerinti SDG megfelelőségét a 12. táblázat szemlélteti. A legmagasabb átlagos SDG megfelelőség az autóiipari iparág vizsgált vállalatai esetében volt 85%-kal, míg a legkisebb a technológiai iparág vizsgált cégei alapján került ki 49%-al, amely 36%-os eltérést mutat. Az energiai iparágban vizsgált vállalatok átlagos SDG megfelelősége hasonló volt az egészségügyi iparágban vizsgált cégekéhez 70-71%-os SDG megfelelőséggel. Szórásban az autóiipari iparág vizsgált cégei teljesítettek a legjobban, míg a legmagasabb SDG megfelelőségi értéket egy az egészségügyi iparág vizsgált vállalata érte el.

	Technológia	Autóiipar	Energia	Egészségügy
<i>Átlag</i>	49%	85%	70%	71%
<i>Medián</i>	42%	90%	63%	75%
<i>Szórás</i>	24%	14%	15%	18%
<i>Maximum</i>	96%	96%	96%	98%
<i>Minimum</i>	26%	55%	57%	47%

12. táblázat: A vizsgált vállalatok SDG megfelelősége GRI alapján iparág szerint
 Forrás: saját szerkesztés

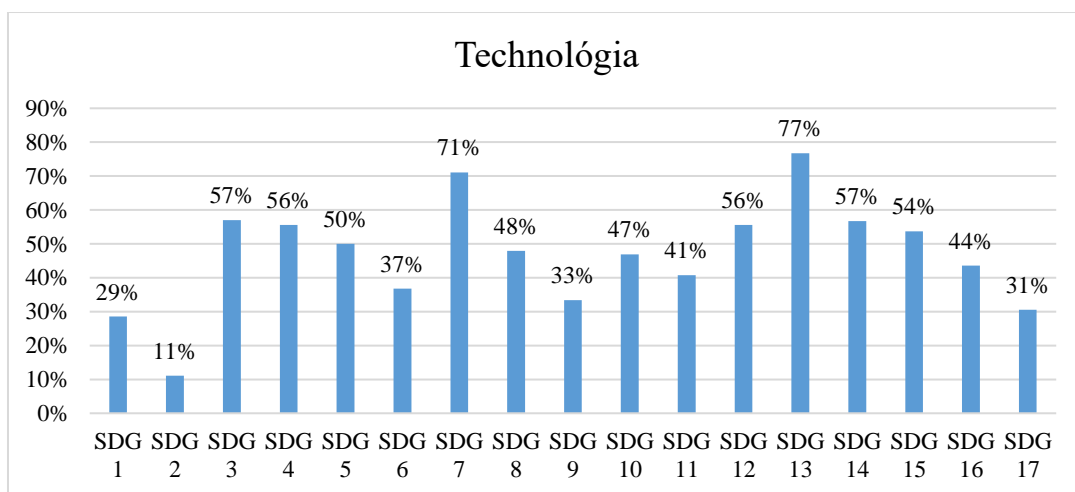
A 13. táblázatban megvizsgálásra került, hogy a vizsgált vállalatok jelentett GRI tételeinek számában van-e szignifikáns eltérés. Az chí-négyzet elemzés szerint az energia és az egészségügyi iparágakban vizsgált vállalatokon kívül 0,01 szinten szignifikáns eltérés van. Az energia és az egészségügyi iparág vizsgált cégeinek eredményei nagyon hasonlóak voltak a leíró statisztikákban is, ez magyarázatot adhat a hasonlóságukra. Továbbá az eredmények rámutatnak, hogy a vizsgált cégek között jelentős eltérés van iparági szinten a GRI jelentési teljesítményükben.

	Autóipar	Energia	Egészségügy
Technológia	167,86**	78,72**	79,71**
Autóipar		89,69**	90,68**
Energia			1,54

13. táblázat: Vizsgált vállalatok hivatkozott GRI tételek számának vizsgálata chí-négyzet próbával statisztikailag szignifikáns 0,01** szinten

Forrás: saját szerkesztés

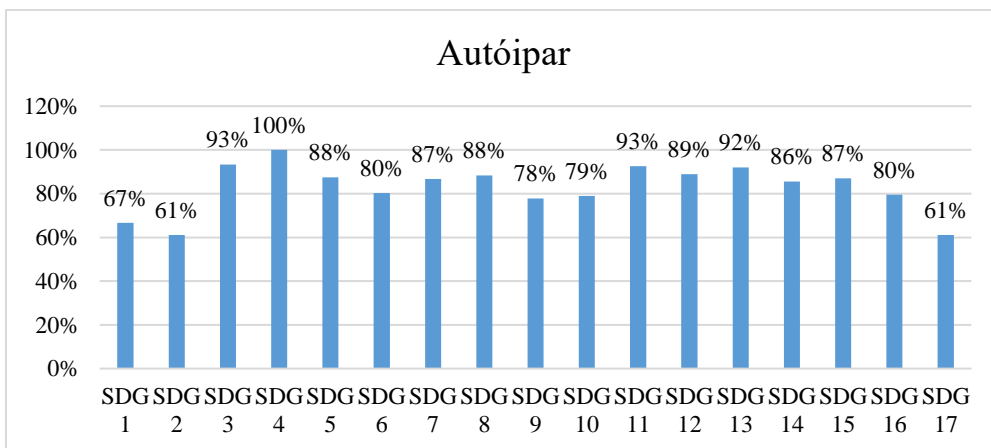
A vizsgált technológiai cégek jelen GRI alapú SDG megfelelési aránya a 4. ábrán látható. A legnagyobb jelentési megfelelés a 13-as SDG esetében volt, ezt követően a 7-es SDG-vel, majd a 3-as SDG-vel. A legkisebb megfelelést a 2-es SDG érte el. Az eredményekről következtethető, hogy a vállalatok nem minden esetben tudnak megfelelni azoknak a jelentett eredményeiknek, melyet tesznek. Illetve, hogy a jelentett eredményeknek való megfelelésnél sokszor jobban teljesítenek, olyan területeken, amely a jelentésnél kisebb figyelmet kapott.



4. ábra: Technológiai cégek jelentett SDG – SDG GRI alapú megfelelési aránya

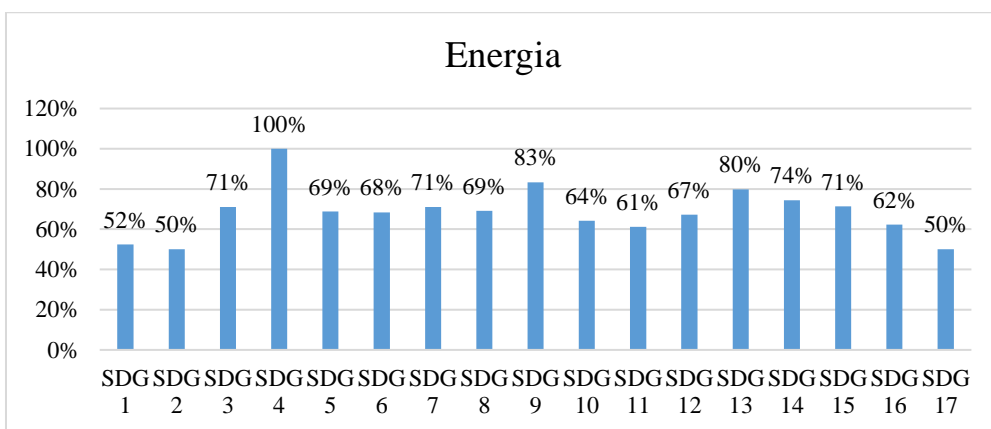
Forrás: saját szerkesztés

A 5. ábrán bemutatásra kerül a vizsgált autóiipari cégek GRI alapú SDG megfelelése. A legjobb megfelelés a 4-es SDG esetében volt a vizsgált autóiipari vállalatok esetében, ezt követte a 3-as SDG. A legkisebb megfelelés a 2-es SDG-ben volt. Megfelelési értékeiben az autóiipar vizsgált vállalatai jelentősen túlszárnyalták a vizsgált technológiai vállalatok megfelelését, hiszen míg a legkisebb összes megfelelés a vizsgált autóiipari vállalatok esetében a 2-es SDG-nél 550%-os volt (átlagos 61%-os megfelelés), addig a vizsgált technológiai cégek esetében a 2-es SDG összes megfelelése 100%-volt (átlagos 11% megfelelés).



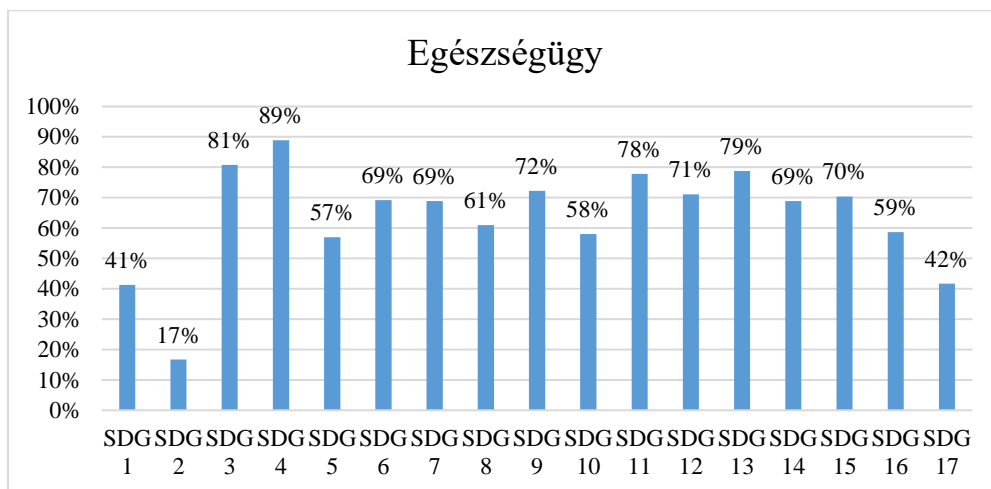
5. ábra: Autóiipari cégek jelentett SDG – SDG GRI alapú megfelelési aránya
 Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált energia vállalatok GRI alapú SDG megfelelési aránya a 6. ábrán látható. A legnagyobb megfelelés a 4-es SDG esetén volt, míg a második legjobb a 9-es SDG-nél. A legkisebb megfelelés a 2-es és a 17-es SDG-k esetében volt.



6. ábra: Energia cégek jelentett SDG – SDG GRI alapú megfelelési aránya
 Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált egészségügyi cégek GRI alapú SDG megfelelési aránya a 7. ábrán látható. A legnagyobb megfelelés a 4-es SDG esetén volt, míg a második legjobb a 3-as SDG-nél. A legkisebb megfelelés a 2-es SDG esetében.



7. ábra: Egészségügyi cégek jelentett SDG – SDG GRI alapú megfelelési aránya
Forrás: saját szerkesztés

4. Jövőbeni lehetőségek

A vizsgált vállalatok Fenntartható Fejlődési Célokról való jelentése vegyes képet mutatott. A statisztikai tesztek eltérést mutatnak a jelentett GRI tételek számában a vizsgált vállalatok között iparági szinten. A vizsgált cégek ESG értékei ugyancsak eltérőek, amelyet számos más tanulmány is megerősít¹⁷. Az ESG értékelések eltérése főként az eltérő módszertanok és az eltérő adathasználat miatt jellemző.

A jelent tanulmányban számított SDG megfelelés a GRI módszertanát használta, mint megfeleltetési alap. Azon vállalatok esetében, amelyek nem GRI által jelentenek az SDG megfelelésük nem vizsgálható a kidolgozott módszertannal. Emiatt javasolt, hogy a jövőbeni kutatások során egy általánosabb módszertan kidolgozását kell elvégezni. Illetve, a GRI mellett további módszertanok, mint az ESRS vagy az SASB általi megfelelés kidolgozása ígéretes lépés lehet az SDG megfelelés számításához eltérő módszertanok esetén is.

A vizsgált vállalatok mintájáról elmondható, hogy az SDG-k jelentése változó képet mutat jelentési stílusban, tartalomban, alátámasztottságban. Általános elmondható, hogy vizsgált vállalatok esetében a megfelelés alacsony szinten van a GRI tételek általi ellenőrzés alapján. A vizsgált vállalatok szektor szinten viszont eltérő képet mutatnak. Az autóipari vállalatok jobb megfeleléségi rátával

¹⁷ Berg, Florian - Koebel, Julian F. - Rigobon, Roberto: Aggregate confusion: The divergence of ESG ratings, in Review of Finance, 26(6), 1315-1344. o.

rendelkeztek a többi szektornál. A technológiai szektor volt a legalacsonyabb megfeleléssel rendelkező szektor a vizsgált vállalatok alapján.

A tanulmány eredményei tehát rámutatnak, hogy az SDGk-ról való jelentéstétel megfelelési arány alacsony. Ennek feloldására egységes jelentési szabályok és útmutatók létrehozása megoldásul, melynek alapja a tanulmányban bemutatott GRI-ből származtatott megfelelés szolgálhatna alapul.

Jövőbeli kutatásként javasolt a GRI keretrendszerétől eltérő ESG módszertanok vizsgálata is az SDG-k megfelelésének méréseként. Itt említhető a SASB az ESRS módszertanai, melyek a GRI után a leginkább használt ESG módszertanok. Az ESRS különösen érdekes képet adhat, hiszen kötelező jellegével az EU-ban hatalmas adatmennyiséggel lesz vizsgálható, amint a vállalatok elkezdnek jelenteni 2025-től. Továbbá az ESRS és a GRI között harmonizációs tevékenység zajlik, ami elősegítheti egy koherens SDG megfelelési rendszer alapját.

5. Összegzés

A környezeti, társadalmi és kormányzási (ESG) kritériumok, az ENSZ fenntartható fejlődési céljai és a fenntarthatósággal kapcsolatos állami politikák átfogó összehasonlító elemzése elősegíti a regionális és nemzetközi fenntarthatósági célok elérését. Az EU kiemelkedik a nemzetközi szinten a szilárd fenntarthatósági keretrendszerével, amelyet ambiciózus célok és szigorú szabályozások jellemeznek. Az EU jogalkotási intézkedésekkel, finanszírozási programokkal és ágazatközi kezdeményezésekkel igyekszik összehangolni politikáit a fenntartható fejlődési célokkal, és ezáltal hozzájárul az olyan égető kihívások kezelésére irányuló globális erőfeszítésekhez, mint az éghajlatváltozás, a szegénység és az egyenlőtlenség.

Az SDG-khez való vállalati hozzájárulás azonban nem mentes a kihívásoktól és az összetettségtől. Míg egyes vállalatok valódi elkötelezettséget tanúsítanak a fenntarthatóság iránt, mások zöldmosást folytatnak, vagy a rövid távú pénzügyi nyereséget helyezik előtérbe a hosszú távú környezeti és társadalmi fenntarthatósággal szemben. Ezen felül iparágak és régiók között eltérések vannak az SDG-k iránti elkötelezettségük és az azokra gyakorolt hatásuk szintje tekintetében, ami rávilágít a magánszektoron belüli nagyobb átláthatóság, elszámoltathatóság és együttműködés szükségességére. A fenntartható fejlődési célokkal kapcsolatos vállalati elkötelezettség akadályainak azonosításával és az ezek leküzdésére irányuló stratégiák feltárásával a dolgozat célja, hogy tájékoztassa a politikai döntéshozókat, a vállalkozásokat és más érdekelt feleket arról, hogyan lehet a magánszektorban rejlő lehetőségeket a fenntartható fejlődés motorjaként kihasználni.

A tanulmány valós vállalati adatok alapján áttekintette és értékelt a vállalatok Fenntartható Fejlődési Célokhoz való hozzájárulását és ezen hozzájárulás jelentését az érdekelt felek felé. Mivel az SDGk-ról való jelentés nem kötelező, így jelentési mechanizmusa sem szabályozott. Ennek eredményeként a vállalatok jelentései is eltérőek, a jelentések alátámasztottsága hiányos, mindezen érveket jelen tanulmány is alátámasztja.

A Fenntartható Fejlődési Célok megvalósításában nagy szerepet játszanak a vállalati szereplők, emiatt elengedhetetlen, hogy a politikai döntéshozók és más érdekelt felek azonosíthassák a vállalatok ösztönzésére való stratégiákat, amelyek segíthetik a célok elérését.

Felhasznált irodalom

- AJBH (2024), ENSZ, Elérhető: <https://www.ajbh.hu/-/ensz-fenntarthato-fejlodesi-celok-sustainable-development-goal-sdg->, letöltve: 2024.03.24.
- Berg, F., Koelbel, J. F., & Rigobon, R. (2022). Aggregate confusion: The divergence of ESG ratings. *Review of Finance*, 26(6), 1315-1344.
- Dorfleitner, G., Halbritter, G., & Nguyen, M. (2015). Measuring the level and risk of corporate responsibility—An empirical comparison of different ESG rating approaches. *Journal of Asset Management*, 16, 450-466.
- Ferrero-Ferrero, I., Muñoz-Torres, M. J., Rivera-Lirio, J. M., Escrig-Olmedo, E., & Fernández-Izquierdo, M. Á. (2023). SDG reporting: an analysis of corporate sustainability leaders. *Marketing Intelligence & Planning*.
- GRI (2022a) Linking the SDGs and the GRI Standards, elérhető: <https://www.globalreporting.org/search/?query=Linking+the+SDGs+and+the+GRI+Standards>, letöltve: 2024.02.13.
- Gutiérrez-Ponce H., 2023, Sustainability as a strategy base in Spanish firms: Sustainability reports and performance on the sustainable development goals, *Sustainable Development*, 31, 3008–3023
- Hamad, S., Lai, F. W., Shad, M. K., Khatib, S. F., & Ali, S. E. A. (2023). Assessing the implementation of sustainable development goals: does integrated reporting matter?. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 14(1), 49-74.
- Izzo, M. F., Ciaburri, M., & Tiscini, R. (2020). The challenge of sustainable development goal reporting: The first evidence from Italian listed companies. *Sustainability*, 12(8), 3494.
- Jan A., Mata M.N., Albinsson P.A., Martins J.M., Hassan R.B., Mata P.N., 2021, Alignment of islamic banking sustainability indicators with sustainable development goals: Policy recommendations for addressing the covid-19 pandemic, *Sustainability*, 13, 2607.
- Kotsantonis, S., & Serafeim, G. (2019). Four things no one will tell you about ESG data. *Journal of Applied Corporate Finance*, 31(2), 50-58.
- Perello-Marin, M. R., Rodríguez-Rodríguez, R., & Alfaro-Saiz, J. J. (2022). Analysing GRI reports for the disclosure of SDG contribution in European car manufacturers. *Technological Forecasting and Social Change*, 181, 121744.
- Pizzi, S., Rosati, F., & Venturelli, A. (2021). The determinants of business contribution to the 2030 Agenda: Introducing the SDG Reporting Score. *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 404-421.
- Tsalis T.A., Malamateniou K.E., Koulouriotis D., Nikolaou I. E., 2020, New challenges for corporate sustainability reporting: United Nations' 2030

Agenda for sustainable development and the sustainable development goals, Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 27, 1617-1629..

Belső égésű motor dugattyúgyűrű felületén lézergravírozással kialakított súrlódás csökkentő struktúra tribológiai vizsgálata

1. Bevezetés

Napjainkban az autóipar legnagyobb kihívása, hogy képes legyen megküzdeni a károsanyag kibocsájtási normák által támasztott akadályokkal. A belső égésű motorok fejlesztése elérte azt a pontot, ahol igazán alacsony fogyasztást tudnak produkálni és emellett a korábbiak töredékére csökkentették a károsanyag kibocsájtást. Viszont az elmúlt évek fejlesztéseiben megjelent az a tendencia, hogy a károsanyagok csökkentése érdekében feláldoznak a teljesítményből, vagy például a katalizátor fűtése miatti utóbefecskendezések elkezdik növelni a fogyasztást.

Ennek a fejlesztési iránynak az ismerete fontos, hogy meg lehessen érteni, hogy többek között a mechanikai veszteségek csökkentése milyen nagy szerepet játszik az adott kérdésben. Egy belsőégésű motorban a hengerfal és dugattyúgyűrűk közötti súrlódásból eredő veszteség eredményezi a motor összes mechanikai veszteségeinek nagyjából 40%-át. Így ez egy olyat terület, ahol a legkisebb fejlesztés is nagy eredményt jelent. Jelen kutatás ezen alkatrészpáros kapcsolatában hivatott egy súrlódáscsökkentő megoldást találni.

A kutatás dugattyúgyűrű és hengerfal próbatestek tribológiai vizsgálatán alapszik. A szakirodalomra támaszkodva alakult ki az irányvonal, ami mentén már elindultak a mérések a kidolgozott felületi struktúrákkal. A dugattyúgyűrű futófelületére olyan mintázatok lettek lézerrel gravírozva, melyek a súrlódási együtthatót drasztikusan, több mint 8 százalékkal is képesek voltak csökkenteni. Ezek átlagosan 3-6 mikrométer mélységű olajtároló árkokat jelentenek, amelyek kenőanyag tárolásával a száraz- valamint vegyes súrlódási állapotokban képesek csökkenteni a súrlódási együtthatót. A kutatás célja, hogy választ adjon több olyan kérdésre, ami felmerült az eddigi kutatás során.

2. Kutatás előzménye

Az irodalomkutatás során több olyan forrás került feldolgozásra, amiben hasonló, vagy a témát valamilyen szinten érintő problémával foglalkoztak. G. Ryk és I. Etsion 2006-os cikkükben dugattyúgyűrűkre hoztak létre lézergravírozott mintákat, amiket hagyományos gyűrűkkel hasonlítottak össze.^[2]

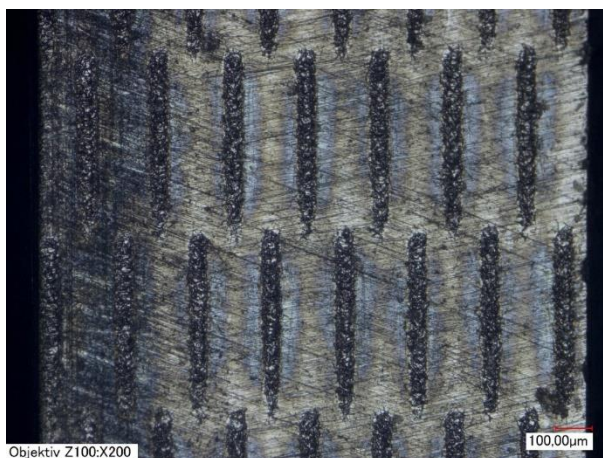
A kutatás során arra a megállapításra jutottak, hogy alacsony relatív sebességnél akár 25%-os javulást is eredményezhet egy ilyen lézergravírozott struktúra, de belső égésű motorba szerelt változatnál ez a javulás szinte teljesen elveszett.

¹ Járműmérnök MSc, Audi Hungária Járműmérnöki Kar. Témavezető: Laki Gábor, doktorandusz, tanársegéd, Járműhajtás Technológia Tanszék

² G. Ryk, I. Etsion, Testing piston rings with partial laser surface texturing for friction reduction, Wear,

Vijay K. Patel és Bharat M. Ramani szintén hasonló kísérletet folytattak dugattyúgyűrű struktúrával. Az általuk megalkotott mérési ciklusban a relatív sebesség magasabb volt, 400 fordulat/perc és 3000 fordulat/ perc között, ennek ellenére is 26%-os súrlódáscsökkentő határról számoltak be, ami a hengerfal hőmérsékletét is csökkenteni tudta. ^[3]

Az irodalomkutatásra támaszkodva alakult ki olyan dugattyúgyűrűre gravírozott struktúra, mely a tribométeres méréseknél 8% körüli súrlódási együttható javulást tudott elérni. Ez a struktúra látható a következő képen. **(Hiba! A hivatkozási forrás nem található.)**



1. ábra: Dugattyúgyűrű struktúra

Ez az olajtároló szerepet ellátó árok a dugattyú felső- és alsó holtponthelyzetében a benne tárolt olaj összennyomhatatlansága miatt képes a súrlódási együtthatót csökkenteni a határréteg súrlódási állapotban, valamint a hidegindításnál fellépő száraz súrlódási viszonyok között.

3. Tribométeres mérések

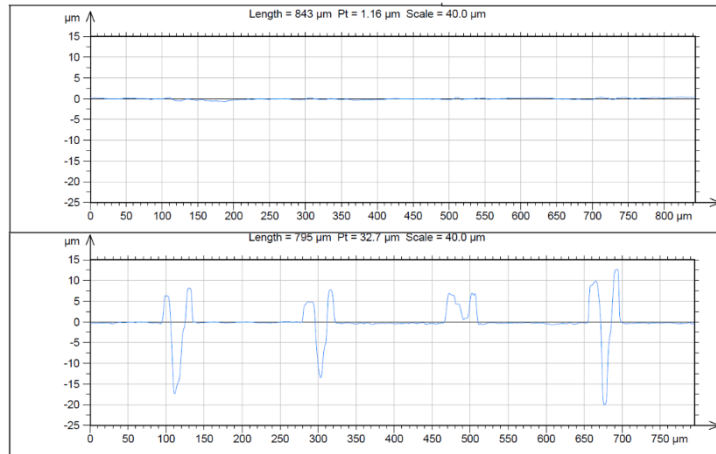
A kutatás során tribométeres járatások során lett vizsgálva a struktúra súrlódáscsökkentő hatása. A járatások eredményeképpen megállapítható, hogy pusztán próbatest vizsgálatok során akár 8%-os súrlódáscsökkenés is elérhető. Így a kutatás folytatása a lézerezett mintázat optimális keresztmetszetének megtalálásának irányába és a megismételhetőség javításának irányába indult tovább.

4. Megismételhetőség

³ Patel, Vijay K.; Ramani, Bharat M., Investigation on laser surface texturing for friction reduction in multi cylinder internal combustion engine, Ambient Energy, 43. szám, 1192-1197, 2019

A lézerezett felületekről minden esetben egy konfokális mikroszkóppal készült egy felvétel. Így a felületet pontosan lehetett tanulmányozni és következtetéseket levonni a felület és a mérés közben tapasztalt sűrűdési együttható kapcsolatáról. A felületek vizsgálatánál egy olyan probléma merült fel, hogy az azonos beállításokkal készült struktúrák igen nagy eltérést mutattak egymáshoz képest. A következő ábrán (

7. ábra) két megegyező lézerbeállítással készült struktúra keresztmetszeti képe látható.

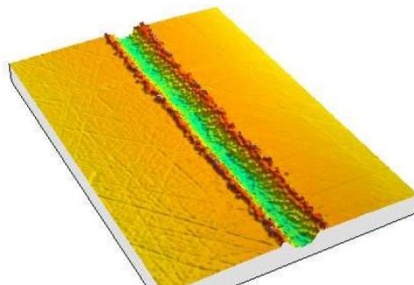


7. ábra Megegyező beállításokkal lézerezett dugattyúgyűrűk keresztmetszete

Egyértelmű probléma volt így a kutatás során, hogy a lézerezett struktúra nem megismételhető. Ennek okát a lézergép beállításában lehetett megtalálni. A megmunkálás előtt az azt kezelő személy a fókusz távolságot a távolságmérő nélkül állította be, hang és érzés alapján. Így egy kísérletsorozat került kidolgozásra, amivel a lézer fókusza lett megállapítva.

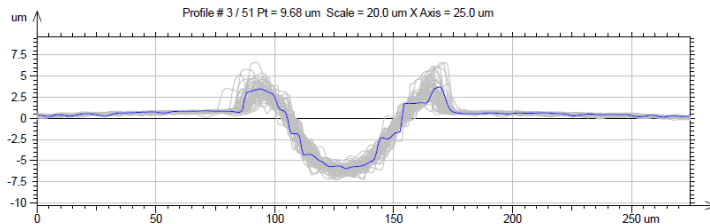
A kísérlet során a lézer lencséjének és a tárgy távolságának a növelése közben bizonyos osztásközökkel a felületre árok kerültek lézerezésre. Ez a lézerezett árok látható a következő képen. (

8. ábra)



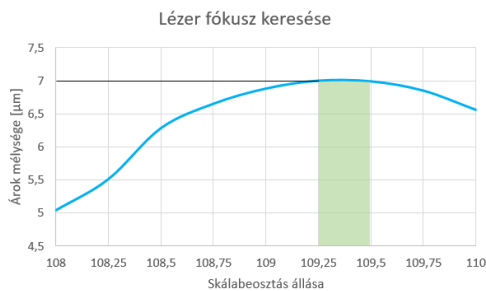
8. ábra Lézerezett árok

Ezeknek az árkoknak konfokális mikroszkóppal vizsgálva lehetett megállapítani a lézergép fókusztávolságát. A kiértékelés során a gravírozott árkokból több profil lett kivéve, amiből egy átlagos profilt lehetett alkotni. (9. ábra) Az átlagos profil mélységéből lehetett megállapítani a lézergép fókusztávolságát.



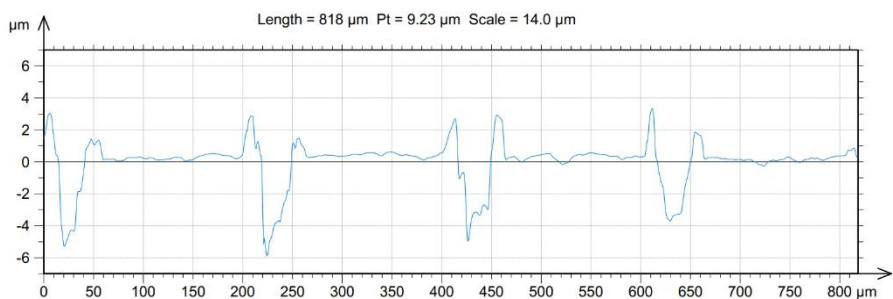
9. ábra Átlagos árok profil

A kísérlet sorozat eredménye egy olyan görbe volt, amin a lencse állító skálája mellett az adott árok mélységét lehet látni. (10. ábra)

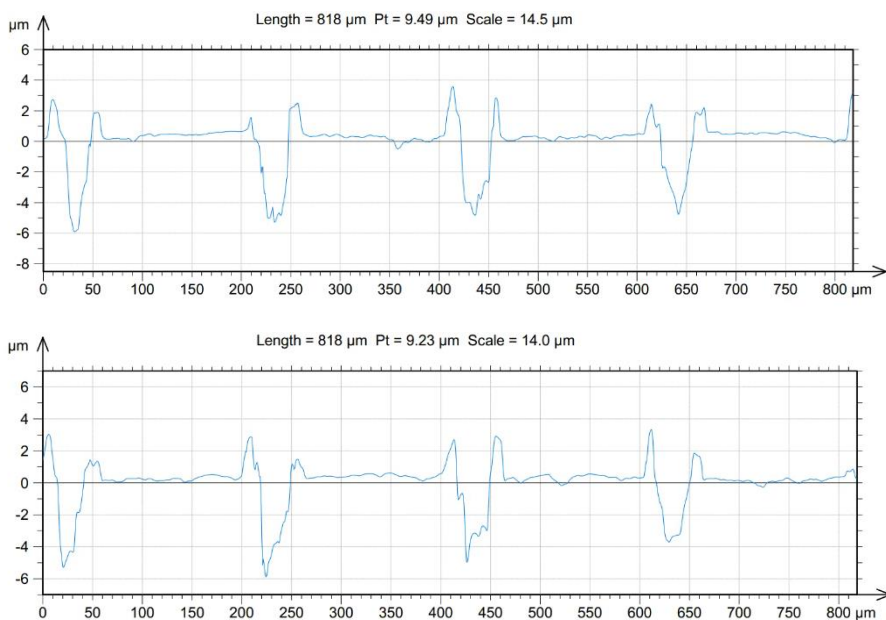


10. ábra Lézer fókusznak megállapítása

Ezeket az eredményeket felhasználva egymás után több dugattyúgyűrű szegmensre is olyan lézerezett struktúrát lehetett előállítani, amiknek a profilja megegyező paraméterekkel rendelkezett. A következő ábrán két olyan különböző dugattyúgyűrűn található árok metszetét lehet látni, amelyek megegyező beállításokkal készültek. (



11. ábra)



11. ábra Megegyező beállításokkal készült árok keresztmetszeti képei

A lézergépen végzett kísérletsorozattal így sikeresen megállapítható volt a lézergép fókusz távolsága és a kutatás folytatásánál nem okoz problémát a megismételhetőség kérdése.

5. Optimális lézerbeállítások keresése

Mint ahogyan az előző metszeti képeken is megfigyelhető volt, a lézerezett árok mellett olyan csúcsok jelentek meg a megmunkálás következtében, amik több szempontból is rontják az árok eredeti célját. A lézeres megmunkálás megolvasztja az anyagot, majd amikor az újra kikristályosodik, egy beedződött anyag keletkezik, ami a levegő gázaival reagálva kemény nitrogén oxidokat is tartalmazhat. A járatás során ezek a csúcsok a hengerfalat koptatják és csökkentik az árok olajtároló hatását. Valamint igen magas csúcsok esetében olyan jelenség volt megfigyelhető, hogy a csúcsok a járatás során az árkot teljesen bezárták.

A kutatás következő célja egy olyan beállítás meghatározása, ahol az árok mélysége beállítható és a csúcsok magassága minimálisra redukálható. Ennek elérésére került kidolgozásra a következő kísérlet sorozat. A fiber lézergép 30W-os teljesítménnyel rendelkezik, impulzus ideje 90-130 ns között változtatható, ismétlési frekvenciáját 30-60 kHz között lehet állítani. A kísérletben a lézergép 3 paramétere került változtatásra. 5 érték került meghatározásra az előtolásból, ismétlési frekvenciából és az impulzus időből. Így 125 lehetséges variációt lehetett ezekből összerakni.

A lézergépen az összes variáció beállításra került és egymás alatti árkok kerültek lézerezésre, majd az árkok mikroszkópos vizsgálat után kerültek kiértékelésre. Az árkok mélysége, a csúcsok magassága és azok területe a keresztmetszeten, ami a kiértékelés alapját adták. Amennyiben a frekvencia került csak változtatásra, úgy azt lehetett megfigyelni, hogy az ismétlési frekvencia növekedésével az árkok mélysége is növekedett. Viszont e mellett az árok melletti csúcs magassága is növekedett.

Amennyiben az előtolás változott, úgy annak növekedésével az árkok mélysége csökkent és ugyanígy csökkent a csúcsok magassága is. Az előtolás drasztikus növelésénél megfigyelhető volt, hogy nem egy egybefüggő árok alakult ki, hanem az egymás melletti lézer beütések elkülönülve jelentek meg és így megszűnt az olajtároló árok és e mellett az egyes beütések miatt a csúcsok összterülete is növekedett. Így a struktúra elveszítette olajtároló funkcióját és a kopást is jobban növelte volna.

A továbbiakban az árok és a csúcs területe volt vizsgálva. Ezek arányáról azt lehetett megállapítani, hogy egyik esetben sem volt olyan előnyös beállítás, ami a csúcsok magasságának nagy csökkenését eredményezte volna az árkok mélységének növekedésével.

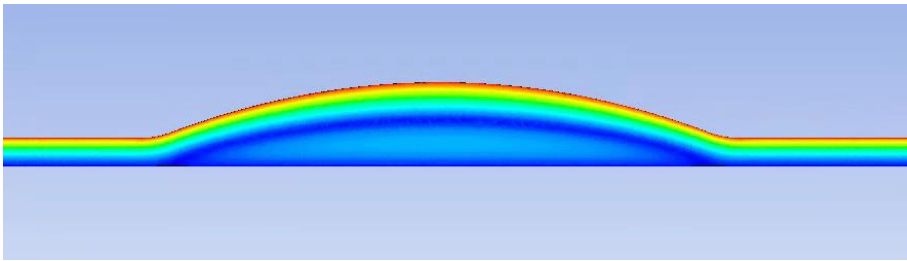
Erre a problémára a lézer impulzusideje lehet a megoldás. Mivel ebben az esetben ez a nanoszekundumos tartományba esik, így érvényesülni tud a termokapilláris hatás. Ilyenkor a már megolvastott anyag az árok szélére húzódik ki a hőmérséklet különbség hatására. Abban az esetben, hogyha ugyan ezek a struktúrák femto- illetve pikoszekundumos lézerekkel lennének előállítva, úgy nagy lenne rá az esély, hogy a csúcsok magassága redukálható lenne.

6. Lézerezett árkok optimális keresztmetszete

Bár még nem került sor olyan struktúra előállítására, amelynél ne lettek volna jelen az árok menti csúcsok, ez lenne a cél. A kutatás következő részében kísérleti jelleggel került vizsgálatra, hogy amennyiben ezen csúcsok nélkül gyártható lenne az adott sűrűdést csökkentő struktúra, úgy milyen árokmélység lenne az erre megfelelő.

Ennek vizsgálatára egy egyszerű CFD szimuláció került felépítésre, ahol a már eddig is jó szerepelt minták mélységével megegyező árkok kerültek a szimulációba. A szimulációban 2-, 5-, 8-, és 15 mikron mély árkok voltak tesztelve.

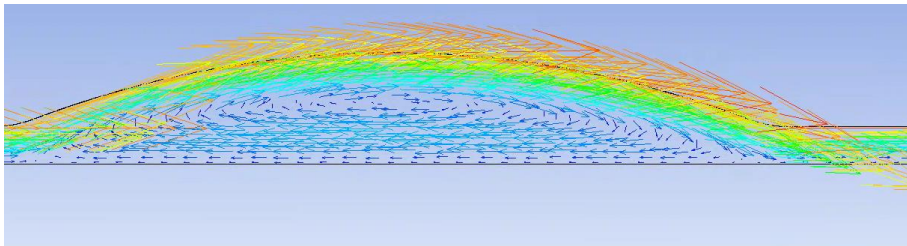
A 2 mikron mély ároknál megfigyelhető, hogy az árokban a fal mellett, annak mozgásának hatására növekszik meg a sebesség. (12. ábra)



12. ábra 2 mikron mély árok sebesség profilja

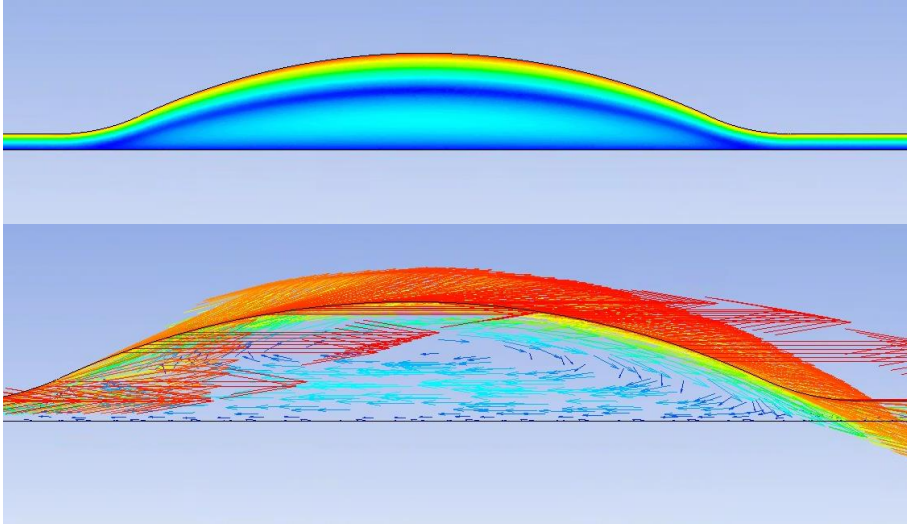
Valamint az is megfigyelhető, hogy az árok belsejében megjelenik a visszaáramlás, ami segítheti a súrlódás csökkenését. (

13. ábra)



13. ábra 2 mikro mély árok sebesség vektorai

Az 5 mikron mély ároknál jelentős visszaáramlásokat lehet szintén megfigyelni. Így ez is alátámasztja azt, hogy az ilyen intervallumba eső árokmélység az, ami az áramlásokat úgy befolyásolja, hogy azok a súrlódást csökkentsék.



14. ábra 5 mikron mély struktúra sebesség profilja és vektora

A szimuláció arra enged következtetni, hogy az eddig tapasztalt 5 mikron mély struktúra megfelelő a súrlódás csökkentéshez, viszont az árok mellett megtalálható csúcsok nagyban befolyásolják ennek a hatásnak a kialakulását. A mélyebb árkok esetében ez a hatás egyre gyengébben érvényesült.

7. Konklúzió

A kutatás folyamán a lézergép fókusza megállapításra került, ami a kutatást akadályozó megismételhetőségi problémát meg tudta oldani.

A lézergép beállításaival kapcsolatos kísérlet sorozatból azt a következtetést lehet levonni, hogy a lézergép impulzusideje miatt ezzel a géppel nem lehet olyan beállítást találni, ahol az árkok mélysége a kívánt értékre beállítható, így másik lézergéppel kell ezeket előállítani.

Felhasznált irodalom

- G. Ryk, I. Etsion, Testing piston rings with partial laser surface texturing for friction reduction, *Wear*,
- Patel, Vijay K.; Ramani, Bharat M., Investigation on laser surface texturing for friction reduction in multi cylinder internal combustion engine, *Ambient Energy*, 43. szám, 1192-1197, 2019

Hidrogén és belsőégésű hajtás okozta kondenzátummennyiségének és hatásainak meghatározása a kompresszorkerék előtt szimulációs környezetben

1. Bevezetés

Napjainkban a környezetvédelem fontos szerepet játszik a kibocsátási normák szabályozásában nemcsak az Európai Unióban, hanem világszerte, mivel az elmúlt egy-két évszázadban a Föld felszínéhez közeli levegő átlaghőmérséklete egyre magasabb értékeket mutat (globális felmelegedés). A szigorodó kibocsátási normák számos úttörő technikát és technológiát igényelnek a szennyezőanyag-kibocsátás csökkentésére. A turbófeltöltés kiváló lehetőség a kipufogógáz újra felhasználására az égés után, ami nagymértékben csökkenti a rendszer veszteségeit. A turbófeltöltő(k) használata esetén manapság a kipufogógáz-visszavezető (EGR) rendszerek is számottevőek, mivel a NO_x-kibocsátás szempontjából kedvező hatással bírnak. Az EGR használata elkerülhetetlen a kibocsátási előírások betartása érdekében, és a jövőben egyre elterjedtebbé válik a belső égésű motorokban. A kutatás során végzett tevékenység az alacsony nyomású kipufogógáz visszavezető (LP-EGR) rendszer kondenzációs folyamatának jelenségével és annak a turbófeltöltő kompresszorlapátjaira gyakorolt hatásaival foglalkozik érintve különböző mérnöki területeket, ahol a jelenség szintén jelen van. A projekt célja, hogy egy költség- és időhatékony szimulációs módszerrel elkerülhetővé tegye a nagy erőforrásigényű alkatrész-tesztpadokon végzett méréseket. Ez a dokumentum különböző szimulációs technikákkal is foglalkozik, beleértve áramlástan (CFD) és végelem módszert (FEM).

2. A téma korszerűsége

A turbófeltöltés és a kipufogógáz-visszavezetés pozitív hatása miatt a két technológiát a jövőben egyre gyakrabban fogják alkalmazni a belsőégésű motorokban a kibocsátási előírások betartása érdekében. Az alacsony nyomású EGR működési elve szerint a kipufogógáz a turbófeltöltő kompresszorkerekének elejére kerül vissza, amelyet a rendszer ismét összesűrít. Természetesen, ahogy minden rendszernek megvannak a maga sajátosságai, úgy a két úttörő technológia párosításának is megvannak a maga hátrányai. Az EGR-rendszerek tisztázott előnyei mellett vannak olyan tényezők, amelyek károsítják a kompresszor [1] járókereket, különösen az élettartamát. A visszavezetett gáz nagy mennyiségű vizet tartalmaz gőz formában, és a visszavezetett gáz nagy hőmérsékleti különbsége miatt könnyen bekövetkezhet a kondenzáció jelensége. [2] Kondenzáció esetén a közeg folyékony formában van, és a nagy sebesség miatt könnyen nagy energiájú ütközéshez vezethet

¹ Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Járműhajtás Technológia Tanszék, Mester hallgató, Témavezető: Dr. Nagy András Lajos AHJK, tudományos munkatárs, Járműhajtás Technológia Tanszék

a kompresszor járókerékén. Tehát az LP-EGR hátránya az a kondenzáció miatt keletkező vízcseppek okozta ütközés, amely erózióhoz vezethet. [3] A vízcsepp szilárd felületre történő ütközése során a csepp belsejében lökéshullám keletkezik, amely egy adott pillanatban elszakad, majd oldalirányú sugárként terjed tovább. [4] E folyamat során a becsapódási nyomásból felszabaduló energia az oldalirányú sugár kinetikus energiájává alakul át.

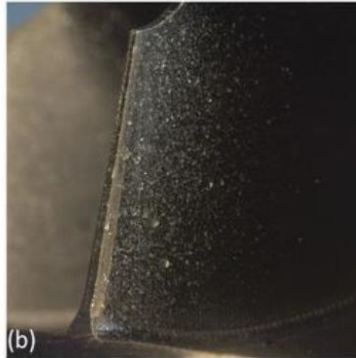
3. Az ütközés hatása

A belsőégésű motor élettartamát tekintve az LP-EGR által okozott kondenzátum mennyisége nagyon magas lehet. A rendszer működése során a kis vízcseppek folyamatosan ütköznek a kompresszor járókerék lapátjaival, ami jelentős károkat okozhat. A folyadékcseppek többnyire a szabad áramlásban jelennek meg, de bizonyos esetekben a folyadék filmként felhalmozódhat a fal felületén, ami különböző típusú eróziós kopást okoz.



1. ábra: A lapátok eróziós kopása

A felvázolt téma fontos szerepet tölt be nem csak kipufogógáz visszavezetésben, de számos mérnöki területen, ahogy protonáteresztőmembrános tüzelőanyagcella esetében is, mint azt több szakirodalom is alátámasztja.

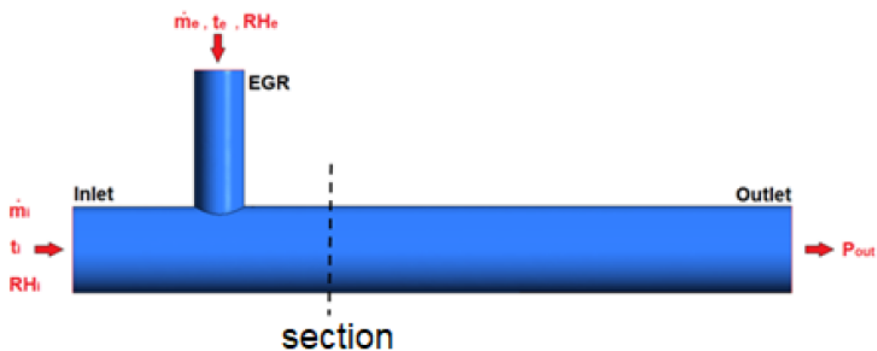


2. ábra: Eróziós kopás tüzelőanyagcella turbinakerekén

4. A szimuláció felépítése

A szimuláció felépítése során fontos szem előtt tartani azon peremfeltételeket amelyek hatással vannak a keletkező kondenzátumra. A víz kondenzációjának mértéke három különböző faktorból tevődik össze, az első a médiumok hőmérséklete, második a kontinuumok relatív páratartalma és végül a rendszerben jelenlévő nyomás értéke. A metódus felépítése során a szimulációs eljárás úgy lett kifejlesztve, hogy ezek mindegyike változtatható legyen az egyszerűség érdekében. Tehát elmondható, hogy az eljárással nem csak az adott szimulációs eseteket, de egyéb, más eseteket is vizsgálni lehet.

A geometria felépítését tekintve egyszerű, azonban a kívánt eredmény kimutatására alkalmas. Aszámítási kapacitás csökkentése érdekében az LP-EGR és a beszívott levegő kapcsolatának valós geometriája helyett a szimuláció egy egyszerű T-csomóponton történik, ahogyan azt számos szakirodalomban bemutatják. [6, 7, 8, 9] A geometria egyszerűségének oka érthető, az elemek száma nagymértékben hozzájárul a számítási időhöz, illetve fontos megemlíteni azt is, hogy több szimulációs eset kerül vizsgálatra.



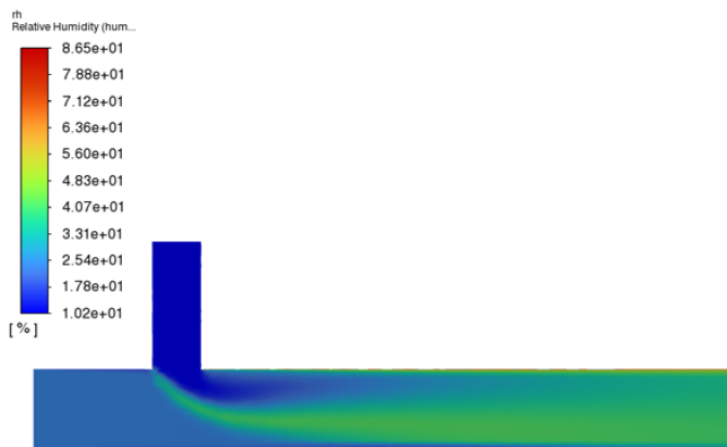
3. ábra: A szimuláció alapgeometriája

Ahol;

- \dot{m} - a tömegáram [$\frac{kg}{h}$]
- t - a hőmérséklet [$^{\circ}C$]
- RH - relatív páratartalom [%]
- P - nyomás [$mbar$]

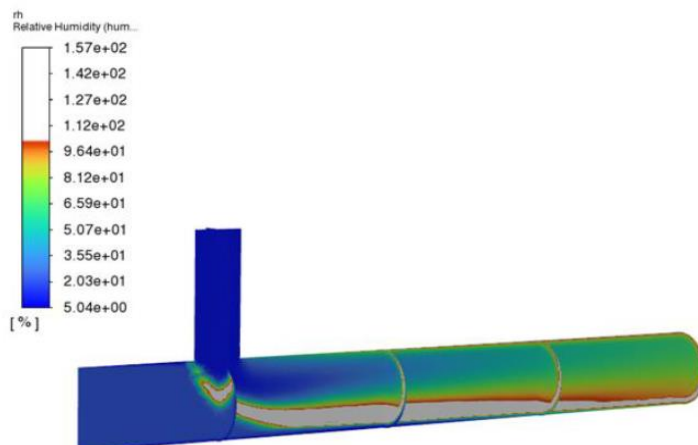
5. Szimulációs eredmények

A szimulációk elvégzése során két típusú eredményre lehet számítani, ahol van keletkező kondenzátum és ahol nincsen. Elméletileg azon szimulációs esetekben, ahol a keveredő kontinuumok végső hőmérséklete nem éri el a harmatponti hőmérsékletet, azon szimulációs esetekben nem fog keletkezni kondenzátum. Az alábbi figura jól szemlélteti, hogy nem minden eset káros a lapátkerekek működésére.



4. ábra: Szimulációs eset, ahol nem keletkezik kondenzátum

Abban az esetben viszont, ha a keveredés során a harmatponti hőmérséklet alá csökken a hőmérséklet, kondenzátum keletkezhet. Ezen szimulációs esetek azonban már veszélyt jelenthetnek a berendezés biztonságos működésére.



5. ábra: Szimulációs eset, ahol kondenzátum keletkezik

A szimulációk elvégzése után jól látható, hogy melyek azok az esetek, ahol a peremfeltételek adottak a kondenzátum kialakulására, és egyúttal mechanikai károsodást fejthetnek ki a lapátokra.

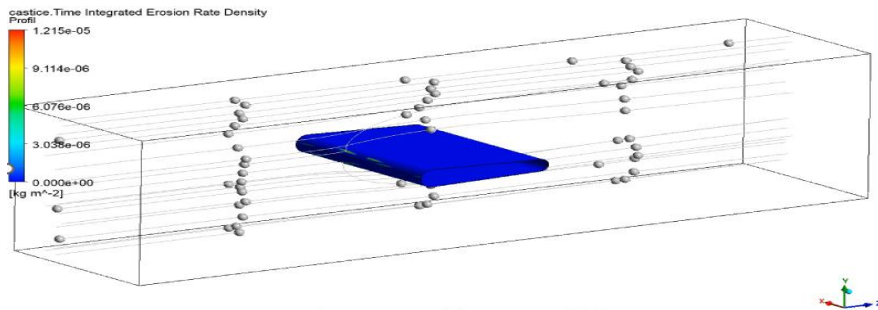
Eset	Környezeti hőm. [°C]	Visszavezetett gáz hőm. [°C]	EGR tömegáram [$\frac{kg}{h}$]	Környezeti gáz tömegárama [$\frac{kg}{h}$]	Környezeti nyomás [mbar]	Nyomás a kompresszor előtt [mbar]
1	-40	80	100	40	0	-20
2		100	180	80	0	-45
3		120	260	120	0	-70
4		140	380	160	0	-120
5	0	80	100	40	0	-20
6		100	180	80	0	-45
7		120	260	120	0	-70
8		140	380	160	0	-120
9	20	80	100	40	0	-20
10		100	180	80	0	-45
11		120	260	120	0	-70
12		140	380	160	0	-120
13	40	80	100	40	0	-20
14		100	180	80	0	-45
15		120	260	120	0	-70
16		140	380	160	0	-120

1. táblázat: Szimulációs esetek

Továbbá a szimulációk validálásának érdekében, komponentesztzypadi körülmények között ezen paraméterek leképezésével tesztek végrehajtására került sor, melyek eredményei korrelálnak a 11. és 12. szimulációs esetek eredményeivel.

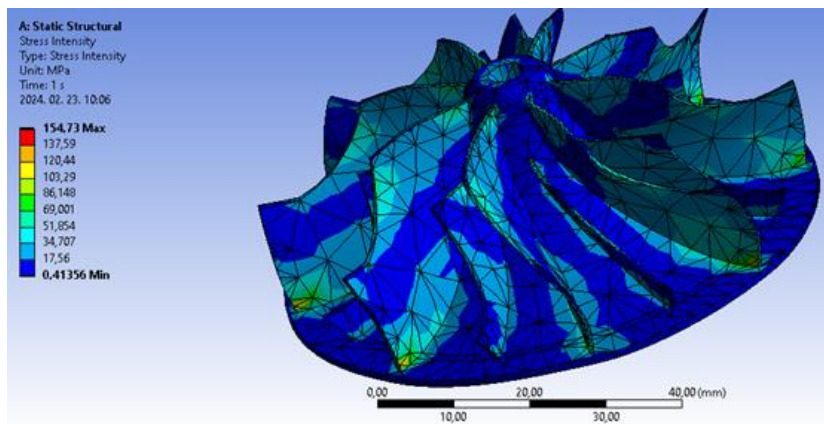
6. Kapcsolt végelem szimuláció

A szimulációs metódus felépítése után a kutatást egy kapcsolt FEM szimulációval egészül ki. Ezen szimuláció már nem része a kutatásban kötelezően elvállalt vállalatoknak, azonban a projekt egészét tekintve fontos szerepet játszik a kutatás céljának megértésében. A kapcsolt szimulációnak lényege, hogy az ütközés során bekövetkező feszültségváltozásokat könnyebben nyomon lehessen követni.



6. ábra: A keletkező feszültség az ütközés során

2023 januárjáig 16 szimulációs eset került elvégzésre, bátran lehet állítani, számottevő alkalommal tapasztalható kondenzációs jelenség a sűrítőkerék előtt. Ezért a továbbiakban a 7. ábrán látható módszer kidolgozására kerül sor.



7. ábra: Kompresszorkerék véges elemre felbontva

A szimuláció felépítése során a lapátok modellezését követően a megoldószoftverbe való integráció, hálózás, majd kezdetleges szimulációk elkészítése követ. Az ezt követő időszakban a két típusú szimuláció összekapcsolására kerül sor.

7. Összefoglalás

A bemutatott eredmények összefoglalják az ösztöndíjas időszak 2023 szeptemberétől 2024 januárjáig elért mérföldköveket és tevékenységeket. A kutatómunka az ösztöndíjas időszak lejártá után is folytatódik, melynek célja a komponentesztspadi körülmények minimalizálása és nyersanyagok szükségletének csökkentése. Ahogy azt a kutatás merően kimutatja, a téma jelen van számos mérnöki területen, tüzelőanyagcella, szélturbina, turbófeltöltők és egyéb hasonló felhasználásban. Az ösztöndíjas időszak eredményeire alapozva a jövőben számos publikáció és „technical paper” megjelenésére lehet számítani, ugyanis a szimulációs eljárás fejlesztése további potenciált hordoz magában, nem csak végeelem modellezés területén, de áramlástan területen is.

Felhasznált irodalom

- [1] Khan, M. S., & Sasikumar, C. (2022). A water droplet erosion-induced fatigue crack propagation and failure in X20Cr13 martensitic stainless-steel turbines working at low pressure. *Engineering Failure Analysis*, 139, 106491.
- [2] Karstadt, S., Werner, J., Münz, S., & Aymanns, R. (2014, September). Effect of water droplets caused by low pressure EGR on spinning compressor wheels. In *Proceedings of the 19th Supercharging Conference Dresden, Aachen, Germany* (pp. 17-18).
- [3] Di, J., Wang, S. S., Yan, X. J., Cai, L. X., & Xie, Y. H. (2021). Experimental investigation on effect of surface strengthening process and roughness on water droplet erosion behavior in turbomachinery. *Tribology International*, 153, 106647.
- [4] Heymann, F. J. (1992). Liquid impingement erosion. *ASM handbook*, 18, 221.
- [5] Wittmann, T., Lück, S., Bode, C., & Friedrichs, J. (2022). On the Impact of Condensation and Liquid Water on the Radial Turbine of a Fuel Cell Turbocharger. *Machines*, 10(11), 1053.
- [6] Galindo, J., Gil, A., Navarro, R., & García-Olivas, G. (2022). Numerical assessment of mixing of humid air streams in three-way junctions and impact on volume condensation. *Applied Thermal Engineering*, 201, 117676.
- [7] Serrano, J. R., Piqueras, P., Navarro, R., Tari, D., & Meano, C. M. (2018). Development and verification of an in-flow water condensation model for 3D-CFD simulations of humid air streams mixing. *Computers & Fluids*, 167, 158-165.

- [8] Hosseini, S. M., Yuki, K., & Hashizume, H. (2008). Classification of turbulent jets in a T-junction area with a 90-deg bend upstream. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 51(9-10), 2444-2454.
- [9] Vithala, V. T., Hoard, J., Assanis, D., & Styles, D. (2011, January). 3-D Numerical Study of Turbulent Mixing of Intake Air and Exhaust Gas in a Low Pressure EGR System. In *Internal Combustion Engine Division Fall Technical Conference* (Vol. 44427, pp. 893-904).
- [10] prof. Ing. Pavel Novotný, Ph.D. Brno University of Technology Faculty of Mechanical Engineering Institute of Automotive Engineering

Gyalogosok járműforgalomra gyakorolt hatásának elemzése gépi látás alapú módszerrel közúti csomópontokban

Absztrakt

A közúti közlekedés biztonságának és hatékonyságának növelése kulcsfontosságú a városi környezetben. A gyalogosok szerepe és viselkedése kritikus tényező ezen a területen, mivel közvetlen hatást gyakorolnak a járműforgalomra és az általános közlekedési folyamatokra. Kutatásunk célja átfogóan elemzést végezni a gyalogosok járműforgalomra gyakorolt hatásáról gépi látás alapú módszerek felhasználásával. Különös figyelmet fordítunk arra, hogyan lehet ezeket a módszereket alkalmazni közúti csomópontokban, és hogyan járulnak hozzá az adott terület közlekedési hatékonyságának javításához. Jelen tanulmányban bemutatjuk a kutatási terület releváns módszereit ismertető szakirodalmat, valamint az elemző és predikciós módszereink kutatásához létrehozott adatbázist. Bemutatjuk az adathalmazt leíró fő jellemzőket, struktúráját, valamint az adathalmaz felhasználására vonatkozó példákat.

1. Bevezetés

A forgalomfelügyeleti rendszerek és az intelligens közlekedési rendszerek (ITS) a közlekedési infrastruktúra fontos és dinamikusan fejlődő területe. A közúti környezetben elhelyezett kamerák száma az elmúlt évtizedben exponenciálisan nőtt. A kamerák nem játszanának ilyen rendkívül fontos szerepet, ha azok képének feldolgozásához nem használnának különböző képfeldolgozó algoritmusokat, gyakran mesterséges intelligenciát. Ezek a technikák lehetővé teszik a vizuális információ hatékony felhasználását.

Az utóbbi évtizedekben a gépi látás és az adatelemzés fejlődése lehetővé tette új megközelítések kidolgozását a gyalogosok viselkedésének és azok hatásainak elemzésére közúti csomópontokban.

A kutatások fontos eleme a valós idejű adatokon alapuló adatbázis, amely segítségével megérthetjük a gyalogosok közlekedési mintáit és viselkedési szokásait. Ezek az információk közvetlenül segítik az infrastrukturális és közlekedéstervezést elősegítve a gyalogosok biztonságát és kényelmét, miközben minimalizálják a közúti konfliktusokat és a forgalmi torlódásokat.

Kutatásunk fő célja, hogy új betekintést nyújtson a gyalogosok szerepébe és hatásába a közúti környezetben, és javaslatokat tegyen olyan intézkedésekre, amelyek elősegíthetik a közúti közlekedés biztonságát és hatékonyságát azáltal, hogy figyelembe veszik és optimalizálják a gyalogosok mobilitását és viselkedését.

¹ SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Horváth András, egyetemi docens, minőségügyi rektorhelyettes, Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar, Fizika és Kémia Tanszék.

A következő fejezetek részletesen bemutatják a gépi látás alapú módszerek alkalmazását és azok eredményeit a gyalogosok közötti hatásainak elemzésében, valamint ismertetik az általunk létrehozott adatbázist.

2. Szakirodalmi áttekintés

A fejezet célja a gyalogosok közötti csomópontokban járműforgalomra gyakorolt hatását vizsgáló tanulmányok és kutatások áttekintése. Az áttekintés olyan tudományos tanulmányokra, könyvekre és konferencia cikkekre összpontosít, amelyek a forgalomirányítással és a gyalogosok viselkedésének elemzésével foglalkoznak, valamint ezen közötti forgalmi környezetben végzett kutatások módszertanait tekintik át.

2.1. Gyalogosok hatása a forgalomáramlásra:

Széles körben kutatott terület és számos tanulmány foglalkozik a gyalogosok kereszteződésekben tanúsított viselkedésével és a forgalomra gyakorolt hatásuknak a megértésével. Distefano és társai tanulmánya körforgalmak környezetében végzett kutatása kifejezetten a gyalogos véletlenszerű áthaladási hajlandóságát vizsgálta olyan környezetben, ahol a nincsen korlát vagy átkelést akadályozó oszlopok.² Marisamynathan és társai komplex módszert dolgoztak ki a közlekedési csomópontok forgalmának vizsgálatára, amely tartalmazza a gyalogosok érkezésének ütemezettségét és intenzitását, az áthaladás sebességét és szabálykövető magatartást. A tanulmányban statisztikai módszerekkel kimutatták, hogy az áthaladáshoz szükséges idő és a jármű által biztosított áthaladási rés az a tényező, amely nagymértékben befolyásolja a gyalogosok viselkedését.³ Yanyong és társai pedig egy automatizált felismerő rendszert hoztak létre, amely az átkelési szabálytalanságok detektálása alkalmas teljesen autonóm módon.⁴ Az elemzésekben a kutatók az alábbi főbb szempontok alapján végeztek vizsgálatokat:

- Átkelési viselkedés: A gyalogosok által választott átkelési időszakok és útvonalak változatosak és jelentősen befolyásolják a kereszteződések forgalmi mintázatait. Az átkelő gyalogosok számára megnyitott időszakokban gyakran tapasztalható hosszabb késések a járműforgalomban.⁵
- Késések és áthaladási idők: Az áthaladási idők és a várakozási idők közötti kapcsolat szoros összefüggést mutatott. Azokban az esetekben, amikor a

² Natalia Distefano - Salvatore Leonardi - Giulia Pulvirenti: Analysis of Pedestrian Crossing Behaviour at Roundabout, in Transportation Research Procedia, 2022/60. szám, 28-35. o.

³ Marisamynathan Sankaran - Vedagiri Perumal: A statistical analysis of pedestrian behaviour at signalized intersections, in European Transport, 2015/57. szám,

⁴ Yanyong Guo – Tarek Sayed – Mohamed H. Zaki: Automated analysis of pedestrian walking behaviour at a signalised intersection in China, in IET Intelligent Transport Systems, 2017/11. szám, 28 – 36 o.

⁵ Yang Li - Li Song - Wei David Fan: Day-of-the-week variations and temporal instability of factors influencing pedestrian injury severity in pedestrian-vehicle crashes: A random parameters logit approach with heterogeneity in means and variances, in Analytic Methods in Accident Research, 2021/29. szám, 100 – 152 o.

gyalogosok hosszabb időt várnak az átkelésre, a járművek várakozási idői is megnövekedhetnek.⁶

- **Környezeti tényezők hatása:** A környezeti tényezők, mint például az időjárás és a közúti jellemzők, jelentős hatást gyakorolhatnak a gyalogosok átkelési viselkedésére és a kereszteződések késéseire.⁷
- **Szociális tényezők:** A gyalogosok útvonalát nagymértékben befolyásolni képes a tömegpszichológia⁸ vagy akár az életkor⁹, mint sajátosság. Ezek kutatását külön területbe sorolhatjuk.

Az eredmények alapján a kutatók olyan intézkedéseket javasoltak, amelyek célja a gyalogosok és járművek közötti kölcsönhatások optimalizálása és a kereszteződések hatékonyabb működtetése. Ezek az intézkedések magukban foglalhatják az időzített jelzőlámpák bevezetését, a gyalogosbarát tervezési megoldások alkalmazását és a kereszteződések környezeti feltételeinek optimalizálását a biztonságosabb és hatékonyabb közlekedés érdekében.¹⁰

2.2. Gépi látás alapú módszerek

Számos alkalmaz gépi látás alapú módszereket a gyalogosok viselkedésének elemzésére. Például objektumfelismerő és -követő algoritmusok használatával valósít meg komplex gyalogos-jármű mozgás modellezést.

A detektálás történhet klasszikus képfeldolgozási módszerekkel, például háttérleválasztás¹¹, valamilyen vizuális jellemző alapján történő felismeréssel, például: HOG¹², Gabor¹³, Haar-like¹⁴, SURF¹⁵, vagy optical flow¹⁶ alapú

⁶ Zafri Niaz Mahmud - Atikul Islam Rony - Neelopal Adri: Analysis of Pedestrian Crossing Speed and Waiting Time at Intersections in Dhaka, in Infrastructures, 2019/4. szám, 3-39. o.

⁷ Xiaoqi Zhai - Helai Huang - N.N. Sze - Ziqi Song - Kai Kwong Hon: Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity, in Accident Analysis & Prevention, 2019/122. szám, 318-324. o.

⁸ Zeng Weiliang - Chen, Peng - Nakamura, Hideki - Iryo-Asano, Miho: Application of social force model to pedestrian behavior analysis at signalized crosswalk, in Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2014/40. szám, 143-159. o.

⁹ Andrea Gorrini - Luca Crociani - Giuseppe Vizzari - Stefania Bandini: Observation results on pedestrian-vehicle interactions at non-signalized intersections towards simulation, in Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2018/59. szám, 269-285. o.

¹⁰ Li Wen - Zhang Hongying - Huang Zhaoguo - Li Chenhui: Human-Vehicle Intersection Traffic Lights Timing Optimization Research, in Journal of Advanced Transportation, 2022/1. szám, 23-32. o.

¹¹ Sebastian Montabone - Alvaro Soto: Human detection using a mobile platform and novel features derived from a visual saliency mechanism, in Image and Vision Computing, 2010/28. szám, 391-402. o.

¹² N. Dalal - Bill Triggs: Histograms of oriented gradients for human detection, előadás a 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), 2005, San Diego – CA - USA

¹³ Chen Li - Qing Zhu - Xiao Xie - Han Hu - Haowei Zeng: Road Extraction from VHR Remote-Sensing Imagery via Object Segmentation Constrained by Gabor Features, in ISPRS International Journal of Geo-Information, 2018/ 7. szám, 362-370. o.

¹⁴ Shanshan Zhang - Christian Bauckhage - Armin B. Cremers: Informed Haar-Like Features Improve Pedestrian Detection, előadás a 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014 június 23-28, Columbus – OH - USA

eljárásokkal. A másik, manapság gyakran alkalmazott eljárás a neurális hálózatokkal történő objektumdetektálás¹⁷.

Járműdetektálásra alkalmazható objektumdetektáló eljárások az általános célú objektumdetektorok továbbfejlesztésével vagy azok specifikus újra tanításával érhető el. Az általános célú neurális hálózatok között a konvolúciós neurális hálózatokat alkalmazzák a leggyakrabban erre a célra. Ezek közül néhány gyakran alkalmazott eljárás: Region-based CNN [RCNN], Fast-RCNN és Faster-RCNN¹⁸, Single Shot Detector [SSD]¹⁹ és a You Only Look Once [YOLO]²⁰. Ez utóbbi detektálási pontossága minimálisan alacsonyabb, mint az SDD vagy a Faster-RCNN detektoroké, azonban a YOLO objektumdetektorral optimális teljesítmény-pontosság aránnyal dolgozhatunk. Az ismertetett eljárás gyakorlati alkalmazásához és további kutatásokhoz nélkülözhetetlen, hogy a detektálást valós időben tudjuk futtatni megfelelő sebességgel. Összehasonlításként a YOLO akár 150 FPS-el képes elfogadható pontosságú detektálásra, míg a többi detektor ennél jóval alacsonyabb, 8 FPS mellett tudja ugyan ezt a teljesítményt elérni.

3. Adathalmaz

3.1. Publikusan elérhető adathalmazok

Az alábbi szabadon elérhető videóadatbázisok felhasználhatók a gépi látáson alapuló gyalogosfelismerő és -követő algoritmusok betanítására és értékelésére, valamint alkalmasak lehetnek a gyalogosok közötti csomópontokban járműforgalomra gyakorolt hatásának elemzésére.

- Caltech Pedestrian Dataset: Ez az adatkészlet körülbelül 10 órányi, városi kereszteződésben rögzített videófelvételtől áll.²¹
- CityPersons Dataset: Ez az adatkészlet gyalogosokról készült videófelvételeket tartalmaz városi környezetben, zsúfolt utcákat és

¹⁵ Herbert Bay - Andreas Ess - Tinne Tuytelaars - Luc Van Gool: Speeded-Up Robust Features (SURF), in Computer Vision and Image Understanding, 2008/110, 346-359. o.

¹⁶ Ruimin Ke - Zhibin Li - Jinjun Tang - Zewen Pan - Yin Hai Wang: Real-Time Traffic Flow Parameter Estimation From UAV Video Based on Ensemble Classifier and Optical Flow, in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2019/20. szám, 54-64. o.

¹⁷ Zhang Qiang: Multi-object trajectory extraction based on YOLOv3-DeepSort for pedestrian-vehicle interaction behavior analysis at non-signalized intersections, in Multimedia Tools and Applications, 2023/82. szám, 15223-15245. o.

¹⁸ Shaoqing Ren - Kaiming He - Ross Girshick - Jian Sun: Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks, in Advances in Neural Information Processing Systems, 2015/1. szám, 91-99. o.

¹⁹ Liu Wei - Anguelov Dragomir - Erhan Dumitru - Szegedy Christian - Reed Scott - Fu Cheng-Yang - Berg Alexander C.: SSD: Single Shot MultiBox Detector, in Computer Vision -- ECCV 2016, 2016, 21-37. o.

²⁰ Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi: You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, előadás a 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016 június 27, Las Vegas – NV - USA

²¹ Piotr Dollar - Christian Wojek - Bernt Schiele - Pietro Perona: Pedestrian detection: A benchmark, előadás a 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009 június 20, Miami – FL - USA

kereszteződéseket.²²

- KITTI Vision Benchmark Suite: Ez az adatkészlet különböző forgalmi jelenetekről készült videofelvételeket tartalmaz, városi és természetközeli helyszíneken.²³
- MS-COCO adathalmaz: Összetett mindennapi jeleneteket tartalmaz, amelyben hétköznapi tárgyak láthatók természetes környezetükben. Ez az adathalmaz objektumdetektorok szegmentáló eljárások tanításához használható.²⁴

3.2. Saját adathalmaz

A fentebb összesített szabad hozzáférésű adathalmazok elég sokszínűek, nem szisztematikusan összegyűjtött felvételeket tartalmaznak, ezért ezek alapján elsősorban kis mintán alapuló általános leírás adható. Kutatásunkban célul tűztük ki egy-egy kereszteződés specifikus feltérképezését forgalmi dinamika szempontjából, emiatt hoztunk létre saját adatbázist. Az adatbázis alapját online élő közvetítések felvételeinek rögzítése adja. Három különböző helyszínről rögzítettünk felvételeket, minden helyszínről 24 órányi felvételt óránkénti bontásban.

Az első helyszín a Historic Jonesborough, Tennessee közúti csomópontja, amely egy jelentős forgalmi csomópont városi környezetben. A történelmi belvárosban található közúti csomópontok gyakran olyan tervezési kihívásokat rejtenek magukban, amelyek az évszázadok során kialakult szűk utcák, korlátozott parkolóhelyek és az építészeti örökség megőrzése miatt merülnek fel.



1. ábra. Mintakép a Historic Jonesborough, Tennessee helyszínen készült felvételekből

²² Shanshan Zhang - Rodrigo Benenson - Bernt Schiele: CityPersons: A Diverse Dataset for Pedestrian Detection, előadás a 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017 július 21, Honolulu – HI - USA

²³ Geiger A - Lenz P - Stiller C - Urtasun R: Vision meets robotics: The KITTI dataset, in The International Journal of Robotics Research, 2013/32. szám, 1231-1237. o.

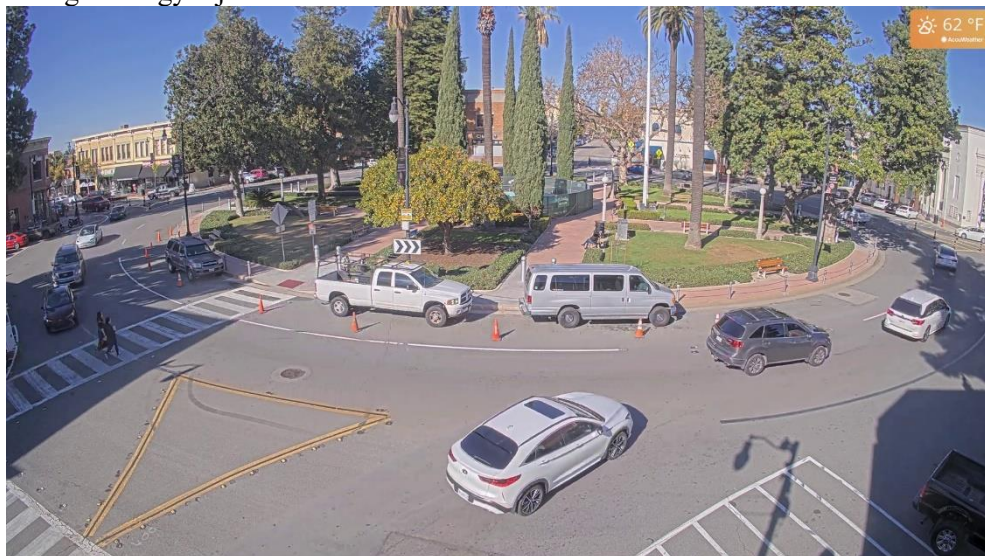
²⁴ Tsung-Yi Lin - Michael Maire - Serge Belongie - Lubomir Bourdevn- Ross Girshick - James Hays - Pietro Perona - Deva Ramanan - C. Lawrence Zitnick - Piotr Dollár: Microsoft COCO: Common Objects in Context, in Computer Vision -- ECCV 2014, 2014, 740-755. o.

A második helyszín Polanów városában található körforgalom. A körforgalom két kijáratánál is található gyalogátkelőhely, ami alkalmassá teszi a gyalogosforgalom és a járműforgalom egymást befolyásoló hatásának vizsgálatára.



2. ábra. Mintakép Polanów városában lévő körforgalomról készült felvételekből.

A harmadik helyszín a City of Orange Plaza. Az USA-beli California államban található Orange város egy jellegzetes körforgalmában található közúti kamera felvételeit tartalmazza ez a részadathalmaz. A felvételeken látható jelenetben csak a körforgalom egy része látható. A képen egy gyalogos átkelőhely és a körforgalom egy kijáratát látható.



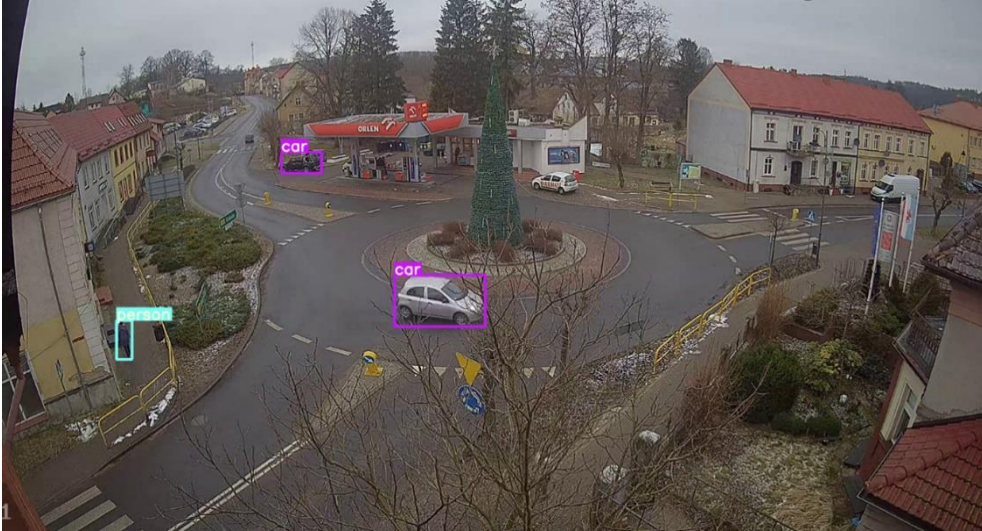
3. ábra. Mintakép City of Orange Plaza körforgalomról készült felvételekből.

A videókat strukturáltan, helyszínenként külön kezeltük mind a tárolás, mind pedig a későbbi feldolgozás során. A videók feldolgozását és a rendszer további moduljait is Python nyelven írtuk és a hozzá kapcsolódó modulokat használtuk: OpenCV, Numpy, Matplotlib, Pandas.

3.3. Adathalmaz feldolgozása

A gyalogos forgalom és járműforgalom kölcsönhatási vizsgálatának alapját az objektumdetektálás képezi. Az objektumdetektálás során a detektor bemenetére egy képet adunk, ami jelen esetben a videófelvétel egy adott időpillanatban készült képkockája. Az objektumdetektor az előzetesen betanított objektumtípusokat felismeri a képen és meghatározza, hogy a képnek mely területén jelenik meg az objektum. A detektált objektumokat tartalmazó képrészlet leírására az objektumdetektor kimeneti értéke az aktuális képen érzékelt minden objektumra vonatkozóan tartalmazza az objektum típusát, az objektum középpontjának koordinátáit vagy az objektum befoglaló téglalapjának bal felső sarokponti koordinátáit, az objektum szélességét és magasságát pixelben kifejezve, valamint egy valószínűségi értéket is rendel az objektumhoz, amely a felismerés valószínűségét írja le. Az általunk létrehozott eljárásban a YOLOv7 objektumdetektornak az MS COCO adathalmazon tanított modelljét használtuk a detektálásra. Ez a modell 80 különböző típusú objektum felismerésére képes. A közlekedők mellett például közúti jelzőtáblákat, tűzcsapokat és állatokat is detektálni tud. Mi a detektálások közül kizárólag a gyalogos, autó, teherautó és busz kategóriájú detektálásokat vettük figyelembe a feldolgozás során és ezek közül is csak azokat, amelyek felismerési valószínűsége nagyobb vagy egyenlő, mint 60%. Az objektumdetektor kiválasztása során fontos szempont volt a valós idejű működés, mivel a kutatás során a járművek és gyalogosok útvonalainak modellezését és azok egymásra gyakorolt hatásának vizsgálatát tűztük ki végső célul és mindezt szeretnénk a kamerák élő képen futtatva alkalmazni. A state-of-the-art objektumdetektorok közül a YOLO általános célú objektumdetektort választottuk, mivel pontossága és futási sebessége kielégíti az általunk támasztott követelményeket.

A detektálás kimeneti értékeit átstrukturáltuk és további adatokkal egészítettük ki. Minden detektálási értékhez, azaz minden felismert objektumhoz hozzárendeltük a videó azonosítóját, valamint az képkocka sorszámát, amelyen látható. A detektálás eredményét szemlélteti az 4. ábra. A képen zöld színnel kereteztük be az autókat, lila színnel a buszokat és rózsaszínnel a teherautókat. A keret fölél kiírtuk a jármű típusát, egyedi futósorszám alapú azonosítóját, a felismerés valószínűségét, valamint a jármű X és Y irányú sebességét pixel/szekundumban kifejezve.



4. ábra Objektumdetektálás megjelenítése

3.4. Objektumkövetés

A detektálást az egyes videókból rögzített képkockák mindegyikén lefuttattuk időrendi sorrendben. Minden detektálási lépést közvetlenül egy objektumkövetési lépés követ és ez ciklikusan ismétlődik, amíg a videó utolsó képkockáján is el nem végeztük. A detektor kimenete az objektumkövető modul bemenetére kerül. Az objektumkövető algoritmus első lépésben beállítja a kezdőértékeket. A kezdőértékek beállítása során minden detektált objektumhoz kiszámítja a követéshez szükséges változók értékét, amelyek a képen elfoglalt pozíció és a mozgási sebesség. Az alkalmazott DeepSORT követő algoritmus ezt követően előrejelzést készít arra vonatkozóan, hogy a detektált objektum várhatóan hol fog elhelyezkedni a képen. Az előrejelzést Kálmán-szűrő segítségével valósítja meg. A következő képkockán elvégzett detektálást követően az algoritmus frissíti a követéseket, a valós detektálások és az előrejelzések közötti távolság alapján összepárosítja az előző és az új képen detektált objektumokat. A párosítás optimális végrehajtásához a Hungarian algoritmust használja. A DeepSORT az összepárosítás során még egy jellemzővektort is készít az objektumot ábrázoló képrészletről. Ezt az előző és az új képen is végrehajtja, majd ezeknek a különbségét kiszámítva megerősíti a detektálás pontosságát.



5. ábra Objektumkövetés megjelenítése

Az objektumkövető algoritmus kimenetén minden ciklusban az összepárosított objektumok, esetünkben a detektált járművek jelennek meg. Ahhoz, hogy ezt az információt hasznosítani tudjuk további feldolgozás szükséges. Az adatokat adatstruktúrába szerveztük annak érdekében, hogy a további kutatás és adatfeldolgozás minél gördülékenyebb legyen. Létrehoztunk egy TrackedObject (követett objektum) nevű osztályt, amely nem csak a detektálási adatok tárolására, hanem a követés során létrejövő adatsorok kezelésére is alkalmas. Az osztály automatikusan képes kiszámítani az adott objektum X és Y irányú sebességét és gyorsulását pixel/sec, illetve pixel/sec² mértékegységekben. Az adatstruktúra külön tárolja az objektum középponti koordinátáinak X és Y komponenseit, a képkockák azonosítóit, amelyeken az objektum korábban megjelent, az objektum típusát jelző címkéket és azt is, hogy milyen régóta követjük az objektumot.

Az objektumkövetés ciklikus végrehajtásának eredményeként létrejönnek a járművek és a gyalogosok menetvonalai vagy másnéven trajektóriái. Ezek a trajektóriák változó hosszúságúak attól függően, hogy az egyes objektumok milyen sokáig voltak a felvételen láthatók.

Fontos még megemlíteni, hogy az optimális paraméterbeállítások ellenére is előfordulhatnak hibák mind a detektálás, mind pedig a követés során. Az általunk vizsgált 3 helyszínen a hibás esetek száma az összes esethez viszonyítva 4-6% között mozgott. Ezeket az eseteket egyszerű szabály alapú szűréssel leválasztottuk az adathalmazról, hogy a későbbi feldolgozás pontosságát ne befolyásolják.

4. Összegzés

A kutatás tervezett időtartama 12 hónap, amely első felében a szakirodalmi háttér és a módszertan átfogó megismerése mellett a kutatás alapját képező adathalmaz létrehozását tűztük ki célul és valósítottuk meg sikeresen. Három különböző helyszínről összesen 72 órányi videófelvételt gyűjtöttünk össze. Ezeket

objektumdetektáló és objektumkövető eljárásokkal feldolgoztuk, majd a létrejött adathalmaz strukturáltan tároltuk.

A kutatás következő részében a gyalogosok járműforgalomra gyakorolt hatásának elemzését fogjuk megvalósítani. Statisztikai módszerekkel elemezzük a forgalmi dinamikát és vizualizáljuk a torlódásokat, kritikus időszakokat. Megvalósítunk egy renitens közlekedők kiszűrésére alkalmas eljárást, amely az átlagos közlekedőktől szélsőségesen eltérő mozgású objektumokat szűri ki. Jövőbeli kutatási irány lehet az kritikus időszakok modellezése és predikciója, amellyel hosszabb időszakot átölelő modellezést valósítunk meg.

Felhasznált irodalom

- Natalia Distefano - Salvatore Leonardi - Giulia Pulvirenti: Analysis of Pedestrian Crossing Behaviour at Roundabout, in *Transportation Research Procedia*, 2022/60. szám, 28-35. o.
- Marisamynathan Sankaran - Vedagiri Perumal: A statistical analysis of pedestrian behaviour at signalized intersections, in *European Transport*, 2015/57. szám,
- Yanyong Guo – Tarek Sayed – Mohamed H. Zaki: Automated analysis of pedestrian walking behaviour at a signalised intersection in China, in *IET Intelligent Transport Systems*, 2017/11. szám, 28 – 36 o.
- Yang Li - Li Song - Wei David Fan: Day-of-the-week variations and temporal instability of factors influencing pedestrian injury severity in pedestrian-vehicle crashes: A random parameters logit approach with heterogeneity in means and variances, in *Analytic Methods in Accident Research*, 2021/29. szám, 100 – 152 o.
- Zafri Niaz Mahmud - Atikul Islam Rony - Neelopal Adri: Analysis of Pedestrian Crossing Speed and Waiting Time at Intersections in Dhaka, in *Infrastructures*, 2019/4. szám, 3-39. o.
- Xiaoqi Zhai - Helai Huang - N.N. Sze - Ziqi Song - Kai Kwong Hon: Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity, in *Accident Analysis & Prevention*, 2019/122. szám, 318-324. o.
- Zeng Weiliang - Chen, Peng - Nakamura, Hideki - Iryo-Asano, Miho: Application of social force model to pedestrian behavior analysis at signalized crosswalk, in *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2014/40. szám, 143-159. o.
- Andrea Gorrini - Luca Crociani - Giuseppe Vizzari - Stefania Bandini: Observation results on pedestrian-vehicle interactions at non-signalized intersections towards simulation, in *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2018/59. szám, 269-285. o.
- Li Wen - Zhang Hongying - Huang Zhaoguo - Li Chenhui: Human-Vehicle Intersection Traffic Lights Timing Optimization Research, in *Journal of Advanced Transportation*, 2022/1. szám, 23-32. o.

- Sebastian Montabone - Alvaro Soto: Human detection using a mobile platform and novel features derived from a visual saliency mechanism, in Image and Vision Computing, 2010/28. szám, 391-402. o.
- N. Dalal - Bill Triggs: Histograms of oriented gradients for human detection, előadás a 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), 2005, San Diego – CA – USA
- Chen Li - Qing Zhu - Xiao Xie - Han Hu - Haowei Zeng: Road Extraction from VHR Remote-Sensing Imagery via Object Segmentation Constrained by Gabor Features, in ISPRS International Journal of Geo-Information, 2018/ 7. szám, 362-370. o.
- Shanshan Zhang - Christian Bauckhage - Armin B. Cremers: Informed Haar-Like Features Improve Pedestrian Detection, előadás a 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014 június 23-28, Columbus – OH – USA
- Herbert Bay - Andreas Ess - Tinne Tuytelaars - Luc Van Gool: Speeded-Up Robust Features (SURF), in Computer Vision and Image Understanding, 2008/110, 346-359. o.
- Ruimin Ke - Zhibin Li - Jinjun Tang - Zewen Pan - Yin Hai Wang: Real-Time Traffic Flow Parameter Estimation From UAV Video Based on Ensemble Classifier and Optical Flow, in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2019/20. szám, 54-64. o.
- Zhang Qiang: Multi-object trajectory extraction based on YOLOv3-DeepSort for pedestrian-vehicle interaction behavior analysis at non-signalized intersections, in Multimedia Tools and Applications, 2023/82. szám, 15223-15245. o.
- Shaoqing Ren - Kaiming He - Ross Girshick - Jian Sun: Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks, in Advances in Neural Information Processing Systems, 2015/1. szám, 91-99. o.
- Liu Wei - Anguelov Dragomir - Erhan Dumitru - Szegedy Christian - Reed Scott - Fu Cheng-Yang - Berg Alexander C.: SSD: Single Shot MultiBox Detector, in Computer Vision -- ECCV 2016, 2016, 21-37. o.
- Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi: You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, előadás a 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016 június 27, Las Vegas – NV – USA
- Piotr Dollar - Christian Wojek - Bernt Schiele - Pietro Perona: Pedestrian detection: A benchmark, előadás a 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009 június 20, Miami – FL – USA
- Shanshan Zhang - Rodrigo Benenson - Bernt Schiele: CityPersons: A Diverse Dataset for Pedestrian Detection, előadás a 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017 július 21, Honolulu – HI – USA
- Geiger A - Lenz P - Stiller C - Urtasun R: Vision meets robotics: The KITTI dataset, in The International Journal of Robotics Research, 2013/32. szám, 1231-1237. o.

- Tsung-Yi Lin - Michael Maire - Serge Belongie - Lubomir Bourdevn- Ross Girshick - James Hays - Pietro Perona - Deva Ramanan - C. Lawrence Zitnick - Piotr Dollár: Microsoft COCO: Common Objects in Context, in Computer Vision -- ECCV 2014, 2014, 740-755. o.

Takarmányok minőségének vizsgálata műszeres illatmérés eredményei alapján

1. Bevezetés

Az aromák olyan illékony vegyületek, amelyeket az emberi szaglás érzékel, és különböző minőségi értékekkel jellemezhetők. Az aromák sokféle vegyületből állnak, és ezeknek a vegyületeknek a kombinációja határozza meg az aroma egyedi tulajdonságait. A szaglás biológiai folyamat, mely során az orr receptorai érzékelik az illékony anyagokat, majd az agy feldolgozza ezeket az információkat. Az aromáknak sok területen van jelentősége és mivel a szaglásnak vannak sajátos korlátai, mint például a szubjektivitás és a reprodukálhatóság nehézségei, az elektronikus-orr rendszerek fejlesztése fontos az aromák elemzésében és az illatok azonosításában. Az elektronikus-orr különböző típusai különböző érzékelő anyagok reakcióján alapulnak a kémiai gőzökkel. Az elektronikus-orr adatkezelésének fejlődése jelentős előrelépést jelent az illatok és szagok értelmezésében, és hozzájárul széles körű alkalmazásához az iparban és a kutatásokban.

2. A biológiai szaglórendszer és az elektronikus orr: összefüggések és alkalmazási lehetőségek

2.1. Az aromák típusai

Az illatokat, melyek a szaglással érzékelhetők, a levegőben jelenlévő illékony vegyületek egyszerű vagy összetett keverékei alkotják. Ezeket gyakran aromáknak vagy szagoknak nevezik, ami az adott illat kellemességére vagy kellemetlenségére utalnak. Egyes illatok csupán egyetlen kémiai vegyületből, mások viszont több vegyületből állnak össze. Általánosságban elmondható, hogy az illatok különféle vegyületek kombinációi, melyek mindegyike hozzájárul az illat egyedi tulajdonságaihoz és jellemzőihez. Az emberi orr gyakran érzékeli ezeknek a vegyületeknek a relatív mennyiségében bekövetkező finom változásokat, ami illatváltozásként nyilvánulhat meg, míg az illatmentes anyagok változásait nem észleli. Az elektronikus-orr előnye, hogy érzékeli azokat az illatmentes vegyületeket is, amelyeket az emberi orr nem tud észlelni².

2.2. Szaglás, a környezet biológiai érzékelése

¹ Wittmann Antal Növény-, Állat-, és Élelmiszertudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola, Újhelyi Imre Állattudományi Program

Témavezető: Dr. habil Zsédely Eszter PhD, egyetemi docens, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék

² Wilson, A. D.-Baietto, M.: Applications and advances in electronic-nose technologies. *sensors*, 9(7), 5099-5148.

Az emberi szaglás és a kémiai mérések kapcsolatának megértése elsődlegesen a biológiai szaglás mechanizmusának átlátását igényli. Az érzékszervek jelentik az információ közvetítésének csatornáját az emlősök számára, amelyek közé tartozik a látás, a hallás és a tapintás mellett a két kémiai érzékszerv: a szaglás és az ízlelés. A szaglás alapvető élettani funkció, amely a kémiai érzékelésen alapul. Az egysejtű szervezetek is rendelkeznek kémiai érzékeléssel, amely során a sejthártyájukban lévő receptorok segítségével érzékelik a környezetükben lévő kémiai anyagokat. A szaglás és az ízlelés az ősi kémiai érzékelés részét képezi³. Az illatokat az anyagok molekulái váltják ki, de maguknak a molekuláknak nincs szaguk. A szaglás és az ízlelés az emberi érzékelés egy részét alkotja, ahol a szaglás során az orrban lévő receptorokat bizonyos anyagok ingerlik, majd az agyba jutva szagérzetet eredményeznek⁴. Az állatok az érzékszerveik révén információkat kapnak környezetükről, melyek érzékenysége az életkörülményektől függően jelentősen változhat, és különbségeket mutat az állatfajok között. A szaglás fontos információkat nyújt a tárgyak vagy helyzetek észleléséhez. Az emberi érzékszerveknek számos hátránya van, például a szubjektivitás, a reprodukálhatóság hiánya, a magas munkaerőköltség és az adaptáció, ami azt jelenti, hogy a hosszabb ideig tartó illatokra kisebb érzékenységgel reagálunk. Emellett az embereket nem lehet felhasználni a veszélyes szagok érzékelésére sem. Ennek eredményeként olyan elektronikus-orr rendszereket fejlesztettek ki, amelyek segítségével hatékonyabban és megbízhatóbban lehet szagokat érzékelni,

2.3. Az elektronikus orr fejlődésének rövid története

Az 1920-as években az első aroma mérések során finom vízpermet elektromos tulajdonságait mérték, és megfigyelték, hogy az illékony anyagok hozzáadása növelte a permet elektromosságát. Ez az információ segített az aromás vegyületek érzékelésében⁵. Az első valós eszköz az aromák mérésére az Egyesült Államokban 1954-ben jelent meg. Ebben egy egyszerű 0,8 mm átmérőjű platina huzalt használtak érzékelőként, mely az áramlás mértékét millivoltmérővel mérte⁶.

Különbő bevonatok, például polivinil-klorid, zselatin és növényi zsírok, segíthetnek különböző és bonyolult aromák megkülönböztetésében. Moncrieff (1961)⁷ hat természetos tömböt javasolt, mely hat különböző bevonattal rendelkezett, hogy nagyszámú különböző aromát legyen képes megkülönböztetni. Dravnieks és Trotter (1965)⁸ a kontakt potenciál átvitelét alkalmazta az aromák

³ Sell, C. S.: Chemistry and the Sense of Smell. 2014. John Wiley & Sons.

⁴ Manguela, P.-Merlo, E.: Chemical senses: taste and smell. Introduction to Biological Psychology. 2023.

⁵ Hogewind, F.-Zwaardemaker, H.: On spray-electricity and waterfall-electricity. *Knaw. Proc.*, 1920. 22, 429-437.

⁶ Hartman, J. O. H. N.: A possible objective method for the rapid estimation of flavors in vegetables. 1954.

⁷ Moncrieff, R. W.: An instrument for measuring and classifying odors. *Journal of applied physiology*, 1961/16(4), 742-749.

⁸ Dravnieks, A.-Trotter, P. J.: Polar vapour detector based on thermal modulation of contact potential. *Journal of Scientific Instruments*, 1965/42(8), 624.

monitorozására. Buck, Allen és Dalton (1965)⁹ a vezetőképesség átvitelét vizsgálta az aromák megkülönböztetésére. Ezek a vizsgálatok azonban csak első megközelítésként szolgáltak az aromák értékelésére az analitikai eszközök hiánya miatt.

Azonban Persaud és Dodd (1982)¹⁰, valamint Ikegami és Kaneyasu (1985)¹¹ vizsgálatai révén létrejött az intelligens kémiai tömbérzékelő rendszerrel ellátott elektronikus orr eszközének koncepciója az aromák osztályozásához. A számítógépek és az elektronikus érzékelők fejlődése lehetővé tette egy olyan elektronikus eszköz létrehozását, amely képes az emlősök szaglórendszerét utánozni. Gardner és Bartlett¹² 1988-ban alkotta meg az "elektronikus-orr" kifejezést, amely egy olyan műszerre utal, amely elektronikus kémiai érzékelőt tartalmaz részleges specifitással és megfelelő mintázatfelismerő rendszerrel, és képes egyszerű vagy összetett szagok felismerésére.

Az elektronikus orr és a biológiai szaglórendszer közötti kapcsolatot az 1. ábra mutatja be.



1. ábra Az e-orr és az emberi orr közötti kapcsolat (forrás: saját ábra)

2.4. Az elektronikus orr típusai

9 Buck, T. M., Allen, F. G.-Dalton, J. V.: Detection of chemical species by surface effects on metals and semiconductors. 1965. Murray Hill, NJ, USA: Bell Telephone Laboratories.

10 Persaud, K.-Dodd, G.: Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. Nature, 299(5881), 352-355.

11 Ikegami, A., & Kaneyasu, M. (1985). Olfactory detection using integrated sensors. Digest of Technical Papers, Transducers, 1982/85, 136-139.

12 Gardner, J. W.-Bartlett, P. N.: A brief history of electronic noses. Sensors and Actuators B: Chemical, 1994/18(1-3), 210-211.

Az elmúlt évtizedben az elektronikus-orr műszerek technikai és kereskedelmi szempontból jelentős fejlődésen mentek keresztül, és ma már ipari igények kielégítésére használják őket.

Az elektronikus-orr berendezést azért fejlesztették ki, hogy utánozza az emberi szaglást¹³. Az elektronikus-orr rendszerek általában három fő részből állnak: mintaadagoló rendszer, érzékelő rendszer és analitikus rendszer. A mintaadagoló rendszer lehetővé teszi a minta fejterének (illékony szerves vegyületek, VOC) előállítását. Ezt követően a rendszer a fejtéri térből a gőzt befecskendezi az elektronikus orr detektáló rendszerébe. A mintaadagoló rendszer elengedhetetlen az állandó működési feltételek biztosításához. A detektáló rendszer, amely egy érzékelőtömbből áll, a műszer "reaktív" része. Az illékony szerves vegyületekkel érintkezve az érzékelők reagálnak, ami azt jelenti, hogy elektromos tulajdonságaik megváltoznak. A számítástechnikai rendszer az adatok rögzítésére, majd a szagok kemometriai módszereken alapuló jellemzéséhez használt jelmintázat létrehozására szolgál.

A legtöbb elektronikus-orrban az érzékelőtömb gyakran nem szelektív érzékelőkből áll, amelyek kölcsönhatásba lépnek az illékony molekulákkal, vagyis az érzékelőtömb minden érzékelője érzékeny az összes illékony molekulára, de mindegyik a maga sajátos módján. Az illékony molekulákra reagáló érzékelőtömbben az illékony vegyületek adszorpciója az érzékelő felületén az érzékelő fizikai változását okozza. Az elektronikus-orr rendszerekben leggyakrabban használt szenzorok közé tartoznak a fémoxid félvezetők (MOS), a fémoxid félvezető térhatású tranzisztorok (MOSFET), a szerves vezető polimerek (OCP), a kvarckristályos mikromérlegek (QCM), a kvarc mikromérlegek (QMB) és a felületi akusztikus hullámok (SAW)^{14,15}. Napjainkban több, kereskedelmi forgalomban kapható elektronikus orr eszköz jelent meg és számos területen alkalmazhatók.

2.5. Az elektronikus-orr alkalmazási területei

Az elektronikus-orrakat sikeresen alkalmazzák az orvostudomány, a gyógyszeripar, a kereskedelem, a kozmetikai ipar és a bűnüldözés területén, az élelmiszergyártási folyamatokban, valamint a mezőgazdaságban. Ez utóbbi esetben a fermentált takarmányok aromája egyik vizsgált terület. A fermentáció nem csupán a takarmány-alapanyagok tartósítását teszi lehetővé, hanem jelentős mértékben növeli takarmányozási értéküket is. Az elektronikus-orr technikát az elmúlt években sikeresen alkalmazták a mikrobiális fermentációs folyamatok monitorozására. Az utóbbi időben a tömegtakarmányok fermentációja mellett egyre több kutatás foglalkozik azzal, hogy a fermentált abrakanyagok milyen eredménnyel használhatók a gazdasági állatok takarmányozásában. A fermentált

13 Baldwin, E. A.-Bai, J.-Plotto, A.-Dea, S.: Electronic noses and tongues: applications for the food and pharmaceutical industries. *Sensors*. 2011/11:4744–4766.

14 Roeck, F.-Barsan N, Weimar, U.: Electronic nose: current status and future trends. *Chem. Rev.* 2008/108:705–725.

15 Oh, E.H.-Song, H.S. Park, T.H.: Recent advances in electronic and bioelectronic noses and their biomedical applications. *Enzym Microb Technol* 2011/48:427–437.

abrakkeverékekben a már régebb óta használt ipari melléktermékek (pl. CGF, DDGS) is megjelennek. A takarmány felvételt a takarmány aromája is befolyásolja, ezért vizsgálni szükséges, hogy ezen melléktermékek fermentált változata milyen illatanyagokat tartalmaz.

Ezért vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy a DDGS és CGF-tartalmú abrakkeverékek aroma profilja hogyan alakul különböző fermentálási módszerek mellett.

3. Anyag és módszer

3.1. Takarmányok beszerzése, fermentálandó alapanyagok

A vizsgálathoz szükséges takarmányok napraforgódara, búzadara, repcedara, DDGS és CGF beszerzése több takarmánygyártótól történt. A fermentációs alapanyagok keverési arányait az 1. táblázat mutatja be.

3.2. A kísérletek helyszíne

A modell fermentálási kísérleteket a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Élelmiszertudományi Tanszékén végeztük el. A modell fermentálást egy Solaris Jupiter 6.5” (4.5 l munkatérfogatú fermentorral, a paraméterek monitorozását a hozzákapcsolt Leonardovezérő program segítségével végeztük.

3.3. Előszaporítás és előkezelés

Az inokulum előállításához az RS-L Health (dr. Ferm) kultúrát, valamint a Lactiplantibacillus plantarum, és Pediococcus acidilactici fajokat 24 órán 37 °C-on steril vízzel felengedve (Dr. Ferm), illetve DeMan Rogosa-Shape (MRS) tápközegben előszaporítottuk.

Az alapanyagok pasztörözése során először a fermentálandó alapanyagok kimérését követően azokat kevés vízzel összefőztük. A hőkezelést folyamatos keverés mellett végeztük, a hőmérsékletét digitális hőmérővel folyamatosan ellenőriztük. A hőntartás 20 percig 50 ± 5 °C-on történt. Az előfőzést követően a végső térfogathoz szükséges vizet és a párolgási veszteséget (kb. 500-550 cm³) 5 ± 3 °C-os vízzel pótoltuk, mely visszahűtötte a keveréket 37 ± 1 °C hőmérsékletre. A visszahűtött szuszpenziót a fermentor reaktorába töltöttük és beállítottuk a hőmérsékletet 37 ± 1 °C-ra, a keverést pedig 700 ± 1 l/min-re. A fermentálást 24 órán keresztül végeztük egy Solaris Jupiter 6.5 L munkatérfogatú fermentor rendszerben. A fermentum pH változását a reaktorhoz csatlakoztatott szondával a többi paraméterrel együtt 20 percenként regisztráltuk a Leonardo szoftverben.

A fermentumból a folyamat végén az elektronikus-orr vizsgálatához 100 cm³ mintát vettünk és lefagyasztottuk.

	Összetétel	Mennyiség
RSL-víz- DDGS	Napraforgó	135 g
	Búza	135 g
	Repce	135 g
	DDGS	135 g
	RSL Health (Dr Ferm) inokulum	
	Víz	1620 ml
LP-PA- víz-DDGS	Napraforgó	135 g
	Búza	135 g
	Repce	135 g
	DDGS	135 g
	Lactiplantibacillus Plantarum, Pediococcus acidilactici inokulum	
	Víz	1620 ml
DDGS- tejsavó	Napraforgó	135 g
	Búza	135 g
	Repce	135 g
	DDGS	135 g
	Tejsavó	1620 ml
RSL-víz- CGF	Napraforgó	135 g
	Búza	135 g
	Repce	135 g
	CGF	135 g
	RSL Health (Dr Ferm) inokulum	
	Víz	1620 ml
CGF- tejsavó	Napraforgó	135 g
	Búza	135 g

	Repce	135 g
	CGF	135 g
	Tejsavó	1620 ml

1. táblázat: A különböző kezelések paramétereit

3.4. A takarmányminták vizsgálata elektronikus orral

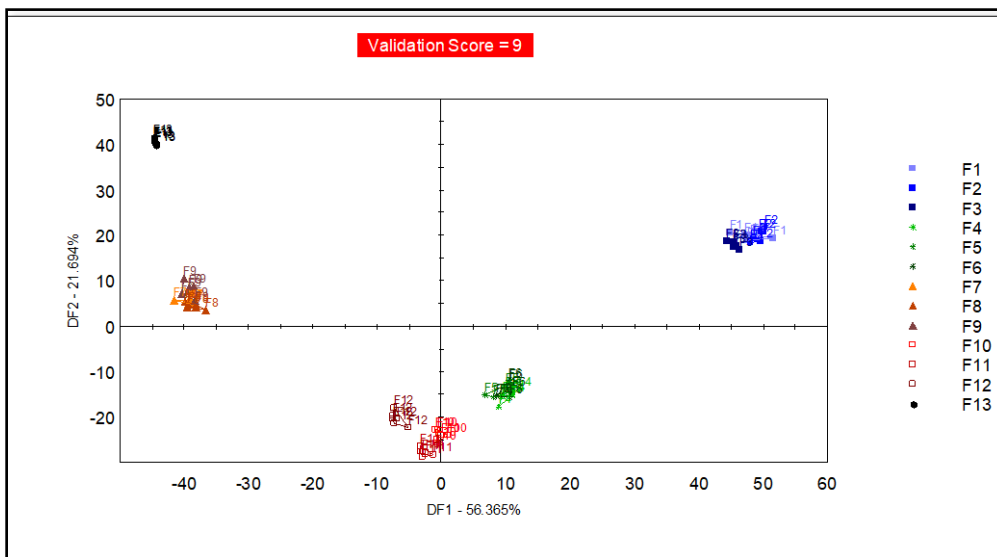
A mintákat komplex szemléletű műszeres érzékszervi vizsgálatoknak vetettük alá. A mérésekhez Alpha MOS Heracles Neo-nose (Alpha M.O.S., Toulouse, Franciaország) berendezést használtunk. A műszer három fő egységből áll: egy automata mintakezelőből, amely a mintavételt végzi, egy elektronikus egységből, ami tartalmazza a szenzorokat és a harmadik egység, a vezérlő softvert futtató számítógép háttértárolójára tölti. A mérés során a műszer szenzoronként méri a minta okozta ellenállás-változást, majd megadja a relatív ellenállás-változást, ami az alapvonal ellenállástól való eltérés és az alapvonal ellenállás hányadosa. A 4 grammos mintákat 20 ml-es zárt üvegekbe mértük, majd mintavételi teflonkupakkal lezártuk. Az elektronikus orr a mintákat mérés előtt 50 °C-on 5 percig inkubálta, majd a gőzmintát a műszer szenzorterébe injektálja.

4. Eredmények és értékelésük

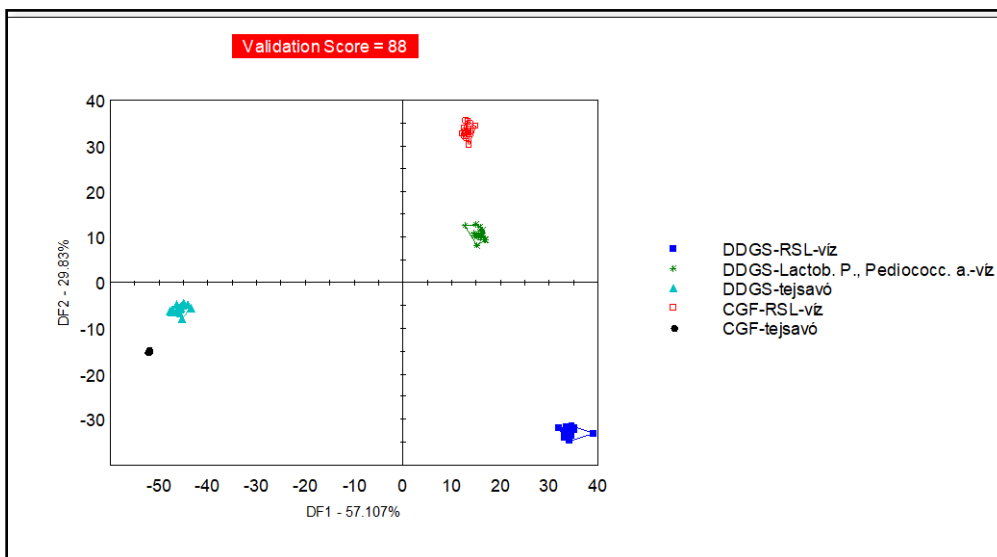
Az elektronikus-orrallal végzett elemzés eredményeinek értékelése még nem teljes. De az előzetes adatok alapján (2. ábra) látható, hogy az azonos összetételű, de különböző inkolummal fermentált keverékek illatanyagai jól elkülönülnek egymástól. A DDGS-tartalmú fermentált keverékek (RSL-víz-DDGS, LP-PA-víz-DDGS, DDGS-tejsavó) esetében a 3 ismétlés adatai szinte teljesen egybe esnek az illatanyagok tekintetében. Ugyanakkor az RSL-víz-CGF keveréknél van eltérés a vizsgált minták (F10, F11, F12) között. Ezenkívül, megállapítható, hogy az összetételben és az alkalmazott inokulumban teljesen különböző LP-PA-víz-DDGS és RSL-víz-CGF illatanyagai állnak legközelebb egymáshoz. Ezt megerősíti az aromaprofil alapján történő elemzés eredménye is (3. ábra). Megfigyeltük azt is, hogy az RSL inokulum használata a DDGS vagy CGF alapú keverékekben jelentősen eltérő aromaprofil mutatót (3. ábra). Vagyis a keverék összetétele befolyásolta az aromaprofil alakulását. Ezzel szemben a tejsavó használatakor ennek ellenkezője figyelhető meg, mivel a DDGS és CGF alapú keverékek aromaprofilja közel esik egymáshoz. Így valószínűsíthető, hogy a tejsavó erősebben hatott az aromaprofilra, mint a keverék összetétele.

Az is említésre méltó, hogy az RSL-el oltott DDGS-tartalmú keverék aromaprofilja jelentősen eltér a másik 4 kezeléstől (3. ábra).

Az előzetes eredmények arra ösztönöznek bennünket, hogy a vizsgált kezelésekért értékeljük, hogy milyen arányban befolyásolja a keverék összetétele, illetve az alkalmazott közeg (víz+ baktérium kultúra vs. tejsavó) a fermentált takarmányok aromáját. Ezt egy későbbi tanulmányban fogjuk bemutatni.



2. ábra: Takarmánykeverékek elkülönítése illatanyagok alapján



3. ábra: Takarmánykeverékek aromaprofil szerinti elrendeződése

5. Következtetések és javaslatok

Az eddig elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a fermentálás közege és a keverék összetétele is hatással van a fermentált abraktakarmány keverékek aromájának alakulására. A további értékelés feladata, hogy megállapítsa, hogy mitől függ, hogy a kétféle hatás milyen mértékben befolyásolja az illatanyagok alakulását.

Felhasznált irodalom

- Baldwin, E. A.-Bai, J.-Plotto, A.-Dea, S.: Electronic noses and tongues: applications for the food and pharmaceutical industries. *Sensors*. 2011/11:4744–4766.
- Buck, T. M., Allen, F. G.-Dalton, J. V.: *Detection of chemical species by surface effects on metals and semiconductors*. 1965. Murray Hill, NJ, USA: Bell Telephone Laboratories.
- Dravnieks, A.-Trotter, P. J.: Polar vapour detector based on thermal modulation of contact potential. *Journal of Scientific Instruments*, 1965/42(8), 624.
- Gardner, J. W.-Bartlett, P. N.: A brief history of electronic noses. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 1994/18(1-3), 210-211.
- Hogewind, F.-Zwaardemaker, H.: On spray-electricity and waterfall-electricity. *Knaw. Proc*, 1920. 22, 429-437.
- Ikegami, A., & Kaneyasu, M. (1985). Olfactory detection using integrated sensors. *Digest of Technical Papers, Transducers*, 1982/85, 136-139.
- Jiang ,H.-Chen, Q.S.- Liu, G.H.: Monitoring of solid-state fermentation of protein feed by electronic nose and chemometric analysis. *Process Biochem*. 2014/49:583–588.
- Manguela, P.-Merlo, E.: Chemical senses: taste and smell. *Introduction to Biological Psychology*.2023.
- Moncrieff, R. W.: An instrument for measuring and classifying odors. *Journal of applied physiology*, 1961/16(4), 742-749.
- Oh, E.H.-Song, H.S. Park, T.H.: Recent advances in electronic and bioelectronic noses and their biomedical applications. *Enzym Microb Technol* 2011/48:427–437.
- Persaud, K.-Dodd, G.:Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. *Nature*, 299(5881), 352-355.
- Roeck, F.-Barsan N, Weimar, U.: Electronic nose: current status and future trends. *Chem. Rev.* 2008/108:705–725.
- ¹ Sell, C. S.: *Chemistry and the Sense of Smell*. 2014. John Wiley & Sons.
- Singhanian, R.R.-Sukumaran. R.K.-Patel, A.K.-Larroche, C.-Pandey, A.: Advancement and comparative profiles in the production technologies using solid-state and submerged fermentation for microbial cellulases. *Enzym Microb Technol* 2010/46:541–549.

- Wilson, A. D.-Baietto, M.: Applications and advances in electronic-nose technologies. *sensors*, 9(7), 5099-5148.

A termékfelelősségi szabályozás fenntarthatóságának kérdései – A fejlesztési kockázat joggazdaságtani elemzése

1. Bevezető gondolatok

Kutatásom keretében a termékfelelősség jogintézményének gazdasági szempontú felülvizsgálatára vállalkoztam. A választott módszer alkalmazásával elvégzett elemzés eredményeképpen elkészült kutatási anyag, hiánypótló jelleggel hathat a termékfelelősség intézményét vizsgáló tudományos közeg számára. A kutatási módszer speciális jellegét az adja, hogy egyrészt, interdiszciplináris jelleggel építkezik a közgazdaságtudomány és a jogtudomány fogalom és eszköztudományából, másrészt ezt az interdiszciplináris megközelítési módot ötvöző, célirányos hazai elemzés, kifejezetten a termékfelelősséget idáig még nem tűzte a céltáblájára. Annak érdekében, hogy a termékfelelősség gazdasági fenntarthatósága a teljesség igényével elvégzésre kerülhessen, szükséges egy megfelelő fogalmi alapvetés léte. Figyelemmel a terjedelmi korlátokra, a kártérítési jog joggazdaságtan rendszerében való elhelyezésére jelen tanulmány során nem vállalkozom, inkább a joggazdaságtani megközelítési módot, mint a kutatás módszertanaként választott metódust kívánom felvillantás jelleggel bemutatni.

2. A kutatás tárgyköre

Mind az Irányelv, mind annak nyomán a Ptk. számos esetben biztosítja a gyártó számára, hogy mentesülni tudjon a termékfelelősség kárkötelemből. Kutatásom célja a mentesülési esetkörök közül, a leginkább neuralgikusnak tekinthető, a dogmatika által széles körben csak fejlesztési kockázatként hivatkozott mentesülési ok. Az Irányelv 7. cikk e) pontja értelmében a gyártó mentesül a termékfelelősségi kárigényérvényesítés alól, ha bizonyítja, hogy a termék általa történő forgalomba hozatalának időpontjában a hiba a tudomány és technika állása szerint nem volt felismerhető. A Ptk. szó szerint vette át e szabályt a gyártói felelősség alóli mentesülés körében amikor a 6:555. § (1) bekezdés d) pontjában a tárgyalt mentesülési esetkört rögzíti. A szabályozás mögött meghúzódó jogpolitikai célt, egyúttal a szabályozás indokoltságát az adja, hogyha a fejlesztés kockázatát egy az egyben a gyártóra telepítené a jogalkotó (tehát nem lenne mentesülési esetkörként szabályozva), akkor a gyártók voltaképpen ellenérdekeltté válnának az innovációban, termékfejlesztésben. A gyártók felelőssé tétele, a tudomány és technika állása szerint fel nem ismerhető termékhibák miatt bekövetkezett károkért is, olyan mértékben nehezíthetné el a gyártói oldal helyzetét, hogy a potenciális kárigények és ezek költségvonzata a termékfejlesztés gazdaságosságát is alááshatná.

¹ Állam- és Jogtudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Keserű Barna Arnold, tanszékvezető egyetemi docens, Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Polgári Jogi és Polgári Eljárásjogi Tanszék

A fejlesztési kockázat teljes egészében gyártói oldalon tartásával lényegében nem érné meg gazdaságosan, újabbnál-újabb termékek fejlesztésébe fogni, ugyanis minden egyes termék magában foglalhatná a potenciális (kár)igényérvényesítés lehetőségét. Ha a tárgyalt mentesülési ok hiányában, a gyártók minden esetben marasztalásra kerülnének a bíróságok által, akkor a potenciálisan felmerülhető kártérítési költségvonzat és az ezzel elért túlzott mértékű preventív hatás alkalmas lehet arra, hogy a gyártók termelésének gazdasági hatékonyságát alapjaiban rendezze át. E jellegzetességeiből adódóan a fejlesztési kockázat telepítésének dilemmája jóval több egy pusztán jogpolitikai és kizárólagosan a jogtudomány terenumába tartozó kérdésnél. A fejlesztési kockázat gyártói vagy éppen károsult oldalra telepítése, nem pusztán jogi és jogalkotói, hanem gazdasági hatékonyságot is érintő gazdaságtani kérdés. Önmagában a mentesülési esetkör joggazdaságtani vizsgálata nem elképzelhető a konkrét felelősségi alakzat egészének gazdasági szempontú elemzése nélkül. Kutatásom célja a fejlesztési kockázatra vonatkozó szabályozás gazdasági hatásosságának felülvizsgálata mellett, a termékfelelősség, mint szigorú objektív deliktualis felelősségi alakzat átfogó, joggazdaságtani megközelítésű elemzése. A gazdaságtudomány és a jogtudomány számos területen kapcsolódott már egymáshoz, ugyanakkor kifejezetten a kártérítési jog közgazdaságtani szempontú elemzése viszonylag újkeletű megközelítési módnak tekinthető, ezért is lehet célszerű a választott kutatási módszer, egyúttal hathat innovatív jelleggel. Az Irányelv megalkotása mögött meghúzódó, jogpolitikai célok mellett, a fenntarthatósági vizsgálatot célszerűnek tartom kiterjeszteni a gazdasági hatékonyság kérdéskörére is. Az elemzés elsődleges célja, hogy annak keretében elvégezzem a termékfelelősség elsősorban gazdaságossági fenntarthatóságának vizsgálatát a joggazdaságtan tudományágának segítségül hívásával. A felelősségi alakzat általános gazdasági hatékonyságának, hatásosságának vizsgálata mellett kiemelt figyelmet szentelek a fejlesztési kockázat, mint mentesülési esetkör joggazdaságtani elemzésére.

3. A kutatás módszertana

A jogi szabályozás hatékonyságának a közgazdaságtan módszereivel történő analízisa egy viszonylag újabb, de annál fontosabb területét képezi a tudományos gondolkodásnak. Kezdetben a jogtudomány inkább csak szűkebb körben alkalmazta a közgazdaságtudomány fogalmait, vizsgálati módszereit, majd körülbelül az 1960-as évektől kezdődően alapjaiban változott meg a két tudományterület egymással kapcsolatos, kezdetben inkább csak korlátozott kölcsönhatása. A joggazdaságtani megközelítés és az ez irányú tudományos gondolkodás felvirágzása Ronald H. Coase és Guido Calabresi tanulmányaihoz köthető, amely tanulmányok a joggazdaságtan alapvető fundamentumaiként tarthatóak számon. Ha a joggazdaságtan nyugati fellendülése mellett rátekintünk a tudományterület európai és elsősorban hazai helyzetére, akkor azt a megállapítást tehetjük, hogy viszonylag kevesebb szerző foglalkozik csak behatóan e területtel. Ez egyrészt a kontinentális jogrendszert alkalmazó és a common law berendezkedésű államok különbözőségéből, másrészt a common law államainak egyetemi képzési

struktúrájából adódhat, ahol az oktatásban is hangsúlyosabb szerepet kap a joggazdaságtani megközelítés. A hazai korai szakirodalmat áttekintve Harmathy Attila és Sajó András tanulmánykötete emelendő ki, továbbá a nemzetközi, ugyanakkor magyar fordításban is elérhető alaptételként kezelendő, Robert Cooter – Thomas Ulen szerzőpáros neve által fémjelzett tankönyv az ami feltétlenül említést érdemel. A frissebb hazai irodalmat vizsgálva megállapítható, hogy Cserne Péter áttekintő kötete, továbbá Szalai Ákos a magyar szerződési jog gazdasági elemzésével foglalkozó hiánypótló kötete szolgálhat a joggazdaságtannal való hazai tudományos gondolkodás kiindulópontjaként.

Amikor a joggazdaságtan vagy a jog gazdasági elemzésének definícióját próbáljuk megadni, akkor elsődlegesen abból a tételből érdemes kiindulni, hogy egy interdiszciplináris, két tárgyterületet, nevesítve a jog és a gazdaság, továbbá két egymástól eltérő, ugyanakkor számos tekintetben kölcsönhatásban lévő diszciplínát a jogtudomány és a közgazdaságtan tárgykörét felölő tudományterülettel állunk szemben. A jog közgazdasági megközelítése azt feltételezi, hogy a racionális egyének a jogi szankciókat (legyen szó akár a közjog, akár a magánjog területére tartozó, bármilyen szankcióról például kártérítésről vagy éppen szabadságvesztés büntetésről) bizonyos magatartásformák implicit árának tekintik, és ebből adódóan szükséges a különböző magatartásformák implicit árait olyan módon meghatározni, hogy azok a racionális egyének, azaz a társadalom tagjainak viselkedését a kívánatos irányba tereljék. Miért lehet kívánatos a közgazdaságtan tudományának alkalmazása egy jogtudományi kérdéskört érintő, jogi szempontú kutatás esetében? E kérdésre a válasz leginkább abban ragadható meg, hogy a közgazdaságtan tudományos elméletet kínált arra, hogy a jogi szankciók hogyan s miként befolyásolják a társadalom tagjainak viselkedését. Közgazdaságtani szempontból a szankciókra úgy tekinthetünk mint az árakra, ebből adódóan pedig az emberek nagy valószínűséggel olyan módon vagy hasonlóan reagálnak, reagálhatnak a szankciókra mint az árakra is.

A közgazdaságtan költségszemponitű megközelítési módja kiemelt jelentőséggel bír egy olyan felelősségi alakzatnál, amely úgy próbálja meg elosztani a potenciális károkozók (gyártók) és potenciális károsultak (leggyakrabban, de nem kizárólagosan a fogyasztók) között a felelősséget, hogy a kártérítés funkcióinak érvényesülést nem lehetetleníti el, de eközben pedig a gazdasági, gazdaságossági hatékonyság határain belül is próbál maradni. Egy profitmaximalizáló, tájékozott gyártó tisztában van azzal a körülménnyel, hogy termékei időnként kárt okozhatnak. A joggazdaságtan viszonylatában annak mértéke, hogy egy gyártó mennyire ügyel a termékeinek biztonságosságára lényegében kétféle költségtől függ. Egyrészt ide tartoznak a tervezési, gyártási folyamat, valamint a fogyasztóknak szánt tájékoztatással kapcsolatos költségek, azaz összességében a termékbiztonságra fordítandó tényleges költségek, másrészt a termékkárosultaknak okozott károk implicit költségei. Ebben a relációban a gyártói felelősség voltaképpen nem más mint a másoknak okozott kár szankciója, amelynek meghatározásához és gazdasági hatásainak méréséhez, megértéséhez a jogtudomány keretrendszere önmagában nem elegendő. A vizsgálati módszert szükséges tágítani és célszerű a közgazdaságtan fogalom és eszközrendszerét felvenni a repertoárba.

A jog gazdasági elemzése vagy más néven joggazdaságtan esetében fontos hangsúlyozni, hogy nem alkot önálló jogterületet, hanem egy, a jog társadalmi hatásain keresztül történő megértési módszerről van szó, amely a közgazdaságtanból kölcsönzött fogalmak és elméletek segítségével operál. Alkalmazási köre ebből adódóan sokkal szélesebb, mint a gazdasági jogé és jellegadó ismerveinél fogva a jog minden ágára kiterjed, kiterjedhet. E tudományos módszer két fő elemzési módszert alkalmaz, a pozitív és normatív elemzését. A pozitív elemzés a jogi szankciók viselkedésre gyakorolt következményeit magyarázza és úgy vizsgálja a jogot, ahogy van, annak megváltoztatására irányuló törekvések nélkül, arra összpontosítva, hogy az hogyan képes befolyásolni a társadalom tagjainak viselkedését. Ezért is mondhatjuk azt, hogy e megközelítési mód ex ante szemléletű, azaz az egyes bírósági döntések, jogszabályok jövőbeli ösztönző hatásaira helyezi a hangsúlyt, felméri az egyes jogintézmények várható hatásait. Ellentétben a pozitív elemzéssel, a normatív elemzés azt a kérdést teszi fel, hogyan lehetne a jogszabályt úgy javítani, hogy jobban elérje a hatékonyság célját. Ez a fajta elemzés azon a feltételezésen alapul, hogy a hatékonyság olyan cél, amelyet a jognak tükröznie kell, abban az esetben pedig, ha a jogszabályok ennek nem tesznek eleget, akkor meg kell változtatni a hatékonyság ellen ható jogi szabályozást. A normatív elemzés kiindulópontját a Pareto-hatékonyság képezi.

A pozitív és normatív megközelítési módok tekintetében is irányadó, a joggazdaságtani elemzés egészének kiinduló tétele a racionális döntések elmélete. Az elmélet nem csak a jogászok, hanem a jogtudomány számára is kifejezetten releváns, hiszen a jogtudományi kutatás, de egyúttal a társadalomtudománnyal összefüggő, közpolitikai és jogi döntések termékeny módszertani paradigmájaként is szolgálhat. A jog gazdasági elemzése, Cserne Péter meghatározását alapul véve, a racionális döntések elméletének rendelkezésre álló módszereinek és eszközrendszerének az alkalmazását jelenti a jog intézményeinek elemzésében. A gazdasági elemzés középpontjában az egyén döntése áll, amely a szűkösen rendelkezésre álló, alternatív célokra felhasználható javak közötti racionális választásként jelentkezik. A racionális döntések elméletének ez az értelmezése teszi lehetővé, hogy a közgazdaságtani elemzés tartalmi eszközeit ne csak kifejezetten gazdasági jelenségekre, hanem egyéb tudományterületekre, így a jogtudományra is alkalmazni lehessen.

4. Záró gondolatok

Amikor a jog gazdasági elemzését, joggazdaságtant mint fogalmat említem, akkor e fogalmak alatt következetesen azt a fentiekben taglalt tudományos módszert értem, amely elsődlegesen az Egyesült Államokban, hatványozottan az 1960-as évektől kezdődően indult felvirágzásnak és határozza meg napjainkban is a jog gazdaságossági szempontú elemzésének, legfontosabb interdiszciplináris jellegű, tudományos keretrendszerét.

Említett jellegzetességeiből adódóan pedig alighanem a legkézenfekvőbb, egyúttal leghatékonyabb vizsgálati módként kínálkozik, egy olyan gazdasági

megfontolások által áthatott és vezérelt szabályozás, mint a fejlesztési kockázat telepítés dilemmájának vizsgálatára.

Felhasznált irodalom

- CSERNE PÉTER: Közgazdaságtan és jogfilozófia, 2015, Gondolat Kiadó, Budapest.
- GUIDO, CALABRESI: Some Thoughts on Risk Distribution and the Law of Torts, in: The Yale Law Journal, Vol. 70, No. 4 (Mar., 1961), 499-553. o.
- JEREMY, BENTHAM: An Introduction to the Principles of Morals and Legislation, 2000, Batoche Books, Kitchener, eredeti kiadás 1781.
- JOHN R., COMMONS: Law and Economics, in: The Yale Law Journal, Vol. 34, No. 4 (Feb., 1925), 371-382. o.
- LOUIS KAPLOW – STEVEN SHAVELL: Economic Analysis of Law, Harvard Law School, John M. Olin Center for Law, Economics and Business, Discussion Paper No. 251
- MACKAAY, EIAN: Law and Economics for Civil Law Systems, 2013, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- POKOL BÉLA: A jog gazdasági elmélete. In: Acta Universitatis Szegediensis : acta juridica et politica, (43) 1-4., 1993, 397-403. o.
- RICHARD A., POSNER: Economic analysis of law, 2014, Wolters Kluwer Law & Business, New York.
- ROBERT COOTER – ULEN THOMAS: Jog és közgazdaságtan, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2005, Budapest.
- ROBERT COOTER – ULEN THOMAS: Law and Economics, 6th edition, 2016, Berkeley Law Books. Book 2.
- RONALD H., COASE: The Problem of Social Cost, in: The Journal of Law & Economics, Vol. III., October, 1960, 1-44. o.
- SAJÓ ANDRÁS – PÉTERVÁRI KINGA: Law & Economics in Hungary. In: Bouckaert, B., De Geest, G. (edt) Bibliography of Law and Economics, 1992, Springer, Dordrecht.
- SAMUELSON, PAUL A.–NORDHAUS, WILLIAM D.: Közgazdaságtan, Akadémiai Kiadó, 2012, Budapest.
- SAJÓ ANDRÁS – HARMATHY ATTILA: A jog gazdasági elemzése, 1984, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- SZALAI ÁKOS: A magyar szerződési jog gazdasági elemzése, L'Harmattan Kiadó, 2013, Budapest.
- THOMAS J. MICELI: Contemporary Issues in Law and Economics, Routledge, 2018, London.
- THOMAS J. MICELI: The economic approach to law, 2004, Stanford University Press Stanford, California.

Jogforrások

- 2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről.
- 85/374/EGK A Tanács irányelve a hibás termékekért való felelősségre vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről (1985. július 25.).

A dinamikusan optimalizált raktári termékelhelyezés okozta hatások vizsgálata a háttértári betárolásokra vonatkozóan

Absztrakt

A kutatás során a dinamikusan optimalizált raktári termékelhelyezés hatásai kerültek megvizsgálásra, különös tekintettel a háttértári betárolásokra. Ezt a területet korábban kevésbé tárgyalták, annak ellenére, hogy a raktári termékelhelyezés jelentős hatást gyakorol a kigyűjtési feladatokra és a személyzet közlekedésére a raktárban. A kutatási program célja, hogy feltárja az optimalizált termékelhelyezés változásainak hatásait a háttértári műveletekre.

1. Bevezetés

A szakirodalom és számos kutatás foglalkozik raktári környezetben a termékelhelyezés témakörével. A raktározás során a termékelhelyezés figyelembevétele kulcsfontosságú, mert ez közvetlenül befolyásolja a raktári folyamatokat. Az optimalizált termékelhelyezés lehetővé teszi a rövidebb kigyűjtési útvonalak kialakítását, ami csökkenti a raktári dolgozók által megtett távolságot és az ezzel járó időt. Ezáltal a raktári műveletek gyorsabbá és hatékonyabbá válnak, ami jelentős költségmegtakarítást eredményezhet. A jól megtervezett termékelhelyezés növeli a raktár teljesítményét, miközben optimalizálja a munkaerő kihasználtságát és minimalizálja a működési költségeket. A szakirodalom és számos kutatás foglalkozik raktári környezetben a termékelhelyezés témakörével, különféle optimalizálási módszerek vizsgálatával vizsgálják a termékek ideális elhelyezésének lehetőségeit. Ezen kutatások azonban kevés szót ejtenek az ideális, vagy közel ideális termékelhelyezés szinten tartásáról, illetve a háttértári folyamatokról, melyek a kommissiózási pozíciók utántöltését szolgálják ki. Ezen belül különösen fontosnak bizonyult a kommissiózási tárhelyek felett lévő háttértárakra gyakorolt hatások megértése, mely terület eddig alulvizsgált volt a szakirodalomban. A kutatás célja, hogy meghatározásra kerüljön, milyen változások következnek be, milyen hatást gyakorolnak a termékelhelyezés optimalizálásának hatására a háttértári operációkban, mint például a betárolási folyamatokra és az általános raktári működésre. A kutatási rés dedikálását követően a projekt részeként lehatárolásra került a kutatási terület, majd előkészítésre kerülnek az empirikus kutatáshoz kapcsolódó feltételek és adatok.

A kutatás első szakaszában a szakirodalmi áttekintés, a kutatási terület lehatárolása és a kutatási kérdések kerültek megfogalmazásra, az empirikus kutatáshoz kapcsolódóan az elvi esettanulmány meghatározásra került, illetve a szükséges adathalmaz és folyamatok, valamint a szimulációs vizsgálathoz szükséges

¹ Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola. Témavezető: Dr. Bódis Tamás, egyetemi adjunktus, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Logisztikai és Szállítmányozási Tanszék

szimulációs környezet előkészítése is megvalósult. A kutatás második szakaszában végrehajtásra kerül az empirikus kutatás a szimulációs környezetben.

2. A kutatási terület lehatárolása

A kutatási terület lehatárolása során különböző raktári működési típusok kerültek összehasonlításra, hogy megértsük azok jellemzőit és hatásait a termékelhelyezésre. Különösen a kereskedelmi raktárak kerültek figyelembe, mivel ezekben a raktárakban a termékportfólió gyakori változása miatt rendszeresen szükség van a termékelhelyezés újra tervezésére, optimalizálására. Ez a gyors változás kihívásokat jelent a raktárkezelésben, mivel a termékek gyakori cseréje, illetve a változó igények megköveteli az elhelyezési stratégiák folyamatos felülvizsgálatát. A tárolási típusok közül a statikus állványos tárolást választottuk, mivel ez a megoldás bizonyult a legalkalmasabbnak a kereskedelmi termékek kis tételű kommissiózásához. Az állványos tárolás lehetővé teszi a termékek áttekinthető és hozzáférhető elrendezését, ami létfontosságú a gyors kommissiózási folyamatokhoz. Az ilyen típusú tárolás előnye, hogy a termékek könnyen azonosíthatók és elérhetők, ami csökkenti a kigyűjtési időt és növeli a raktár hatékonyságát. A statikus állványos tárolás hatékonyságának elemzése fontos adatokat szolgáltatott arról, hogy mely stratégiák alkalmazhatók a legjobban a gyorsan változó termékportfólió kezelésére. Ezen kívül a kutatás során olyan paramétereket is figyelembe vettünk, mint a raktárban rendelkezésre álló tér és a termékek fizikai jellemzői.

Megelőző kutatás során megvizsgálásra került a termékelhelyezés komplexitása. A termékelhelyezési komplexitás alapvető problémát jelent a raktározásban, amit a gyorsan változó igények és trendek tovább bonyolítanak, hiszen ezek hatására a termékek kigyűjtési gyakorisága is dinamikusan változik. Iparági tapasztalatok alapján megvizsgálásra kerültek a kereskedelmi raktárakban előforduló tárolási eseteket, ahol két fő kategória került meghatározásra: egy adott termék csak egy tárolóhelyen található meg, illetve egy adott termék több tárolóhelyen is megtalálható, így a terméktípusok (I) száma megegyezik, vagy eltér az elhelyezésre szánt egységek (UL) számától. További kombinációk is megjelennek ezeken a kategóriákon belül, mint például egy vagy több terméktípus (c) elhelyezése egyetlen kommissiózási pozíción, vagy a kommissiózási pozíciók (P) száma megegyezik, vagy eltér az elhelyezendő egységek (UL) számától.

$$\frac{I!}{(c!)^P} \quad (1)$$

A komplexitás az 1. képlet alapján határozható meg, mely egy adott környezetet vizsgálva megadja a lehetséges termékelhelyezés variációinak a számát. A vizsgált kutatások is meghatározták, hogy a termékelhelyezés problémája kombinatorikus probléma és különböző algoritmusokat alkalmaznak a komplexitásból adódóan.

A vizsgált kutatások során témában az alábbiak szerint vizsgálták a termékelhelyezés optimalizálását:

- teljes tárolási terület figyelembevételével az összes termékkel és elhelyezett egységgel
- a kommissiózási tárhelyek figyelembevételével

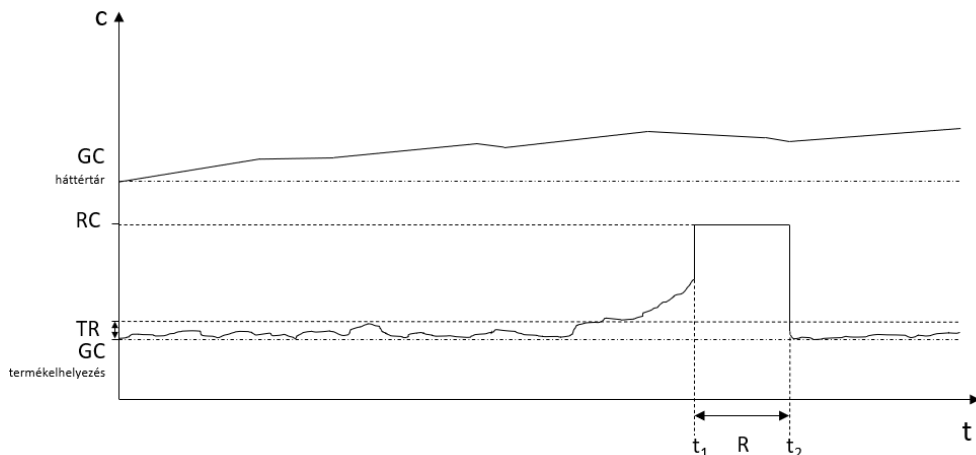
A vizsgálatok az adott környezet, adott esettanulmány alapján a termék típusok és a tárolási módszerek alapján a komplexitástól függően lehatároltak.

3. Kutatási kérdések

Jelen kutatás során az a célkitűzés, hogy megvizsgálásra kerüljön, hogy milyen hatással van a rendszeresen optimalizált termékelhelyezés a háttértári műveletekre. Háttértári műveletek alatt a kommissiózási tárhelyek felett lévő háttértárba történő betárolás és az onnan kommissiózási tárhelyre történő utántöltést értjük. A vizsgálat során az alábbi kérdésekre keresem a választ:

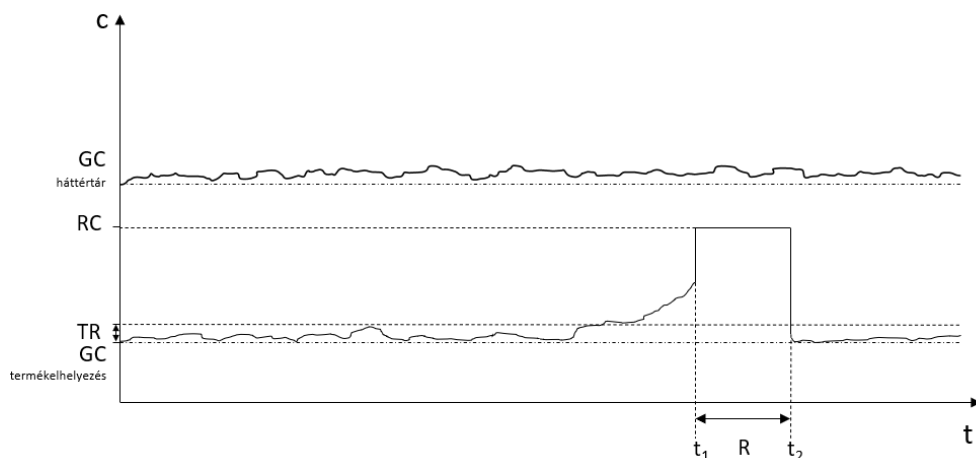
- Mennyire növekszik vagy csökken a távolság a kommissiózási tárhelyek és a háttértár között a termékelhelyezés optimalizálása után?
- Milyen hatással van a dinamikusan optimalizált termékelhelyezés az utántöltési folyamatok idejére?
- Milyen módszerekkel és milyen mértékben szükséges a háttértárnak alkalmazkodnia a dinamikusan változó termékelhelyezéshez?
 - háttértári termékelhelyezés kiosztásának újra tervezése
 - kommissiózási tárhelyhez való közelebbi tárolás a betárolási folyamat során
- Mikor indokolt és mikor nem javasolt a háttértár adaptációja a termékelhelyezés változásaihoz képest?

A vizsgálatok megkezdésekor az alábbi feltételezések fogalmazódtak meg. Két opció került megvizsgálásra előzetesen és ismertetésre. Az 1. ábrán az idő és a költség függvényében látható, hogy a termékelhelyezés általános költsége (GC) egy tolerancia sávon (TR) belül ingadozik, abban az esetben, ha dinamikusan történik a kommissiózási lokációk termékelhelyezésének fenntartása, utántöltési feladatokkal, illetve minimális áttárolási feladatokkal. t_1 és t_2 időpontban történik a szükséges nagyobb áttárolási feladat (R) végrehajtása, melynek vonzata egy áttárolási költség (RC). Az ábra felső felén látható a háttértár általános költsége, melybe beletartoznak a betárolási, kitárolási és fizikai tárolási folyamatok költsége. Feltételezés, hogy amennyiben a kommissiózási termékelhelyezés dinamikusan fenntartott, de a háttértárban nem történik változás, a meglévő folyamatok alapján történik a készletek pótlása és betárolása, abban az esetben a háttértári költségek növekednek.



15. ábra Háttértári és komissiózási tárhely termékelhelyezési költségek változása az idő függvényében, lekötetés nélkül

Második esetben, mely a 2. ábrán kerül szemléltetésre, az a feltételezés alapján, hogy a háttértár is leköveti a komissiózási termékelhelyezés változásokat, a költségek ingadoznak, de kisebb kilengéssel és az általános költség szint közelében maradnak. A folyamat feltétele, hogy a háttértár utántöltése úgy valósul meg, hogy figyelembe veszi a komissiózási termékelhelyezést és a komissiózási lokációk közelében tölti fel a háttértári lokációt. Amennyiben áttárolás is megvalósulna, mely nem minden esetben lehet indokolt nagy készlet esetén, akkor a háttértári általános költségek tovább növekedhetnek.



16. ábra Háttértári és komissiózási tárhely termékelhelyezési költségek változása az idő függvényében, lekötéssel

4. Empirikus kutatás előkészítése

Az empirikus kutatás előkészítése során több lépésben kerültek meghatározásra a szükséges elemek és módszerek.

4.1. Elvi esettanulmány

Elsőként egy elvi esettanulmány került megfogalmazásra, amely egy valós raktári kialakítást foglal magába. A tárolási módszer statikus állványos megoldás. Ennek a módszernek a keretében 300 kommissiózási lokációt került meghatározásra, melyek padló szinten helyezkednek el és innen történik a rendelések kigyűjtése. A kommissiózási lokációk felett három szinten helyezkedik el a háttértár. Szintenként 300 lokáció, így a kommissiózási lokációkon felül 900 lokációt áll rendelkezésre. A kommissiózási területen 10% puffer, a háttértárban 20% puffer áll rendelkezésre. Ezekre a lokációkon nem történik állandóan tárolás, azt a célt szolgálják, hogy a készlet ingadozásokat kezelni tudja a raktár.

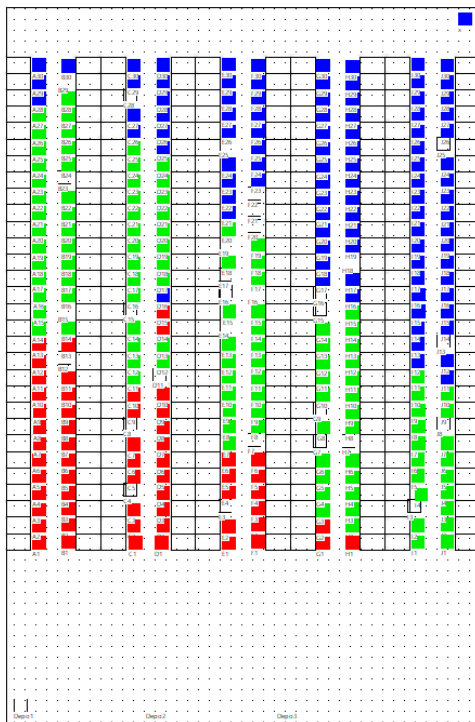
A háttértárban egy lokáción egy féle termék tárolását engedjük meg, viszont ugyan az a termék több lokáción is szerepelhet.

4.2. Adatok és folyamatok

A kutatás során használatos adathalmazok és folyamatok is előkészültek. Ez a feladat magában foglalta a szükséges adatok meghatározását és az adatok strukturálását a szimulációkhoz és az elemzésekhez. Az adatok előkészítése kulcsfontosságú a pontos és megbízható kutatási eredmények eléréséhez.

4.3. Szimulációs környezet

A szimulációs vizsgálat a Plant Simulation programban történik majd, melyhez szükséges volt a megfelelő szimulációs környezetet előkészítése, amely lehetővé teszi a raktári folyamatok virtuális modellezését és tesztelését. A 3. ábrán a modellben elhelyezett elvi esettanulmányhoz kapcsolódó layout látható. Az ábrán egy ideálisan elrendezett termékelhelyezés képe rajzolódik ki padló szinten, azaz a kommissiózási tárhelyeken. Ez lesz a vizsgálatához kapcsolódó kiindulási állapot. A program segítségével megvizsgálható a kommissiózási tárhely és a háttértár eltérése.



17. ábra Ideális kiindulási állapot termékelhelyezésre a szimulációs környezetben

5. Empirikus kutatás végrehajtása

Az empirikus kutatás előkészítési szakasza sikeresen lezárult, és a vizsgálatok jelenleg is folyamatban vannak. Mivel a kutatási adatok elemzése, szimulációs modell építése és a modellértékelés még nem fejeződött be, jelenleg még nem állnak rendelkezésre végleges eredmények, amelyeket bemutatásra kerülhetnének. Várakozásaink szerint a kutatás befejezése után számos hasznos megállapítás szülehet, amelyek hozzájárulnak a raktározási folyamatok hatékonyságának növeléséhez.

6. Összefoglalás

A kutatás során a dinamikusan optimalizált raktári termékelhelyezés hatásai kerültek vizsgálat alá, különös tekintettel a háttértári betárolásokra. A vizsgált szakirodalom alapján kevesebb figyelmet kapott ez a terület korábban. A szakirodalmi áttekintést követően lehatárolásra került a kutatási terület, ahol különböző raktári működési típusok és tárolási módszerek voltak összehasonlítva. A gyakran változó termékportfólióval rendelkező kereskedelmi raktárak vizsgálata kiemelt figyelmet kapott, mivel itt a termékelhelyezés gyakori optimalizálása szükséges a hatékony raktári folyamatok fenntartása érdekében. A tárolási típusok közül a statikus állványos tárolás került kiválasztásra, mivel ez bizonyult a

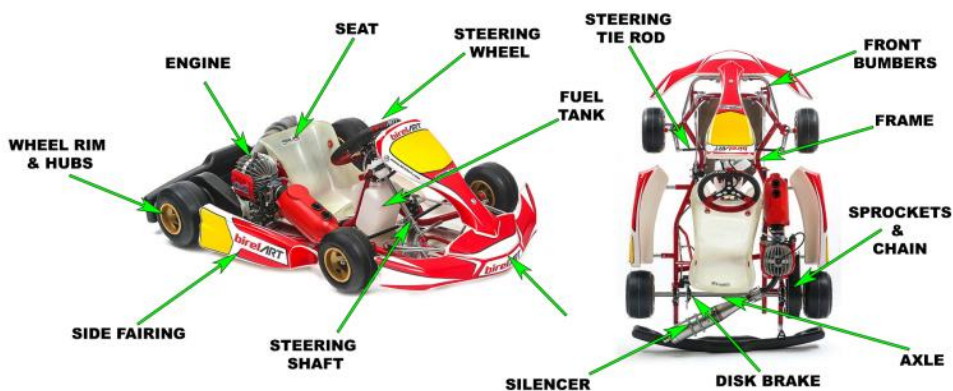
legalkalmasabbnak a kereskedelmi termékek kis tételű kommissiózására és biztosítja a készletek háttértárban való elhelyezését a kommissiózási lokációk felett. Az empirikus kutatáshoz szükséges előkészületek között egy elvi esettanulmány megfogalmazása és egy szimulációs környezet előkészítése valósult meg. Az adatgyűjtés és a folyamatok előkészítése mellett, a kutatási projekt részeként a termékelhelyezés komplexitásának és az optimalizálási módszerek hatékonyságának értékelése is végrehajtásra került. A projekt részleteinek meghatározása után az empirikus vizsgálatok megkezdődtek, amelyek a háttértári működés különböző aspektusaira terjednek ki. A kutatási időszak további részében végrehajtott vizsgálatok eredményei megválaszolják a kutatási kérdéseket és megfogalmazásra kerülnek konklúziók, valamint trade-off-ok a háttértári folyamatokkal kapcsolatban.

Felhasznált irodalom

A verseny-gokart váz torziós merevségének hatása a járműdinamikára.

1. Bevezetés

A verseny-gokartozás az elmúlt évtizedekben robbanásszerű fejlődésen ment keresztül, válva a motorsport egyik legfontosabb előszobájává, ahol a jövő versenyzőinek és mérnökeinek képességei csiszolódnak. Ennek ellenére, annak ellenére, hogy a sportág technikai fejlődése és népszerűsége folyamatosan nő, a verseny-gokartok teljesítményének és dinamikájának tudományos alapú elemzése még mindig viszonylag kevés figyelmet kap. Ez a kutatási hiányosság különösen a váz torziós merevségének járműdinamikai teljesítményre gyakorolt hatásával kapcsolatban érvényesül, ami létfontosságú az optimalizált versenyjármű tervezése és finomhangolása szempontjából.



1.ábra: Birel verseny-gokart főbb részei.

A gokart vázának merevsége közvetlen hatással van a jármű dinamikai viselkedésére, beleértve a kanyarodási képességet, a stabilitást és az általános kezelhetőséget². E merevség finomhangolása lehetővé teszi a versenyzők számára, hogy a gokart viselkedését a különböző pályakörülményekhez és saját vezetési stílusukhoz igazítsák. A váz rugalmassága, mint a dinamikai viselkedést befolyásoló tényező, hagyományosan empirikus módszerekkel és próba-hiba eljárásokkal került beállításra, jelentős tudományos kutatás hiányában. Az ilyen megközelítések bár hatékonyak lehetnek, korlátok közé szorítják a tervezési és optimalizálási

¹ SZE Járműfejlesztési Tanszék/Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Feszty Dániel, egyetemi tanár, Audi Hungária Járműmérnöki Kar, Járműfejlesztési Tanszék
² Mironé, G. (2010). Multi-body elastic simulation of a go-kart: Correlation between frame stiffness and dynamic performance. International Journal of Automotive Technology, 11, 461-469.
<https://doi.org/10.1007/S12239-010-0057-6>.

folyamatot, mivel nem biztosítanak mélyreható betekintést a járműdinamikai viselkedésbe.

Ez a tanulmány a verseny-gokartok teljesítményének és dinamikájának tudományos alapú elemzésére összpontosít, különös tekintettel a váz torziós merevségére. Célunk, hogy többtest-dinamikai szimulációk segítségével feltárjuk a váz torziós merevségének hatását a gokart dinamikai viselkedésére³. A kutatás az MSC ADAMS szoftvercsomagot használja a verseny-gokartok modellezésére és elemzésére, lehetővé téve a váz merevségének változtatásait és azok hatásainak értékelését a járműdinamikai teljesítményre. Az eredmények nem csupán új távlatokat nyitnak a gokart tervezés és fejlesztés területén, hanem hozzájárulnak a versenyjárművek teljesítményének javításához is, ami kritikus fontosságú a versenyképesség szempontjából.

Az elméleti megfontolásokat és feltételezéseket valós mérésekkel és szimulációs adatokkal támasztjuk alá, biztosítva ezzel a kutatás megbízhatóságát és relevanciáját. A kutatás során kapott ismeretek és eredmények nem csak a verseny-gokartozás területén alkalmazhatók, hanem általánosan is hozzájárulnak a járműdinamika tudományának fejlődéséhez, kiterjesztve annak alkalmazási körét a járműtervezés és optimalizálás számos területén.

2. Irodalomkutatás

A verseny-gokartozás dinamikájának kutatása a járműmérnöki tudomány egy specifikus, mégis jelentős szegmensét képezi, ahol a jármű dinamikai viselkedése és teljesítményoptimalizálása áll a középpontban. Az irodalomkutatás során több kulcsfontosságú területet azonosítottunk, amelyek fontos alapot biztosítanak a jelen kutatás számára, különösen a verseny-gokartok vázának torziós merevségének járműdinamikára gyakorolt hatásait illetően.

2.1. Verseny-gokartok dinamikai modellezése

A többtest-dinamikai (Multi-Body Dynamics, MBD) modellezés jelentősége a járműdinamikai kutatásokban már régóta elismert. Ezek a modellezési technikák lehetővé teszik az összetett járműrendszerek viselkedésének előrejelzését, ahol a váz merevsége és a gumibroncs-jármű kölcsönhatások kulcsfontosságúak. A verseny-gokartok esetében, ahol a felfüggesztés hiánya miatt a váz merevsége közvetlenül befolyásolja a jármű dinamikáját, ezek a modellezési technikák különösen relevánsak.

³ Mirone, G. (2010). Multi-body elastic simulation of a go-kart: Correlation between frame stiffness and dynamic performance. *International Journal of Automotive Technology*, 11, 461-469. <https://doi.org/10.1007/S12239-010-0057-6>.

2.2. Váz merevségének hatása

A váz torziós merevségének hatása a járműdinamikai teljesítményre általánosan elismert tény, amit Genta (2003) és Wong (2001) munkái is alátámasztanak⁴⁵. Ezek a tanulmányok rávilágítanak arra, hogy a merevség változásai hogyan befolyásolják a jármű kezelhetőségét és stabilitását. Különösen a verseny-gokartok esetében, ahol a váz a fő strukturális elem, és közvetlen kapcsolatban áll a kerekekkel, a merevség optimalizálása kulcsfontosságú a pályán való teljesítmény szempontjából.

2.3. Szimulációs módszertanok és eszközök

A járműdinamikai modellezéshez használt szimulációs eszközök, mint az MSC ADAMS, jelentős előrelépést jelentenek a tervezési és tesztelési folyamatokban. Ahogy azt Zhang (2003) kiemeli⁶, ezek az eszközök lehetővé teszik a mérnökök számára, hogy a valós tesztelés előtt virtuális környezetben értékeljék a tervezési változtatások hatásait. Különösen a verseny-gokartok esetében, ahol a váz merevségének változtatásai jelentős hatással vannak a jármű viselkedésére, ezek az eszközök nélkülözhetetlenek a teljesítmény finomhangolásához.

2.4. Kihívások és lehetőségek

A verseny-gokartozás dinamikájának kutatása számos kihívást és lehetőséget rejt magában. A meglévő kutatások elsősorban a nagyobb, felfüggesztéssel rendelkező járművekre koncentrálnak, ami azt jelenti, hogy a verseny-gokartok specifikus dinamikájának kutatása viszonylag új terület. Ez lehetőséget biztosít a tudományos közösség számára, hogy bővítse ismereteit ezen a specifikus területen, és hozzájáruljon a verseny-gokartok tervezésének és teljesítményének javításához.

3. Módszertan

A kutatásunk alapját a verseny-gokartok többtest-dinamikai (MBD) szimulációs vizsgálata képezi, különös tekintettel a váz torziós merevségének a járműdinamikai teljesítményre gyakorolt hatására. Ezen kutatási projekt keretében a következő módszertani lépéseket határoztuk meg:

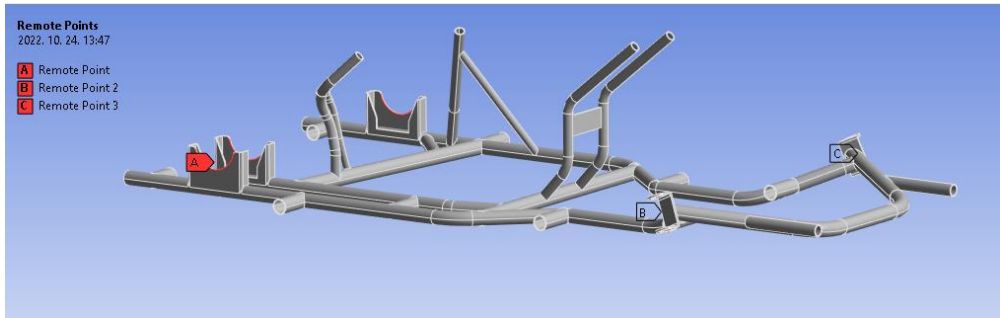
⁴ Genta, G., & Morello, L. (2009). *The Automotive Chassis: Engineering Principles* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

⁵ J. Y. Wong, "Steering and Cornering," in *Theory of Ground Vehicles*, 4th ed., Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, Inc., 2001, pp. 295-337.

⁶ Wei-qun, R., Yun-qing, Z., & Guo-dong, J. (2003). A new application of multi-body system dynamics in vehicle-road interaction simulation. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 8, 379-382. <https://doi.org/10.1007/BF02907215>.

3.1. Szimulációs eszköz kiválasztása

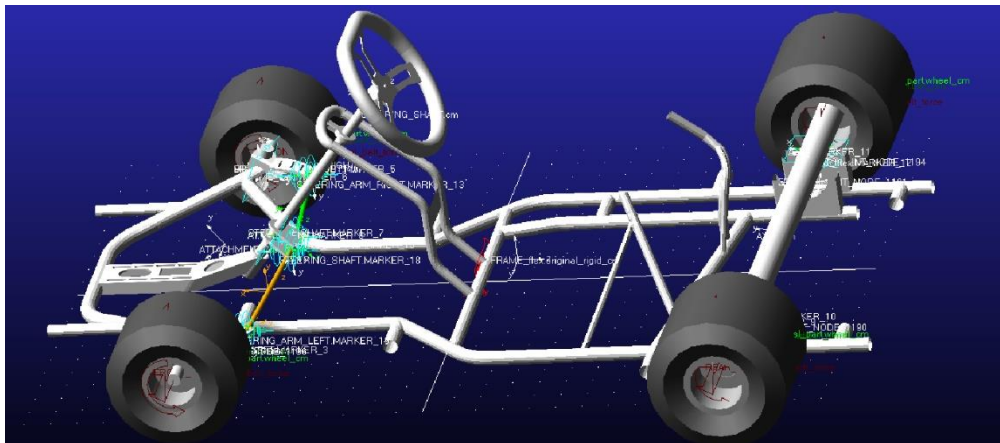
A kutatáshoz az MSC ADAMS View szoftvert ⁷ választottuk, amely egy iparágvezető többletest-dinamikai szimulációs szoftver. Ez az eszköz lehetővé teszi részünkre a verseny-gokartok komplex dinamikai modelljének építését, beleértve a váz rugalmasságát és annak hatását a járműdinamikai viselkedésre.



2. ábra: Birel verseny-gokart váz geometriai modellje.

3.2. Modell létrehozása

A modell létrehozásának első lépése a verseny-gokart alapvető geometriai és fizikai paramétereinek meghatározása, ahogy a 2 ábrán a váz geometriája látható. Ez magában foglalja a váz méreteit, a kerékgeometriát, a tömegeloszlást és a gumiabroncs tulajdonságait. A modellben minden alkatrészt - a vázat és a gumiabroncsokat kivéve - merev testként kezelünk.



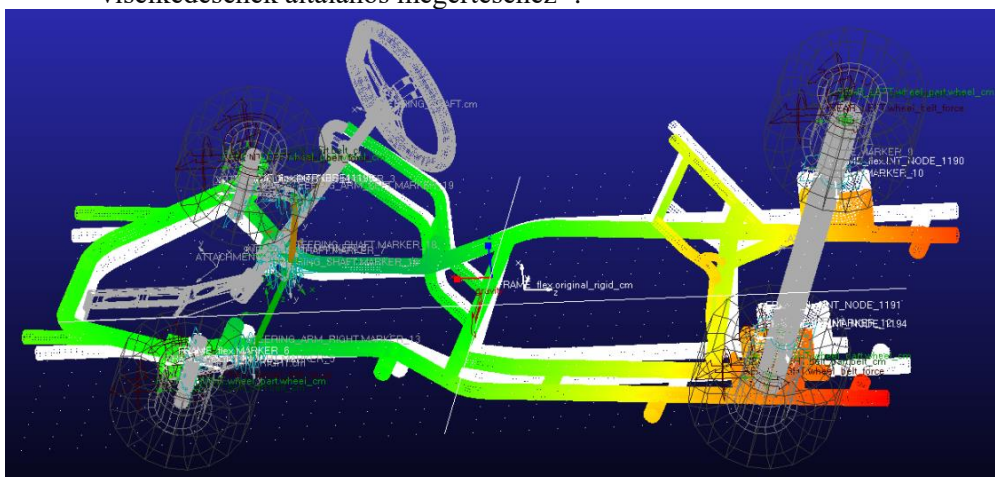
3. ábra: A felépített teljes MBD jármű modell MSC ADAMS-ben.

⁷ MSC Software Corporation. (2022). MSC Adams View (Verzió 2022) [Szoftver].
<http://www.mscsoftware.com>

3.3. Váz rugalmasságának modellezése

A váz torziós merevségének modellezéséhez két megközelítést alkalmazunk:

- Direkt Rugalmassági Modell: Itt az MSC ADAMS Flex ⁸ modulját használjuk, amely lehetővé teszi a váz rugalmas viselkedésének közvetlen szimulációját a Finite Element Method (FEM) elemzés alapján, ahogy a 4. ábrán látható.
- Egyszerűsített Rugalmassági Modell: Ebben az esetben a vázat egy vagy több torziós rugóval modellezzük, amelyek a torziós merevséget jelképezik. Ez a megközelítés kevésbé pontos, de gyorsabb eredményeket ad a váz viselkedésének általános megértéséhez ⁹.



4. ábra: Rugalmas váz MSC ADAMS-ben.

3.4. Szimulációs scenáriók és tesztek

A modell validálásához és a váz merevségének hatásainak vizsgálatához több különböző szimulációs tesztet hajtottunk végre, többek között:

- Statikus Terhelési Tesztek: A váz torziós merevségének mérésére szolgálnak.
- Dinamikai Viselkedés Tesztek: Ilyen például a Dinamikus torziós merevségi vizsgálat.
- Manőverezési Tesztek: Idetartozik a "step-steer" teszt, amelyek a jármű kanyarodási viselkedését és kezelhetőségét értékelik.

⁸ MSC Software Corporation. (2023). ADAMS Flex (2023.1.1) [Szoftver].
<http://www.mscsoftware.com>

⁹ Mirone, G. (2010). Multi-body elastic simulation of a go-kart: Correlation between frame stiffness and dynamic performance. International Journal of Automotive Technology, 11, 461-469.
<https://doi.org/10.1007/S12239-010-0057-6>.

3.5. Eredmények értékelése

A szimulációs tesztek eredményeinek értékelése során összehasonlítjuk a különböző vázkonfigurációk hatásait a gokart dinamikai viselkedésére. Külön figyelmet fordítottunk a kezelhetőség, a stabilitás és a kanyarodási képesség változásaira.

3.6. Validáció

Ahol lehetséges, összehasonlítottuk a szimulációs eredményeket a rendelkezésre álló kísérleti adatokkal vagy a versenypályán szerzett tapasztalatokkal, hogy validáljuk a modell pontosságát és megbízhatóságát.

4. Eredmények

A kutatásunk keretében elvégzett többlest-dinamikai szimulációs vizsgálatok számos érdekes eredményt hoztak a verseny-gokartok dinamikájának és a váz torziós merevségének járműdinamikai teljesítményre gyakorolt hatásaival kapcsolatban. Az alábbiakban összefoglaljuk a legfontosabb megfigyeléseket és következtetéseket:

4.1. Váz torziós merevségének hatása a kanyarodási viselkedésre

A szimulációs tesztek eredményei egyértelműen megmutatták, hogy a váz torziós merevségének növelése javítja a gokart kanyarodási stabilitását és kezelhetőségét. Különösen a "step-steer" tesztek során figyelhettük meg, hogy a magasabb torziós merevségű vázkonfigurációk esetében a gokart gyorsabban és pontosabban reagált a kormánymozdulatokra, csökkentve ezzel a túlkormányozottságot és javítva a pályán való irányíthatóságot.

4.2. Dinamikai terhelés alatti váz deformáció

Az ejtésteszt és a statikus terhelési tesztek eredményei rávilágítottak, hogy a váz torziós merevségének növelése csökkenti a dinamikai terhelések alatti deformációt, ami jelentős előnyt jelent a versenykörülmények között. A kevésbé deformálódó váz nem csak jobb kezelhetőséget biztosít, hanem csökkenti a gumiabroncsok és más alkatrészek felesleges terhelését is.

4.3. Optimalizálási lehetőségek

A szimulációs eredmények alapján azonosítottuk azokat a kritikus pontokat, ahol a váz torziós merevségének finomhangolásával tovább javítható a gokart teljesítménye. Különösen a kanyarokban és magas sebességnél történő manőverezéskor mutatkozott.

4.4. Korlátok és további kutatások

Bár a szimulációs eredmények értékes betekintést nyújtottak a versenygokartok dinamikájába, fontos megjegyezni, hogy a valós körülmények közötti teljesítmény értékeléséhez további kísérleti tesztekre és adatgyűjtésre van szükség. Javasoljuk, hogy a jövőbeli kutatások foglalkozzanak a gumiabroncs-jármű kölcsönhatások részletesebb elemzésével, valamint a vázkülönböző geometriájának hatásával a teljesítményre.

5. Diszkusszió

A versenygokartok dinamikájának és a váz torziós merevségének járműdinamikai teljesítményre gyakorolt hatását vizsgáló kutatásunk eredményei számos fontos megállapítást tettek lehetővé, amelyek hozzájárulnak a járműmérnöki tudomány fejlődéséhez és a versenygokartok teljesítményének optimalizálásához. Ebben a részben a kutatási eredményeket fogjuk megvitatni, összehasonlítva őket a meglévő irodalmi forrásokkal, és kiemelve a kutatás során felmerült kihívásokat és a további kutatási lehetőségeket.

A kutatás során kapott eredmények összhangban állnak a korábbi irodalmi munkák által azonosított irányvonalakkal, amelyek szerint a váz torziós merevsége jelentős hatással van a gokart dinamikai viselkedésére.

A kutatás során számos kihívással és korláttal kellett szembenézniük, többek között a szimulációs modell pontosságának és a valósághűségének kérdéseivel. Bár az MSC ADAMS szoftver lehetővé teszi a versenygokartok viszonylag részletes modellezését, a valós járművek viselkedésének tökéletes megjelenítése továbbra is kihívást jelent. Ezen túlmenően, a gumiabroncs-jármű kölcsönhatások modellezése és a valós pályakörülmények pontos reprezentációja kulcsfontosságú tényezők, amelyek további fejlesztést igényelnek.

A kutatás eredményei új lehetőségeket nyitnak meg a további tudományos munkához. Különösen érdekes lehet a különböző vázbeállítások és geometriák hatásának vizsgálata a torziós merevségre és így a dinamikai viselkedésre. Továbbá, a gumiabroncs-jármű kölcsönhatások mélyebb elemzése és a valós körülmények közötti tesztelés kombinálása a szimulációs modellekkel jelentős előrelépést jelenthet a versenygokartok tervezésében és optimalizálásában.

Összességében elmondható, hogy kutatásunk jelentős lépést jelent a versenygokartok dinamikájának megértésében, különösen a váz torziós merevségének szerepével kapcsolatban. A szimulációs modellezés és az eredmények értékelése fontos eszköz a tervezők és versenyzők számára, lehetővé téve számukra, hogy

tudatosabban közelítsenek a váz konfigurációjának és beállításainak finomhangolásához. Ahogy a technológia fejlődik, és további kutatások születnek, várhatóan még pontosabb modellek és szimulációs technikák állnak majd rendelkezésre, amelyek hozzájárulnak a verseny-gokartok teljesítményének további javításához.

Felhasznált irodalom

- Mirone, G. (2010). Multi-body elastic simulation of a go-kart: Correlation between frame stiffness and dynamic performance. *International Journal of Automotive Technology*, 11, 461-469. <https://doi.org/10.1007/S12239-010-0057-6>.
- Genta, G., & Morello, L. (2009). *The Automotive Chassis: Engineering Principles* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- J. Y. Wong, "Steering and Cornering," in *Theory of Ground Vehicles*, 4th ed., Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, Inc., 2001, pp. 295-337.
- Wei-qun, R., Yun-qing, Z., & Guo-dong, J. (2003). A new application of multi-body system dynamics in vehicle-road interaction simulation. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 8, 379-382. <https://doi.org/10.1007/BF02907215>.
- MSC Software Corporation. (2022). MSC Adams View (Verzió 2022) [Szoftver]. <http://www.mscsoftware.com>
- MSC Software Corporation. (2023). ADAMS Flex (2023.1.1) [Szoftver]. <http://www.mscsoftware.com>

A klaszterek és vállalati hálózatok szerepének vizsgálata a fenntartható fejlődési célok elérésében

1. Bevezetés

A fenntarthatóság, a fenntartható fejlődési célok [SDGs – Sustainable Development Goals] elérése napjaink egyik legnagyobb kihívása, amely központi helyet foglal el a társadalmi, gazdasági és politikai fórumokon. Fenntarthatóság alatt általánosságban az emberiség jelenlegi igényeinek olyan kielégítését értjük, amely anélkül valósul meg, hogy csökkentené a jövő generációk igényeinek azonos szintű kielégítésének esélyét.² Ezen komplex problémamegoldó keretrendszer célja, hogy megtalálja az egyensúlyt a fenntarthatóság három pillére – a természet, a gazdaság és a társadalom – között.³ A koncepció alapvetően a természeti környezet fontosságából, védelméből eredeztethető⁴, emiatt a fenntarthatóságot leggyakrabban természettel kapcsolatos kontextusban használják. Ugyanakkor ezen három szféra vizsgálata nem választható el egymástól, hiszen köztük kölcsönös összefüggés áll fenn.

A fenntartható fejlődés központi szerepe mellett, a kutatás alapját és relevanciáját adja azon kritika, miszerint a vállalatok működésük során nem fordítanak kellő figyelmet a természeti környezet védelmére, annak ellenére, hogy a környezetre ható negatív hatásuk egyre növekszik.⁵ Ezen tényezők figyelembe vétele ma már elvárásként jelenik meg velük szemben.⁶ Emellett a vállalatok felismerték, hogy a folyamatosan változó gazdasági környezetben a hagyományos termelési tényezők (mint a természeti erőforrások vagy az olcsó munkaerő) már nem biztosítanak megfelelő alapot a fenntartható versenyképességhez és a kihívások megfelelő kezeléséhez. Napjainkban a fejlődéshez a vállalatok és egyéb szereplők közötti, szektorokat átívelő együttműködésre van szükség.⁷

A piacok és a gazdasági tevékenységek globalizációjával megemelkedett a verseny a piaci szereplők között, ugyanakkor paradox módon a folyamatosan

¹ Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola és Vezetéstudományi és Marketig Tanszék, Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar. Témavezető: Dr. Kecskés Petra, egyetemi docens, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Nemzetközi Tanulmányok és Kommunikáció Tanszék.

² World Commission On Environment And Development: *Our Common Future*. 1987, Oxford University Press, Oxford and New York.

³ Egyesült Nemzetek Szövetsége: *Institutional Framework for Sustainable Development*. 2011. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12689/International_Framework_for_Sustainable_Development.pdf?sequence=1&isAllowed=y Letöltve: 2023. 06. 01.

⁴ Egyesült Nemzetek Szövetsége: i. m.

⁵ Purvis, Ben – Mao, Yong – Robinson, Robinson: Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. in *Sustainability Science*, 2018, 681–695. o.

⁶ Kuras, Piotr: Cluster management standards in Poland in the context of sustainable management. in *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2019/Special Issue, 41–50. o.

⁷ Porter, Michael E.: Clusters and the New Economics of Competition. in *Harvard Business Review*, 1998a/6, 77–90. o.

növekvő és új kihívások megkövetelik az egyes aktorok közötti hálózatok kialakítását. A világ egyes részeinek és szereplőinek egymásrautaltsága és összekapcsoltsága megnövekedett⁸, ezáltal az országok versenyképessége a vállalatok, régiók és nemzetek közötti kölcsönhatásból fakad, így arra nem csak piaci tényezők, hanem az intézmények és vállalatok közötti hálózatok is hatással vannak.⁹ A nemzetek versenyképesség mérése mindenkor aktuális, hiszen „*a nemzetgazdaságok egyik alapvető teljesítménymércéje*”.¹⁰

Ezen megállapításokra alapozva jelen tanulmány feltárja a klaszterek és vállalati hálózatok fenntartható fejlődésben, illetve nemzeti versenyképességben betöltött szerepének elméleti hátterét. A szakirodalom szintetizálása mellett releváns gazdasági és fenntarthatósági indikátorok korrelációs vizsgálat révén elemzésre kerülnek az egyes területek közötti statisztikai összefüggések.

2. A klaszterek és vállalati hálózatok elméleti keretei

A klaszterek és a vállalati hálózatok alapvetően összefüggő jelenségek, így vizsgálatukra nagy figyelmet fordít a szakirodalom. A klaszter régóta központi kérdéskörét képezi a regionális tudomány szakirodalmának, amelynek fogalmára nincs konszenzus. Jelen tanulmányban Porter definícióját veszem alapul, aki elsőként ismerte fel ezen kapcsolatok jelentőségét és definiálta azt. Meghatározása alapján térben koncentráltan elhelyezkedő, hasonló iparágakban működő vállalatok, intézmények, beszállítók és szolgáltatók szoros együttműködéséről van szó, amelyben egyszerre versenyeznek és kooperálnak, illetve átléphetik régiók vagy országok határait is.¹¹ A definícióból látható, hogy a klaszterek a helyi környezetbe beágyazódva, valamint vállalati hálózatokat kialakítva intenzív vertikális és horizontális kapcsolatokat hoznak létre.¹²

Ezen kooperációnak számos tagja lehet, amelyeket Sölvell a tevékenységi körük alapján kategorizált. Klasztertag lehet egy gazdasági entitás (kis- és középvállalkozás, nagyvállalat, beszállító), közintézmény (országos, regionális és helyi intézmény), tudományos intézmény (oktatási, kutatói intézmény), pénzügyi intézet, média és együttműködést elősegítő intézmény (civil szervezet, kamara, klaszterszervezet).¹³ Ezen szereplők körét fontosnak tartom kiegészíteni Porter által is kiemelt szolgáltatást biztosító vállalatokkal, akik biztosítják a speciális

⁸ Egyesült Nemzetek Szövetsége: i. m.

⁹ Cantwell, John: Innovation and Competitiveness. in Fagerberg, Jan – Mowery, David C.– Nelson, Richard R. (eds.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford. 2006, 543–567. o.

¹⁰ Chikán Attila – Molnár Boglárka – Szabó Erika: A nemzeti versenyképesség fogalma és támogató intézményrendszere. in *Közgazdasági Szemle*, 2018/64, 1205-1224. o., 1205. o.

¹¹ Porter, Michael E.: *On Competition*. 1998b, The Free Press, New York.

¹² Leick, Birgit – Gretzinger, Susanne: Knowledge Sharing for Business Cluster and Business Network Contexts. in *Journal of Innovation Economics & Management*, 2022/33, 1-8. o.

¹³ Sölvell, Örjan: *Clusters and balancing evolutionary and constructive forces*. 2009, Ivory Tower Publishers, Stockholm. 16–17. o.

infrastruktúrát, illetve a hídképző intézményekkel, mint a tanácsadó vállalatok, konzorciumok.¹⁴

Porter főként stratégiai és technológiai menedzsment szempontból közelítette meg a különböző aktorok együttműködését, míg a szervezetelmélet inkább a társadalmi tőke és az erőforráscsere céljából létrejövő vállalati hálózatokat vizsgálta. Ennek következtében indokolt e két fogalom elkülönítése, ugyanis a vállalati hálózatok a gazdasági egységek közötti kölcsönös, szinergiaelőnyök kiaknázására létrejövő kapcsolatot jelentik.¹⁵

A klaszter alapú szerveződések esetében lehetnek formális, azaz szerződéses, valamint informális kapcsolatok, azonban a vállalati hálózatok főként zárt tagságot jelentenek. A hálózatok közös üzleti érdekek megvalósítása érdekében jönnek létre, azaz együttműködő kultúra jelenik meg benne, míg a klaszterekben egyszerre van jelen a verseny és a kooperáció.¹⁶ A vállalati hálózat, a klaszterekkel ellentétben nem lokalizáltak térben, azonban esetükben is ösztönző erőként jelenhet meg a földrajzi közelség.¹⁷

3. Klaszterek és vállalati hálózatok a fenntartható fejlődés kontextusában

A klaszter alapú együttműködések és a vállalati hálózatok mellett, hogy a nemzetek gazdasági fejlesztésének egyik fontos eszközei, nagy szerepet játszanak a fenntarthatóság, fenntartható fejlődés elérésében is.¹⁸ A globális gazdaság gyorsan változó környezetében a tradicionális termelési tényezők, mint a versenyképesség hagyományos forrásai, a modern gazdaságokban fenntarthatatlanok és a technológiai fejlődés, valamint a tudás került a középpontba.¹⁹ Ezen együttműködések átalakították a gazdasági folyamatokat, amelyekben Porter szerint a klaszterek a fenntartható fejlődés és versenyképesség motorjaként jelennek meg.²⁰ Ezen felvetést támasztották alá Hyk és szerzőtársai is, akik a klasztereket az együttműködések leghatékonyabb formájának tartják.²¹

A gazdasági entitások és így a klaszterek és hálózatok, szerepe felértékelődött és kulcsfontosságúvá vált a komplex társadalmi problémák megoldásában, így a fenntarthatósági törekvésekben is. Egyrésztől amiatt, mert ők felelősek leginkább az

¹⁴ Porter: i.m. (1998a)

¹⁵ Munier, Francis – Kern, Francis: Knowledge creation in networks: a comparison between firm-network and network of firms. in *Journal of Innovation Economics & Management*, 2009/4, 79–94. o.

¹⁶ Györffy Ágnes – Pogácsa Zoltán: Vállalati hálózatok és versenyképességi tényezők a magyar gazdaságfejlesztésben – Nyugat-Dunántúl példája. in *Vezetéstudomány - Budapest Management Review*, 2005/10, 38-50. o.

¹⁷ Leick – Gretzinger: i.m.

¹⁸ Hyk, Vasyil – Vysochan, Oleh – Vysochan, Olha: Analysis of the relationship between the state of cluster development and sustainable growth: evidence from European countries. in *Eastern Journal of European Studies*, 2022/2, 246–261. o.

¹⁹ Paraušić, Vesna – Cvijanović, Drago – Mihailović, Branko – Veljković, Kristina: Correlation between the state of cluster development and national competitiveness in the Global Competitiveness Report of the World Economic Forum 2012-2013. in *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2014/ 1, 662–672. o.

²⁰ Porter: i. m. (1998a)

²¹ Hyk et al.: i. m.

ökológiai funkciók túlterheléséért, másrésről amiatt, mert ezen negatív hatás csak a vállalatok aktív közreműködésével csökkenthető, illetve szüntethető meg. Továbbá hálózatokba szerveződve a fenntarthatósági törekvésekhez szükséges eszközökhöz és erőforrásokhoz gyorsabban és hatékonyabban hozzáférnek.²²

A fenntarthatósági célok elérésének egyik alapját a közgazdasági szférából adaptált stakeholder szemlélet képezi, amelynek lényege, hogy a vállalatoknak működésük során a shareholder (részvényesek) mellett minden érintett felet (stakeholdereket) számításba kell venni. Ezen gondolkodásmód összekapcsolja a két oldalt – fenntarthatóság és klaszterek –, hiszen a klaszterek egyfajta 'ragasztóként' szolgálnak, kialakítva az egyes stakeholderek közötti intenzív formális és informális kapcsolatokat. Továbbá az SDGs elérése interdiszciplináris nézetet követel meg, amely legjobban a különböző szférából származó személyek, szervezetek és intézmények közötti kooperáció és hálózatok révén valósul meg.

Ezen együttműködésekben nagy szerepet kell kapniuk a kis- és középvállalkozásoknak [kkv], ugyanis közreműködésük nélkül nem lehet elérni a fenntartható fejlődési célokat.²³ A klaszterek növekvő jelentőségéhez hozzájárul az erőteljes kkv fókuszuk is. Ezt a felismerést több tényező is motiválta: egyrészt nem tudják felvenni a versenyt a hazai piacon megjelenő globális és nagyvállalatokkal, másrészt nem tudnak kilépni a nemzetközi piacra a multinacionális cégek segítségével.²⁴

A klaszterek, illetve a vállalati hálózatok közvetlen (gazdasági fejlődés, jövedelem, munkalehetőség és jólét biztosítása révén) és közvetett módon is hozzájárulnak a fenntarthatósági kihívások megoldásához.²⁵ Egyes fenntartható fejlődési célokhoz direkt módon tudnak kapcsolódni, ilyen a tisztességes munka és gazdasági növekedés (8. cél), az ipar, innováció és infrastruktúra (9. cél), a fenntartható városok és közösségek (11. cél), a felelős fogyasztás és termelés (12. cél), valamint a partnerség (17. cél). Ugyanakkor kiemelendő, hogy minden fenntarthatósági célnak van gazdasági és társadalmi vonzata, így a vállalati hálózatok, illetve a klaszterek indirekt módon az összes célhoz hozzájárulnak.²⁶

A célok elérésében elfoglalt szerepüket tekintve a klaszterek és a hálózatok számos előnnyel és lehetőséggel rendelkeznek. Amellett, hogy a globális partnerség kialakításához szükséges platformot biztosítanak, amely innovációhoz és versenyelőnyhöz vezet²⁷, többféle szereplőt foglalnak magukba, ezzel összekötve a fenntarthatóságban nagy szerepet játszó gazdasági, társadalmi, politikai és

²² Skawińska, Eulalia – Zalewski, Romuald I.: *Role of clusters in sustainable development in the context of social market economy theory. Case of Poland.* 2009,

<https://www.iiis.org/CDs2008/CD2009SCI/IMETI2009/PapersPdf/F927ZK.pdf> Letöltve:2023. 06. 01.

²³ Slavova-Georgieva, Irena – Bankova, Yovka: The role of clusters for sustainable development: Socially responsible practices, limitations and challenges. Case Study of a Bulgarian Industrial Cluster. in *Proceedings of the 34th International Academic Conference*, 2017, Florance. 272–298. o.

²⁴ Porter: i. m. (1998a)

²⁵ Slavova-Georgieva –Bankova: i. m.

²⁶ Barbier, Edward B. – Burgess, Joanne C.: The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability. in *Economics*, 2017/1, 20170028.

²⁷ Steiner Michael: The Discrete Charm of Clusters: An Introduction. in Steiner Michael (ed.): *Clusters and Regional Specialization: On Geography Technology Networks*. 2018, European Research in Regional Science, London, 1–17. o.

természeti környezetet. A klaszter- és hálózati tagok között fellépő munkamegosztás, intenzív és funkcionális kapcsolatok következtében létrejövő szinergiahatások révén hozzájárulnak az adott térség versenyképességének növekedéséhez és fenntartásához.²⁸ Ugyanis ezen együttműködésekben megvalósul a technológiai fejlődés, az innováció, illetve a proaktív, dinamikus és tudásközpontú környezet, melyek alapvető feltételként jelennek a gyorsan változó környezetben és a fenntartható fejlődési célok elérésében.²⁹ Továbbá ezen környezetben a vállalatok és az egyéb szférák között létrejövő kapcsolatok lehetővé teszik az erőforrások hatékonyabb és gyorsabb felhasználását is.³⁰

Ugyanakkor számos hátránnyal és akadályozó tényezővel is szembesülniük kell ezen integrációknak. A klaszter, illetve hálózatok méretük növekedésével lassúvá, reaktívá és a változással, fejlődéssel szemben rezisztenssé, továbbá diszkriminálóvá válhatnak. Utóbbi alatt azon viselkedést értendő, amikor a kis- és középvállalkozások, illetve más iparágakból származó aktorok nem kerülnek beintegrálásba. Emellett gazdasági és társadalmi terhet is jelenthetnek, mivel növelhetik a helyi költségeket, túlsúlyosítva tehetik a helyi környezetet vagy túlterhelhetik azt.³¹ Ugyancsak a mérethez kapcsolódóan, a nagyobb szerveződésekben elindulhat a függőség, azaz egyes szervezetek 'potyautasként' mások tevékenységére támaszkodnak. Bár a klaszterek előnye, hogy bennük egyszerre valósul meg a verseny és a kooperáció³², a túlzott versengés azonban negatív hatással van a hatékonyságra. Továbbá, a gazdasági célok kizárólagos előnyben részesítése ugyancsak megjelenik mint veszély. A klasztereknek akadályokkal is szembe kell nézniük, mint a gyenge kooperációs hajlam, gyenge kormányzati és intézményi támogatás, munkaerőpiaci merevség és cégek kritikus tömegének hiánya.³³

4. A klaszterek nemzeti versenyképességben betöltött szerepének vizsgálata

Az erősödő globalizációs folyamatoknak és az innováció, technológiai fejlődés előtérbe kerülésének köszönhetően növekszik az országok közötti verseny, így aktuális és releváns kérdés a vállalati és a nemzeti versenyképesség vizsgálata.³⁴ A nemzeti versenyképesség növelésében és fenntartásában nagy szerepe van a koncentrációnak és a hálózatoknak. A fenntarthatóság kihívásai olyan helyi környezetből eredeztethető tartós versenyelőnyöket igényelnek, amelyek a

²⁸ Steiner: i. m.

²⁹ Paraušić et al.: i. m. (2014)

³⁰ Skawińska – Zalewski: i. m.

³¹ Huber, Franz: Do Clusters Really Matter for Innovation Practices in Information Technology? Questioning The Significance of Technological Knowledge Spillovers. in *Journal of Economic Geography*, 2012/1, 107–126. o.

³² Porter: i. m. (1998b)

³³ Paraušić, Vesna – Domazet, Ivana – Simeunović, Ivana: Analysis of the relationship between the stage of economic development and the state of cluster development. in *Argumenta Oeconomica*, 2017/ 39, 279–305. o.

³⁴ Levchenko, O.M. – Tkachuk, O.V. – Tsarenko, I.O.: The impact of cluster development on the countries' national competitiveness. in *Science and Education a New Dimension, Humanities and Social Sciences*, 2017/1, 90–93. o.

klaszterek, illetve a hálózatok által generált pozitív hatások, lokalizációs előnyök révén jönnek létre.³⁵

A versenyképesség nemzeti szinten történő definiálása komplex és nehezebb, mint vállalati szinten. Utóbbi esetében versenyképesség alatt a fenntartható piaci pozíciót, túlélést értjük, míg ezzel szemben egy állam nem képes megszűnni, csődbe menni. Ebből kiindulva a nemzeti versenyképesség fogalma nehezen megragadható, de általánosságban „egy nemzetgazdaság versenyképessége abban áll, hogy úgy tud létrehozni, felhasználni, illetve a globális verseny keretei között értékesíteni termékeket és szolgáltatásokat, hogy ennek során állampolgárainak jóléte és saját termelési tényezőinek hozadéka fenntartható módon növekszik”.³⁶ Ahogy a definíciójukból is látható, annak alapját két tényező, a társadalmi jólét és termelékenység adja, melyek egymással folyamatos, dinamikus kölcsönhatásban vannak.³⁷

A nemzeti versenyképesség és gazdasági fejlettség, növekedés számos forrásból eredhet, amelyek lehetnek gazdasági és politikai tényezők egyaránt. A Világgazdasági Fórum legalább 100 változót gyűjtött össze, amelyek befolyásolják egy állam versenyképességét.³⁸ Ezen tényezők közül többhöz is kapcsolódnak a klaszterek és a vállalati hálózatok. Bár a legtöbb modell gazdaságközpontú, kiemelendő, hogy a társadalom (például kultúra, oktatás, egészségügy révén) is lényegesen befolyásolja a versenyképesség alakulását.³⁹ Álvarez és szerzőtársai szerint a nemzetközi versenyképesség két gazdaság alapú forrásra vezethető vissza: innovációs tevékenységekre és tudásmegosztásra.⁴⁰ Mindkét tényezőre pozitív hatással van a klaszterekben és vállalati hálózatokban megjelenő állandó verseny, együttműködés⁴¹, illetve intenzív tudásáramlás⁴², továbbá a különböző szektorokból származó aktorok közötti kooperáció és tudásátadás innovációt generál.⁴³

Chikán és szerzőtársai által alkotott versenyképességi modellben is felismerhetők a klaszterek és vállalati hálózatok kapcsolódási pontjai. Modellük kulcstényezői közé tartoznak az intézmények, az erőforrások, a szakpolitikák, a versenykörnyezet és az értékteremtés.⁴⁴ A klaszterek, lévén, hogy több szféra aktorait fogják össze, mindegyik pillérre hatással lehetnek.

A klaszterek és hálózatok nemzeti versenyképességben betöltött szerepe visszavezethető a komparatív előnyök kiegészítéseként megjelent Heckscher-Ohlin elméletre is, amelyben az államok versenyképességet kifinomultabb tényezőkre

³⁵ Porter: i. m. (1998a)

³⁶ Chikán Attila – Czakó Erzsébet (szerk.): *Versenyben a világgal. Vállalataink versenyképessége az új évezred küszöbén*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 2009, 77-78. o.

³⁷ Chikán – Czakó: i. m..

³⁸ Paraušić et al.: i. m. (2017)

³⁹ Chikán et al.: i. m.

⁴⁰ Álvarez, Isabel – Marin, Raquel – Fonfría, Antonio: The role of networking in the competitiveness of firms. in *Technological Forecasting and Social Change*, 2009/3, 410–421. o.

⁴¹ Porter: i. m. (1998a)

⁴² Hyk et al.: i. m.

⁴³ Jankowska, Barbara – Götz, Marta – Glówka, Cezary: Intra-Cluster Cooperation Enhancing SMEs' Competitiveness – The Role of Cluster Organisations in Poland. in *Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research*, 2017/39, 195–214. o.

⁴⁴ Chikán et al.: i. m.

vezetik vissza. Többek között ilyen forrás a klaszterek jelenléte és az innovatív, ösztönző helyi üzleti környezet és verseny, a speciális ismeretek és készségek, valamint a fejlett tudományos és technológiai infrastruktúra.⁴⁵

A versenyképesség mikrogazdasági alapjainak megerősítésében, amelyet a helyi üzleti környezet minőségének javítása révén érnek el, különösen nagy szerepe van a klasztereknek és a vállalati hálózatoknak. Paraušić és munkatársai alapján ezt a helyi verseny ösztönzésével, a vállalkozói készség fejlesztésével, a speciális beszállítói jelenléttel és a köz- és magánszektor közötti kapcsolatok révén lehet elérni.⁴⁶

5. A klaszterfejlettség, a fenntartható fejlődés és a nemzeti versenyképesség összefüggései

Látható, hogy elméleti szinten a klaszter alapú együttműködések és a vállalati hálózatok, valamint a fenntarthatóság és a nemzeti versenyképesség dinamikus kölcsönhatásban vannak egymással. Ennek statisztikai alátámasztására összefüggésvizsgálatot végeztem, amelynek során páronkénti kapcsolatokat elemeztem.

Metrikus adatok lévén a korreláció alkalmas ezen indikátorok elemzésére⁴⁷, amelybe a tanulmány három tárgyát képező témakör legfontosabb változói kerültek bevonásra.

A klaszterek esetében a Világ gazdasági Fórum által közölt klaszterfejlettség állapota (pontszám) [I1]⁴⁸, a globális versenyképességi index [I2]⁴⁹, a fenntartható fejlődés index [I3] és az SDG globális helyezés [I4]⁵⁰, az ECCP (Európai Klaszter Együttműködési Platform – European Cluster Collaboration Platform) által közölt klaszterpolitika állapota (pontszám) [I5]⁵¹ és az ECCP tagsággal rendelkező klaszterek száma [I6]⁵², valamint az egy főre jutó GDP (dollárban) [I7]⁵³ kerültek felhasználásra. Ezen indikátorok, a vizsgált európai uniós államok és értékeik az 1. táblázatban olvashatók.

⁴⁵ Paraušić et al.: i. m. (2017)

⁴⁶ Paraušić et al.: i. m. (2014)

⁴⁷ Sajtos László – Mitev Ariel: *SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv*. 2007, Alinea Kiadó, Budapest.

⁴⁸ Világ gazdasági Fórum: *The Global Competitiveness Report 2019*. 2019, Világ gazdasági Fórum, Köln, Svájc.

⁴⁹ Világ gazdasági Fórum: i. m.

⁵⁰ Sachs, Jeffrey D. – Lafortune, Guillaume – Fuller, Grayson – Drumm, Eamon: *Sustainable Development Report 2023*. 2023, Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN), New York.

⁵¹ Európai Klaszter Együttműködési Platform: *Visual Reporting Site*, 2023.

<https://reporting.clustercollaboration.eu/zone/in-europe> Letöltve: 2023. 11. 27.

⁵² Európai Klaszter Együttműködési Platform: *Country factsheets on cluster policies and programmes*, 2022. <https://clustercollaboration.eu/in-focus/policy-acceleration/country-factsheets-on-cluster-policies-and-programmes> Letöltve: 2023.11.27.

⁵³ Világbank: *GDP per capita (current US\$)*. 2022,

<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> Letöltve: 2023. 11. 28.

Ország	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7
Ausztria	16	76,6	82,3	5	6,5	29	52 084,68
Belgium	18	76,4	79,5	19	7	44	49 926,83
Bulgária	43	64,9	74,6	44	1,5	30	13 974,45
Horvátország	132	61,9	81,5	12	1,5	15	18 570,40
Ciprus	62	66,4	72,5	59	1,5	3	32 048,24
Csehország	69	70,9	81,9	8	6	23	27 226,62
Dánia	13	81,2	85,7	3	7	21	67 790,05
Észtország	84	70,9	81,7	10	7	14	28 247,10
Finnország	21	80,2	86,8	1	2	32	50 871,93
Franciaország	24	78,8	82	6	8	106	40 886,25
Németország	4	81,8	83,4	4	8	118	48 717,99
Görögország	128	62,6	78,4	28	5	17	20 867,27
Magyarország	68	65,1	79,4	22	3,5	27	18 390,18
Írország	29	75,1	80,1	17	6,5	11	103 983,29
Olaszország	1	71,5	78,8	24	2	88	34 776,42
Lettország	60	70,9	80,7	14	1	14	21 779,50
Litvánia	97	68,4	76,8	37	1	28	25 064,81
Luxemburg	11	77	77,6	33	6	0	125 006,02
Málta	42	68,5	75,5	41	1	1	34 127,51
Hollandia	7	82,4	79,4	20	8	31	57 025,01
Lengyelország	70	68,9	81,8	9	6,5	73	18 688,00
Portugália	37	70,4	80	18	8	24	24 515,27
Románia	109	64,4	77,5	35	2	60	15 786,80
Szlovákia	71	66,8	79,1	23	2	25	21 256,81
Szlovénia	76	70,2	81	13	3	20	28 439,33
Spanyolország	34	75,3	80,4	16	7	172	29 674,54
Svédország	19	81,2	86	2	3	41	56 424,28

1. táblázat A vizsgált államok és értékeik

Forrás: saját szerkesztés a szövegben feltüntetett források alapján

A klaszterek esetében a Világgaazdasági Fórum által közölt klaszterfejlettség állapota (pontszám) [I1]⁵⁴, a globális versenyképességi index [I2]⁵⁵, a fenntartható fejlődés index [I3] és az SDG globális helyezés [I4]⁵⁶, az ECCP (Európai Klaszter Együttműködési Platform – European Cluster Collaboration Platform) által közölt klaszterpolitika állapota (pontszám) [I5]⁵⁷ és az ECCP tagsággal rendelkező

⁵⁴ Világgaazdasági Fórum: *The Global Competitiveness Report 2019*. 2019, Világgaazdasági Fórum, Köln, Svájc.

⁵⁵ Világgaazdasági Fórum: i. m.

⁵⁶ Sachs, Jeffrey D. – Lafortune, Guillaume – Fuller, Grayson – Drumm, Eamon: *Sustainable Development Report 2023*. 2023, Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN), New York.

⁵⁷ Európai Klaszter Együttműködési Platform: *Visual Reporting Site*, 2023.

<https://reporting.clustercollaboration.eu/zone/in-europe> Letöltve: 2023. 11. 27.

klaszterek száma [I6]⁵⁸, valamint az egy főre jutó GDP (dollárban) [I7]⁵⁹ kerültek felhasználásra. Ezen indikátorok, a vizsgált európai uniós államok és értékeik az 1. táblázatban olvashatók.

A felsorolt indikátorok közötti páronként összefüggéseket tartalmazó táblázatban (2. táblázat) láthatóak a korrelációs együtthatók és a szignifikancia értékek. A vizsgálatban metrikusban adatok szerepelnek, így a Pearson-együtthatót (r) alkalmaztam, amelynek értéke -1 és 1 között mozog. A kapcsolat erősségének megállapításakor Sajtos és Mitev felosztását vettem alapul; azaz $|0,2| \leq r < |0,7|$ között közepes és $|0,7| \leq r < |1|$ között erős kapcsolat áll fenn az adott változók között, illetve a kapcsolat minőségét az indikátor előjele mutatja meg.

A szignifikancia [p] 0 és 1 közötti értéket vehet fel és minél közelebb van az 1-hez, a véletlennek köszönhető kapcsolat annál valószínűbb.⁶⁰ Azon esetekben tekintendő az eredmény szignifikánsnak, ahol a $p < 0,05$, mely látható, hogy csak az esetek 55,56 százalékában valósul meg (36 esetből 20 esetben). A nullhipotézist – miszerint nincs kapcsolat két változó között – tehát nem tudjuk elfogadni minden változó páros esetében.

Azonban látható, hogy a klaszterfejlettség állapota [I1] és a globális versenyképességi index [I2] között erős pozitív kapcsolat áll fenn. Viszonylag erős és pozitív kapcsolatot mutat a vizsgálat a klaszterfejlettség állapota [I1] és a egy főre jutó GDP (dollárban) [I7]. Továbbá a globális versenyképességi index [I2] és a fenntartható fejlődés, valamint az SDG globális helyezés [I4] és a kaszterpolitika állapota [I5] között ugyancsak erős kapcsolat áll fenn. Az SDG globális helyezés esetében a negatív kapcsolata oka, hogy minél magasabb egy adott index, annál magasabb (1-hez közeli) helyet foglal el a rangsorban. A 2. táblázatban látható még, hogy az egy főre jutó GDP [dollárban] [I7] és a klaszterfejlettség állapota [I1], globális versenyképességi index [I2] között pozitív és közepes korreláció áll fenn, utóbbi eset betudható annak a ténynek, hogy a versenyképességi index magába foglalja a GDP mutatókat is. A fenntartható fejlődési index [I3], valamint az SDG globális helyezés [I4] közötti szoros pozitív kapcsolatot evidensnek tekinthetjük.

Ezek alapján megállapítható a klaszterfejlettség és a nemzeti versenyképesség, valamint az SDG globális helyezés közötti szignifikáns lineáris, rendkívül erős pozitív kapcsolat, tehát egy adott nemzet klasztereinek fejlettségi állapota erőteljes hatással van az adott állam versenyképességére. Továbbá, a klaszterpolitika szerepe is megmutatkozik, hiszen közepes, pozitív kapcsolat áll fenn a politika és a versenyképesség, valamint a fenntarthatósági törekvésekben való szerepvállalás között. Ezen eredmény alátámasztja azon felvetést, miszerint a klaszterek hatékony entitások a gazdasági fejlődésben, a nemzeti versenyképességben, illetve megegyezik Hyk és szerzőtársainak eredményével.⁶¹

⁵⁸ Európai Klaszter Együttműködési Platform: *Country factsheets on cluster policies and programmes*, 2022. <https://clustercollaboration.eu/in-focus/policy-acceleration/country-factsheets-on-cluster-policies-and-programmes> Letöltve: 2023.11.27.

⁵⁹ Világbank: *GDP per capita (current US\$)*, 2022. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> Letöltve: 2023. 11. 28.

⁶⁰ Sajtos – Mitev: i. m.

⁶¹ Hyk et al.: i. m.

A gazdasági eredmények mérésére szolgáló GDP esetében az egy főre jutó változót vizsgáltam meg, mert ennek segítségével az adott állam életszínvonalára is vonhatunk le következtetéseket.⁶² Az összefüggésvizsgálat alátámasztotta, hogy az egy főre jutó GDP, azaz a lakosság életszínvonala és a klaszterfejlettség, valamint a nemzeti versenyképesség között erős és pozitív kapcsolat áll fenn. Továbbá, bár gyenge, de pozitív összefüggés mutatható ki az egy főre jutó GDP és a klaszterpolitika állapota között. Ezekből arra lehet következtetni, hogy azon államokban magas az életszínvonal ahol magas a klaszterfejlettség, illetve -politika.

Az egyes államokban megtalálható klaszterek számáról nem érhető el publikus adat, így az ECCP tagsággal rendelkező klaszterek száma került felhasználásra a korreláció során. Ugyanakkor feltételezem, hogy a tagság száma korrelál az állam klasztereinek számával, illetve feltételezem, hogy azon országok, amelyek nagyobb több ECCP taggal rendelkeznek, nagyobb valószínűséggel fordítanak nagyobb figyelmet a klaszterekre és rendelkeznek több sikeres klaszterrel országos szinten is. Ugyanakkor ezen indikátor nem mutatott erős korrelációt a többi változóval, azonban a gyenge kapcsolat kimutatható. A negatív (-0,288) érték bizonyítja, hogy a fenntartható fejlődési globális rangsor esetében jobb helyezést érnek el azon tagállamok, amelyek több klaszterrel rendelkeznek.

Változók		I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7
I1	r	1	,850**	,315	-,293	,416*	,297	,619**
	p	-	,000	,109	,138	,031	,133	,001
I2	r	,850**	1	,606**	-,566**	,562**	,300	,642**
	p	,000	-	,001	,002	,002	,129	,000
I3	r	,315	,606**	1	-,958**	,373	,224	,195
	p	,109	,001	-	,000	,055	,261	,330
I4	r	-,293	-,566**	-,958**	1	-,489**	-,288	-,143
	p	,138	,002	,000	-	,010	,145	,476
I5	r	,416*	-,562**	,373	-,489**	1	,341	,383*
	p	,031	,002	,055	,010	-	,082	,049
I6	r	,297	,300	,224	-,288	,341	1	-,153
	p	,133	,129	,261	,145	,082	-	,445
I7	r	,619**	,642**	,195	-,143	,383*	-,153	1
	p	,001	,000	,330	,476	,049	,445	-

2. táblázat Pearson-együtthatók és szignifikancia értékek

Forrás: saját számítások

6. Összegzés

A fenntarthatóság napjaink legnagyobb kihívása, amelyben a gazdasági entitások központi szerepet kapnak. A komplex társadalmi, gazdasági és környezeti problémák megoldásában a klaszterek és a vállalati hálózatok eszközként jelennek meg. A tanulmányban áttekintésre kerültek a klaszterek és vállalati hálózatok,

⁶² Samuelson, Paul A. – Nordhaus, William D.: *Közgazdaságtan*. 2012, Akadémiai Kiadó, Budapest.

valamint a fenntartható fejlődési célok közötti kapcsolattal foglalkozó legfontosabb szakirodalmak. Ezáltal feltárásra kerültek azon kapcsolódási pontok, amelyek alkalmassá teszik ezen szerveződések arra, hogy kulcsszereplőként vegyenek részt a fenntartható fejlődési célok érdekében tett akciókban. Továbbá, a nemzeti versenyképesség is releváns indikátorként jelenik meg, hiszen az országok teljesítményét, gazdasági fejlődését és annak fenntarthatóságát jelzi. Az összefüggésvizsgálat alapján elmondható, hogy erős és pozitív lineáris kapcsolat áll fenn egy ország klasztereinek és klaszterpolitikájának fejlettségi állapota, valamint az adott ország versenyképessége és a fenntartható fejlődési célok elérésében való szerepvállalása között.

Kétségtelen, hogy a klasztereknek és a vállalati hálózatoknak fontos szerepük van a fenntarthatóság és a fenntartható fejlődési célok elérésében. Ennek részletesebb vizsgálatához mikro szintű adatokra van szükség, amelyek segítségével feltárhatóvá válnak ezen dinamikus kapcsolat elemei. Így jövőbeli kutatási irányként jelenik meg a klaszterekkel folytatott mélyinterjú vizsgálat.

A korrelációs összefüggés vizsgálat során bebizonyosodott, hogy a klaszterpolitika és a versenyképesség, illetve a fenntarthatósági törekvésekben való részvétel között pozitív lineáris kapcsolat áll fenn. Ennek vizsgálata kutatási részként jelenik meg a hazai szakirodalomban. Erre alapozva a kutatás következő lépéseként célunk megvizsgálni az Európai Unió és Magyarország klaszterpolitikáját, kiemelve a kapcsolódási pontokat a fenntartható fejlődési célokkal.

Felhasznált irodalom

- Álvarez, Isabel – Marin, Raquel – Fonfría, Antonio: The role of networking in the competitiveness of firms. in *Technological Forecasting and Social Change*, 2009/3, 410–421. o.
- Barbier, Edward B. – Burgess, Joanne C.: The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability. in *Economics*, 2017/1, 20170028.
- Cantwell, John: Innovation and Competitiveness. in Fagerberg, Jan – Mowery, David C.– Nelson, Richard R. (eds.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford. 2006, 543–567. o.
- Chikán Attila – Czákó Erzsébet (szerk.): *Versenyben a világgal. Vállalataink versenyképessége az új évezred küszöbén*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 2009.
- Chikán Attila – Molnár Boglárka – Szabó Erika: A nemzeti versenyképesség fogalma és támogató intézményrendszere. in *Közgazdasági Szemle*, 2018/64, 1205-1224.
- Európai Klaszter Együttműködési Platform: *Country factsheets on cluster policies and programmes*, 2022. <https://clustercollaboration.eu/in-focus/policy-acceleration/country-factsheets-on-cluster-policies-and-programmes> Letöltve: 2023.11.27.
- Európai Klaszter Együttműködési Platform: *Visual Reporting Site*, 2023. <https://reporting.clustercollaboration.eu/zone/in-europe> Letöltve: 2023. 11. 27.

- Egyesült Nemzetek Szövetsége: *Institutional Framework for Sustainable Development*, 2011. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12689/International_Framework_for_Sustainable_Development.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Letöltve: 2023. 06. 01.
- Györffy Ágnes – Pogácsa Zoltán: Vállalati hálózatok és versenyképességi tényezők a magyar gazdaságfejlődésben - Nyugat-Dunántúl példája. in *Vezetéstudomány - Budapest Management Review*, 2005/10, 38-50. o.
- Huber, Franz: Do Clusters Really Matter for Innovation Practices in Information Technology? Questioning The Significance of Technological Knowledge Spillovers. in *Journal of Economic Geography*, 2012/1, 107–126. o.
- Hyk, Vasyi – Vysochan, Oleh – Vysochan, Olha: Analysis of the relationship between the state of cluster development and sustainable growth: evidence from European countries. in *Eastern Journal of European Studies*, 2022/2, 246–261. o.
- Kuraś, Piotr: Cluster management standards in Poland in the context of sustainable management. in *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2019/Special Issue, 41–50. o.
- Leick, Birgit – Gretzinger, Susanne: Knowledge Sharing for Business Cluster and Business Network Contexts. in *Journal of Innovation Economics & Management*, 2022/33, 1–8. o.
- Levchenko, O.M. – Tkachuk, O.V. – Tsarenko, I.O.: The impact of cluster development on the countries' national competitiveness. in *Science and Education a New Dimension, Humanities and Social Sciences*, 2017/1, 90–93. o.
- Munier, Francis – Kern, Francis: Knowledge creation in networks: a comparison between firm-network and network of firms. in *Journal of Innovation Economics & Management*, 2009/4, 79–94. o.
- Paraušić, Vesna – Cvijanović, Drago – Mihailović, Branko – Veljković, Kristina: Correlation between the state of cluster development and national competitiveness in the Global Competitiveness Report of the World Economic Forum 2012-2013. in *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2014/ 1, 662–672. o.
- Paraušić, Vesna – Domazet, Ivana – Simeunović, Ivana: Analysis of the relationship between the stage of economic development and the state of cluster development. in *Argumenta Oeconomica*, 2017/ 39, 279–305. o.
- Porter, Michael E.: Clusters and the New Economics of Competition. in *Harvard Business Review*, 1998a/6, 77–90. o.
- Porter, Michael E.: *On Competition*. 1998b, The Free Press, New York.
- Purvis, Ben – Mao, Yong – Robinson, Robinson: Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. in *Sustainability Science*, 2018, 681–695. o.
- Sachs, Jeffrey D. – Lafortune, Guillaume – Fuller, Grayson – Drumm, Eamon: *Sustainable Development Report 2023*. 2023, Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN), New York.

- Sajtos László – Mitev Ariel: *SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv*. 2007, Alinea Kiadó, Budapest.
- Samuelson, Paul A. – Nordhaus, William D.: *Közgazdaságtan*. 2012, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Skawińska, Eulalia – Zalewsk, Romuald I.: *Role of clusters in sustainable development in the context of social market economy theory. Case of Poland*. 2009, <https://www.iiis.org/CDs2008/CD2009SCI/IMETI2009/PapersPdf/F927ZK.pdf> Letöltve:2023. 06. 01.
- Slavova-Georgieva, Irena – Bankova, Yovka: The role of clusters for sustainable development: Socially responsible practices, limitations and challenges. Case Study of a Bulgarian Industrial Cluster. in *Proceedings of the 34th International Academic Conference*, 2017, Florance. 272–298. o.
- Sölvell, Örjan: *Clusters and balancing evolutionary and constructive forces*. 2009, Ivory Tower Publishers, Stockholm. 16–17. o.
- Steiner Michael: The Discrete Charm of Clusters: An Introduction. in Steiner Michael (ed.): *Clusters and Regional Specialiazation: On Geography Technology Networks*. 2018, European Research in Regional Science, London, 1–17. o.
- Világbank: *GDP per capita (current US\$)*. 2022, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> Letöltve: 2023. 11. 28.
- Világgazdasági Fórum: *The Global Competitiveness Report 2019*. 2019, Világgazdasági Fórum, Köln, Svájc.
- World Commission on Environment and Development: *Our Common Future*. 1987, Oxford University Press, Oxford and New York.
- Jankowska, Barbara – Götz, Marta – Glówka, Cezary: Intra-Cluster Cooperation Enhancing SMEs' Competitiveness – The Role of Cluster Organisations in Poland. in *Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research*, 2017/39, 195–214. o.

Bioalapú polimer újrahasznosíthatóságának vizsgálata

1. Bevezetés

A fenntarthatóságot szem előtt tartva az erőforrások kitermelése nem folytatható az örökkévalóságig, ezzel együtt pedig a keletkező hulladék sem gyűjthető a végtelenségig szeméttelpeken. A fenti problémák megszüntetésének egyik lehetséges módja a hulladékok alapanyagként történő kezelése, azok újrahasznosítása. Manapság már számos üzem működik a legnagyobb mennyiségben használt kőolaj-alapú műanyagokból keletkezett hulladék újrahasznosítására. Ezek közé tartozik például a polipropilén, a polietilén és a polietilén-tereftalát^{1,2}.

Az újrahasznosítási technológiáknak általánosságban két fő csoportja ismert. Ebből az egyik a mechanikus újrahasznosítás, amely során a polimer hulladék egyszerű ledarálását követően a kapott műanyagőrleményből új terméket készítenek. Ennek az eljárásnak az egyik hátránya, hogy az így készített darab szerényebb mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik az eredetihez képest, azonban ezzel együtt is sokkal előnyösebb mind környezeti mind pedig gazdasági szempontból a másik megoldásnál, a kémiai újrahasznosításnál³. Kémiai újrahasznosítás során a polimerek hulladékot oldószerek, vagy más vegyi eljárás segítségével alkotóelemeire bontják és az így kinyert monomerekből új alapanyagot állítanak elő. A fentiekben túl újrahasznosításnak lehet tekinteni még a szeméttégetőkben történő feldolgozást, ami során az égés eredményeképp felszabaduló hőenergiát hasznosítják, ám ez pazarlásnak tekinthető, figyelembe véve, hogy a polimer termékeket a véges erőforrásnak számító kőolajszármazékokból készítik⁴.

Az újrahasznosítás mellett egyre inkább elterjedt egy másik lehetséges vonal a fenntarthatóság elősegítésére, ez pedig a biopolimerek alkalmazása a jelenleg használt „eldobható” műanyagok helyett. Biopolimernek lehet tekinteni azokat a polimereket, amelyek természetes erőforrásokból készülnek, mint például növényi

¹ Széchenyi István Egyetem, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Lendvai László, egyetemi docens, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

¹ FERDOUS, WAHID – MANALO, ALLAN – SIDDIQUE, RAFAT – MENDIS, PRIYAN – ZHUGE, YAN – WONG, HONG – LOKUGE, WEENA – ARAVINATHAN, THIRU – SCHUBEL, PETER: Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities, in *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 173, 105745.

² LENDVAI LÁSZLÓ – SINGH, TEJ – RONKAY FERENC: Thermal, thermomechanical and structural properties of recycled polyethylene terephthalate (rPET)/waste marble dust composites, in *Heliyon*, 2024, 10/3. szám, e25015.

³ UEKERT, TAYLOR – SINGH, AVANTIKA – DESVEAUX, JASON – GHOSH, TAPAJYOTI – BHATT, ARPIT – YADAV, GEETANJALI – AFZAL, SHAIK – WALZBERG, JULIEN – KNAUER, KATRINA – NICHOLSON, SCOTT – BECKHAM, GREGG – CARPENTER, ALBERTA: Technical, Economic, and Environmental Comparison of Closed-Loop Recycling Technologies for Common Plastics, in *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2023, 11/3. szám, 965-978. o.

⁴ IOELOVICH, MICHAEL: Energy potential of natural, synthetic polymers and waste materials-A Review, in *Academic Journal of Polymer Science*, 2018, 1/1. szám, 1-15. o.

szárakból vagy biomasszából⁵. A társadalom tagjainak többsége abban a tévhitben él, hogy a bioműanyagok könnyedén, külső beavatkozás nélkül elbomlanak, így nem szükséges a gyűjtésükkel, szelektálásukkal foglalkozni. Sajnálatos módon azonban ezt a hozzáállást követve ezek az előnyös anyagok is csak hozzájárulnak az egyre inkább felgyülemelő műanyag hulladék-hegyek növekedéséhez. Mivel az egyszerű szeméttelpeken nincsen kontrollálva a hőmérséklet, a páratartalom és a talajminőség, így a megfelelő körülmények hiányában ezek az anyagok sem képesek lebomlani, rosszabb esetben pedig csak tovább károsítják a talajt⁶.

A biopolimerek legjelentősebb képviselője jelenleg a politejsav (PLA)⁷. Ezt a biopolimert leginkább csomagolási célokra használják, emellett pedig 3D nyomtatásnál is a leggyakrabban használt filament alapanyag, elsősorban alacsony olvadáspontja és egészségre nem veszélyes volta miatt⁸. A PLA ideális körülmények között akár 30 nap alatt képes lebomlani. Ehhez azonban szükséges a korábban említett biotikus környezet, illetve az, hogy a PLA-t szeparáljuk más komponensektől, ha esetleg társítva van más műanyaggal, vagy kompozitként alkalmazták⁹. Bár a lebontás kézenfekvő megoldásnak tűnhet, ezzel az anyag szintetizálásába fektetett energia ilyen módon kárba vész, ami miatt logikusabb megoldásnak tűnhet az anyag újrahasznosítása. Előállításának magas költsége tovább indokolja ezen különleges anyag hatékonyabb felhasználását. PLA esetén, mint más polimereknél is, lehetőség van például annak kémiai újrahasznosítására, azaz a tejsav kinyerésére és abból új PLA gyártására, azonban ez a módszer drágább, mint a PLA elsődleges előállítása. A mechanikus újrahasznosítás részletesen tárgyalt kérdéskör, de a mechanikai tulajdonságokat illetően eltérő eredményeket lehet kapni, elsősorban a PLA sokfélesége és a gyártási módszerek eltérő jellege miatt¹⁰. 3D nyomtatásból hátramaradt hulladék összegyűjtésére és újrahasznosítására több példa is található a szakirodalomban^{11,12}.

A fröccsöntés az egyik legelterjedtebb gyártási eljárás műanyag termékek elkészítéséhez. A PLA ugyanúgy alkalmas ezzel a technológiával történő

⁵ BARANWAL, JAYA – BARSE, BRAJESH – FAIS, ANTONELLA – DELOGU, GIOVANNA – KUMAR, AMIT: Biopolymer: A Sustainable Material for Food and Medical Applications, in *Polymers*, 2022, 14, 983.

⁶ LIM, BERLINDA – KWEE, HONG – THIAN, ENG SAN: Biodegradation of polymers in managing plastic waste — A review, in *Science of The Total Environment*, 2022, 813, 151880.

⁷ LENDVAI LÁSZLÓ: Lignocellulosic agro-residue/poly(lactic acid) (PLA) biocomposites: Rapeseed straw as a sustainable filler, in *Cleaner Materials*, 2023, 9, 100196.

⁸ KOÇAR, OĞUZ – PARMAKSIZ, FURKAN – ANAÇ, NERGIZHAN – ERDOGAN, BEYTULLAH: Investigation of mechanical properties and thermal conductivity coefficients of 3D printer materials, in *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2023, 7/3. szám, 146-156. o.

⁹ MCKEOWN, PAUL – JONES, MATTHEW: The Chemical Recycling of PLA: A Review, in *Sustainable Chemistry*, 2020, 1, 1-22. o.

¹⁰ DEDIEU, ISABELLE – PEYRON, STÉPHANE – GONTARD, NATHALIE – AOUF, CHAHINEZ: The thermo-mechanical recyclability potential of biodegradable biopolyesters: Perspectives and limits for food packaging application, in *Polymer Testing*, 2022, 111, 107620.

¹¹ HIDALGO-CARVAJAL, DAVID – MUÑOZ, ÁLVARO HORTAL – GARRIDO-GONZÁLEZ, JOSÉ JAVIER – CARRASCO-GALLEGO, RUTH – ALCÁZAR, MONTERO VICTORIA: Recycled PLA for 3D Printing: A Comparison of Recycled PLA Filaments from Waste of Different Origins after Repeated Cycles of Extrusion, in *Polymers*, 2023, 15, 3651.

¹² BERGALIYeva, SALTANAT – SALES, DAVID LÉRIDA – DELGADO, FRANCISCO – BOLEGENOVA, SALTANAT – MOLINA, SERGIO: Manufacture and Characterization of Poly(lactic Acid) Filaments Recycled from Real Waste for 3D Printing, in *Polymers*, 2023. 15, 2165.

feldolgozásra, mint bármely más a hétköznapiakban használt szintetikus polimer¹³. A PLA-ból készült termékek újrahasznosításának vizsgálatával mindezidáig alig foglalkozott a szakirodalom. Badia és kollégái öt újrahasznosítási ciklusig jutottak ISO 527-2 szabvány alapján készült próbatest feldolgozása során¹⁴. Megállapították, hogy a többszöri újrahasznosítás hatására a PLA próbatestek mechanikai tulajdonságai romlottak a harmadik újrahasznosítást követően. Eredményeikben felmutatták többek között, hogy az ötödik újrahasznosítás után 28%-os csökkenés mutatkozott a húzó rugalmassági modulusz értékekben az első gyártási ciklushoz képest. Emellett a próbatestek egyre alacsonyabb, 21%-os csökkenésben maximalizálódó százalékos szakadási nyúlást mutattak. Ütővizsgálatok alapján az elsődleges, újrahasznosításon át nem esett PLA ütőmunkáját ~1.9 kJ/m²-ben határozták meg, míg az ötödik újrahasznosítási ciklus után ennél alacsonyabb, 1.7 kJ/m² körüli értéket mértek. Lopez és kutatótársai három különböző biopolimert (PLLA, Mater-Bi TF01U/095R and Mater-Bi YI014U/C) teszteltek újrahasznosításra, és további tesztként azokat megvizsgálták 30 tömegszázalék növényi szemcsével társítva is¹⁵. A PLLA esetén kimutatták, hogy minden újrahasznosítást követően (összesen nyolc újrahasznosítási ciklusnál) a szilárdsági értékek fokozatosan csökkentek. Első feldolgozás során 64.1 MPa szakítószilárdságot mértek, amely öt újrahasznosítás után 58.7 MPa-ra csökkent, majd az utolsó, nyolcadik újrahasznosítást követően 9.1 MPa-ra. Mindeközben a húzó rugalmassági modulusz értékei változatlanok maradtak, 2.5 GPa átlagos értéket adtak a mérési eredmények.

A jelen kutatás keretén belül elvégzett munka célja a PLA újrahasznosíthatóságának vizsgálata volt fröccsöntéses technológiával. A kutatómunka lényege, hogy meghatározzuk a többszöri feldolgozás hatására bekövetkező molekuláris szintű változásokat, és az ezek révén bekövetkező mechanikai tulajdonságok (pl. szakítószilárdság, ütőmunka) módosulását. A vizsgálathoz kereskedelmi forgalomban kapható PLA granulátumot alkalmaztunk, amelyből fröccsöntéses technológiával próbatestek készültek. A gyártást követően a fröccsöntött darabok késekes daráló segítségével ledarálásra kerültek, apró darabokra őrölve a gyártott termékeket. A kapott darálékot fröccsöntőgépbe adagolva új próbatestek lettek gyártva, így szimulálva az újrafeldolgozás folyamatát. Ez a folyamat tíz alkalommal lett megismételve. Bizonyos újrahasznosítási ciklusok után (1., 3., 5., 10.) minősítésre alkalmas darabok lettek félretéve különböző vizsgálatok céljából.

¹³ SWETHA, ANGELIN – BORA, ABHISPA – MOHANRASU, KULANTHAISAMY – BALAJI, PAULRAJ – RAJA, RATHINAM – PONNUCHAMY, KUMAR – MUTHUSAMY, GOVARTHANAN – ARUN, ALAGARSAMY: A comprehensive review on polylactic acid (PLA) – Synthesis, processing and application in food packaging, in *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, 234, 123715.

¹⁴ BADIA, VALIENTE JOSÉ DAVID – STRÖMBERG, EMMA – KARLSSON, SIGBRITT – RIBES-GREUS, AMPARO: Material valorisation of amorphous polylactide: Influence of thermo-mechanical degradation on the morphology, segmental dynamics, thermal and mechanical performance, in *Polymer Degradation and Stability*, 2012, 97/4. szám, 670-678. o.

¹⁵ LOPEZ, JUAN PABLO – GIRONES, JORDI – MENDEZ, JOSÉ ALBERTO – PUIG, JORDI – PELACH, SERRA ANGELS: Recycling Ability of Biodegradable Matrices and Their Cellulose-Reinforced Composites in a Plastic Recycling Stream, *Journal of Polymers and the Environment*, 2012. 20/1. szám, 96-103. o.

2. Felhasznált alapanyag, feldolgozási és vizsgálati módszerek

A kísérletekhez NatureWorks Ingeo 2003D típusú kereskedelmi forgalomban elérhető PLA granulátumot alkalmaztunk, amelynek sűrűsége 1240 kg/m^3 , olvadási hőmérséklete $170 \text{ }^\circ\text{C}$, folyásindexe pedig 6 g/10 perc . Ezek mellett a szakirodalom szerint 100422 és 183177 g/mol szám- és tömegszerinti molekulatömeggel rendelkezik, amelyhez 1.79 -es polidiszperzitási index társul¹⁶. A granulátum feldolgozást megelőzően 4 órán keresztül $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -on lett szárítva egy Faithful WGLL 125 BE szárítószekrényben (Huanghua, Cangzhou, Kína). A feldolgozás egy Arburg Allrounder 420C Golden Edition (Arburg, Lossburg, Németország) fröccsöntőgéppel történt. A gép fel volt szerelve egy kétfézes szerszámmal, amelynek révén fröccsöntési ciklusonként két darab ISO 527-2 szabványnak megfelelő 1A típusú próbatestet lehet gyártani. A gyártási paraméterei az 1. táblázatban láthatóak.

Záróerő	kN	700	Utónyomás-térfogat	ccm/s	10
Fúvókahőmérséklet	$^\circ\text{C}$	195	Utónyomás p1	bar	900
Adagtérfogat	ccm/s	55	Utónyomás p2	bar	800
Csigaforgás	m/min	20	Utónyomás t2	s	8
Fröccssebesség	ccm/s	50	Utónyomás p3	bar	250
Fröccsnyomás	bar	1400	Utónyomás t3	s	1,9
Átkapcsolási térfogat	ccm	16	Maradó hűtés	s	60

1. táblázat: Fröccsöntési paraméterek

A gyártás menete a következőképpen történt: A granulátumokból a fröccsöntőgéppel próbatestek lettek gyártva. Ebből a kiválasztott újrahasznosítási ciklusszámokat követően bizonyos mennyiség félre lett téve vizsgálatok céljából. A maradék próbatest le lett darálva egy F.Ili Virginio egytengelyű spirálkéses darálóval (Gambellara, Olaszország), amely három törötárcsával rendelkezik. Az elkészült darálékot ismételt fröccsöntőgépbe adagolva végeztük az újrahasznosítás folyamatát. Azon újrahasznosítási ciklusok sorszámát, amelyeket követően próbatesteket tettünk félre és azok jelölését a 2. táblázat foglalja össze.

Jelölés	Magyarázat
0_PLA	Gyári granulátumból gyártott próbatestek
1_PLA	Egyszer újrahasznosított próbatestek
3_PLA	Háromszor újrahasznosított próbatestek
5_PLA	Ötször újrahasznosított próbatestek
10_PLA	Tízszor újrahasznosított próbatestek

2. táblázat: Próbatest jelölések

¹⁶ LITAUSZKI KATALIN – GERE DÁNIEL – CZIGÁNY TIBOR – KMETTY ÁKOS: Environmentally friendly packaging foams: Investigation of the compostability of poly(lactic acid)-based syntactic foams, in *Sustainable Materials and Technologies*, 2023, 35, e00527.

A mérések magukban foglaltak szakítóvizsgálatot és ütővehajlító vizsgálatot. A szakítóvizsgálat egy Instron 5582 (Instron, Norwood, USA) jelzésű univerzális szakítógépen történt, amelynél kezdetben 1 mm/perc húzási sebesség volt alkalmazva a húzó rugalmassági modulusz meghatározásához, majd egy adott pont (0.3% megnyúlás) elérése után ez meg lett növelve 5 mm/perc sebességre.

Az ütővehajlító vizsgálat egy Ceast 6545 (Ceast, Torino, Olaszország) típusú gépen történt, bemetszés nélküli, a piskóta próbatestekből kivágott $80 \times 10 \times 4$ mm³ térfogatú hasáb alakú próbatesteken. Ehhez a méréshez egy 15 J-os kalapács volt használva. Minden vizsgálatnál legalább öt próbatest volt felhasználandó és azok eredményeiből átlag és szórás lett számolva, adott szórásmezőre normál eloszlást feltételezve (68% konfidencia intervallum).

3. Eredmények

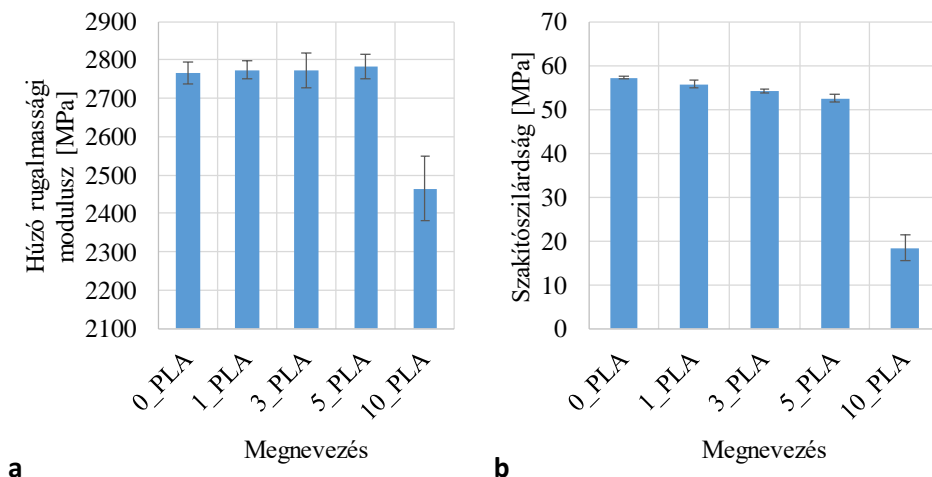
A gyártás során a PLA próbatestek fokozatos, egyre sötétebb színeződése látható az 1. ábrán, ami az anyag fokozatos degradációjára enged következtetni.



1. ábra: A gyártott próbatestek különböző számú újrahasznosítást követően

A gyártott darabokon végzett szakítóvizsgálatok eredményeit a 2. ábra foglalja össze. A szakítóvizsgálatok eredményei alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a modulusz érték az első öt újrahasznosítási ciklusig nem változik, a 0_{PLA}-hoz közeli értéket megtartja. A csökkenés szakítószilárdság esetén sem jelentős, mindössze 8% az ötödik újrahasznosításig, viszont folyamatos. A tizedik újrahasznosítás után azonban drasztikus, közel 70%-os csökkenést mutat a szakítószilárdság a 0_{PLA}-hoz képest. A modulusz értéke is 11%-kal csökkent az első gyártási sorozathoz képest. Ennek oka elsősorban abban található, hogy a mechanika (darálás) és termikus (ömladék állapotú feldolgozás) igénybevételek

hatására a láncmolekulák töredeznék, ami, ridegebbé teszik az anyagot¹⁷. Ebből a megfontolásból szoktak bizonyos esetekben láncnövelő szereket alkalmazni, hogy segítségükkel kompenzálják a láncmolekulák csökkenő hosszát¹⁸, ami egy ígéretes folytatása lehet a jelen kutatásnak is.

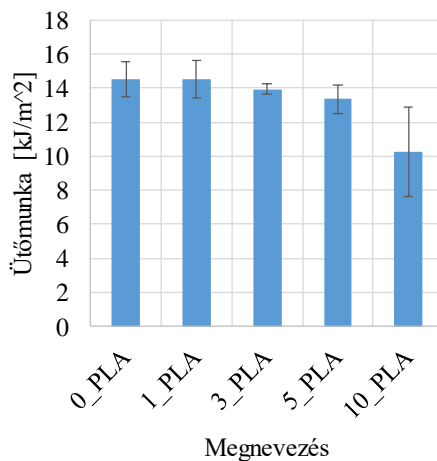


2. ábra: Különböző mértékben újrahasznosított PLA próbatestek húzó rugalmassági modulusza (a) és szakítószilárdsága (b)

Az ütvehajlító vizsgálatok eredménye a 3. ábrán látható. Az oszlopdiagramon látszik a szakítóvizsgálathoz hasonló eredmény, miszerint az ötödik újrahasznosításig fokozatos, de mérsékelt csökkenés jelentkezik a fajlagos ütőmunkában, azonban később, a tizedik újrahasznosításnál már jelentősen elridegedett az anyag. Ez továbbra is láncmolekulák tördelődésére utal, amely csökkenti a PLA dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállását. Ezt a feltételezést molekulatömeg mérések révén is alátámasztottuk. A mérések alapján mind a számszerinti (M_n), mind a tömegszerinti molekula tömeg (M_w) csökkenő tendenciát mutatott. A tizedik újrahasznosítás után mindkét paraméter több mint 55%-kal alacsonyabbra adódott az újrahasznosítatlan PLA mintákhoz képest.

¹⁷ CERETTI, DANIEL VICTOR AMARAL – EDELEVA, MARIYA – CARDON, LUDWIG – D’HOOGHE, DAGMAR: Molecular Pathways for Polymer Degradation during Conventional Processing, Additive Manufacturing, and Mechanical Recycling. in *Molecules*, 2023, 28

¹⁸ FREDI, GIULIA – DORIGATO, ANDREA: Recycling of bioplastic waste: A review, in *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 2021, 4/3. szám, 159-177. o.



3. ábra: Különböző mértékben újrahasznosított PLA próbatestek fajlagos ütőmunkája

4. Összegzés

Az elvégzett kísérlet célja az volt, hogy megállapítsuk a PLA, mint legelterjedtebb biopolimer újrahasznosíthatóságra való alkalmasságát fröccsöntési technológia alkalmazásakor. A kutatás folyamán megállapítottuk, hogy a megfelelően összegyűjtött és kiválogatott PLA újrahasznosítása több alkalommal lehetséges alacsony mechanika tulajdonság romlás mellett. A mérési eredmények alapján elmondható, hogy öt újrahasznosítási ciklusig a politejsav mechanikai tulajdonságai (szakítószilárdság, húzó rugalmassági modulusz, ütőmunka) nem változnak jelentősen, a csökkenés mértéke a vizsgált tulajdonságok tekintetében ekkor még 10% alatti. Ezt követően azonban már jelentősen csökkennek a szilárdsági értékek, az anyag ridegebbé válik. Az eredmények erős érveket nyújtanak a politejsav szelektív gyűjtésének előmozdítására és a gyártósorokon való politejsav hulladék újrahasznosítására.

Felhasznált irodalom

- Ferdous, Wahid – Manalo, Allan – Siddique, Rafat – Mendis, Priyan – Zhuge, Yan – Wong, Hong – Lokuge, Weena – Aravinthan, Thiru – Schubel, Peter: Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities, in *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 173, 105745.
- Lendvai László – Singh, Tej – Ronkay Ferenc: Thermal, thermomechanical and structural properties of recycled polyethylene terephthalate (rPET)/waste marble dust composites, in *Heliyon*, 2024, 10/3. szám, e25015.
- Uekert, Taylor – Singh, Avantika – Desveaux, Jason – Ghosh, Tapajyoti – Bhatt, Arpit – Yadav, Geetanjali – Afzal, Shaik – Walzberg, Julien – Knauer, Katrina – Nicholson, Scott – Beckham, Gregg – Carpenter, Alberta: Technical,

Economic, and Environmental Comparison of Closed-Loop Recycling Technologies for Common Plastics, in *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2023, 11/3. szám, 965-978. o.

- Ioelovich, Michael: Energy potential of natural, synthetic polymers and waste materials-A Review, in *Academic Journal of Polymer Science*, 2018, 1/1. szám, 1-15. o.
- Baranwal, Jaya – Barse, Brajesh – Fais, Antonella – Delogu, Giovanna – Kumar, Amit: Biopolymer: A Sustainable Material for Food and Medical Applications, in *Polymers*, 2022, 14, 983.
- Lim, Berlinda – Kwee, Hong – Thian, Eng San: Biodegradation of polymers in managing plastic waste — A review, in *Science of The Total Environment*, 2022, 813, 151880.
- Lendvai László: Lignocellulosic agro-residue/poly(lactic acid) (PLA) biocomposites: Rapeseed straw as a sustainable filler, in *Cleaner Materials*, 2023, 9, 100196.
- Koçar, Oğuz – Parmaksiz, Furkan – Anaç, Nergizhan – Erdogan, Beytullah: Investigation of mechanical properties and thermal conductivity coefficients of 3D printer materials, in *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2023, 7/3. szám, 146-156. o.
- Mckeown, Paul – Jones, Matthew: The Chemical Recycling of PLA: A Review, in *Sustainable Chemistry*, 2020, 1, 1-22. o.
- Litauszki Katalin – Gere Dániel – Czigány Tibor – Kmetty Ákos: Environmentally friendly packaging foams: Investigation of the compostability of poly(lactic acid)-based syntactic foams, in *Sustainable Materials and Technologies*, 2023, 35, e00527.
- Ceretti, Daniel Victor Amaral – Edeleva, Mariya – Cardon, Ludwig – D'hooge, Dagmar: Molecular Pathways for Polymer Degradation during Conventional Processing, Additive Manufacturing, and Mechanical Recycling, in *Molecules*, 2023, 28.
- Fredi, Giulia – Dorigato, Andrea: Recycling of bioplastic waste: A review, in *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 2021, 4/3. szám, 159-177.

A szerkezeti és geometriai romlás hatása a közúti vasúti felépítményrendszerekre: élettartam meghatározása geometriai és dinamikai módszerek alkalmazásával

1. Bevezetés

Budapesten a közösségi közlekedés egyik legrelevánsabb típusa a városi kötöttpályás közlekedés (közúti és közúttól elkülönített vasút). A fővárosban a Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság (BKV Zrt.) 39,4 kilométer metróhálózat, valamint több, mint 300 kilométer városi vasúti pálya üzemeltetéséért és fenntartásáért felel, a villamosvonalakat naponta több százezer² utas veszi igénybe.

A városi vasút (más néven közúti vasút vagy villamos) pályahálózatán 27 vonalat különböztetünk meg, melyeken a BKV Zrt. hétféle felépítményrendszert³ alkalmaz. A vasúti pályák állapotának vizsgálata és karbantartása elengedhetetlen a biztonságos és megbízható közlekedés mindennapi garantálásához.

A BKV Zrt. külön utasításban⁴ szabályozza a Villamos Pálya- és Műtárgyfenntartási Szakszolgálat pályafelügyeleti feladatait, eszerint több pályavizsgálati módszert különböztethetünk meg:

- gyalogbejárás,
- a felépítményi szerkezetek vizsgálata,
- vágánymérés (kézi/gépi).

Fentiek mellett a Metalelektro Méréstechnika Kft. által fejlesztett mérővillamossal⁵ járműdinamikai méréseket végeznek, adott rendszerességgel.

A BKV Zrt. P.1.I. Közúti vasúti pályaeépítési és fenntartási műszaki utasítás kötete bár tartalmaz a felépítményrendszerek kiválasztására vonatkozó szempontokat, azok konkrét geometriai avulása, élettartama nem ismert.

2. Módszerek

A BKV Zrt. hálózatán alkalmazott felépítményrendszerek két nagy csoportba oszthatók: ún. nyitott és burkolt vágányok. A nyitott vágányok esetében a zúzottkő ágyazatú felépítmény a legtöbbször alkalmazott, míg a többi felépítményrendszer általában burkolt kivitelezésben valósul meg. Ezek a felépítményrendszerek a

¹ Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola (SZE MMTDI), Témavezető: Prof. Dr. Fischer Szabolcs, egyetemi tanár, Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék

² A BKK számokban: www.bkk.hu

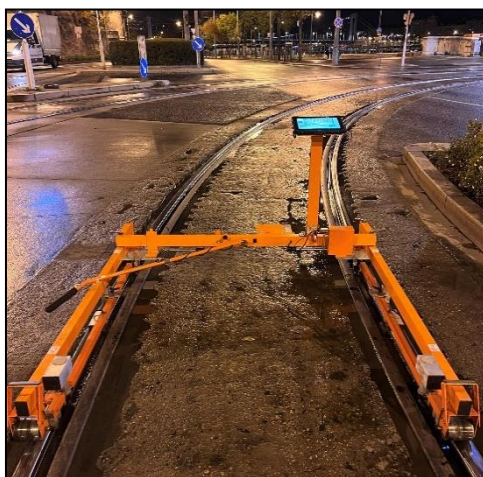
³ BKV Zrt.: Közúti vasúti pályaeépítési és fenntartási műszaki utasítás, P.1.I. kötet, 2019.

⁴ BKV Zrt.: Közúti vasúti pályafelügyeleti és pályakarbantartási utasítás, P.2. kötet, 2019.

⁵ Metalelektro Méréstechnika Kft.: A közúti vasúti vágányok pályaalapot-felmérésére alkalmas, Ganz 8 tengelyes villamos motorkocsira felszerelt, inerciális szenzor alapú képrögzítő rendszerrel kiegészített járműdinamikai mérőrendszer felhasználói kézikönyv, 2016.

bebetonozott ágyazatú, a betonlemez, a rugalmasan alátámasztott, folyamatos sínágyazású három különböző fajtája (RAFS I/II/III), illetve a nagypaneles felépítményrendszer.

A városi vasúti pálya szerkezeti elemeinek, azaz a sínek, sínleerősítések, alátámasztások – burkolt pálya esetén a burkolat – romlása a gyalogbejárások során szabad szemmel is észrevehető, de nagyon szubjektív módon számszerűsíthető csak az állapotuk. A vasúti pálya geometriai állapotának megállapításához, a fenntartásnál-üzemeltetésnél betartandó geometriai mérethatárok méréséhez azonban kézi vagy gépi vágánymérés szükséges. A vágánymérés általában a Metalelektro Méréstechnika Kft. által fejlesztett TrackScan 4.01 műszerrel (**1. ábra**) történik, amely számos geometriai jellemzőt képes egyszerre mérni és az adatokat rögzíteni: nyomtávolságot, vezetéstávolságot, túlemelést, irányt, süppedést, siktorzulást⁶.



18. ábra: TrackScan 4.01 műszer (saját fotó)

A mérővillamossal (**2. ábra**) – amely egy GANZ nyolctengelyű, ipari csuklós villamos motorkocsi – a járműdinamikai jellemzők mérése a 7 darab 3 tengelyű, fix telepítésű gyorsulásmérő szenzorokkal történik, amelyek a kerékre, a forgóváz hossztartóra és a kocsiszekrényre lettek rögzítve. A mérőrendszer további 2 darab videókamerából, valamint GPS vevő és útjel fogadóból áll. A gyorsulásmérők az érintő-, sugár és tengelyirányú gyorsulásokat, valamint a haladási irányra merőlegesen keltett és haladási irányban keltett gyorsulásokat képes rögzíteni⁷.

⁶ <https://hu.metalelektro.eu/>

⁷ Jóvér Vivien, Dr. habil. Fischer Szabolcs: Közúti vasúti felépítményrendszerek vágánygeometriai és járműdinamikai vizsgálata, CityRail 2022, 121-135.o.



19. ábra: Mérővillamos (saját kép)

A mérővillamossal végzett mérések hátránya, hogy bár a mért és rögzített járműdinamikai jellemzők megfelelő kiértékelésével egy bizonyos mértékig következtetni lehet a vasúti pálya állapotára, a mérések során a villamos végsebessége 25 km/h. A mindennapokban azonban a menetrend szerint közlekedő villamosok sebessége jóval nagyobb, két megállóhely között akár az 50 km/h sebességet is elérik (egyes pályákon akár ennél nagyobb sebességet is megengedhet a KRESZ és a pályatervezési utasítás). A különböző felépítményrendszerek életciklusának vizsgálatához így elengedhetetlen, hogy a menetrend szerint közlekedő villamosok járműdinamikáját is megvizsgáljuk, elemezzük és számításba vegyük ezek eredményeit.

A menetrend szerint közlekedő villamosok járműdinamikai méréseihez a kutatás keretén belül megépítésre került egy komplex, hordozható műszer, amely gyorsulásmérőkből és GPS-ből áll (3. ábra). Segítségével bármikor, bármelyik vonalon közlekedő, bármilyen típusú járművön lehetséges méréseket végezni. A több eszközkomponensből álló műszer két különálló műszerként is működik. Az 1. műszer egy nagyobb egység, amelyet a mérések során rendszerint a menetrend szerint közlekedő jármű padlójára rögzítünk. Az ADXL345 gyorsulásmérő mellett ebben az egységben található a GPS modul is. A 2. műszer egy kisebb műszer, amely a mérések során könnyen rögzíthető a járművek ablakára. Ez az egység szintén egy ADXL345 gyorsulásmérőt tartalmaz. A műszerek könnyű hordozhatóságát teszi lehetővé, hogy az energiaellátásuk egy külső powerbank-ról biztosított (5 V, DC, ~1 A).



20. ábra: 1. és 2. műszer (saját kép)

Jelen cikk keretén belül bemutatásra kerül a menetrend szerint közlekedő villamosok járműdinamikai méréseikhez használt, komplex hordozható műszerrel való mérés és eredményének kiértékelése.

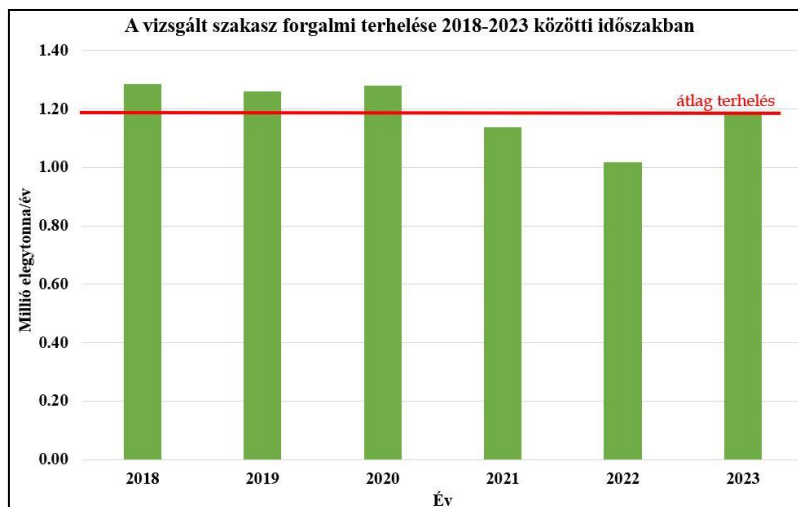
3. A vizsgált szakasz

A vizsgált szakasz 1715 méter hosszú, felépítményi kialakítása hagyományos zúzottkő ágyazatú. Az alkalmazott sínprofil MÁV48, az alátámasztás zúzottkő ágyazatban vasbeton keresztalj, amelyekre a sinszálak GEO típusú sínleerősítéssel vannak rögzítve. A vízszintes vonalvezetés változó: főleg egyenes, azonban egy 64 méter hosszú ($R=502$ m) jobb irányú ív, egy 212 méter hosszú ($R=605$ m) jobb irányú ív, egy 225 méter hosszú ($R=502$ m) bal irányú ív és még egy 145 méter hosszú ($R=309$ m) bal irányú ív található a szakaszon. A vasúti pálya magassági vonalvezetése átlagosan 4,9‰-kel (értstd: 0,49‰-kal) emelkedik. A szakaszon két csoport szintbeni útátjáró, négy megállóhely található, ellenben kitérő nem.

A városi vasúti villamosvonalak osztályozása rendszerint a forgalmi terhelés alapján történik. Az egyes vonalak átgördült elegytonnájának – azaz az adott vonalon közlekedő összes jármű összesített tömege egy év alatt – meghatározása alapján négy forgalmi terhelési osztályt különböztetünk meg: rendkívül nagy terhelésű vonal, nagy terhelésű vonal, közepes terhelésű vonal és kis terhelésű vonal⁸.

A szakasz 2018-2023 évek közötti időszakban vizsgált forgalmi terhelése átlagosan 1,19 millió elegytonna/év, azaz kis terhelésű vonal (**4. ábra**). A villamosvonalon két összekapcsolt Tatra T5C5 motorkocsi vagy Ganz csuklós villamosok közlekednek, átlagosan 15 perces időközönként.

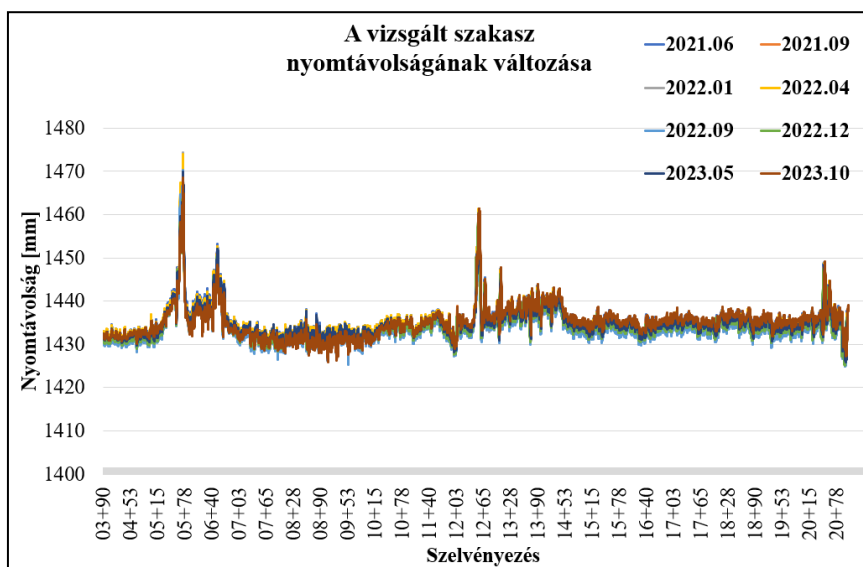
⁸ BKV Zrt.: Közúti vasúti infrastruktúra tervezési irányelvek, 2019.



21. ábra: A vizsgált szakasz forgalmi terhelése 2018-2023 közötti időszakban

3.1. A vizsgált szakasz geometriai állapota

A vizsgált szakaszon a geometriai jellemzők mérése a **2. fejezetben** ismertett TrackScan 4.01 műszerrel történtek 2021. június és 2023. október közötti időszakban, összesen nyolc alkalommal. Az **5. ábrán** látható, hogy a mérések során a nyomtávolság paraméter értékei minimálisan növekedtek, azaz nyombővülés a jellemző.



22. ábra: A vizsgált szakasz nyomtávolságának változása 2021.06. - 2023.10. között

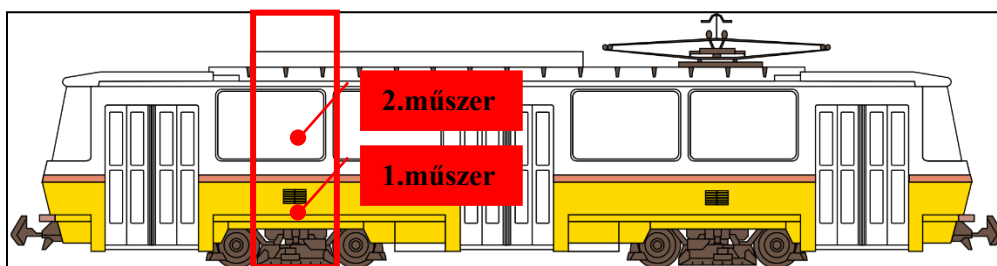
Az irány paraméter mérése külön történik a bal és a jobb sínszálon. Ezen értékek trendvonala a vizsgált időintervallumban jellemzően csökkenő volt, a bal és a jobb sínszálon közel azonos helyen jelentkeztek a kiugró értékek.

Fontos geometriai paraméter továbbá a süppedés (más néven „hosszfekszint”). A TrackScan 4.01 műszer az irány paraméterhez hasonlóan ez esetben is mind a bal, mind a jobb sínszál süppedését méri és rögzíti. Ezek trendvonala a vizsgált időszakban kis mértékben növekvő. A bal és a jobb sínszálaban általában nem ugyanott jelentkeznek kiugró értékek. Ebből a sínszálak külön mértékű süppedésére lehet következtetni, amely a helyszíni bejárás során is bebizonyosodott. (Ezt a geometriai hibajelenséget szokás keresztüspannedésnek nevezni, amely értéket a túlemelés és a siktorzulás jellemző is kimutat.)

3.2. Járműdinamikai jellemzők mérése menetrend szerint közlekedő járműveken

A menetrend szerint közlekedő járműveken végzett mérésekkel kapcsolatosan fontos megjegyezni, hogy a mérések és azok kiértékelése még kezdeti fázisban van. Számos további mérés elvégzése és az eredmények megfelelő kiértékelése szükséges ahhoz, hogy a geometriai állapot és a járműdinamikai mérések összehasonlításából megfelelően lehessen következtetni a különböző felépítményrendszerek romlására, élettartamára. A következőkben a jövőben egyre pontosabbá váló kezdeti mérések és azok kezdetleges kiértékelése kerül bemutatásra – amelyeket az ösztöndíjas időszakom végéig még javítok és kiegészíték.

A vizsgált szakaszon a menetrend közlekedő járművön a mérés 2024 márciusában, hétköznap, az esti órákban történt. A jármű két összekapcsolt Tatra T5C5 motorkocsi volt, a műszerek az első motorkocsiban a hátsó forgóváz fölé kerültek elhelyezésre (6. ábra). Az 1. műszer a motorkocsi menetirányának megfelelő jobb oldalán a padlón, a 2. műszer a menetirányának megfelelő bal oldalon az ablakon. Az ADXL345 gyorsulásmérő a_x tengelye a menetirányának megfelelő volt.

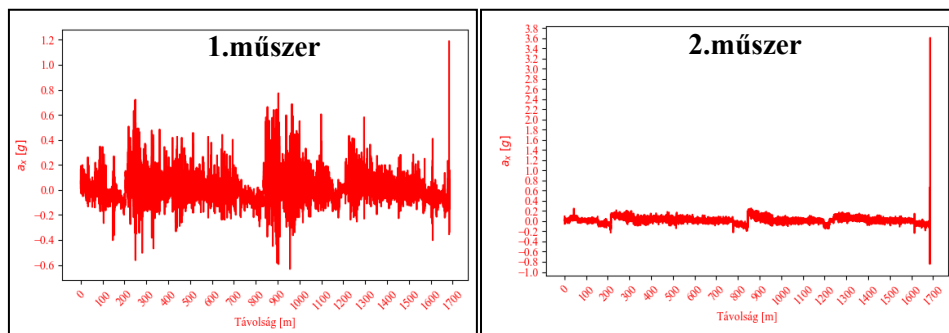


23. ábra: A műszerek elhelyezése a Tatra T5C5 motorkocsin (forrás: www.villamosok.hu)

A mérés során a villamos minden megállóhelyen megállt.

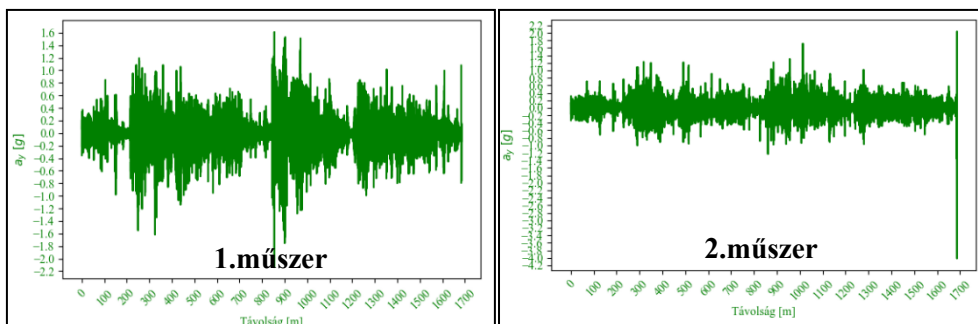
A 7. ábrán láthatók a gyorsulásmérő a_x rögzített adatai. Ezen mérési eredményekből következtethetünk a jármű gyorsítási-lassítási „műveleteire” és a szabálytalan, hosszirányú rázás-szerű járműrezgésekre-gyorsulásokra. Jelen fázisban

ezen két adatsor figyelembevétele és elemzése nem releváns a kutatás szempontjából.



24. ábra: 1. és 2. műszer ax [g] mérési eredményei

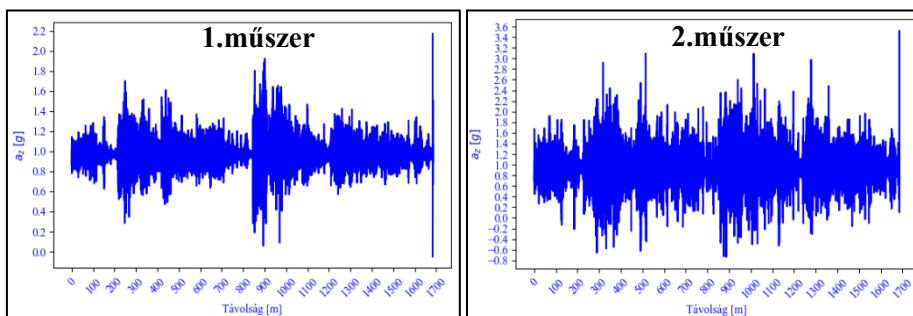
A **8. ábrán** láthatók a gyorsulásmérő a_y rögzített adatai. Ezen tengely mérési eredményeiből következtethetünk az oldalirányú pályaeigenletlenségekre (irányeltérések és -hibák), valamint részben a keresztüppedés-túlemelés-jellemzők változására – valamint átmenet nélküli-hirtelen változásaira –, illetve ívekben a fellépő centrifugális gyorsulás is befolyásolja. Az adatelemzéshez a jövőben jelentős számú mérés elvégzése és a mérések részletes és alapos matematikai-statisztikai kiértékelései alapján korrelációs összefüggések felállítása és meghatározása, valamint validálása szükséges. Az 1. és a 2. műszer esetében a diagramok bizonyos helyeken eltérnek. Amikor az értékek csökkennek, az minden esetben a villamos megállóhelyre való érkezését és a megállását jelenti, a sebesség csökkenésével az a_y értékei is csökkennek.



25. ábra: 1. és 2. műszer ay [g] mérési eredményei

A **9. ábrán** láthatók a gyorsulásmérő a_z rögzített adatai. Ezen tengely mérési eredményeiből következtethetünk az függőleges pályaeigenletlenségekre (üppedés, hegesztési-sínillesztési hibák stb.), esetleg keresztfekszint-üppedés-túlemelés-eltérésekre és hibákra, valamint átmenet nélküli-hirtelen változásaira. Az 1. és a 2. műszer esetében a diagramok nagy részben megegyeznek, de bizonyos helyeken eltérnek. Amikor az értékek csökkennek, az minden esetben a villamos megállóba való érkezését és a megállását jelenti, a sebesség csökkenésével az a_z tengely értékei

is csökkennek. Az **5. ábrán** ismertetett nyomtávolság paraméter és a **9. ábrán** ismertetett gyorsulásmérő a_z tengelyének kiugró értékei esetében találunk közös pontokat. Részletes elemzéssel igazolni vagy cáfolni szükséges ezt a feltételezést.



26. ábra: 1. és 2. műszer az [g] mérési eredményei

4. Konklúzió

A közúti vasúti felépítményrendszerek romlásának, élettartamának meghatározásához az inspekción kívül a geometriai-dinamikai mérések alkalmazása is létfontosságú.

A BKV Zrt. hálózatán a közúti vasúti pályák geometriai állapotát a TrackScan 4.01 műszerrel lehetőség mérni, míg a mérővillamos megadott sebességgel rögzíti a járműdinamikai jellemzőket. Fontos azonban a menetrend szerint közlekedő járművek dinamikájának – és a pályageometriai hibákra adott dinamikai „válaszok” vizsgálata is, melyre a kutatás keretén belül megépítésre került egy komplex, hordozható műszer, amely gyorsulásmérőkből és GPS-ből áll. Ezzel bármikor, bármelyik vonalon közlekedő, bármilyen típusú járművön lehetséges méréseket végezni. A több komponensből álló műszer két különálló műszerként is működik.

A menetrend szerint közlekedő járműveken végzett mérések eredményeinek elemzése során – az elméleti összefüggések szerint – megfelelő korrelációt (jelen esetben csak feltételezett trendet) lehet találni a villamos pályák geometriai állapotával, azonban további mérések elvégzése és elemzése szükséges a pontos következtetésekhez. A különböző mérési módszerek összehasonlítása és összefüggések keresése elengedhetetlen a kutatás céljának eléréséhez.

Felhasznált irodalom

- A BKK számokban: www.bkk.hu, elérhető: 2024.04.20.
- BKV Zrt.: Közúti vasúti infrastruktúra tervezési irányelvek, 2019.
- BKV Zrt.: Közúti vasúti pályaeépítési és fenntartási műszaki utasítás, P.1.I. kötet, 2019.
- BKV Zrt.: Közúti vasúti pályafelügyeleti és pályakarbantartási utasítás, P.2. kötet, 2019.
- <https://hu.metalelektron.hu/>, elérhető: 2024.04.20.

- Jóvér Vivien, Dr. habil. Fischer Szabolcs: Közúti vasúti felépítményrendszerek vágánygeometriai és járműdinamikai vizsgálata, *CityRail 2022*, 121-135.o.
- Metalelektro Méréstechnika Kft.: A közúti vasúti vágányok pályaállapot-felmérésére alkalmas, Ganz 8 tengelyes villamos motorkocsira felszerelt, inerciális szenzor alapú képrögzítő rendszerrel kiegészített járműdinamikai mérőrendszer felhasználói kézikönyv, 2016.
- www.villamosok.hu, elérhető: 2024.04.20.

Újragyártott villamos gépek az e-mobilitásban

Kivonat

Az Európai Unió egyre nagyobb hangsúlyt fektet a fenntartható és környezetbarát termékekre, ami jelentős nyomást gyakorol a gyártókra. Ennek eredményeként a leselejtezett villamos gépek újragyártása várhatóan profitábilis ipari szegmenssé válhat. A leselejtezett villamos gépek paramétereinek azonosítása alapvető szerepet fog játszani az újratervezési és újragyártási folyamatok elvégzésében. A szakirodalomban már megjelent néhány esettanulmány ezzel a probléma körrel kapcsolatban. Néhány nyíltan hozzáférhető végeselemes modell azonban alapul szolgálhat az újratervezéshez szükséges numerikus módszerek összehasonlításához és validálásához. Jelen kutatás egy kísérleti szinkron reluktancia gép végeselemes szimulációhoz szükséges paramétereinek azonosítási folyamatát mutatja be, mint az álló- és forgórész geometria, az anyagtulajdonságok és a tekercselési séma. A kialakított villamosgép modell egyúttal szabadon hozzáférhető benchmark-problémaként is szolgál.

1. Bevezető

Az Európai Unióban a közlekedési szektor környezeti terhelésének jelentős csökkentése a személygépkocsik fenntartható villamosításával lehetséges. Mivel ezen járművek fejlesztési ideje és élettartama rövidebb, mint más közlekedési eszközöké, ezért az újszerű tervezési megoldások és innovatív termékek rövid távon jelentős piaci térnyerésre tehetnek szert.^{2,3} A politikai nyomás az autóipar felé jövőben még inkább növekedni fog környezetvédelmi szempontból. Továbbá, a Global Automotive Consumer Study⁴ eredménye arra utal, hogy ez a nyomás a vásárlók oldaláról is meg fog jelenni. Várhatóan a jövőben az autóipari gyártók és beszállítók számára piaci előnyt fog jelenteni a fenntartható termékek gyártása. Egy ilyen politikai nyomás a körforgásos gazdasági modell bevezetése. Ennek a legfontosabb szempontjai az alábbiak: 1) A termék élettartamának meghosszabbítása. 2) Az alapanyagok kiválasztása és felhasználása úgy, hogy azok a gazdasági körforgásban a lehető leghosszabb ideig szerepeljenek. 3) A termékek

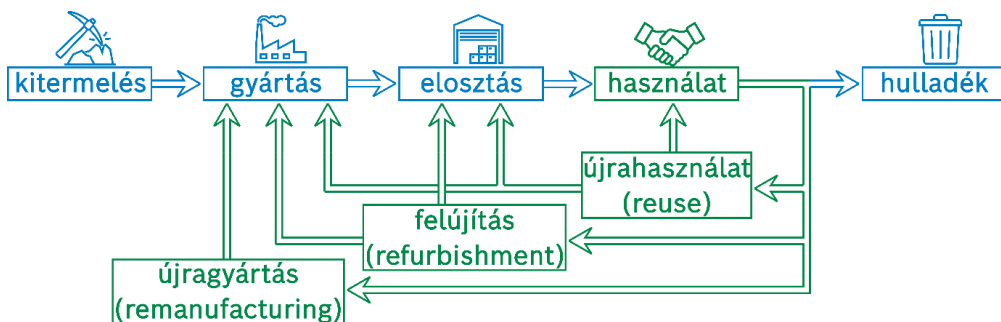
¹ SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Orosz Tamás, egyetemi docens, Audi Hungária Járműmérnöki Kar, Teljesítményelektronika és Villamos Hajtások Tanszék

² Katona Mihály, Orosz Tamás: Villamos gépek a körforgásos gazdasági modellben, in *XIII. Mechwart András Ifjúsági Találkozó: Konferenciakiadvány*, 2023. szeptember 19. Siófok, 81-87. o.

³ European Environment Agency: Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives: TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. Publications Office, 2018. doi: 10.2800/77428

⁴ Deloitte: Global Automotive Consumer Study, <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consumerbusiness/articles/global-automotive-consumer-study.html>, 2024. március. 28.

kialakítása úgy, hogy azok fenntarthatóságra tervezettek („sustainable by design”). A termék élettartama vagy annak a gazdaságban betöltött szerepe újrafelhasználással (reuse), felújítással (refurbishment), újragyártással (remanufacturing) vagy újrafeldolgozással (recycle) növelhető.



1. ábra A körforgásos gazdasági modell vázlat⁵

Ebből az újragyártás egy élettartamot növelő beavatkozás, ahol új működési elv alkalmazása mellett történik az eredeti előírásoknak vagy az új követelményeknek való megfelelés elérése.⁶ A tisztán szinkron reluktancia elven működő villamos gépek hajtómotorként való alkalmazása az elektromos autókban még nem elterjedt, a kisebb nyomatéksűrűségük és az alacsonyabb teljesítménytünezőjük miatt az állandómágneses szinkrongépekhez képest.⁷ Hajtásuk emiatt nagyobb teljesítményű invertert igényel, amely csökkenti a termék versenyképességét.⁸ Kis teljesítményű, olcsó, beszerezhető és környezetbarát ferrit mágnesek alkalmazása javítja a géptípus kimeneti jellemzőinek értékét.⁹ A Széchenyi István Egyetem Teljesítményelektronika és Villamos Hajtások Tanszék laboratóriumában található két mágnesmentes szinkron reluktancia villamos gép. Az egyik motor magas tekercselési ellenállást mutat, amely nem kívánatos. A fenntarthatósági célok eléréséhez és a körforgásos gazdasági modellbe való beilleszkedés szempontjából az alumínium tekercselés megfelelőbb, mint a réztekercselés, mivel annak újrahasznosítása beolvastással lehetséges a villamos

⁵ Katona., i. m. 2023.09, 83. o.

⁶ Yuliya Kalmykova, Madumita Sadagopan, and Leonardo Rosado: Circular economy: From review of theories and practices to development of implementation tools, Resources, Conservation and Recycling, vol. 135, pp. 190–201, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.10.034.

⁷ Alessandro Acquaviva, Michela Diana, Bharadwaj Raghuraman, Linnea Petersson and Shafiqh Nategh: Sustainability Aspects of Electrical Machines For E-Mobility Applications Part II: Aluminium Hairpin vs. Copper Hairpin, IECON 2021 – 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Toronto, ON, Canada, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/IECON48115.2021.9589649.

⁸ Reza Rajabi Moghaddam, Freddy Magnussen and Chandur Sadarangani: Theoretical and Experimental Reevaluation of Synchronous Reluctance Machine, in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 57, no. 1, pp. 6-13, Jan. 2010, doi: 10.1109/TIE.2009.2025286.

⁹ Xuefeng Xu, Bingyi Zhang, Dezhi Chen, and Junming Zheng: Research on power density improvement for interior permanent magnet synchronous machine based on permanent magnet minimization, IET Electric Power Applications, vol. 16, no. 11, pp. 1339–1351, 2022, doi: 10.1049/elp2.12231

gép vasanyagával közös olvasztótégelyben.¹⁰ Az alumínium nem szennyezi a vasat az olvasztási folyamat során, mint a réz.¹¹ Emellett a ferrit mágnesek ritkaföldfémeket nem tartalmazó mágnesek, ellentétben a neodímium-vas-boron (NdFeB) mágnesekkel, amely jelenleg a legelterjedtebben használt mágnes.¹² A ritkaföldfémek ellátási láncát kritikus, beszerzési árak nem stabil, emellett bányászatok a lokális flórát és faunát nagy mértékben szennyezi.¹³ A kutatás fő célja az említett villamos gép élettartamának növelése újratevezéssel és újragyártással, alumínium vezetővel való újratekerccseléssel. Fontos olyan anyagok megválasztása, amelyek illeszkednek a körforgásos gazdasági modellhez, miközben a gép eredeti működési követelményeit is teljesíti vagy túlteljesíti. A szakirodalomban megtalálható, hogy hogyan lehet egy leselejtezett aszinkron gépet újragyártással állandómágneses szinkrongéppé alakítani, figyelembe véve a körforgásos gazdasági modell elvárásait.¹⁴ Jelenleg a szakirodalomban nincsenek hasonló kutatások az alumíniummal tekerccsel, nem ritkaföldfém mágnessel támogatott szinkron reluktancia gépek terén.

2. A kísérleti villamos gép főbb paramétereinek azonosítása

A szinkron reluktancia gépek olyan költséghatékony villamos gépek, amelyek állandó mágnesek nélkül is magas hatásfokot érhetnek el. Más motortípusoktól eltérően a szinkron reluktancia gépek forgórész kialakítása olyan, hogy a mágneses reluktancia elvét alkalmazva nyomatékot termelnek. Bár a szinkron reluktancia gépeket az 1920-as években már kutatták, más technológiák, például a nagyobb teljesítmény/tömeg aránnyal rendelkező, állandó mágneses szinkrongépek népszerűsége miatt nem terjedtek el széles körben. A szinkron reluktancia gépek azonban az utóbbi években költséghatékonyságuk miatt egyre népszerűbbek lettek. A vizsgált villamos gép egy kísérleti, Machaon-típusú, aktív hűtőrendszer nélküli szinkron reluktancia gép. A kutatáshoz két azonos felépítésű villamos gép állt rendelkezésre. Az egyik a paraméterek azonosítására, a másik pedig az ellenőrző mérések elvégzésére volt felhasználva. A villamos gépek állórész geometriája ismert

¹⁰ James D. Widmer, Richard Martin and Barrie C. Mecrow,: Pre-compressed and stranded aluminium motor windings for traction motors, 2015 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), Coeur d'Alene, ID, USA, 2015, pp. 1851-1857, doi: 10.1109/IEMDC.2015.7409316.

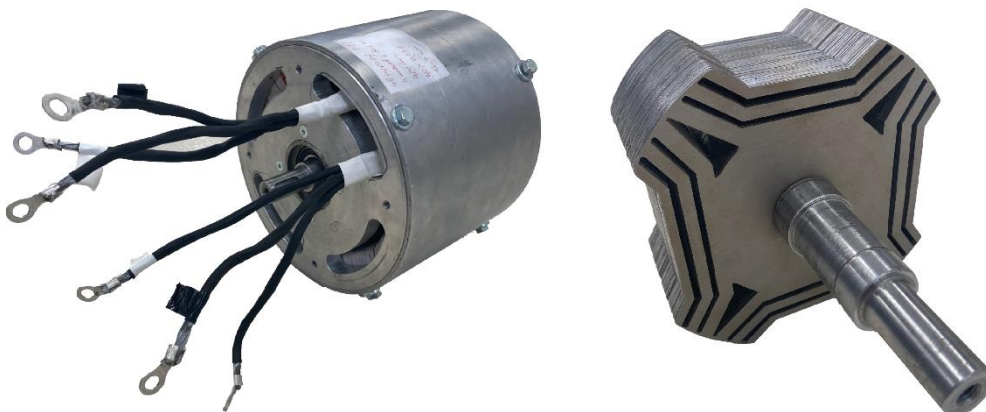
¹¹ Tibor Vajsz, Csongor Horváth, Attila Geleta, Viktor Wendler, Roland Péter Bálint, Márk Neumayer, Donát Zoltán Varga: An investigation of sustainable technologies in the field of electric mobility," 2022 IEEE 1st International Conference on Cognitive Mobility (CogMob), Budapest, Hungary, 2022, pp. 000057-000066, doi: 10.1109/CogMob55547.2022.10118323.

¹² Maria Hernandez, Maarten Messagie, Omar Hegazy, Luca Marengo, Oliver Winter & Joeri Van Mierlo: Environmental impact of traction electric motors for electric vehicles applications. *Int J Life Cycle Assess* 22, 54–65 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0973-9>

¹³ Horváth Csongor: The Current Situation of the Rare-Earth Material Usage in the Field of Electromobility. In: Jármái, K., Cservenák, Á. (eds) *Vehicle and Automotive Engineering 4*. VAE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15211-5_41

¹⁴ Zheng Li, Shuai Che, Pengju Wang, Shenshui Du, Yuyuang Zho, Hexu Sun, Ying Li: Implementation and analysis of remanufacturing large-scale asynchronous motor to permanent magnet motor under circular economy conditions," *Journal of Cleaner Production*, vol. 294, p. 126233, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126233>.

volt a tervrajzokból, de az alkalmazott acél típusát és a rotor felépítését a gyártási folyamat során megváltoztatták a tervekhez képest. Ennek okán a villamos paraméterek, a veszteségek, a tekercselési séma és a forgórész kialakítása nem voltak pontosan ismertek. Ez a fejezet ismerteti a vizsgált villamos gép tekercselési sémájának, geometriájának és anyagjellemzőinek meghatározásához szükséges azonosítási folyamat lépéseit.^{15,16}



2. ábra A vizsgált kísérleti szinkron reluktanciagép (balra) a szabad vezetékekkel, amelyek a nyomatékmerések során végig csillagkapcsolásba kötött, valamint a Machaon-típusú rotorlemez és a tengely (jobbra).¹⁷

2.1. Tekercselés

Az újragyártási folyamat első lépése a gép előzetes ellenőrzése, azaz a szemrevételezés. Ezt ki érdemes egészíteni a tekercselési ellenállás mérésével és annak vizsgálatával, hogy van-e rövidzárlat a ház és a tekercsek között, vagy a fázisok között. A vizsgált villamos gép esetében a fázisok és a ház közötti ellenállás mért értéke $1,86 \times 108 \Omega$ - $1,90 \times 108 \Omega$ közötti 500 V feszültségen. Továbbá a fázisok között történő szigetelésvizsgálat is hasonló eredményt mutatott. Ez arra utalt, hogy a szigetelés megfelelő. Másrészt négyvezetékes ellenállásmérővel mérve a gép réz tekercselésének fázisellenállásai között szignifikáns eltérés mutatkozott. A V fázis ellenállása közel fele volt a másik két, U és W fázisok ellenállásainak. Ez jelenthet rövidzárlatot a menetek között vagy hibás forrasztást a rétegek között. A tekercselésre összpontosítva a következő paramétereket szükséges meghatározni a szimulációhoz: a zománcozott rézhuzal átmérője, a fázisonkénti hornyok száma, a

¹⁵ Katona Mihály; Bányai Dávid Gábor, Németh Zoltán, Kuczmann Miklós, Orosz Tamás: Remanufacturing a Synchronous Reluctance Machine with Aluminum Winding: An Open Benchmark Problem for FEM Analysis. Electronics 2024, 13, 727. <https://doi.org/10.3390/electronics13040727>

¹⁶ Katona Mihály, Orosz Tamás: Identification for Remanufacturing of a Synchronous Reluctance Machine Considering the Circular Economy Conditions, Chemical Engineering Transaction 2023, 107, 469-474. <https://www.cetjournal.it/cet/23/107/079.pdf>

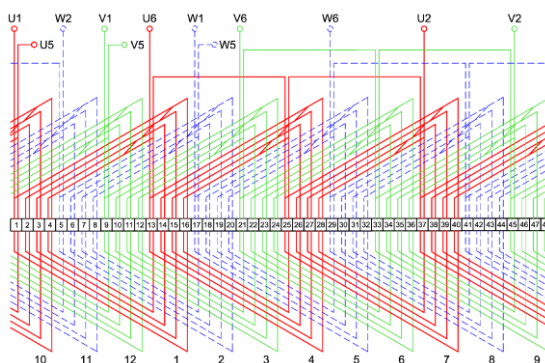
¹⁷ Katona., i. m. 2024.

menetszám, a párhuzamos huzalok száma menetenként, a tekercselési séma és a lépésrövidítés. A 3. ábrán látható hőkamerás kép elemzése alapján a tekercselésben nincs lépésrövidítés, ami azt jelzi, hogy egyetlen fázis kitölt egy teljes hornyot, és a hornyok száma fázisonként négy.^{18.,19}



3. ábra Hőkamerás kép az egyenárammal melegített fázisról °C-ban²⁰

A menetszám, a párhuzamos huzalok száma és a tekercselési séma meghatározása a kivágott tekercsfejek alapos vizsgálatával történt. Ez a huzalok átvágásával volt lehetséges. A tekercsfejek a szigetelőpapír eltávolítása után újrahasznosíthatóvá váltak. A tekercsfejekből meghatározható, hogy a tekercselés két rétegből, rétegenként négy menetből és menetenként húsz párhuzamos huzalból áll.²¹



4. ábra A vizsgált villamos gép tekercselési sémája²²

¹⁸ Katona., i. m. 2023

¹⁹ Katona., i. m. 2024

²⁰ Katona., i. m. 2024

²¹ Katona., i. m. 2024

²² Katona., i. m. 2024

2.2. Geometria

Végeselemes modellezési szempontból az állórész és a forgórész alakjának ismerete elengedhetetlen. Az állórész geometriáját a tervrajzok alapján sikerült meghatározni, és ellenőrző mérésekkel azt validálni. A legyártott forgórész alakja és a tervrajz között azonban eltérés volt. A forgórész alakjának és méreteinek meghatározásához egy nagy felbontású szkennelrel digitalizált, a tengelyről eltávolított laminátum került felhasználásra. A vizsgálat során meghatározásra került, hogy a rotor aszimmetrikus Machaon-típusú. A rotor aktív hossza 78 mm volt a laminátum vastagsága 0,65 mm.^{23,24.}

2.3. Anyagjellemzők

A modellezéshez szükséges másik fontos információ az anyagjellemző. A tervrajzok szerint a vasmaghoz használt acél típusa S235, amely egy ötvöztelen szénacél vagy szerkezeti acél az EN 10025 szabvány szerint. Mivel a szilícium hiánya miatt nem tekinthető transzformátor lemeznek, hiányoznak a szakirodalomban közzétett mérési eredmények. A BH görbe kimérésére a hivatkozott szakirodalomban található mérési elrendezés került alkalmazásra.^{25,26.}

3. Statikus nyomaték számítása végeselemes szimuláció segítségével

A végeelem modell a Digital-Twin-Distiller környezetben készült el, amely egy Python-csomag numerikus szimulációk vagy gépi tanuláson alapuló projektek hosszú távú hozzáférhetőségének biztosítására.^{27.} A szimulációkhoz használt végeelemes megoldó a FEMM, amely egy nyílt forráskódú programcsomag alacsony frekvenciájú, lineáris/nemlineáris magnetostatikus problémák megoldására kétdimenziós sík és tengelyszimmetrikus tartományokon.²⁸ A modellezést a 2. bekezdésben gyűjtött adatok és információk teszik lehetővé.^{29,30.}

²³ Katona., i. m. 2023

²⁴ Katona., i. m. 2024

²⁵ Kuczmann Miklós; Orosz Tamás: Temperature-Dependent Ferromagnetic Loss Approximation of an Induction Machine Stator Core Material Based on Laboratory Test Measurements. *Energies* 2023, 16, 1116.

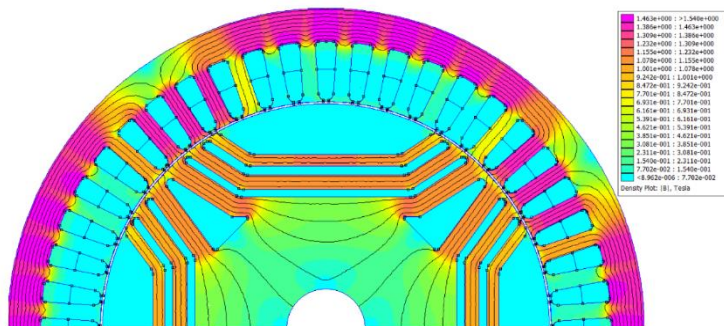
²⁶ Kuczmann Miklós: Vector Preisach hysteresis modeling: Measurement, identification and application. *Phys. B Condens. Matter* 2011, 406, 1403–1409.

²⁷ Orosz Tamás, Gadó Krisztián; Csányi, Gergely, Katona Mihály, Üveges István, Kuczmann Miklós, Jan Kaska, Nyitrai Attila, Digital-Twin-Distiller, <https://github.com/montana-knowledge-management/digital-twin-distiller>, 2024. március 28.

²⁸ David Meeker, FEMM 4.2—Finite Element Method Magnetics, <https://www.femm.info/wiki/HomePage>, 2024. március 28.

²⁹ Katona., i. m. 2023

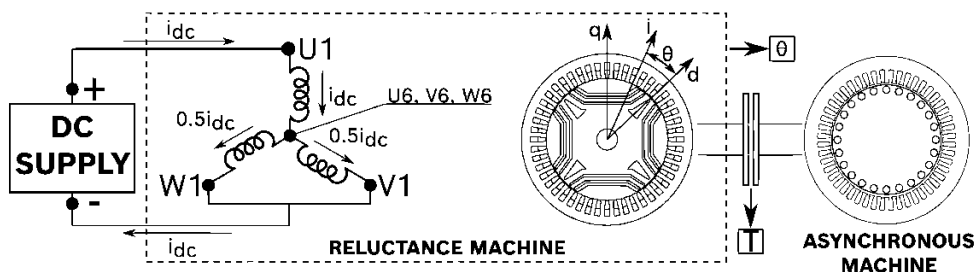
³⁰ Katona., i. m. 2024



5. ábra A végeleemes modell ábrázolása a FEMM-ben³¹

4. Ellenőrző mérések

A modell és a szimulációs eredmények validálása érdekében ellenőrző mérések kerültek elvégzésre. A mérési összeállítás szempontjából a Tenzi TMM-12 típusú nyomatékszenzor a tényleges nyomaték- és sebesség értékeket meghatározott CAN-üzenetekben továbbította. A pontos szöghelyzet mérést egy ERN1020 enkóder biztosította. Mindkét jelet egy National Instrument sbRIO-9627 valós idejű FPGA olvasta be, dolgozta fel és naplózta. A szükséges terhelést egy 5,5 kW-os aszinkron gép biztosította. A mérési elrendezés az alábbi 6. ábrán látható.³²



6. ábra A statikus nyomaték vizsgálatára szolgáló mérési összeállítási rajz.³³

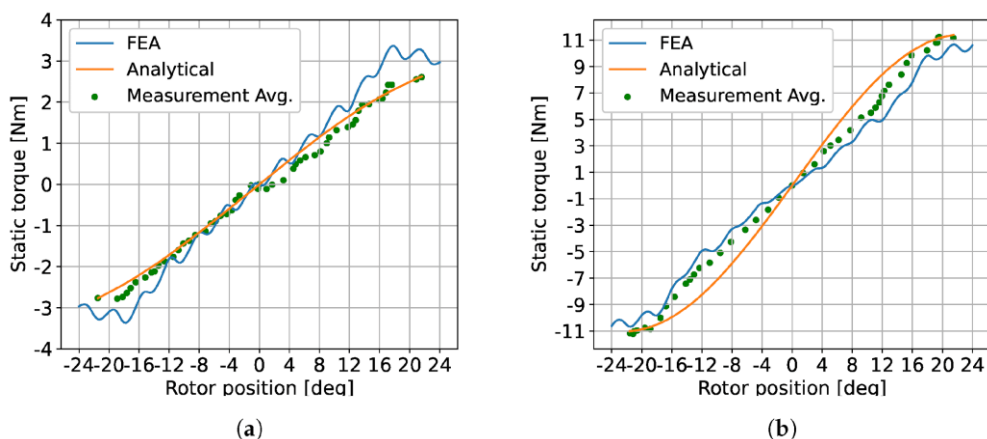
Az egyik szimulációval jól közelíthető mérés a statikus nyomaték meghatározása. A szimulációk a statikus nyomatékot -24° -tól 24° -ig terjedő sávban $0,25^\circ$ -os felbontásban közelítették. A gerjesztés folyamatos egyenáramú gerjesztést jelentett. A modell különböző áramgerjesztés mellett 15A és 35A között, 5A lépésekben került kiértékelésre, hasonlóan a mérésekhez. A modell eredményei és a

³¹ Katona., i. m. 2024

³² Katona., i. m. 2024

³³ Katona., i. m. 2024

statikus nyomaték mérési eredményei összehasonlításra kerültek. Emellett a nyomaték analitikus közelítése is kiszámításra került.³⁴



7. ábra A gép mért, analitikusan számított és szimulált statikus nyomatékának összehasonlítása. (a) A mérési és szimulációs eredmények összehasonlítása 15A mellett; (b) a mérési és szimulációs eredmények összehasonlítása 35A mellett.³⁵

5. Konklúzió

Az analitikus közelítés kisebb áramerhelés mellett jobban közelíti a mérési eredményeket, mint nagy áramok esetén. A különbség egyik lehetséges oka, hogy az induktivitás mérés nem vette figyelembe a vasmag szaturáció jelenségét nagy áramoknál. Másrészt a végeselemes szimulációk eredménye mind az alacsonyabb, mind a magasabb áramoknál elfogadható szinten közelíti a mért nyomatékot. Sőt, nagyobb áramoknál jobb pontosságot mutat. Ez az összehasonlítás megerősíti az azonosítási folyamat helyességét. A létrehozott modellel lehetővé válik a motor szinkron reluktanciáról ferrit mágnessel támogatott szinkron reluktanciára történő áttervezése.³⁶

³⁴ Katona., i. m. 2024

³⁵ Katona., i. m. 2024

³⁶ Katona., i. m. 2024

Felhasznált szakirodalom

- Katona Mihály, Orosz Tamás: Villamos gépek a körforgásos gazdasági modellben, in XIII. Mechwart András Ifjúsági Találkozó: Konferenciakiadvány, 2023. szeptember 19. Siófok, 81-87. o.
- European Environment Agency: Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives: TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. Publications Office, 2018. doi: 10.2800/77428
- Deloitte: Global Automotive Consumer Study, <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consumerbusiness/articles/global-automotive-consumer-study.html>, 2024. március. 28.
- Yuliya Kalmykova, Madumita Sadagopan, and Leonardo Rosado: Circular economy: From review of theories and practices to development of implementation tools, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 135, pp. 190–201, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.10.034.
- Alessandro Acquaviva, Michela Diana, Bharadwaj Raghuraman, Linnea Petersson and Shafiqh Nategh: Sustainability Aspects of Electrical Machines For E-Mobility Applications Part II: Aluminium Hairpin vs. Copper Hairpin, IECON 2021 – 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Toronto, ON, Canada, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/IECON48115.2021.9589649.
- Reza Rajabi Moghaddam, Freddy Magnussen and Chandur Sadarangani: Theoretical and Experimental Reevaluation of Synchronous Reluctance Machine, in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, no. 1, pp. 6-13, Jan. 2010, doi: 10.1109/TIE.2009.2025286.
- Xuefeng Xu, Bingyi Zhang, Dezhi Chen, and Junming Zheng: Research on power density improvement for interior permanent magnet synchronous machine based on permanent magnet minimization, *IET Electric Power Applications*, vol. 16, no. 11, pp. 1339–1351, 2022, doi: 10.1049/elp2.12231
- James D. Widmer, Richard Martin and Barrie C. Mecrow,: Pre-compressed and stranded aluminium motor windings for traction motors, 2015 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), Coeur d'Alene, ID, USA, 2015, pp. 1851-1857, doi: 10.1109/IEMDC.2015.7409316.
- Tibor Vajsz, Csongor Horváth, Attila Geleta, Viktor Wendler, Roland Péter Bálint, Márk Neumayer, Donát Zoltán Varga: An investigation of sustainable technologies in the field of electric mobility," 2022 IEEE 1st International Conference on Cognitive Mobility (CogMob), Budapest, Hungary, 2022, pp. 000057-000066, doi: 10.1109/CogMob55547.2022.10118323.
- Maria Hernandez, Maarten Messagie, Omar Hegazy, Luca Marengo, Oliver Winter & Joeri Van Mierlo: Environmental impact of traction electric motors for electric vehicles applications. *Int J Life Cycle Assess* 22, 54–65 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0973-9>
- Horváth Csongor: The Current Situation of the Rare-Earth Material Usage in the Field of Electromobility. In: Jármái, K., Cservenák, Á. (eds) *Vehicle and*

- Automotive Engineering 4. VAE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15211-5_41
- Zheng Li, Shuai Che, Pengju Wang, Shenshui Du, Yuyuang Zho, Hexu Sun, Ying Li: Implementation and analysis of remanufacturing large-scale asynchronous motor to permanent magnet motor under circular economy conditions,” Journal of Cleaner Production, vol. 294, p. 126233, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126233>.
 - Katona Mihály; Bányai Dávid Gábor, Németh Zoltán, Kuczmann Miklós, Orosz Tamás: Remanufacturing a Synchronous Reluctance Machine with Aluminum Winding: An Open Benchmark Problem for FEM Analysis. Electronics 2024, 13, 727. <https://doi.org/10.3390/electronics13040727>
 - Katona Mihály, Orosz Tamás: Identification for Remanufacturing of a Synchronous Reluctance Machine Considering the Circular Economy Conditions, Chemical Engineering Transaction 2023, 107, 469-474. <https://www.cetjournal.it/cet/23/107/079.pdf>
 - Kuczmann Miklós; Orosz Tamás: Temperature-Dependent Ferromagnetic Loss Approximation of an Induction Machine Stator Core Material Based on Laboratory Test Measurements. Energies 2023, 16, 1116.
 - Kuczmann Miklós: Vector Preisach hysteresis modeling: Measurement, identification and application. Phys. B Condens. Matter 2011, 406, 1403–1409.
 - Orosz Tamás, Katona Mihály: Repository for Toroid-Project, <https://github.com/Toroid-project/SynRM>, 2024. március 28.
 - Orosz Tamás, Gadó Krisztián; Csányi, Gergely, Katona Mihály, Üveges István, Kuczmann Miklós, Jan Kaska, Nyitrai Attila, Digital-Twin-Distiller, <https://github.com/montana-knowledge-management/digital-twin-distiller>, 2024. március 28.
 - David Meeker, FEMM 4.2—Finite Element Method Magnetics, <https://www.femm.info/wiki/HomePage>, 2024. március 28.

Szintaktikus fémhabok mechanikai viselkedésének numerikus modellezése és az eredmények validálása anyagvizsgálati módszerekkel

1. Bevezetés

A kompozitból készült szerkezeti anyagok mechanikai jellemzőinek és különböző típusú terhelésekre adott viselkedésének meghatározása minden esetben összetett feladat. Ez a munka szintaktikus fémhabokra épül, amelyek olyan kompozitok, amelyekben a habstruktúrát a mátrixanyagtól eltérő összetételű gömbhéjakkal való feltöltés adja. A szintaktikus fémhabokat más néven kompozit fémhaboknak is nevezik. Ezen anyagok tulajdonságának leírásával sokan foglalkoznak², legelterjedtebben labor körülmények között. Mivel kompozitról van szó, ezért az anyagpárok kicserélésével lehet legjelentősebben befolyásolni a tulajdonságaikat. Első sorban a töltőanyag változtatás hatásait vizsgálják³, amely a fémhabok egyik gyengepontjára, a merevségére van nagy hatással. A szintaktikus fémhabok jellemző anyagvizsgálati formája a kvázi-statisztikus nyomóvizsgálat⁴, aminek a segítségével nyomódiagram vehető fel. Ebből a diagramból lehet következtetni az adott fémhab energiaelnyelő tulajdonságára, ami a magasnak mondható⁵, a homogén, izotróp anyagokhoz képest.

Az egyik nagy nehézsége a szintaktikus fémhaboknak a modellépítés. Az egyik megközelítés CT-alapú 3D-s képképzésen alapszik. Ennél a módszernél a képképző rendszer segítségével elkészül egy térbeli modell, amelyen már lehet végelelemes hálót definiálni.⁶ Ez nagy előkészítési munkákat igényel, mind a hálózás, mind a modellépítés részéről, azonban az így készült modellek általában pontosan visszaadják a laborban mért mechanikai jellemzőket. Ezek általában rendkívül nagy elemszámú, ezáltal nagy szabadsági fogszámú végelelemes modellt eredményeznek⁷, amely még kis befoglaló méretek esetén is nagy számítási kapacitást igényel. A másik megközelítés a homogenizációs technika, amikor általánosított anyagjellemzőkkel próbálják közelíteni a hab mechanikai

¹ Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Alkalmazott Mechanika Tanszék.

Témavezető: Dr. Pere Balázs, egyetemi docens, Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar, Alkalmazott Mechanika Tanszék.

² I. N. Orbulov and J. Ginzler, "Compressive behaviour of metal matrix syntactic foams," *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 9, no. 2, 2012, 43-56. o.

³ D. Károly, Z. Iklódi, A. Kemény, D. B. Kincses, and I. N. Orbulov, "Production and functional properties of graded Al-based syntactic metal foams," *Metals-Basel*, vol. 12, no. 2, 2022, 263. o.

⁴ M. Cao, F. Jiang, C. Guo, Y. Li, T. Yu, and R. Qin, "Interface characterization and mechanical property of an aluminum matrix syntactic foam with multi-shelled hollow sphere structure," *Ceramics International*, vol. 48, no. 13, 2022, 18821-18833. o.

⁵ L. Wang, B. Zhang, J. Zhang, Y. Jiang, W. Wang, and G. Wu, "Deformation and energy absorption properties of cenosphere-aluminum syntactic foam-filled tubes under axial compression," *Thin-Walled Structures*, vol. 160, 2021, 107364. o.

⁶ D. Heitor, I. Duarte, and J. Dias-de-Oliveira, "Aluminium alloy foam modelling and prediction of elastic properties using X-ray microcomputed tomography," *Metals-Basel*, vol. 11, no. 6, 2021, 925. o.

⁷ R. Huang, P. Li, and T. Liu, "X-ray microtomography and finite element modelling of compressive failure mechanism in cenosphere epoxy syntactic foams," *Compos Struct*, vol. 140, 2016, 157-165. o.

tulajdonságait. Ez egy jelentősen kisebb szabadsági fokú modellt eredményez, de nagyon pontatlan lesz a számítás, mert a belső habstruktúra ebben az esetben negligálva van.

Egy olyan módszer kidolgozása a cél, ami egyesíti a fentiekben említett két megközelítés előnyeit, de kiküszöböli a hátrányait. Ennek a kivitelezéséhez lett felhasználva a 70-es években, első sorban rezgéstani vizsgálatokhoz alkalmazott, alszerkezet technika.^{8,9} Ezt az eljárást első sorban nagyméretű modellek, például hidak, modális vizsgálatához használják.^{10,11} Jelen tanulmányban ennek a módszernek egy speciális felhasználásán alapszik.

2. Alkalmazott módszer bemutatása

A módszer a végeleemes modellekre felírható, kis alakváltozásokra érvényes diszkrétizált egyensúlyi egyenletből indul ki:

$$\mathbf{K}\mathbf{u} = \mathbf{f} \quad (1)$$

ahol, \mathbf{K} jelöli a modell merevségi mátrixát, \mathbf{u} az elmozdulásvektort és \mathbf{f} a tehervektort. Az 1-es számú mátrixegyenlet megoldásához szükség van peremfeltételek definiálására is.

Az alszerkezet technika lényege abban rejlik, hogy a hálózott geometrián a számunkra valamilyen okból szükséges információval nem bíró csomópontokat el lehet hanyagolni olyan módon, hogy az elhanyagolt csomópont merevségével kompenzálni kell a fennmaradó részek merevségét. Például, ha egy végeleemes modellnél csak a perempontok elmozdulásai a lényegesek, akkor a belső csomópontok elhagyhatóak és a perempontok merevségét kell kompenzálni. Az így kapott redukált modellt szokás alszerkezetnek, vagy szuper végeleemnek is nevezni. Ha ezek a szuper végeleemek a peremeiken azonos csomópont kiosztásúak, akkor össze lehet őket ugyan úgy illeszteni, mint a hagyományos végeleemeket. A szuper végeleemekből felépített modell egyensúlyi egyenletrendszerét a következőképpen lehet felírni:

$$\mathbf{u}_b = \left(\sum_{k=1}^n \mathbf{K}_{bb}^k - \mathbf{K}_{bi}^k (\mathbf{K}_{ii}^k)^{-1} \mathbf{K}_{ib}^k \right)^{-1} \left(\sum_{r=1}^m \mathbf{f}_b^r \right) \quad (2)$$

ahol, \mathbf{u}_b jelöli a szuper végeleemek peremeinek elmozdulás vektorát, \mathbf{K}_{bb} a perempontokhoz kapcsolódó merevségi értékeket, \mathbf{K}_{ib} és \mathbf{K}_{bi} a merevségi kapcsolatot a belső és perempontok között, \mathbf{K}_{ii} a belső pontokhoz tartozó

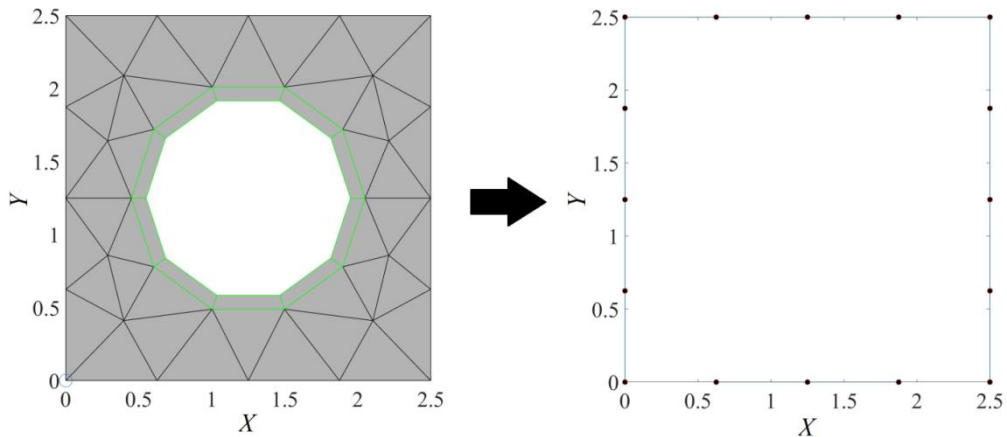
⁸ J. S. Przemieniecki, "Matrix structural analysis of substructures," AIAA journal, vol. 1, no. 1, 1963, 138-147. o.

⁹ E. Balmès, "Parametric families of reduced finite element models. Theory and applications," Mechanical systems and signal Processing, vol. 10, no. 4, 1996, 381-394. o.

¹⁰ D. Shan, Q. Li, I. Khan, and X. Zhou, "A novel finite element model updating method based on substructure and response surface model," Engineering Structures, vol. 103, 2015, 147-156. o.

¹¹ S. Weng, Y. Xia, Y.-L. Xu, and H.-P. Zhu, "Substructure based approach to finite element model updating," Computers & structures, vol. 89, no. 9-10, 2011, 772-782. o.

merevségét mátrixot és f_b a perempontok tehervektorát. Az n jelöli az összeillesztett alszerkezetek számát, m pedig a r -edik alszerkezetre ható tehervektorok számát. Az alkalmazott módszer nagy előnye jelen esetben abban rejlik, hogy az első zárójelen belüli mátrixműveletet csak annyiszor kell elvégezni, ahány eltérő hálójú/geometriájú alszerkezet van a teljes modellben. Ezt minden különböző alszerkezetre egyszer ki kell számítani, és ezután csak el kell tárolni a memóriában és csak akkor betölteni, amikor az összegzés során az adott típus szuper végelem merevségére van szükség. Egy egyszerűsített kompozit habmodellre és az abból készült alszerkezetre mutat példát az 1-es számú ábra. A zöld permű négyzet elemek jelölik a más anyagú héjelemeket.



1. ábra: Egy egyszerűsített kompozit fémhab modell és az abból készült alszerkezet

A memória hatékony, de inhomogenitást mégis magában hordozó kompozit habmodellt az alszerkezet technika segítségével, a fent említett információkat felhasználva, úgy lehet létrehozni, hogy véges számú előre definiált, peremen azonos, de belsejében eltérő elrendezésű habmodellt kell készíteni. Ezt olyan módon kell megtenni, hogy az előre definiált különböző alszerkezetek száma és az n -el jelölt, a teljes modell felépítéséhez szükséges alszerkezetek számának aránya a lehető legkisebb legyen. Erre mutat egy egyszerű, magyarázó példát a 2-es számú ábra. Ezen azt lehet látni, hogy van 9 db előre definiált alszerkezet típus, amelyeknek a véletlenszerű összeillesztésével lett felépítve a teljes modell. Így az inhomogenitás biztosítva van, de a memóriába csak a 9db különböző alszerkezetet kell tárolni. Ha nő a teljes modell befoglaló mérete, akkor többször kell ezt a 9 db alszerkezetet felhasználni és úgy a módszer is egyre hatékonyabb lesz. A 2-es ábrán az alszerkezetek belseje is ábrázolva van, amit alpból már itt negligálni kellene, csak a szemléltetés végett vannak bennük hagyva a belső részek is. Helyesen ábrázolva már csak a kékkel jelölt vonalaknak lenne szabad látszania.

6	1	3	7	2
4	5	8	9	5
8	9	5	1	4
2	7	3	6	8
7	1	9	2	5

2. ábra: Előre definiált alszerkezetekből összeillesztett kompozit habmodell

A modellépítés során is sok időt lehet spórolni a hagyományos CT-modell alapú hálózáshoz képest azzal, hogy itt csak egy előre megadott eloszlás szerint fel kell tölteni a teljes modellt alszerkezetekkel.

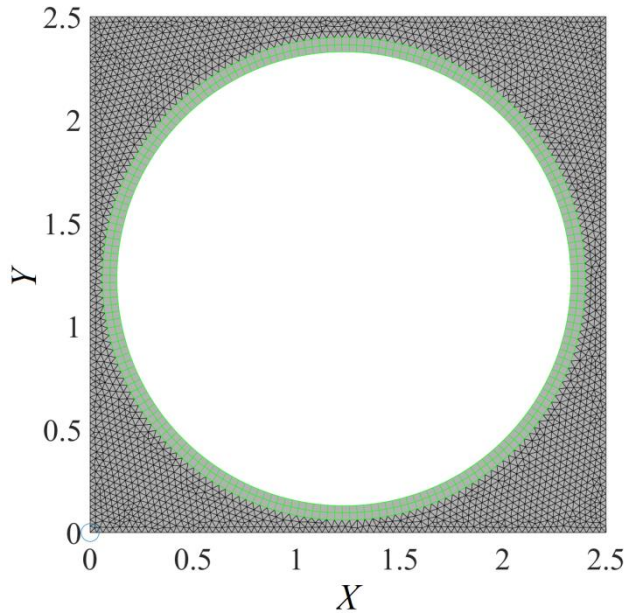
A 2-es számú képlet végeredményeként a 2-es ábrán látható kék peremek elmozdulásai kaphatóak meg. Azonban lehetőség van egy adott alszerkezet teljes belső elmozdulás rendszerét is visszakapni, ha valamiért erre szükség lenne, a következő képlet segítségével:

$$\mathbf{u}_i^r = -(\mathbf{K}_{ii}^r)^{-1} \mathbf{K}_{ib}^r \mathbf{u}_b^r \quad (3)$$

ahol, r jelöli a kiválasztott alszerkezet számát és \mathbf{u}_i^r pedig a belső elmozdulás-rendszerét az adott alszerkezetnek. Azonban ezzel a visszatranszformálással vigyázni kell, mert ha ezt túl sokszor végre van hajtva, akkor a módszer memóriahatékonysága jelentősen csökken.

3. Numerikus példa

A szuper végelemekből úgy a legegyszerűbb felépíteni egy kompozit habmodellt, ha egy adott alszerkezet csupán egy darab héjat tartalmaz. Erre mutat példát a 3-mas számú ábra. Ilyen alszerkezetekből lehet előre definiálni különböző átmérőjű és/vagy elhelyezkedésű héjakkal modelleket és a peremükön összeillesztve a nagy modellt felépíteni. Mivel a nagyobb feszültségi értékek általában a héjak falában jelentkeznek, azért pontosabb végeredmény érdekében a fal elemei négyszög a mátrixanyagé pedig háromszög elemekkel lett behálózva.



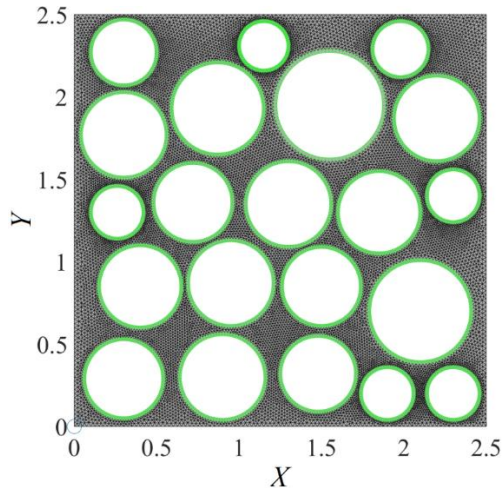
3. ábra: Egy alszerkezet kompozit habmodellje

A számításokhoz használt anyagpár egy a szintaktikus fémhaboknál gyakran alkalmazott alumínium mátrixból és vas héjból áll. Ennek az anyagpárnak a számításához szükséges anyagjellemzőit az 1-es számú táblázat foglalja össze:

	vas	alumínium
Rugalmassági modulus [GPa]	19.6	71
Poisson's tényező	0.25	0.334

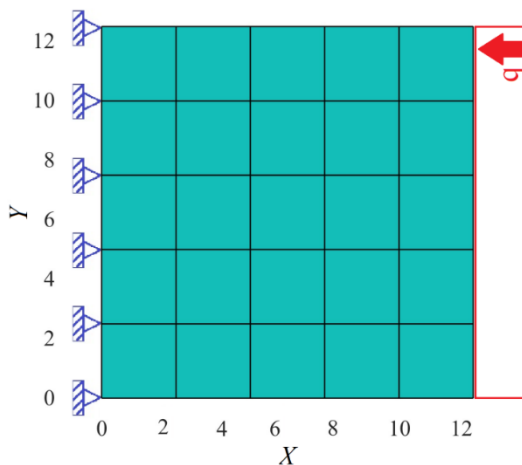
1. táblázat: A számításához felhasznált anyagok tulajdonságai

A memóriahatékonyság és az inhomogenitás tovább növelhető azzal, ha az alszerkezet belső struktúrája több gömbhéjat is tartalmaz. Ezáltal tovább növelhető a módszer hatékonysága, mert kevesebb illesztendő felület marad meg a teljes modell felépítése során. Azonban figyelni kell arra, hogy túl komplex se legyen egy ilyen modell, mert ez megint a hosszadalmas modellépítés problémaköréhez vezethet. Egy ilyen összetett alszerkezetre mutat példát a 4-es számú ábra. Az inhomogén tulajdonságok eléréséhez a több héjat tartalmazó modellekből elegendő kevesebbet készíteni, mint egyszerűbb modelleknél.



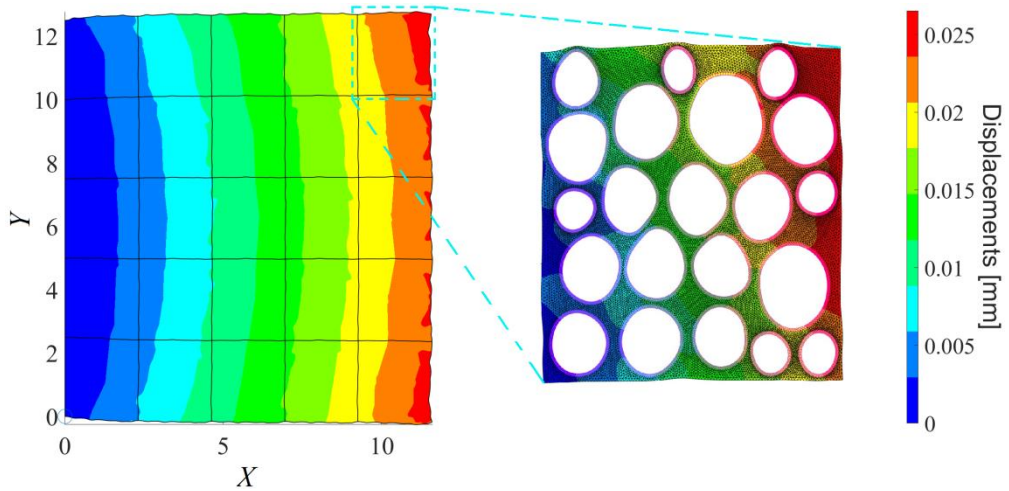
4. ábra: Egy alszerkezet több héjat tartalmazó, kompozit habmodellje

A teljes modell felépítéséhez ezeket az alszerkezeteket kell ugyan úgy perempontjaik mentén egyesíteni, mint a hagyományos végelemeknél, csak itt az illesztés mentén lényegesen sűrűbbek lesznek a pontok. A komplexebb alszerkezetnél kisebb számban kell őket felhasználni, mint például a 3-mas számú ábrán jelölt egyszerű modell esetén. A nagy modell elkészülte után ugyan úgy kell definiálni a peremfeltételeket, mint a hagyományos végelemek modellek esetén. A tanulmányban felhasznált modell 25 darab szuper végelemből lett összeépítve. A modell és az alkalmazott peremfeltételek az 5-ös számú ábrán láthatóak. Peremfeltételként a baloldal elmozdulása x és y irányba is meg van kötve, valamint a megoszló terhelés a modell teljes jobb oldalát terheli. Mivel itt már azon szuper végelemek vannak összeillesztve, amelyeknél a belső habstruktúrák merevségi tulajdonságai a permekbe vannak redukálva, ezért a belső geometria is feleslegessé válik.



5. ábra: A komplex szuper végelemből összeillesztett végső modell

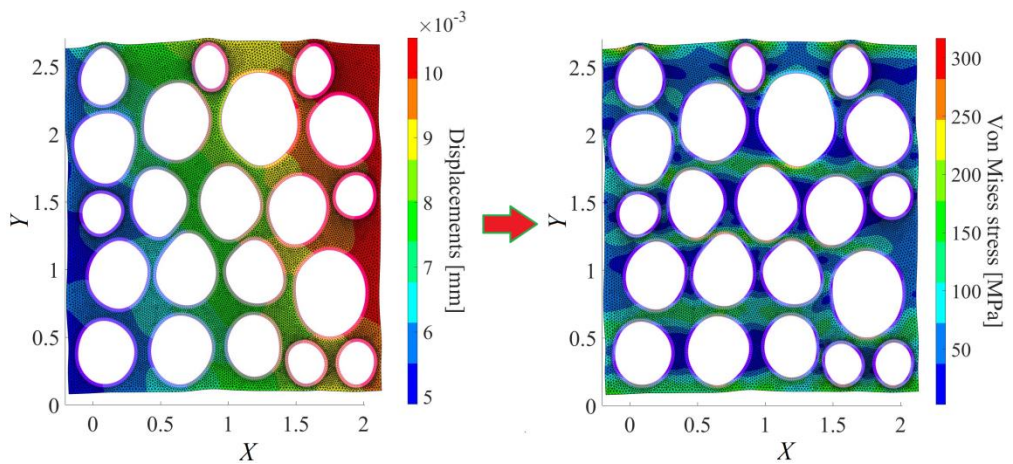
A 2-es számú egyenlet segítségével meghatározott elmozdulásmező interpolált képe látható a 6-os számú ábra bal oldalán. A 6-os ábra jobb oldalán a 3-mas képlet segítségével, egy tetszőlegesen kiválasztott alszerkezet, utólagosan előállított teljes elmozdulás mezője látható.



6. ábra: A szuper végelemekből felépített modell elmozdulásmezője

A bal oldali elmozdulásmezőn látható, hogy az interpolált értékek hullámszerűen változnak, ami mutatja a teljes modell inhomogén jellegét. A jobboldali ábrán felnagyítva már jobban látható, hogy a vas héjak eredményezik ezt a hullámosan deformált jelleget.

Egy kiválasztott alszerkezet teljes elmozdulásmezőjének a kiszámítása után már lehetőség van a feszültségmező meghatározására is az adott habstruktúrában. Ezt szemlélteti a 7-es számú ábra.



7. ábra: Egy kiválasztott alszerkezet teljes elmozdulás és abból számított feszültség mezője

A feszültségmezőn látható, hogy gömbhéjak egymás elől leárnyékolják a terhelést, ezért a terhelés irányában sorba lévő gömbhéjak között a feszültség közel nullára visszaesik. Ezzel ellentétben, amikor két szomszédos gömbhéjnak a középpontját összekötő vonal közel 45° -os szöveget zár be a terheléssel, ott pedig a köztük lévő mátrix és héj elemeken számított feszültségértékek a legmagasabbak. Ez egybeesik azzal, amikor a laborméréseknél a terhelés irányára 45° -ban jelennek meg törések a különféle kompozit habokban.

4. Konklúzió

Egy olyan módszer került bemutatásra, amellyel memória hatékony módon mégis pontosan lehet végeeselemes kompozit fémhab modelleket felépíteni, amelyeknél a számítási igény is alacsonyan marad. A módszer további jó tulajdonsága, hogy a modellépítés az előre definiált alszerkezetekkel már rendkívül gyorsan és egyszerűen végrehajtható. Az alszerkezetekből felépített modellnél minden esetben a külső felületek maradnak meg, ezért csak a perem deformációit lehet pontosan nyomon követni. Ez önmagában elégséges, ugyanis a külső deformációk lesznek könnyen mérhetőek labor körülmények között. Már kért dimenzió esetben is láthatóak olyan jelenségek, amelyek a valós laboreredményekkel is összhangot mutatnak. A kapott eredmények fényében megállapítható, hogy a módszer térbeli esetre való kiterjesztését érdemes a jövőben elvégezni.

Felhasznált irodalom

- E. Balmès, "Parametric families of reduced finite element models. Theory and applications," *Mechanical systems and signal Processing*, vol. 10, no. 4, 1996, 381-394. o.
- M. Cao, F. Jiang, C. Guo, Y. Li, T. Yu, and R. Qin, "Interface characterization and mechanical property of an aluminum matrix syntactic foam with multi-shelled hollow sphere structure," *Ceramics International*, vol. 48, no. 13, 2022, 18821-18833. o.
- D. Heitor, I. Duarte, and J. Dias-de-Oliveira, "Aluminium alloy foam modelling and prediction of elastic properties using X-ray microcomputed tomography," *Metals-Basel*, vol. 11, no. 6, 2021, 925. o.
- R. Huang, P. Li, and T. Liu, "X-ray microtomography and finite element modelling of compressive failure mechanism in cenosphere epoxy syntactic foams," *Compos Struct*, vol. 140, 2016, 157-165. o.
- D. Károly, Z. Iklódi, A. Kemény, D. B. Kincses, and I. N. Orbulov, "Production and functional properties of graded Al-based syntactic metal foams," *Metals-Basel*, vol. 12, no. 2, 2022, 263. o.
- I. N. Orbulov and J. Ginsztler, "Compressive behaviour of metal matrix syntactic foams," *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 9, no. 2, 2012, 43-56. o.

- J. S. Przemieniecki, "Matrix structural analysis of substructures," *AIAA journal*, vol. 1, no. 1, 1963, 138-147. o.
- D. Shan, Q. Li, I. Khan, and X. Zhou, "A novel finite element model updating method based on substructure and response surface model," *Engineering Structures*, vol. 103, 2015, 147-156. o.
- L. Wang, B. Zhang, J. Zhang, Y. Jiang, W. Wang, and G. Wu, "Deformation and energy absorption properties of cenosphere-aluminum syntactic foam-filled tubes under axial compression," *Thin-Walled Structures*, vol. 160, 2021, 107364. o.
- S. Weng, Y. Xia, Y.-L. Xu, and H.-P. Zhu, "Substructure based approach to finite element model updating," *Computers & structures*, vol. 89, no. 9-10, 2011, 772-782. o.

Az azbesztcement komplexumot tartalmazó csapadékvízzel szennyezett öntözővíz toxikus hatása a *Solanum lycopersicum* csírázására, kezdeti növekedésére, valamint fiziológiai és biokémiai paramétereire

Absztrakt

E kutatás célja, az erodálódott és degradálódott azbesztcement termékekből származó azbeszt-cement mátrixalapú komplexum csapadékvízi közegen keresztül történő mobilizációja által kiváltott növényi válaszreakciók vizsgálata *Solanum lycopersicum* különböző fajtáin keresztül. A vizsgálat teoretikus háttérét az aszályos időszakok miatt egyre szükségesebbé váló csapadékvízgyűjtés- és felhasználás potenciális kockázati tényezőinek empirikus feltárása adja. A dolgozat átfogóan értékeli a víz-talaj-növény rendszer kitétségéből származó következményeket, emellett a kísérleti elemzés eredményei bizonyítékot nyújtanak a növények abiotikus stresszre adott válaszaivalátámasztására a vizsgált egyedek csírázási, fiziológiai és biokémiai paramétereire. A jelenlegi szakirodalmi háttér is kimondja, hogy a vízben megjelenő krizotil-azbesztszálak és annak komplexei, mátrixai által a növények toxikus stressznek vannak kitéve, amelyek gátolhatják a fotoszintézist és a tápanyagfelvételt, valamint befolyásolhatják a csírázási folyamatokat. Ebben a tanulmányban a *Solanum lycopersicum* paramétereire gyakorolt hatások kerültek elemzésre egy gondosan ellenőrzött csíráztató és tenyészedeny kísérlet során. A tanulmány kutatási területét a nemzetközi gyakorlatok és módszerek hiánya, minimális száma befolyásolta, eredményei helyzetelemzésként szolgálhatnak a környezetanalitikában dolgozók számára.

1. Bevezetés

Az azbeszt a szálás ásványok két típusát foglalja magában, melyek eltérő kémiai és kristályos sajátosságokkal rendelkeznek: ezek az amfibolok (amozit, antofillit, aktinolit, krokidolit, tremolit) és a szerpentin (krizotil).² Kutatásom szempontjából a legfontosabb a szerpentin csoportba tartozó krizotil, mely a magnézium-szilikátból álló azbeszt egy típusa, sokszor ezt az anyagot fehér azbesztként is emlegetik.³ Ez az azbeszt ásványi formái közül az egyik leghíresebben szabályozott szerpentin ásvány.⁴ Az azbeszt humánegészségügyi

¹ SZE, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola, PhD-hallgató. Témavezető: Dr. Beke Dóra, egyetemi docens, Növénytudományi Tanszék

² Lewis Ian R., Nathan C. Chaffin, Mickey E. Gunter, Peter R. Griffiths: Vibrational Spectroscopic Studies of Asbestos and Comparison of Suitability for Remote Analysis, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 1996/52, 315-328. o.

³ Maulida Puteri Tiara, Jeong Wook Kim, Myung Chae Jung: Environmental Assessment of Friable Asbestos from Soil to Air Using the Releasable Asbestos Sampler (RAS), *Toxics*, 2022/10.

⁴ Pira Enrico, Francesca Donato, Luisa Maida, Gianluigi Discalzi: Exposure to Asbestos: Past, Present and Future, *Journal of Thoracic Disease*, 2018/10, 237-245. o.

hatásai mára jól ismertek,⁵ kezdetben főként az azbeszttel foglalkozó szakemberek körében eredményezett súlyos megbetegedéseket, úgy, mint a tüdőrák, az azbesztózis vagy a mesothelioma.⁶ A problémát előidéző azbesztszálaknak az olyan morfológiai jellemzőkkel rendelkező egységeket nevezzük, melyek hossza nagyobb, mint 5 µm, átmérője kevesebb, mint 3 µm, és a hossz/átmérő aránya nagyobb, mint 3:1.⁷ A krizotil-azbesztet a legnagyobb mennyiségben az azbesztcement-gyártó ipar használta.⁸ Kockázat szempontjából egészen az elmúlt évekig elfogadott volt egy nézet, melyet „amfibol-hipotézis”-ként is emlegetnek, melynek lényege, hogy a krizotilszálak nagyobb oldékonyságának következtében csupán az amfibol-azbesztek jelentenek potenciális kockázatot. Mára ezt a nézetet a közelmúlt foglalkozás-epidemiológiai és környezetanalitikai tanulmányai egyértelműen megcáfolták.⁹ Az erodáció fokától függően, egy hullámos karakterisztikájú azbesztcement pala évente akár több gramm azbesztet és mátrixanyagot is veszíthet^{10,11}, mely a levegőbe és az esővízbe kerülhet. Ez utóbbi az öntözési céllal történő vízhasználat esetében fokozott kockázatot jelenthet a növényvilágra is. A korábban említett krizotil a felhasznált, beépített azbeszt mennyiségének nagyjából 90%-át teszi ki, mi több, oldékonysági tulajdonságaiból fakadóan a vizsgált vízminták döntő többségében is ez a típus azonosítható.¹² Szintén sokáig állt fenn az a hiedelem, hogy a vízen vagy talajon keresztül megvalósuló környezeti kitétség elhanyagolható a talajon vagy talajban történő megkötődés miatt.¹³ Az azbeszttel szennyezett talajok toxikus hatását már több növény esetében is vizsgálták, ideértve a gabonaféléket (*Triticum aestivum*), hüvelyeseket (*Pisum sativum*) és olajos magvakat (*Brassica juncea*), valamint az egyes fűfajokat (*Lemna gibba*, *C. citratus*, *C. zizanioides*) érintő növekedési és fejlődési rendellenességeket is.¹⁴ Az azbeszt egy

⁵ Trivedi Ajaya Kumar, Ahmad Ishfa: Genotoxicity of chrysotile asbestos on *Allium cepa* L. meristematic root tip cells, *Current Science*, 2013/105.

⁶ Bloise Andrea, Manuela Catalano, Eugenio Barrese, Alessandro Francesco Gualtieri, Nicola Bursi Gandolfi, Silvana Capella, Elena Belluso: TG/DSC Study of the Thermal Behaviour of Hazardous Mineral Fibres, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2016/123.

⁷ Tóth Erzsébet, and Weiszburg Tamás: Környezeti Ásványtan, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2011.

⁸ Mutetwa Benjamin, Dingani Moyo, Derk Brouwer: Job Exposure Matrix for Chrysotile Asbestos Fibre in the Asbestos Cement Manufacturing (ACM) Industry in Zimbabwe, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022/19.

⁹ Kanarek Marty S.: Mesothelioma from Chrysotile Asbestos: Update, *Annals of Epidemiology*, 2011/9.

¹⁰ Spurny K. R.: On the Release of Asbestos Fibers from Weathered and Corroded Asbestos Cement Products, *Environmental Research*, 1989/48, 100–116. o.

¹¹ Suzuki Yasunosuke, Steven R. Yuen, Richard Ashley: Short, Thin Asbestos Fibers Contribute to the Development of Human Malignant Mesothelioma: Pathological Evidence, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2005/208, 201–210.o.

¹² Webber James S.: Asbestos-Contaminated Drinking Water, Elsevier, in *Handbook of Hazardous Materials* 1993, 29–44. o.

¹³ Fuller Stephen, and Anil Gautam: A Procedure for Measuring Microplastics Using Pressurized Fluid Extraction, *Environmental Science & Technology*, 2016/50.

¹⁴ Ahmad Manzoor, Ishaq Muhammad, Shah Wajid, Adnan Muhammad, Fahad Shah, Saleem Muhammad Hamzah, Khan Fahim Ullah, Mussarat Maria, Khan Shadman, Ali Baber, Mostafa Yasser, Alamri Saad, Hashem Mohamed: Managing Phosphorus Availability from Organic and Inorganic Sources for Optimum Wheat Production in Calcareous Soils, *Sustainability*, 2022/14.

újfajta abiotikus stresszokozó faktor, mely szoros kapcsolatban áll más efféle tényezőkkel, úgy, mint a talaj toxikus fémtartalma (higany, alumínium, kadmium és arzén). A krizotil-azbeszttel szennyezett víz és/vagy talaj toxicitást vált ki, amely befolyásolja a magok csírázóképeségét, redukálja a fiziológiai és biokémiai paramétereiket, különös tekintettel a hajtásmagasságra és a gyökérhosszra, a klorofill-tartalomra, a biomasszára és a növényi fehérjetartalomra.¹⁵ A különböző fajta és mértékű stresszreakciók a kedvezőtlen állapot súlyosságától és időtartamától függően váltanak ki hatást, továbbá a fejlődési szakasz és az élettartam is nagymértékben hozzájárul az egyes növények toleranciájához vagy érzékenységéhez az adott stresszhatással szemben.¹⁶ Noha a krizotil-azbeszt toxicitása a legalacsonyabb, képes növényfejlődési rendellenességek kiváltására.¹⁷ A növények növekedése szempontjából a krizotil-azbeszttel szennyezett talaj zavarja a tápanyagokhoz való hozzáférést, hátráltatva így a növények növekedését.¹⁸ Az azbesztszennyezés csírázási képességre kifejtett hatása a fehérje deformációra, esetleg a transzkripciós folyamatok szabályozására vezethető vissza, viszont a konkrét mechanizmus még nem egyértelmű.¹⁹ Az azbeszttel kontaminált víz nem csupán a növények morfológiai szerkezetére fejt ki hatását, hanem a növények biokémiai védekező és élettani mechanizmusait is negatív irányba befolyásolja, megváltoztatva ezzel az antioxidánsok aktivitását.²⁰ A kitettség emellett jelentősen fokozza az olyan fémek felvételét, mint a króm, mangán, arzén és a bárium.²¹ Ugyanakkor a legfrissebb kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy míg az azbesztextepozíció egyes növények esetében negatív válaszreakciót idéz elő, addig a *Chrysopogon zizanioides* és a *Cymbopogon citratus* fajhoz tartozó lágyszárú

¹⁵ Zhu Jian-Kang: Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants, Cell, 2016/167. 313–324. o.

¹⁶ Paes de Melo, Bruno, Paola de Avelar Carpinetti, Otto Teixeira Fraga, Paolo Lucas Rodrigues-Silva, Vinicius Sartori Fiorelli, Luiz Fernando de Camargos, and Marcia Flores da Silva Ferreira: Abiotic Stresses in Plants Their Markers: A Practice View of Plant Stress Responses and Programmed Cell Death Mechanisms, Plants, 2022/11.

¹⁷ Andreozzi Giovanni B., Alessandro Pacella, Ingrid Corazzari, Maura Tomatis, and Francesco Turci: Surface Reactivity of Amphibole Asbestos: A Comparison between Crocidolite and Tremolite, Scientific Reports, 2017/7.

¹⁸ O'dell Ryan E., Claassen Victor P.: Serpentine and Nonserpentine Achillea millefolium Accessions Differ in Serpentine Substrate Tolerance and Response to Organic and Inorganic Amendments, Plant and Soil, 2006/279. 253-269. o.

¹⁹ Luo Yuan, Jie Liang, Guangming Zeng, Ming Chen, Dan Mo, Guoxue Li, Difang Zhang: Seed Germination Test for Toxicity Evaluation of Compost: Its Roles, Problems and Prospects, Waste Management, 2018/71, 109–14. o.

²⁰ Hafeez Arslan, Tipu Muhammad Imran, Saleem Muhammad Hamzah, Al-Ashkar Ibrahim, Saneoka Hirofumi, Ayman El Sabagh: Foliar application of moringa leaf extract (MLE) enhanced antioxidant system, growth, and biomass related attributes in safflower plants, South African Journal of Botany, 2022/150.

²¹ Saleem Khansa, Asghar Muhammad Ahsan, Saleem Muhammad Hamzah, Raza Ali, Kocsy Gábor, Iqbal Nadeem, Ali Baber, Albeshr Mohammed Fahad, Bhat Eijaz Ahmed: Chrysotile-Asbestos-Induced Damage in Panicum virgatum and Phleum pratense Species and Its Alleviation by Organic-Soil Amendment, Sustainability, 2022/14.

növények eredményesek az azbeszt bányahulladék fitoremediációjában is, mely a jövő, alternatív azbesztmentesítési, kármentesítési eszköze is lehet.²²

2. Anyag és módszertan

A kutatás a *Solanum lycopersicum* négy fajtájának (Manó, Vilma, Kecskeméti 549, Mobil) csírázási jellemzőit, variabilitását, az adott dóziskoncentrációra adott válaszreakciók következtében előálló minőségi mutatók változását elemzi. Vizsgálataim fő célja, hogy megerősítse az azbesztcementtel szennyezett öntözővíz növényi fejlődésre gyakorolt negatív hatásainak hipotézisét egy ellenőrzött, desztillált vízzel kezelt csíráztató és tenyészedény kísérletben.

2.1. A mintaoldatok előkészítése

A Magyarországon általánosan használt azbesztcement termékek összetétele átlagosan 8,00-10,0%-os azbeszt-tartalomra (jelentős hányadban krizotil) és 90,0-92,0%-os cementtartalomra tehető. E speciális tulajdonságok egyidejű tanulmányozása kulcsfontosságú volt a termékmátrix eróziója révén megvalósuló, komplexumként érvényesülő hatótényező miatt. Laboratóriumi körülmények között, kétszer desztillált vízzel 1,00 mg/l, 2,00 mg/l, 5,00 mg/l, 10,0 mg/l, 25,0 mg/l és 50,0 mg/l koncentrációjú oldatok kerültek alkalmazásra, melyet kiegészített egy gyűjtött csapadékminta és egy kétszeres desztilláltvízes kezelés, mint kontroll.

2.2. A csíráztató kísérlet jellemzői

A *Solanum lycopersicum* négy különböző fajtájának (Manó, Vilma, Kecskeméti 549, Mobil) egyedeit tettem ki különböző, előre beállított dóziskoncentrációval bíró kezelőoldatnak. A magokat 2,0%-os NaOCl 2 percig tartó felületi sterilizálásnak vettem alá, majd desztillált vízzel háromszor átöblítésre kerültek. Ezt követően 10 magból álló tételeket helyeztem egyedi, steril Petri-csészékbe, amelyekben nedvesített vattakorong volt. Minden egyes kezelési dózist 5 Petri-csészével képviseltem az elemzéshez ($N=5 \times 10$). A kezelési dózisok száma 6 db, melyet kiegészített egy gyűjtött csapadékminta és egy desztilláltvízes kezelés, mint kontroll. A vizsgálati tételek mennyisége típusonként 400 ($N=8 \times 50$). A Petri-csészék szobahőmérsékleten kerültek tárolásra.

2.3. A tenyészedény kísérlet jellemzői

A kísérletek során 700 cm³-es űrtartalommal rendelkező tenyészedények kerültek alkalmazásra. Egy edény előre kimért 600 cm³-es, átrostált, defaunizált,

²² Luniewski Stanisław, Weronika Rogowska, Bożena Łozowicka, Piotr Iwaniuk: Plants, Microorganisms and Their Metabolites in Supporting Asbestos Detoxification—A Biological Perspective in Asbestos Treatment, Materials, 2024/17.

légszáraz ültetőközeget tartalmazott, melyekbe kezelésenként 4 magból álló tételeket helyeztem, dózisonként 5 db edénnyel képviselve ($N = 4 \times 5$), így minden egyes kezelési dózis tehát 5 edénnyel került be az elemzésbe ($N = 20 \times 8$). Az edények szobahőmérsékleten kerültek tárolásra. Termőhelyi kategória szerint a kísérletekbe bevont, ültetőközegként alkalmazott talajtípusok: réti csernozjom (T-01), agyagbemosódásos barna erdőtalaj (T-02), réti öntéstalaj (T-03) és réti talaj (T-04).

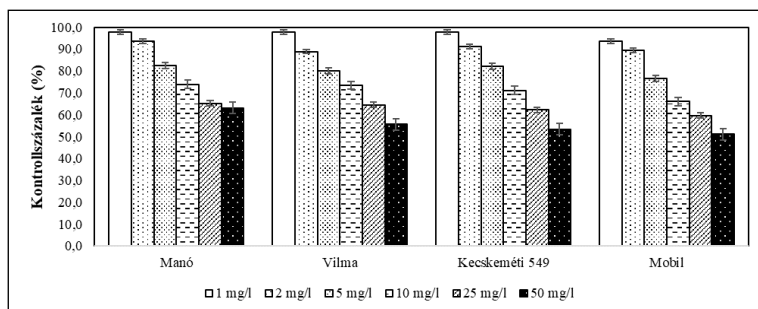
2.4. Statisztikai elemzés

Ősztündíjas időszakom eddigi időtartalma alatt, elemeztem a vizsgált egyedek csírázási paramétereit (idő, arány) és fiziológiai paramétereit (gyökérhossz, hajtásmagasság). A gyökérhossz mérése a vattakorong, valamint a tenyészedény kísérlet esetén a talajfelszín felületével érintkező részt és az elsődleges gyökér csúcsát foglalta magában, míg a hajtásmagasság mérése a 31. napon történt. A kapott adatok a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a kontrollcsoport százalékában kerültek kifejezésre középérték \pm standard hiba formában. Jelen tanulmány a nyert adatkészlet első adatait tartalmazza. Ősztündíjas időszakom hátralevő részében a klorofill-a, klorofill-b, összes klorofill és karotinoid-tartalom (mint biokémiai paraméter) mérési eredményeinek kiértékelését fogom elvégezni.

3. Eredmények és értékelésük

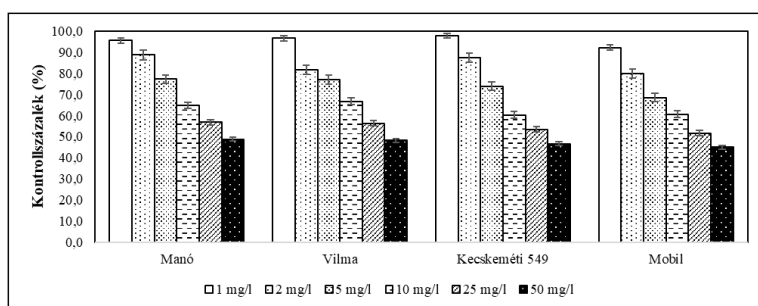
3.1. A csíráztatásos kísérlet eredményei és értékelésük

A *Solanum lycopersicum* vizsgált fajtáinak kontrollcsoportra vonatkozó csírázási arány a Manó esetében 92,0 %, a Vilma és a Kecskeméti 549 esetében 90,0 %, míg a Mobil esetében 94,0 %-ra tehető. A magvak csírázása átlagosan $91,5 \pm 1,91$ % volt. A vizsgált minták azt mutatták, hogy már 1 mg/l dóziskoncentrációnál a csírázási arány a Manó esetében 90,0 %-ra, a többi csoport esetében pedig 88,0 %-ra csökkent. Az 50 mg/l-es dózisznál ez 58,0 %-ra (Manó), 50,0 %-ra (Vilma), a Kecskeméti 549 és a Mobil esetében 48,0 %-ra redukálódott, mely utóbbiak a kontrollcsoport százalékában kifejezve 63,0 % (Manó), 55,6 % (Vilma), 53,3 % (Kecskeméti 549) és 51,1 % (Mobil). Az 1. ábrán az egyes dóziskoncentrációk által kiváltott csírázási arányok kontrollcsoportához viszonyított százalékban kifejezett értékkel kerültek feltüntetésre. Az így kapott csírázási arány 1 mg/l dóziskoncentrációra átlagosan $96,7 \pm 2,09$ %, míg az 50 mg/l-es dózis esetében $55,7 \pm 5,20$ %. Az 50 mg/l-es dózishatás eredményeinek 1 mg/l-el kezelt csoporthoz viszonyított differencia középértéke $-41,0 \pm 4,26$ %. A gyűjtött csapadékkal csíráztatott minták esetében az arány a Manó egyedeknél 88,0 % (kontroll arány: 95,7 %), Vilma esetében 86,0 % (kontroll arány: 95,6 %), Kecskeméti 549 esetében 84,0 % (kontroll arány: 93,3 %) és Mobil esetében 86,0 % (kontroll arány: 91,5 %).



1. ábra: A *Solanum lycopersicum* magvak csírázási arányának összehasonlító elemzése csíráztató kísérletben

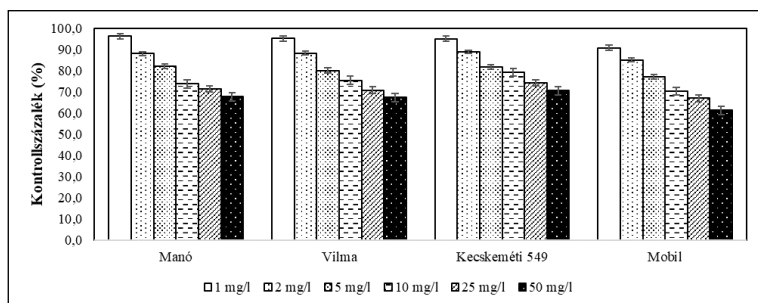
A dóziskoncentráció növelésével a csökkenés következtében előálló redukció mértékére szolgáló determinációs együttható mértéke Manó esetében 0,9757, Vilma esetében 0,9986, Kecskeméti 549 esetében 0,9963, míg a Mobil-nál 0,9868, vagyis pozitív, erős kapcsolat figyelhető meg. Az 1 mg/l dózis hatására a gyökér hossza a kontrollcsoporthoz képest 95,5 %-ra csökkent a Manó esetében (2. ábra). A csökkenés a többi vizsgált csoport esetében is kimutatható: Vilmánál 96,6 %, Kecskeméti 549-nél 97,7 %, míg a Mobil egyedeknél 92,1 %.



2. ábra: A *Solanum lycopersicum* egyedek gyökérhosszának összehasonlító elemzése csíráztató kísérletben

Az átlagértékek az 1 mg/l-es dóziskoncentráció esetében $95,5 \pm 2,41$ %, mialatt az 50 mg/l koncentráció vonatkozásában $47,2 \pm 1,77$ %. Az 50 mg/l-es dózishatás eredményeinek 1 mg/l-es dózissal kezelt csoporthoz viszonyított differencia középértéke $-48,3 \pm 2,02$ %. A csapadékminták esetében a kontrollcsoporthoz viszonyított gyökérhossz $96,3 \pm 1,95$ %-os. A dóziskoncentráció növelésével előálló redukció mértékére szolgáló determinációs együttható mértéke Manó esetében 0,9926, Vilma esetében 0,9877, Kecskeméti 549 esetében 0,9820, míg a Mobil-nál 0,9887, vagyis pozitív, erős kapcsolat figyelhető meg. Ezzel párhuzamosan, az 1 mg/l dózis hatására a hajtásmagasság a kontrollcsoporthoz képest 96,4 %-ra csökkent a Manó esetében (3. ábra). A csökkenés a többi vizsgált csoport esetében is kimutatható: Vilmánál 95,3 %, Kecskeméti 549 esetében 95,1 %, míg a Mobil egyedeknél 90,9 %. Az átlagértékek az 1 mg/l-es dóziskoncentráció esetében $94,5 \pm 2,43$ %, mialatt az 50 mg/l koncentráció vonatkozásában ez az érték $66,8 \pm 3,94$ %. Az 50 mg/l-es dózishatás eredményeinek 1 mg/l-es dózissal kezelt

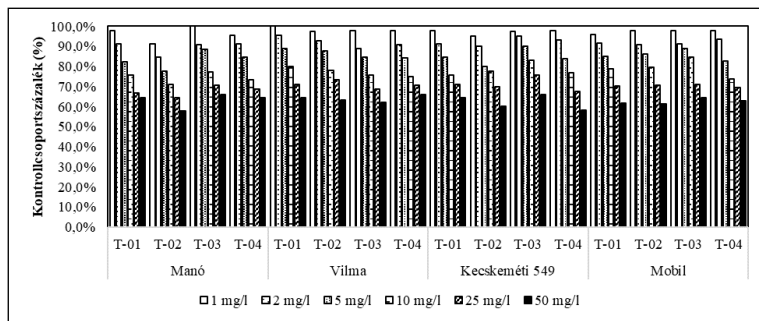
csoporthoz viszonyított differencia középértéke $-27,6 \pm 2,25$ %. A csapadékminták esetében a kontrollcsoporthoz viszonyítva a hajtásmagasság $93,0 \pm 2,42$ %-os. A determinációs koefficiens mértéke Manó esetében 0,9650, Vilma esetében 0,9773, Kecskeméti 549 esetében 0,9786, míg a Mobil-nál 0,9884, vagyis pozitív, erős kapcsolat figyelhető meg.



3. ábra: A *Solanum lycopersicum* egyedek hajtásmagasságának összehasonlító elemzése csíráztatásos kísérletben

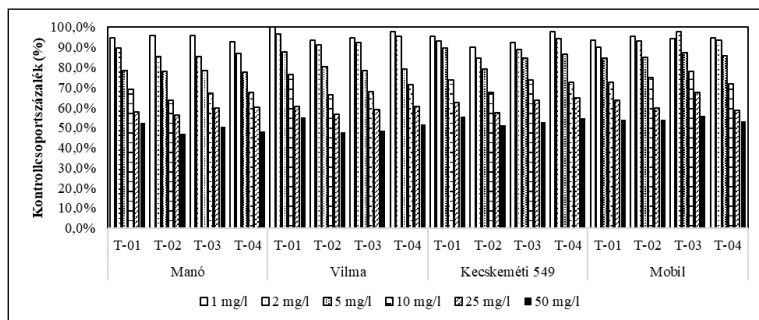
3.2. A tenyészvény kísérlet eredményei és értékelésük

A *Solanum lycopersicum* vizsgált fajtáinak kontrollcsoportra vonatkozó csírázási arány mértéke a Manó vonatkozásában, a T-01, T-02 és T-04 esetében 90,0 %, míg a T-03 közegben 88,0%-os volt (átlag: $89,5 \pm 1,00$ %). A Vilma egyedekre 90,0 %-os arány volt tapasztalható a T-01 és a T-03-as mintákon, míg 88,0 % a T-04 és 82,0 % a T-02 vonatkozásában (átlag: $87,5 \pm 3,79$ %). A Kecskeméti 549 esetében 90,0 %-os ráta alakult ki a T-01 esetében, 80,0 % a T-02-re, 82,0 % a T-03 és 86,0 % a T-04 esetében (átlag: $84,5 \pm 4,43$ %). Ezalatt a Mobil esetében 94,0 %-os csírázási arány volt kapható a kontrollcsoportra a T-01-re, 88,0 % a T-02-re, 90,0 % a T-03-ra és 92,0 % a T-04-re (átlag: $91,0 \pm 2,58$ %). A Manó esetében az 1 mg/l-es dóziskoncentráció hatására kialakult csírázási arány a kontrollcsoport százalékában kifejezve átlagosan $96,1 \pm 3,80$ %, ahol a közegek közül a legkisebb arányt a T-02-es talaj produkálta (91,1 %). Az 50 mg/l-es koncentráció esetében ez az érték már átlagosan $63,1 \pm 3,64$ % volt (T-02: 57,8 %). A beállt változás mértéke $-33,0 \pm 1,29$ %. A Vilma esetében $98,3 \pm 1,16$ %-ra esett a csírázási ráta középértéke az 1 mg/l esetében, mialatt az 50 mg/l hatására már $64,0 \pm 1,56$ %-os arány alakult ki. A változás mértéke átlagosan $-34,3 \pm 1,76$ %. Az 1 mg/l-re kialakult átlagos ráta a Kecskeméti 549 esetén $97,0 \pm 1,34$ %, az 50 mg/l esetében $62,1 \pm 3,64$ %. A változás $-34,9 \pm 3,37$ %-os. A savasabb karakterrel bíró T-02 közeg hatása érzékelhető volt a Mobil egyedek esetében is. Míg a legkisebb dózisznál kapott eredmények átlaga $97,3 \pm 1,02$ %, addig az 50 mg/l esetében $62,6 \pm 1,41$ % volt a ráta. A differencia mértéke $-34,6 \pm 1,30$ %. A gyűjtött csapadékkal csíráztatott minták esetében az arány a Manó egyedeknél $86,0 \pm 2,31$ %, Vilma esetében $87,5 \pm 2,52$ %, Kecskeméti 549-nél $85,5 \pm 3,00$ % és a Mobil esetében $89,0 \pm 2,00$ %. A determinációs koefficiens mértéke Manó esetében 0,9937, Vilma esetében 0,9966, Kecskeméti 549 esetében 0,9936, míg a Mobil-nál 0,9924, vagyis pozitív, erős a fennálló kapcsolat (4. ábra).



4. ábra: A *Solanum lycopersicum* egyedek csírázási arányának összehasonlító elemzése tenyészedeny kísérletben

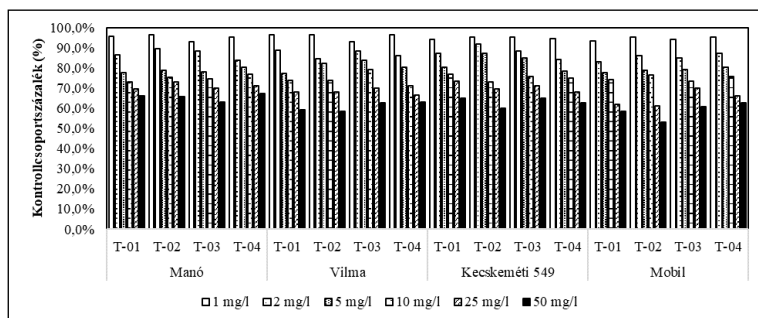
A Manó esetében az 1 mg/l-es dóziskoncentráció hatására kialakult gyökérhossz a kontrollcsoport százalékában kifejezve átlagosan $94,9 \pm 1,41$ %. Az 50 mg/l-es koncentráció esetében ez az érték már átlagosan $49,5 \pm 2,57$ % volt (T-02: 46,9 %). A beállt változás mértéke $-45,4 \pm 2,75$ %. A Vilma esetében $96,5 \pm 2,98$ %-ra esett a gyökérhossz középértéke az 1 mg/l esetében, mialatt az 50 mg/l hatására már $50,7 \pm 3,34$ %-os arány alakult ki. A változás mértéke átlagosan $-45,7 \pm 0,59$ %. Az 1 mg/l-re kialakult átlagos ráta a Kecskemét 549 esetén $93,9 \pm 3,32$ %, az 50 mg/l esetében $53,5 \pm 2,02$ %. A változás $-40,4 \pm 1,87$ %-os. A Mobil esetén, a legkisebb dózissnál kapott eredmények átlaga $94,4 \pm 0,83$ %, addig az 50 mg/l esetében $54,2 \pm 1,10$ % volt (5. ábra). A differencia mértéke $-40,2 \pm 1,46$ %. A gyűjtött csapadékkal csíráztatott minták esetében a gyökérhossz kontrollszázalékban kifejezett értékei a kontrollcsoport és az 1 mg/l-es dózis hatására kialakult paraméterek értékei között konvergáltak. A redukció mértékére szolgáló koeficiens a Manó esetében 0,9980, Vilma egyedeknél 0,9823, Kecskeméti 549-nél 0,9706, míg a Mobil-nál 0,9604, azaz pozitív, erős kapcsolat figyelhető meg.



5. ábra: A *Solanum lycopersicum* egyedek gyökérhosszának összehasonlító elemzése tenyészedeny kísérletben

A Manó esetében az 1 mg/l-es dóziskoncentráció hatására kialakult hajtásmagasság a kontrollcsoport százalékában kifejezve átlagosan $95,1 \pm 1,42$ %. Az 50 mg/l-es koncentráció esetében ez az érték már átlagosan $65,7 \pm 1,79$ % volt. A beállt változás mértéke $-29,4 \pm 1,14$ %. A Vilma esetében $95,6 \pm 1,75$ %-ra esett a hajtásmagasság középértéke az 1 mg/l esetében, mialatt az 50 mg/l hatására már

60,9 ± 2,50 %-os arány alakult ki. A változás mértéke átlagosan -34,8 ± 3,70 %. Az 1 mg/l-re kialakult átlagos ráta a Kecskemét 549 esetén 94,8 ± 0,62 %, 50 mg/l esetén 63,2 ± 2,45 %. A változás -31,6 ± 2,71 %-os. A Mobil esetén, a legkisebb dózisonál kapott eredmények átlaga 94,5 ± 0,99 %, addig az 50 mg/l esetében 58,8 ± 4,28 % volt (6. ábra). A differencia mértéke -35,8 ± 4,49 %. A csapadékkal csíráztatott minták hajtásmagassági értékei a kontroll és az 1 mg/l-nél kapott értékek között tendált.



6. ábra: A *Solanum lycopersicum* egyedek hajtásmagasságának összehasonlító elemzése tenyészedeny kísérletben

A dóziskoncentráció növelésével előálló redukció determinációs koefficiens mértéke Manó esetében 0,9727, Vilma esetében 0,9973, Kecskeméti 549 esetében 0,9972, míg a Mobil-nál 0,9897, vagyis szintén pozitív, erős kapcsolat volt megfigyelhető. Ősztündíjas időszakom hátralevő ideje alatt céloom további, kiegészítő mérések elvégzése, a vizsgált minták biokémiai paramétereinek kiértékelése, a kapott eredmények nemzetközi szakirodalmak eredményeivel való összevetése.

4. Következtetések és javaslatok

Az asbeszt jelentős egészségügyi kockázatot jelent az építőanyagokban való széles körű használata miatt, ami napjainkra az asbesztszálak környezetbe jutásához, valamint talaj- és vízszennyezéshez vezet. A kiváltott kontamináció vízi közegben történő mobilizációja negatívan befolyásolhatja a növények növekedését és a magok csírázását. E tanulmány célja az öntözővízben lévő asbesztcement-szennyezés hatásvizsgálata *Solanum lycopersicum* egyedekre. A kutatási eredmények alapján, az asbeszt növekvő koncentrációja a csírázási arányok jelentős csökkenéséhez, valamint a gyökérhossz és a hajtásmagasság változásához vezetett. A vizsgált tényezők közötti összefüggés mind a csíráztató, mind a tenyészedeny kísérletek során kimutatható volt, sőt a különböző talajtípusok esetében egyaránt fennállt. A krizotil-asbeszt savas közegben fokozódó hatásának negatív jellege a T-02-es ültetőközeg esetében szembetűnő volt. Összességében a kutatás rávilágít arra, hogy az asbesztszennyezés hogyan befolyásolja a növények fejlődését, és hangsúlyozza annak szükségességét, hogy megértsük az ember által befolyásolt környezetre gyakorolt abiotikus stresszhatását.

Felhasznált irodalom

- Ahmad Manzoor, Ishaq Muhammad, Shah Wajid, Adnan Muhammad, Fahad Shah, Saleem Muhammad Hamzah, Khan Fahim Ullah, Mussarat Maria, Khan Shadman, Ali Baber, Mostafa Yasser, Alamri Saad, Hashem Mohamed: Managing Phosphorus Availability from Organic and Inorganic Sources for Optimum Wheat Production in Calcareous Soils, *Sustainability*, 2022/14.
- Andreozzi Giovanni B., Alessandro Pacella, Ingrid Corazzari, Maura Tomatis, and Francesco Turci: Surface Reactivity of Amphibole Asbestos: A Comparison between Crocidolite and Tremolite, *Scientific Reports*, 2017/7.
- Bloise Andrea, Manuela Catalano, Eugenio Barrese, Alessandro Francesco Gualtieri, Nicola Bursi Gandolfi, Silvana Capella, Elena Belluso: TG/DSC Study of the Thermal Behaviour of Hazardous Mineral Fibres, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2016/123.
- Fuller Stephen, and Anil Gautam: A Procedure for Measuring Microplastics Using Pressurized Fluid Extraction, *Environmental Science & Technology*, 2016/50.
- Hafeez Arslan, Tipu Muhammad Imran, Saleem Muhammad Hamzah, Al-Ashkar Ibrahim, Saneoka Hirofumi, Ayman El Sabagh: Foliar application of moringa leaf extract (MLE) enhanced antioxidant system, growth, and biomass related attributes in safflower plants, *South African Journal of Botany*, 2022/150.
- Kanarek Marty S.: Mesothelioma from Chrysotile Asbestos: Update, *Annals of Epidemiology*, 2011/9.
- Lewis Ian R., Nathan C. Chaffin, Mickey E. Gunter, Peter R. Griffiths: Vibrational Spectroscopic Studies of Asbestos and Comparison of Suitability for Remote Analysis, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 1996/52, 315-328. o.
- Łuniewski Stanisław, Weronika Rogowska, Bożena Łozowicka, Piotr Iwaniuk: Plants, Microorganisms and Their Metabolites in Supporting Asbestos Detoxification—A Biological Perspective in Asbestos Treatment, *Materials*, 2024/17.
- Luo Yuan, Jie Liang, Guangming Zeng, Ming Chen, Dan Mo, Guoxue Li, Difang Zhang: Seed Germination Test for Toxicity Evaluation of Compost: Its Roles, Problems and Prospects, *Waste Management*, 2018/71, 109–14. o.
- Maulida Puteri Tiara, Jeong Wook Kim, Myung Chae Jung: Environmental Assessment of Friable Asbestos from Soil to Air Using the Releasable Asbestos Sampler (RAS), *Toxics*, 2022/10.
- Mutetwa Benjamin, Dingani Moyo, Derk Brouwer: Job Exposure Matrix for Chrysotile Asbestos Fibre in the Asbestos Cement Manufacturing (ACM) Industry in Zimbabwe, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022/19.
- O'dell Ryan E., Claassen Victor P.: Serpentine and Nonserpentine *Achillea millefolium* Accessions Differ in Serpentine Substrate Tolerance and

Response to Organic and Inorganic Amendments, *Plant and Soil*, 2006/279. 253-269. o.

- Paes de Melo, Bruno, Paola de Avelar Carpinetti, Otto Teixeira Fraga, Paolo Lucas Rodrigues-Silva, Vinícius Sartori Fioresi, Luiz Fernando de Camargos, Marcia Flores da Silva Ferreira: Abiotic Stresses in Plants and Their Markers: A Practice View of Plant Stress Responses and Programmed Cell Death Mechanisms, *Plants*, 2022/11.
- Pira Enrico, Francesca Donato, Luisa Maida, Gianluigi Discalzi: Exposure to Asbestos: Past, Present and Future, *Journal of Thoracic Disease*, 2018/10, 237-245. o.
- Saleem Khansa, Asghar Muhammad Ahsan, Saleem Muhammad Hamzah, Raza Ali, Kocsy Gábor, Iqbal Nadeem, Ali Baber, Albeshr Mohammed Fahad, Bhat Eijaz Ahmed: Chrysotile-Asbestos-Induced Damage in *Panicum virgatum* and *Phleum pretense* Species and Its Alleviation by Organic-Soil Amendment, *Sustainability*, 2022/14.
- Suzuki Yasunosuke, Steven R. Yuen, Richard Ashley: Short, Thin Asbestos Fibers Contribute to the Development of Human Malignant Mesothelioma: Pathological Evidence, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2005/208, 201–210.o.
- Tóth Erzsébet, and Weiszburg Tamás: *Környezeti Ásványtan*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2011.
- Trivedi Ajaya Kumar, Ahmad Ishfa: Genotoxicity of chrysotile asbestos on *Allium cepa* L. meristematic root tip cells, *Current Science*, 2013/105.
- Zhu Jian-Kang: Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants, *Cell*, 2016/167. 313–324. o.

Szoftvertesztelési eljárások automatizálási lehetőségeinek kutatása HIL/SIL környezetben CI/CV alapokon

1. Bevezetés

Az elmúlt időszakban azon szoftverek komplexitása, amelyek a járművek elektronikus vezérlőegységeiben működnek, jelentős mértékben növekedett, így a hagyományos tesztelési metodikák már nem képesek a szükséges tesztlefedettséget biztosítani a gyors és biztonságos piaci bevezetés érdekében. Emiatt elengedhetetlen a szoftverfejlesztési és -tesztelési eljárások olyan módszereinek kutatása, amelyek előre meghatározott, szigorúan ütemezett sorrendben, automatizált tesztkörnyezetekben hajtják végre a különböző tesztelési szinteket kiszolgáló folyamatokat. Ezek az eljárások a szoftvermodul-teszt szintjétől a SIL és HIL (Software-in-the-Loop/Hardware-in-the-Loop) alapszintű működésének ellenőrzése át egészen az ASPICE swe6 szintű kvalifikációs tesztig terjednek, követve a szoftverfejlesztési V-modell (szekvenciális fejlesztési modell) által meghatározott lépcsőfokokat. A szoftverfejlesztési szinteket kiszolgáló környezetek között kritikus feladat a SIL/HIL tesztek végrehajtása. A jövő energetikai és fenntarthatósági kihívásait figyelembe véve kiemelt jelentőséggel bír a tesztelési erőforrások optimalizálása, ideértve a magas költségekkel és jelentős környezeti terheléssel járó járműteszt minimalizálását, amelyek hosszú időtartamuk miatt korlátozott tesztlefedettséget és lassú hibafeltárás lehetőségét kínálják. Jelenleg is ezek a tesztelési módszerek állnak a középpontban, de fenntarthatósági és időhatékonysági kérdéseik miatt a kutatások egyre inkább az új, megbízhatóbb eljárások felé orientálódnak. Kutatásom során egy olyan szoftvertesztelési metodológiát kívánok vizsgálni és kifejleszteni, amely a tesztrendszer automatizációjának magas szintű megvalósítása mellett képes az optimális tesztlefedettséget biztosítani, csökkenteni a termék kockázatait, valamint költséghatékonyan feltárni a szoftverhibákat és online elérhetővé tenni az incidensjelentéseket.

2. Szoftvertesztelés HIL és SIL

Az autóiipari elektronikus vezérlőrendszerek fejlesztése során a V-modell szerinti iteratív fázisok kerülnek alkalmazásra, ahol minden egyes fázis végét szoftverkiadások zárják le. A tesztelési szintek a V-modell jobb oldalán helyezkednek el, kezdve a komponens vagy egységtesztelésekkel, átmenve az integrációs és rendszertesztekre, egészen a validálásig vagy az elfogadási tesztekig.

Iterációs fázisokba ágyazott V-modell

¹ Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Fodor Dénes, tanszékvezető egyetemi docens, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Teljesítményelektronika és Villamos Hajtások Tanszék

A HIL (Hardware In the Loop) tesztelés a szoftverintegrációs szinten valósul meg. Ebben a fázisban történik meg a szoftver és az elektronikai vezérlőegység (ECU) integrációja, amelyet a már említett HIL szimulációs környezetben helyezünk el. Ez a környezet szimulálja azokat a járműegységeket, amelyekkel a tesztelés alatt álló ECU valós körülmények között kapcsolatban van. A HIL tesztelés előnyei közé tartozik a korai tesztelési lehetőség (még nem elérhető hardverelemek szimulációs helyettesítése), a költséghatékonyság (jelentősen olcsóbb, mint a járműtesztek), a biztonság (a virtuális, szimulált környezetben nincsenek fizikai károk, így például 200 km/h sebességnél végrehajtott manőverek vagy hibagenerálások is kockázatmentesen végrehajthatóak), valamint az automatizálás egyszerűsége. Továbbá a tesztek könnyen megismételhetők, a rendszer jellemzően rugalmas (bővíthetőség és adaptálhatóság szempontjából), és a fizikai korlátok sem jelentenek akadályt, például a jármű akár 10 g-vel is gyorsítható a szimulációs korlátoknak köszönhetően. A rendszer valósidejűségét garantálja, hogy a szimuláció legalább 1 ms-es rendszeridővel fut, amely idő alatt minden bemeneti adat feldolgozásra kerül, és a kalkulációk után a válaszok szinkronizált módon kerülnek kiküldésre a perifériák és a tesztelt egység felé. Mindenhez alapos rendszerismeret szükséges, elsősorban a szimulációs technológiák terén szerzett elengedhetetlen technikai ismeretekkel együtt. A szimulátor rendszerek által nyújtott időzírt és automatikus szinkronizációs mechanizmusok ellenére is könnyen előfordulhatnak akadályok a szimulációs loop-okban, ami a teljes szimuláció automatikus leállításához vezethet. Ez általában a rugalmasság és a robosztusság közötti kompromisszum eredményeként következik be, azonban a rugalmasság nélkül nem lehet általános célú szimulátor rendszereket fejleszteni, ami nélkülözhetetlen a HIL tesztrendszerek esetében, a tesztelt beágyazott rendszerek egyedisége miatt.

A HIL szimulációs rendszereket általában specifikáció alapú vagy úgynevezett fekete doboz (black-box) teszteléssel alkalmazzák, ahol a fő bemenet a funkcionális specifikációk dokumentuma. Ez tartalmazza a tesztelt rendszer viselkedésére vonatkozó leírásokat és követelményeket egy adott nézőpontból. A követelmények elemzése után a tesztmérnököknek együtt kell működniük a tesztrendszer fejlesztőivel, hogy megállapítsák, mely követelmények tesztelhetőek és melyek nem támogatottak a rendszer által. A belső elektronikai komponensek tesztelhetősége jelentős kihívást jelent. Például egy elektronikus vezérlőegységbe épített komponens elektromos hibáinak ismételt vagy automatizált tesztelése anélkül, hogy maradandó kárt okoznánk, rendkívül bonyolult, vagy egyes esetekben lehetetlen. Problémát jelent az is, hogy biztosítani kell a hozzáférhetőséget az adott komponenshez, ehhez mérési pontokra és beavatkozási lehetőségekre van szükség a megfelelő helyeken, ami hardvermódosításokat igényel. Mindezek eredményeként minden egyes módosítással egyre távolabb kerülünk a valós egységtől és annak gyártásra szánt verziójától, ezzel növelve annak kockázatát, hogy elfedünk olyan hibákat, amelyek csak a valós design esetén jelentkeznének. Ennek eredményeképpen a tesztlefedettség növelése a tesztrendszer komplexitásának folyamatos növekedésével jár, így a tesztelt egység egyre inkább eltávolodik a valóságtól. Ezért gyakorlatban jellemző, hogy több különböző tesztkörnyezetet alkalmaznak az egyes tesztelési szintek követelményeinek lefedésére, ezzel kiküszöbölve az említett hibák elfedését.

Gyakorlati példa.: Vegyük a gyorsulásszenzorokat, és vizsgáljuk meg, hogyan valósítható meg egy HIL szimulációs környezetben, hogy a fékvezérlő egység úgy érzékelje, mintha a jármű 1 m/s^2 gyorsulással haladna egy egyenes útszakaszon. Nyilvánvaló, hogy egy beépített, valós szenzort nem lehet használni, mivel nincs realitása annak, hogy a laborkörnyezetben egy szerkezet a kívánt gyorsulással mozgassa a valós szenzort, hogy az a kívánt értéket mutassa, mint ahogy ez a járműben történik. Ezért szükség van a szenzor emulációjára vagy annak értékeinek szimulálására a vezérlőegység számára. Ebben az esetben szükség van egy járműmodellre, amely a bemeneti jelek (gázpedál, fékpedál, kormányzög, váltó pozíció stb.) alapján képes kiszámítani a szimulált jármű sebességét és a fellépő gyorsulásokat. Ezeket az értékeket kell továbbítani a fékvezérlő egységnek. A fékvezérlő egység egy dedikált interfészen keresztül várja a gyorsulás értékeit a gyorsulás szenzor típusától függően. Amennyiben a szenzort emuláljuk, akkor például egy FPGA board segítségével a szenzor minden egyes regiszterét leképezzük, és biztosítjuk, hogy a tesztrendszer közvetlenül írhatta a megfelelő adatokat. Miután a járműmodelltől kapott gyorsulásértékeket beírja a tesztrendszer az emulált szenzor megfelelő regisztereibe, az emuláló egység a dedikált interfészen keresztül, például SPI, I2C stb., továbbítja a vezérlőegység felé az értékeket. Másik lehetőség, ha például nem egy beágyazott szenzorról van szó, hanem egy külső modulról, amely például CAN-en keresztül szolgáltatja a jármű vezérlőegységei felé a gyorsulás értékeit, akkor csupán a CAN üzeneteket szimuláljuk, amely lehet egy egyszerű virtuális node/ECU is a restbus szimuláción belül, összerendelve a tesztrendszer egy hardveres interfészével.

A SIL (Software In the Loop) tesztelés az autóiipari fejlesztések során kiemelt jelentőséggel bír, hiszen lehetővé teszi a beágyazott szoftverek vizsgálatát anélkül, hogy fizikai hardverelemekre lenne szükség. Ez a megközelítés jelentős előrelépést jelent a hibakeresési és optimalizálási folyamatokban, mivel a virtuális környezetben történő tesztelés gyorsabb iterációkat és korai hibafeltárást tesz lehetővé.

A SIL tesztelés központi eleme a virtuális ECU (vECU), amely egy szimulált elektronikus vezérlőegység, amely a valós ECU funkcióit hivatott „imitálni”. A vECU segítségével a fejlesztők képesek a szoftver komponensek teljes körű tesztelésére, beleértve a rendszer különböző részeinek interakcióit is, anélkül, hogy a valós hardver jelen lenne. Ez a módszer különösen hasznos lehet új funkciók fejlesztésekor, vagy amikor a fizikai prototípusok még nem állnak rendelkezésre. A teljes rendszer virtualizációja a SIL tesztelés egy másik fontos aspektusa, ami lehetővé teszi az összetett járműrendszerek, mint például az elektronikus vezérlési rendszerek, teljes körű vizsgálatát egy integrált szimulációs környezetben. Ezáltal a mérnökök szimulálni tudják a járműrendszer viselkedését különböző működési scenáriókban, amely hozzájárul a fejlesztési ciklus hatékonyságának növeléséhez, csökkentve ezzel a piacra jutási időt és költségeket.

A SIL környezet kiemelkedő előnye, hogy biztosítja a fejlesztési folyamat folyamatos ellenőrzését és a szoftver minőségének fokozatos javítását. A virtuális tesztelés révén az esetleges hibák korai szakaszban kerülnek azonosításra, ami csökkenti a későbbi fejlesztési szakaszokban felmerülő költséges módosítások szükségességét. Emellett a SIL környezet adaptálhatósága és skálázhatósága lehetővé teszi, hogy a tesztelési folyamatokat rugalmasan igazítsák a

projektspecifikus igényekhez, ezzel is támogatva a gyors reagálást a technológiai és piaci változásokra.

3. A legismertebb HIL és SIL szimulációs megoldások a piacról

- dSPACE - A dSPACE kiemelkedik a HIL (Hardware in the Loop) és SIL (Software in the Loop) tesztelési megoldásaival. A cég széleskörű eszköztárat kínál, amely magában foglalja a SCALEXIO hardvereket HIL teszteléshez és a VEOS platformot a SIL teszteléshez. Ezek az eszközök lehetővé teszik a valós idejű és virtuális szimulációkat, támogatva az elektronikus vezérlőegységek (ECU) fejlesztését és validálását.
- IPG Automotive - Az IPG Automotive CarMaker szoftvere egy integrált szimulációs környezetet biztosít, amely támogatja mind a HIL, mind a SIL tesztelési eljárásokat. Ez a platform kiválóan alkalmas a járművek teljes dinamikai modellezésére, lehetővé téve a fejlesztők számára, hogy a szoftver és hardver komponenseket egyaránt teszteljék virtuális környezetben.
- Vector Informatik - A Vector Informatik széleskörű megoldásokat kínál az autóiipari elektronika teszteléséhez és fejlesztéséhez. A cég vVIRTUALtarget szoftvere egy virtuális tesztelési környezetet biztosít SIL teszteléshez, míg a CANoe szoftver erős támogatást nyújt a hálózati kommunikáció teszteléséhez, amely HIL környezetben is alkalmazható.
- NI (National Instruments) - Az NI PXI rendszerei moduláris, skálázható tesztelési megoldásokat kínálnak, amelyek egyaránt támogatják a HIL és SIL tesztelési környezeteket. Az NI szoftvereszközei, mint a LabVIEW, VeriStand és TestStand, lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy testreszabott tesztelési eljárásokat hajtsanak végre, amelyek támogatják mind a hardveres, mind a szoftveres komponensek fejlesztését és ellenőrzését.

Ezek a cégek és technológiák kulcsszereplői az autóiipari fejlesztési és tesztelési folyamatoknak, lehetővé téve a gyártók számára, hogy gyorsan és hatékonyan fejlesszék és teszteljék az elektronikus vezérlőegységeket, javítva a termékek megbízhatóságát és csökkentve a piacra jutás idejét.

4. Automatizáció : CI/CV (DevOps)

A DevOps és a CICV folyamatos integráció (CI) és validáció (CV) integrációja a járműiparban jelentős változásokat hozott a szoftverfejlesztési és tesztelési folyamatokban. Ez a megközelítés segít a járműgyártóknak és a szoftverrendszer beszállítóknak, hogy gyorsabban és hatékonyabban kezeljék a növekvő szoftverkomplexitást és az elektronikus rendszerek integrációját a modern járművekben.

DevOps a Járműiparban

A DevOps koncepciója a szoftverfejlesztés és működtetés folyamatainak összekapcsolásából ered, és célja, hogy a fejlesztési ciklusokat rövidítse, miközben növeli a fejlesztési és üzemeltetési csapatok közötti kommunikációt és együttműködést. A járműipar speciális környezetében a DevOps segíti az agilis fejlesztési folyamatokat, amelyek alkalmazkodnak a gyors technológiai változásokhoz és a piaci igényekhez.

Kulcsfontosságú DevOps jellemzők:

- **Automatizálás:** A kódépítéstől kezdve a tesztelésen át a kiadásig minden folyamatot automatizálunk, csökkentve a manuális hibák lehetőségét és a fejlesztési időt.
- **Monitorozás és visszajelzés:** Folyamatos monitorozással biztosítjuk, hogy a rendszerek megfelelően működjenek, és gyors visszajelzést kapjanak a fejlesztők a hibákról vagy a teljesítményproblémákról.
- **Kollaboráció:** A DevOps kultúrája elősegíti a különböző csapatok közötti szoros együttműködést, ösztönözve őket a közös célok és a folyamatos javulás elérésére.

CI/CV a Járműiparban

A folyamatos integráció (CI) a kód változásainak automatikus építését és tesztelését jelenti, melyet a fejlesztők gyakran, akár naponta többször is végeznek. Ez lehetővé teszi a hibák korai felismerését és javítását, ami csökkenti a fejlesztési költségeket és javítja a termék minőségét. A folyamatos validáció (CV) kiterjeszti a CI elveit, magában foglalva a termék teljesítményének és funkcionalitásának folyamatos tesztelését és validálását.

CICV előnyei:

- **Korai hibafelismerés:** A CICV lehetővé teszi a fejlesztési folyamat során keletkező szoftverhibák azonnali azonosítását és javítását, ami jelentős költségmegtakarítást jelent a későbbi fejlesztési szakaszokban.
- **Jobb minőségű szoftver:** A folyamatos tesztelés és validáció biztosítja, hogy csak a legmagasabb minőségű kód kerüljön beépítésre a végtermékbe.
- **Rugalmas reagálás a változásokra:** A CICV keretrendszer segítségével a szoftverfejlesztők gyorsabban tudnak reagálni a piaci változásokra és a vásárlói igényekre.

5. Összegzés

Az autóiipari HIL (Hardware in the Loop) és SIL (Software in the Loop) tesztelési rendszerek automatizálása jelentős előnyöket kínál a fejlesztési folyamatok sebességének, hatékonyságának és költséghatékonyságának javításában. Az automatizáció révén gyorsabban és pontosabban végezhető el a tesztek, ami javítja a tesztelési lefedettséget és a termékminőséget. Emellett a fejlesztési ciklusok lerövidülnek, így a termékek gyorsabban jutnak piacra, miközben a fizikai prototípusokra és tesztekre fordított költségek csökkennek. Az automatizált HIL és SIL megoldások bevezetése növeli a járműipari szoftverfejlesztés rugalmasságát és

skálázhatóságát, elősegítve a hatékonyabb innovációt és a versenyelőny megszerzését.

Felhasznált irodalom

- D. Fodor; K. Enisz (2014): Vehicle Dynamics Based ABS ECU Verification On Real-TimeHardware-In-The-Loop Simulator, 978-1-4799-2060-0/14/\$31.00 ©2014 IEEE, Antalya,Turkey
- Continental Automotive – Szoftverfejlesztési folyamat, V model4 K. Enisz, D. Fodor, I. Szalay and L. Kovacs, (2014): "Reconfigurable real-time hardware-in-the-loop environment for automotive electronic control unit testing and verification",IEEE Instrumentation & Measurement Magazine (IF: 0.63), Volume 17, Issue 4, pp. 31-36,2014.
- Rindell, K., Ruohonen, J., Holvitie, J., Hyrynsalmi, S., and Leppänen, V. (2021). Securityin agile softwaredevelopment: A practitioner survey. Information and Software Technology, 131.
- Ahmed, B. S. (2016). Test case minimization approach using fault detection andcombinatorial optimization techniques for configuration-aware structural testing.Engineering Science and Technology, an International Journal
- Sooyong Jeong, Yongsub Kwak and Woo Jin Lee, "Software-in-the-Loop simulation for early-stage testing of AUTOSAR software component," 2016 Eighth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Vienna, Austria, 2016, pp. 59-63,doi: 10.1109/ICUFN.2016.7536980.
- S. H. Reiterer, S. Balci, D. Fu, M. Benedikt, A. Soppa and H. Szczerbicka, "ContinuousIntegration for Vehicle Simulations," 2020 25th IEEE International Conference on EmergingTechnologies and Factory Automation (ETFA), Vienna, Austria, 2020, pp. 1023-1026, doi:10.1109/ETFA46521.2020.9211976.

Az útburkolat fáradási károsodásának modellezése és emissziós elemzése az autonóm teherautók esetén

1. Bevezetés

Az autonóm teherautók jelentős változásokat fognak hozni a jelenlegi közlekedési infrastruktúra-rendszerben a közlekedésbiztonság, a mobilitás, az üzemanyag-hatékonyság és a pálya-kapacitás tekintetében. Bár az autonóm teherautók további fejlesztéseket hoznak a jelenlegi közlekedési infrastruktúra rendszerben, azonban a burkolatszerkezet teljesítményére gyakorolt hatásuk azon alapul, hogy a forgalmi sávon belül milyen típusú oldalirányú vándorlási módot alkalmaznak.^[2] Megfigyelhető, hogy két különböző oldalirányú vándorlási mód használható, nevezetesen a nulla vándorlási mód és az egyenes vándorlási mód. A nulla vándorlási mód előnyben részesíti az út kapacitását, a biztonságot és az üzemanyag-hatékonyságot, azonban súlyos következményekkel járhat az útburkolat szerkezetére az ismétlődő terhelés miatt, ami nyomvályúsodáshoz és fáradásos repedésekhez vezet. Másrészt egyenes vándorlási mód esetén a teherautó oldalirányban mozoghat a sávon belül, ami csökkenti a terhelés ismétlődését ugyanazon a részen, ezáltal növeli a burkolat élettartamát.

Ebben a jelentésben a teherautó különböző oldalirányú vándorlási módjai és sebességei alapján a fáradási károsodás elemzését az ABAQUS 3D végeeselemes modellel végezzük. Ezen túlmenően minden oldalirányú vándorlási módból kiértékeljük az ebből eredő környezeti hatásokat, és kiszámítjuk a vonatkozó CO₂-kibocsátást. A fáradás okozta károsodás a hajlékony burkolatok egyik fő tönkremeneteli formája.^[3] Ugyanazon a ponton a nagyobb terhelés halmozódása fáradási repedések kialakulását eredményezheti, ezáltal idő előtt tönkretetheti az útburkolat szerkezetét. Ezen túlmenően a fáradási károsodás mértéke sokkal gyorsabb a téli körülmények között.^[4] A burkolatok fáradási károsodása alapján a közútkezelőknek a burkolat teljesítménye alapján kell megtervezni a karbantartási stratégiákat. A különböző típusú oldalirányú vándorlási módok megváltoztathatják a burkolat fáradási teljesítményét, a kevesebb karbantartási beavatkozás kevesebb CO₂-kibocsátást eredményez a járda élettartama során.

¹ Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Prof. Koren Csaba, Emeritusz Professzor, Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék.

² Fujie, Zhou – Sheng, Hu – Susan T, Chrysler – Yangwoo, Kim – Ivan, Damjanovic – Alireza, Talebpour – Alejandro, Espejo: Optimization of Lateral Wandering of Automated Vehicles to Reduce Hydroplaning Potential and to Improve Pavement Life, in *Transp. Res. Rec.* 2019, 1–9. o.

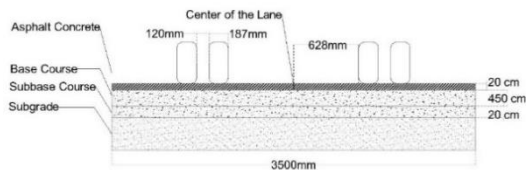
³ Paulina, Leiva-Padilla – Juliette, Blanc – Ferhat, Hammoum – Aitor, Salgado – Emmanuel. Chailleux – Angel Hornych. Mateos: The impact of truck platooning action on asphalt pavement: a parametric study, in *Int. J. Pavement Eng.* 2022/7, 67-91. o.

⁴ Luiz Guilherme Rodrigues. de Mello – Márcio Muniz. de Farias – Kamil. Kaloush: Effect of temperature on fatigue tests parameters for conventional and asphalt rubber mixes, in *Road Mater. Pavement Des.* 2018/19, 417–430. o.

Ebben a jelentésben egy 3D-s modell készült a fáradás okozta károk és a CO₂-kibocsátás elemzésére. Az ABAQUS 3D modelleket korábban különböző kutatók használták a rugalmas burkolatok fáradási károsodásának értékelésére. Hadian^[5] 3D FE modellt használt az aszfaltburkolatok fáradási repedései terjedésének vizsgálatára. A burkolat alsó részén mérte a húzófeszültséget. Ezenkívül az egymást követő burkolatrétegek közötti tapadást változtatta, hogy mérje annak deformációra és a fáradási repedésekre gyakorolt hatását. Megállapítást nyert, hogy az anyagrétegek rugalmassági modulusának növelése kismértékben csökkentheti a húzófeszültséget, és a merevebb keverékekben a fáradási repedés uralkodik. Chen^[6] a 2D FE modellt használta az autonóm teherautók különböző oldalirányú vándorlási módjainak a nyomvályúsodásra és a fáradási repedésekre gyakorolt hatásának felmérésére.

2. A kutatás módszertana

A 3,5 m szélességű burkolatnak a kétoldali szimmetria és a szimulációs idő csökkentése miatt a sáv szélességnek csak a felét vettem figyelembe az elemzési célokra. A terhelés szimulálására kettős abroncsot használtam. Három különböző, 5 km/h, 50 km/h és 80 km/h sebességforgatókönyvet vettem figyelembe a fáradási károk értékeléséhez. Négyrétegű aszfaltburkolat-szerkezetet vettem figyelembe, amely aszfalttrétegből, szemcsés alaprétegből, szemcsés alsó alaprétegből és földműből áll. Az 27. ábra keréktípusok és a burkolatrétegek szemléltetését mutatja.



27. ábra: Aszfaltburkolat-szerkezet.

A szimulációhoz a Goodyear által kifejlesztett G159A-11R22.5 méretű iker gumiabroncs lábnyomát használtam 700 kPa abroncsnyomással és 71,5 kN tengelyterheléssel. A 28. ábra a kettős kerékhez használt gumiabroncs lábnyomát mutatja.

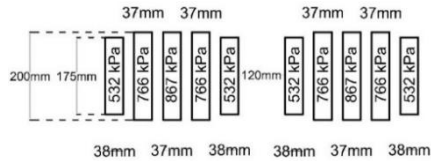
⁵ Seyed Masoud Hadian: Investigation and analysis of fracture failure and fatigue cracking in High-rise pavement using simulation software of ABAQUS, *Ann. Civ. Environ. Eng.* 2019/3, 032–039. o.

⁶ Feng. Chen – Mingtao. Song – Xiaoxiang. Ma – Xingyi. Zhu: Assess the impacts of different autonomous trucks' lateral control modes on asphalt pavement performance, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2019/13, 17–29. o.



28. ábra: Dupla gumiabroncs lábnyoma.

Továbbá, mivel a kerék egyes részei eltérő nyomást gyakorolnak a burkolatra, ezért a 29. ábra a részletes nyomásértékeket mutatja.



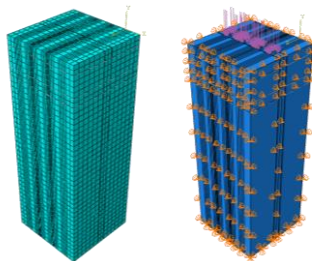
29. ábra: Részletes abroncsnyomás értékek.

Az ABAQUS-hoz használt burkolat rétegek tulajdonságait az 2. táblázat mutatja.

Réteg típusa	Vastagság [cm]	Rugalmassági modulus [MPa]	Poisson-tényező
Aszfalt	20	950	0.42
Szemcsés alapréteg	40	500	0.34
Szemcsés alsó alapréteg	20	350	0.34
Természetes talajréteg	-	60	0.41

2. táblázat: Útburkolati rétegek tulajdonságai.

A 3D-s modell méretei 1,75 m x 1,75 m. A teljes modellmélységet 4,8 m-re vettem a rétegvastagságnak és a burkolat alatti természetes réteg hozzáadásának megfelelően. A használt modell típus a CPE8R, amely 26514 elemből áll, amelyek elemmérete 105 a nagyobb pontosság érdekében, amint az a 30. ábrán látható.

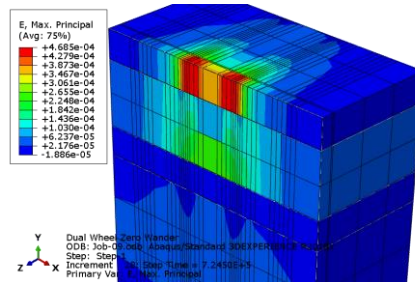


30. ábra: A modell háló részletei (balra), Peremfeltételek (jobbra).

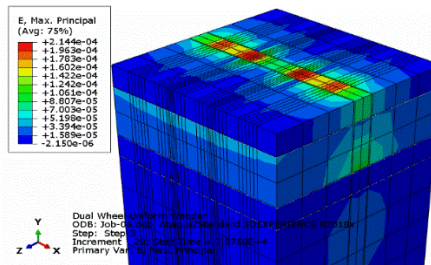
A peremfeltételek esetében a csomópontok szabadon mozoghattak a normál irányok mentén, de korlátozva voltak a merőleges vízszintes irányokban. A modell alján a mozgást mindhárom irányban korlátoztuk.

3. Szimulációs eredmények

A szimulációkat változtatható sebességgel és két különböző oldalirányú vándorlási móddal végeztük. Az így kapott feszültségértékek 80 km/h sebességnél az alábbiakban láthatók.

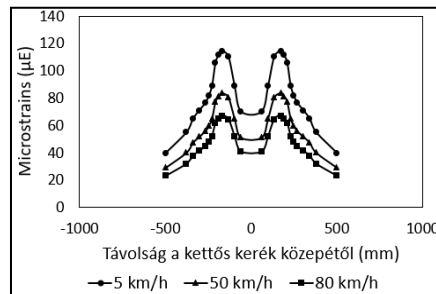


31. ábra. Szimulációk nulla vándorlási móddal.

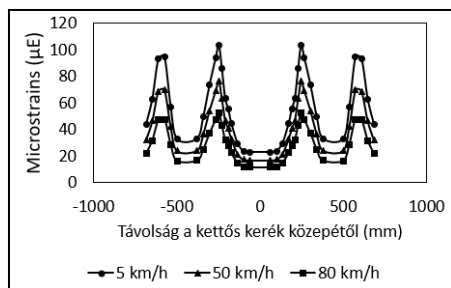


32. ábra: Szimulációk egyenletes vándorlási móddal.

Amint az 5. és 6. ábrán látható, észrevehető különbség figyelhető meg a kapott feszültségértékekben. A nulla vándorlási módnál a terhelés nagy része középre koncentrálódik, az egyenletes vándorlási módnál pedig a sáv teljes szélességében megoszlik a terhelés. Az egyenletes vándorlási módhoz tartozó feszültség szint 42%-os csökkenése figyelhető meg.



33. ábra: Fajlagos nyúlás értékek különböző sebességeknél nulla vándorlási mód esetén.



34. ábra: Fajlagos nyúlás értékek különböző sebességeknél egyenletes vándorlási mód esetében.

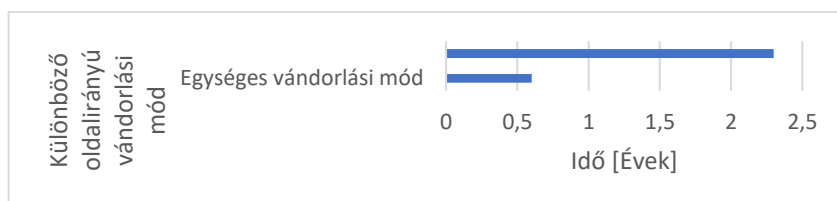
A legnagyobb, 115 mikronos nyúlás 5 km/h sebességnél az aszfaltréteg alatt érhető el, amint az a 7. ábrán látható. A nyúlási értékek nagysága a járművek nagyobb sebessége esetén csökken. A felhalmozódott mikronyúlások nagysága azonban 80 km/h sebességnél 52 mikron értékkel csökken, de egyenletes vándorlási módban mozgó kettős kerék esetén, amint a 8. ábrán látható, a deformáció eloszlása a teljes hosszon egyenletes. A sáv szélessége és nagysága 25%-kal csökken nagyobb sebességnél.

4. Fáradási károk elemzése

A fáradás okozta károk értékelésére az Asphalt Institute modelljét használtuk. Az összefüggés 80 km/h-s sebességnél nulla vándorlási módban és egyenletes vándorlási módban az 1. Egyenletben látható. [7]

$$N_f = 0.0796 * \epsilon_c^{-3.291} * E^{-0.854} \quad (2)$$

Ahol N_f a megengedett ismétlések száma közvetlenül a kifáradás előtt, E az aszfaltréteg rugalmassági modulusa, és ϵ_c a függőleges fajlagos nyúlás az alap felső síkjában.



35. ábra: A fáradási élettartam csökkenése különböző vándorlási módok esetén

Amint az 9. ábrán látható, a nulla vándorlási mód 2,3 évvel csökkenti a fáradási élettartamot, míg az egyenletes vándorlási mód mindössze 6 hónappal. A nulla vándorlási mód 30%-kal több kárt okoz a fáradási repedések szempontjából.

⁷ Zhong, Wu – Xingwei, Chen – Xiaoming: Finite Element Simulation of Structural Performance on Flexible Pavements with Stabilized Base/Treated Subbase Materials under Accelerated Loading, 2011/7, 1-132. o.

5. Szén-dioxid-kibocsátás elemzése

A globális felmelegedési hatás felhasználható az összes többi üvegházhatású gáz egyenértékű CO₂-kibocsátásának kiszámítására, mivel a CO₂ elegendő az üvegházhatást okozó gázok mennyiségének meghatározásához.^[8] Ezért a CO₂-kibocsátás számítását a 3. egyenlet mutatja.

$$CO_2e = AD \times EF \times GWP \quad (4)$$

Ahol CO_2e egy karbantartási eljárás szénszámlája, AD az aktivitási adatok, EF a kibocsátási tényező és GWP globális felmelegedési hatás integrálja.

Az összes releváns kibocsátási forrás összege felhasználható az aszfaltburkolat-építés teljes szén-dioxid-kibocsátásának értékelésére^[9], a 5. egyenlet segítségével.

$$E_{GHG} = \sum_{i=1}^n (CO_2e)_i = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \quad (6)$$

Ahol CO_2e az aszfaltburkolat építéséhez használt egyes eljárások szén-egyenértéke. A CO₂-kibocsátás számítási eljárása a nyersanyag-előállítási fázistól kezdődik, beleértve a bitument és adalékanyagokat, valamint tartalmazza a burkolatépítési fázist, ahol a keverés, szállítás, fektetés és tömörítés történik.

A CO_2e -t 10 km-es úthosszra számítottuk egy tipikus keresztmetszetre. Ha az aszfaltkeverék sűrűségét 2,36 g/cm³ értéken tartjuk egy hagyományos 60/70-es fokozatú aszfaltkeveréknél, az egyes karbantartási és rekonstrukciós beavatkozásoknál felhasznált mennyiség az alapanyagokra kerül kiszámításra. A kiértékelte energiafogyasztási és CO₂-kibocsátási adatokat úgy számítottuk ki, hogy az összes tényezőt a nyersanyag-előállítás és a burkolatépítési fázisok során összesítettük, a 3. táblázat szerint.

Rétegek	Térfogat [m ³]	Tömeg [Tonna]	Energia-fogyasztás [MJ]	CO ₂ e [kg]
Aszfaltréteg	2130	40714	3717197	348279
Szemcsés alapréteg	4250	79462	4956263	464373
Szemcsés alsó réteg	2160	38574	2692858	252498

3. táblázat: Az egyes burkolati rétegek építésének kibocsátása.

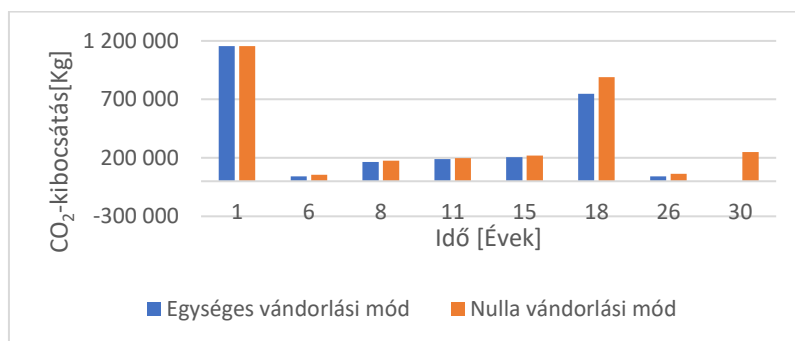
Az életciklus elemzéshez a burkolat kezdeti építési költségeit és a karbantartási beavatkozásokkal kapcsolatos költségeket a 36. ábra szerint értékeljük. A 10 km-es burkolatszakaszon 30 éves tervezési élettartammal számolunk. Az éves

⁸ Feng, Ma – Aimin, Sha – Ruiyu, Lin – Yue, Huang – Chao, Wang: Greenhouse gas emissions from asphalt pavement construction, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016/13, 1-36. o.

⁹ Angela Farina, Zanetti – Maria Chiara, Santagata – Ezio, Blengini – Andrea Gian: Life cycle assessment applied to bituminous mixtures containing recycled materials: Crumb rubber and reclaimed asphalt pavement, *Resour. Conserv. Recycl.* 2017/117, 204-212. o.

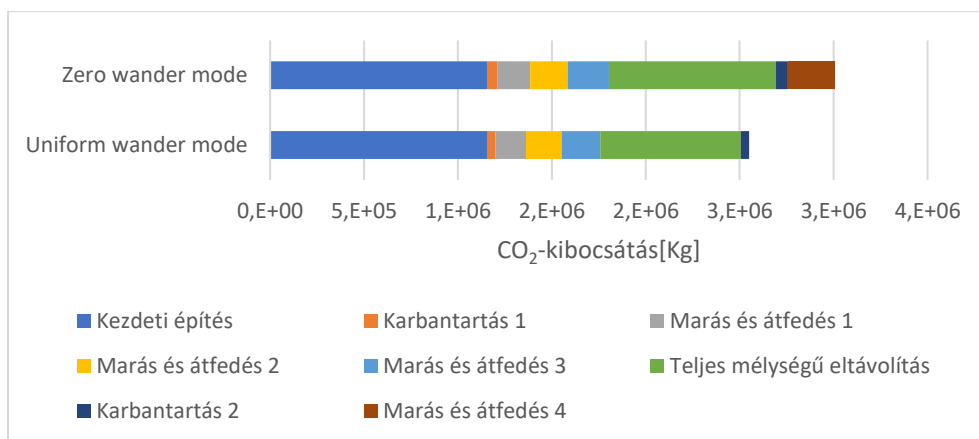
átlagos napi 12.000 kamion/nap teherautó-forgalmat 4%-os diszkontráta mellett alkalmazzuk.

Az általános karbantartásnak nevezett első kisebb beavatkozás során az előrejelzések szerint a károsanyag-kibocsátás 15%-kal, 54 000 kg-ra nő a nulla vándorlási módban. A 30 éves elemzési periódus végén az egyenletes vándorlási módhoz nincs szükség karbantartási beavatkozásra, azonban ha a nulla vándorlási módhoz a mentési értéket kell visszanyerni, akkor jelentős karbantartási beavatkozást hajtanak végre, ami további, akár kb. 249.000 kg.



36. ábra: CO₂-kibocsátás minden forgatókönyv esetében.

A nulla vándorlás és az egyenletes vándorlási módok beavatkozásai során bekövetkezett kibocsátások a 11. ábrán láthatók. Megfigyelhető, hogy a burkolatok életciklusa során a legmagasabb kibocsátás a kezdeti építés eredményeként jelentkezik. Ezenkívül a legkisebb mértékben az általános karbantartási beavatkozások járulnak hozzá a károsanyag-kibocsátáshoz az életciklus során, mindössze 43 000 kg-mal.



37. ábra: CO₂-kibocsátás minden karbantartási típushoz.

6. Következtetések

Ebben a jelentésben a fáradás okozta károk elemzését különböző sebességek és két különböző oldalirányú vándorlási mód alapján végeztük el. Végeelemmodellezést végeztünk egy pályaszerkezeten a gumiabroncs lábnyom információinak felhasználásával egy kettős kerék esetében. A végeelemmodellezés és a fáradási károsodás elemzése segítségével mindkét oldalirányú vándorlási forgatókönyv esetében karbantartási beavatkozásokat vezettünk be. A megállapítások a következők.

1. Szuperlassú sebességnél, nulla vándorlási módban mozgó kettős kerék esetén a burkolat fáradási élettartamának csökkenése 3,5 év, ami 1,45-ször több, mint az egyenletes vándorlás mellett mozgó kettős kerék esetén
2. Alacsonyabb sebességnél szembe tűnőbb az igénybevétel növekedése, mivel 5 km/h-ról 50 km/h-ra haladva a feszültségek 0,5-szeresére csökkennek, valamint 50 km/h-ról 80-ra haladva 0,3-szorosára nőnek a feszültségek.
3. A karbantartási beavatkozások átlagosan 3 évvel korábban esnek nulla vándorlás esetén a túlzott fáradás és a burkolat károsodása miatt.
4. A nulla vándorlási mód használata 25%-kal növeli a károsanyag-kibocsátást az élekciklus során
5. Az egyenletes vándorlási mód használatával 289 000 kg-mal csökkenthető a CO₂-kibocsátás a burkolat élekciklusában
6. A nulla vándorlási mód használata jelentős többlet karbantartási beavatkozást igényel, hogy a burkolat 30 éves élettartama teljes legyen.

Felhasznált irodalom

- Fujie, Zhou – Sheng, Hu – Susan T, Chrysler – Yangwoo, Kim – Ivan, Damjanovic – Alireza, Talebpour – Alejandro, Espejo: Optimization of Lateral Wandering of Automated Vehicles to Reduce Hydroplaning Potential and to Improve Pavement Life, in *Transp. Res. Rec.* 2019, 1–9. o.
- Paulina, Leiva-Padilla – Juliette, Blanc – Ferhat, Hammoum – Aitor, Salgado – Emmanuel. Chailleux – Angel Hornych. Mateos: The impact of truck platooning action on asphalt pavement: a parametric study, in *Int. J. Pavement Eng*, 2022/7, 67-91. o.
- Luiz Guilherme Rodrigues. de Mello – Márcio Muniz. de Farias – Kamil. Kaloush: Effect of temperature on fatigue tests parameters for conventional and asphalt rubber mixes, in *Road Mater. Pavement Des.* 2018/19, 417–430. o.
- Seyed Masoud Hadian: Investigation and analysis of fracture failure and fatigue cracking in High-rise pavement using simulation software of ABAQUS, *Ann. Civ. Environ. Eng.* 2019/3, 032–039. o.
- Feng. Chen – Mingtao. Song – Xiaoxiang. Ma – Xingyi. Zhu: Assess the impacts of different autonomous trucks' lateral control modes on asphalt

pavement performance, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2019/13, 17–29. o.

- Zhong, Wu – Xingwei, Chen – Xiaoming: Finite Element Simulation of Structural Performance on Flexible Pavements with Stabilized Base/Treated Subbase Materials under Accelerated Loading, 2011/7, 1-132. o.
- Feng, Ma – Aimin, Sha – Ruiyu, Lin – Yue, Huang – Chao, Wang: Greenhouse gas emissions from asphalt pavement construction, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016/13, 1-36. o.
- Angela Farina, Zanetti – Maria Chiara, Santagata – Ezio, Blengini – Andrea Gian: Life cycle assessment applied to bituminous mixtures containing recycled materials: Crumb rubber and reclaimed asphalt pavement, *Resour. Conserv. Recycl.* 2017/117, 204–212. o.

Biostimuláns mikroalgák használata dísznövények növekedésének és fejlődésének befolyásolására

1. BEVEZETÉS

A dísznövényeket széles körben használják kertészeti, belső-külső dekorációs célokra, emellett különösen hatékonyak az árnyékolási technológiákban, főként a melegebb évszakokban. Az ilyen növények iránti kereslet gyorsan növekszik, ami különböző módszerek kutatását ösztönzi azok növekedésének és a fejlődésének fokozására. A biostimulánsok egy ilyen módszert képviselnek, amelyek természetes módon képesek elősegíteni a növények növekedését és fejlődését. A biostimulánsok pozitív hatásainak megértése elengedhetetlen a jövőbeli lehetőségek feltárása szempontjából.

Az algák ökológiai szerepükön túl, mint az oxigéntermelés és az akváriumi táplálékláncok alapvető elemei, jelentős gazdasági jelentőséggel bírnak nyersolaj, élelmiszer, valamint számos gyógyszerészeti és ipari termék forrásaként az emberi fogyasztásra. A dísznövények termesztése kiemelten fontos technológiai elemet képez, amely magában foglalja a szükséges mennyiségű és minőségű természetes anyagok, tápanyag-kiegészítők, talajjavítók és különböző növényi kondicionáló szerek pótlását a talajba, valamint a növény-talaj rendszerbe. A mikroalgákat leggyakrabban biofertilizálók, talajkondicionálók és növekedésszabályozók formájában használják a növénytermesztésben, de az utóbbi időben egyre nagyobb az érdeklődés pozitív hatásaik iránt kertészeti alkalmazásban is. A virágzó és lombos cserepes növények vizuális megjelenése döntő szerepet játszik a minőségük meghatározásában, végső soron azok értékesíthetőségében.

2. KAPCSOLÓDÓ MUNKA

Az algák hatásait és hatásmechanizmusát a Mosonmagyaróvári Algagyűjteményből (MACC) közel két évtizede tanulmányozzák a Növénytudományi Tanszéken¹¹. Különböző módszerek révén kiderült, hogy mind a mikroalgák, mind a ciano-baktériumok növényi hormonokat termelnek, ami alkalmassá teszi őket speciális növényi kezelésekre. Egyéb hatásaik mellett csökkentik a párologtatást, javítják a gyümölcsképződést, növelik a klorofilltartalmat a levelekben, növelik a fehérjetartalmat a gyümölcsökben, elősegítik a gyökér- és hajtásfejlődést.¹²

¹⁰ Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyar-óvári Kar, Növénytudományi Tanszék, Témavezető : Dr. habil. Molnár Zoltán PhD, egyetemi docens, tanszékvezető, nemzetközi és tudományos dékánhelyettes, Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Növénytudományi Tanszék

¹¹ V. Ördög, O. Pulz, Diurnal changes of cytokinin-like activity in a strain of *Arthonema africanum* (Cyanobacteria), determined by bioassay. *Algological Studies* 82, 57-67 (1996)
https://doi.org/10.1127/algol_stud/82/1996/57.

¹² V. Ördög, W.A. Stirk, P. Bálint, Cs. Lovász, O. Pulz, J. van Staden, Lipid productivity and fatty acid composition in *Chlorella* and *Scenedesmus* strains grown in nitrogen-stressed conditions. *Journal of A.P.* 25, 233-243 (2013)

A napenergia hasznosításán túl számos kedvező tulajdonságuk van, amelyek befolyásolják a víz-, talaj- és növényi rendszereket: extracelluláris poliszacharidjaik (EPS), mint az alginátok, agarok, karragének és fukoidánok, széles körben használatosak az élelmiszer-, gyógyszer- és más iparágakban¹³. Emellett növényi növekedés-szabályozókat (PGR) termelnek és antimikrobiális anyagokat választanak ki¹⁴. A hormonyártó algák szuszpenzió formájában történő alkalmazása a növényeken javíthatja a termények minőségét és hozamát, valamint megoldást nyújthat a jelenlegi növényvédelmi problémákra¹⁵. A biostimulánsok azon módszerek közé tartoznak, amelyek természetes módon fokozhatják a növények növekedését és fejlődését¹⁶. Tanulmányokat végeztek repce és burgonya esetében, növekedést serkentő algakészítményekkel, amelyek tengeri algakivonatokat tartalmaznak a termésbiztonság növelése érdekében¹⁷. Célzott kísérleteket is folytattak specifikus hormonyártó törzsekkel a káros levélhullás megelőzése érdekében cukorrépa esetén¹⁸, illetve a tanszéken az utóbbi években egyes mikroalgák hatását vizsgálták paprikára is. Bizonyos algák gátolják a patogén növényi gombák szaporodását, megelőzik a fertőzést, vagy közvetetten csökkentik a növények érzékenységet és fogékonyságát bizonyos növényi betegségekre¹⁹.

A Növénytudományi Tanszéken tanulmányozták a mikroalgákból származó abszcizinsav (ABA), auxinok, citokininek, etilén és gibberellinek növényekre gyakorolt hatását, valamint bizonyos törzsek extracelluláris poliszacharid-termelési képességét és nemzetségi szintű azonosítását²⁰.

A korábban szerzett eredmények alapján az általunk választott feladat az, hogy a MACC törzsek felhasználásával pozitívan befolyásoljuk a gyökerek és hajtások fejlődését a dísnövények szaporításában. Lényeges, hogy a folyamat során a dísnövények genetikai összetétele változatlan maradjon, mutáció vagy degradáció nélkül^{21, 22, 23, 24}.

¹³L. Misurcova, Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology. (2011)

¹⁴ L. Barsanti, P. Gualtieri, Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. Boca Raton, FL, USA. (2007)

¹⁵ J.W. Prakash, J. Marimuthu, S. Jeeva, Antimicrobial activity of certain fresh water microalgae from Thamirabarani River, Tamil Nadu, South India. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. Volume 1, 170-173 (2011)

¹⁶ B. Somogyi, T. Felföldi, E. Boros, A. Szabó, L. Vörös, Where the Little Ones Play the Main Role - Picophytoplankton Predominance in the Soda and Hypersaline Lakes of the Carpathian Basin M. (2022)

¹⁷ Z. Molnár, V. Ördög, Microalgal and cyanobacterial extracts in the tissue cultures of higher plants (pea, tobacco, beet), Acta Biologica Szegediensis, Volume 49 (1-2):39-40 (2005)

¹⁸ J. Tóth, V. Ördög, Effect of MACC-612 Nostoc entophyllum on red pepper. 5th International Symposium on Microalgae and Seaweed Products in Plant/Soil-Systems, 23-24 June, p:5-6. (2011)

¹⁹ Z. Molnár, V. Ördög, Microalgal and cyanobacterial compounds in the tissue cultures of higher plants (pea, tobacco, beet). 6th International Symposium in the Series Recent Advances in Plant Biotechnology – From Laboratory to Business, Ceske Budejovice, Czech Republic, 12-16 September, p:22. (2005)

²⁰ Z. Molnár, V. Ördög, The effect of cyanobacterial compounds on them organogenesis of pea cultured in vitro, Acta Biologica Szegediensis, Volume 49:(1-2):37-38, (2005)

²¹ T. J. Notterpek, V. Ördög, Az Athrospira platensis cianobaktérium hatása bogyós gyümölcsű faiskolai növényekre, Acta Agronomica Óváriensis, 62, 4-20. (2021)

²² G. Takács, W.A. Stirk, I. Gergely, Z. Molnár, J. van Staden, V. Ördög, Biostimulating effects of the cyanobacterium Nostoc piscinale on winter wheat in field experiments, South African J.o.B. 126, 99-106 (2019)

²³ J. Tóth, I. Geregely, Z. Berzsenyi V. Ördög, Influence of Nosotoc entophyllum and tetracystis sp. on winter survival of rapeseed, Journal of Agricultural Science and technology B9, 251-271 (2019)

Vizsgálták továbbá a növényekre gyakorolt hatását, valamint bizonyos törzsek extracelluláris poliszacharid²⁵-termelési képességét és nemzetségi szintű azonosítását²⁶.

A korábban szerzett eredmények alapján az általunk választott feladat az, hogy a MAAC törzsek felhasználásával pozitívan befolyásoljuk a gyökerek és hajtások fejlődését a dísnövények nevelése során. Lényeges, hogy a folyamat során a dísnövények genetikai összetétele változatlan maradjon, mutáció vagy degradáció nélkül. Emellett elengedhetetlen egy ellenálló és vírusmentes állomány kialakítása. E feladat végrehajtása során szükséges a megfelelő adat-integritás és a kapott eredmények statisztikai kiértékelése.

Ez a kutatás a Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény (MAAC) figyelemre méltó sokféleségén alapul, amely számos potenciális alkalmazási lehetőséget kínál az ipar és a mezőgazdaság számára. Célunk modern mezőgazdasági eljárások bevezetése statisztikai elveken alapulva, miközben kihasználjuk a változatos mikroalga-gyűjtemény adta lehetőségeket.

3. MÓDSZERTAN

A Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Növénytudományi Tanszéke, Mosonmagyaróvár, Európa ötödik legnagyobb talajmikroalga-gyűjteményével rendelkezik. A tanszék minden szükséges feltételt biztosít a kiválasztott mikroalgák laboratóriumi termesztéséhez. A tesztnövényeket két különböző típusú alga-kivonatnak vetik alá, hogy kiderüljön, vannak-e pozitív (vagy negatív) hatások, és van-e észlelhető különbség a kezelések hatásmechanizmusában. Az egyetem korábbi kutatási eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a dísnövényeknél a legnagyobb eséllyel érhetünk el pozitív, életerős növényi reakciót a két, az 1. táblázatban felsorolt mikroalga használatával, ahol a 'T' a 'tesztet', a 'K' pedig a kontrollt jelenti.

ID.	MAAC	Alga neve	Alga Típusa
T1	612	<i>Nostoc piscinale</i>	Ciano Baktérium
T2	922	<i>Chlorella vulgaris</i>	Zöld alga
K	Controll	N/A	N/A

1. Táblázat Javasolt Algafajták a MAAC-ból.

A biostimuláns mikroalgák hatékony teszteléséhez különböző növényeken egy 300 m²-es fóliasátrat fogunk használni, amely a 9167 Bósárkány, Győr-Moson-Sopron megye, Magyarország területén található. (GPS koordináták: 47.690455 |

²⁴ J. Tóth, I.Gergely, V. Ördög, Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) növekedésére és fejlődésére, Növénytermelés 65, 1-26 (2016)

²⁵ S. Katona, N. Horváth, Z. Molnár, V. Ördög, Extracellular polysaccharides in twenty *Chlamydomonas* strains of the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection. *Acta Agronomica Óváriensis*, 59, 62-81 (2018)

²⁶ N. Horváth, Z. Molnár, V. Ördög, Az *Anabaena* cianobaktérium nemzetség biotechnológiai felhasználása és taxonómiai áttekintése; *Botanikai Közlemények* 103, 135–152, (2016)

17.251585). A teszt növények kiválasztásakor biztosítani kell, hogy az összes kiválasztott növény típus a következő években kereskedelmi forgalomban kapható legyen. Ez azért fontos, mert ha a releváns teszt eredmények pozitívnak bizonyulnak, ugyanazokat a teszteket ugyanazon a helyszínen, ugyanazokkal az algtípusokkal és ugyanazokkal a növényi változatokkal kell megismételni a következő 2 évben. Továbbá szeretnénk megvizsgálni az algakezelések hatását 3 különböző, kereskedelemben kapható *Pelargonium* variánsra: (*Pelargonium* × *Zonale*, *Pelargonium* × *Peltatum*, *Pelargonium* × *Lateripes*)²⁷. A tesztekhez az alábbi dísznövényeket választottuk ki, amelyeket a 2. táblázat tartalmaz.

ID.	Típus	Kereskedelmi név
A	<i>Zonale</i>	Andria™
B	<i>Zonale</i>	Savanna Realy Red™
C	<i>Peltatum</i>	Great Balls Of Fire™
D	<i>Peltatum</i>	Atlantic Dark Red™
E	<i>Lateripes</i>	Classic Single Villa Paris Lilac™
F	<i>Lateripes</i>	Classic Single Villa Dresden™

2. táblázat: Kiválasztott muskátli fajták

Minden dísznövényfajtából 10 tesztalanyt választottunk ki minden kezeléshez, ami összesen 180 tesztalany növényt eredményezett.

$$10 \text{ (teszt alany)} * 3 \text{ (kezelés)} * 6 \text{ (növény variáns)} = 180 \text{ növény} \quad (1)$$

A statisztikai adatelemzés megkönnyítése és az értékeléshez világos és átlátható grafikonok létrehozása érdekében a tesztalanyokat mátrix formátumba kell rendezni. Íme egy példa arra, hogyan lehet a 3. táblázatot strukturálni:

MAAC 612	MAAC 922	Control
AT1	AT2	AK
BT1	BT2	BK
CT1	CT2	CK
DT1	DT2	DK
ET1	ET2	EK
FT1	FT2	FK

3. táblázat: Teszt alany mátrix

Az adatok integritásának megtervezése után ki kell választanunk a következő létfontosságú tulajdonságokat, jellemzőket és paramétereket annak érdekében, hogy jelezni tudjuk a biostimuláns mikroalga-kezelés hatását. Az idővel vizsgált változók / fejlődő növényi paraméterek: növénymagasság, levelek száma, rügyek száma, vizuális értékelés. A klorofilltartalom egy olyan paraméter, amelyet laboratóriumban vizsgálhatunk. A rombolásos teszteléssel vizsgált paraméterek: növénymagasság, gyökérhossz, gyökérnyak átmérője, (friss) növényi tömeg, (friss) gyökér tömeg,

27 L'Heritier De Brutelle, c.L. Geraniologia, seu Erodii, Geranii, Monsoniae et Grieli Historia iconibus illustrate. etri-Francisci Didot, Paris, (1787-1788)

(száraz) növényi tömeg. A megszerzett adatokat Windows™ 10 Home operációs rendszeren, Microsoft Excel™ és Mini-TAB™ statisztikai szoftverekkel fogjuk elemezni.

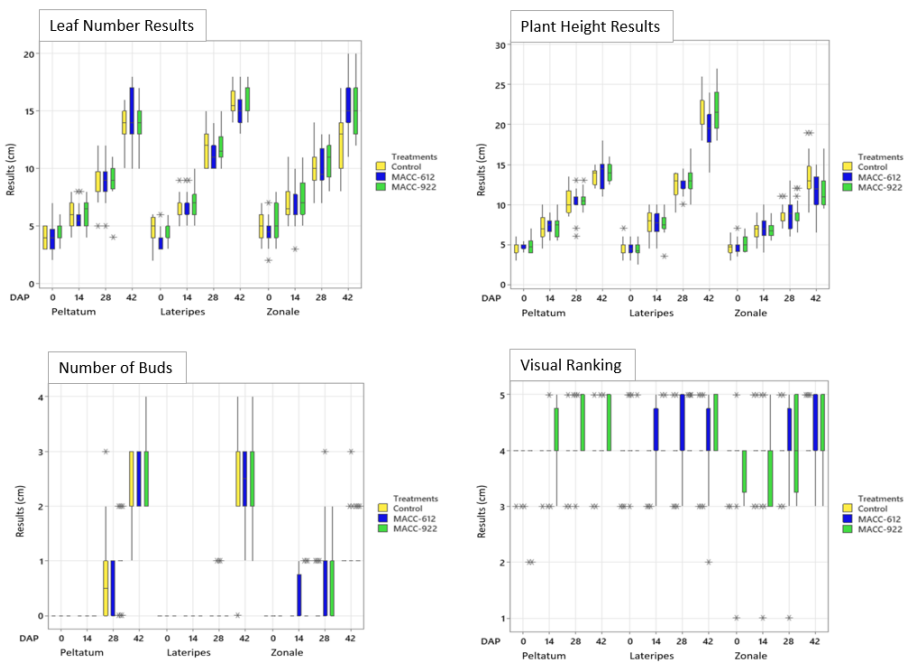
3.1. Biostimuláns mikroalga applikálása és az adatgyűjtés végrehajtása

A megfelelő adatok összegyűjtéséhez az előzőleg meghatározott kritikus tulajdonságok első méréseit közvetlenül az ültetés után és a mikroalga-kivonat palánták gyökérnyakára történő alkalmazása után végeztük el. A növényeket műanyag (Teku VCG™ ø120 mm) cserepekbe ültettük, amelyek térfogata 0,69 l. Az ültetőközeg összetétele a következő:

- Tőzeg (csapvízzel előnedvesítve)
- Hawita™ Uni 20-II
- Lassú hatású műtrágya, Osmoco™ Exact High K. [3g/l]
- Biostimuláns mikroalga, MAAC 922 / 612 [1g/l]

4. ADATELEMZÉS

Az értékelt növényi szempontok értékelése a Minitab™ szoftver segítségével, lásd az 1. ábrán.



1. ábra: Evaluation of the listed aspects of the examined plants

4.1. Levélszám

Az algakezelések hatása a *Peltatum* és *Zonale* változatokra jelentősen magasabb levélszámot eredményezett a kontrollcsoportéhoz képest. A *Lateripes* muskátli változatok esetében a kezelt populációkban nem figyelhető meg javulás a levelek számában.

4.2. Növénymagasság

Peltatum (hibrid, C és D változat) esetében mindkét algakezelés pozitívan befolyásolta a növények növekedését. A *Pelargonium* × *Lateripes* (futómuskátli, E és F változat) esetében a zöld alga egyértelműen jótékony hatással volt a növény fejlődésére. Azonban a *Pelargonium* × *Zonale* (állómuskátli, A és B változat) esetében az alga biomassza-kezelés nem mutatott megfigyelhető növekedésjavulást.

4.3. Bimbók száma

A rügyképződés sokkal korábban kezdődött a kezelés hatására a *Pelargonium* × *Zonale* esetében, és az idő előrehaladtával a kezelt növények nagyobb számú rügyet mutattak. Azonban a többi növény esetében nem volt megfigyelhető különbség a rügyek számában a kontrollcsoport és a kezelt csoport között.

4.4. Vizuális kiértékelés

A vizsgált növények szubjektív értékelésének értékelése a Minitab™ szoftver segítségével a 4. ábrán látható.

A szubjektív értékelés azt mutatja, hogy a kezelt populációk gyakrabban kaptak magasabb pontszámokat. Minél színesebbek voltak a növények (magasabb rügyek száma), és minél nagyobb volt a térfogatuk (magasabb levélszám), annál életképesebbek voltak, és nagyobb eséllyel voltak ellenállóak a biotikus és abiotikus stresszekkel szemben az életciklus során.

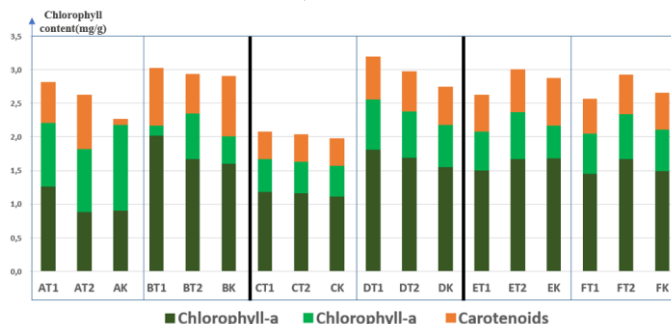
4.5. Klorofill tartalom

A növények növekedéséhez szükséges legfontosabb energiaforrás a fotoszintézis, és az egyik legfontosabb növényi pigment a klorofill²⁸. Ez a pigment nagymértékben meghatározza a fotoszintetikus kapacitást, így a növények növekedését is²⁹. A klorofilltartalom meghatározásához és összehasonlításához a klorofillokat szerves oldószerekkel kivonhatjuk a fehérjékből, amelyek lehetővé

²⁸ N. R. Baker, Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59, 89–113. (2008)

²⁹ L. Ying, H. Nianpeng, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, Q. Wang, X. Zhang, Factors Influencing Leaf Chlorophyll Content in Natural Forests at the Biome Scale, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6 (2018)

teszik a klorofill koncentrációjának becslését a levélben³⁰. Ezekkel a módszerekkel meghatározhatjuk a klorofill a, klorofill b és karotinoid tartalmat^{31, 32}. A klorofilltartalmat spektrofotométerrel mértük a Széchenyi István Egyetem Növénytudományi Laboratóriumában³³. Az eredményeket a 2. ábrán láthatjuk. (Lásd az y-tengely kódokat a 3. táblázatban.)



3. ábra: Klorofill tartalom

Az algakezelések hatására a *Pelargonium* × *Zonale* klorofilltartalma pozitívan változik. A *Pelargonium* × *Peltatum* esetében az algakezelések kevésbé, de észlelhetően pozitív hatással vannak a növények klorofilltartalmára. A *Pelargonium* × *Lateripes* esetében a zöld algakezelés magasabb klorofilltartalmat mutat.

4.6. Roncsolásos vizsgálatlal vizsgált paraméterek

Az ebben a szakaszban tárgyalt tesztek rombolásos teszteléssel történnek. A növények termesztő közegből való eltávolításához először eltávolítottuk a műanyag cserepet minden vizsgált növényről, majd csapvíz áramlással óvatosan lemostuk a növényeket, így a paraméterek láthatóvá és elérhetővé váltak.

³⁰ L. Gilpin, Methods for analysis of benthic photosynthetic pigment. School of Life Sciences, Napier University. (2001)

³¹ J. Gross, Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids. Van Nostrand Reinhold. (1991) ISBN 978-0442006570.

³² T.M. Cate, T.D. Perkins, Chlorophyll content monitoring in sugar maple (*Acer saccharum*), Tree Physiology. 23 (15): 1077 (2003)

³³ D. Arnon, Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15. (1949)

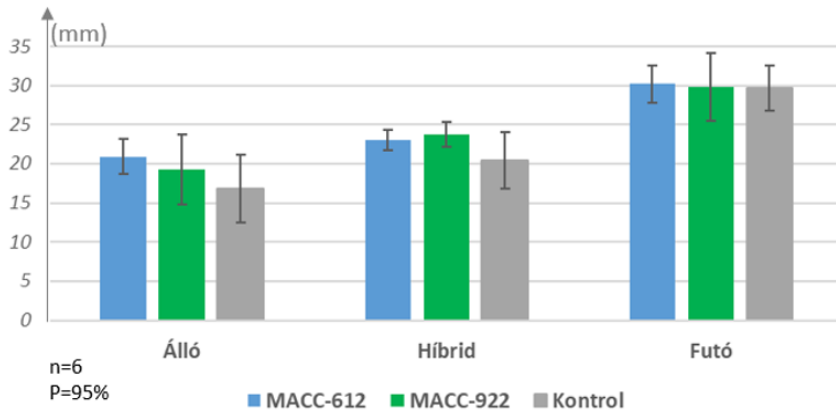


3. ábra: Dísnövények kettévágása, nedves és száraz tömeg mérése

Miután elvágtuk a növényeket, meg tudtuk mérni a növénymagasságot, a gyökérnyak átmérőjét és a gyökér hosszát. Lásd a 3. ábrát.

4.6.1. Növénymagasság

A 4. ábra a mért adatok átlagértékeit mutatja, amelyeket az Excel szoftverrel számoltunk ki.

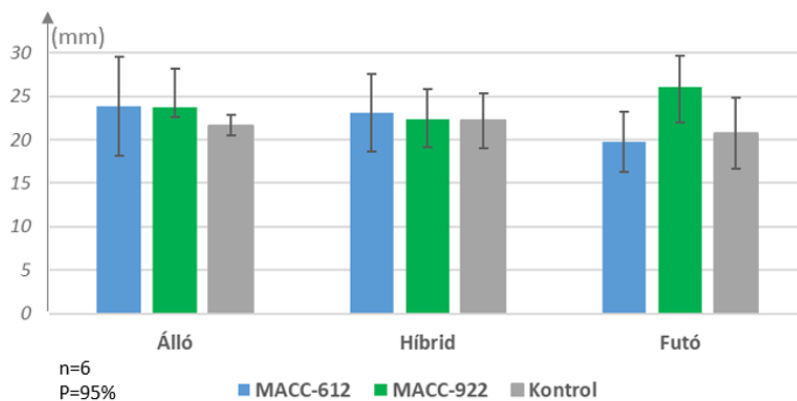


4. ábra: Mért növénymagasság

A *Pelargonium* × *Peltatum* és a *Pelargonium* × *Zonale* egyértelműen pozitív reakciót mutat a mikroalga kezelésre. A *Pelargonium* × *Lateripes* esetében nincs jelentős különbség a kezelt és a kontrollcsoportok között a növénymagasság tekintetében.

4.6.2. Gyökérhossz

Az 5. ábra a mért adatok átlagértékeit mutatja, amelyeket az Excel szoftverrel számoltunk ki.

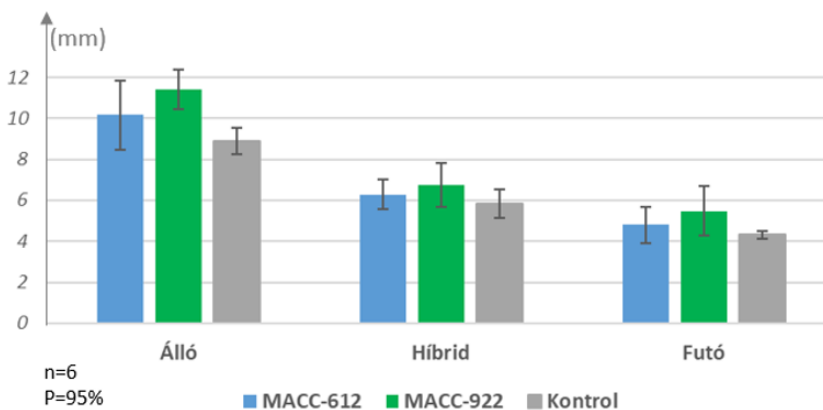


5. ábra: Mért gyökérhossz

A *Pelargonium* × *Lateripes* esetében a zöld algakezelés jelentősen jobb eredményeket mutat, és mindkét másik muskátli variáns jól reagál a biostimuláns mikroalga kezelésre.

4.6.3. Gyökérnyak átmérő

A 6. ábra a mért adatok átlagértékeit mutatja, amelyeket az Excel szoftverrel számoltunk ki..



5. ábra: Mért gyökérnyakátmérő

A *Pelargonium* × *Zonale* kivételesen pozitív reakciót mutat a zöld és kék alga kezelésre. Ez a jellemző rendkívül fontos, mert ez a tápanyagáramlás szűk keresztmetszete. Minél nagyobb a gyökérnyak átmérője, annál jobb a növény tápanyagfelvétele, ami a növényt ellenállóbbá és életképesebbé teszi.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A mikroalgák, amelyek híresek változatos bioaktív vegyületeikről, egyre nagyobb figyelmet kapnak, mint potenciális biostimulánsok a növények növekedésére és fejlődésére gyakorolt jótékony hatásaik miatt. Ezek a biostimulánsok segítenek javítani a tápanyagmozgósítást, a stressztoleranciát és az általános növényi minőséget. A biostimulánsok gyökérmerítésen keresztül történő alkalmazása pozitívan befolyásolja a növények anyagcseréjét. Az elért eredmények alapján megfigyelhetjük, hogy a biostimuláns mikroalga kezelés pozitív változást eredményezett a vizsgált növényi paraméterekben. Az elért mérési eredmények statisztikai elemzése alapján általában elmondható, hogy a MACC 922 zöld algával kezelt dísznövények az összes vizsgált szempontból jobb eredményeket értek el a kezeletlen növényekhez és a kék algával kezelt növényekhez képest. A biostimuláns mikroalgák életképes és környezetbarát alternatívát jelenthetnek a veszélyes szintetikus vegyszerek helyettesítésére, továbbá ígéretes utakat kínálnak a kertészetek számára a dísznövények fenntartható termesztéshez és a kertészetekben alkalmazott növényvédelemhez.

Hibrid járműarchitektúra optimalizációja szimulációs és validációs eszközökkel a felhasználás és az új technológiai lehetőségek függvényében

6. Bevezetés

A járművek tervezési szakaszában a legtöbb gyártó az üzemanyag-fogyasztás, a szén-dioxid (CO₂), az üvegházhatású gázok (ÜHG) és a károsanyag-kibocsátás csökkentésére helyezi a hangsúlyt. A fejlesztés során megnövekedett nyomattal és teljesítménnyel magasabb vezetési élményt és kényelmet biztosít². A sorozatgyártás mellett minden vállalat igyekezett fejleszteni hajtásláncát, és kiaknázni a belsőégésű motorok (Internal Combustion Engines - ICE) minden lehetőségét. A belsőégésű motorok hatásfoka (Brake Thermal Efficiency – BTE) elérte a 40%-ot, de csak a legjobb működési pontokon³. A belsőégésű motor legjelentősebb hátránya a városi vezetési ciklus, mely nem használja ki a motor képességeit, és a motor az alacsony hatásfokú szegmensében működik⁴. Ezen túlmenően ezek a működési pontok a legrosszabb fajlagos üzemanyag-fogyasztási (Brake Specific Fuel Consumption – BSFC) értékekhez kapcsolódnak. Az emissziós előírások miatt a járművek bonyolult és költséges kipufogógáz-utánkezelő rendszerrel rendelkeznek, melynek gyártásához több nagy energiaigényű nemesfém szükséges⁵. A fenntartható közlekedés követelményeinek teljesítéséhez elektromos meghajtási elemre van szükség. A Battery Electric Vehicle (BEV) technológia zéró lokális (tank-to-wheel) károsanyag-kibocsátást biztosít, hozzájárulva a városi levegő minőségéhez és az állampolgárok egészségéhez. Ellenben a tisztán elektromos hajtás működési tartománya alacsony az akkumulátorok alacsonyabb energiasűrűsége miatt, mint a hagyományos üzemanyagok esetében⁶. A hibrid meghajtási technológia azonban komplex megoldást kínál városi és városon kívüli környezetben, egyesítve az egyes hajtástechnológiák előnyeit⁷. A hibrid hajtáslánc

¹ SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, PhD Hallgató. Témavezető:

Dr. habil. Hanula Barna, egyetemi docens, Járműhajtástechnológia Tanszék

² FRITZ MARKUS – PATRICK PLÖTZ – SIMON A. FUNKE: The Impact of Ambitious Fuel Economy Standards on the Market Uptake of Electric Vehicles and Specific CO₂ Emissions in Energy Policy, 2019, 135. sz.

³ TODA TADASHI – MITSUTO SAKAI – MASAHİ HAKARIYA – TOSHIKAZU KATO: The New Inline 4 Cylinder 2.5 L Gasoline Engine with Toyota New Global Architecture Concept in 38th International Vienna Motor Symposium, 2019

⁴ EHSANI MEHRDAD – YIMIN GAO – STEFANO LONGO – KAMBIZ EBRAHIMI: Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles in CRC press, 2018

⁵ PATRICK LOTT – OLAF DEUTSCHMANN: Lean-Burn Natural Gas Engines: Challenges and Concepts for an Efficient Exhaust Gas Aftertreatment System in Emission Control Science and Technology, 2021, 7. évf., 1. sz., 1–6 o.

⁶ MAHMOUDZADEH ANDWARI – AMIN APOSTOLOS PESIRIDIS – SRITHAR RAJOO – RICARDO MARTINEZ-BOTAS – VAHİD ESFAHANIAN: A Review of Battery Electric Vehicle Technology and Readiness Levels in Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 78. sz., 414–430. o.

⁷ MATHARU HARPREET SINGH – VAIBHAV GIRASE – D. B. PARDESHI – P. WILLIAM: Design and Deployment of Hybrid Electric Vehicle in Proceedings of the International Conference on Electronics and Renewable Systems, 2022 331–340. o.

az e-motor vonóerejével le tudja fedni az alacsony hatásfokú ICE üzemi pontokat. Alacsony fordulatszámon az e-motor részben/teljesen átveheti a meghajtási igényt⁸. Ezen túlmenően ez a kiegészítő meghajtás a belsőégésű motor kedvezőtlen működési pontjain is hasznos lehet, különösen gyorsítási munkapontokban, ahol a kibocsátás jelentős. Az e-motor segítségével a belsőégésű motor kvázi állandó munkaponton tud működni, ami a lehető legnagyobb hatásfokot, a legalacsonyabb károsanyag-kibocsátást és üzemanyag-fogyasztást jelenti. A hagyományos hajtáslánc megnövekedett teljesítménye mellett e két hajtáslánc együttműködése a belsőégésű motor méretét is csökkenti, az e-drive pedig kompenzálja a vonóerőkiesést, ezt a stratégiát power-neutral downsizingnak nevezzük⁹. A hibrid rendszer regeneratív fékezéssel is segít lassítás esetén. A megtermelt villamos energiát a fedélzeti akkumulátor tárolja és vontatásra hasznosítja¹⁰. Ezen tanulmány valós vezetési méréseket mutat be egy dízel kombi személygépjárművel városi és városon kívüli környezetben. A rendszerigények alapján a hibrid rendszer kialakítását és méretezését úgy alakítom ki, hogy városi vezetési környezetben üzemanyagot takarítson meg. Az új hajtáslánc egyszerűsített életciklus-értékelése is bemutatásra kerül a tanulmányban.

7. Módszertan

A hibrid hajtásláncok lehetséges előnyeinek eléréséhez elengedhetetlen a meghajtási rendszer skálázása a használati szokások tekintetében. Az elektromos hajtásrendszer méretezéséhez a vizsgált jármű pontos teljesítmény- és nyomatékigénye szükséges.

8. OBD mérőrendszer

Az autó fedélzeti diagnosztikai (OBD2) aljzatán keresztül kerültek a vezetési adatok összegyűjtésre. Ezt a szabványosított diagnosztikai rendszert (ISO 9141) 2001 óta minden új autóra beépítik. A működés során az autó összes mérhető paraméterét figyeli, kezdeti szerepe az, hogy figyelmeztesse a vezetőt a motorproblémákra, amelyek befolyásolhatják a kipufogógáz-utánkezelés hatékonyságát. Ennek a rendszernek a kibővített szerepe magában foglalja a hibakódok tárolását, az autó élő vezetési adatainak figyelését, a vezérlőegységek ellenőrzését és a jármű azonosítását. A diagnosztikai rendszer élő vezetési adatait felhasználtuk a vizsgált gépkocsi részletes értékeinek monitorozására és rögzítésére különböző forgalmi és közúti körülmények között. A fedélzeti diagnosztikai teszt során az összes olvasható Packet Identifier (PID) csatornát (693 db) az RA Consulting GmbH DiagRA D szoftverrel követtük nyomon. Az Unified Diagnostic

⁸ MOMOH OMONOWO D – MICHAEL O. OMOIGUI: An Overview of Hybrid Electric Vehicle Technology. in 2009 IEEE vehicle power and propulsion conference, 2009, 1286–1292. o.

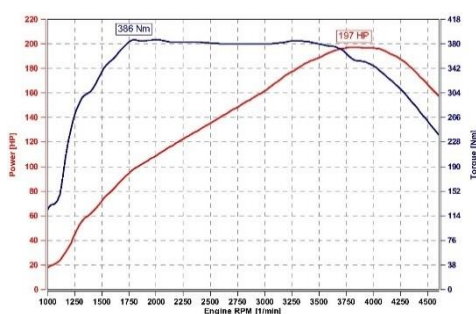
⁹ BILDSTEIN, MICHAEL: Hybrid Drives, Fuel Cells and Alternative Fuels, 1st edition edited by K. Maria. Robert Bosch GmbH, 2008.

¹⁰ ONORI, SIMONA – LORENZO SERRAO – GIORGIO RIZZONI: Hybrid Electric Vehicles: Energy Management Strategies, 2016.

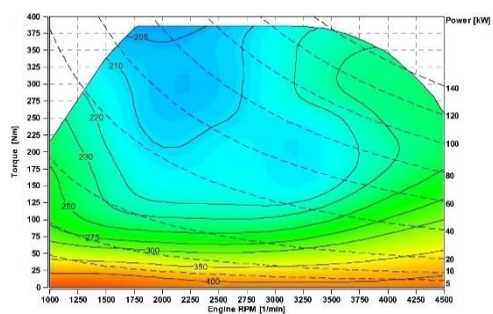
Service Volkswagen AG (UDS VAG) diagnosztikai protokollját használtuk a motorvezérlő egységgel (ECU) való kommunikációhoz.

3.1. Közúti mérések

A rögzített vezetési adatok alapján volt néhány olyan adat, amelyet ki kellett számítani. A gépkocsi teljesítményét minden egyes rögzített munkapontban a mért nyomaték és a motor fordulatszám (RPM) értéke alapján határoztuk meg. A nyomaték, a teljesítmény és a fordulatszám értékek mellett a BSFC is a motor minden egyes munkapontjának egyik kulcsmutatója, amelyet a rögzített liter/óra üzemanyag-fogyasztási adatokból számoltam ki. A teljesítmény- és nyomatékgörbék, valamint a BSFC-térképet ezen egyenletek és a közúti mérések alapján rajzoltam fel.



(a)



(b)

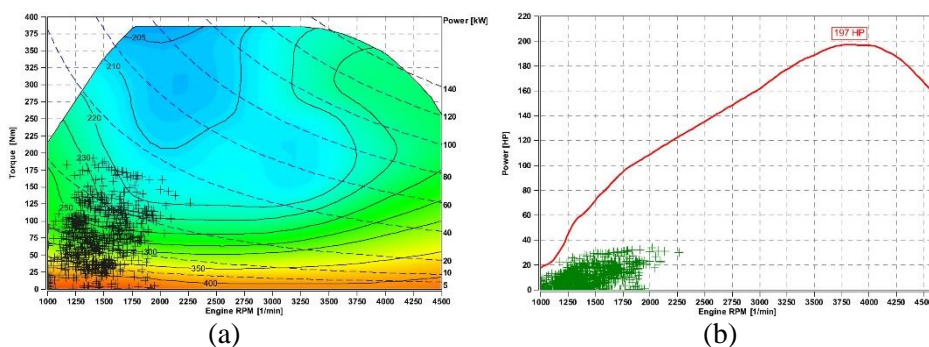
1a ábra: A vizsgált gépkocsi teljesítmény- és nyomatékgörbéje az OBD-mérések alapján
1b ábra: BSFC [g/kWh] a nyomaték függvényében

Az 1a ábrán látható a maximális teljesítmény- és nyomatékértékek görbéje az egyes motorfordulatszámoknál és azok maximális értékei. A nyomaték viselkedése nagyon hasonló a katalógusadatok előrejelzéséhez (a nyomaték maximuma 1750-3250 RPM). A csúcserőérték 1750-es fordulatszámnál éri el és megtartja 3500-as fordulatszámgig. A többi korszerű dízelmotorhoz hasonlóan a nyomaték a hajtáslánc mechanikai korlátai miatt elektromosan szabályozott. A teljesítménygörbe szintén hasonló a gyári adatokhoz (teljesítménymaximum 3500-4000 RPM). Ebben az esetben a maximális tartomány 3750 RPM és 4000 RPM között van. A maximális teljesítmény és nyomaték közel van a katalógusértékhez (184 LE, 380 Nm), de mindkét esetben a mért értékek magasabbak (197 LE, 386 Nm). A BSFC-térkép a motor fordulatszámát, nyomatékát, BSFC-jét és teljesítményét ábrázolja az 1b ábrán. Ez a diagram megmutatja, hogy az autó leghatékonyabb működési tartománya (205 g/kWh) a teljes terheléshez közeli, 1750-2250 RPM közötti tartományban van. A hatásfok másik vége a minimális terhelés, ahol a BSFC 400 g/kWh felett van. Ezek a legrosszabb üzemi pontok, és ezeket a vezetés során a lehető legjobban el kell kerülni. Mivel a legjobb hatásfokkal rendelkező munkapontok az alacsonyabb fordulatszámon helyezkednek el, a motor működését erre a régióra kell korlátozni, ez a downspeeding egyik kiinduló gondolata.

3.2. Tesztvezetések különböző környezetekben

A teljesítmény- és nyomatékigény meghatározásához meg kell vizsgálni a járművet különböző forgalmi helyzetekben. A mért munkapontokból a pozitív teljesítményleadást (a motorfék működtetése nélkül) és a pozitív járműsebesség üzemi pontokat vettem csak figyelembe. A motor jellemzőit dugóban, városi, országúti, valamint kombinált és autópálya környezetben elemeztem. Az összes munkapontot értékelve látható, hogy átlagos vezetési körülmények között a rendelkezésre álló teljesítménynek és nyomatéknak csak kis része hasznosul. A teljesítmény nagy részét agresszív gyorsításkor és előzéskor használjuk csak ki. Ezen adatok alapján felmerül a kutatási kérdés: *Szükségünk van-e a belsőégésű motor állandó működtetésére a mindennapok során, ha a névleges teljesítménynek és nyomatéknak csak egy töredékét használjuk ki?*

A fent említett adatok egy hibrid koncepció alapját képezik. A hajtáslánc maximális hatékonyságának és a kisebb üzemanyag-fogyasztásnak az elérése érdekében elengedhetetlen a belsőégésű motor legjobb munkapontokban történő üzemeltetése. Egy külön e-hajtás fedezheti az autó fennmaradó meghajtási igényeit.



2a ábra: BSFC [g/kWh] a nyomaték szerint városi munkapontoknál
2b ábra: A személygépkocsi teljesítménygörbéje városi munkapontok mellett

A 2a és 2b ábrán a városi munkapontok fekete kereszttekkel vannak jelölve. A BSFC térképnek csak egy kis részét használjuk ki a meghajtásra, és a munkapontok jelentősebb része alacsony BSFC-értékű területeken található.

3.3. Méretezési peremfeltételek

A mérési céloknak megfelelően olyan célkitűzéseket határoztunk meg, amelyeknek kulcsfontosságú tényezőknek kell lenniük a vizsgált autó hibrid hajtásláncának tervezése során:

- Minden városi munkapontot le kell fedni e-hajtással. A városban regisztrált teljesítmény- és nyomatékigény alapján a dinamikus városi gyorsulásokhoz szükséges folyamatos e-hajtás teljesítményének 50 kW-nak kell lennie 200 Nm nyomatékkal.
- Az akkumulátornak egy átlagos napi vezetési kapacitással kell rendelkeznie, némi tartalékkal a nagyobb városokban és a belsőégésű motorú forgalomtól

elzárt területeken való hosszabb utazásokhoz, így a hatótávolságnak 50 km körül kell lennie.

- Városi és korlátozott területeken a megfelelően méretezett hibrid rendszer segítségével nulla tank-to-wheel károsanyag-kibocsátás érhető el, ami pozitívan befolyásolhatja a város levegőminőségét.
- A belsőégésű motort akkor kell üzemeltetni, ha az elektromos hajtáslánc teljesítménye vagy kapacitása nem képes fedezni a meghajtási igényeket. A BSFC-térkép alapján az ECU-nak meg kell próbálnia a motort a legjobb hatékonysági tartományban tartani. Ha a meghajtás energiaigénye nagyobb, mint a belsőégésű motor által a legjobb működési tartományban termelt energia, az ECU-nak növelnie kell a terhelést és/vagy a fordulatszámot, hogy a motor több energiát termeljen. Ellenkező esetben, ha a belsőégésű motor működése szükséges a vezetési igények kielégítéséhez, de a termelt energia - a legjobb hatásfokán üzemelve - több, mint amennyire szükség van, az e-motor segítségével a többletenergia visszatölthető az akkumulátorba. Amint az alábbi egyenletek mutatják, érdemes az ICE-t a legjobb BSFC (205 g/kWh) környezetben üzemeltetni, és a többletenergiát villamos energiává alakítani, azt akkumulátorban tárolni, majd visszaalakítani meghajtásra, melynek a teljes hatásfoka 32,23 %. Eközben a belsőégésű motor alacsony BSFC-értékkel (400 g/kWh) való működtetése kevésbé hatékony ($BTE_1 = 21,13 \%$).

$$BTE_1 = \frac{1}{BSFC * Diesel LHV} = \frac{1}{400 \text{ g/kWh} * 0.01183 \text{ kWh/g}} = 21,13 \%$$

$$BTE_2 = \frac{1}{BSFC * Diesel LHV} = \frac{1}{205 \text{ g/kWh} * 0.01183 \text{ kWh/g}} = 41,23 \%$$

$$BTE_2 * \text{Generátor } \eta * \text{Akkumulátor } \eta * \text{Motor } \eta = 0,4123 * 0,97 * 0,876 * 0,92 * 0,92 = 32,23 \%$$

A generátor, az akkumulátor és a villanymotor hatásfokát az átlagos szakirodalmi adatok alapján határoztam meg¹¹. A gázolaj alsó fűtőértéke (LHV) 11,83 kWh/kg.

9. Eredmények

4.7. Akkumulátor méretezés

A mért adatok szerint egy városi tesztciklusban a meghajtásra fordított átlagos idő a teljes menetidő 57,5%-a. Az 50 km-es hatótávolsággal és a mért 28,8 km/h átlagsebességgel számolva ez 1 órát jelent a meghajtásra.

¹¹ CUDDY, MATTHEW R. – KEITH B. WIPKE: Analysis of the Fuel Economy Benefit of Drivetrain Hybridization in SAE Transactions, 1997, 475–485. o.

$$\text{Meghajtási idő [h]} = \frac{\text{Hatótávolság [km]}}{\text{Átlagsebesség} \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]} \times \frac{\text{Pozitív teljesítmény output [\%]}}{100} =$$

$$\frac{50 \text{ km}}{28,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \times \frac{57,5 \%}{100} \cong 1 \text{ h}$$

Az 1 órás meghajtási igény 1,74 óra (50 km / 28,8 km/h) teljes utazási időt jelent. Az akkumulátor kapacitásának skálázását a következő egyenlet mutatja be.

$$C_b [\text{kWh}] = \left(\frac{1}{1 - \frac{\text{SOC}_{\min} [\%]}{100}} \right) \times (T_p [\text{h}] \times P_a [\text{kW}] + T_t [\text{h}] \times (P_{\text{aux}} [\text{kW}] + P_h [\text{kW}])) -$$

$$E_b [\text{kWh}] \cong \mathbf{17 \text{ kWh}}$$

Az akkumulátor optimális minimális töltöttségi szintje (SOC_{\min}) 20% körül van a maximális élettartam fenntartásához. Tehát a cél eléréséhez az akkumulátort a nettó energiaigénynél nagyobbra kell méretezni. A számított meghajtási idő (T_p) és az átlagos vontatási teljesítmény (P_a) szorzata adja a kerekek meghajtásához szükséges kapacitást. A segédberendezések (P_{aux}) és a hűtés vagy fűtés (P_h) teljesítményigénye szintén hozzáadódik a menetidőhöz. A fűtés és légkondicionálás többlet teljesítményigényének nagyságrendje nem különbözik jelentősen az elektromos autó esetében¹². A gépkocsi működési területének két szélsőségeként -20 °C téli minimumot és +40 °C nyári maximumot feltételeztünk. Mindkét esetben a fűtési vagy légkondicionáló rendszer ~80 Wh/km-rel növeli az alapfogyasztást. Van egy olyan funkció, amely csökkentheti az igényelt kapacitást, ez a regeneratív fékezés (E_b). Többféle felhasználási mód létezik, de egy átlagos városi környezetben a vontatási energia mintegy 17 %-a lehet a regeneratív fékezés, figyelembe véve az összes lépés határfokát¹³. Ebben az esettanulmányban ez 1,4 kWh energiát jelent (1 óra * 8,24 kW * 0,17).

4.8. Hajtáslánc méretezése

Az e-hajtás legnagyobb hátránya a többletsúly. Mint korábban említettük, egy 50 kW teljesítményű e-motorra van szükség, amelynek feltételezett tömege ipari referenciák alapján ~60 kg, beleértve a teljesítményelektronikát és az erőátvitelt is. A méretezett akkumulátor súlya ~182 kg, ráadásul a burkolat és az akkumulátor elektronikája is ~40 kg-ot jelent. Másrészt, feltételezve a tengely-osztott (axle-split) hibrid kialakítást, a hagyományos hajtáslánc egyes részei (kardántengely, Haldex-kuplung, differenciálmű) eltávolíthatók, így a teljes tömeg kb. 50 kg. Így 232 kg többletsúly marad (60 kg + 182 kg + 40 kg - 50 kg). Ezt az értéket vettem figyelembe az életciklus-elemzés során. Az üzemanyag- és energiafogyasztási

¹² IVAN EVTIMOV – ROSEN IVANOV – MILEN SAPUNDJIEV: Energy Consumption of Auxiliary Systems of Electric Cars.” in MATEC web of conferences, 2017, 133. sz.

¹³ LARS HENRIK BJÖRNSSON – STEN KARLSSON: The Potential for Brake Energy Regeneration under Swedish Conditions in Applied Energy, 2016, 168. sz., 75–84. o.

adatokat úgy mértem meg, hogy ez a többletsúly a csomagtartóban volt, és a vezető 100 kg-os súlyát vettem figyelembe.

4.9. Teljes életciklus-elemzés

A teljes életciklus-elemzés során összehasonlítottam a hagyományos és a hibrid hajtáslánc környezeti hatásait. 200.000 km futásteljesítményt vettem figyelembe, amely 50.000 km városi és 150.000 km városon kívüli használatra oszlott. Az 1. táblázat tartalmazza az LCA-számítás során figyelembe vett bemeneti adatokat.

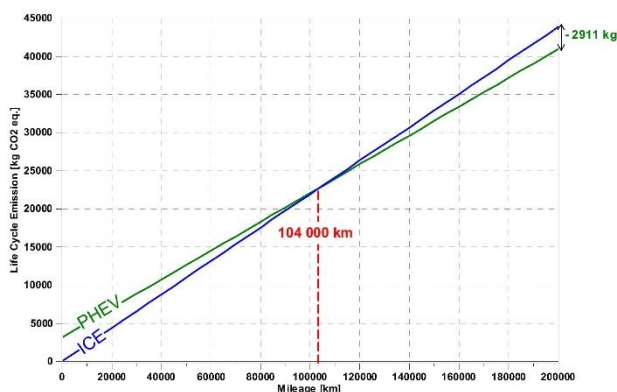
Az életciklus-elemzés során a következő egyszerűsítéseket vettem alapul:

- Városi környezetben csak az elektromos hajtásláncot használjuk, zéró tank-to-wheel kibocsátással.
- A városon kívüli felhasználás esetén csak a belsőégésű motorú meghajtás lett figyelembe véve.
- Az eredeti autó gyártási karbonlábnyomát elhanyagoltam, mivel ez a tanulmány a hagyományos és a hibrid hajtásláncok összehasonlítását kívánja bemutatni. Mindkét esetben az eredeti jármű azonos mennyiségű gyártási kibocsátással jár.
- A hagyományos hajtáslánc esetében az újrahasznosítás és az ártalmatlanítás kibocsátásának nagyságrendje elhanyagolható, mivel ez csak kis mennyiségű szennyezés, amely a teljes életciklusban nem jelenik meg további kibocsátásként. Ez a tanulmány nem tartalmazza az akkumulátorok újrahasznosításával kapcsolatos karbonlábnyom mennyiségének meghatározását.

Paraméter	Érték	Adatok forrása
Városi üzemanyag-fogyasztás	8,5 l/100km	Mérés
Városon kívüli üzemanyag-fogyasztás	6 l/100km	Mérés
Az elégetett gázolajból származó ÜHG-kibocsátás	2,67 kg CO ₂ ekv./l	¹⁴
Az akkumulátor gyártási ÜHG-lábnyoma	0,185 kg CO ₂ ekv./Wh	¹⁵
Akkumulátor kapacitása	17 kWh	3.1. fejezet
A villamos energia CO ₂ kibocsátása világszerte	0,56 kg CO ₂ ekv./kWh	Sphera Solutions
Városi energiafogyasztás	28,61 kWh/100km	Mérés
Városon kívüli energiafogyasztás	21,18 kWh/100km	Mérés
Dízel well-to-tank üzemanyag kibocsátás	0,64 kg CO ₂ ekv./l	¹⁶

1.táblázat: A hagyományos és a hibrid hajtásrendszer LCA-jának bemeneti adatai

A 3. ábra az LCA eredményeit mutatja be, a break-even pontot és az üvegházhatású gázok kibocsátás különbségeit a teljes életciklus során.



3. ábra: A hagyományos és a plug-in hibrid hajtásrendszer életciklus-elemzése

A számítások alapján 0 km-es futásteljesítménynél a PHEV hátrányban van az akkumulátorok előállítása során keletkező további CO₂ kibocsátás miatt. Ez a hátrány azonban 104.000 km-nél, a break-even pontnál megszűnik. E futásteljesítmény felett a plug-in változat környezetbarátabb, mint a hagyományos. A break-even pont után a két hajtásrendszer közötti különbség egyre nagyobb lesz, és a 200.000 km-es futásteljesítmény végén a hibrid előnye 2911 kg CO₂ ekv. lesz. Ez

¹⁴ VALSECCHI, C. (szerk.): Environmentally Harmful Subsidies (EHS): Identification and Assessment in Final Report for the European Commission's DG Environment, 2009

¹⁵ JENS F. PETERS – MANUEL BAUMANN – BENEDIKT ZIMMERMANN – JESSICA BRAUN – MARCEL WEIL: The Environmental Impact of Li-Ion Batteries and the Role of Key Parameters – A Review in Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 67. sz., 491–506. o.

¹⁶ HOEKSTRA, AUKE: Producing Gasoline and Diesel Emits More CO₂ than We Thought, 2021, <https://innovationorigins.com/en/producing-gasoline-and-diesel-emits-more-co2-than-we-thought/>

közel 3 tonna CO₂ ekvivalenssel kevesebb üvegházhatású gázkibocsátást jelent, mint a hagyományos hajtáslánc esetében.

10. Összegzés

E tanulmány fő célja egy olyan hibrid rendszer kidolgozása volt, amelyet valós vezetési helyzetek, forgalom és használati szokások alapján terveztek és méreteztek. A többdimenziós elemzés és optimalizálás módszertanát, beleértve az életciklus-értékelést is, integráltuk a vizsgált rendszerek értékelésébe. Az eredmény egy 50 kW-os elektromotorral és 17 kWh akkumulátorkapacitással rendelkező hibrid rendszer, amely minden reális környezeti körülmény mellett legalább 50 km-es EV hatótávolságot tesz lehetővé. Új algoritmust fejlesztettünk ki az akkumulátor kapacitásának az átlagos teljesítményigényen alapuló meghatározására. Továbbá figyelembe vettük a különböző használati esetek és éghajlati körülmények (segédberendezések, fűtés/AC, regeneratív fékezés) több változóját. A hagyományos és a hibrid hajtáslánc életciklus-elemzésén alapuló összehasonlítása azt mutatta, hogy a javasolt rendszer 200.000 km futásteljesítmény alatt közel 3 tonna üvegházhatású gázkibocsátás-csökkentési potenciállal rendelkezik.

Felhasznált irodalom

- FRITZ MARKUS – PATRICK PLÖTZ – SIMON A. FUNKE: The Impact of Ambitious Fuel Economy Standards on the Market Uptake of Electric Vehicles and Specific CO₂ Emissions in Energy Policy, 2019, 135. sz.
- TODA TADASHI – MITSUTO SAKAI – MASAHI HAKARIYA – TOSHIKAZU KATO: The New Inline 4 Cylinder 2.5 L Gasoline Engine with Toyota New Global Architecture Concept in 38th International Vienna Motor Symposium, 2019
- EHSANI MEHRDAD – YIMIN GAO – STEFANO LONGO – KAMBIZ EBRAHIMI: Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles in CRC press, 2018
- PATRICK LOTT – OLAF DEUTSCHMANN: Lean-Burn Natural Gas Engines: Challenges and Concepts for an Efficient Exhaust Gas Aftertreatment System in Emission Control Science and Technology, 2021, 7. évf., 1. sz., 1–6 o.
- MAHMOUDZADEH ANDWARI – AMIN APOSTOLOS PESIRIDIS – SRITHAR RAJOO – RICARDO MARTINEZ-BOTAS – VAHID ESFAHANIAN: A Review of Battery Electric Vehicle Technology and Readiness Levels in Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 78. sz., 414–430. o.
- MATHARU HARPREET SINGH – VAIBHAV GIRASE – D. B. PARDESHI – P. WILLIAM: Design and Deployment of Hybrid Electric Vehicle in Proceedings of the International Conference on Electronics and Renewable Systems, 2022 331–340. o.
- MOMOH OMONOWO D – MICHAEL O. OMOIGUI: An Overview of Hybrid Electric Vehicle Technology. in 2009 IEEE vehicle power and propulsion conference, 2009, 1286–1292. o.

- BILDSTEIN, MICHAEL: Hybrid Drives, Fuel Cells and Alternative Fuels, 1st edition edited by K. Maria. Robert Bosch GmbH, 2008.
- ONORI, SIMONA – LORENZO SERRAO – GIORGIO RIZZONI: Hybrid Electric Vehicles: Energy Management Strategies, 2016.
- CUDDY, MATTHEW R. – KEITH B. WIPKE: Analysis of the Fuel Economy Benefit of Drivetrain Hybridization in SAE Transactions, 1997, 475–485. o.
- IVAN EVTIMOV – ROSEN IVANOV – MILEN SAPUNDJIEV: Energy Consumption of Auxiliary Systems of Electric Cars.” in MATEC web of conferences, 2017, 133. sz.
- LARS HENRIK BJÖRNSSON – STEN KARLSSON: The Potential for Brake Energy Regeneration under Swedish Conditions in Applied Energy, 2016, 168. sz., 75–84. o.
- VALSECCHI, C. (szerk.): Environmentally Harmful Subsidies (EHS): Identification and Assessment in Final Report for the European Commission’s DG Environment, 2009
- JENS F. PETERS – MANUEL BAUMANN – BENEDIKT ZIMMERMANN – JESSICA BRAUN – MARCEL WEIL: The Environmental Impact of Li-Ion Batteries and the Role of Key Parameters – A Review in Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 67. sz., 491–506. o.
- HOEKSTRA, AUKE: Producing Gasoline and Diesel Emits More CO2 than We Thought, 2021, <https://innovationorigins.com/en/producing-gasoline-and-diesel-emits-more-co2-than-we-thought/>

Álhírek felismerése és klasszifikációja különböző társadalmi csoportok körében

1. Bevezetés

A digitális világban, és elsősorban a social médiában az egyén mint szereplő fokozottan ki van téve az online térből érkező támadásoknak, elsősorban a megtévesztési kísérleteknek. Az exponenciális fejlődés az információtechnológia területén, valamint az új novumok – elsősorban az internet, majd a social média platformok megjelenése – radikálisan átalakították az emberek közötti kapcsolatokat, elsősorban a kommunikáció viszonylatában. A COVID-19 indukálta lezárások következtében, ahogy a jelenléti munkavégzést felváltotta a távmunka, a személyes beszélgetéseket a csevegőalkalmazások és közösségimédia-felületek megnövekedett használata, az egyének és közösségek közötti információcsere jellege megváltozott. Az átformálódó információs társadalmi környezet még hatékonyabbá tette az online kommunikációt, ugyanakkor ezzel együtt járt a kockázatok növekedése is. A közösségi médiák elsődleges hírforrássá válásával az álhírek terjedésének üteme és volumene is megnövekedett. Egyre nehezebb megbizonyosodni a „neten, Facebookon látott” hírek valóságáról. Az információk átalakítása, manipulációja, mesterséges létrehozása katalizátor, rossz (vagy megfelelő) kezekben fegyver is lehet. Amint arra a közelmúlt geopolitikai eseményei rávilágítottak (gondolok itt például a pandémiával kapcsolatos álhírekre vagy az ukrán–orosz konfliktus kapcsán terjedő propagandára és fake news-áradatra), a világban zajló globális események a félretájékoztatás és álhírterjesztés táptalaját szolgáltatják.

Azonban azt is látni kell, hogy a különböző egyének és társadalmi csoportok eltérően reagálnak egy-egy tartalomra; az álhírekre való fogékonyság számtalan jellemző függvénye lehet. A képet tovább árnyalja az ún. szűrőbuborék-jelenség; minden közösségimédia-felhasználó olyan tartalmakat lát a fiókjában, ami az algoritmus szerint a leginkább számot tarthat az érdeklődésére, a legvalószínűbb, hogy interakciókra, véleménynyilvánításra ösztönzi. Kapcsolódó kutatásom két fő irányt ölel fel: 1) milyen jellegű és mértékű eltérések mutatkoznak az egyes generációk között az álhírekre való fogékonyság tekintetében és 2) vizsgálni a szűrőbuborék-algoritmus szerepét a hírek átadása hatékonyságában.

2. Információs társadalom és az információk forrásai

A kibertér, az információs társadalom és az IT-biztonság a jelenkori információtechnológiai kutatások legígéretesebb területei közé tartoznak. Az információk megbízhatósága, a hiteles tájékoztatás az információs társadalom megbízható működésének alappillérei. Manuel Castells megfogalmazásában az

¹ Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola. Témavezető: Dr. Erdős Ferenc, egyetemi docens, Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar, Informatika Tanszék

információs társadalom az emberi viszonyrendszer új formája, ahol az információ hálózatba szervezett előállítás, tárolása játssza a főszerepet.² Ennek fő mozgatórugója az információkhoz való hozzájutás, a (megbízható) információk áramlása a közösségen belül. Napjainkra a hírek elsődleges forrásai már nem az írott és audiovizuális média, hanem sokkal inkább az online weboldalak és a közösségimédia-plattformok lettek, azon belül is Magyarországon elsősorban a Facebook és az Instagram, a csevegőalkalmazások közül pedig a WhatsApp és a Messenger, míg globálisan a Facebook (2958), a YouTube (2514), valamint az Instagram (2000 millió felhasználó) a legelterjedtebbek.³

Ugyanakkor a népszerű, gyakran megosztott, „lájkol” hír nem jelent egyben hiteles, megbízható tartalmat. A közösségimédia-plattformok felemelkedése és egyre inkább megállapítható primátusa katalizátorként szolgálnak az álhírek terjesztéséhez. A krízishelyzetek, mint például a Covid-19 pandémia⁴ vagy az orosz-ukrán konfliktus jó táptalajt jelentenek a (jóhiszemű vagy szándékos) félretájékoztatásnak. A külső nyomás gyakorlásának – gondolok itt a kormányzati propagandára vagy különböző szervezetek, cégek érdekeit szolgáló, ismétlődő kommunikációra – legfontosabb eszköze az ismétlés. Lazer kutatásában⁵ arra következtetésre jutott, hogy minél többször olvasunk, látunk vagy hallunk egy hírt, annál igazabbnak érezzük – még akkor is, ha annak részleges cáfolatáról értesülünk. Ennek elsősorban az az oka, hogy az emberek hajlamosak elfeledkezni arról, hogy milyen összefüggésben találkoztak egy hírrel, és inkább arra emlékeznek, hogy mit is éreztek azzal kapcsolatban. Vagyis: a már ismert információt hajlamosabbak vagyunk kételkedés nélkül elfogadni. A fent említett kutatás arra is rávilágít, hogy az emberek hajlamosak saját közösségük közösségi értékeihez igazítani saját, egyéni meggyőződésüket. Az információk befogadására való hajlamot a szerzők szerint elsősorban az alábbi jelenségek befolyásolják:

- Szelektív expozíció: az emberek előnyben részesítik azokat a híreket – függetlenül azok valóságtartamától –, amelyek a saját attitűdjüket, viselkedésüket támasztják alá.
- Megerősítési torzítás: az emberi természetből fakadóan az egyén elsősorban azokat az információkat vélik hitelesnek, melyek összhangban vannak meglévő hiedelmeikkel, illeszkednek világnézetükhöz.
- Kíváncsisági torzítás: hajlamosabbak vagyunk elfogadni azokat a híreket, amik pozitív érzést keltenek bennünk, „tetszenek”.⁶

Fenti aspektusok mellett, melyek elsősorban az információ befogadásának módját befolyásolják, gondot jelent az információhoz való hozzájutás korlátozott, sőt szándékosan manipulált módja is. Ennek leginkább meghatározó megjelenési formája az ún. szűrőbuborék-jelenség. „A kibertér fontos hatása, hogy használata egyértelműen képes befolyásolni az éntudatot, képes azt módosítani,

² Ld. Castells, Manuel: *Az információ kora*, 2005, Gondolat kiadó, Budapest.

³ Az adatok forrása a Statista.com 2023. januári jelentése.

⁴ A nagyhatalmaknak betudható dezinformációs tevékenység is hozzájárult a konfliktusok kiéleződéséhez. Lásd bővebben: Kelemen Roland: Radikalizálás, dezinformálás és tömegpszichózis modern köntösben, in *Jog–Állam–Politika*, 2021/3. szám, 71-85. o.

⁵ Lazer, David M.J. et al.: The Science of Fake News, in *Science*, 2018/359, 1094-1096.

⁶ Uo. 1094-1096. o.

átprogramozni”, mivel a social média elemei „szándékosan úgy vannak tervezve, hogy az egyén sajátos világnézete, érdeklődési köre, tervei, céljai, függőségei mentén kapjon információt, érjen el felületeket, jusson hozzá kapcsolódó termékekhez. Lényegében a közösségimédia-platformok ezen felismerés mentén szervezik saját üzleti modelljüket.”⁷ A közösségimédia-platformoknál nincs két felhasználó, aki ugyanazokat a híreket látná a hírfolyamban, ugyanis a szűrőbuborék algoritmus – ami a közösségimédia-algoritmusok legerőteljesebb, viselkedést befolyásoló tartalom-megjelenítő eszköze – az adott felhasználóknak elsősorban azokat a tartalmakat jeleníti meg, amik egybevágóan érdeklődési körükkel, világnézetükkel, szinkronban vannak eddigi keresési eredményeikkel, az általuk meglátogatott oldalakkal és az ott töltött idővel, a fórumokban mutatott viselkedésükkel és a kedvelt tartalmakkal. Ez a jelenség elsősorban azt a célt szolgálja – a célzott reklámokat most nem vesszük figyelembe –, hogy az emberek minél több időt töltsenek el egy-egy közösségi oldalon azáltal, hogy folyamatosan őket érdeklő híreket olvashatnak. Ugyanakkor ennek megvan a maga árnyoldala: (1) a felhasználók ritkán találkoznak az övükével ellentétes véleményekkel, saját meggyőződésükkel szembenálló társaik írásaival; (2) ugyanakkor a szűrt hírek hatására intellektuálisan és szociális szempontból elszigeteltté válnak.⁸

3. A nem valós hírek fajtái és jellemzői

Mint azt már korábban érintettük, a minket ért, valótlán vagy eltorzult/eltorzított tartalmú információk több csoportra oszthatók. Ezek között a különbség elsődlegesen a szándékosságban és a terjesztés módjában rejlik. Egyelőre nincs általánosan elfogadott felosztás – ahogy Papp megjegyzi: „a hamis híreknek egyelőre nincsen tudományos konszenzus alapján született definíciója”.⁹ Walters megfogalmazása szerint a nem valós hírek közös jellemzői a hamisan közzétett tartalom, az objektíven hamis állítások és a hírcím.¹⁰ Jelen tanulmányban a jelentéstartalmat leginkább megragadó kategóriák szerinti felosztásra támaszkodom.

3.1. Téves információ/akaratlan félretájékoztatás

A téves információ (*misinformation*) olyan helytelen, pontatlan információ vagy tévedés, amely nem elsősorban manipulatív céllal terjed/terjesztik. Fő ismérve, hogy nem szándékosan megtévesztő, hanem tévedésből vagy félreértésből ered – a terjesztő ezen információkat valóságosnak, hitelesnek tekinti. Megjelenését tekintve ezek lehetnek téves adatok, félrevezető állítások, téves információk vagy tévedések

⁷ Kelemen Roland – Németh Richárd: Társadalmi hálózatok és reziliencia, in *Védelmi-biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Műhelytanulmányok*, 2022/13. sz. 19-45. o.

⁸ Palagi, Emilie: *Evaluating exploratory search engines : designing a set of user-centered methods based on a modeling of the exploratory search process*, 2018, Université Cote d’Azur, France.

⁹ Papp János Tamás: A hamis hírek alkotmányos helyzete és szerepe a demokratikus nyilvánosság befolyásolásában, in *In Medias Res*, 2020/1. szám, 142. o.

¹⁰ Walters, Ryan M.: How to Tell a Fake: Fighting Back Against Fake News on the Front Lines of Social Media, in *Texas Review of Law & Politics*, 2018/111., 119. o.

következményei. Az információ hibás vagy pontatlan lehet, de az eredeti szándék semmiképpen sem az átverés vagy manipuláció – sokkal inkább „jóhiszemű tévedés”. Ezen kategóriába soroljuk a sajtóhibákat, újságírói hanyagságból eredő tévedéseket, összeesküvés-elméleteket, pletykákat és minden egyéb, akaratlanul eltorzult/eltorzított hírt,¹¹ blogposztot, socialmedia-bejegyzést és hozzászólást, ami úgy kerül továbbításra, hogy annak valóságtartalmáról a terjesztő hitelt érdemlően nem bizonyosodott meg.

3.2. Szándékos félretájékoztatás/dezinformáció

A dezinformáció (*disinformation*) szándékosan, tudatosan terjesztett hamis vagy félrevezető információ, célja általában az emberek befolyásolása, manipulálása vagy az adott üzenet/nézet előnyben részesítése. Az előző kategóriához képest markáns különbség, hogy a dezinformáció létrehozása és terjesztése is a megtévesztés szándékával valósul meg. A FIIA megfogalmazása szerint a „dezinformáció olyan, a tények manipulációján alapuló írott vagy szóbeli kommunikáció, amely kísérletet tesz a célpont véleményének és a viselkedésének megváltoztatására oly módon, hogy az eredmény az azt terjesztő félnek kedvezzen”.¹² Megjelenését tekintve lehet propaganda, álhír, manipulált tartalom vagy szándékosan hamisított információ, amelyet a terjesztők a közvélemény véleményének befolyásolására használnak. Mivel ezen közlések valódi információkon alapulnak, ezért a befogadó számára teljes mértékben hitelesek.¹³

3.3. Hamis(ított) hírek/fake news

A hamis hírek (*fake news*) olyan szándékoltan hamis/megtévesztő információk, amelyek általában interneten terjednek. Noha az álhír-jelenség számos tudományos kutatás témája, ahogy már említettük, egyelőre nem létezik rá általános, mindenki által elfogadott meghatározás¹⁴ – a köztudatban elterjedt *fake news* kifejezés „egyszerre jelenthet kattintásvadász címetek, politikai motivációjú félretájékoztatást, satírákat, konspirációs teóriákat, de a »megbélyegző« által nem kedvelt sajtóorgánumokat vagy véletlen sajtóhibákat is”.¹⁵ Az ilyen hír mesterségesen „gyártott”, célzottan irányul bizonyos témákra/személyekre, és a befolyásolásra, téveszmék terjesztésére, a közvélemény manipulálására törekszik. A kategória egy speciális esete az elsősorban politikai indítatásból vagy karaktergyilkosság céljából terjesztett „deepfake”, amely „olyan hangfelvétel,

¹¹ Bővebben: Allcott, Hunt – Gentkow, Matthew: Social Media and Fake News in the 2016 Election, in *Journal of Economic Perspectives*, 2017, 31(12).

¹² Fog of Falsehood: Russian Strategy of Deception and the Conflict in Ukraine. *The Finnish Institute of International Affairs*, Elérhető: https://storage.googleapis.com/upi-live/2017/01/fiiareport45_fogoffalsehood.pdf, 2024.03.14.

¹³ Lásd bővebben: Németh Richárd: Bizalom és hiszékenység online térben, in *Jog–Állam–Politika*, 16. évfolyam, 2024/1. szám, 141. o.

¹⁴ Lásd Papp: i.m. 142. o.

¹⁵ Papp: i.m. 143. o.

fénykép vagy videó, amelyben mesterséges intelligencia segítségével az eredeti szereplők arcát, hangját, azaz audiovizuális sajátosságait kicserélik egy másik ember arcára, hangjára”,¹⁶ a cél pedig hatást kiváltani a célszemélyből.

3.4. További manipulatív, ártó jellegű tartalmak

Az Európai Bizottság ún. HLEG-jelentése¹⁷ külön kategóriába sorolja az egyéb illegális tartalmak előállítását és online terjesztését, mint például a gyűlöletbeszéd, zaklatás, rágalmozás, zsarolás stb. Szintén találkozhatunk az online térben olyan információkkal, melyek valóban szándékos ferdtítés, torzítás révén keletkeznek, az alkotók/terjesztők szándéka azonban relatíve ártalmatlan; ide tartoznak a szórakoztató céllal létrejött, szándékosan elferdített, kifigurázott tények vagy események, mint például a szatíra vagy a paródia.

4. A társadalmi generációk fenyegetettsége

Ahogy korábban már utaltam rá, a szűrőbuborék-jelenség okán az egyének és csoportok más-más viselkedésmintákat mutatnak egy-egy bejegyzés, online tartalom irányába. Azonban máig nem létezik olyan modell vagy algoritmus, amelynek segítségével az adott reakciók előzetesen megjósolhatóak lennének, ahogy arra sincs egyértelmű „képlet”, hogy melyek azok a jellemzők, amelyek hangsúlyosan érvényesülnek. Ezek azonosításához meg kell találni azokat a karakterisztikákat, aminek változása kimutatható módon befolyásolja az egyén (ál)hírekhez való viszonyát. Mivel kutatásom jelen szakasza a az életkor viszonylatában értékeli a kiváltott reakciókat, a vizsgálathoz a legkézenfekvőbb klasszifikációt, a társadalmi generációk szerinti csoportbontást használom fel. Vizsgálatom során két nagy csoportra helyeztem a fókusz: a Z generáció¹⁸ tagjaira, mivel ők azok, akik a legtöbbet használják a közösségimédia-felületeket, valamint a baby boomerek¹⁹ idősebb tagjaira, a nyugdíj előtt állókra vagy már nyugdíjasokra – ők a legfogékonyabbak az online csalási kísérletekre, spam-emailek megtévesztő tartalmára, mivel jellemzően ők már nehezebben boldogulnak az új technológiákkal. A többség idősebb korban jobban elzárkózik a külvilágtól, ugyanakkor nehezebben fogadja be a technológiai újításokat. Egy korábbi kutatásom során, a Covid-19 munkavégzésre gyakorolt hatása kapcsán egy kérdőíves felmérés segítségével kerestem összefüggést az életkor és a digitális világ kihívásai, valamint az életkor és

¹⁶ ITbusiness.hu: A tökéletes deepfake az informatikai és a cégvezetőkre is veszélyt jelent, <https://itbusiness.hu/technology/aktualis-lapszam/itexec/a-tokeletes-deepfake-az-informatikai-es-a-cegvezetokre-is-veszelyt-jelent/>, 2024.04.14.

¹⁷ European Commission: *Report of the Independent High level Group on fake news and online disinformation. A multidimensional approach to disinformation*, 2018, Publications Office of the EU, Luxembourg.

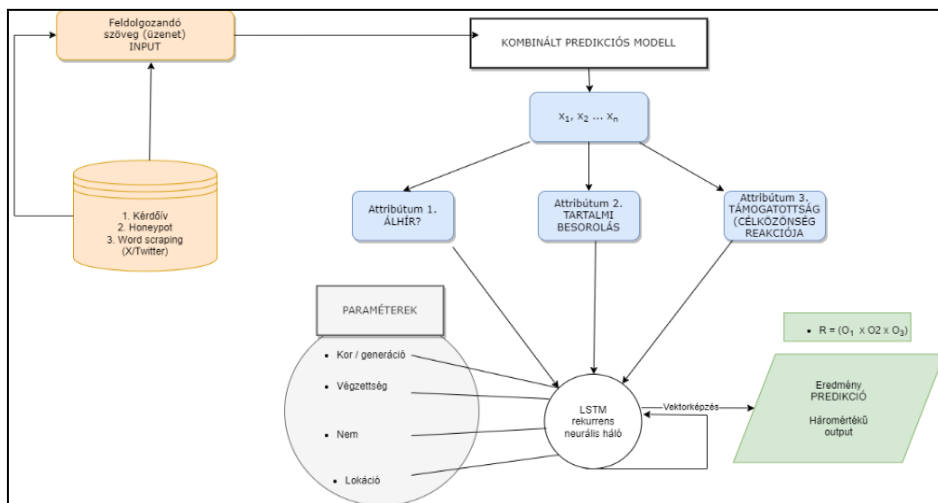
¹⁸ A Z-generáció „az a nemzedék, akik sosem éltek olyan társadalomban ahol nincsen internet”. A generációk digitális kompetenciáról bővebben lásd: Földes Kata – Szederkényi Éva: Intergenerációs különbségek a HR területén – Covid-19 előtti és utáni mintavételek tükrében, in *Tudásmenedzsment*, 2021/1. Különszám.

¹⁹ A baby boomerek az 1946–1964 között született generációk tagjai.

a kommunikáció színvonala relációjában. Az akkor tett megállapításaim most is érvényesek: „ahogy növekszik az életkor, jelentősen nő az elmagányosodást, depressziót érzők száma”, ugyanakkor „...a fiatalok könnyebben alkalmazkodnak a távmunka feltételeihez. Ebben nyilván közrejátszik, hogy kevésbé jelent számukra kihívást a digitalizált környezet. A kollégákkal történő kapcsolat romlása és a megváltozott kommunikációra való érzékenység az életkor növekedésével szintén növekszik.”²⁰

5. Konceptuális modell az álhírek osztályzására

A valós és álhírek társadalmi generációkra gyakorolt hatását három fő ágens mentén kívánom vizsgálni: 1) az (ál)hírek valóságtartalma; 2) a megadott szempontok szerinti tartalmi besorolás, valamint 3) a hír várható fogadtatása, támogatottsága szempontjából. Az álhírek osztályzására megalkotott konceptuális modell az 1. ábrán látható:



1. ábra: Konceptuális modell álhírek kategorizálására

Forrás: saját szerkesztés.

A modell kiinduló adatként (bemeneti paraméterként) közösségi médiából (elsősorban Twitterről) fogad rövid valós vagy álhíreket, szöveges formátumban, majd ezeket tokenizáció segítségével alkotóelemekre bontja – e komponensekből kerülnek ki a gépi tanulási modell által alkalmazott kulcsszavak. A demográfiai adatokat a posztokat megosztók, azokra reagáló felhasználók adják. A különböző socialmedia-oldalak más és más információkat tesznek nyilvánosan elérhetővé, az életkor egy olyan paraméter, ami alapértelmezésben nem kerül közzétételre, így csak a bejegyzés ismeretében nem határozható meg. Több kutató is keresett megoldást arra, hogy a posztolt tartalom alapján a posztoló besorolható legyen. Erre a célra

²⁰ Németh Richárd: A COVID-19 járvány okán bevezetett home office munkavégzés hatása a munkakörülményekre és szervezeti kommunikációra nagyvállalati környezetben, in *Jog-Állam-Politika*, 2021/4. szám, 95. o.

nyújt segítséget a Meertens Institute és a University of Twente által kifejlesztett TweetGenie, amely a tartalmak alapján 85%-os pontossággal képes megbecsülni a felhasználó életkorát,²¹ elsősorban a szórendre és a használt kifejezésekre támaszkodva. Szintén a fenti problémát vizsgálta Oktay, Firat és Ertem,²² akik a bejegyzések tartalmi vizsgálatára készített megoldásukkal a felhasználók életkorát és etnikai hovatartozást képesek beazonosítani – modelljük a nevekből kiindulva képes meglepően magas hatásfokkal működni.

A tokenizált kimenet kerül átadásra egy predikciós modellnek, amely korábban számos területről vett valódi és hamis hírekkel betanításra került. A modell három ágens mentén, három LSTM modell²³ segítségével vizsgálja a kapott üzenetet:

1. Hír valóságtartalmának osztályozása: a részmodell kimenete egy bináris érték, ami egy klasszifikációs analízis alkalmazásával dönti el az üzenetről, hogy álhír-e vagy sem;
2. Hír tartalmi besorolása: a kimenet egy háromértékű eredmény; az előre megadott szempontok szerint az üzenet tartalma pozitív, negatív vagy pedig semleges lehet;
3. Hír támogatottsági besorolása: skálához rendelt, százalékos eredményt szolgáltat, az üzenetre adott reakciót becsüli meg, a neutrálistól a radikálisig terjedő intervallumban.

A kapott részeredmények segítségével történik a profilosztályozás, melynek profilparaméterei az algoritmusok segítségével azonosított demográfiai változók. A profilosztályozás eredménye egy háromértékű vektor, az alábbi formában:

$$R = O_1 x O_2 x + O_3$$

Egy lehetséges bemenet-kimenet páros:

R(„Somogyban ufók szálltak le”) = $\xrightarrow{\text{fake, negatív, neutrális}}$

A folyamat során a beérkező üzenet tokenizálás után három szinten kerül feldolgozásra különálló LSTM-modellek segítségével, ezek kimenete egy profilosztályozás alkalmazásával háromértékű vektort generál, mellyel az adott hír kulcsjellemzői (hitelesség-besorolás-reakció) meghatározhatók. A modell elvárt működése, hogy bármilyen fogadott üzenetre előre megjósolja a várható fogadtatást a különböző demográfiai paraméterek vonatkozásában.

6. Zárszó

²¹ Lásd bővebben: University of Twente: *Computer guesses age and gender of Tweeters*, 2013, <https://www.utwente.nl/en/news/2013/5/164645/computer-guesses-age-and-gender-of-tweeters>, 2024.04.20.

²² Oktay, Hüseyin – Firat, Aykut – Ertem, Zeynep: *Demographic Breakdown of Twitter Users: An analysis based on names*, 2014, ASE Conference

²³ Az LSTM (long short term memory) egy rekurrens neurálháló-architektúra, amely különösen hatékony szekvenciák (pl. mondatok) értelmezésében. Lásd bővebben: [MLbudapest.com: Hogyan működnek az LSTM-modellek?](https://www.mlbudapest.com/blog/lstm-modellek), <https://www.mlbudapest.com/blog/lstm-modellek>, 2024.04.20.

Napjainkra, elsősorban az információtechnológia rapid fejlődésének következtében az egyének és csoportok közötti kommunikáció módja megváltozott; erre a változásra ráerősítettek a Covid-19 okán elrendelt lezárások, melyek során a jelenléti munkavégzés helyett a fókusz a távmunkára, home office-ra tevődött át. Egyre nagyobb szerepet kaptak az online chatalkalmazások és a közösségimédia-platfomok, utóbbiak mostanra a hírek elsődleges forrásaivá váltak. Ugyanakkor az információ szinte korlátlan hozzáférhetősége és felgyorsult terjedése okán az álhírek ütemének terjedése, volumene is megnőtt. A közelmúlt politikai, gazdasági és geopolitikai eseményei arra is rávilágítottak, hogy a világban zajló globális krízisek a félretájékoztatás táptalajául szolgálnak, és az információ szándékolt manipulálása bizonyos kezekben akár fegyver is lehet.

Kutatásom során lehatároltam az egyes híreket; a klasszifikáció alapja a hír létrehozójának, terjesztőjének szándéka volt – eszerint négy kategória hozható létre: téves információ, dezinformáció, fake news és egyéb, az előző kategóriákba nem sorolható hírek.

Az álhírek terjedése, valamint az álhírekre való fogékonyság számtalan külső és belső jellemző függvénye. Egyfelől, a hozzánk érkező tartalom az ún. szűrőbuborék-algoritmus révén eleve lehatárolt (a felhasználók a korábbi érdeklődéseik, interakcióik alapján számukra releváns tartalmat látják). Másfelől, a különböző demográfiai jellemzők, elsősorban az életkor függvényében az adott üzenetre az érintettek más-más reakciókat adnak. Ezen reakció előrejelzésére és a hírek automatikus kezelésére javasolok tanulmányomban egy konceptuális modellt, amely hárommértékű vizsgálat alapján a beérkezett üzenetre egy betanított neurális háló segítségével vektorkimenetet szolgáltat.

A kutatás következő fázisa a felvázolt modell betanítása lesz. Ehhez a Twitter-alapú tanító adatkészlet már összeállításra került. A demográfiai értékek egyszerű statisztikai vizsgálata és korrelációk megállapítása újabb rétegekkel bővítheti a modellt, növelve a becsült kimenet pontosságát.

Felhasznált irodalom

- Allcott, Hunt – Gentkow, Matthew: Social Media and Fake News in the 2016 Election, in *Journal of Economic Perspectives*, 2017, 31(12)
- Castells, Manuel: *Az információ kora*, 2005, Gondolat kiadó, Budapest
- European Commission: *Report of the Independent High level Group on fake news and online disinformation. A multidimensional approach to disinformation*, 2018, Publications Office of the EU, Luxembourg
- Fog of Falsehood: Russian Strategy of Deception and the Conflict in Ukraine. *The Finnish Institute of International Affairs*, Elérhető: https://storage.googleapis.com/upi-live/2017/01/fiireport45_fogoffalsehood.pdf, 2024.04.14.
- Földes Kata – Szederkényi Éva: Intergenerációs különbségek a HR területén – Covid-19 előtti és utáni mintavételek tükrében, in *Tudásmenedzsment*, 2021/1. Különszám

- ITbusiness.hu: *A tökéletes deepfake az informatikai és a cégvezetőkre is veszélyt jelent*, <https://itbusiness.hu/technology/aktualis-lapszam/itexec/a-tokeletes-deepfake-az-informatikai-es-a-cegvezetokre-is-veszelyt-jelent/>
- Kelemen Roland – Németh Richárd: Társadalmi hálózatok és reziliencia, in *Védelmi-biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Műhelytanulmányok*, 2022/13. szám
- Kelemen Roland: Radikalizálás, dezinformálás és tömegpszichózis modern köntösben, in *Jog–Állam–Politika*, 13. évfolyam, 2021/3. szám
- Lazer, David M.J. et al.: The Science of Fake News, in *Science*, 2018/359.
- Mlbudapest.com: Hogyan működnek az LSTM-modellek?, <https://www.mlbudapest.com/blog/lstm-modellek>, 2024.04.20.
- Németh Richárd: A COVID-19 járvány okán bevezetett home office munkavégzés hatása a munkakörülményekre és szervezeti kommunikációra nagyvállalati környezetben, in *Jog–Állam–Politika*, 2021/4. szám
- Németh Richárd: Bizalom és hiszékenység online térben, in *Jog–Állam–Politika*, 2024/1. szám
- Oktay, Hüseyin – Firat, Aykut – Ertem, Zeynep: Demographic Breakdown of Twitter Users: An analysis based on names, 2014, ASE Conference
- Palagi, Emilie: *Evaluating exploratory search engines : designing a set of user-centered methods based on a modeling of the exploratory search process*, 2018, Université Cote d'Azur, France
- Papp János Tamás: A hamis hírek alkotmányos helyzete és szerepe a demokratikus nyilvánosság befolyásolásában, in *In Medias Res*, 2020/1. szám
- University of Twente: *Computer guesses age and gender of Tweepsters*, 2013, <https://www.utwente.nl/en/news/2013/5/164645/computer-guesses-age-and-gender-of-tweepsters>, 2024.04.20.
- Walters, Ryan M.: How to Tell a Fake: Fighting Back Against Fake News on the Front Lines of Social Media, in *Texas Review of Law & Politics*, 2018/111.

A különleges jogrenddel összefüggésben gyakorolható jogi és politikai kontrollmechanizmusok

1. Bevezetés

A különleges jogrend olyan helyzetekben alkalmazható, amikor valamilyen válsághelyzet indokoltá teszi a normál jogrendi működéstől való eltérést annak érdekében, hogy a válsághelyzet minél hamarabb véget érjen. A különleges jogrendi időszak szükségszerű eleme, hogy a válságkezelésre hatáskörrel rendelkező állami szerv kivételes jogosítványokkal rendelkezzen a válsághelyzet elhárítása céljából. Azonban az Alaptörvényben meghatározott kivétellel, a különleges jogrendi jogalkotás és jogalkalmazás kritériuma annak kihirdetése, melynek feltételeit szintén az Alaptörvény állapítja meg. Hazánkban a 2019-ben kirobbant koronavírus-járványra a veszélyhelyzet kihirdetésével reagált a Kormány. Hangsúlyozandó, hogy előtte az egész ország területére kiterjedő hatállyal még nem alkalmaztak különleges jogrendi szabályokat, így a kontrollmechanizmusokra vonatkozó gyakorlat sem alakult ki.

Alapvető tétel, hogy az alkotmányosság követelményei különleges jogrendben sem sérülhetnek. A fentiek alapján rövid elemzésem célja, hogy bemutassa, milyen jogi és politikai kontrollmechanizmusok alkalmazhatók a különleges jogrend kihirdetése, illetve a különleges jogrendi időszakban alkalmazott rendkívüli normák megalkotása, alkalmazása során.

2. Különleges jogrend Magyarországon

Érdemes kiemelni, hogy az Alaptörvény kilencedik módosítása nyomán lényegesen módosult az különleges jogrendi szabályozás hazánkban, ami vizsgálódásaink szempontjából azonban nem releváns. A tizedik módosítás pedig a veszélyhelyzet kihirdetési felételeit változtatta meg.²

A különleges jogrend valamennyi minősített időszakában a Kormány többletjogosultságai képezik az eltérő hatalomgyakorlás magját. Más állami szervek, különösen az Alkotmánybíróság ugyanakkor változatlanul kontroll-funkciót gyakorolnak, de a fékek és ellensúlyok rendszere a különleges jogrend időszakában – szabályozási és végrehajtási szempontból egyaránt – elsődlegesen az operativitás irányába tolódik el.³

¹ SZE Állam- és Jogtudományi Doktori Iskola, PhD-hallgató. Témavezető: Dr. Erdős Csaba PhD egyetemi docens, SZE Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Alkotmányjogi és Politikatudományi Tanszék

² Részletesen lásd: Alaptörvény 48-51. cikk

³ Till Szabolcs: Különleges jogrend, in Jakab András – Fekete Balázs (szerk.): *Internetes Jogtudományi Enciklopédia*, 2019, (Alkotmányjog rovat, rovat szerkesztő: Bodnár Eszter, Jakab András) <http://ijoten.hu/szocikk/kulonleges-jogrend>, [35] bekezdés.

A Kormány 40/2020. (III. 11.) Korm. rendeletében hirdette ki a veszélyhelyzetet. Az Alaptörvény szövege azonban nem rendelkezik arról, hogy a veszélyhelyzetet milyen jogi formában kell kihirdetnie. Szente Zoltán szerint elvileg elképzelhető lenne, hogy a Kormány formai kötöttség nélkül (például egyszerű „hirdetményben”) hirdethesse ki a veszélyhelyzetet. Nem kizárt azonban, hogy az alkotmányozó magától értetődőnek tekintette a rendeleti formát, mivel az Alaptörvény egyébként a Kormány vonatkozásában egyedül a rendeleti döntési formát nevesíti. A rendeleti formára vonatkozó alkotmányos követelmény szerinte abból is levezethető, hogy az Alkotmánybíróság által elvileg ellátandó normakontroll csak ebben az esetben gyakorolható, márpedig a különleges jogrendre vonatkozó közös szabályok az Alkotmánybíróság folyamatos működésére alkotmányos garanciaként utalnak. De a rendeleti formát az *argumentatio ad minorem a maius*, vagyis a kevesebből a többre való következtetés joglogikai megfontolása is megköveteli, hiszen ha az egyedi intézkedésekre is kormányrendeleti formát ír elő az alkotmány, akkor az összes veszélyhelyzeti rendelet jogalapjára vonatkozó döntés sem lehet formailag ennél kötetlenebb.⁴

3. Politikai kontroll: az Országgyűlés szerepe

A hatalommegosztás alkotmányos elvéből levezethető követelmény a végrehajtó hatalom feletti parlamenti ellenőrzés. E követelménynek pedig különleges jogrend idején is érvényesülnie kell. Ahogy az Alkotmánybíróság rögzítette, a különleges jogrendben a Kormány feletti kontrollt az Országgyűlés gyakorolja. Erre vonatkozó garanciális szabályokat maga az Alaptörvény is rögzít, miszerint a Kormány különleges jogrend idején köteles minden olyan intézkedést megtenni, amely az Országgyűlés folyamatos működését szavatolja.⁵ Az ellenőrzés fontos garanciája a működés, amely a járványhelyzetre tekintettel megerősítésre került oly módon, hogy a kormány hétről hétre napirend előtt beszámolt az Országgyűlésnek a koronavírus-járvány megfékezésére hozott intézkedéseiről, a képviselők pedig minden héten meghosszabbított időkeretben tehettek fel azonnali kérdéseket a kormány tagjainak.⁶

Nyilván az Országgyűlés működésének biztosítása más eszközöket követel meg egy pandémiás időszakban, mint a szomszédos országban – netán hazánkra is kiterjedően – zajló háborúban. Ehhez kapcsolódó fontos szabály, hogy az Országgyűlés üléseit – amennyiben az Országgyűlés másként nem határoz – az Országház épületében tartja, azonban különleges jogrendben a házelnök az Országgyűlés ülést eltérő helyszínre is összehívhatja.⁷

Ebben az esetben kiemelt hangsúlyt kap a helyszín megválasztása. Nagy valószínűséggel a házelnök alapvetően biztonsági szempontokat mérlegelne a helyszín megválasztásához, de érdemes utalni a választási földrajzra is. Vajon a

⁴ Szente Zoltán: A 2020. március 11-én kihirdetett veszélyhelyzet alkotmányossági problémái, in *Állam- és jogtudomány*, 2020/3. szám, 126. o.

⁵ Alaptörvény 52. cikk (3) bekezdés

⁶ <https://www.parlament.hu/>

⁷ 2012. évi XXXVI. törvény az Országgyűlésről 37. §

megválasztott helyszín mennyiben befolyásolná az Országgyűlés működését? Egyrészt beszélhetünk a parlament határozatképességéről. Az Országgyűlés ugyanis akkor hozhat – jelen esetben a számunkra releváns ellenőrzési jogkörében – érvényes döntést, ha a képviselők több mint a fele jelen van az ülésen, ami a hatályos szabályok alapján legalább száz képviselőt jelent. Másrészt felmerül a plenáris ülés politikai összetételének kérdése is. Tegyük fel, hogy olyan helyszínt választ a házelnök, ahová az ellenzéki képviselők eljutása nehezebben kivitelezhető, mint a kormánypárti képviselőké. E gondolat nem a földtől elrugaskodott. Példával szemléltetve, amennyiben megvizsgáljuk a 2022-es választási eredményeket, látható, hogy a 18 fővárosi kerületből 17-et ellenzéki képviselők nyertek meg,⁸ ami a jelenlegi 199-fős Országgyűlés esetén nem elhanyagolható szám az ellenőrzés szempontjából.

Visszatérve a veszélyhelyzeti időszakra, az ellenőrzés fontos garanciája volt még az is, hogy a Kormány a koronavírus-világjárvány következményeinek elhárítása érdekében az intézkedések hatályának fenntartásáig megtett intézkedésekről rendszeresen, az Országgyűlés ülésén – annak hiányában az Országgyűlés elnöke és az országgyűlési képviselőcsoportok vezetői részére – beszámolt.⁹

A kontroll fontos eszköze még, hogy az Országgyűlés a Kormány által különleges jogrend idején a különleges jogrendre vonatkozó szabályok szerint alkotott rendeletet hatályon kívül helyezheti. A hatályon kívül helyezett rendeletet a Kormány azonos tartalommal nem alkothatja meg újra, kivéve, ha azt a körülmények jelentős változása indokolja. A Kormány az így megalkotott rendeletről és megalkotásának indokairól haladéktalanul tájékoztatja a köztársasági elnököt, az Országgyűlés elnökét és az Országgyűlés tárgykör szerint feladat- és hatáskörrel rendelkező állandó bizottságát.¹⁰

Szente a kilencedik alaptörvény-módosítás előtti szabályozással összefüggésben állapította meg, hogy veszélyhelyzetet kihirdető rendeletre nem terjedt a parlamenti kontroll. Így a veszélyhelyzetet önkényesen vagy tévesen kihirdető kormányrendelettel szemben az Országgyűlés eszköztelen, és legfeljebb csak közvetve, a konstruktív bizalmatlansági indítvány útján fejezheti ki egyet nem értését.¹¹

4. Alkotmányossági kontroll: az Alkotmánybíróság szerepe

E részben nem térünk ki részletesen az Alkotmánybíróság különleges jogrendben kidolgozott gyakorlatára, kizárólag néhány fontosabb észrevételt teszünk.¹² Hasonlóan az Országgyűléshez, az Alaptörvény alkotmányos követelményeket rögzíti, hogy különleges jogrend idején az Alkotmánybíróság

⁸ <https://vtr.valasztas.hu/ogy2022>

⁹ 2021. évi I. törvény a koronavírus-világjárvány elleni védekezésről 3. §

¹⁰ Alaptörvény 53. cikk (3) bekezdés

¹¹ Szente: i. m. 129-130. o.

¹² részletesen lásd: Till Szabolcs: Alkotmánybíráskodás és a különleges jogrend, in *Katonai jogi és hadi jogi szemle*, 2022/3. szám

működése nem korlátozható.¹³ E követelmény az Országgyűlés esetében nem jelenik meg, ami véleményem szerint félrevezető, hiszen a hivatkozott bekezdés második mondata szerint a Kormány köteles minden olyan intézkedést megtenni különleges jogrendben, amely az Alkotmánybíróság folyamatos működését szavatolja.¹⁴ E két rendelkezés összehasonlításából arra következtethetünk, hogy az Alkotmánybírósággal ellentétben az Országgyűlés működésének korlátozása elviekben elképzelhető.

Az Alkotmánybíróság kontrollfunkcióját két kontextusban vizsgálhatjuk. Egyik az utólagos normakontroll-hatásköréhez kapcsolódik, ezen belül a különleges jogrendet kihirdető, illetve a különleges jogrendben, a különleges jogrendre vonatkozó szabályok alapján alkotott kormányrendeletek alkotmányossági vizsgálatára gondolunk. A testület egy veszélyhelyzetben kihirdetett kormányrendelet alkotmányosságával foglalkozó határozatában rögzítette, hogy a jogalkotó feladata annak eldöntése, hogy a különleges jogrend elrendelésének feltételei fennállnak-e, és ezzel párhuzamosan indokolt-e az ilyen jogrend szerinti rezsím alapján az alapjogok korlátozása, valamint milyen mértékű alapjogkorlátozás indokolt.¹⁵

Szente szerint az egyetlen intézményi garanciát az egyetlen, ha a veszélyhelyzetet kihirdető, valamint a veszélyhelyzet idején meghozott valamennyi kormányrendelet felett az Alkotmánybíróság utólagos normakontrollt gyakorolna, ám mivel a Kormánynak kizárólagos mérlegelési jogköre van a veszélyhelyzet kihirdetésére, az alkotmányossági vizsgálat hatékonysága egy esetleges önkényes döntéssel szemben még elvileg is kétségbe vonható.¹⁶ Tehát a veszélyhelyzetet kihirdető kormányrendeletek (Covid 1-3 veszélyhelyzet, „háborús” 1-2 veszélyhelyzet, illetve ezek hosszabbításai) alkotmányossági vizsgálata – az Alkotmánybírósághoz benyújtott indítvány hiányában – nem merült fel, és a jogalkotói hatalommal való visszaélés izgalmas alkotmányjogi problémája sem került elő veszélyhelyzeti kormányrendeletek kapcsán.¹⁷ Till Szabolcs jegyzi meg, hogy az utólagos normakontroll érvényesülésének különleges jogrend idején gátat szabhat, hogy az indítványozásra jogosult személyek működésével összefüggésben nincs olyan alkotmányos korlátozás, amely ne tenné lehetővé működésük esetleges felfüggesztését, korlátozását. Ilyen például az alapvető jogok országgyűlési biztosának különleges jogrendi működése, amelynek szabályait jelenleg nem határozza meg törvény, ebből következően működése elviekben akár fel is függeszthető.¹⁸

Másik kontextus az alapjogok korlátozása felől közelíthető meg. Különleges jogrendben az alapvető jogok gyakorlása – a II. és a III. cikkben, valamint a XXVIII. cikk (2)-(6) bekezdésében megállapított alapvető jogok kivételével –

¹³ Alaptörvény 52. cikk (4) bekezdés

¹⁴ Alaptörvény 52. cikk (4) bekezdés

¹⁵ 23/2021. (VII. 13.) AB határozat, [24] bekezdés

¹⁶ Szente: i. m. 129-130. o.

¹⁷ Chronowski Nóra: Különleges? Jogrend? – The state of art. lásd: <https://jog.tk.hu/blog/2024/03/kulonleges-jogrend-the-state-of-art>

¹⁸ Kádár Pál: Sarkalatos átalakulások – A kétharmados/sarkalatos törvények változásai a honvédelem területén 2010-2014, in *MTA Law Working Papers*, 2024/36. szám, 6. o.

felfüggeszthető vagy az I. cikk (3) bekezdése szerinti mértéken túl¹⁹ korlátozható.²⁰ Az Alkotmánybíróság a veszélyhelyzetben elrendelt gyülekezési tilalom alkotmányosságával foglalkozó határozatában kiemelte, hogy elsődlegesen célszerűségi kérdés annak megítélése, hogy milyen intézkedések szükségesek a koronavírus-járvány leküzdéséhez. Ezeknek felülvizsgálatára az Alkotmánybíróságnak sem hatásköre, sem eszköztára nincs. Az egészségügyi, társadalmi és gazdasági kockázatok mérlegelésével a Kormány hatásköre és felelőssége a szükséges rendkívüli intézkedések bevezetése, amelyre veszélyhelyzet idején az Alaptörvény ad felhatalmazást. A Kormány rendkívüli intézkedési hatásköre azonban nem korlátlan. Abból, hogy az Alaptörvény rögzíti, hogy az Alkotmánybíróság működése különleges jogrend idején sem korlátozható, egyenesen következik, hogy az Alaptörvény célja annak biztosítása, hogy a különleges jogrendi intézkedések is alkotmányos kontroll alá essenek. Az alkotmányossági vizsgálat során a testület a korlátozások célszerűségét nem vizsgálhatja, azt azonban igen, hogy az alapjogot korlátozó szabály igazolható-e a veszélyhelyzettel szembeni védekezés jegyében. Az Alkotmánybíróságnak a vizsgálat keretében meg kell győződnie arról, hogy a támadott szabályozás alkalmas-e a különleges jogrend bevezetésére okot adó körülmények elhárítására, enyhítésére. Amennyiben az intézkedés alkalmassága nem igazolt, az alapjog felfüggesztése, illetve korlátozása nem felel meg a különleges jogrendi alapjogkorlátozás alkotmányban rögzített követelményének.²¹

E vizsgálat véleményem szerint szükségszerűvé teszi, hogy a testület értékelje különleges jogrend alkalmazására okot adó körülmény elhárítására céljából hozott intézkedés célszerűségét, mégpedig nem önmagában, hanem az alapjogkorlátozási teszten keresztül, hiszen mind a korlátozás szükségessége, mind arányossága csak így értékelhető. Erre utal a testület azon megállapítása is, miszerint általánosságban kijelenthető, hogy a járvány leküzdése, ezen belül az egészségügyi, társadalmi és gazdasági hatásainak a csökkentése, a károk enyhítése olyan célok, amelyek alkotmányosan igazolják az alapjogok korlátozását. Az alapjogkorlátozásnak tehát alkotmányosan igazolható, legitim célja van.²² Az „általánosságban kijelenthető” fordulat ebben az esetben további kérdéseket vet fel, hiszen nem derül ki, hogy az Alkotmánybíróság a jogalkotói szándékra utal, vagy saját meggyőződése tükröződik vissza a döntésben, amivel aztán legitimálja az alapjogkorlátozást.

A közérdekű adatigénylés határidejének meghosszabbíthatóságáról döntő határozatában pedig rögzítette, hogy hogy nem sérti a válaszadási határidő felemelése a közérdekű adatok megismeréséhez való jogot, ha az valóban szükséges a járvány leküzdéséhez.²³ Véleményem szerint az Alkotmánybíróság e határozatában egyértelműen tudomásul veszi jogalkotói szándékot, elfogadva az alapjogkorlátozás legitim célját.

¹⁹ A szükségesség-arányosság teszthez lásd részletesen: Pozsár Szentmiklósy Zoltán: *Alapjogok mérlegen. Az általános alapjogi tesztek dogmatikája*, HVG-ORAC Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 2016.

²⁰ Alaptörvény 52. cikk (2) bekezdés

²¹ 23/2021. (VII. 13.) AB határozat, [28] bekezdés

²² 23/2021. (VII. 13.) AB határozat, [26] bekezdés

²³ 15/2021. (V. 13.) AB határozat, [43] bekezdés

5. Összegzés

A magyar különleges jogrendi szabályozás a hosszú időre nyúlik vissza, azonban (és szerencsére) kevés gyakorlati tapasztalattal rendelkeznek a hazai alkotmányos szervek. Ez a kevés tapasztalat is kizárólag a veszélyhelyzetre vonatkozó szabályokból következik, mégis jó kiindulópontként szolgál a tudományos diskurzus számára. A különleges jogrend szükségszerű eleme a végrehajtó hatalom kezében összpontosuló jogkörök, ami megfelelő politikai és alkotmányos kontroll mellett gyakorolható. Véleményem szerint a fentiekből egyelőre azt a következtetést vonhatjuk le, hogy ez a kontroll nem érvényesül maradéktalanul. Meglátásom szerint azonban a jelenlegi gyakorlat alapján még nem egyértelmű, hogy ez a különleges jogrendi jogalkotás és jogalkalmazás szükségszerű eleme vagy a hazai alkotmányos rendszerben fellelhető anomáliákra vezethető-e vissza.

Felhasznált irodalom:

- Chronowski Nóra: Különleges? Jogrend? – The state of art. lásd: <https://jog.tk.hu/blog/2024/03/kulonleges-jogrend-the-state-of-art>
- Kádár Pál: Sarkalatos átalakulások – A kétharmados/sarkalatos törvények változásai a honvédelem területén 2010-2014, in *MTA Law Working Papers*, 2024/36. szám
- Pozsár Szentmiklósy Zoltán: *Alapjogok mérlegen. Az általános alapjogi tesztek dogmatikája*, HVG-ORAC Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 2016.
- Sente Zoltán: A 2020. március 11-én kihirdetett veszélyhelyzet alkotmányossági problémái, in *Állam- és jogtudomány*, 2020/3. szám
- Till Szabolcs: Különleges jogrend, in Jakab András – Fekete Balázs (szerk.): *Internetes Jogtudományi Enciklopédia*, 2019, (Alkotmányjog rovat, rovatszerkesztő: Bodnár Eszter, Jakab András) <http://ijoten.hu/szocikk/kulonleges-jogrend>
- Till Szabolcs: Alkotmánybíráskodás és a különleges jogrend, in *Katonai jogi és hadi jogi szemle*, 2022/3. szám

Jogforrások:

- Magyarország Alaptörvénye
- 2012. évi XXXVI. törvény az Országgyűlésről
- 2021. évi I. törvény a koronavírus-világjárvány elleni védekezésről
- 2022. évi XLII. törvény szomszédos országban fennálló fegyveres konfliktus, illetve humanitárius katasztrófa magyarországi következményeinek elhárításáról és kezeléséről
- 40/2020. (III. 11.) Korm. rendelet
- 15/2021. (V. 13.) AB határozat
- 23/2021. (VII. 13.) AB határozat

A vállalati beágyazottság fenntartható modellje a kis- és közepes méretű családi cégek jó gyakorlatai alapján

1. Bevezetés

A fenntarthatóság az elmúlt évtizedekben valamennyi tudományterület kutatásainak tárgyává vált, többnyire ökológiai fókuszban, azonban a koncepció további két, újonnan meghatározott gazdasági és társadalmi pillérei is egyre nagyobb figyelmet kapnak. Egy szervezetnek, vállalatnak vagy intézménynek a helyi gazdaságra, illetve egy település fejlődésére való hatása ugyancsak régóta a tudományos diskurzus része a társadalomtudományok területén (közgazdaságtan, szociológia, regionális tudomány).² A helyi gazdasági hatásvizsgálatok során számos megközelítéssel találkozhatunk a szakirodalomban. A legerterjedtebb felfogás szerint a gazdasági hatás megadható egy adott területi szinten a meglévő gazdasági tevékenység és az intézmény hiánya esetén fennálló szint közötti különbséggel³, azaz, a hatás azt mutatja meg, hogy mi történne, amennyiben a hatást kiváltó tényező nem létezne. Aligha található azonban olyan eset, amikor ezeket a hatásokat nem kísérik gazdasági hatáson túlmutató, kulturális, társadalmi, demográfiai, politikai, oktatási, infrastrukturális, turisztikai, környezeti és egyéb hatások.

A vállalatok hatásával foglalkozó szakirodalom egyik fő témája a vállalatok társadalmi felelősségvállalása (CSR), valamint a vállalati fenntarthatóság (CS), míg a kölcsönhatásvizsgálatok a vállalati beágyazottság témakörével is szoros összefüggést mutatnak. Ennek ellenére a két tématerület, azaz a vállalatok helyi szerepvállalása és a beágyazottság együttes elemzésére a szakirodalomban elenyésző példát találunk, ami adódhat a terminusok eltérő értelmezéséből és alkalmazásából egyaránt. A fenntarthatósági beágyazottság fogalom az utóbbi években került bevezetésre a szakirodalomba, azonban a beágyazottság terminust kizárólag az integrálás szinonimájaként értelmezik, és a fenntarthatóság szempontjainak vállalati stratégiába történő adaptálását írják le.⁴ A koncepció így nem az eredeti Polányi⁵ és Granovetteri⁶ alapokhoz visszanyúló terminust alkalmazza, amely a gazdasági

¹ Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola. Témavezető: Ablonczyné Prof. Dr. Mihályka Livia, egyetemi tanár, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Nemzetközi Tanulmányok és Kommunikáció Tanszék

² REISINGER ADRIENN: A tér szerepe a vállalatok működésében, in *Tér Gazdaság Ember*, 2021/9. szám, 37–49. o.

³ BECK, ROGER – ELLIOTT, DONALD – MEISEL, JOHN – WAGNER, MICHAEL: Economic Impact Studies of Regional Public Colleges and Universities, in *Growth and Change*, 1995/2, 245–260. o.

⁴ LE ROUX, CATHERINE – PRETORIUS, MARIUS: Navigating Sustainability Embeddedness in Management Decision-Making, in *Sustainability*, 2016/8, 1–23. o.

⁵ POLÁNYI KÁROLY: *The Great Transformation – The Political and Economic Origins of our Time*, 1944, New York.

⁶ GRANOVETTER, MARK: Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness, in *American Journal of Sociology*, 1985/3, 481–510. o.

események kontextualitására utal.⁷ A vállalati beágyazódás értelmezése szerint a folyamat során „a szervezet [...] kapcsolódik az őt körülvevő természeti, gazdasági, társadalmi, kulturális, politikai, építészeti és/vagy egzisztenciális térbe, környezetbe; ennek során a környezet és a vállalatok egymásra gyakorolt kölcsönhatása valósul meg. Beágyazottnak tekinthetünk egy vállalatot, ha hosszú távú orientációjában a régióban maradás szerepel.”⁸

A tanulmány fő célja egy saját definíció megalkotásával való hozzájárulás a fenntarthatósági beágyazódást tárgyaló szakirodalomhoz, amely a regionális tudományban és gazdaságföldrajzban gyökerező vállalati beágyazottság és beágyazódás terminust adaptálja. A tanulmány egy empirikus kutatás alapján mutatja be az interjúk megkérdezésben részt vevő, kis és közepes méretű családi vállalkozások fenntarthatósági gyakorlatait, amelyek hozzájárulnak a vállalatok beágyazódásához. A nem reprezentatív kutatás egy nagyobb kutatás bevezető vizsgálataként funkcionál.

2. A fenntartható beágyazódás konceptualizálása

A vállalati gyakorlatok fenntartható minőségben való kiterjesztése, a vállalati felelősségvállalás és ezek fókusza már régóta igény és elvárás a vállalatokkal szemben. A vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR) „olyan tevékenység, melynek keretében a vállalkozás úgy tartja az üzleti érdekeit és a profitot szem előtt, hogy közben etikusán viselkedik, odafigyel a munkavállalóira, és lehetőségeihez mérten támogatja a helyi és akár a nemzeti szintű ügyeket, közösségeket”.⁹ A fogalommal ma már szorosan összefüzdődik a vállalati fenntarthatóság (CS) is, ami „a fenntartható fejlődés három alapvető dimenziójára épül, nevezetesen a környezetvédelemre, a gazdasági fejlődésre és a társadalmi méltányosságra. Egy olyan koncepcióval foglalkozik, amely elmondja, hogy az üzleti egységeknek, szokásos profitmaximalizálási céljuk mellett, a társadalmi és környezeti fejlesztésekre kell összpontosítaniuk, hogy hosszú távon javítsák üzleti tevékenységük fenntarthatóságát”.¹⁰

A vállalatoknak a helyi tér dimenzióival való kapcsolódása, azaz beágyazottságuk nagymértékben befolyásolja magatartásukat, felelősségvállalásukat és fenntarthatósági eredményeiket.¹¹ A vállalatok lokális beágyazottsága és a fenntarthatóság közötti szoros kapcsolatot a két jelenség közötti számos párhuzam is

⁷ MARTIN, RON: Economic Theory and Human Geography, in Gregory, D. – Martin, R. – Smith, G. (eds.): *Human Geography*, 1994, London, 21–53. o.

⁸ KONCZOSNÉ SZOMBATHELYI MÁRTA – REISINGER ADRIENN – ABLONCZYNÉ MIHÁLYKA LÍVIA – RÁMHÁP SZABOLCS – BITE PÁL – POLSTER CSILLA: Családi vállalatok: regionális beágyazódás és nemzetköziesedés, in *Prosperitas*, 2018/3, 77–96. o., 79. o.

⁹ REISINGER ADRIENN: A CSR és versenyképesség kapcsolatának elemzési kihívásai a szakirodalom alapján, in *Hitelintézet Szemle*, 2023/1, 105–126. o., 107. o.

¹⁰ DAS, MAITREYEE – RANGARAJAN, KRISH – DUTTA, GAUTAM: Corporate sustainability in SMEs: an Asian perspective, in *Journal of Asia Business Studies*, 2020/1, 109–138. o., 110. o.

¹¹ PAYÁN-SÁNCHEZ, BELÉN – PLAZA-ÚBEDA, JOSÉ ANTONIO – PÉREZ-VALLS, MIGUEL – CARMONA-MORENO, EVA: Social Embeddedness for Sustainability in the Aviation Sector, in *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 2018/4, 537–553. o.

alátámasztja. A vállalati beágyazottság egyik jellemzője, hogy az úgynevezett nem kereskedelmi tárgyú kölcsönös függőségeket, azaz az együttműködésből és a térbeli koncentrációból származó immateriális előnyöket hangsúlyozza, éppúgy, ahogy a fenntarthatósági szempontok sem kizárólag a vállalatgazdasági érdekeket szolgálják.¹² Mind a beágyazottság, mind a vállalatok fenntarthatósági gyakorlatai fókuszában a partnerek számára közösen létrehozott szinergikus előnyök állnak, amelyek önállóan nem aknázhatók ki.¹³ Mindezeket a hasonlóságokat alátámasztja, hogy a társadalmi beágyazottsági elmélet az uralkodó közgazdaságtan kritikájaként fogant, rámutatva a gazdasági szereplők korlátozott racionalitására, ahogy a fenntarthatóság és a vállalati felelősségvállalás elméletei is a gazdasági szempontokat meghaladó tényezőket állítják középpontba.¹⁴ Mind a beágyazottság, mind pedig a vállalati felelősségvállalás és fenntarthatóság kapcsán megkülönböztethetők a horizontális (különböző területekre, például társadalomra, környezetre, oktatásra kiható) és a vertikális (mélyülő, az elkötelezettség és vállalati polgárság irányába ható) kiterjedtségi szintek. Landrum például a gyenge és erős fenntarthatósági spektrum megkülönböztetésére tesz javaslatot.¹⁵ A vállalati jó polgárok teljes mértékben beágyazódnak a helyi térbe, a régió részének tekintik magukat, részt vesznek a régiót érintő főbb döntésekben, számos olyan tevékenységet támogatnak, amelyek (elsősorban) nem gazdaságiak.¹⁶ Fenntarthatósági szempontból a jó polgárok proaktívan alakítják tevékenységüket a fenntartható politikák magas szintű figyelembevételével, míg gyenge fenntarthatóság esetén a vállalatok nem értik a fenntarthatóság valódi célját, tevékenységük többnyire nem haladja meg a pénzügyi és üzleti megfontolásokat.¹⁷

A fenntarthatóság és a beágyazottság közötti szoros kapcsolat ellenére a szakirodalomban sokáig nem jelent meg a fenntarthatósági beágyazódás terminus. A fenntarthatóság beágyazottsága az első említésben arra a dinamikus folyamatra utal, amelynek során az üzleti fenntarthatóság a vállalati stratégia követelményévé válik.¹⁸ Ezt az elképzelést a szakirodalom két közelmúltbeli tanulmány, Sharafizad és szerzőtársai¹⁹, valamint Ramírez-Pasillas és szerzőtársai²⁰ is továbbfejlesztik,

¹² OINAS, PÄIVI: On the Socio-Spatial Embeddedness of Business Firms, in *Erkunde*, 1997/51., 23–31. o.

¹³ DAY, MARC – FAWCETT, STANLEY E. – FAWCETT, AMYDEE M. – MAGNAN, GREGORY M.: Trust and Relational Rmbeddedness: Exploring a Paradox of Trust Pattern Development in Key Supplier Relationships, in *Industrial Marketing Management*, 2013/2, 152–165. o.

¹⁴ SHARAFIZAD, JALLEH – REDMOND, JANICE – PARKER, CRAIG: The Influence of Local Embeddedness on the Economic, Social, and Environmental Sustainability Practices of Regional Small Firms, in *Entrepreneurship & Regional Development*, 2022/1-2, 57–81. o.

¹⁵ LANDRUM, NANCY E.: Stages of Corporate Sustainability: Integrating the Strong Sustainability Worldview. in *Organization and Environment*, 2017/4, 287–313. o.

¹⁶ KONCZOSNÉ SZOMBATHELYI MÁRTA: A regionális és a vállalati kultúra kölcsönhatásának vizsgálata, in *Tér és Társadalom*, 2014/1. szám, 84–98. o.

¹⁷ RAMÍREZ-PASILLAS, MARCELA – SAARI, ULLA A. – LUNDBERG, HANS: Business Groups Owned by Family and Sustainability Embeddedness: Understanding the Family Sustainability Spectrum. in Rautiainen, M. – Parada, M. J. – Pihkala, T. – Akhter, N. – Discua Cruz, A. – Mukherjee, K. (eds.): *The Palgrave Handbook of Managing Family Business Groups*, 2023, Palgrave Macmillan, Cham.

¹⁸ VALENTE, MIKE: Business Sustainability Embeddedness as a Strategic Imperative, in *Business & Society*, 2012/1, 126–142. o.

¹⁹ SHARAFIZAD et al.: i.m.

²⁰ RAMÍREZ-PASILLAS et al.: i.m.

ugyanakkor a jelentéstartomány nem módosul, a fenntartható beágyazottság továbbra is a fenntarthatóság koncepciójának vállalati stratégiába történő integrációját jelenti.

Ezzel szemben jelen tanulmány a helyi tér szerepét állítja középpontba. Mindezen összefüggésekre alapozva a tanulmány saját értelmezést ad a beágyazódás és a fenntarthatóság kapcsolatáról, amely a Brundtlandi Bizottság Közös jövőnk című²¹ jelentésének gyakran idézett megfogalmazása bővítésével adható meg: A vállalatok fenntartható beágyazódása helyi szinten az a képesség, hogy úgy ágyazódik be a helyi környezetbe, lokális térbe, hogy a helyi sajátosságokat figyelembe véve tudatosan és felelősségteljesen használja a helyi erőforrásokat, anélkül hogy kimerítené azokat vagy meghosszabbítaná a megújulási képességüket, és anélkül, hogy veszélyeztetné a helyi társadalom jövőbeli nemzedékének hozzáférését ezekhez az erőforrásokhoz. A definíció fókuszában a helyi szint áll, amely egységbe való beágyazódás során (hangsúlyozva a folyamat szemléletű definíciót) a vállalat rendelkezik azzal a képességgel, hogy a helyi igényeit figyelembe véve végezze működési tevékenységét, a tágra értelmezett környezeti, kulturális, épített környezeti, szellemi és emberi erőforrásokat felelősségteljesen használva, hozzájárulva a hosszú távú fennmaradáshoz és fejlődéshez.

3. A kutatás célja és módszere

A tanulmány fő célja a kutatás elméleti kereteinek ismertetése, valamint a kutatás módszerének bemutatása, továbbá az eddigi eredmények szintetizálása. A vizsgálatban 12 családi vállalkozással készített félig strukturált interjú során feltárára kerül a vállalatok ezen típusának beágyazódási hajlandósága, beágyazottságuk mértéke, figyelembe véve lehetőségeiket és korlátaikat, mindvégig fókuszban tartva a beágyazódás fenntarthatósági aspektusait. A kis- és középvállalkozások fókuszba helyezése a beágyazottság kérdésében üdvözlendő, ugyanis az informális kapcsolatok, a bizalom és a kölcsönösség a KKV-k versenyképességének kulcsa, mindazonáltal, hogy a területi lépték fontossága a vállalati méret szerint differenciált, azaz a kis- és közepes méretű vállalkozásokat inkább az intraregionális kapcsolati hálózat határozza meg, a nagyvállalatokat ellentétben a helyi formális és informális együttműködések²², valamint a helyi szerepvállalás következtettképpen a KKV-k erős beágyazottságához vezet. A kis- és középvállalkozások számára a beágyazottság egyik elsődleges előnye, hogy hosszú távú, bizalmi kapcsolatok kialakítása révén hozzáférnek a helyi kollektív javakhoz, az innovációs- és tudástőkéhez.²³

Más tényezők teszik érdekessé a családi vállalkozások helyi beágyazódásának kutatását. A kutatási eredmények arra mutatnak rá, hogy a családi vállalkozások

²¹ WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT: *Our Common Future*, 1987, Oxford.

²² MÁLOVICS GYÖRGY: *A vállalati fenntarthatóság érintettközppontú vizsgálata*. Doktori értekezés, 2009, Pécsi Tudományegyetem, Pécs.

²³ SPENCE, LAURA J. – SCHMIDPETER, RENÉ – HABISCH, ANDRÉ: Assessing Social Capital: Small and Medium Sized Enterprises in Germany and the U.K. in *Journal of Business Ethics*, 2003/1, 17–29. o.

eltérő fenntarthatósági gyakorlatot folytatnak.²⁴ Ahmad és munkatársai vizsgálata hangsúlyozza, hogy a CSR a családi vállalkozások fenntartható túlélésének útja, ezért a társadalmilag felelős magatartás stratégiaileg fontos tényező ezeknél az üzleti csoportoknál²⁵, míg Ramirez-Pasillas és szerzőtársainak eredményei azt mutatják, hogy a családi vállalkozások nagyobb valószínűséggel alkalmaznak etikus magatartást és ezáltal CSR-tevékenységet magában foglaló stratégiákat többnyire a család fenntarthatóság iránti elkötelezettsége révén.²⁶ Ugyancsak megfigyelhető, hogy egy családi vállalkozás tulajdonosa nagy valószínűséggel ott alapít vállalkozást, ahol lakik, vagy ahová kötődése van, így nagy eséllyel elköteleződése is magasabb szintű az adott település iránt. Míg egy multinacionális vállalat többnyire a termelési tényezők és a hard telephelyválasztási faktorok alapján működik egy adott területen, addig egy családi vállalkozásnál a hely szellemisége jelenti azt a plusz tényezőt, ami miatt éppen ott folytatja tevékenységét. A családi múlt, annak helyhez kötöttsége meghatározó tényező, ezért a térség támogatása, a munkahelyteremtés, a termékek és szolgáltatások magas színvonalon történő nyújtása a helyi társadalomnak nagyobb jelentőséggel bír, mint a helyhez kevésbé kapcsolódó vállalatok esetében.²⁷

Az interjú kérdéseinek összeállításánál figyelembe vettem a hazai és nemzetközi szakirodalomban fellelhető kutatási módszereket és eredményeket, amelyek az elméleti áttekintésben szintetizálásra kerültek. A demográfiai kérdéseken túl az interjú az elméleti részben vázolt quintuple-helix modell mentén tárta fel a családi vállalkozások lehetőségeit, beágyazottságuk mértékét, azok fenntarthatósági aspektusait az önkormányzat, a vállalatok, a tudományos és oktatási intézmények, a helyi társadalom, valamint az épített és természeti környezet viszonylatában. Az interjú végét egy fenntarthatósági kérdésblokk zárta.

A tanulmány eredményei nem reprezentatívak, azonban egy nagyobb kutatás bevezető vizsgálata a kutatási cél, és a következtetések mind a vizsgált vállalatok körére, mind pedig a későbbi kutatásra tekintettel hasznos adatokkal szolgálnak. Ennek megfelelően a válaszadók kényelmi mintavétellel kerültek kiválasztásra,²⁸ fő szempont volt, hogy telephelyük Győr-Moson-Sopron Vármegyében legyen. Így nyolc győri, egy sokorópátkai, egy győrujbaráti, egy ötvenyeni és egy bősárkányi telephellyel rendelkező vállalat tulajdonosa vagy ügyvezetője került megkérdezésre. A válaszok 2023. októberétől decemberéig kerültek rögzítésre. A válaszadó családi vállalkozások több, mint fele (8 vállalat) 1990 és 2000 között alakult, 5 vállalat 2001 és 2010 között kezdte meg a működését, míg egy vállalat 2011 után alakult. A vállalatok méretét tekintve 5 vállalkozás 10 fő alatti (mikrovállalkozás), további 5 vállalkozás 11 és 49 fő közötti (kivállalkozás), míg 4 vállalat 50 és 249 fő közötti munkavállalói létszámmal rendelkezik (középvállalkozás). A vállalatok nemzetgazdasági ág szerinti besorolás alapján főtevékenységüket tekintve a

²⁴ RAMÍREZ-PASILLAS et al.: i.m..

²⁵ AHMAD, SHABIR – SIDDIQUI, KAMRAN A. – ABOALSAMH, HODA M.: Family SMEs' survival: the role of owner family and corporate social responsibility, in *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 2020/2, 281–297. o.

²⁶ RAMÍREZ-PASILLAS et al.: i.m.

²⁷ REISINGER: i.m. (2021)

²⁸ BABBIE, EARL: *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*, 2020, Balassi Kiadó Kft., Budapest.

feldolgozóiparból (4 vállalat), a villamos energia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás (2 vállalat), a kereskedelem és gépjárműjavítás (2 vállalat), az építőipar, a vendéglátás, az információ és kommunikáció, valamint egyéb ágazatból kerültek ki.

4. Az empirikus kutatás eredményei

Az interjú a családi vállalkozásokkal a helyi beágyazódás és beágyazottság terminusok definiálásával indult. Az, hogy csupán három interjúalany nem tudta, vagy nem akarta definiálni a beágyazódást arra utal, hogy a terminusok jelentéstartalma a kis- és középvállalkozások számára is egyértelmű, és helyesen használják. Az interjúalanyok a következőképpen fogalmazták meg a jelenséget:

- *„Helyi vállalkozásokkal (ipari, gazdasági, kereskedelmi, pénzügyi, kamarai, önkormányzati, stb.) kölcsönösen előnyös kapcsolat kialakítása, fenntartása, fejlesztése, együttműködés jó ügyekért, kölcsönösen előnyös pozíció kialakításáért. Ennek keretében a közös agglomerációs előnyök fel/megismerése, megszilárdítása, menedzselése. Az oktatási, kulturális, művészeti, szociális stb. intézményekkel kapcsolatépítés, kölcsönösen előnyös együttműködés (céglátogatás során a munka, a vállalkozók és vállalkozások világának bemutatása, gyakorlati képzési hely lehetősége, ezáltal munkaerő képzésének, és -fejlesztésének segítése, stb.), tevékenységük támogatása, szponzorálása.”* (kisvállalkozás)
- *„Egy város életében az ott működő vállalatok részvétele rendkívül fontos és kötelezően vállalt szerep. Ezért meg kell tenni mindent mind a vállalat, mind az adott város részéről, hogy erős legyen a kapcsolat a kettő között.”* (kisvállalkozás)
- *„Együtt és a Várossal!”* (középvállalkozás)
- *„A helyi komplex rendszerbe való integrációja.”* (mikrovállalkozás)
- *„Részt venni a helyi gazdasági közéletben, aktív kapcsolat az önkormányzattal.”* (középvállalkozás)
- *„Helyből helyit.”* (mikrovállalkozás)
- *„A megrendelői kör részét zömmel helyi vállalatok adják.”* (mikrovállalkozás)
- *„A helyi vállalkozások sok embernek adnak munkát és jelentős adót fizetnek be, amivel segítik a további fejlődést.”* (középvállalkozás)
- *„A vállalkozás kapcsolatát a környezetével (falu-város-megye), illetve részvételét a régió fejlesztésében. Nemzetközi kapcsolatai vannak egy családi vállalkozásnak, de azt gondolom, jellemzően hosszú távon a jelenlegi telephely marad a vállalkozások központja.”* (kisvállalkozás)

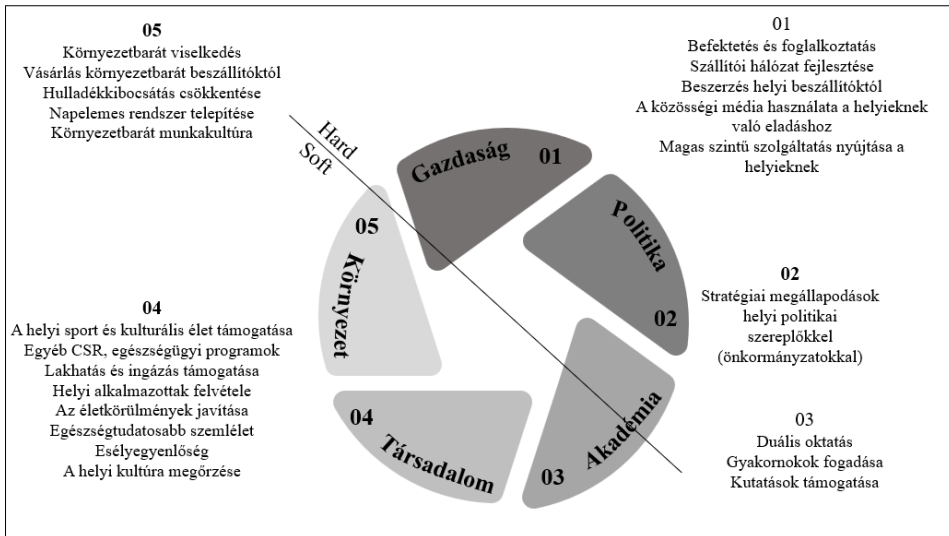
A megfogalmazásokból jól látszik, hogy a családi kis- és középvállalkozások tisztában vannak azzal, hogy a helyi beágyazódás a kapcsolatok komplex rendszerét, azok kölcsönös és bizalmon alapuló jellegét jelenti, amelyek pozitív hozadékat generálnak mind a vállalat, mind az azt befogadó közeg részére. Fenntarthatósági aspektusok is megjelennek a definíciókban, mint például a helyi munkaerő előnyben részesítése, valamint a tágran értelmezett vállalati szerepvállalás. A megkérdezett vállalatok összességében közepes mértékben érzik vállalkozásukat beágyazottnak. 1-

től (legkevésbé beágyazott) 5-ig (nagy mértékben beágyazott) terjedő skálán a vállalkozások beágyazottsága átlagosnak tekinthető. A megkérdezett vállalatok leginkább a gazdaságba (3,2) és az önkormányzattal (2,8), valamint a társadalommal való kapcsolatba (2,8) ágyazódtak be, míg kevésbé a környezetbe (2,5) és az oktatási, akadémiai szférába (2,2).

A fenntarthatósági aspektusok tekintetében a vállalatok többnyire fontosnak ítélték meg a fenntarthatóság vállalati stratégiába történő integrálását, ennek ellenére a megkérdezettek kicsivel több, mint egyharmada rendelkezik csak formális fenntarthatósági tervvel. Előremutató azonban, hogy a megkérdezett interjúalanyok további több, mint egyharmada szerint tervben van egy fenntarthatósági terv kidolgozása. A megkérdezett vállalatok különösen nagy aránya (71%) azonban figyelembe veszi a fenntarthatósági és felelősségvállalási akcióik tervezésekor a helyi (regionális, vármegyei, települési) célokat és igényeket, ami a helyi elkötelezettségüket erősítené.

A vállalatok helyi kontextusra való hatásuk korlátozottságát többnyire a pénzügyi és emberi erőforrások hiányában, a tevékenység jellegében, a tudástőke hiányában, valamint a vállalattól független lehetőségek hiányában látják. Két vállalat a helyi politikai irányok alakulását és a döntések gyors változását is a hosszú távú fejlesztések és kapcsolatok kiépítésének gátjaként látja.

A vállalatok fenntartható beágyazódására vonatkozóan a vállalatok többsége a környezeti aspektusokra fókuszált, környezetvédelmi vagy megújuló energetikai beruházásokra vonatkozó tervekkel a válaszadók több, mint 80%-a rendelkezik. Ezek között kerültek említésre a zöldmezős beruházás a cég fejlesztésére, napelem és hőszivattyú használata, szelektív hulladékgazdálkodás és hulladékkibocsátás csökkentése, fűtőkorszerűsítés, valamint elektromos autó használata.



1. ábra A fenntartható beágyazódás gyakorlatai az interjúk alapján

A beágyazottság egyéb területein is rendelkeznek a kis és közepes méretű családi vállalkozások fenntartható gyakorlatokkal, amelyek egyben mélyítik is a

beágyazottságuk mértékét. A megkérdezett vállalatok többsége fontosnak tartja, hogy ismerje a működési telephely szerinti település gazdaságfejlesztési céljait, ugyanakkor a település aktuális stratégiai irányjaival már csak a válaszadók fele volt tisztában. A helyi oktatási és tudományos intézményekkel való kapcsolódásuk a gyakornokok fogadását, a duális képzési lehetőséget, az egyetemi kutatások segítségét (interjúval és kérdőív kitöltéssel), a munkatársak egyetemi oktatásba való bekapcsolódását, céglátogatások szervezését és előadások tartását jelenti.

A helyi társadalommal való kapcsolódás a munkavállalókkal történő bizalom kiépítése, a civil és non-profit szervezetek támogatása, az életkörülmények javítása, az egészségtudatos szemlélet, a munka és magánélet egyensúlyának fenntartása, az esélyegyenlőség biztosítása, és a kulturális tevékenységek támogatása révén valósul meg.

A megkérdezett vállalatok fenntarthatósági tevékenységei a környezeti aspektusokat meghaladóan is széles körű. A szállítói hálózatok fejlesztése, a munkavállalók képzése, az ügyfélelégedettség nyomon követése, egészségügyi és jótékonsági programok szervezése, helyi munkavállalók, helyi beszállítók és helyi ügyfelek előnyben részesítése, helyi iskolák támogatása, környezetbarát beszállítók preferálása, hagyomány- és kultúraőrző tevékenység végzése, stratégiai megállapodás az önkormányzattal, tudásközpont létrehozásában való együttműködés, lakhatás és ingázás támogatása mind a megkérdezett családi vállalatok által említett és végzett tevékenység (1. ábra).

5. Összegzés

A tanulmány a fenntarthatósági vagy fenntartható beágyazottság hiányos konceptualizálásának felismeréséből indult ki, rávilágítva arra, hogy az önmagukban homályos, különböző nézőpontokból vizsgálva eltérő értelmezéssel társuló beágyazottság és fenntarthatóság terminusok összevonásából megalkotott konstruktum terminológiai értelmezése hiányos és sokszínű. A tanulmány szakirodalmi szintézise rámutatott arra, hogy a fenntarthatósági beágyazottság fogalom megközelítése addig terjed, hogy a vállalatok stratégiájába ágyazódik a fenntarthatóság gondolata, azonban nem a szociológiából származó, majd később a gazdaságföldrajz és a regionális tudomány által adaptált és továbbfejlesztett beágyazottság elméletből indul ki, annak ellenére, hogy a beágyazottság és a fenntarthatóság koncepciói számos vonatkozásban hasonlóságot mutatnak. A tanulmány ezen hasonlóságok mentén egy új megközelítést javasolt bevezetni, nevezetesen a vállalati beágyazódás fenntartható aspektusát, amely immáron a Polányi és Granovetteri gyökerekhez visszanyúló, a magyar szakirodalomban az utóbbi években definiált és elkülönített beágyazottság és beágyazódás irodalmából indul ki.

A tanulmány további eredménye kis és közepes méretű családi vállalkozások megkérdezése alapján folytatott empirikus kutatás révén egy fenntartható gyakorlati javaslatokat összesítő lista a quintuple helix modell adaptálásával. Az eredmények rámutattak, hogy a családi vállalkozások értik a beágyazódás koncepcióját, és helyi

elkötelezettségük révén képesek fenntarthatósági gyakorlatok alkalmazására a helyi érdekek győzelembevételével a korlátozott erőforrások ellenére is.

Felhasznált irodalom

- AHMAD, SHABIR – SIDDIQUI, KAMRAN A. – ABOALSAMH, HODA M.: Family SMEs' survival: the role of owner family and corporate social responsibility, in *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 2020/2, 281–297. o.
- BABBIE, EARL: *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*, 2020, Balassi Kiadó Kft., Budapest.
- BECK, ROGER – ELLIOTT, DONALD – MEISEL, JOHN – WAGNER, MICHAEL: Economic Impact Studies of Regional Public Colleges and Universities, in *Growth and Change*, 1995/2, 245–260. o.
- DAS, MAITREYEE – RANGARAJAN, KRISH – DUTTA, GAUTAM: Corporate sustainability in SMEs: an Asian perspective, in *Journal of Asia Business Studies*, 2020/1, 109–138. o.
- DAY, MARC – FAWCETT, STANLEY E. – FAWCETT, AMYDEE M. – MAGNAN, GREGORY M.: Trust and Relational Embeddedness: Exploring a Paradox of Trust Pattern Development in Key Supplier Relationships, in *Industrial Marketing Management*, 2013/2, 152–165. o.
- GRANOVETTER, MARK: Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness, in *American Journal of Sociology*, 1985/3, 481–510. o.
- KONCZOSNÉ SZOMBATHELYI MÁRTA – REISINGER ADRIENN – ABLONCZYNÉ MIHÁLYKA LÍVIA – RÁMHÁP SZABOLCS – BITE PÁL – POLSTER CSILLA: Családi vállalatok: regionális beágyazódás és nemzetköziesedés, in *Prosperitas*, 2018/3, 77–96. o.
- KONCZOSNÉ SZOMBATHELYI MÁRTA: A regionális és a vállalati kultúra kölcsönhatásának vizsgálata, in *Tér és Társadalom*, 2014/1. szám, 84–98. o.
- LANDRUM, NANCY E.: Stages of Corporate Sustainability: Integrating the Strong Sustainability Worldview. in *Organization and Environment*, 2017/4, 287–313. o.
- LE ROUX, CATHERINE – PRETORIUS, MARIUS: Navigating Sustainability Embeddedness in Management Decision-Making, in *Sustainability*, 2016/8, 1–23. o.
- MÁLOVICS GYÖRGY: *A vállalati fenntarthatóság érintettközpontú vizsgálata*. Doktori értekezés, 2009, Pécsi Tudományegyetem, Pécs.
- MARTIN, RON: Economic Theory and Human Geography, in Gregory, D. – Martin, R. – Smith, G. (eds.): *Human Geography*, 1994, London, 21–53. o.
- OINAS, PÄIVI: On the Socio-Spatial Embeddedness of Business Firms, in *Erdkunde*, 1997/51., 23–31. o.
- PAYÁN-SÁNCHEZ, BELÉN – PLAZA-ÚBEDA, JOSÉ ANTONIO – PÉREZ-VALLS, MIGUEL – CARMONA-MORENO, EVA: Social Embeddedness for Sustainability

in the Aviation Sector, in *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 2018/4, 537–553. o.

- POLÁNYI KÁROLY: *The Great Transformation – The Political and Economic Origins of our Time*, 1944, New York.
- RAMÍREZ-PASILLAS, MARCELA – SAARI, ULLA A. – LUNDBERG, HANS: Business Groups Owned by Family and Sustainability Embeddedness: Understanding the Family Sustainability Spectrum. in Rautiainen, M. – Parada, M. J. – Pihkala, T. – Akhter, N. – Discua Cruz, A. – Mukherjee, K. (eds.): *The Palgrave Handbook of Managing Family Business Groups*, 2023, Palgrave Macmillan, Cham.
- REISINGER ADRIENN: A CSR és versenyképesség kapcsolatának elemzési kihívásai a szakirodalom alapján, in *Hitelintézeti Szemle*, 2023/1, 105–126. o.
- REISINGER ADRIENN: A tér szerepe a vállalatok működésében, in *Tér Gazdaság Ember*, 2021/9. szám, 37–49. o.
- SHARAFIZAD, JALLEH – REDMOND, JANICE – PARKER, CRAIG: The Influence of Local Embeddedness on the Economic, Social, and Environmental Sustainability Practices of Regional Small Firms, in *Entrepreneurship & Regional Development*, 2022/1-2, 57–81. o.
- SPENCE, LAURA J. – SCHMIDPETER, RENÉ – HABISCH, ANDRÉ: Assessing Social Capital: Small and Medium Sized Enterprises in Germany and the U.K. in *Journal of Business Ethics*, 2003/1, 17–29. o.
- VALENTE, MIKE: Business Sustainability Embeddedness as a Strategic Imperative, in *Business & Society*, 2012/1, 126–142. o.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT: *Our Common Future*, 1987, Oxford.

Magyarországi családbarát szervezetek társadalmi felelősségvállalásának és CSR-kommunikációjának vizsgálata

1. Bevezetés

Az elmúlt években felértékelődött a vállalatok szerepe a különféle társadalmi és környezeti problémák kezelésében és megoldásában, és a vállalati társadalmi felelősségvállalás (Corporate Social Responsibility, CSR) egyre nagyobb hangsúlyt kapott mind a vállalati szakemberek, mind a tudomány képviselőinek körében.² A vállalati társadalmi felelősségvállalás koncepciója azon a felismerésen alapul, hogy a vállalatoknak nem csak a profitszerzés a fontos, hanem felelősséggel tartoznak a környezetük és a társadalom iránt is, melynek elválaszthatatlan részét képezik.³ Napjainkban a társadalmi felelősségvállalás megvalósítására számos lehetőség adott a vállalatok számára. A CSR-tevékenységek kiterjedhetnek többek között a vállalati kormányzás kérdéseire, az egyenlő bánásmódra, a felelős foglalkoztatásra, a környezetvédelemre, a tisztességes működésre, a fogyasztói kapcsolatokra vagy éppen a helyi közösségek életében való részvételre.⁴

A társadalmi felelősségvállalás egyik formájának tekinthető a családbarát munkahelyek kialakítása, melyek kiemelt figyelmet fordítanak a munkavállalók és családtagjaik támogatására a munka és magánélet közötti egyensúly kialakítása érdekében.⁵ Mára egyre több ismerettel rendelkezünk a munka-magánélet egyensúlyt elősegítő vállalati gyakorlatokról és az azokat megvalósító családbarát szervezetekről, ám csak kevés kutatás közelíti meg a témát a társadalmi felelősségvállalás szemszögéből. Jelen tanulmány a magyarországi családbarát szervezetek CSR-gyakorlatainak és CSR-kommunikációjának főbb jellemzőit mutatja be. A tanulmány a hazai és nemzetközi szakirodalom feldolgozásán, valamint tartalomelemzésen alapul.

¹ Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola és Nemzetközi Tanulmányok és Kommunikáció Tanszék. Témavezető: Dr. Nárai Márta, egyetemi docens, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Szociális Tanulmányok és Szociológia Tanszék

² TAHNIYATH, FATIMA – SAID, ELBANNA: Corporate Social Responsibility (CSR) Implementation: A Review and a Research Agenda Towards an Integrative Framework, in *Journal of Business Ethics*, 2023/2, 105–121. o.

³ NÁRAI MÁRTA – REISINGER ADRIENN: Vállalati adományozás – a nonprofit szervezetek támogatása, mint a vállalati társadalmi felelősségvállalás része, in *Konferenciakiadvány a vállalati felelősségvállalásról szóló konferencia előadásaiból*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2008, 138–153. o.

⁴ BALOGH ESZTER – BOGNÁR KÁROLY – GYŐRI ZSUZSANNA – MUHI ERIKA – TARDOS KATALIN: *Jót s jól – Vállalati felelősségvállalásról kis- és középvállalkozásoknak*, Országos Foglalkoztatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest, 2019.

⁵ BALOGH ESZTER – BOGNÁR KÁROLY – GYŐRI ZSUZSANNA – MUHI ERIKA – TARDOS KATALIN: i.m.

2. A vállalati társadalmi felelősségvállalás és a CSR-kommunikáció elméleti keretei

A vállalati társadalmi felelősségvállalás koncepciójának megjelenése a 20. század második felére tehető. A fogalom meghatározása azért nehéz, mert térben és időben is eltérő megközelítései léteznek.⁶ A fogalomhoz kötődő meghatározások többnyire hangsúlyozzák, hogy a társadalmi felelősségvállalás az üzleti és jogi szempontokon túlmutató vállalati magatartást jelent⁷, mely során a vállalatok önkéntes alapon társadalmi és környezeti szempontokat érvényesítenek.⁸ A vállalati társadalmi felelősségvállalás egy olyan üzletvezetési filozófia, melynek alappilléret az a felfogás jelenti, hogy a vállalatok számára nem kizárólag a profit számít. A koncepció kialakulása azon a felismerésen alapszik, hogy a vállalatok nem a társadalomtól és a környezettől elszigetelten működnek, hanem azok részét képezik.⁹

Az Európai Bizottság Zöld Könyve megkülönbözteti a társadalmi felelősségvállalás szervezeten belüli, illetve azon kívüli dimenzióját. Ez alapján a vállalaton belüli CSR-gyakorlatok közé sorolhatók azok a tevékenységek, melyek a munkavállalókat érintik, és olyan kérdésekhez kapcsolódnak, mint például a humán erőforrásba való befektetés, a munkahelyi egészségvédelem és biztonság, a változásmenedzsment, a környezeti hatások kezelése és a természetes erőforrások előtérbe helyezése a munkahelyen. A vállalaton kívüli társadalmi felelősségvállalás kiterjed a helyi közösségek életében való részvételre, valamint az érintettekkel (üzleti partnerekkel, beszállítókkal, fogyasztókkal) való együttműködésre. A vállalaton kívüli CSR magában foglalja továbbá az emberi jogok és a globális környezetvédelem kérdését.¹⁰

Az utóbbi években egyre kiszélesedett a CSR koncepciója, s a vállalatok felelősségvállalásának ma már számtalan megvalósulási formája létezik, mint például a munka-család egyensúly kialakításának támogatása.¹¹ Másfelől a társadalmi felelőséget ma már nem kizárólag a piaci szektor szervezeteire vonatkozóan értelmezzük, hanem a gazdaság más szereplőire is. Így nemcsak a

⁶ REISINGER ADRIENN: Az EU-s CSR szabályozás főbb mérföldkövei és kis- és középvállalati (kkv) kapcsolódásai, in *Új Nemzeti Kiválóság Program 2022/2023 Tanulmánykötet*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2023, 335–344. o.

⁷ SZÁNTÓ RICHÁRD: A társadalmi felelősségvállalás online kommunikációja. *Marketing & Menedzsment*, 2019/2, 52–58. o.

⁸ COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: *Green Paper: Promoting a European framework for Corporate Social Responsibility*, Brussels, 2001, 6. o.

⁹ NÁRAI MÁRTA – REISINGER ADRIENN: i.m. (2008)

¹⁰ COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: i. m.

¹¹ GÉRING ZSUZSANNA: Hiányzó egyensúly a vállalati felelősségvállalás kommunikációjában – a munka és magánélet egyensúlyának meg (nem) jelenése a vállalati honlapokon, in *Vezetéstudomány*, 2016/1., 2–17.

vállalatok, hanem a közintézmények¹², a felsőoktatási intézmények¹³ vagy akár a civil/nonprofit szervezetek¹⁴ társadalmi felelősségvállalásáról is beszélhetünk.

A vállalati társadalmi felelősségvállalás a fentiek alapján önkéntesen választott gyakorlatot jelent, ám annak hátterében a szervezetek önérdéke is megjelenhet.¹⁵ Éppen ezért helytelenül járunk el akkor, ha a CSR-koncepciót kizárólag annak „jótékonyági” szerepével azonosítjuk. A különféle CSR-tevékenységek megvalósítását motiválhatják olyan tényezők, mint például a szervezeti hírnév és a vállalat vonzerejének növelése, a munkavállalói elégedettség, motiváltság és lojalitás erősítése, vagy éppen a működési költségek csökkentése, s általuk a vállalati versenyképesség javítása.¹⁶

A vállalati imázs és reputáció növeléséhez kapcsolódóan került előtérbe a CSR-kommunikáció, mely a társadalmi felelősségvállalás elválaszthatatlan részét képezi.¹⁷ A CSR-kommunikáció lényege, hogy valamennyi érintett tisztában legyen a vállalat CSR-tevékenységével. A belső CSR-kommunikáció a vállalat belső érintettjeit – munkatársait – célozza, míg a külső kommunikáció kifelé, a társadalom és a vállalati partnerek felé irányul.¹⁸ Ma már számos kommunikációs eszköz áll a vállalatok rendelkezésére CSR-ral kapcsolatos tevékenységük kommunikálására, megkülönböztetve az egyirányú, illetve kétirányú eszközöket. Az előbbi kategóriába tartoznak többek között a vállalati hírlevelek, a CSR-menüpontot magában foglaló honlapok, a fenntarthatósági és CSR-jelentések, a sajtóközlemények és nyilvános beszédek, valamint a nyílt napok és egyéb szervezeti rendezvények. A kétirányú kommunikációs eszközök közé soroljuk az érintettekkel való megbeszéléseket, a kérdőíves, illetve fókuszcsoportos kutatásokat, a telefonos és online visszajelzési lehetőségeket, az érintettekkel folytatott párbeszégeket, fórumokat, s akár bevonásukat a szervezet döntéshozatali folyamatába, a jelentések véleményezésébe, elkészítésébe.¹⁹

A vállalati kommunikáció hatékony eszköze lehet a vállalati hírnév növelésének. Ugyanakkor kiemelten fontos, hogy a CSR-kommunikáció mögött

¹² BRECSOK ANNA ÁGNES: *A társadalmi közfelelősség alapjai*, Nemzeti Közszerzői Egyetem, Budapest, 2019.

¹³ VALLAEYS, FRANÇOIS: University Social Responsibility: a mature and responsible definition, in *Higher Education in the World*, 2014/5, 88–96. o.

¹⁴ NÁRAI MÁRTA – REISINGER ADRIENN: *Társadalmi felelősségvállalás és részvétel – a lokális és területi közösségi folyamatokban*. Dialóg Campus, Budapest–Pécs, 2016.

¹⁵ CSONKA ARNOLD – SZABÓ-SZENTGRÓTI ESZTER – KÖMÜVES ZSOLT – SZABÓ-SZENTGRÓTI GÁBOR – BORBÉLY CSABA: Nyereséges vállalati működés vs társadalmi felelősségvállalás, in *Acta Scientiarum Socialium*, 2013/39, 181–188. o.

¹⁶ KOTLER, PHILIP – LEE, NANCY: *Vállalatok társadalmi felelősségvállalása*, HVG Kiadó Zrt., Budapest, 2007.

¹⁷ MATOLAY RÉKA: Vállalatok társadalmi felelősségvállalása – hatékonysági vonzatok, in *Vezetéstudomány*, 2010/7–8, 43–50. o.

¹⁸ REISINGER ADRIENN: Győr autóipari beszállító vállalkozások CSR tevékenysége öt vállalkozás példáján, in *Tér-Gazdaság-Ember*, 2018/1, 283–310. o.

¹⁹ LUKÁCS RITA: A vállalati társadalmi felelősségvállalás kommunikációs elvei és eszköztudomány, in *Vezetéstudomány*, 2015/9–10, 2–11. o.

valódi tartalom legyen. „*A társadalmi felelősség azonban csak akkor váltható át valós gazdasági eredményekre, ha azt a vállalat őszintén, hitelesen teszi.*”²⁰

3. Rövid áttekintés a családbarát szervezetekről

Napjainkban a családi élet és a munkahelyi kötelezettségek összeegyeztetése mindennapos kihívást jelent a munkavállalók számára. A nők munkaerőpiaci szerepvállalásának növekedésével és a kétkeresős családmodell általánossá válásával egyre nagyobb figyelem irányult a család és a munka kapcsolatának vizsgálatára, és kutatások azt igazolták, hogy a két életterület összefügg egymással.²¹ Ma a legtöbb embernek egyaránt helyt kell állnia a magánéletben és a munkahelyen, s ez könnyen feszültséget idézhet elő a munkavállalók életében. Gyakori, hogy a családi és a munkahelyi szerepek összeütközésbe, konfliktusba kerülnek egymással, és mindkét szerep megfelelő ellátása úgynevezett “kettős terhet” jelent a munkavállalók számára.²² A “kettős terhet” problémáját és az ezzel együtt járó szerepkonfliktust elsősorban a nőkre értelmezik, holott napjainkban a szerepeltvárások átalakulásával a férfiak számára is egyre nagyobb kihívást jelenthet a munka és a családi szerepek összeegyeztetése.²³ Éppen ezért a két életterület összehangolásának kérdésköre valamennyi munkavállalóra kiterjeszhető. Sőt a munka-magánélet egyensúlyára való törekvés nemcsak a munkavállalók és családtagjaik számára kiemelten fontos, hanem a szervezetek és a társadalom szempontjából is.

Mindezek következtében egyre nagyobb figyelem övezi a családbarát szervezetek kialakítását. „*Családbarátnak akkor tekinthető egy munkahely, ha olyan körülményeket biztosít, amellyel elősegíti, hogy a szervezetenél dolgozó munkavállalók minél hatékonyabban össze tudják egyeztetni a munkavállalást a családi teendőikkel, a családi, illetve magánéletükkel.*”²⁴ A munkáltatók a munka és magánélet összeegyeztetését különféle családbarát kezdeményezésekkel támogathatják, melyeknek számos pozitívuma ismert. Egyfelől hozzájárulhatnak a munkavállalók szerepkonfliktusának csökkentéséhez, ezáltal javítva fizikai és mentális egészségüket, valamint életminőségüket.²⁵ Ugyanakkor a munkáltatók is profitálhatnak a családbarát intézkedésekből, tekintve, hogy azok elősegíthetik az új munkaerő bevonását, növelhetik a foglalkoztatottak elégedettségét és

²⁰ KALMÁR VIKTÓRIA: A vállalatok társadalmi felelősségének alapvető kérdései, in *Marketing & Menedzsment*, 2008/1, 4–12., 12. o.

²¹ GRZYWACZ, JOSEPH G. – MARKS, NADINE F.: Reconceptualizing the Work-Family Interface: An Ecological Perspective on the Correlates of Positive and Negative Spillover between Work and Family, in *Journal of Occupational Health Psychology*, 2000/1, 111–126. o.

²² GREGOR ANIKÓ: „Ha volna két életem...” A szerepkonfliktusból fakadó feszültségek a nyugat-európai, a poszt szocialista országok- és az USA-beli nők között, in *Szociológiai Szemle*, 2008/2, 87–110. o.

²³ GESZLER NIKOLETT: A munka és a család konfliktusának forrásai az európai férfiak életében, in *Szociológiai Szemle*, 2014/2, 65–89. o.

²⁴ SZÉKELY ANDRÁS – BALOGH ENIKÓ – BÉRES ORSOLYA – NYÍRÁDY ADRIENN – TRIEB MARIANN: Családbarát Munkahely pályázatok 2012 és 2018 között, in *Kapocs*, 2019/3–4, 89–104., 91. o.

²⁵ HILL, E. JEFFREY – ERICKSON, JENET JACOB – HOLMES, ERIN K. – FERRIS, MARIA: Workplace flexibility, work hours, and work-life conflict: Finding an extra day or two, in *Journal of Family Psychology*, 2010/3, 349–358. o.

elkötelezettségét a szervezet iránt, s akár a vállalati szintű teljesítmény javulásához is vezethetnek.²⁶ S nem utolsósorban a kérdéskör munkaerőpiaci és demográfiai aspektusból vizsgálva is kiemelten fontos: a családi és munkahelyi szerepek hatékony összeegyeztetése akár a nők munkaerőpiaci szerepvállalásának növekedését és emelkedő termékenységi rátákat is eredményezhet.²⁷

²⁶ AL, JAMES: Work-Life Balance and its Uncertain ‘Business Case’. In: *Work-Life Advantage: Sustaining Regional Learning and Innovation*, Wiley-Blackwell, Oxford, 2017, 42–63. o.

²⁷ THEVENON, OLIVER: Family Policies in OECD Countries: A Comparative Analysis, in *Population and Development Review*, 2011/1, 57–87. o.

4. Családbarát szervezetek CSR-tevékenységének vizsgálata a szakirodalom tükrében

A családbarát szervezetek kialakítása a vállalati társadalmi felelősségvállalás egyik gyakorlati megvalósulásának tekinthető.²⁸ A családbarát munkahelyek tevékenységükkel jelentősen hozzájárulhatnak az ENSZ által 2015-ben kitűzött Fenntartható Fejlődési Célok (Sustainable Development Goals – SDGs) közül több megvalósulásához is.²⁹ A Fenntartható Fejlődési Célok közül fontosnak tartom az Egészség és jóllét (SDG 3), valamint a Nemek közötti egyenlőség (SDG 5) Fenntartható Fejlődési Célok kiemelését, melyek a leginkább összhangban állnak a családbarát munkahelyek célkitűzéseivel. A családbarát szervezetek ugyanis számos olyan kezdeményezéssel támogatják a munkavállalókat, melyek a munka-magánélet egyensúly kialakítását, a testi-lelki egészségük és jóllétük megőrzését; valamint az esélyegyenlőség előmozdítását célozzák.

A családbarát szervezetek CSR-tevékenységének belső dimenzióját azok a széles körű családbarát intézkedések alkotják, melyek elsősorban a saját munkavállalókra irányulnak. A családbarát kezdeményezések alappilléret a rugalmas munkavégzési formák bevezetése jelenti, mint például a rugalmas munkaidő, a részmunkaidő, a sűrített munkahét, vagy a távmunka és annak közkedvelt formája az otthoni munkavégzés. Emellett számtalan egyéb lehetőség áll a családbarát szervezetek rendelkezésére a munkavállalók támogatására. Ide tartoznak a szülői szabadságon lévő munkavállalók segítségére irányuló eszközök, mint például a folyamatos kapcsolattartás a távollét alatt, a GYES-ről, GYED-ről visszatérő munkavállalók újrafoglalkoztatása, mentorálása. A kisgyermekes munkavállalók támogatására szolgál a gyermekbarát irodai környezet kialakítása, a napközbeni gyermekfelügyelet biztosítása vagy a nyári gyermektáborok szervezése. A családbarát munkahelyek kínálhatnak extra szabadságot, családi okok miatt igénybe vehető távollétet, s bevezethetnek túlóraszabályzatot. Továbbá a családbarát kezdeményezések között találjuk a családi- és gyermeknapokat, valamint a családtagok bevonásával megvalósuló szabadidős programokat.³⁰ Napjainkban egyre több családbarát szervezet kínál valamilyen egészségprevenciós intézkedést is, például orvosi szűrővizsgálatokat, sportlehetőségeket a munkavállalók számára.³¹

A családbarát gyakorlatok bevezetése és a családbarát működés megvalósítása már önmagában is fontos CSR-tevékenységnek tekinthető, ugyanakkor a családbarát szervezetek társadalmi felelősségvállalásának külső dimenzióját is érdemes megvizsgálni. Egy 2023-ban, a magyarországi Családbarát Munkahely védjeggyel rendelkező szervezetek körében végzett kérdőíves kutatás eredményei rávilágítanak arra, hogy a családbarát szervezetek számos egyéb módon járulnak hozzá a

²⁸ BALOGH ÉSZTER – BOGNÁR KÁROLY – GYŐRI ZSUZSANNA – MUHI ÉRIKA – TARDOS KATALIN: i.m.

²⁹ KOVÁCS ZSÓFIA ADRIENN – REIZINGER ZSÓFIA – VEISZ ÁKOS: *Mitől lesz egy szervezet családbarát és társadalmi szempontból fenntartható?* Családbarát Magyarország Központ – BDO Magyarország ESG Tanácsadó Kft., Budapest, 2023.

³⁰ BALOGH ÉSZTER – BOGNÁR KÁROLY – GYŐRI ZSUZSANNA – MUHI ÉRIKA – TARDOS KATALIN: i.m.

³¹ FAIL ÁGNES – GYARMATI ANDREA – HARASZTI ADRIENN – LISZNYAI BEÁTA – PAPHÁZI TIBOR: Családbarát Munkahely Pályázatok elemzése (2012-2014), in *Kapocs*, 2015/1, 61–79. o.

társadalmi és környezeti fenntarthatósághoz.³² A szervezetek nagy része (mintegy 70%-a) tudatosan határozza meg CSR-tevékenységének kulcsterületeit, melyek a tisztességes működés, a helyi közösségek életében való aktív részvétel, a környezetvédelem és a fenntarthatóság, az emberi jogok és esélyegyenlőség, valamint a felelős foglalkoztatás. A családbarát szervezetek körében gyakori a helyi civil szervezetek és egyéb intézmények (pl. oktatási és kulturális intézmények) támogatása akár anyagilag, akár természetbeni adományok formájában, s gyakran szerveznek adománygyűjtési akciókat a rászorulóknak (pl. nagycsaládosok, háborús menekültek) számára. Az esélyegyenlőség előmozdítása érdekében fontos számukra az oktatási és munkaügyi képzési programok támogatása, melyek a munkaerőpiacon hátrányos helyzetben lévő társadalmi csoportokat, például megváltozott munkaképességűeket, nőket, fiatalokat vagy éppen nyugdíjasokat céloznak. A családbarát szervezetek mindennapjaiban fontos szerepet kapnak a környezetvédelem és a fenntarthatóság területén megvalósított programok is, úgy, mint a fátelépítési és hulladékgyűjtési akciók, a témában szervezett képzések és előadások. Továbbá a családbarát szervezetek CSR-gyakorlatai között megjelennek az egészség és biztonság fejlesztését szolgáló programok, valamint a közösségi programok is.³³ Fontos kiemelni, hogy az említett programok nemcsak a saját munkavállalóikat célozzák, hanem a helyi közösségeket is.

5. Családbarát szervezetek CSR-kommunikációjának vizsgálata a szakirodalom tükrében

Tekintve, hogy a családbarát működés a vállalati jó hírnév építésének az egyik alappillére³⁴, mely hozzájárulhat a meglévő munkavállalók megtartásához és az újak bevonásához egyaránt³⁵, a családbarát szervezetek számára felértékelődik a CSR-kommunikáció fontossága. A családbarát munkáltatók esetében a belső kommunikáció a családbarát kezdeményezésekről való munkavállalói tájékoztatást, informálást szolgálja; míg a kifelé irányuló kommunikáció a megvalósított családbarát gyakorlatokat mutatja be a külső érintetteknek. A családbarát szervezetek sokféle kommunikációs eszközt alkalmazhatnak CSR-tevékenységük ismertetésére. A belső tájékoztatást szolgálják például a szervezeti hírlevelek, folyóiratok, faliújságok; míg a külső érintettek tájékoztatásának eszközei lehetnek a szervezeti honlapok, közösségi média felületek, helyi médiumok. A CSR-kommunikáció további fontos eszközei lehetnek a családbarát politikára is kiterjedő vállalati dokumentumok (pl. szervezeti stratégia, esélyegyenlőségi terv, CSR-stratégia, fenntarthatósági stratégia), az azokkal kapcsolatos munkavállalói

³² PÁTKAI BENDE, ANNA – NÁRAI, MÁRTA: Examining the CSR Practice of Family-friendly Workplaces in the Light of Sustainability, in *Chemical Engineering Transactions*, 2023/107, 67–72. o.

³³ PÁTKAI BENDE, ANNA – NÁRAI, MÁRTA: i.m.

³⁴ VÁMOSI TAMÁS: A családbarát aspektus és az atipikus foglalkoztatás jellemzői a dél-dunántúli régió munkáltatói esetében (I. rész), in *Új Munkaügyi Szemle*, 2020/1, 55–68. o.

³⁵ MAXWELL, GILL – RANKINE, LAURA – BELL, SHEENA – MACVICAR, ANNA: The Incidence and Impact of Flexible Working Arrangements in Smaller Businesses, in *Employee Relations*, 2007/2., 138–161. o.

igényfelmérések, kutatások, s azok az előadások, konferenciák, melyek a családbarát jó gyakorlatokat hivatottak népszerűsíteni.³⁶

A családbarát szervezetek CSR-kommunikációja szempontjából fontos megemlíteni azokat a – civil vagy állami szervezetek által adható – minősítéseket, melyek a vállalatok családbarát módon való működését és jó gyakorlatait ismerik el. Ezek közül kiemelendő a Családbarát Vállalat-díj, illetve a Családbarát Munkahely tanúsító védjegy. Előbbit egy civil szervezet, a Három Királyfi, Három Királynő Mozgalom hozta létre egy évtizede, s azóta évről évre azokat a piaci szereplőket díjazza, melyek családbarát tevékenységükkel kiemelkednek. A szakmai elismerés mára jelentős presztízseréttel rendelkezik. A Családbarát Munkahely tanúsító védjegyet a Családbarát Magyarország Központ ítéli oda azoknak a munkáltatóknak, melyek az objektív értékelésen alapuló szempontrendszernek megfelelnek.³⁷ Mindkét elismerés esetében a nyertes/védjegyet szerzett munkáltatók jogosulttá válnak családbarát logó használatára, mely véleményem szerint a CSR-kommunikációjuk fontos elemét képezheti.

Kifejezetten a családbarát szervezetek CSR-kommunikációjára vonatkozóan csak kevés empirikus kutatási eredmény áll rendelkezésünkre. A korábban hivatkozott 2023-as Családbarát Munkahely védjeggyel rendelkező szervezetek körében végzett kérdőíves felmérés eredményei azt mutatják, hogy a családbarát munkáltatók közül 40% rendelkezik CSR-stratégiával és 35% fenntarthatósági stratégiával, melyekben írott formában határozzák meg vállalásaikat a CSR és a fenntarthatóság területén. Továbbá a vizsgált családbarát foglalkoztatók mintegy 60%-a alkalmaz olyan munkavállalót, aki – többnyire részfeladatként – a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos feladatokért felel. A stratégiák megléte, valamint a munkavállaló alkalmazása CSR-feladatok ellátásra leginkább a nagyvállalatokra jellemző.³⁸

Egy másik, hazai közép- és nagyvállalatok körében végzett kutatás azt vizsgálta, hogy a vállalati honlapokon megjelenik-e a munka-magánélet egyensúly témája. A kutatás azt találta, hogy a munka-magánélet egyensúlyára vonatkozó tartalom csak nagyon kis mértékben jelenik meg a szervezeti honlapokon. A külföldi tulajdonú, illetve a nagyobb árbevétellel rendelkező vállalatok kivételével a munkacsalád egyensúly támogatásának kifelé irányuló kommunikációja rendkívül kezdetleges.³⁹ Fontos azonban megjegyezni, hogy ez a kutatás nem kifejezetten a családbarát minősítéssel rendelkező vállalatokra irányult, hanem egy általános képet adott a magyar közép- és nagyvállalatok ez irányú kommunikációjáról.

³⁶ FAIL ÁGNES – GYARMATI ANDREA – HARASZTI ADRIENN – LISZNYAI BEÁTA – PAPHÁZI TIBOR: i.m.

³⁷ ERCSEY-ORBÁN MELÁNIA – GALAMBOS LÁSZLÓ – HÉRA GÁBOR – LUKÁCS GYÖRGY – MÉSZÁROS ZOLTÁN – MORVAYNÉ BAJAI ZSUZSANNA – RÁKÁR-SZABÓ NATÁLIA: *Gazdasági, állami, civil és egyházi szervezetek családbarát hozzáállásának vizsgálata, mérése. Kutatási zárótanulmány 1.* Családbarát Ország Nonprofit Közhasznú Kft., Budapest, 2020.

³⁸ PÁTKAI BENDE, ANNA – NÁRAI MÁRTA: i.m.

³⁹ GÉRING ZSUZSANNA: i.m.

6. Családbarát szervezetek CSR-kommunikációjának vizsgálata tartalomelemzéssel

2024. január és február között tartalomelemzést⁴⁰ végeztem 20 hazai Családbarát Vállalat-díjjal rendelkező vállalat körében. A vizsgálatba 12 nagyvállalat, illetve 8 kis- és középvállalat került bevonásra. A tartalomelemzés keretében megvizsgáltam a családbarát vállalatok honlapjait különös tekintettel az ott elérhető CSR-tartalmakra. A kutatás során arra kerestem a választ, hogy megjelenik-e a szervezeti honlapokon a társadalmi felelősségvállalás kérdésköre, és azon belül is a munkavállalókkal kapcsolatos felelősség, a munka-magánélet egyensúlyának támogatása. Arra is kíváncsi voltam, hogy a vállalatok feltüntetik-e a családbarát vállalat logót a honlapjaikon. A kutatás legfőbb eredményeit az 1. táblázat szemlélteti.

A tartalomelemzés körébe bevont vállalatok nagy része (85%) a vállalati honlapján valamilyen formában bemutatja a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos tevékenységét. 12 vállalat külön CSR-ral foglalkozó aloldalt is működtet, melyek részletesen ismertetik a CSR-aktivitásokat; továbbá a vállalatok majdnem fele (45%) tesz elérhetővé a honlapján CSR-ral kapcsolatos dokumentumot (pl. CSR-stratégia, fenntarthatósági jelentés, esélyegyenlőségi terv). A legnagyobb hangsúlyt a lokális közösségi támogatások és az adománygyűjtési akciók bemutatására helyezik: a vizsgált vállalatok háromnegyede oszt meg tartalmat ilyen típusú tevékenységekről. Emellett a vállalatok több mint fele felhívja a figyelmet a környezetvédelem és a fenntarthatóság terén végzett akciókra, illetve a vállalat által megvalósított esélyegyenlőséget célzó programokra, melyek a munkaerőpiacon hátrányos helyzetben lévő társadalmi csoportok felzárkóztatására irányulnak.

A tartalomelemzés eredményei azt mutatják, hogy a nagyvállalatok és a külföldi tulajdonosi körrel rendelkező családbarát cégek körében a leghangsúlyosabb a társadalmi felelősségvállalással kapcsolatos tevékenységek részletes bemutatása, a külön CSR-aloldal működtetése; illetve a CSR-ral kapcsolatos dokumentumok elérhetővé tétele.

A vizsgált vállalati honlapok többsége (80%) a CSR belső dimenziójára is kitér, és kidomborítja a munkavállalók iránti felelősségvállalást. Minden második honlap felhívja a figyelmet a fizikai és mentális egészségmegőrzést, valamint jóllétet célzó, munkavállalókat érintő vállalati programokra. Míg kifejezetten a családbarátságra utaló, a munka-család egyensúly támogatására irányuló kezdeményezéseket (pl. rugalmas munkavégzési formák, családokat támogató juttatások, családi események) a vizsgált családbarát vállalatok 70%-a jeleníti meg valamilyen formában a honlapján. Ugyanakkor a tartalomelemzésbe bevont cégek csak 45%-a tünteti fel a honlapján a Családbarát Vállalat-díjjal járó logót.

Az eredmények azt mutatják, hogy a kis- és középvállalkozások bár kisebb hangsúlyt fektetnek a kifelé – társadalomra és környezetre – irányuló CSR-tevékenységeik bemutatására, viszont szinte minden esetben megjelenítik vállalati

⁴⁰ KRIPPENDORFF, KLAUS: *Content Analysis. An Introduction to its Methodology. (second edition)*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2004.

honlapjaikon a családbarát elismeréssel járó logót, és egyértelműen aláhúzzák családbarát törekvéseiket.

	Megjelenik	Nem jelenik meg
Társadalmi felelősségvállalás kérdésköre	85%	15%
- Helyi közösségek támogatása és adományozás	75%	25%
- Fenntarthatóság és környezetvédelem	65%	35%
- Munkaerőpiaci és képzési programok támogatása, esélyegyenlőségi törekvések	60%	40%
Külön CSR-aloldal	60%	40%
Vállalati honlapon elérhető dokumentáció (pl. CSR-stratégia, fenntarthatósági jelentések)	45%	55%
Saját munkavállalók iránti felelősségvállalás	80%	20%
- Egészséggel, jólléttel, biztonsággal kapcsolatos programok	50%	50%
- Munka-család egyensúlyát támogató programok és intézkedések	70%	30%
Családbarát Vállalat logó	45%	55%

1. táblázat: A tartalomelemzés legfőbb eredményei (n=20)

Forrás: Saját szerkesztés (2024)

7. Összegzés

Jelen tanulmány ráirányította a figyelmet a családbarát szervezetek fontosságára a társadalmi felelősségvállalás szempontjából. A családbarát vállalatok olyan környezetet teremtenek a munkavállalók számára, amely támogatja a munkamagánélet egyensúlyt, és hozzájárul a munkavállalók fizikai és mentális egészségének megőrzéséhez, életminőségük javításához. Ugyanakkor a családbarát szervezetek felelősségvállalása nemcsak a saját munkatársaikra és családtagjaikra terjed ki, hanem a lokális közösségekre és a környezetre is. A családbarát vállalatok mindennapjaiban fontos szerepet játszik a helyi közösségek támogatása, az adománygyűjtési akciók szervezése, az esélyegyenlőséget célzó programok támogatása, a közösségi és egészségmegőrzést szolgáló programok szervezése, valamint a környezetvédelmi aktivitások megvalósítása. A tanulmány aláhúzza, hogy a családbarát szervezetek által megvalósított CSR-tevékenységek – irányuljon az a munkavállalókra, vagy kifelé – összhangban állnak az ENSZ által meghatározott Fenntartható Fejlődési Célokkal, mint például az egészség biztosítása és a jóllét előmozdítása (SDG 3), illetve a nemek közötti egyenlőség megvalósítása, a nők társadalmi szerepének erősítése (SDG 5).

Annak ellenére, hogy a hazai családbarát szervezetek a társadalmi fenntarthatóság terén kiemelkedő tevékenységet végeznek, az erről való kifelé irányuló kommunikáció nem mindig hangsúlyos. A családbarát vállalati honlapok elemzését követően arra jutottam, hogy a nagyvállalatok inkább a

felelősségvállalásuk társadalomra és környezetre irányuló dimenzióját hangsúlyozzák, míg a kis- és középvállalkozások – a családbarát logó megjelenítésével – jobban kidomborítják a családbarátságot és egyértelművé teszik családbarát törekvéseiket.

Felhasznált irodalom

- AL, JAMES: Work-Life Balance and its Uncertain ‘Business Case’. In: *Work-Life Advantage: Sustaining Regional Learning and Innovation*, Wiley-Blackwell, Oxford, 2017, 42–63. o.
- BALOGH ESZTER – BOGNÁR KÁROLY – GYŐRI ZSUZSANNA – MUHI ERIKA – TARDOS KATALIN: *Jót s jól – Vállalati felelősségvállalásról kis- és középvállalkozásoknak*, Országos Foglalkoztatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest, 2019.
- BRECSOK ANNA ÁGNES: *A társadalmi közfelelősség alapjai*, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2019.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: *Green Paper: Promoting a European framework for Corporate Social Responsibility*, Brussels, 2001, 6. o.
- CSONKA ARNOLD – SZABÓ-SZENTGRÓTI ESZTER – KÖMŰVES ZSOLT – SZABÓ-SZENTGRÓTI GÁBOR – BORBÉLY CSABA: Nyereséges vállalati működés vs társadalmi felelősségvállalás, in *Acta Scientiarum Socialium*, 2013/39, 181–188. o.
- ERCSEY-ORBÁN MELÁNIA – GALAMBOS LÁSZLÓ – HÉRA GÁBOR – LUKÁCS GYÖRGY – MÉSZÁROS ZOLTÁN – MORVAYNÉ BAJAI ZSUZSANNA – RÁKÁR-SZABÓ NATÁLIA: *Gazdasági, állami, civil és egyházi szervezetek családbarát hozzáállásának vizsgálata, mérése. Kutatási zárótanulmány 1. Családbarát Ország Nonprofit Közhasznú Kft., Budapest, 2020.*
- FAIL ÁGNES – GYARMATI ANDREA – HARASZTI ADRIENN – LISZNYAI BEÁTA – PAPHÁZI TIBOR: Családbarát Munkahely Pályázatok elemzése (2012-2014), in *Kapocs*, 2015/1, 61–79. o.
- GESZLER NIKOLETT: A munka és a család konfliktusának forrásai az európai férfiak életében, in *Szociológiai Szemle*, 2014/2, 65–89. o.
- GÉRING ZSUZSANNA: Hiányzó egyensúly a vállalati felelősségvállalás kommunikációjában – a munka és magánélet egyensúlyának meg (nem) jelenése a vállalati honlapokon, in *Vezetéstudomány*, 2016/1., 2–17.
- GREGOR ANIKÓ: „Ha volna két életem...” A szerepkonfliktusból fakadó feszültségek a nyugat-európai, a posztzocialista országok- és az USA-beli nők között, in *Szociológiai Szemle*, 2008/2, 87–110. o.
- GRZYWACZ, JOSEPH G. – MARKS, NADINE F.: Reconceptualizing the Work-Family Interface: An Ecological Perspective on the Correlates of Positive and Negative Spillover between Work and Family, in *Journal of Occupational Health Psychology*, 2000/1, 111–126. o.

- HILL, E. JEFFREY – ERICKSON, JENET JACOB – HOLMES, ERIN K. – FERRIS, MARIA: Workplace flexibility, work hours, and work-life conflict: Finding an extra day or two, in *Journal of Family Psychology*, 2010/3, 349–358. o.
- KALMÁR VIKTÓRIA: A vállalatok társadalmi felelősségének alapvető kérdései, in *Marketing & Menedzsment*, 2008/1, 4–12., 12. o.
- KOTLER, PHILIP – LEE, NANCY: *Vállalatok társadalmi felelősségvállalása*, HVG Kiadó Zrt., Budapest, 2007.
- KOVÁCS ZSÓFIA ADRIENN – REIZINGER ZSÓFIA – VEISZ ÁKOS: *Mitől lesz egy szervezet családbarát és társadalmi szempontból fenntartható?* Családbarát Magyarország Központ – BDO Magyarország ESG Tanácsadó Kft., Budapest, 2023.
- KRIPPENDORFF, KLAUS: *Content Analysis. An Introduction to its Methodology. (second edition)*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2004.
- LUKÁCS RITA: A vállalati társadalmi felelősségvállalás kommunikációs elvei és eszközrendszere a marketingben, in *Vezetéstudomány*, 2015/9–10, 2–11. o.
- MATOLAY RÉKA: Vállalatok társadalmi felelősségvállalása – hatékonysági vonzatok, in *Vezetéstudomány*, 2010/7–8, 43–50. o.
- MAXWELL, GILL – RANKINE, LAURA – BELL, SHEENA – MACVICAR, ANNA: The Incidence and Impact of Flexible Working Arrangements in Smaller Businesses, in *Employee Relations*, 2007/2., 138–161. o.
- NÁRAI MÁRTA – REISINGER ADRIENN: Vállalati adományozás – a nonprofit szervezetek támogatása, mint a vállalati társadalmi felelősségvállalás része, in *Konferenciakiadvány a vállalati felelősségvállalásról szóló konferencia előadásaiból*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2008, 138–153. o.
- NÁRAI MÁRTA – REISINGER ADRIENN: *Társadalmi felelősségvállalás és részvétel – a lokális és területi közösségi folyamatokban*. Dialóg Campus, Budapest–Pécs, 2016.
- PÁTKAI BENDE, ANNA – NÁRAI, MÁRTA: Examining the CSR Practice of Family-friendly Workplaces in the Light of Sustainability, in *Chemical Engineering Transactions*, 2023/107, 67–72. o.
- REISINGER ADRIENN: Győr autóipari beszállító vállalkozások CSR tevékenysége öt vállalkozás példáján, in *Tér-Gazdaság-Ember*, 2018/1, 283–310. o.
- REISINGER ADRIENN: Az EU-s CSR szabályozás főbb mérföldkövei és kis- és középvállalati (kkv) kapcsolódásai, in *Új Nemzeti Kiválóság Program 2022/2023 Tanulmánykötet*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2023, 335–344. o.
- SZÁNTÓ RICHÁRD: A társadalmi felelősségvállalás online kommunikációja. *Marketing & Menedzsment*, 2019/2, 52–58. o.
- SZÉKELY ANDRÁS – BALOGH ENIKŐ – BÉRES ORSOLYA – NYÍRÁDY ADRIENN – TRIEB MARIANN: Családbarát Munkahely pályázatok 2012 és 2018 között, in *Kapocs*, 2019/3–4, 89–104., 91. o.
- TAHNIYATH, FATIMA – SAID, ELBANNA: Corporate Social Responsibility (CSR) Implementation: A Review and a Research Agenda Towards an Integrative Framework, in *Journal of Business Ethics*, 2023/2, 105–121. o.

- THEVENON, OLIVER: Family Policies in OECD Countries: A Comparative Analysis, in *Population and Development Review*, 2011/1, 57–87. o.
- VALLAEYS, FRANÇOIS: University Social Responsibility: a mature and responsible definition, in *Higher Education in the World*, 2014/5, 88–96. o.
- VÁMOSI TAMÁS: A családbarát aspektus és az atipikus foglalkoztatás jellemzői a dél-dunántúli régió munkáltatói esetében (I. rész), in *Új Munkügyi Szemle*, 2020/1, 55–68. o.

Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának hatása magas fordulatszámú rotor-csapágy rendszerek rotordinamikájára

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben a turbófeltöltők alkalmazása belső égésű motorokon folyamatosan növekedett, és ezzel párhuzamosan a turbófeltöltőket érő mechanikus és hőterhelések is nőttek. Ennek eredményeként kiemelkedő fontossá vált a turbófeltöltő rotordinamikájának megfelelő értelmezése és fejlesztési lehetőségeinek kutatása. Az iparágnak ez a fejlesztési folyamat elengedhetetlen részévé vált annak érdekében, hogy a kívánt élettartam elérhető legyen. A turbófeltöltők olyan forgógépek, amelyek különösen magas fordulatszámon működnek, ezért a rotor rugalmasnak tekintendő a magasabb fordulatszámokon, ami különböző hajlási módokat eredményez a tengelyen. Ezek a hajlási módok többféle hatást gyakorolhatnak a csapágyakra a fordulatszám tartomány egyes szakaszaiban, amelyek befolyásolják az olajozási körülményeket is különösen a magas fordulatszámú üzem mellett a forgórész által felvett hajlási módok, vagy lengéskép folyamatosan változik egy felfutás során is és ez által a csapágyak terhelése is dinamikus. A forgórész lengésképe és a kialakuló rezgések egymással kapcsolatban állnak, így azok összefüggéseinek kutatásával a turbófeltöltőn mérhető rezgések segítségével következtetés vonható le a turbófeltöltő üzemére és állapotára, akár annak szétszerelése nélkül. Járulékos következmény, hogy a keletkező rezgések egy része tovább adódik a környezetbe hallható zajként, amely hátrányosan befolyásolhatja a gépjárművezető komfortérzetét. [1]

Az olajörvénylésből származó rezgések (szubszinkron rezgések) eltérő módon érzékelhetők egy felfutás során, mint a turbófeltöltő többi rezgés komponense. A szubszinkron rezgések frekvenciájában felfedezhető egy-, vagy több ugrás, vagyis a komponens nem folytonos egyenesként észlelhető egy spektrumon. Irodalomkutatás alapján a rezgés magasabb frekvencián detektálható miután a turbófeltöltő forgórésze elérte azt a fordulatszámot, ahol feltehetően a forgórész lengésképe megváltozik. [2-7] Ennek a jelenségnek a bekövetkezése függ a konstrukciós kialakítástól (csapágy kialakítás, hézagok), csapágy-, és a kenőolaj állapotától is. A kitűzött kutatás egyik hipotézise, hogy a csapágyazáson átfolyó olaj hőmérséklete, minősége és mennyisége befolyásolja a frekvencia ugrás jelenségének bekövetkezését turbófeltöltő fordulatszám függvényében. A vizsgálatok során kitűzött cél meghatározni a frekvenciaugrás bekövetkezése és a bemenő kenőolaj paramétereinek közti kapcsolatot.

A kutatás célja korrelációt keresni a turbófeltöltő csapágyazásában lejátszódó tribológiai folyamatok és a turbófeltöltőn mérhető rezgések között. Amennyiben csökken a kenőolaj jelenléte a csapágyazásban, vagy annak állapota romlik, a

¹ Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Járműhajtás Technológia Tanszék, Tanársegéd, Témavezető: Dr. Tóth-Nagy Csaba egyetemi docens, Belsőégésű Motorok és Járműhajtások Tanszék

turbófeltöltő tribológiai rendszere rövid időn belül jelentős mértékben károsodik, ami akár végzetes tönkremenetellel is járhat. Hipotézisek között szerepel, hogy a tribológiai rendszer tudatos károsítása mellett elvégzett rezgésösszetevők vizsgálatával feltérképezhető a tribológiai rendszer állapotára jellemző rezgéskép, melynek ismeretében a rendszer állapota és várható élettartama megbontás nélkül, online megbecsülhetővé válhat a jövőben. A vizsgálatok célja eltérő bemenő kenőolaj paraméterek mellett mérések végrehajtása, annak érdekében, hogy a végbemenő károsodások keltette rezgések feltérképezése megvalósuljon, így a jövőben akár korai károsodás vizsgálat megvalósítása is lehetséges.

A jelen tanulmányban bemutatásra kerülő kutatási projekt eredeti célkitűzése olyan kísérleti mérések és szimulációk megtervezése és végrehajtása, amelyek segítségével definiálható:

- az alternatív tüzelőanyagok, alacsony viszkozitású, adalékolt kenőolajok és hidegindítási körülmények turbófeltöltő rotordinamikai rendszerére gyakorolt hatása,
- a kenőolaj minőségének állapota.

A fenti célokból 2024 áprilisáig elért részcélok:

- tesztkörnyezet infrastrukturális fejlesztésének felmérése, megtervezése és kivitelezése,
- kenőolaj viszkozitásának hatásvizsgálata,
- hidegindítási körülmények hatásvizsgálata,
- szimulációs környezet bemeneti paramétereinek definiálása,
- szimulációs alapmodell paraméterezése,
- szimulációs alapmodell futtatása és verifikációja

Az ösztöndíjas időszak végéig beütemezett kísérletek:

- csapvándorlás méréssel kiegészített tesztkörnyezet tesztelése és szimulációs eredményekkel való összevetése
- szimulációs modell validációja
- tüzelőanyagokkal felhígult kenőolaj hatásvizsgálata

Meghiúsult kísérleti célok:

- kísérletek adalékolt kenőolajokkal (kísérelettervezés során bebizonyosodott, hogy a rendelkezésre álló olajjellátó rendszer nem alkalmas a megcélzott adalékokkal ellátott olaj cirkulálására)

2. Felhasznált anyagok és módszerek

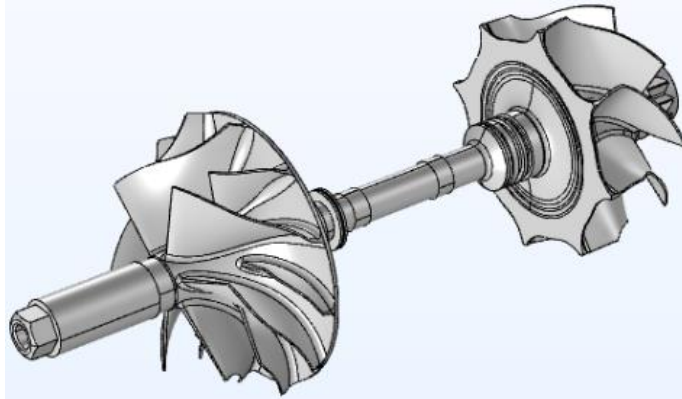
Az alkalmazott módszerek két oldalra bonthatók:

- Turbófeltöltő komponens tesztelési kísérletek; a turbófeltöltő középvezeték elhelyezett gyorsulásérzékelőkkel
- Többtest dinamikai szimuláció; Comsol Multiphysics szoftver felhasználásával

A kísérleti vizsgálatok elvégzését egy hideg gázzal üzemelő turbófeltöltő komponens tesztelési teszti lehetővé, amely a Járműhajtás Technológia Tanszék infrastruktúrájának része. A komponens tesztelési teszti egy kondicionálható mérőszobában

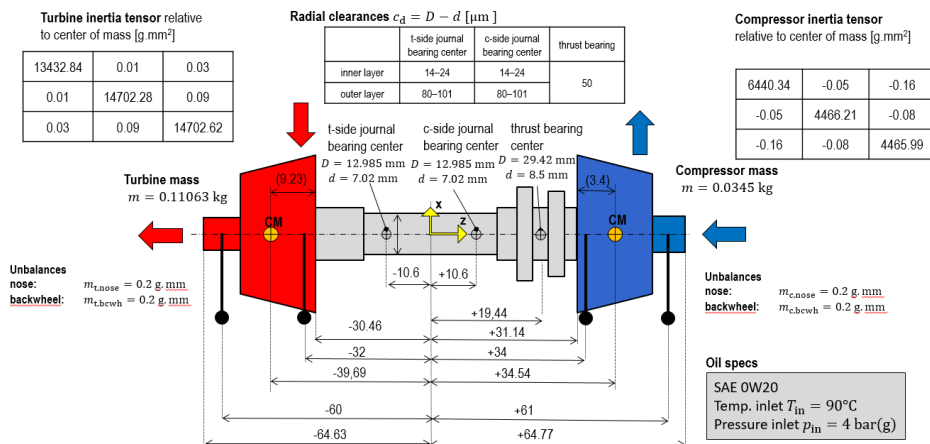
van elhelyezve, egy mobil kenőolaj kondicionáló egységgel együtt. A turbófeltöltő tesztpad képes normalizált fel-, és lefutásos tesztek végrehajtására, amely segítségével kiválasztható a kívánt maximális turbófeltöltő fordulatszám és megadható, hogy ezt a fordulatszámot hány másodperc alatt érje el a rendszer, így érhető el, hogy a mérési eredmények kellően pontosak legyenek. A mobil olajkondicionáló egység a turbófeltöltő kenőolaj ellátását szolgáltatja. A kondicionáló egység a Kratzer Automation AG terméke, amellyel rendkívül pontosan szabályozható a turbófeltöltőbe bemenő kenőolaj nyomása (0,2 bar – 6 bar között), illetve széles tartományon a hőmérséklete is (10 °C – 150 °C), így ez a berendezés rendkívül fontos részét képezi a turbófeltöltő vizsgálatnak. A tesztpad vezérlését National Instruments CompactRIO rendszere végzi és az üzemeléshez szükséges paraméterek kijelzése, illetve a vezérlés LabVIEW szoftveren keresztül végezhető. A turbófeltöltő üzemelésének vizsgálata a rendkívül magas fordulatszámok miatt egy külön mérőrendszerrel valósul meg. A rezgésdiagnosztikához alkalmazott adatfeldolgozó egység egy IMC Cronosflex berendezés, amely csatornánként képes 100 kHz mintavételezési frekvenciával jelfeldolgozásra. A turbófeltöltő fordulatszám mérése és a gyorsulásmérők megkövetelik ezt a magas mintavételezési frekvenciát. Turbófeltöltő fordulatszámra PICOTurn induktív szenzor segítségével megoldott, amely a turbófeltöltő kompresszorházába van beépítve és képes akár 320.000 1/min fordulatszámig üzemelni. A tesztptadi infrastruktúra részét képezi IMC gyártmányú gyorsulásérzékelők, amelyek alkalmasak akár 20.000 Hz frekvenciájú testhangok detektálására. A gyorsulásmérők nagy előnye az alacsony tömegük (10,3 g), így a lehető legkisebb mértékben befolyásolják a vizsgálatokat. Az IMC hardverek mellett a mérésre és a kiértékelésre alkalmas IMC szoftverek is rendelkezésre állnak. A kiértékelések IMC Famos szoftverrel végezhetőek el, amely lehetőséget biztosít online adat kiértékelésre is. A turbófeltöltő középrészén mért gyorsulásértékek azonban csak egy közvetett betekintést engednek arra, hogy pontosan milyen viselkedése zajlik a rotornak a különböző vizsgálati körülmények között. Emiatt az ösztöndíjas időszakban az is célkitűzésre került, hogy megtervezésre és beüzemelésre kerüljön a turbófeltöltő tengelyének mozgásának detektálására Micro-epsilon örvényáramú távolságmérő is, amely lehetővé teszi a forgórész pozíciójának pontos meghatározását (mikrométer nagyságrendben) üzemelés közben. Így az ezen témán belül elért előrehaladást a 3. fejezet tárgyalja.

A kutatott rotordinamikai jelenségek a tesztptadi kísérletek mellett szimulációs környezetben is vizsgálhatók, emiatt az ösztöndíjas időszakra ez is célkitűzésre került, hogy elinduljon egy munka numerikus módszerek alkalmazásával is. A COMSOL Multiphysics programcsaládon belül végzett számítások elvégzéséhez első lépésként a rotordinamikai rendszer fizikai modellje került felépítésre és definiálásra. Itt a legtöbb számításhoz irreleváns adat és felület eltüntetésre kerül, vagyis a felépíteni kívánt modell egyszerűsítésen esik át. A felhasznált rotordinamikai rendszer valós turbófeltöltőn alapul. Az 1. ábrán látható, a turbófeltöltő rotorjának geometriai modellje, ahol az is megfigyelhető, hogy a tengelyvég anya módosításra került az eredetihez képest, ugyanis ez szükséges a tesztptadon alkalmazásra kerülő, korábban említett csapvándorlás méréshez.



38. ábra: Szimulációs modellhez használt geometriai modell egyszerűsítések után

A rotor alkatrészei szoros kapcsolatban állnak egymással és együttesen mozognak a csapágyrendszert leszámítva. Anyaghasználat definiálása is elengedhetetlen a rezgésdinamikai és kitérészi szempontokból. A geometriai modell szimulációhoz szükséges információi a 2. ábrán kerültek összefoglalásra.



39. ábra: Szimulációs modell bemeneti adatok összefoglalása

A rotoron alkalmazott radiálcsapágy egy félúszó siklócsapágy, ami azt jelenti, hogy a turbófeltöltő futása során a csapágy nem forog, rögzítve vannak tartócsap segítségével közvetlenül a házhoz. A csapágy és a rotor tengely között vékony olajfilm réteg húzódik meg. Ezen olaj-film eloszlása nem homogén, vagyis a rendelkezésre álló teret nem folytonosan tölti ki. Innentől a csapágyrendszerünk hidrodinamikai csapágyrendszerként (HDC) kezelendő. A HDC megvalósulásának alap feltételei, vagyis a tiszta folyadéksúrlódási állapot feltételei a következők:

- A kenőolajnak meg kell tapadni az érintkező felületeken
- A felületek makró-geometriája folyamatosan szűkülő hézagot alkot
- A kontaktpárok között sebességkülönbségnek kell fennállnia

Ezen feltételek teljesülésével kialakul a teherviselő olaj-fim, amely folyadéksúrlódást biztosít az alkatrészek között. A kenőanyag eloszlása számos behatástól és paramétertől függ. Azonban meghatározó paraméter még a geometriai tulajdonságok mellett a kenőanyag összetétele, a modellben alkalmazott kenőanyag OW20 szintetikus motorolaj, amellyel el van látva a turbófeltöltő az eredeti belsőégésű motorra illesztve is.

3. Releváns szakirodalmak összegzése

A szakirodalmak csoportosíthatók a diagnosztika módszere szerint, mivel a turbófeltöltők költséges alkatrésznek számítanak a mai autóiparban, így nem meglepő, hogy az alkatrész fejlesztésének különböző szegmenseiben is a szimulációs vizsgálatok dominálnak, és ez igaz a rotordinamikai témájú kutatásokra is. A szimulációs szoftverek széleskörű elterjedése lehetővé tette, hogy egy-egy adott alkatrész több szempontból is vizsgálható, miközben üzemeltetési költségeket megspórolva nem kell összetett teszt környezetet üzemeltetni például tesztpad formájában. B. Schweizer egy korai tanulmánya [3] volt, amelyben létrehozták egy turbófeltöltő rotordinamikai modelljét és a szimuláció lehetővé tette a turbófeltöltő nemlineáris oszcillációinak a vizsgálatát. A tanulmány eredménye egy háromdimenziós többlettest dinamikai rendszer, amelynél a rotor alkatrészei közül a tengely rugalmasként definiált, míg a turbina-, és sűrítőkerekek merev testként vannak jelen, ezt a modell típust azóta is széleskörűen használják tudományos területen. Hasonlóan például L. Tian és társai [4] munkájuk során is egy ilyen típusú modellt használtak arra a célra, hogy vizsgálják a rotor kiegyensúlyozatlanság és motortól érkező vibrációk rotordinamikára gyakorolt hatását. A numerikus szimulációs megoldások a turbófeltöltők rotordinamikai jelenségeinek feltérképezésére kézenfekvő és költséghatékony megoldásnak bizonyultak több jelentős tanulmányban is [4-8]. A szimulációs kutatások ugyan jó közelítést adnak a rotordinamikai jelenségek feltárására, de a kísérleti mérések eltéréseket mutathatnak, és további ismeretekkel szolgálhatnak a témában. C. Biet és R. Baar tanulmányukban [9] egy részletes vizsgálat sorozatot mutatnak be, ahol együtt alkalmaztak közelítés érzékelőket, gyorsulásérzékelőket és mikrofonokat a tesztek során. Ezek a módszerek ebben a sorrendben egyaránt lehetővé teszik a tengely mozgásának (közelítés érzékelők), a csapágyházon mérhető testhangok (gyorsulásérzékelők), és a környezetben mérhető hanghatások (mikrofonok) feltérképezését. Továbbá, a tanulmány tárgyalja a különböző megoldások egyes vizsgálati fókuszra való hasznosságát is. Ezáltal képet ad arról, hogy a mikrofonok által rögzített adatok lehetőséget teremtenek a kompresszor-, és turbinaházban közlekedő gázok áramlásának ellenőrzésére és a feltöltő hideg üzeme esetén fellépő zajok vizsgálatára. Másrészről, a tanulmány bebizonyítja, hogy a gyorsulásérzékelők és a tengely mozgását figyelő közelítésérzékelők használata megfelelő módszer lehet arra, hogy a rotor sajátfrekvenciáit és az olajáramlás jelenségeit vizsgáljuk. Jelen tanulmány is egy olyan kutatási terv része, amely témakörében a turbófeltöltő rotordinamikai jelenségeire fókuszál, így a továbbiakban a rezgésdiagnosztikai módszerek és a közelítésérzékelők alkalmazását célozza.

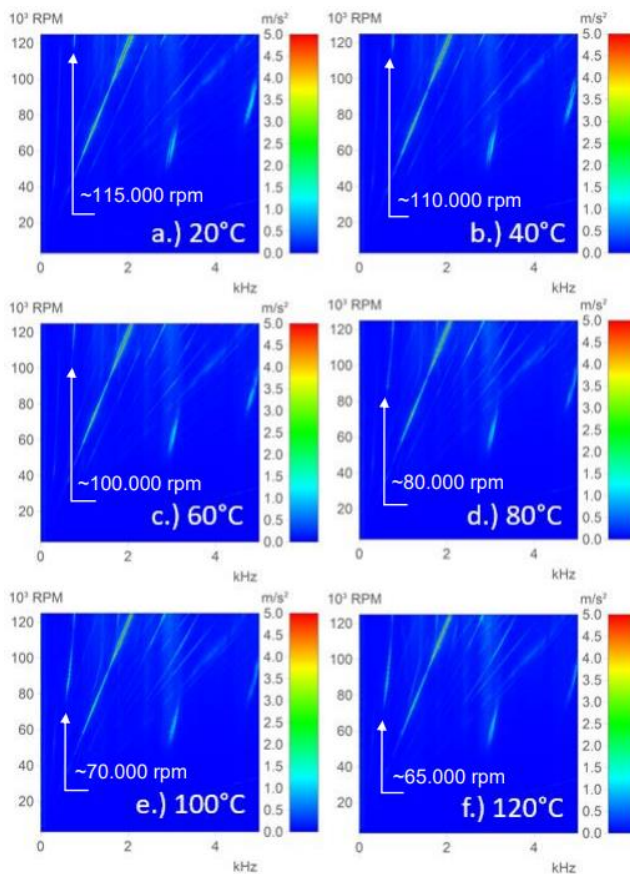
Egy másik lehetőség a szakirodalmak csoportosítására a rotordinamikai kihívások alapján besorolt értékelés. A turbófeltöltők mai konstrukciója már nagyon sok fejlesztési iteráció eredményeit tartalmazza. A legtöbb szériagyártásba bevezetett fejlesztési lépcsőt a feltöltők működési körülményeinek megváltozása, a belsőégű motorok fejlődéséből adódó összetett mechanikai terhelések igényelték. E.J. Gunter tanulmányában [10] több nézőpontból tárgyalja egy úszócsapággal szerelt turbófeltöltő tönkremeneteli módjait, kifejezett fókusszal az úszócsapágyból adódó rotordinamikai körülményekre. A tanulmány a témában született legjelentősebb mérföldköveket is rendszerezi egészen 2020-ig, majd egy javaslatot ad a feltöltők élettartamának növelésére. A javaslatok nagy része a feltöltő tribológiai rendszerével hozható összefüggésbe, többek közt részletesen tárgyalja a kenőolaj minősége kapcsán, a hidegindításokból és a motorok start-stop működéséből adódó hátrányokat, és fokozott üzem után a felmelegedett motor megállítást, ugyanis ezek a működési körülmények negatív hatással vannak a megfelelő olajellátásra, ami korai tönkremenetelhez vezethet. A publikációk rámutatnak, hogy a kenőolaj minősége, kondíciója fontos tényező a turbófeltöltők rotordinamikájában [11]. Továbbá a bemenő olaj paraméterei (viszkozitás, nyomás, hőmérséklet) befolyásolják a forgórész viselkedését és a működés közben fellépő rezgéseket [12]. Mivel a kenőanyag csillapító közegként működik a csapágyrendszerben, így forgórész hajlási módjai és a detektálható rezgések összefüggésben vannak egymással és a rezgésdiagnosztikával mért adatok szétszerelés nélkül utalhatnak a turbófeltöltő működésére, állapotára.

4. Eredmények

Az olajok hőmérsékletének és viszkozitásának tesztelésére a korábban bemutatott turbófeltöltő komponens tesztelési környezet bizonyult a legjobban megfelelőnek. A tesztsorozat rezgésdiagnosztika alkalmazásával célozta a turbófeltöltő bemenő olajhőmérsékletének kimutatását, különböző viszkozitású olajokkal. Az eredmények rávilágítottak, hogy az alacsonyabb viszkozitású kenőolaj akár 30 százalékkal magasabb liter/perc kenőolaj térfogatáramot eredményezhet, amely a hőmérséklet változásától függetlenül jelen van. Azonban a hőmérséklet vizsgálata is jelentős új információkat tartalmaz, a 3. ábra a vizsgálat során a gyorsulásérzékelők által mért értékeket mutatja be frekvenciaspektrum segítségével. Az eredmények a turbófeltöltő többszöri fordulatszám felfutásának átlagolt mérési adatait mutatják a 0W20 típusú olaj esetén. Az eredményekből jól látható, hogy az olajörvénylés jelenségeként azonosított szubszinkron rezgés a 700 Hz körüli tartományban az olaj hőmérsékletének növelésével egyre alacsonyabb fordulatszámtól jelen van. Ez abból valószínűsíthető, hogy megnövekedett olajmennység van jelen a csapágyrendszerben. Mindemellett a mérési eredmények arra is rávilágítottak, hogy az egyszeres forgásfrekvencián jelentkező rezgések amplitúdója egyre alacsonyabb az olaj hőmérsékletének növekedésével.

A kutatás másik oldala a numerikus analízissel elvégzett vizsgálatok, a korábban bemutatott szimulációs bemeneti paraméterek egy úgynevezett szilárdrotort alkalmazó modellbe foglalása megtörtént. A csapágy definiálása a modellben

az egyik legjobban időigényes feladat, amely még zajlik is, mivel sajnos számos paraméter ismeretének hiányában több iterációs teszt szükséges. Emellett a rotornak részét képezik további alkatrészek, amelyek még a rotorral együtt forognak és a rotordinamikai rendszerbe szükségesek a pontos modellezéshez. Továbbá, a csapvándorlás vizsgálat megcélzása miatt a kompresszor oldalra felhelyezett speciális tengelyvéganya is frissítésre került a modellben, hogy a valósághoz lehető legközelebbi állapotot vizsgálhassuk. A szimulációs modell jelenlegi állapotában a tengely csapággal érintkező felületén biztosít lehetőséget arra, hogy a kialakuló olajfilm nyomása vizsgálat alá kerüljön, de az elért eredmények még további verifikációra és validációra szorulnak.



40. ábra: Frekvenciaspektrum a turbófeltöltő fordulatszám felfutása során mért rezgésértékekről

5. Összefoglalás

Az itt bemutatott eredmények röviden összefoglalják az ösztöndíjas időszak 2023 szeptemberétől 2024 áprilisáig eltelt időszakban folytatott tevékenységeket, valamint az azok során nyert tapasztalatokat. A korábbi tapasztalatokra és az ösztöndíj időszak alatt szerzett ismeretekkel olyan kísérleti módszert érhetünk el a közeljövőben, amely alkalmas lehet a turbófeltöltő rotor-csapágy rendszerét átfogóan diagnosztizálni. Az elvégzett kísérletek további, részletes feldolgozása, valamint új kísérleti mérések elkészítése folyamatban van. Az elemzés során nyert új kutatási eredmények várhatóan rávilágítanak arra is, hogy a kenőolaj különböző (akár alternatív) tüzelőanyagokkal való felhígulása milyen hatással bír a turbófeltöltő rotordinamikai rendszerére.

Felhasznált irodalom

- Nguyen-Schäfer, H. (2015). Springer Tracts in Mechanical Engineering, Rotordynamics of Automotive Turbochargers Second Edition. Springer, DOI 10.1007/978-3-319-17644-4
- Knotek, J., Novotný, P., Maršálek, O., Raffai, P., Dluhoš, J., & Knotek, I. J. (2016). Influence of Turbine and Compressor Wheel Mass and Inertia on the Rotor Dynamics of Turbocharger, Tribology in Industry
- Schweizer, B. (2010). Dynamics and stability of turbocharger rotors. Archive of Applied Mechanics, 80(9), 1017–1043. <https://doi.org/10.1007/s00419-009-0331-0>
- Tian L., Wang W. J., & Peng Z. J. (2011). Dynamic behaviours of a full floating ring bearing supported turbocharger rotor with engine excitation. Journal of Sound and Vibration, Vol. 330, Issue 20, p. 4851-4874
- Eling, R., van Ostayen, R., & Rixen, D. (2013). Dynamics of Rotors on Hydrodynamic Bearings, COMSOL Conference, Rotterdam
- Wang, L., Bin, G., Li, X., & Liu, D. (2016). Effects of unbalance location on dynamic characteristics of highspeed gasoline engine turbocharger with floating ring bearings. Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition), 29(2), 271–280. <https://doi.org/10.3901/CJME.2015.1013.121>
- Cao, J., Dousti, S., Allaire, P., & Dimond, T. (2017). Nonlinear transient modeling and design of turbocharger rotor/semi-floating bush bearing system. <https://doi.org/10.3390/lubricants5020016>
- Ziese, C., Irmscher, C., Nitzschke, S., Daniel, C., & Woschke, E. (2021). Run-Up Simulation of a Semi-Floating Ring Supported Turbocharger Rotor Considering Thrust Bearing and Mass-Conserving Cavitation. <https://doi.org/10.3390/lubricants>
- Biet, C., & Baar, R. (2015). Turbocharger Test Bench Extension for Acoustic Measurements at Cold Environment Conditions. SAE International Journal of Engines, 8(4), 1790–1797. <https://doi.org/10.4271/2015-01-1672>

- Gunter, E. J. (2020). Review and Failure Analysis of Three 4 Cylinder Engine Turbochargers And Methods on How to Extend Turbocharger Life. Dyrobes Rotordynamics Software Papers
- Champagne, N., Obrecht, N., Gangopadhyay, A., Zdrodowski, R., Liu, Z. (2017). Enhanced anti-wear performance induced by innovative base oil in low viscosity engine oil. SAE Int. J. Fuels Lubricants 10(3), 822–830
- Yang, K., Fletcher, K.A., Styer, J.P., Lam, W.Y., Guinther, G.H. (2017). Engine oil components effects on turbocharger protection and the relevance of the TEOST 33C test for gasoline turbocharger deposit protection. SAE Int. J. Fuels Lubricants 10(3), 815–821

Kísérleti energiahatékony jármű menetellenállásának részletes vizsgálata

Absztrakt

Az alábbi tanulmányban a Széchenyi István Egyetemen működő SZEnergy Team elektromos járműfejlesztő csapat versenyjárművének menetellenállásait vizsgálom. A vizsgálatok során különböző tesztek segítségével, valódi mérési adatok alapján állapítom meg a menetellenállás komponenseket. A menetellenállás csökkentése az energiahatékonyság növelésének egyik alapvető eszköze, azonban a fejlesztési irányok célzott meghatározásához szükséges, hogy azonosítsuk a menetellenállás komponenseket. A tanulmányban bemutatom a főbb mérési módszereket és a kapott eredményeket, melyek alapján a jövőbeli fejlesztési, járműbeállítási irányokat is meghatározom.

1. Bevezetés

Az üvegházhatást okozó gázok éghajlatra gyakorolt hatásával kapcsolatos nyilvános tudatosság növekedése jelentős változásokat indított el a közlekedési szektorban is.² Az elektromos járművek népszerűsége folyamatosan növekszik, azonban a különböző irodalmak áttekintése nyomán megállapítható, hogy az elektromos járművek terjedése még mindig számos kihívással néz szembe. Az elektromos járművek ára csökken, de a többség számára még mindig magas. Ezt ellensúlyozhatják különböző engedmények (pl. parkolás, adó) és célzott támogatások.³ Az elektromos járművek energiafogyasztása jelentősen nő a jármű tömegének növekedésével, de csak minimálisan a hajtás teljesítményének növekedésével, ez igazolja az alacsony tömegű elektromos járművek létjogosultságát. Az új generációs tömeggyártású elektromos személyautók lényegesen hatékonyabbak az első generációs modelleknél, amit figyelembe kell venni a korábbi tanulmányok értékelése során.⁴ Az elektromos járművek hatékonyságát, ami a hajtáslánctól ered, tovább lehet növelni megfelelő vezetési stratégiák alkalmazásával. A vezetési stratégia követésével a jármű üzemeltetése gazdaságosabb, energiahatékonyságosabb lehet.

A vezetési stratégiák alapvetően egy energiaminimumot célzó sebességprofil jelentenek, amelyeket adott járműmodellre szabott optimális szabályozási probléma

¹ SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola Közlekedés- és járműtudományok, Témavezető: Friedler Ferenc DSc

² COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A European Strategy for Low-Emission Mobility; 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0501> 2024. április 20.

³ BARRETO, R.; FARIA, P.; VALE, Z. Electric Mobility: An Overview of the Main Aspects Related to the Smart Grid. *Electronics* 2022, 11 (9), 1311.

⁴ WEISS, M.; CLOOS, K. C.; HELMERS, E. Energy Efficiency Trade-Offs in Small to Large Electric Vehicles. *Environ Sci Eur* 2020, 32 (1), 46.

megoldásával állapíthatók meg.⁵ A járműmodell pontos működéséhez a járműre ható menetellenállási komponensek ismerete is szükséges. A tanulmányban egy energiahatékony elektromos versenyjármű menetellenállás komponenseit, valamint annak mérési módszereit mutatom be.

A SZEmission névre keresztelt versenyjárművet 2019-ben mutatta be a SZEenergy Team a Széchenyi István Egyetemen. A jármű legfőbb komponense, az önhordó karosszéria, apróbb módosításoktól eltekintve, változatlan a bemutatása óta, azonban számos más mechanikai és elektronikai egység fejlődött az évek alatt. A jármű összes eleme úgy lett kialakítva, hogy a versenyszabályok alkotta keretek között a lehető legkisebb veszteséggel rendelkezzen. Az egyszemélyes versenyjármű a Shell Eco-marathon versenysorozat, városi kisautó (Urban Concept) kategóriájában áll rajthoz. Menetellenállás szempontjából, az egyik legfontosabb a karosszéria kialakítása. Ezt a járműkomponenst teljesen a pilóta körvonala szabta meg, méretei pedig a versenyszabályzatban rögzített tartományban vannak. A karbon kompozit és ötvözött alumínium felhasználása főként a tömegcsökkentést célozza a megfelelő merevség fenntartása mellett. A vizsgált jármű az 1. ábrán látható.



41. ábra: SZEmission – A kutatás alapjául szolgáló versenyjármű.

2. Járműre ható menetellenállási komponensek

Dinamikai szempontból az úton közlekedő járműveket általában félig merev testeknek tekintjük, melyeket a háromdimenziós térben lineáris és szögelfordulási pozícióik jellemzik. Energiaoptimalizálási szempontból a jármű hosszirányú dinamikája domináns, melyet Newton második törvénye szerint az 1. egyenlet ír le.

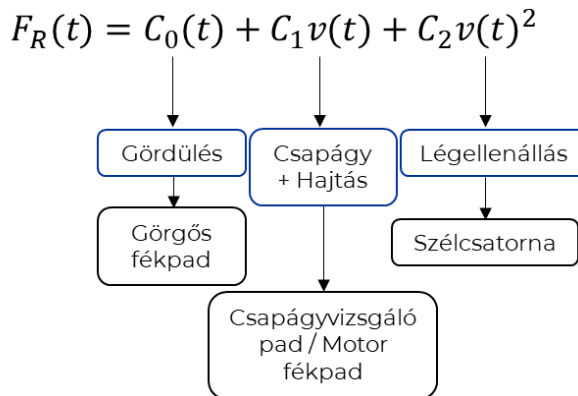
⁵ SCIARRETTA, A.; NUNZIO, G. DE; OJEDA, L. L. Optimal Ecodriving Control: Energy-Efficient Driving of Road Vehicles as an Optimal Control Problem. IEEE Control Systems Magazine 2015, 35 (5), 71.

$$m\ddot{x}(t) = F_T(t) + F_R(t) + F_S(t) \quad (1)$$

Az egyenletben szereplő F_T a jármű hajtáslánca által kifejtett vonóerőt írja le. A versenyjármű esetében a hajtásról egy háromfázisú állandó mágneses motor gondoskodik, mely változtatható fogasszíj áttételen keresztül hajtja a bal hátsó kereket. A tanulmányban a menetellenállási erőket vizsgálat komponenseként, azonban a jármű mozgása szempontjából az összesített hatásukat (F_R) kell figyelembe venni. Továbbá állandó külső tényező a bejárat pályából származó erőkomponens, amit a jármű hosszirányú dinamikájának figyelembe kell venni. A menetellenállási erőt (F_R) szétbonthatjuk további komponensekre, ahogy a 2. egyenlet is mutatja.

$$F_R(t) = C_0(t) + C_1v(t) + C_2v(t)^2 \quad (2)$$

A menetellenállási erőt többféleképp elemezhetjük tovább. Megkülönböztethetünk egyenes vonalú haladáskor és kanyarodáskor fellépő összesített menetellenállást, azonban komponensek szempontjából, három fő tagra bonthatjuk. A menetellenállás komponenseket az ellenállás sebességtől való függésétől határozzuk meg és C -vel jelöljük⁶. A C_0 a gördülési ellenálláshoz kapcsolódik, melyet tisztán egy görgős fékpaddal tudunk mérni, vagy gyártói adatlapai adatokból azonosítani. A C_1 komponens a csapágyak és a hajtáselemek ellenállásához tartozó komponens, melyből származó erőkomponens a sebességgel lineárisan nő. Elkülönített mérését speciális mérőpadok segítségével tudjuk végezni. A jellemzően legnagyobb komponens a C_2 , mely a jármű légellenállásával arányos, klasszikus identifikációs módszere a szélcsatorna mérés. A menetellenállás komponenseket és azok mérési eljárásait a 2. ábrán foglaltam össze.



42. ábra: Menetellenállás komponensek és azok mérési módszerei

⁶ SCIARRETTA, ANTONIO, ÉS ARDALAN VAHIDI. 2020. „Fundamentals of Vehicle Modeling”. In Energy-Efficient Driving of Road Vehicles: Toward Cooperative, Connected, and Automated Mobility, szerkesztette Antonio Sciarretta és Ardalan Vahidi, 33–62. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Cham: Springer International Publishing.

3. Mérési eljárások bemutatása

A menetellenállás komponenseket egymástól elkülönítve is lehet mérni, azonban az általános gyakorlat szerint a menetellenállást összesítve, kigurulásos teszttel határozzák meg. Ez egy egyszerű és minden komponenst magába foglaló eljárás, ahol a járművet egy megadott sebességről hajtás nélkül hagyunk lelassulni, azaz kigurulni. A lassulás időbeni lefutása alapján a járműre ható összesített menetellenállási erő számítható a sebesség függvényében. Ezzel a teszttel jól jellemezhető a járműmodellekben a menetellenállás, azonban a komponensek eloszlásáról nem nyújt információt, ami nélkül a fejlesztési irányok nem azonosíthatók. A jármű kigurulásos tesztjét ebben az esetben is elvégeztük, hiszen az összesített eredményeket nem csak a modellben alkalmazhatjuk, hanem ebből kiindulva, további mérések elvégzése mellett teljes rálátást kaphatunk a menetellenállási komponensekre. A kigurulásos mérésre illesztett ötödfokú polinom formáját a 3. egyenletben írom le. Az illesztés determinációs együtthatója, $R^2=0.99983$.

$$F_R(t) = -4.4495 \times 10^{-11}x^5 + 3.0960 \times 10^{-8}x^4 - 8.7858 \times 10^{-6}x^3 + 0.0016x^2 - 0.3172x + 41.11 \quad (3)$$

Az így megkapott teljes menetellenállás függvényből további mérési eljárásokat használva tudjuk azonosítani a komponenseket. A következőkben szélcsatornás méréssel a jármű alaktényezőjét azonosíthatjuk, amennyiben a frontfelületet geometria mérések segítségével már ismerjük. Ezt a mérést az Audi Hungária Zrt. győri gyárában elhelyezkedő, eredetileg szélzaj vizsgálatokra tervezett mérési kamrájában végeztük, egy speciálisan erőmérésre készített mérő állvánnyal. Az állványon elhelyezett járművet a légáram hátrafelé nyomja, melyből származó erőt egy erőmérő cella segítségével rögzítettük. A több munkaponton elvégzett mérések alapján a légellenállási erő és a sebesség közötti összefüggését a 4. egyenlet írja le.

$$F_{air} = \frac{1}{2} \cdot 1.1843 \cdot 0.897460958 \cdot 0.1364 \cdot v^2 \quad (4)$$

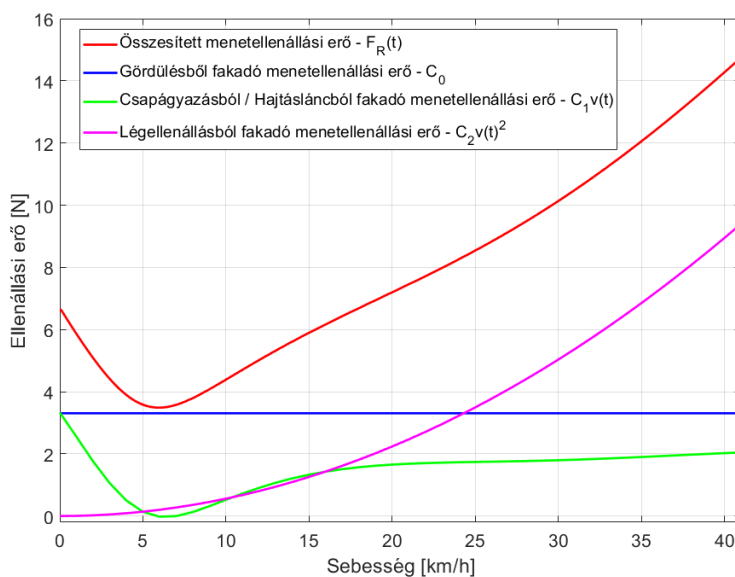
A 4. egyenletből látható, hogy a jármű, mérések alapján meghatározott alaktényezője 0.1364, ami kifejezetten alacsony érték a közúti járművekhez képest. Természetesen a kisebb frontfelület és az egyszemélyes kivitel nagyban hozzájárul az ilyen alacsony alaktényező eléréséhez.

A gördülési ellenállási erő értékét meghatározhatjuk egy speciális görgős tesztpad segítségével, azonban ez az egyedi mérőberendezés még nem áll rendelkezésemre a méréshez, így az adatlapi értékek felhasználása jelentette a megoldást. A járművön használt Michelin energiahatékony 90/80 R16 méretű abroncsainak adatlapi értékei alapján kiszámoltam a gördülési ellenállási erőt, amit a jármű teljes sebességtartományán állandónak feltételeztem. A kigurulásos mérésből származó teljes menetellenállási erőből elsőként kivonva a gördülési ellenállási erőt, majd pedig a már identifikált légellenállási erőt, megkapható a csapágy és hajtás ellenállása az 5. egyenlet alapján.

$$C_1v(t) = F_R(t) - C_0(t) - C_2v(t)^2 \quad (5)$$

4. Menetellenállás komponensek meghatározása

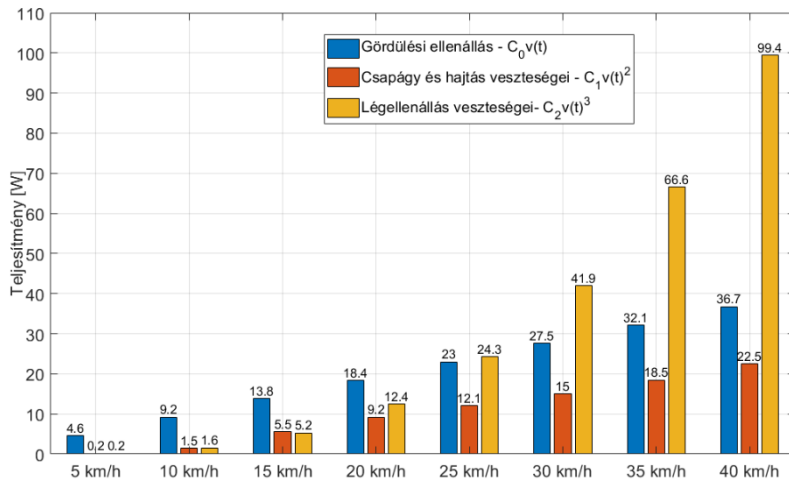
A teljes menetellenállás, valamint az azonosított komponenseket és mértéküket a 3. ábrán foglaltam össze. A piros folytonos görbe jelöli a teljes menetellenállást, ami a kigurulás során rögzített lassulás alapján számoltam ki. Érdeemes kiemelni a kezdeti sebességtartományon felvett alakját a görbének, ami azt mutatja, hogy az ellenállás nem monoton nő. Amennyiben a komponenseket vizsgáljuk látszik, hogy az azonosított légellenállás (rózsaszín) és gördülési ellenállás (kék) alakja megfelel az elvártaknak, egyedül a csapágyazásból, illetve hajtásláncból adódó menetellenállási erők értéke nem monoton jellegű. Ez azzal magyarázható, hogy a csapágyak súrlódó elemeinek ellenállása egy határsebesség alatt nem jól jellemezhető, a tehetetlenségből és a változó súrlódási viszonyokból adódóan. További ok lehet a kigurulások mérés pontatlansága alacsony sebességen, amikor még a szélcsendes idő hatása is kimutatható a rögzített adatokon.



43. ábra: A teljes menetellenállás és komponensei

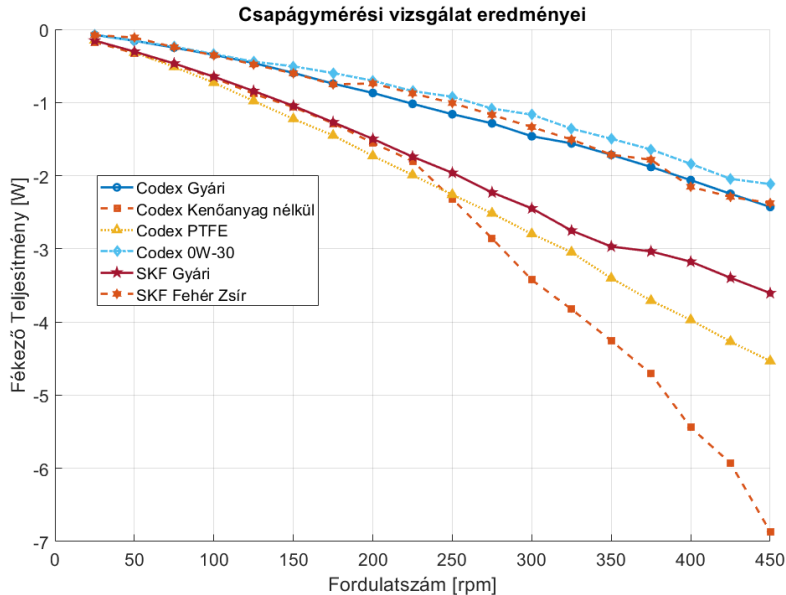
A menetellenállási erők függvényében már számolható az a teljesítményvesztés, ami az adott sebességtartományon lassítja a járművet. A különböző sebesség értékeken fellépő teljesítményvesztés értékeit a 4. ábrán szemléltettem. Az ábrán látható, hogy alacsony sebességtartományon, egészen 20 km/h értékig a legnagyobb veszteség a gördülési ellenálláshoz tartozik és csupán előlött lesz a légellenállás a domináns tag. Az ábrán nagyon jól látszik, hogy már a jármű üzemeltetési tartományában magasnak mondható, 35 km/h sebességtartáshoz is csak 117.2 W teljesítmény társul, azaz a hajtásnak ekkora teljesítményt kell kifejtenie, hogy fenntartsa a jármű utazó sebességét. A csapágyak és a hajtásból fakadó veszteségek a teljes tartományt nézve is a legalacsonyabbak. Ez részben a gondosan kiválasztott és megtervezett kerékagy csapágyazásnak, másfelől a szabadonfutó alkalmazásának köszönhető. A szabadonfutó a jármű motorjának

fékezési nyomatéka helyett, csupán a szabadonfutó csapágy veszteségeit közvetíti a kerék felé. Ezzel a megoldással a hajtás ugyan nem képes regeneratív fékezésre, de a teljes működési tartományban alacsonyabb menetellenállási veszteséggel rendelkezik. A hajtásrendszer kialakítása mindkét megoldással üzemképes, a szabadonfutó alkalmazását mindig az aktuális pálya függvényében kell mérlegelni. A pontos döntéshez járműmodell alapú szimulációk szükségesek, de általánosan elmondható, hogy az alacsony szintemelkedés és kevés számú megállás esetén a szabadonfutó a kedvezőbb döntés.



44. ábra: A menetellenállás komponensek veszteségteljesítménye a sebességtartományon

Bár a csapágyazás veszteségei a legalacsonyabbak, mégis ennél a komponensnél a legkönnyebb változtatásokat eszközölni, típus és kenőanyagválasztás tekintetében. A csapágyak méreteit rögzítettük a kerékagyak alapján és páronként vizsgáltuk őket. Egy kerékagy egy pár csapágyat tartalmaz, ezek ellenállásait együtt tudjuk mérni egy speciális csapágmérő padon. A padon a csapágyazás előfeszítését is beállíthatjuk, szimulálva a jármű haladása közben fellépő talperőt. Ezt az erőt egy erőmérő cella segítségével rögzíthetjük és többféle terhelési állapotot is vizsgálhatunk. A mostani tanulmány szempontjából, a jármű általános üzemeltetése szempontjából mérvadó, kerekenkénti 400N nagyságú terhelési erő eredményeit ismertetem. A mérés során fellépő veszteségeket a villamos próbapadon elhelyezett nyomatékszenzort segítségével lett meghatározva. A vizsgálat alatt számos csapágytípust és lehetséges kenőanyagot alkalmaztunk. A kenést mérési etaponként végeztük el, ez főként az alacsony viszkozitású kenőanyagok miatt érdemes kiemelni. Ezeket a kenőanyagokat majd a járműves üzemeltetés során is gyakran kell pótolni. A legfontosabb eredményeket az 5. ábrán emeltem ki.



45. ábra: Kerékagy csapágyak fékező teljesítménye a fordulatszám függvényében

Jól látható, hogy 400N terhelő erő esetén a referenciaként is szolgáló kenés nélküli csapágyhoz tartozik a legnagyobb fékező teljesítmény, a terhelés növekedésével ez tovább romlik. Alapvetően mindkét ábrázolt csapágytípus megegyezően nyitott kivitelű volt és gyári csapágyzsírral volt vizsgálva, ezt eltávolítva alkalmaztunk más kenéseket. A változtatott kenések közül egyértelműen az alacsony viszkozitású olajok tűntek a legjobbnak, amik még megfelelően csökkentik a súrlódást a golyó és a pálya között, azonban nem jelentenek túl nagy ellenállást, mint a zsírok. Látható továbbá, hogy egy kerékagy ellenállása 350 1/min fordulatszám esetén (~35 km/h), 2 Watt, ami a teljes autóra vonatkoztatva is csupán 8 Watt. A 4. ábrán látható, hogy ezen a sebességszinten a hajtás és csapágyazás veszteségei összesen 18,5 Wattot tesznek ki. A csapágmérésből következtethető, hogy a szabadonfutó ellenállása 10,5 Watt, amivel egymaga több veszteséget jelent, mint az összes kerékcsapágy együttvéve. A kenés módosításával a kerékcsapágyak veszteségeit összesen maximum ~2 Wattal csökkenthetjük, szabadonfutónál viszont további előrelépés érhető el, ez azonban további vizsgálatokat igényel. További fejlesztési irányként azonosítható a gördülési ellenállás csökkentése, ami a teljes sebességtartományon jelentős előrelépés lehet. Ezt különböző futóműbeállításokkal érdemes vizsgálni, kiemelten a kerékdőlést, mellyel a futófelület érintkezése módosítható az aszfalttal.

5. Összefoglalás

A mostani tanulmányomban egy energiahatékony elektromos versenyautó menetellenállását, valamint annak komponenseit vizsgáltam. A menetellenállások vizsgálata az energiahatékony járműüzemeltetéshez kulcsfontosságú, hiszen ez

jelentősen befolyásolja a jármű üzemeltetését, és az energiafogyasztás karakterisztikáját. A jármű modellezéséhez elegendő az összesített menetellenállást használni, amit kigurulásos méréssel könnyen meghatározhatunk. Azonban ez önmagában nem mutatja meg a járműfejlesztés szempontjából fontos menetellenállás komponenseket. A komponensek megismeréséhez további méréseket végeztem el és elemeztem, mint például jármű szélcsatornás mérése, valamint csapágyellenállás mérése. A szélcsatornás mérés és a gördülési ellenállás kiszámolása után megkaptam a csapágyak és a hajtás összesített ellenállását, amit a csapágy mérés után tovább részletezhettem. Ezek alapján az elemzések alapján azonosítottam a fő fejlesztési irányokat. Bár a légellenállás a legnagyobb tényező utazósebességen, mégis ezt a legnehezebb és a legköltségesebb csökkenteni, így jelenleg a gördülési ellenállás és a csapágyazás ellenállásának minimalizálására célszerű fókuszálni erőforrásokat. A mérés alapján elmondható, hogy a csapágyak kenésének módosításával csökkenthető az ellenállás, valamint további méréseket irányoztam elő különböző futómű beállítások esetén, mellyel a gördülési ellenállás potenciálisan csökkenthető.

Felhasznált irodalom

- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A European Strategy for Low-Emission Mobility; 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0501> 2024. április 20.
- BARRETO, R.; FARIA, P.; VALE, Z. Electric Mobility: An Overview of the Main Aspects Related to the Smart Grid. *Electronics* 2022, 11 (9), 1311.
- WEISS, M.; CLOOS, K. C.; HELMERS, E. Energy Efficiency Trade-Offs in Small to Large Electric Vehicles. *Environ Sci Eur* 2020, 32 (1), 46.
- IANUŞ, G.; COJOCARU, D.; OPRIŞAN, M. C.; PALEU, V.; OLARU, D. N. Power Loss in Grease Lubricated Ball Bearings. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020, 724 (1), 012009.
- SCIARRETTA, A.; NUNZIO, G. DE; OJEDA, L. L. Optimal Ecodriving Control: Energy-Efficient Driving of Road Vehicles as an Optimal Control Problem. *IEEE Control Systems Magazine* 2015, 35 (5), 71.
- SCIARRETTA, A.; VAHIDI, A. Fundamentals of Vehicle Modeling. In *Energy-Efficient Driving of Road Vehicles: Toward Cooperative, Connected, and Automated Mobility*; Sciarretta, A., Vahidi, A., Eds.; Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure; Springer International Publishing: Cham, 2020; pp 33–62.

Sértettek jogai és védelme a büntetőeljárásban: egy komparatív elemzés az osztrák, a német és a magyar jogrendszerben

1. Bevezetés

A magánbosszú felszámolásával az állam kezébe került az igazságszolgáltatás, illetve a bűnüldözés feladata. Ezzel párhuzamosan a sértett jogai fokozatosan háttérbe szorultak, a közjogivá vált büntetőjog nem a sérelmet szenvedett fél felől közelített az eljárása során, hanem az elkövető megbüntetésére, példa statuálása lett a cél.

A XX. században felismerték, hogy a büntetőeljárás sikerességéhez szükség van a sértett részvételére is, megfogalmazódott az igény a jogaik kodifikálására, kiterjesztésére. Különös tekintettel kell lenni a sértetti érdekekre a jogalkotás során, hiszen az ő képviselőik nem tudnak helyet foglalni a kodifikációs bizottságokban, holott az ő jogaik sérelme miatt van szükség az igazságszolgáltatásra. A sértetti jogok középpontba kerülésének oka az a felismerés, hogy a sértettek aktív részvétele a büntetőeljárásban elősegíti annak sikerességét.

Az Európa Tanács, valamint az Európai Unió égisze alatt is születtek ajánlások, irányelvek annak érdekében, hogy a különböző országokban egységes minimumszabályok vonatkozzanak a sértettekre. Az egyes országok sajátos megoldásokat alkalmaznak ezen jogosultságok szabályozására, a sértett fogalma sem egységes. Tanulmányomban az osztrák, a német és a magyar büntetőeljárás jogi törvény sértettekre vonatkozó rendelkezéseit, valamint az Európai Unió által hozott irányelveket szeretném bemutatni.

2. A sértetti jogok térnyerése

A korai időkben kiemelt szerepe volt a sértetteknek, hiszen ekkor még nem beszélhetünk büntető igazságszolgáltatásról, ezt a korszakot a magánbosszú jellemezte. Ez azt jelentette, hogy akit sérelem ért, az korlátok nélkül megtorolta azt.² Később a törzsi élet fejlődésével ez átalakult vérbosszúvá, ekkor már nem a sértett, mint egyén gyakorolta a megtorlást, hanem az egész törzs vagy nemzetség, ennek korlátozásával alakult ki a magán-igazságszolgáltatás intézménye.³ A vérbosszút később felváltotta a talio elv, vagyis a „szemet szemért, fogat fogért” elv, mely elvezetett a megváltás intézményéhez.⁴ A kánonjogban kialakult asylum joga

¹ Állam- és Jogtudományi Doktori Iskola. Témavezető: Dr. habil. Bartkó Róbert PhD., habilitált egyetemi docens, Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Büntügyi Tudományok Tanszék.

² Gergi-Horgos Livia: *A közvád kialakulásának jogtörténeti áttekintése a ius puniendi állami monopóliummá válása folyamatában*, <https://ujbtk.hu/dr-gergi-horgos-livia-a-kozvad-kialakulasanak-jogtorteneti-attekintese-a-ius-puniendi-allami-monopoliumma-valasa-folyamataban/>, 2023. december 15.

³ Uo.

⁴ Uo.

azt jelentette, hogy a sértett a zárdába vagy templomba menekült elkövetőt már nem üldözhetette tovább.⁵

A *compositio* elve alapján kezdetben a sértett vagyoni elégtételt kapott az elkövetőtől, majd ennek egy része már a királyt illette meg, ez jelentette az átmenetet a büntetőjog közjogi jellegűvé való átalakulásához.⁶ A görög és római jogban a sértettnek volt joga vádat emelni a feltételezett elkövető ellen, majd a bíróság ez alapján járt el, tiszta vádelv érvényesült. Itt a bűncselekmények közjogi jellege csak másodlagos volt, elsődleges cél, hogy a sértett elégtételt kapjon az ellene elkövetett bűncselekmény miatt.⁷ A súlyosabb bűncselekmények esetén a sértett nem csak a saját érdekeit képviselte, hanem itt már megjelent az államérdek, közérdek.⁸

Az állam öntudatra ébredésével a büntetőjog magánjogi jellege eltűnt, közjogi jelleget öltött, ezzel pedig a sértettek szerepe háttérbe szorult, sőt sokszor rájuk tekintet nélkül folytatták le a büntetőeljárást, és szolgáltattak igazságot.⁹

A sértettek védelme, jogaik szabályozása rövid múlttra tekint vissza.¹⁰ A XX. században megjelent az igény a sértett büntetőeljárásbeli szerepének megváltoztatására, jogainak kialakítására, hiszen ekkorra már egyáltalán nem a sértett kompenzációja volt a büntetőjogi szankciók célja, a sértett, mint kívülálló jelent meg az igazságszolgáltatásban.¹¹ Rájöttek, hogy a bűnüldözés és igazságszolgáltatás feladatának sikeres teljesítéséhez elengedhetetlen a sértettek részvétele a büntetőeljárásban. Az áldozatot felkaroló igazságszolgáltatás sikert érhet el a bűnözés csökkentésében.¹² Nem kifizetődő a bűncselekmény áldozatára, mint a bizonyítékok egyik forrására tekinteni.¹³ A sértettek képviselői bár nem ülnek ott a kodifikációs bizottságokban, érdekei figyelmen kívül hagyása mégis nagy veszélyeket rejt magában.¹⁴ Azonban a sértett jogait úgy kell biztosítani, hogy a terhelt védekezési jogát méltánytalanul ne sértsék,¹⁵ illetve a sértettekkel szemben tanúsított túlzott szolidaritás esetén fennáll a veszélye a terhelti pozíció gyengítésének.¹⁶

Az Európai Unió által kidolgozott, majd 2012-ben elfogadott 2012/29/EU irányelv, mely a 2001/220/IB kerethatározatot váltotta fel, célja, hogy a bűncselekmények áldozatai megfelelő tájékoztatásban, támogatásban és védelemben

⁵ Balogh Jenő: *A sértett fél jogköre a büntetőjogban*, 1887, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 31.o.

⁶ Balogh: i.m. (1887) 12.o.

⁷ Gergi-Horgos Livia i.m.

⁸ Uo.

⁹ Balogh: i.m. (1887) 11.o.

¹⁰ Róth Erika: *Position of victims in the criminal procedure in the context with requirements of the European Union*, in: *European Integration Studies*, Volume 9. Number 1. 2011. 109.o.

¹¹ Bárd Károly: „Alkalmazott” viktimológia Észak-Amerikában, in: *Magyar Jog*, 1984/1. 21.o.

¹² Bárd (1984) 24.

¹³ Kiss Anna: A sértett jogainak erősítése a hazai és a német büntetőeljárás összehasonlításának tükrében, in: *Rendészeti Szemle*, 2006/7-8. 114.o.

¹⁴ Bárd: i.m. (1984) 27.o.

¹⁵ Kiss: i.m. (2006) 115.o.

¹⁶ Bárd Károly: A vádlottak jogai és az áldozatok érdekei – megteremthető a harmóniai? in: *Belügyi Szemle*, 2014/5. 15.o.

részesüljenek, valamint képesek legyenek részt venni a büntetőeljárásban.¹⁷ Azonban a irányelv által elérni kívánt cél ellenőrzése nehézkes, az elfogadott rendelkezések hatékonyságát nem lehet mérni.¹⁸

3. Sértett fogalma

Az osztrák Strafprozeßordnung (továbbiakban: StPO.) az „Opfer”, míg a német StPO. a „Verletzte” kifejezést használja. A német szövetségi parlament által 2004-ben elfogadott, áldozati jogok reformjáról szóló törvény az „Opfer” kifejezést használja¹⁹, ebből látszik, hogy Németországban csak úgy, mint Magyarországon („áldozat” – „sértett”) két különböző kifejezést használnak, elkülönítve a két kategóriát, ellentétben az angol nyelvvel.

Mind az osztrák, mind a német sértetti fogalom különbözik a magyar büntetőeljárás törvényben szabályozottól, azonban más-más okból.

Az osztrák StPO. 65. §-ának fogalma alapján nem csak azok a személyek minősülnek sértettnek, akik jogát vagy jogos érdekét bűncselekmény közvetlenül sértette vagy veszélyeztette, hanem kiszélesíti ezt a kört a közvetett sértettekre, a magyar áldozatvédelmi törvény szerinti áldozatokra is.²⁰ Ez azt jelenti, hogy az osztrák jogban szélesebb személyi körnek biztosítják a büntetőeljárás során a sértetti jogokat, mint a magyar eljárásban.

A 2012/29/EU irányelvben megjelenő áldozat-definíció a magyar büntetőeljárás törvényben meghatározott sértett fogalmához képest részben szűkebb, mert a jogi személyt kirekeszti az áldozatok köréből, s csak a bűncselekmény természetes személy elszennvedőjét tekinti áldozatnak (ahogyan a német és az osztrák StPO. is). Másrészt viszont az irányelv a természetes személy áldozatok körét tágabban határozza meg, hiszen mindazon természetes személy áldozatnak tekintendő, aki közvetlenül bűncselekmény következményeként sérelmet, így különösen testi, szellemi (mentális) érzelmi sérülést, avagy gazdasági veszteséget szenvedett, csakúgy mint az osztrák fogalom szerint.²¹

A német StPO. 373b. §-a ugyanazt a személyi kört tekinti sértettnek, mint a magyar büntetőeljárás jogi törvény 50. §-a, azonban egy fontos különbség mégis van a két fogalom között. A német szabályozás tekintettel az ártatlanság vélelmére jogerősen elbírált, valamint feltételezett bűncselekményt említ. Ennek a fogalomnak a célja, hogy a sértett minél előbb gyakorolhassa a büntetőeljárás során a jogait, valamint az ártatlanság vélelme ne sérüljön.²² Érdekesnek tartom, hogy a három

¹⁷ Lencse Balázs: A büntetőeljárás törvény egyes sértettekre vonatkozó rendelkezéseinek módosítása az Európai Unió áldozatvédelmi irányelvének tükrében, in: *Büntetőjogi Szemle*, 2016/1-2. 52.o.

¹⁸ Róth: i.m. (2011.) 111.o.

¹⁹ Opferrechtsreformgesetz: Gesetz zur Verbesserung der Rechte von Verletzten im Strafverfahren vom 24. 06. 2004.

²⁰ Lsd.: a bűncselekmények áldozatainak segítéséről és az állami kárenyhítésről szóló 2005. évi CXXXV. törvény.

²¹ Lsd.: 2012/29/EU irányelv 2. cikk (1) bekezdés (a) pont.

²² Ulrica Hochstätter: *Die Fragen der Opfer im Strafprozess – Bedürfnisse und Erwartungen im Kontext der strafverfahrensrechtlichen Bewältigung*, 2023. Springer VS Wiesbaden, 6.o.

törvény közül csak a német tartja fontosnak egy olyan fogalom megalkotását, mely az ártatlanság vélelmével is összhangban áll.

A magyar törvény kifejezetten említi a sértett fogalma körében a nem természetes személyeket, míg ez a másik két ország szabályozásában nem figyelhető meg.

4. Sértetti pozíciók

Hasonló sértetti pozíciók jelennek mindhárom ország büntetőeljárásában, azonban vannak olyan jogintézmények melyek nem figyelhetőek meg mindenhol. Az azonban mindhárom ország vonatkozásában elmondható, hogy a legtöbb jogosultsággal az a sértett rendelkezik, aki magánfélként vesz részt az eljárásban.

4.1. Magánvádló

Mindhárom törvény szabályozza azt az esetkört, amikor a sértett önállóan az ügyész részvétele nélkül jár el a saját érdekében, magánvádlóként („Privatankläger”). Erre mindegyik törvény csak meghatározott, jellemzően kisebb tárgyi súlyú, személyesebb jellegű bűncselekmények elkövetése esetén ad lehetőséget. Mindegyik törvény megköveteli a sértettől az ún. magánvádirat benyújtását, melynek az ügyész által benyújtott vádirat követelményeinek kell megfelelnie.²³

Mind a német mind pedig osztrák StPO. szabályozza a mellékmagánvádló intézményét, ez azonban mást jelent a két országban. A német jogban a mellékmagánvádlóként („Nebenkläger”) eljáró sértett az ügyész mellett, kvázi kiegészítő ügyészként részt vehet az eljárásban.²⁴ Ez a magyar jogtól idegen jogintézmény azt hivatott szolgálni, hogy a sértett aktívan részt vehessen az ügyész mellett, egy korrekációs lehetőség ez az állam részéről, amellyel a sértetti elégtételt próbálja szolgálni.²⁵ Továbbá lehetőséget ad a sértettnek, hogy személye, becsülete, hírneve elleni támadásokkal szemben személyesen fellépjen, közreműködjön az eljárás befejezésében.²⁶ Ez az aktív részvétel azt jelenti, hogy bizonyítási indítványt tehet, kérdéseket tehet fel mind a terheltnek, mind az eljárásban résztvevő szakértőknek, kérdések ellen kifogást emelhet.²⁷

Az osztrák jogban a mellékmagánvád („Subsidiarankläger”) azt jelenti, hogy a sértett fenntarthatja az ügyész által visszavont vádiratot, azonban erre csak akkor van lehetőség, ha magánfélként vesz részt az eljárásban²⁸. Ez a jogintézmény a

²³ Lsd. German StPO. 374-394. §.; Austrian StPO. 71. §.; Magyar büntetőeljárásjogi törvény 53.§, 767-782. §.

²⁴ Lsd. German StPO. 395. §.

²⁵ Kiss Anna: A sértett eljárásjogi helyzete néhány európai államban, in: *Kriminológiai Tanulmányok* 44., 2007, Budapest, 230.o.

²⁶ Bárd Károly: Az áldozatok jogállása a nemzeti es a nemzetközi büntetőeljárásban, in: *Gályapadból laboratóriumot*, 2015, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 6.o.

²⁷ Ulrica i.m. (2023) 89.o.

²⁸ Lsd. Austrian StPO. 72. §.

magyar pótmagánvádas eljárásnak felel meg. Ez a jogintézmény az ügyészi túlhatalmat igyekszik ellensúlyozni²⁹, a sértett érdekeit hátrányosan befolyásoló hibák kiküszöbölése a célja.³⁰ Alapot teremt a sértett számára, hogy az ügyésztől eltérő álláspontja esetén bírósághoz fordulhasson, bár nincs alkotmányos alapjoga a jogát vagy jogos érdekét sértő vagy veszélyeztető büntetendő cselekmény bírósági elbírálásához. Ebben a kérdésben a magyar Alkotmánybíróság a német gyakorlatra hivatkozik, amelynek értelmében magánvádas eljárás során sincs a sértettnek alapjoga az állami büntetőigény érvényesítésére.³¹ Mivel pótmagánvád esetén is szükséges, hogy a vádirat és az indítványok szakmai színvonalon készüljenek el, ezért a Be. 788.§. pótmagánvádas eljárásban kötelezővé teszi a jogi képviselőt. A magyar Alkotmánybíróság több határozatában is foglalkozott azzal, hogy ki lehet pótmagánvádló. Ennél a kérdésnél a sértett fogalmából kell kiindulnunk, ezért is fontos különösen, hogy a jogalkotó olyan egyértelmű definíciót alkosson, amely nem vezet el az ellentmondó joggyakorlat kialakulásához.³² A pótmagánvád intézménye egy olyan vádkorrekciós eszköz, amely alkalmazásának lehetőségét, így a sértetti minőség meglétét mindig egyedileg kell vizsgálni, szem előtt tartva, hogy a sértettnek nincs alanyi joga az elkövető megbüntetésére.³³

4.2. Magánfél („Privatbeteiligter“)

Az angolszász országokban nem lehetséges egy eljárásban köz- illetve magánügyet elbírálni, vagyis ott kizárt az adhéziós eljárás alkalmazása szemben a kontinens országaival.³⁴

Az adhéziós eljárás bevezetésére a gyors reparáció érdekében, a perökoniómiai szempontok figyelembevételével került sor.³⁵ Tremmel Flórián szerint a harmadik célszerűségi érv a sértett, mint magánfél fellépésének biztosítása mellett az annak elkerülése, hogy ne szülessenek egymással ellentétes határozatok ugyanazon eseménnyel kapcsolatosan. Ezentúl a jogtudomány fontos indoknak tartja azt is, hogy a büntetőbíróság bűnösséget megállapító ítélete az alapja a magánfél keresetének, így előnyösebb ebben az eljárásban dönteni a polgári jogi igényről is.³⁶

Mindhárom törvény szabályozza azt a lehetőséget, hogy a sértett a büntetőeljárás keretein belül érvényesítse a bűncselekmény következtében elszenvedett kárát, vagyis az ún. adhéziós eljárást. A magánfél fogalom mindhárom törvényben közel azonos, a német StPO. fogalma részletesebb, kitér arra is, hogy csak olyan vagyoni igényt érvényesíthet, melyet még nem bíráltak el. Mindhárom

²⁹ 42/2005. (XI. 14.) AB határozat.

³⁰ 14/2002. (III. 20.) AB határozat.

³¹ 1/2015. (I. 16.) AB határozat.

³² Lsd. 3207/2016. (X. 17.) AB végzés, 42/2005. (XI. 14.) AB határozat.

³³ 3014/2013. (I. 28.) AB végzés.

³⁴ Fejesné Varga Zita: A büntetőeljárásban érvényesített polgári jogi igény megjelenése a perújítás intézményében, in: *Büntetőjogi Szemle*, 2017/1. szám, 35.o.

³⁵ Kiss Anna: *A sértett szerepe a büntetőeljárásban*, 2018, Országos Kriminológiai Intézet, Budapest, 175.o.

³⁶ Herke Csongor: A polgári jogi igény, in: *A kriminálpolitika és a társadalmi bűnmegelőzés kézikönyve*, 2. kötet, 2009, 125.o.

törvény lehetőséget ad a vagyoni sérelem mellett a nem vagyoni kár, azaz a sérelemdíj követelésére is.

A magánfél a perifériára szorult, tanú szerepében elsüllyedt sértetthez képest többletjogosítványokkal rendelkezik, speciális helyzetben lévő sértettnek minősül.³⁷ Mindhárom törvény külön szabályozza a magánfélként eljáró jogosultságait, melyek az egyszerű sértetthez képest többlet jogokat jelentenek (Pl. fellebbezési joga van a polgári jogi igénnyel kapcsolatosan).

5. Sértettek jogai

Az általam vizsgált törvények mindegyike azonos jogokat biztosít a sértettek számára.

Bár a sértetti jogok folyamatosan bővülnek, szélesedik a sértett fellépésének lehetősége, azonban még a hatályos szabályok alapján sincs alanyi joga arra, hogy az állam büntetőigényét kikényszerítse. A bírósághoz fordulás joga alapján feljelentést tehet, magánindítványt nyújthat be, eljárhat törvényben meghatározott esetekben magánvádlóként, pótmagánvádlóként, de arra nincs joga, ezek alapján a terheltet a bíróság el is ítélje. Az ítélezés továbbra is állami feladat, mely sértett által sem kényszeríthető ki.³⁸

Kiemelt jogként kezeli az Európai Unió Bírósága (hereinafter: EUB) áldozatok vallomástételi jogosultságát, illetve bizonyítékként való figyelembevételét.³⁹ Emellett fontosnak tartja az EUB, ne feltétlenül kerüljön sor a bírósági eljárásra, hanem a tagállamok segítség elő a közvetítői eljárás alkalmazását.⁴⁰ A terhelt és az áldozat közötti megegyezés lehetőségeire mindhárom törvény nagy hangsúlyt fektet, szem előtt tartva azt, hogy a sértettnek az a legjobb, ha minél előbb befejeződik az eljárás, kára megtérül.

Az EUB több ítéletében is kimondta, hogy a sértett büntetőeljárásban való megfelelő részvételének biztosítása csak a terhelt védelemhez való jogának teljeskörű tiszteletben tartása mellett lehetséges. Az áldozatok jogai nem sérthetik a terhelt eljárás jogait, kiemelten fontos a fegyverek egyenlőségének fenntartása.⁴¹ Az European Court of Human Rights (hereinafter: ECHR) gyakorlata is ebbe az irányba mutat. Az ECHR szerint a büntetőeljárás során a terheltnek megfelelő védelemhez való jogát, az áldozatok érdekét, illetve az igazságszolgáltatáshoz fűződő közérdeket kell mérlegelni.⁴²

³⁷ Majoros Tünde: Bűnös vagy felelős? Polgári jogi igény érvényesítése a büntetőeljárásban, in: *Advocat*, 21. évfolyam, 1-2. szám, 2018. 10.o.

³⁸ 3104/2018. (IV. 9.) AB végzés.

³⁹ C-105/03. Maria Pupino – Judgment (Grand Chamber) 16 June 2005. és C-38/18. Massimo Gambino, Shpetim Hyka vs. Procura della Repubblica presso il Tribunale di Bari, Ernesto Lappostato, Banca Carige SpA and Cassa di Risparmio di Genova e Imperia – Judgment (First Chamber) 29 July 2019.

⁴⁰ C-205/09. Emil Eredics and Mária Vassné Sági - Judgment (Second Chamber) of 21 October 2010.

⁴¹ Róth: i.m. (2011.) 118.o.

⁴² C-38/18. Massimo Gambino, Shpetim Hyka vs. Procura della Repubblica presso il Tribunale di Bari, Ernesto Lappostato, Banca Carige SpA and Cassa di Risparmio di Genova e Imperia – Judgment (First Chamber) 29 July 2019.

6. Összegzés

Az osztrák és a német büntető eljárásjogi rendelkezéseket vizsgálata során megállapítható, hogy ezen országokban is megtörtént az a paradigmaváltás, amely hazánkban is bekövetkezett a vagyis egyre fontosabbá vált a sértettek védelme és jogaik érvényesítése.

Mindhárom vizsgált büntető eljárásjogi kódex azonos jogoka biztosít a sértetteknek, ennek fő oka, hogy mindegyik ország a 2012/29/EU irányelv előírásait követve alakította ki a sértetti jogokat, különös tekintettel a különleges bánásmódot igénylő sértettekre.

Az egyik fő különbség azonban ezen kódexek között a sértett definíciójában rejlik, látható, hogy nincs egy egységesen használt fogalom, minden ország jogalkotója mást hangsúlyoz a fogalom megalkotása során.

Felhasznált irodalom

- 14/2002. (III. 20.) AB határozat.
- 42/2005. (XI. 14.) AB határozat.
- 3014/2013. (I. 28.) AB végzés.
- 1/2015. (I. 16.) AB határozat.
- 3207/2016. (X. 17.) AB végzés, 42/2005. (XI. 14.) AB határozat.
- 3104/2018. (IV. 9.) AB végzés.
- C-105/03. Maria Pupino – Judgment (Grand Chamber) 16 June 2005.és C-38/18. Massimo Gambino, Shpetim Hyka vs. Procura della Repubblica presso il Tribunale di Bari, Ernesto Lappostato, Banca Carige SpA and Cassa di Risparmio di Genova e Imperia – Judgment (First Chamber) 29 July 2019.
- C-205/09. Emil Eredics and Mária Vassné Sági - Judgment (Second Chamber) of 21 October 2010.
- C-38/18. Massimo Gambino, Shpetim Hyka vs. Procura della Repubblica presso il Tribunale di Bari, Ernesto Lappostato, Banca Carige SpA and Cassa di Risparmio di Genova e Imperia – Judgment (First Chamber) 29 July 2019.
- Balogh Jenő: *A sértett fél jogköre a büntetőjogban*, 1887, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest.
- Bárd Károly: „Alkalmazott” viktimológia Észak-Amerikában, in: *Magyar Jog*, 1984/1.
- Bárd Károly: A vádlottak jogai és az áldozatok érdekei – megteremthető a harmóniai? in: *Belügyi Szemle*, 2014/5.
- Bárd Károly: Az áldozatok jogállása a nemzeti es a nemzetközi büntetőeljárásban, in: *Gályapadból laboratóriumot*, 2015, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Fejesné Varga Zita: A büntetőeljárásban érvényesített polgári jogi igény megjelenése a perújítás intézményében, in: *Büntetőjogi Szemle*, 2017/1. szám.
- Gergi-Horgos Livia: *A közvád kialakulásának jogtörténeti áttekintése a ius puniendi állami monopóliummá válása folyamatában*, <https://ujbtk.hu/dr->

[gergi-horgos-livia-a-kozvad-kialakulasanak-jogtorteneti-attekintese-a-ius-puniendi-allami-monopoliumma-valasa-folyamataban/](#), 2023. december 15.

- Herke Csongor: A polgári jogi igény, in: *A kriminálpolitika és a társadalmi bűnmegelőzés kézikönyve*, 2. kötet, 2009.
- Kiss Anna: A sértett jogainak erősítése a hazai és a német büntetőeljárás összehasonlításának tükrében, in: *Rendészeti Szemle*, 2006/7-8.
- Kiss Anna: A sértett eljárásjogi helyzete néhány európai államban, in: *Kriminológiai Tanulmányok 44.*, 2007, Budapest.
- Kiss Anna: *A sértett szerepe a büntetőeljárásban*, 2018, Országos Kriminológiai Intézet, Budapest.
- Lencse Balázs: A büntetőeljárás törvény egyes sértettekre vonatkozó rendelkezéseinek módosítása az Európai Unió áldozatvédelmi irányelvének tükrében, in: *Büntetőjogi Szemle*, 2016/1-2.
- Majoros Tünde: Bűnös vagy felelős? Polgári jogi igény érvényesítése a büntetőeljárásban, in: *Advocat*, 21. évfolyam, 1-2. szám, 2018.
- Róth Erika: *Position of victims in the criminal procedure in the context with requirements of the European Union*, in: *European Integration Studies*, Volume 9. Number 1. 2011.
- Ulrica Hochstätter: *Die Fragen der Opfer im Strafprozess – Bedürfnisse und Erwartungen im Kontext der strafverfahrensrechtlichen Bewältigung*, 2023. Springer VS Wiesbaden.

**Fermentált takarmány hatása egyes interleukinek (*IL-6* és *IL-10*)
génexpressziójára brojlerekben**

1. Bevezetés

Az állattenyésztésben a környezeti tényezők, mint például a fény, hőmérséklet és más környezeti változások, nagy hatással vannak az állatokra és a termelési teljesítményükre. Ezek a tényezők befolyásolják az állatok anyagcseréjét, testhőmérséklet-szabályozását, valamint az egészségüket és jóllétüket is ². Az interleukinek (IL) fontos szerepet játszanak az immunválaszokban és a gyulladásos folyamatokban. Ezek a polipeptidek, olyan sejtek által termelt fehérjék, amelyek kulcsszerepet játszanak az immunrendszer működésében. Az említett interleukinek, például az *IL-6* és az *IL-10*, kulcsfontosságú szerepet játszanak az immunválasz szabályozásában és a gyulladás folyamataiban³. Az *IL-6* szerepet játszik az immunrendszer figyelmeztetésében a gyulladás forrására, ezáltal aktiválja a kórokozókat elpusztító leukocitákat és segíti azok proliferációját és differenciálódását. Emellett az *IL-6* hozzájárul a rövid távú immunválasz kialakításához és szabályozásához⁴. Az *IL-10* egy másik fontos interleukin, amely gyulladáscsökkentő tulajdonságokkal rendelkezik. A makrofágok aktivációja serkenti az *IL-10* citokin szekrécióját, amely fontos szerepet játszik az immunrendszer egyensúlyban tartásában. Az *IL-10* gyulladás-visszacsatoló faktorként működik, ami lehetővé teszi az immunválasz modulálását és a túlzott pro-inflammatorikus citokintermelés elfojtását.⁵ A fermentált takarmányoknak pozitív hatásaik lehetnek a citokin génexpressziójára⁶, növelve a gyulladásgátló citokinek mennyiségét és csökkentve a gyulladást okozó citokinekét⁷. A természetes módszerek, mint a takarmány fermentációja, segíthetnek az állatok egészségének javításában, és

¹SZE Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola. Témavezető: Dr. Tempfli Károly, egyetemi docens, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék

² Leinonen, I. –, Williams, A. G. – Kyriazakis, I. (2014) The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. Poultry science, 93(2), 256-266.

³ Elnagar, R. – Elkenany, R. – Younis, G. (2021) Interleukin gene expression in broiler chickens infected by different *Escherichia coli* serotypes. Veterinary World, 14(10), 2727.

⁴ Kaiser, J.T. – Clausen, T. – Bourenkow, G.P. – Bartunik, H.D. – Steinbacher, S. – Huber, R. (2000) Crystal structure of a NifS-like protein from *Thermotoga maritima*: Implications for iron sulphur cluster assembly. Journal of Molecular Biology 297(2) 451-464

⁵ Sanjabi, S. – Zenewicz, L.A. – Kamanaka, M. – Flavell, R.A. (2009) Anti-inflammatory and pro-inflammatory roles of TGF- β , IL-10, and IL-22 in immunity and autoimmunity. Curr. Opin. Pharmacol., 9(4): 447-453.

⁶ Sugiharto, S. és Ranjitkar, S. (2019) Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: a review. Animal Nutrition 5, 1-10.

⁷ Ashayerizadeh, A. – Dastar, B. – Shargh, M. S. – Mahoonak, A. S. – Zerehdaran, S. (2017) Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. Veterinary Microbiology (201) 93-102.

hozzájárulnak a termelési teljesítményük növeléséhez is⁸. A gyulladásgátló citokinek fokozódása és a gyulladást előidéző citokinek génexpressziójának csökkenése a vékonybél különböző szakaszaiban azt sugallja, hogy a fermentált takarmányok hozzájárulhatnak az állatok egészségének és jóllétének javításához⁹. A β -sejtek az immunrendszer fontos sejtjei, amelyek kulcsfontosságúak az antigénekkal való kölcsönhatásban és az antitestek termelésében. Az IL-6 és az IL-10 hatása a β -sejtekre befolyásolja azok növekedését és differenciálódását, vagyis azt, hogy milyen típusú antitesteket termelnek és milyen hatékonysággal. Emellett a Th2 citokinek, mint az IL-6 és az IL-10, szerepet játszanak a humorális immunválaszokban is. A humorális immunválaszok során az immunrendszer antitesteket termel az antigének elleni védekezés érdekében. Ezek az antitestek fontosak a fertőzések elleni védekezésben és az immunrendszer általános működésében¹⁰. Az általunk elvégzett kísérlet fontos a fermentált takarmányok hatásának részletes megértése szempontjából, különösen a citokinek génexpressziójának vizsgálata révén. A citokinek, mint az IL-6 és az IL-10, kulcsfontosságúak az immunrendszer szabályozásában és a gyulladással kapcsolatos folyamatokban. A kvantitatív PCR (Polymerase Chain Reaction) módszer segítségével a citokin géneikből termelődő mRNS-mennyiséget mérve lehetőség van arra, hogy megállapítsuk, hogyan változik a fermentált takarmányok hatására ezeknek a citokineknek a termelése a különböző vékonybél szakaszokban. Ezáltal pontosabb képet kaphatunk arról, hogy a fermentált takarmányok hogyan befolyásolják az *IL-6* és az *IL-10* expresszióját, továbbá, ez a változás mely szövetekben és milyen mértékben következik be. Az IL-6 és az IL-10 szerepe az immunrendszer egyensúlyában és a gyulladással kapcsolatos folyamatok szabályozásában kulcsfontosságú, így a vizsgálat segíthet abban, hogy jobban megértsük a fermentált takarmányok immunrendszerre gyakorolt hatásait és az állatok egészségére gyakorolt kedvező hatásokat. A kutatások és az állattenyésztési gyakorlatok fejlesztése ezekre a területekre összpontosít, hogy javítsák az állatok egészségét és jóllétét, valamint növeljék a termelés hatékonyságát a fenntartható és felelős állattenyésztés érdekében.

⁸ Wang, Y. – Li, J. – Xie, Y. – Zhang, H. – Jin, J. – Xiong, L. – Liu, H. (2021) Effects of a probiotic-fermented herbal blend on the growth performance, intestinal flora and immune function of chicks infected with *Salmonella pullorum*. *Poultry Science*, 100(7), 101196.

⁹ Nelson, J. R. – Sobotik, E. B. – Athrey, G. – Archer, G. S. (2020) Effects of supplementing yeast fermentate in the feed or drinking water on stress susceptibility, plasma chemistry, cytokine levels, antioxidant status, and stress- and immune-related gene expression of broiler chickens. *Poultry Science*, 99(7), 3312-3318.

¹⁰ Kohut, M. L. – Boehm, G.W. – Moynihan, J. A. (2001) Moderate exercise is associated with enhanced antigen-specific cytokine, but not IgM antibody production in aged mice. *Mechanisms of Ageing and Development*. 122, 1135–1150.

2. Anyag és módszer

A morzsázott és granulált takarmányok etetése lehetővé tette, hogy összehasonlítsuk ezeknek a formáknak a hatásait a kísérlet során. Az Alpha-Vet Kft. által biztosított takarmányok (kontroll és fermentált takarmányok) összeállítása az Agrofeed Kft.-nél történt, így lehetővé vált a vizsgálat pontos és reprodukálható körülmények között történő elvégzése.

Az 1. táblázatban bemutatott takarmányozási protokoll alapján látható, hogy mind a kontroll, mind a kísérleti (fermentált takarmány) csoportnak azonosak voltak a fő beltartalmi értékei. Ez azt jelenti, hogy a takarmányok nyersfehérje, -zsír és -rost tartalma (1. táblázat) az indító, nevelő és befejező fázisokban is azonos volt mindkét csoportban.

	Indító	Nevelő	Befejező
Nyersfehérje (%)	20,00	17,50	15,00
Nyerszsír (%)	3,30	3,80	4,00
Nyersrost (%)	3,90	4,00	4,00

1. táblázat. A takarmány nyersfehérje, -zsír, és -rost tartalma

A takarmánykeverékek szárazanyagtartalma mindkét esetben (kontroll és kísérleti) 80-81% közötti értékre volt beállítva. Ez az a paraméter, amit javasolt az oltókultúra forgalmazója (Dr. Ferm Kft.). Az állomány az indító tápot a 14. napig, a nevelőt a 30. napig, a befejező takarmányt a vágás napjáig (42. nap) kapták. A fermentált takarmányok összekeverése a fermentummal a kísérleti telepen jelenlévő Himel ellenáramos takarmánykeverővel történt, ami biztosítja a takarmányok homogén eloszlását és egyenletes keverését.

3. Mintavétel

A mintavételezés a kontroll és a fermentált takarmányt fogyasztó állatokból, összesen 10 brojlerből történt, szövetmintát gyűjtöttünk a vágás napján, (42. nap). A vékonybél különböző szakaszaiból (duodenum, jejunum, ileum, caecum) (összesen 40 minta), tehát mindegyik brojlerből mind a négy szakaszból gyűjtöttünk mintát. A különböző szövetminták lehetővé teszik a takarmányozás hosszú távú hatásainak vizsgálatát, hiszen ezek a minták a brojlercsirkék életének utolsó napján készültek. A szövetminták tárolása RNAlater (Thermo Fisher, USA) oldatban lehetővé teszi az RNS stabilizálását és megőrzését. Ez fontos lépés a génexpressziós vizsgálatok során, mivel az RNS gyorsan lebomlik, és az RNAlater ezt megakadályozza, így a minták alkalmasak lesznek a későbbi kvantitatív PCR (Polymerase Chain Reaction) vizsgálatokra.



1. ábra. A vékonybél mintázott szakaszai

Az RNAlater stabilizáló oldatba gyűjtött mintákat fagyaszttóban tároltuk -20°C -on, felhasználásig. Ez a tárolási módszer biztosítja az RNS stabilitását és megőrzését, így a minták alkalmasak lesznek a későbbi molekuláris biológiai vizsgálatokra. A mintavétel során a duodenum középső szakaszát, a felszálló és leszálló ág egyenlő arányban történő összegyűjtésével történt. Ez lehetővé teszi a duodenum teljes keresztmetszetének reprezentálását. A jejunum és az ileum mintákat az adott szakasz középső részéről vettük, és a két szakaszt a Meckel-féle divertikulum alapján különítettük el. A caecum mintákat a mindkét oldali vakbélből gyűjtöttük, szintén egyenlő arányban

4. RNS izolálás

Az RNS-kivonás folyamata az alábbi lépésekből állt:

- 1,5 ml-es Eppendorf csövekbe $1000\ \mu\text{l}$ TRIzol (Thermo Fisher Scientific, USA) került.
- Minden csőbe 300 mg szövetmintát helyeztünk az oldatba.
- A szövetmintákat homogenizáltuk TissueLyser LT (Qiagen, Németország) segítségével.
- A homogenizálást 2 mm-es Bashing Beads (Zymo Research) gyöngyökkel ellátott csövekben végeztük.
- A homogenizált mintákat 10 percig centrifugáltuk ($12000 \times g$).
- Az RNS-t tartalmazó rózsaszín felülúszót áthelyeztük új csövekbe.

- Az áthelyezett felülúszóhoz 200 µl BCP-t adagoltunk.
- Vortex-szel (Velp Scientifica, Olaszország) alaposan elegyítettük.
- A mintát 15 percig centrifugáltuk (12000 x g).
- A szintelen, RNS-t tartalmazó felülúszót (kb. 600 µl) áthelyeztük új kémcsőbe.
- Az áthelyezett felülúszóhoz 500 µl izopropanolt adagoltunk.
- Óvatosan többször elegyítettük a mintát.
- A RNS kicsapódásához 10 percig centrifugáltuk (12000 x g).
- A kicsapódott RNS-t centrifugálással pelletáltuk a mintacső aljára.
- Az eljárás során keletkező felülúszót eltávolítottuk.
- A pelletre 500 µl 70% (V/V) etanol (DEPC vízben hígítva) került.
- Ismételen centrifugálás (10 perc, 12 000 x g).
- A felülúszót pipettával eltávolítottuk.
- A pelletre 50 µl nukleázmentes vizet adagoltunk.

Összetevő	Mennyiség
RNS	1-8 µl
RQ1 RNase-Free DNase 10x Reaction Buffer	1 µl
RQ1 RNase-Free DNase	1 u/ µg RNA
Nukleázmentes víz	kiegészítve a 10 µl –es végső mennyiségig

2. táblázat. DNase kezelés protokoll

Az RNS-koncentrációt NanoDrop 2000 spektrofotométerrel értékeltük. A minták integritását agaróz gélelektroforézissel ellenőriztük. Mintánként 1-1 µg teljes RNS-t használtunk a DNase kezeléshez (2. táblázat), amelyet a reverz transzkripció követett RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Fisher Scientific) és oligo dT primerek felhasználásával (3. táblázat).

Összetevő	Mennyiség
Oligo (dT)₁₂ Primer	0,6 µl
Random Hexamer Primer	0,6 µl
5x Reaction Buffer	4 µl
Ribolock RNase Inhibitor (20u/µl)	1 µl
10 mM dNTP Mix	2 µl
M-MuLV Reverse Transcriptase (20u/µl)	2 µl

Nukleázmentes víz	1,8µl
RNS-minta	8 µl

3. táblázat. Reverz transzkripció protokoll

5. Kvantitatív valós idejű PCR (qPCR)

A kvantitatív PCR-t CFX96 Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA) készülékben végeztük Maxima SYBR Green Master Mix (Thermo Fisher Scientific) felhasználásával, a következő protokoll szerint: kezdeti denaturáció 95 °C-on 10 percig, majd 40 egymást követő cikluson át denaturáció 95 °C-on 15 másodpercig és annealing/extension 60 °C-on 60 másodpercig. Minden reakció végén olvadási tesztet végeztünk a specifikus termékek jelenlétének ellenőrzése céljából. Az olvadási görbék a 65-95 °C-os tartományban készültek. Az *IL-6* és *IL-10* gének expresszióját a $2^{-\Delta\Delta Ct}$ módszer alkalmazásával határoztuk meg, amely során referencia génként a *β-actin* és *GAPDH*-ot használtuk. Minden reakció tartalmazott negatív kontrollt (templát nélkül), az egyes reakciók hatékonyságát pedig tízszeres hígítási sorban készített standard minták segítségével mértük. A *GAPDH* primerek Berndt *et al.* (2007)¹¹, az *IL-10*, *IL-6*, és *β-actin* primerek Lee *et al.* (2018)¹² alapján készültek.

GAPDH

Forward (5'-3' irányban): GTCAGCAATGCATCGTGCA

Reverse: GGCATGGACAGTGGTCATAAGA

IL-10

F: ACATCCAAGTCTCAGCTCT

R: ATGCTCTGCTGACTGGT

IL-6

F: CAAGGTGACGGAGGAGGAC

R: TGGCGAGGAGGGATTCT

β-actin

F: CACAGATCATGTTTGAGACCTT

R: CATCACAATACCAGTGGTACG

6. Statisztikai értékelés

A normalizált génextpressziós értékeket a kontroll és a kísérleti csoport átlagában vetettük össze egymással SPSS v.20.0 for Windows statisztikai

¹¹ Berndt, A. – Wilhelm, A. – Jugert, C. – Pieper, J. – Sachse, K. – Methner, U. (2007) Chicken cecum immune response to Salmonella enterica serovars of different levels of invasiveness. Infection and Immunity, (75) 5993-6007.

¹² Lee, Y. – Kim, W.H. – Lee, S. – Lillehoj, H.S. (2018) Detection of chicken interleukin-10 production in intestinal epithelial cells and necrotic enteritis induced by Clostridium perfringens using capture ELISA. Veterinary Immunology and Immunopathology, 204, 52-58.

szoftverben független mintás t-próba segítségével. A csoportok közötti különbségeket $p < 0,05$ szinten tekintettük szignifikánsnak.

7. Eredmények és értékelésük

Az eredményeket a 4. táblázatban foglaljuk össze. Az *IL-6* gén expressziója a fermentált takarmányt fogyasztó csoportban a vékonybél valamennyi szakaszán jelentős csökkenést mutatott, míg a caecumban szignifikáns ($p < 0,05$) növekedést figyeltünk meg. Az *IL-10* kifejeződése a kísérleti csoport duodenum mintáiban csökkent, az ileumban és a caecumban viszont jelentős mértékben nőtt, míg a jejunumban nem volt szignifikáns ($p > 0,05$) eltérés a kontroll csoporthoz viszonyítva.

Gén	Szövet	Kontroll	Kísérleti (fermentált tak. fogyasztó csoport)	p-érték
<i>IL-6</i>	Duodenum	12,668 ± 0,915	0,862 ± 0,229	<0,001
	Jejunum	0,828 ± 0,048	0,043 ± 0,011	<0,001
	Ileum	2,818 ± 0,244	0,831 ± 0,219	<0,001
	Caeca	0,039 ± 0,003	0,276 ± 0,034	0,009
<i>IL-10</i>	Duodenum	7,230 ± 1,967	0,550 ± 0,125	0,002
	Jejunum	0,843 ± 0,219	0,313 ± 0,203	0,085
	Ileum	2,232 ± 0,459	13,007 ± 1,664	<0,001
	Caeca	6,001 ± 1,075	43,751 ± 7,171	<0,001

4. táblázat: A vizsgált gének expressziója a vékonybél különböző szakaszaiban és a caecumban

8. Következtetések

Jelen vizsgálatunk eredményei alapján megállapítható, hogy az *IL-6* és *IL-10* interleukinek expressziójának változása, különösen a vékonybél és a vakbél különböző szakaszaiban, fontos információkat nyújt a brojlerek immunrendszerének válaszairól a fermentált takarmányra. A duodenum és jejunum esetében megfigyelt *IL-6* és *IL-10* expresszió csökkenése egyértelmű jelzés a gyulladós folyamatok mérséklődéséről. Ez pozitív hatással lehet az állatok egészségére és általános állapotára, mivel a túlzott gyulladós reakciók elkerülése segíthet megőrizni a bélrendszer egészségét és az immunrendszer egyensúlyát. A kísérleti csoport ileum szakaszán az *IL-10* magas szintje lehet, hogy egy korábbi gyulladás utáni folyamatot tükröz, miközben az alacsonyabb *IL-6* szint arra utalhat, hogy a gyulladás már csillapodott. A kísérleti csoport caecumjában mért megnövekedett *IL-6* és *IL-10* expresszió aktív gyulladós folyamatokra utalhat. További vizsgálatok szükségesek annak megállapítására, hogy az *IL*-ek termelésében tapasztalható változások milyen

hatással vannak az értékmérő tulajdonságok (pl. takarmányértékesítő képesség, növekedési erély) alakulására, és az általános egészségi állapotra a termelési ciklus különböző fázisaiban. Az *IL*-ek expressziója és a különféle kórokozók jelenléte közötti összefüggések szintén befolyásolhatják az *IL*-ek mennyiségét és az immunreakciók alakulását: ezen összefüggések pontos értékelése szintén további vizsgálatok potenciális célkitűzése lehet.

Felhasznált irodalom

- Leinonen, I. –, Williams, A. G. – Kyriazakis, I. (2014) The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry science*, 93(2), 256-266.
- Elnagar, R. – Elkenany, R. – Younis, G. (2021) Interleukin gene expression in broiler chickens infected by different *Escherichia coli* serotypes. *Veterinary World*, 14(10), 2727.
- Kaiser, J.T. – Clausen, T. – Bourenkow, G.P. – Bartunik, H.D. – Steinbacher, S. – Huber, R. (2000) Crystal structure of a NifS-like protein from *Thermotoga maritima*: Implications for iron sulphur cluster assembly. *Journal of Molecular Biology* 297(2) 451-464
- Sanjabi, S. – Zenewicz, L.A. – Kamanaka, M. – Flavell, R.A. (2009) Anti-inflammatory and pro-inflammatory roles of TGF- β , IL-10, and IL-22 in immunity and autoimmunity. *Curr. Opin. Pharmacol.*, 9(4): 447-453.
- Sugiharto, S. és Ranjitkar, S. (2019) Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: a review. *Animal Nutrition* 5, 1-10.
- Ashayerizadeh, A. – Dastar, B. – Shargh, M. S. – Mahoonak, A. S. – Zerehdaran, S. (2017) Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. *Veterinary Microbiology* (201) 93-102.
- Wang, Y. – Li, J. – Xie, Y. – Zhang, H. – Jin, J. – Xiong, L. – Liu, H. (2021) Effects of a probiotic-fermented herbal blend on the growth performance, intestinal flora and immune function of chicks infected with *Salmonella pullorum*. *Poultry Science*, 100(7), 101196.
- Nelson, J. R. – Sobotik, E. B. – Athrey, G. – Archer, G. S. (2020) Effects of supplementing yeast fermentate in the feed or drinking water on stress susceptibility, plasma chemistry, cytokine levels, antioxidant status, and stress-and immune-related gene exp
- Kohut, M. L. – Boehm, G.W. – Moynihan, J. A. (2001) Moderate exercise is associated with enhanced antigen-specific cytokine, but not IgM antibody production in aged mice. *Mechanisms of Ageing and Development*. 122, 1135–1150.ression of broiler chickens. *Poultry science*, 99(7), 3312-3318.
- Lee, Y. – Kim, W.H. – Lee, S. – Lillehoj, H.S. (2018) Detection of chicken interleukin-10 production in intestinal epithelial cells and necrotic enteritis induced by *Clostridium perfringens* using capture ELISA. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 204, 52-58.

- Berndt, A. – Wilhelm, A. – Jugert, C. – Pieper, J. – Sachse, K. – Methner, U. (2007) Chicken cecum immune response to *Salmonella enterica* serovars of different levels of invasiveness. *Infection and Immunity*, (75) 5993-6007.

Az öngyógyító hatás vizsgálata kémiailag habosított rPET blendekben

1. Irodalom

Az elmúlt évtizedek során, a különféle iparágakban a műanyagok felhasználása jelentős növekedést mutat. Az építőipar, járműgyártás, elektromos és elektronikai ipar, mezőgazdaság és csomagolóipar mind részt vesz ebben a folyamatban. Különösen látványos volt a polietilén-tereftalát (PET) palackok elterjedése, amelyek gyártása az 1970-es évektől kezdődött, és azóta hatalmas méreteket öltött². 2022-ben a világszerte gyártott műanyag mennyisége hatalmas mértékben, 400,3 millió metrikus tonnára emelkedett. Ez mintegy 1,6 százalékos növekedést jelent az előző évhez képest³.

A PET használatának növekedése legfőképp a csomagolóiparban várható, azon tulajdonságainak köszönhetően, mint például a gyors és könnyű gyárthatósága, kis sűrűsége, a szén-dioxiddal szembeni gázzáró képessége, a jó kopásállósága és az ütüigénybevétel szembeni ellenállósága. A PET vált a csomagolóipar fő alapanyagává. Ugyanakkor az egyszer használatos csomagolóanyagok gyorsan hulladékká válnak, súlyos környezeti problémákat okozva. Figyelembe kell vennünk, hogy a PET természetes lebomlási ideje több, mint 500 év⁴. Ezért létfontosságú a reciklátum gyártása és a reciklátum nagymértékű felhasználását célzó eljárások kidolgozása.

Kutatásaim során egy olyan technológiát kívánok minden részletében kidolgozni, amely lehetővé teszi a reciklált polietilén-tereftalát (továbbiakban: rPET) nagymennyiségű felhasználását a tulajdonságok javítása mellett. Fontos célom továbbá, hogy többszöri feldolgozás után se károsodjon az anyag. Ennek az innovációnak a lényege a kémiai habosítás, ami eredményeként kisebb tömegű termékeket állíthatunk elő, amelyek ismételtén újrahasznosíthatóak. A kémiai habosítás lehetőséget ad a számunkra ideális tulajdonságok eléréséhez a szerkezet megváltoztatásával. Úgy gondolom, hogy az ilyen módon előállított polietilén-tereftalát kémiailag habosított szerkezete ideális alapanyagot biztosít ipari célokra.

A polimer hab olyan kétfázisú rendszert takar, amelyben a polimer mátrixban elhelyezkedő, gázokból álló, változó méretű buborékok találhatóak. A habosított termék előállításához szinte minden hőre lágyuló és számos térhálós polimer használható. A habosítási technológiák három fő kategóriába sorolhatók: a fizikai, mechanikai és kémiai. A kémiai habosítás során a gázokat olyan kémiai habosítószerekkel generálják, amelyek a feldolgozási folyamat során a magas hőmérséklet hatására bomlanak fel, létrehozva különböző típusú gázokat (például

¹ Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola

Témavezető: Dr. habil Dogossy Gábor PhD egyetemi tanár, Audi Hungária Járműmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

² KRISTON LIAM 2010: Belefűladunk a műanyag hulladékba, 2010, Piac&Profit, 5:38-42.

³ <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>

⁴ BÀNHEGYI György: Műanyag hulladék: elégetni vagy újrafeldolgozni?, 2004, Műanyagipari szemle, 2004/06

CO, CO₂, N₂, NH₃)⁵. Ezek a kémiai habosítószerkezetek lehetnek szerves vagy szervetlen szilárd vegyületek, amelyek magas hőmérsékleten bomlanak le a polimer ömledékben. Az ilyen bomlástermékek hozzájárulnak a buborékok kialakulásához. A létrejött gázok kitágulnak a lehűlő ömledékben és cellákat képeznek. Az így létrehozott habstruktúra zártcellás, amelyben a cellák jól elkülönülnek egymástól, nincs közöttük kapcsolat, a felületük egyenletes, a cellasűrűség növekszik a mag felé haladva, így szerkezeti hab állítható elő⁶⁷.

Az újrahasznosítás folyamatában a PET molekulái lánc-tördelődésen mennek keresztül, ami csökkenti az anyag viszkozitását. Ez problémákat okozhat mind a feldolgozás, mind pedig a kémiai habosítás során. A kémiai habosítás előtt elengedhetetlen visszaállítani az alapanyag lánc-tördelődés előtti szerkezetét, ehhez pedig különböző adalékanyagokat teszteltem⁸. Kutatásom kezdetén a célom az volt, hogy kémiai habosítással újrahasznosított PET integrált hab szerkezetet állítsak elő. A mintagyártás kezdetén sikerült rPET mátrixokban zárt cellás habot előállítanom, kémiai habosítószer alkalmazásával. A gyártás hagyományos fröccsöntőgépen, lélegzőszerszám technológiával zajlott⁹. A lánc-tördelődés miatti folyóképesség növekedés jelentősen csökkentette a habképződést; a molekulaláncok hosszát a CESA Extend lánc-növelőszer felhasználásával redukáltam¹⁰. Ezt követően egy új keveréket állítottam elő, a habszerkezet mechanikai szilárdságának javítása érdekében. A keverékhez 10% ütésállóanyagot növelő adalékot adtam, amely 18,48%-kal javította a Charpy ütőszilárdságot¹¹.

Egy új kutatási terület az anyag öngyógyító hatásának tesztelése. Az optimális polimer habstruktúra előállítása érdekében a nyúlásoknál érdemes figyelembe venni a szakítószilárdság értékét. A nagyobb húzószilárdságú polimereket nehezebb habosítani. Ez azzal magyarázható, hogy a polimerláncok nagyobb ellenállást tanúsítanak a nyújtással szemben¹². A habosítási folyamat során a cella növekedés környezetében a molekulaláncok megnyúlnak, ami lokális viszkozitás növekedést eredményez, ami a további növekedést gátolja, ezzel megakadályozva a szomszédos cellák egyesülését/egybe növekedését. A nagyobb szakítószilárdsággal rendelkező PET nehezebb habosítható. Ez a jelenség a PET-láncok megnövekedett nyúlási ellenállásával magyarázható, ami megnehezíti a cellák növekedését a habosítási

⁵ PÁL KÁROLYNÉ: *Műanyagadalékok ma és a jövőben*, Műanyagipari szemle, no. 6, 2006, 47-56

⁶ DOGOSSY GÁBOR: Porózus szerkezetek, in Zsoldos Ibolya (szerk.): *Fejezetek nemfém anyagok legújabb járműipari kutatási területeiből*, 2015, Széchenyi István Egyetem, Győr, 212–265. o.

⁷ CZVIKOVSKY TIBOR – NAGY P. – GAÁL J.: *A polimertechnika alapjai*, 2000, Műegyetemi Kiadó, Budapest.

⁸ RONKAY FERENC, KASZA DÓRA: *Reciklált PET műszaki alkalmazhatósága*, Műanyag és Gumi, 2014, 51.évfolyam, 3.szám, old.: 88-91

⁹ Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor: "Recycling of Mineral Water Bottles with Chemical Foaming", 2018, *Acta Technica Jaurinensis* vol. 10, pp. 157-167

¹⁰ Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor: "Structure and properties of closed-cell foam prepared from rPET", 2018, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* vol. 426

¹¹ Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor: "Investigation of Flame Retardant rPET Foam", 2020, *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* vol. 64, pp. 81-87

¹² Throne, J. L.: Effect of tensile strength on the foamability of polymers, (1971), In *SPE ANTEC* (Vol. 17, pp. 759-764). Society of Plastics Engineers.

folyamat során.¹³ A nagyobb nyúlással rendelkező keverékek alacsonyabb sűrűségű habokat eredményez, nagyobb porozitással. A láncok képesek jobban nyúlni a habosítási folyamat során, ami elősegíti a cellák növekedését és a pórusok kialakulását. ez a habosítás során az úgynevezett öngyógyító hatás (1.ábra)¹⁴.

Magasabb nyúlással rendelkező anyagok:

- Alacsonyabb sűrűségű habokat eredményeznek.
- Nagyobb porozitást és légáteresztő képességet biztosítanak.
- Jobban ellenállnak a nyomásnak és a deformációnak.

Alacsonyabb nyúlással rendelkező anyagok

- Magasabb sűrűségű habokat eredményeznek.
- Kisebb porozitást és légáteresztő képességet biztosítanak.
- Kevésbé állnak ellen a nyomásnak és a deformációnak.

A Wang és társai a habosítatlan polisztirol húzóvizsgálatát végezték el és elemezték az eredményeiket, hogy milyen mértékben jelzik előre a habosított anyag szerkezetét. A nagyobb szakítószilárdság sűrűbb és kisebb cellás habhoz vezet. A kutatás eredményeként megállapították, hogy a habosítatlan polisztirol egyszerű húzóvizsgálata értékes előrejelzési módszer lehet a kívánt szerkezetű és rugalmasságú habosított polisztirol előállításához¹⁵.

Li és társai kutatásának célja volt egy olyan előrejelzési modell kifejlesztése, amellyel a habosítatlan polimerek egyszerű húzóvizsgálatával becsülhetőek a habosított kompozitok mechanikai tulajdonságai. A kutatók négy különböző polimert vizsgáltak: polisztirolt (PS), polipropilént (PP), polimetil-metakrilátot (PMMA) és polietilént (PE). A habosítatlan polimerek szakítószilárdságát és nyúlását mérték. A rendezettebb habstruktúra kapcsolódik a habosított anyag szakító és hajlító igénybevételrel szembeni ellenállóképességével. Eredményeikből kiderül, hogy a PS szakítószilárdságának 10%-os növekedése a habosított PS Young-modulusának 5%-os növekedését eredményezte. A PP nyúlásának 10%-os növekedése a habosított PP hajlítószilárdságának 10%-os növekedését eredményezte. A PMMA szakítószilárdságának 10%-os növekedése a habosított PMMA kompressziós szilárdságának 5%-os növekedését eredményezte. A kutatók megállapították, hogy a habosítatlan polimerek nyúlási vizsgálata hasznos előrejelzési módszer lehet a habosított kompozitok mechanikai tulajdonságainak becsülésére¹⁶.

Zhang és társai 2018-as cikkében a habosítatlan polipropilén (PP) nyúlási tulajdonságai, mint a nyúlási modulus és szilárdság, összefüggésben állnak a habosított PP mechanikai tulajdonságaival. A kísérletek során PP homopolymert és

¹³ Huang, J., & Li, Z.: Effect of tensile strength on the foamability of poly(ethylene terephthalate), 2017, Journal of Cellular Plastics, 43(3), 233-244

¹⁴ Wang, X., Zhang, X., Yang, W., & Wang, Y.: Effect of elongation at break on the foaming behavior of polylactic acid. Cellular Polymers, 2014, 33(4), 307-320.

¹⁵ Guilong Wang, Jinchuan Zhao, Guizhen Wang, Chul B. Park: Prediction of cellular structure and mechanical properties of foamed polystyrene based on tensile properties of unfoamed material, 2016, Express Polymer Letters, 10(5), 368-378.

¹⁶ Li, Y., Zhang, Y., Wang, X., & Zhang, X.: Prediction of mechanical properties of foamed polymer composites based on tensile properties of unfoamed constituents, 2015, Journal of Applied Polymer Science, 132(21), 42274.

fizikai fúvóanyagot használtak. A kutatás eredményei azt mutatják, hogy a habosítatlan PP nyúlási tulajdonságainak vizsgálata előre jelezheti a habosított anyag várható cellasűrűségét és mechanikai viselkedését¹⁷.

Ha az anyag habosítás előtti szakítóvizsgálata lehetővé teszi a habstruktúra kialakíthatóságának előrejelzését, lehetőségünk adódik az anyagok habosíthatóságának vizsgálatára. Így előre tesztelni tudjuk a keverékek szerkezeti habstruktúrájának kialakíthatóságát, amely nagyban redukálja a későbbi, az elvárásoknak nem megfelelő habok gyártásának valószínűségét. Továbbá segítséget nyújt a habosítási folyamat optimalizálásában.

A habosíthatóság előrejelzésének előnyei:

- **Költségsökkentés:** A kritériumoknak nem megfelelő habok gyártásának valószínűsége csökken, ezáltal kevesebb anyag megy veszendőbe.
- **Időmegtakarítás:** A habosítási folyamat optimalizálható, így gyorsabban gyárthatók a kívánt tulajdonságokkal rendelkező habosított anyagok.
- **Minőségbiztosítás:** A habosított anyagok minősége javul, mivel a gyártási folyamat során kevesebb a hiba.

Jelen kutatás célja a reciklált PET keverékek habosíthatóságának előrejelzése, a habosítás előtti szakítóvizsgálattal. A kutatás eredményei alapján javítható a habosított PET habszerkezetének minősége.

2. Felhasznált anyagok és módszerek

A vizsgálatokhoz felhasznált kék színű, kristályos PET regranulátumot (rPET) a Fehérvári Csoport Zrt. (Magyarország) biztosította (inherens viszkozitás (IV) 0,8 dL/g). A felhasznált lánchosszabító adalékanyag a Clariant (Svájc) által szállított CESA Extend NCA0025531-ZA volt, amely Joncryl ADR 4368 típusú epoxi alapú sztírol-akril multifunkcionális oligomer reagens tartalmú. A használt égésgátló adalékanyag az ICC-Chemol-tól (Magyarország) szerzett ICH FI ret 01904 volt, 85% brómozott szerves vegyület diszperzióval etilén kopolimerben. A felhasznált habosítószer a Tramaco (Németország) által biztosított Tracell IM 7200 endoterm vegyület volt, 120 ml/g gáztágulással és 70% fúvóanyag-tartalommal. A keveréket 12 órán át 100 °C-on szárítottam, majd az adalékokkal összekevertem. Piskóta próbatest tesztmintákat készítettem egy Arburg Allrounder Advance 420C Golden Edition (Németország) fröccsöntőgéppel, 265 °C olvadék hőmérséklettel, 45 cm³/perc befecskendezési sebességgel és 35 °C formahőmérséklettel. Az 1. táblázat a vizsgálati minták összetételét mutatja.

¹⁷ Zhang, Y., Zhang, X., Li, Y., & Wang, X.: Prediction of mechanical properties of foamed polypropylene based on tensile properties of unfoamed material, 2018, Journal of Cellular Plastics, 54(4), 483-494.

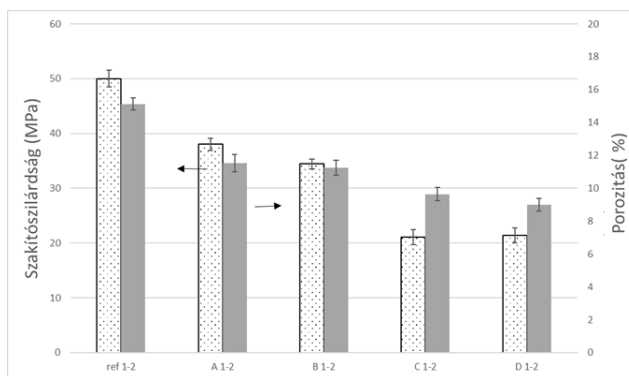
	ef1	ref2	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
egy részegység száz tömegrészhez (phr)										
rPET	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Láncnövé- elő- adalék	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
Ütésállós- ágnö- velőszer	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10
Habosító- szer	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
Égésgátló	0	0	0	0	0	0	10	10	15	15

1. Táblázat Vizsgált minták anyagösszetétele

A minták belső szerkezetét ipari CT berendezéssel vizsgáltam. A felbontás 0,027 mm volt, a csőfeszültség 200 kV, a csőáram 0,1 mA. Lapos detektort használtam, szűrő nélkül, 700 ms integrációs idővel. A cellastruktúra meghatározásához kereskedelmi forgalomban kapható szoftvert alkalmaztam. Az EN ISO 527 szabvány szerinti szakítószilárdsági vizsgálatokat INSTRON 5582 (USA) típusú univerzális vizsgálógéppel végeztem, 100 mm-es befogási hosszal és 1 mm/perc vizsgálati sebességgel, a rugalmassági modulus, illetve 5 mm/perc sebességgel a szakítószilárdság meghatározásakor.

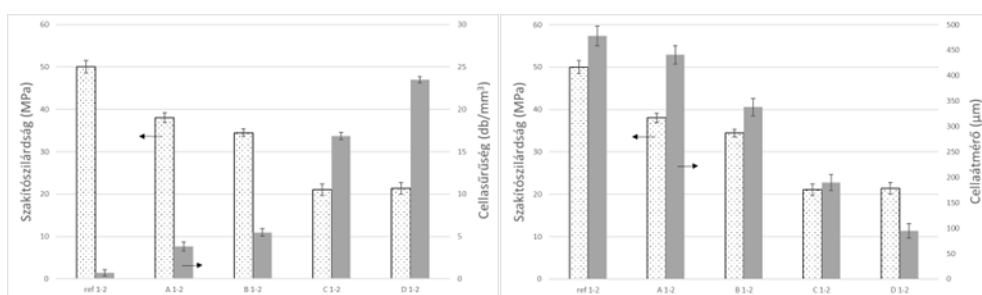
3. Mérési eredmények

A vizsgálatok során a porozitás, a nyúlás, a cellaméret és a szakítószilárdság közötti összefüggéseket vizsgáltam, az egyes anyagösszetételekre vonatkozóan. 1-es számmal jelöltem a habosítatlan mintákat és 2-es indexet kaptak a habosított minták. Az elemzés során a habosítás előtti szakító igénybevétellel szembeni ellenállást vettem össze a habosítás során létrejött cellastruktúra mutatóival.



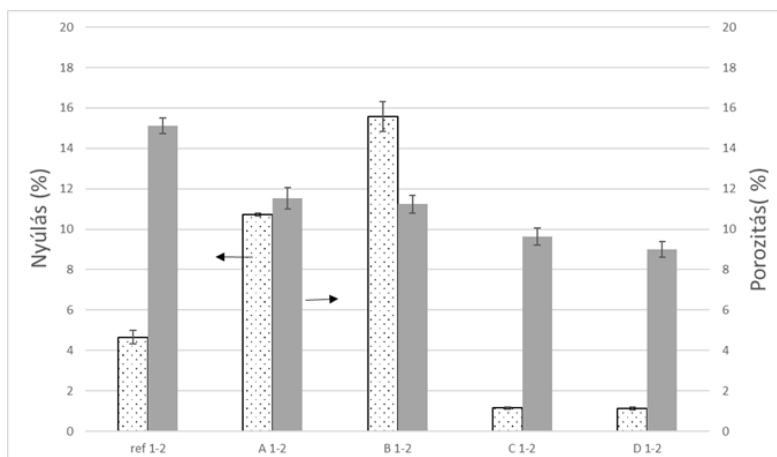
46. ábra A habosítatlan minta szakítószilárdsága és a habosítást követő porozitás összefüggései

A mérési eredmények azt mutatják (1. ábra), hogy a minták szakítószilárdsága és porozitása között pozitív korreláció áll fenn. Ez azt jelenti, hogy a szakítószilárdság csökkenésével a porozitási százalék is csökken. Ugyanakkor, ha figyelembe vesszük a cellastruktúrát is (2. ábra), azt láthatjuk, hogy a szakítószilárdságnál sokkal jobban befolyásolta a porozitás eredményeit a habosítandó keverék anyagösszetétele. A magas szilárdsági értékkel rendelkező referencia PET egy láncördelődött anyag, amelyben hatalmas cellák jöttek létre. A láncnövelőszer tudta javítani a cellasűrűséget a mintában. Az ütésállóságnövelőszer tovább javította a minták eredményeit. Az égésgátlóval kevert minták esetében a nagyobb tűrésmező miatt nem észlelhető szignifikáns eltérés az égésgátló arányának változásával, a szakítószilárdság és a porozitás eredményét tekintve. Ez arra utal, hogy az égésgátló adagolásának ezen tartományában nem befolyásolja jelentősen az anyag mechanikai tulajdonságait. A mérési eredmények alapján kijelenthető, hogy a minták szakítószilárdsága és porozitása között szoros összefüggés áll fenn.



47. ábra A habosítatlan minta szakítószilárdsága és a cellastruktúra összefüggései

A mérési eredmények azt mutatják, hogy a minták szakítószilárdsága és cellastruktúrája között komplex kapcsolat áll fenn (2. ábra). A habosítás előtti magasabb szakítószilárdságú anyagok nagyobb cellaméretű habokhoz vezethetnek a habosítás során. Ez valószínűleg a láncördelődés mechanizmusával van összefüggésben, ami a habosítás során keletkező cellák növekedését befolyásolhatja. Az alacsonyabb szakítószilárdsággal rendelkező minták esetében a cellaméret csökkentek. A gyengébb cellafalak kisebb cellákat eredményeznek. Ezenkívül a mérési eredmények azt mutatják, hogy a láncördelődött PET-ben nagy üregek jöttek létre, hiába volt magas a szakítószilárdság értéke. Ez valószínűleg a láncördelődés heterogén jellegének köszönhető, ami a polimerláncok egyenlőtlen degradációjához vezethet. A degradált területek gyengébb pontokat hoznak létre a polimermátrixban, ami a habosítás során üregek kialakulásához vezethet. A különböző adalékanyagok hozzáadása növelte a cellasűrűséget és javította a cellastruktúrát. Ez valószínűleg az adalékanyagok stabilizáló hatásának köszönhető, ami a buborékok növekedését szabályozza a habosítás során.



48. ábra A habosítatlan minta nyúlása és a habosítást követő porozitás összefüggései

A nyúlási értékek változatossága miatt nem volt lehetséges megállapítani, hogy a magasabb nyúlásértékkel rendelkező minták jobb porozitási értékeket értek volna-e el (3.ábra). Az égésgátlóval kevert minták nyúlási értéke jelentősen csökkent (kb. a 16-od részére), ami arra utal, hogy az égésgátló negatív hatással volt a nyúlásra. Azonban a habosodás mértéke nem csökkent, ami arra utal, hogy az égésgátló nem akadályozta a habosítási folyamatot. A lánchosszabítóval és ütésállóság-növelővel kevert minták esetében a nagymértékű szórás miatt nem volt lehetséges megállapítani valós eltérést az eredmények között. A mérési eredmények alapján nem állapítható meg egyértelmű kapcsolat a nyúlás és a porozitás között, a vizsgált minták esetében.

4. Összegezés és a kutatás folytatása

A polimer habok új generációjának kifejlesztése során szerepet kaphat az anyag öngyógyító képességének vizsgálata. Az irodalom alapján a habosítási folyamat során keletkező nyúlás befolyásolja a gázbuborékok kitágulását a polimer mátrixban.

Fontos megjegyezni, hogy a habosítás és a szakító igénybevétellel szembeni ellenállás közötti összefüggés nem lineáris. A habosítási folyamat során számos tényező befolyásolja a végső hab szerkezetét és tulajdonságait, mint például:

- A habosítószer típusa és mennyisége: különböző habosítószerrel eltérő cellaméretet és porozitást eredményeznek. A habosítószer mennyisége is befolyásolja a hab szerkezetét.
- A pórusok alakja és eloszlása: a gömb alakú pórusok stabilabb habot eredményeznek, mint a nem gömb alakú pórusok. A pórusok egyenletes eloszlása is fontos a hab mechanikai tulajdonságainak javításához.
- A cellafalak vastagsága: a vastagabb cellafalak erősebb habot eredményeznek, de a porozitást is csökkentik.

- Az anyag egyéb tulajdonságai: az anyag kémiai összetétele, kristályossága és feldolgozási története is befolyásolhatja a hab tulajdonságait.

Ezen tényezők kombinációja határozza meg, hogy a habosítás előtti szakítóigénybevétel szembeni ellenállóképesség valóban jobb habhoz vezet-e. A kutatás következő lépéseként különböző PET keverék öngyógyító hatásának vizsgálata zajlik majd. A cél az, hogy szignifikáns különbségeket mutassak ki a szakító igénybevétel szembeni ellenállóképesség és a porozitás között, a különböző anyagösszetételű mintákban. A kapott eredmények alapján ismét megvizsgálom az öngyógyító tulajdonságok elérhetőségét a kémiailag habosított PET mintákon. Ezáltal a jövőben olyan új típusú habok kifejlesztése válhat lehetővé, amelyek javított mechanikai teljesítménnyel, tartóssággal és élettartammal rendelkeznek.

Felhasznált irodalom

- KRISTON LIAM 2010: Belefulladunk a műanyag hulladékba, 2010, Piac&Profit, 5:38-42.
- <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>
- BÁNHEGYI GYÖRGY: Műanyag hulladék: elégetni vagy újrafeldolgozni?, 2004, Műanyagipari szemle, 2004/06
- PÁL KÁROLYNÉ: *Műanyagadalékok ma és a jövőben*, Műanyagipari szemle, no. 6, 2006, 47-56
- DOGOSSY GÁBOR: Porózus szerkezetek, in Zsoldos Ibolya (szerk.): *Fejezetek nemfémes anyagok legújabb járműipari kutatási területeiből*, 2015, Széchenyi István Egyetem, Győr, 212–265. o.
- CZVIKOVSKY TIBOR – NAGY P. – GAÁL J.: *A polimertechnika alapjai*, 2000, Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- RONKAY FERENC, KASZA DÓRA: Reciklált PET műszaki alkalmazhatósága, *Műanyag és Gumi*, 2014, 51. évfolyam, 3. szám, old.: 88-91
- Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor: "Recycling of Mineral Water Bottles with Chemical Foaming", 2018, *Acta Technica Jaurinensis* vol. 10, pp. 157-167
- Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor: "Structure and properties of closed-cell foam prepared from rPET", 2018, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* vol. 426
- Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor: "Investigation of Flame Retardant rPET Foam", 2020, *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* vol. 64, pp. 81-87
- Throne, J. L.: Effect of tensile strength on the foamability of polymers, (1971), In *SPE ANTEC* (Vol. 17, pp. 759-764). Society of Plastics Engineers.
- Huang, J., & Li, Z.: Effect of tensile strength on the foamability of poly(ethylene terephthalate), 2017, *Journal of Cellular Plastics*, 43(3), 233-244

- Wang, X., Zhang, X., Yang, W., & Wang, Y.: Effect of elongation at break on the foaming behavior of polylactic acid. *Cellular Polymers*, 2014, 33(4), 307-320.
- Guilong Wang, Jinchuan Zhao, Guizhen Wang, Chul B. Park: Prediction of cellular structure and mechanical properties of foamed polystyrene based on tensile properties of unfoamed material, 2016, *Express Polymer Letters*, 10(5), 368-378.
- Li, Y., Zhang, Y., Wang, X., & Zhang, X.: Prediction of mechanical properties of foamed polymer composites based on tensile properties of unfoamed constituents, 2015, *Journal of Applied Polymer Science*, 132(21), 42274.
- Zhang, Y., Zhang, X., Li, Y., & Wang, X.: Prediction of mechanical properties of foamed polypropylene based on tensile properties of unfoamed material, 2018, *Journal of Cellular Plastics*, 54(4), 483-494.

Hidrogén hajtású járművek sűrítőkerék eróziójának vizsgálata

1. Bevezetés

A hidrogén, mint tüzelőanyag alkalmazása, valamint a jelenlegi járműhajtás konstrukciókban alkalmazott kipufogógáz visszavezetési technológia jelentős mértékben járul hozzá több károsanyag típus kibocsátásának csökkentéséhez. Ezen megoldások turbófeltöltővel való kombinálása további jelentős redukción képviselhet a belsőégésű motor fajlagos tüzelőanyag fogyasztásának tekintetében, amely egyben a CO₂ produktum csökkenését is jelenti. A sűrítőkerék elé visszavezetett égéstermék azonban jelentős mennyiségű vízgőz tartalommal rendelkezik, amely a beszívott friss levegővel keveredve kondenzálódik és folyadékcseppek formájában nagy sebességű ütközést produkál a sűrítőkerék lapátjaival. Az ennek következtében létrejövő erózió akár oly mértékű is lehet, mely a szerkezet teljes tönkremenetelét is előidézhetheti. A jelenség tüzelőanyag cellák esetében is aktuálisan kutatott terület, hiszen a végtermékként létrejövő víz szintén nagymértékű eróziót gyakorolhat a turbina lapátokra. A turbófeltöltő és a hajtáslánc védelme érdekében tehát kulcsfontosságú ezen új fejlesztési kihívás monitorozása, valamint a hatástanalízis elvégzése.

A jelen tanulmányban bemutatásra kerülő kutatási projektben a doktori kutatásomban megkezdett munkára alapozva, lehetőségem nyílt a bevezetőben említett kondenzációs folyamat valós és szimulációs körülmények között való leképezésére, valamint a lapáterózió mértékét befolyásoló paraméterek megismerésére. Ez utóbbiak szabályozott körülmények között történő hatástanalízise érdekében egy egyedi berendezés tervezése és megépítése is lezajlott. Gyorskamerás felvételek segítségével a kondenzátum áramlási képét is sikerült meghatározni, mely fontos információt szolgáltat a projekt során kivitelezni kívánt további mérésekhez. Továbbá az online állapotmonitorozást lehetővé téve létrehoztam egy rezgésmérési metódust, melynek segítségével nem csak a teljes tönkremenetel idejét tudjuk meghatározni, de a folyamatos erózió aktuális mértékét is a szerkezet működőképességének megtartása mellett.

A projekt eredeti céljaiból 2024 áprilisáig elérték

- Szakirodalmi áttekintés elvégzése hidrogén hajtású járművek sűrítőkerék eróziójának vizsgálatára témakörében. A feldolgozásból Q2-es minőségű review cikk jelent meg az SAE International Journal of Engines nevű folyóiratban² [1]

¹ Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Témavezető: Dr. Zsoldos Ibolya, egyetemi tanár, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

² Takács, R., Zsoldos, I., Szentendrei, D.: Water Droplet Collision and Erosion on High-Speed Spinning Wheels," SAE Int. J. Engines 17(5):2024, <https://doi.org/10.4271/03-17-05-0037>.

- Egyedi komponensteszt padok, egyedi alkatrészek és 3D áramlástanai numerikus módszerek alapján a kísérleti modellrendszer meghatározásra került. Előbbi bemutatása konferencia cikkben is megtörtént³[2]
- Meghatározásra került a vízeróziós befecskendező rendszer
- Rezgéstani metódus került kiépítése az online állapotmonitorozás érdekében
- Numerikus 3D áramlástanai módszer került meghatározásra a kondenzáció jelenségének leírására. Ezen eredmények konferenciakötetben megjelent cikk formájában is ismertetésre kerültek⁴[3]
- Egyszerűsített modellek segítségével kezdetét vette az erózió mértékét definiáló és előre jelző szilárdságtani numerikus modell felépítése

Az ösztöndíjas időszak végéig beütemezett kísérletek:

- Különböző anyagminőségű és bevonatú próbatestek eróziós vizsgálata egyedi komponensteszt padon
- Eróziót befolyásoló paraméterek hatásanalízise
- Kutatási eredmények összefoglalása

Meghiúsult kísérleti célok:

- Blow-by erózió vizsgálata (szakirodalmi feldolgozás alapján kizárható a relevanciája)

Újonnan létrejött kísérleti célok:

- Sűrítőkerék eróziójának elkerülése anyagszerkezeti- és minőségi változtatások által
- Sűrítőkerék eróziójának elkerülése felületi bevonatok alkalmazásával

2. Felhasznált anyagok és módszerek

A kutatás során végzett szakirodalmi feldolgozás eredményeként megállapítottam, hogy a hidrogént hajtóanyagként használó hajtásláncok közül a turbófeltöltővel és alacsony nyomású kipufogógáz-visszavezető rendszerrel épített belsőégésű motorok, valamint a tüzelőanyag cellát használó járművek sűrítő és turbina kerekei vízütés általi eróziót szenvedhetnek el. Ennek oka az égéstermékben jelenlévő jelentős mennyiségű vízgőz bizonyos állapotok között történő kondenzálódása, valamint az így kondenzálódott folyadékcseppek forgó alkatrészekkel való ütközése. Előbbi esetében a turbófeltöltő sűrítőkerékét⁵ [4], míg

³ Takács, R., Zsoldos, I., Nagy, A. L.: Investigation of Turbocharger Compressor Wheel Damage Due to Collision with Condensed Water Droplets. Springer 575-581 (2022) <https://doi.org/10.1007/9>

⁴ Takács R., Szentendrei, D.: Investigation of LP-EGR condensation for alternative fuels. OGÉT 2024 (szerkesztés alatt)

⁵ Karstadt, S., Werner, J., Münz, S., Aymanns, R.: Effect of water droplets caused by low pressure EGR on spinning compressor wheels. 19th Supercharging Conference, Dresden (2014)

utóbbi esetben az esetlegesen használt turbinalapátokat érinti⁶ [5] ezen jelenség, amely mértékének befolyásoló tényezői⁷ [6]:

- az ütközés sebessége
- a vízcsepp átmérője
- a víz térfogatárama
- az alapanyag keménysége
- az alapanyag felületi érdessége

A jelenség belsőégésű motorok esetében nem csupán hidrogén tüzelőanyag használatakor merül fel, azonban az ismert tüzelőanyagok elégetése során azonos teljesítményszintre vetítve ez esetben keletkezik a legnagyobb mennyiségű vízgőz, így a kondenzátum térfogatárama, tehát az erózió mértéke is itt lehet a legnagyobb. Fontos megjegyezni azonban, hogy az említett szerkezetekben csak adott munkapontokon történik kondenzáció, amikor adottak ennek feltételei. belsőégésű motorok esetében ez akkor teljesül, amennyiben a visszavezetett kipufogógáz, valamint a beérkező friss levegő keverékének hőmérséklete harmatpont alá süllyed, tehát a relatív páratartalom eléri a 100 %-ot. Annak érdekében, hogy fel tudjuk térképezni ezen állapotokat, motorfékpadai referenciamérés, valamint az erre épülő 3D áramlástan szimuláció lett felépítve, melynek vizsgálandó paraméterei:

- LP-EGR hőmérséklete
- LP-EGR páratartalma
- LP-EGR tömegárama
- Beszívott friss levegő hőmérséklete
- Beszívott friss levegő páratartalma
- Beszívott friss levegő tömegárama

Annak érdekében, hogy a valós körülmények között előforduló, lehető leghatékonyabb paraméter tartományt tudjuk vizsgálni, az alábbi, 36 esetet magába foglaló kísérleti mátrix került meghatározásra.

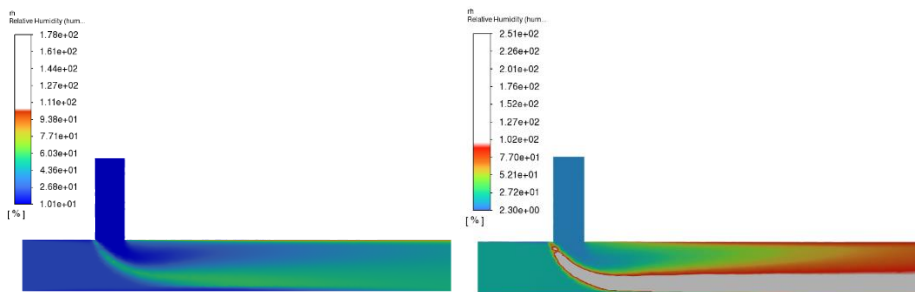
⁶ Wittmann, T., Lück, S., Bode, C., Friedrichs, J.: Investigation of water droplet erosion in the radial turbine of a fuel cell turbocharger. Proceedings of Global Power and Propulsion Society, ISSN-Nr.: 2504-4400, GPPS Xi'an21, 18-20th October, 2021.

⁷ Rieger, H.: Kavitation und Tropfenschlag. In: Machenrauch, E., Gerold, V. Beiträge zur Werkstoffkunde und Werkstofftechnik, Karlsruhe, Werkstofftechnische Verlagsgesellschaft m.b.H. (1977)

Condensation test						
Load case	Ambient air temperature [°C]	Ambient air humidity [%]	Ambient air massflow [kg/s]	LP-EGR massflow [kg/s]	LP-EGR temperature [°C]	LP-EGR humidity [%]
1	-20	0	0.075	0.05	60	50
2			0.15	0.1	120	
3			0.225	0.15	180	
4			0.075	0.05	60	
5			0.15	0.1	120	
6		0.225	0.15	180		
7		0.075	0.05	60		
8		0.15	0.1	120		
9		0.225	0.15	180		
10		0.075	0.05	60		
11	0	50	0.15	0.1	120	
12			0.225	0.15	180	
13			0.075	0.05	60	
14			0.15	0.1	120	
15			0.225	0.15	180	
16		0.075	0.05	60		
17		0.15	0.1	120		
18		0.225	0.15	180		
19		0.075	0.05	60		
20		0.15	0.1	120		
21	20	0	0.225	0.15	180	
22			0.075	0.05	60	
23			0.15	0.1	120	
24			0.225	0.15	180	
25			0.075	0.05	60	
26		0.15	0.1	120		
27		0.225	0.15	180		
28		0.075	0.05	60		
29		0.15	0.1	120		
30		0.225	0.15	180		
31	40	50	0.075	0.05	60	
32			0.15	0.1	120	
33			0.225	0.15	180	
34			0.075	0.05	60	
35			0.15	0.1	120	
36		0.225	0.15	180		

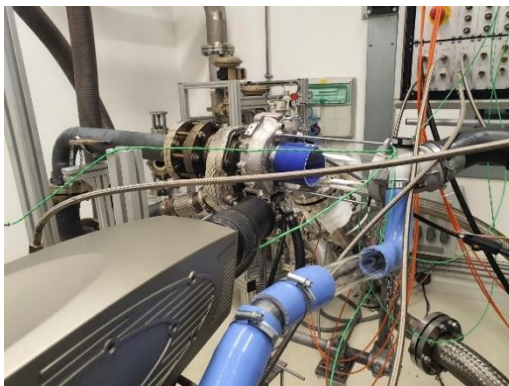
49. ábra Kondenzációs mátrix

A kutatás során célom, hogy ezen munkapontok szimulációs és komponensteszt-padi környezetben is kivizsgálásra kerüljenek. Ennek kivitelezése a dokumentáció írásakor is zajlik. Az alábbi ábrák egy olyan esetet szemléltetnek, ahol a közegek összekeveredése nem okozott kondenzációt, míg a másik esetben igen (relatív páratartalom eléri a 100 %-ot). Ezen két eset adatai az előző táblázatban kiemelt adatok. Mindez bizonyítéka annak, hogy a metódus jól használható.



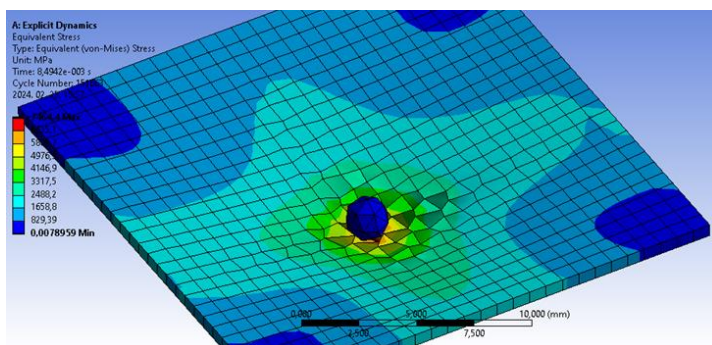
50. ábra LP-EGR és beszívott levegő keveredése során tapasztalt relatív páratartalom különböző munkapontokon

Ezen szimulációs vizsgálatok célja, hogy idő- és költséghatékony módon tudjunk matematikai leírást adni a kondenzáció keletkezésére. Természetesen validációs mérésekre is szükség van a metódus helyességének igazolása érdekében. Erre a célra egy egyedi berendezés került kialakításra, kiegészítve a Járműhajtás Technológia Tanszéken található turbófeltöltő komponens-teszt-paddal. A közegek keveredési zónájában egy üvegcsöves kialakításnak és egy nagy sebességgel rekorderező kamerának köszönhetően az áramlási kép megfigyelhetővé vált. Jelenleg az azonos csatlakozó geometriák (valóság és szimuláció) létrehozása zajlik.



51. ábra Egyedi komponentesztpad kialakítása gyorskamerás mérési lehetőséggel

A kondenzációs állapotok feltérképezése mellett idő- és költséghatékony megoldást kínál a kialakult folyadékcseppek alapanyaggal való ütköztetésének végelem módszeren alapuló szilárdságtani vizsgálata. A kutatás jelenlegi fázisában még csupán egyszerűsített modelleken zajlottak kísérletek, melyek eredményei a későbbiekben kerülnek kifejtésre.

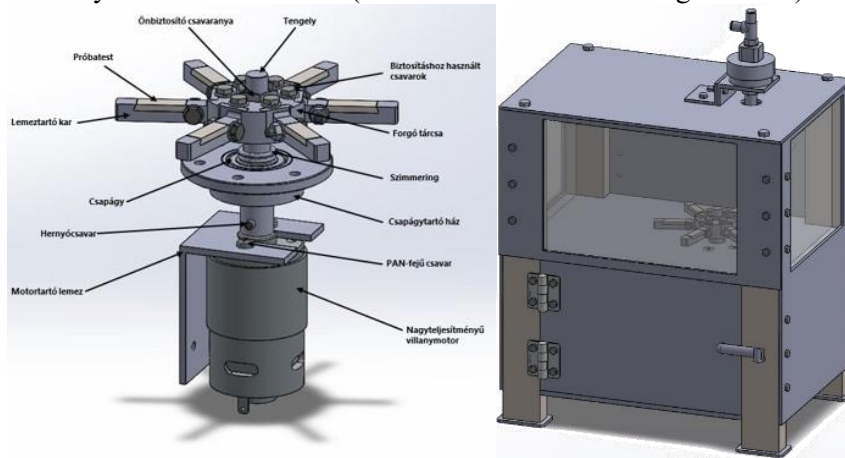


52. ábra Egyszerűsített végelem szilárdságtani szimuláció vizítés általi erózió esetére

A kutatás kezdeti fázisában már történtek valós turbófeltöltőn végzett eróziós vizsgálatok, melyek ígéretes eredményekkel szolgáltak az erózió létrehozása és annak mértékének meghatározása szempontjából, azonban a mérések hosszú időt és jelentős költségeket emésztettek fel. A végcél a sűrítőkerék lapáteróziójának matematikai leírása, valamint javaslatok kidolgozása annak elkerülése érdekében. Ennek figyelembevételével úgy döntöttem, hogy elegendő csupán próbatesteket vizsgálni, melyek anyagminősége megegyezik a sűrítőlapátok anyagminőségével, így egy-egy eróziós teszt után nem szükséges mindig új turbófeltöltőt vásárolni, csupán a próbatesteket cserélni. Az alábbi ábrán látható vizsgálóberendezés jött így létre, melynek legfontosabb előnyei:

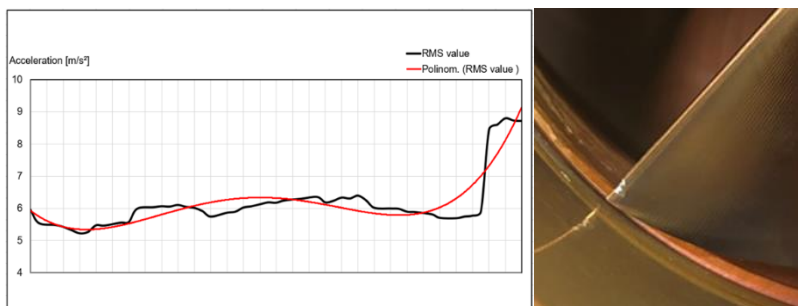
- Idő- és költséghatékony mérési lehetőség
- Egy időben akár 6 azonos, akár 6 különböző anyagminőségű próbatest is tesztelhető

- Állítható fordulatszám tartomány
- Állítható víz-térfogatáram és cseppátmérő
- Könnyű és mobilis eszköz (a tesztek szinte bárhol elvégezhetőek)



53. ábra Egyedi erózióvizsgáló berendezés

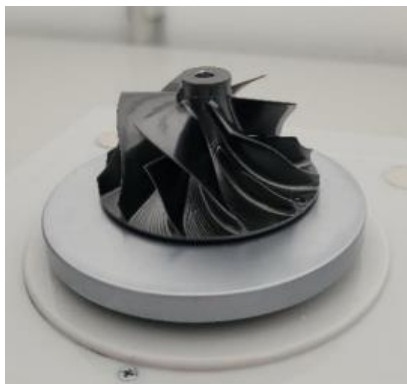
A fent említett turbóteszt-padi mérések során kidolgozásra került egy olyan rezgésmérési metódus, melynek segítségével lehetőségünk nyílt az eróziós kopás okozta online állapotfigyelésre a turbófeltöltő rotorjának szempontjából. Mindez azért nagyon fontos, mert a létrejött erózió növeli a forgó rotor kiegyensúlyozatlanságának mértékét, ez pedig bizonyos mérték felett a szerkezet teljes tönkremeneteléhez is vezethet. A rezgésmérési metódus segítségével azonban valós idejű információt kaphatunk a rotor állapotáról, így a motorvezérlő képes lehet vészüzemmódba kapcsolni, vagy akár a járművet megállítani, így csupán a sűrítőkerék cseréjére, valamint a rotor kiegyensúlyozására lesz szükség, nem pedig a teljes turbófeltöltő cseréjére. Az alábbi ábrán látható, hogy a mért rezgésjel képes volt kimutatni a sűrítőlapátokon létrejövő anyagleválást.



54. ábra Anyagleválás kimutatása rezgésjelből

A létrejött lapátsérülések reprodukálása és detektálása mellett a kutatás fontos részét képezi az erózió mértékének csökkentésére tett ötletek, kísérletek kidolgozása. A szakirodalmi feldolgozás alapján két alapvető irányvonal különböztethető meg. Az egyik a kondenzáció mértékének csökkentése, amely megvalósulhat a

motorvezérlő paramétereinek és LP-EGR-re vonatkoztatott szabályzási stratégiájának megváltoztatásával, a másik elv pedig a lapátok mechanikai védelme. A kutatás elsőként ez utóbbit célozta meg, mivel előbb megoldás jelentős hátrányokat jelent a károsanyag kibocsátás csökkentésére irányuló törekvések szempontjából. A mechanikai védelem szempontjából két alapelv került meghatározásra. Az egyik a meglévő alapanyagra felvitt bevonati technológia, a másik pedig az alapanyag kémia összetételének megváltoztatása. Első lépésként ipari kapcsolat segítségével két különböző minőségű bevonattal (Balinit DLC Star és Balinit Hardcarbon) láttunk el 1-1 sűrítőkereket. Mindkettő esetében elmondható, hogy a felületi keménység értéke meghaladta a 20 GPa értéket, melynek köszönhetően jelentős mértékben csökkent az azonos paraméterek mellett vizsgált erózió mértéke. Mindezt komponensteszt-padi vizsgálattal sikerült igazolni.



55. ábra Balinit DLC Star bevonattal ellátott sűrítőkerék

3. Összefoglalás

Az itt bemutatott eredmények röviden összefoglalják az ösztöndíjas időszak 2023 szeptemberétől 2024 áprilisáig eltelt időszakban folytatott tevékenységeket, valamint az azok során nyert tapasztalatokat. A kutatás eddigi eredményeként lehetővé vált a hidrogén és egyéb egyéb tüzelőanyaggal rendelkező hajtásláncokban megjelenő sűrítőkerék eróziós folyamat szimulációs és komponensteszt-padi leképezése. Egyedi vízeróziós berendezés segítségével a szakirodalmakban előírt, az erózió mértékét befolyásoló paraméterek mindegyike széles spektrumu vizsgálata valósult meg. A szerkezet valós idejű állapotfelmérésére rezgésmérési módszer került kiépítésre, továbbá elkezdődött a lapátok mechanikai védelmét szolgáló bevonatok és különböző anyagminőségek vizsgálata.

Forrásjegyzék

- Takács, R., Zsoldos, I., Szentendrei, D.: "Water Droplet Collision and Erosion on High-Speed Spinning Wheels," SAE Int. J. Engines 17(5):2024, <https://doi.org/10.4271/03-17-05-0037>.
- Takács, R., Zsoldos, I., Nagy, A. L.: Investigation of Turbocharger Compressor Wheel Damage Due to Collision with Condensed Water Droplets. Springer 575-581 (2022) <https://doi.org/10.1007/9>
- Takács R., Szentendrei, D.: Investigation of LP-EGR condensation for alternative fuels. OGÉT 2024
- Karstadt, S., Werner, J., Münz, S., Aymanns, R.: Effect of water droplets caused by low pressure EGR on spinning compressor wheels. 19th Supercharging Conference, Dresden (2014)
- Wittmann, T., Lück, S., Bode, C., Friedrichs, J.: Investigation of water droplet erosion in the radial turbine of a fuel cell turbocharger. Proceedings of Global Power and Propulsion Society, ISSN-Nr.: 2504-4400, GPPS Xi'an21, 18-20th October, 2021.
- Rieger, H.: Kavitation und Tropfenschlag. In: Machenrauch, E., Gerold, V. Beiträge zur Werkstoffkunde und Werkstofftechnik, Karlsruhe, Werkstofftechnische Verlagsgesellschaft m.b.H. (1977)

Az államot illető közjogi és magánjogi jogosítványok elhatárolása, különös tekintettel a közgyűjteményben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadására irányuló eljárásra

1. Bevezetés

Az állam a politika, a jog és a gazdaság metszéspontjában formálódó társadalmi-kulturális tényező. Közjogi státuszát tekintve szuverén: önálló, külső kontroll nélküli döntési képességgel bír, a legfőbb hatalom letéteményese. Az állami impérium birtokában végzett tevékenysége során nem csupán főhatalma alatt állókra alkot általánosan kötelező magatartási szabályokat, kényszeríti ki azokat, valamint dönti el a magatartási szabályok betartásával kapcsolatos jogvitákat, hanem a saját hatalomgyakorlását korlátozó normákat is létrehozza.

Az állam kitüntetett közjogi jogosítványai mellett gyakran magánjogi jogviszonyok alanya is. Magánjogi jogviszonyokban az államnak levetkőzve közhatalmi szerepét, minden más jogalannyal mellérendelt és egyenjogú félként kell részt vennie. Az elvi tételnek megvalósulása azonban számos gyakorlati kihívással küzd. Az állam ugyanis nem csupán polgári jogi szerződéses viszonyaiban vindikál magának gyakorta többletjogokat, hanem a részvételével érintett magánjogi jogviszonyokba is hajlamos közhatalmi szereplőként beavatkozni.

A kutatás központi kérdését az állam kétféle szerepvállalása közötti éles határvonal elhalványulása okán felmerülő alkotmányos probléma megjelenésének vizsgálata képezi a közgyűjteményben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadására irányuló speciális eljárásban. Az a szabályozás ugyanis, amely eredményeként az állam közhatalmi és tulajdonosi jogosítványai összemosódnak, nem felel meg az Alaptörvény B) cikkében foglalt jogállamiság elvének, ahogy erre az Alkotmánybíróság 11/2013. (V. 9.) AB határozatában is rámutatott.

A vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadására irányuló eljárás az érintett vagyontárgyak és vagyontárgyegyüttesek birtokállapotának mielőbbi rendezését szolgálja. Intézményesítése lehetővé tette, hogy a magukat tulajdonosnak tekintő igénylők a közgyűjteményben található vitatott tulajdonú kulturális javak birtokbavételét polgári peres eljárás megindítása nélkül, a tulajdoni igény elbírálásától függetlenül is kezdeményezhessék. Az intézményesített „birtokrestitúciós” eljárás jellegadó sajátossága, hogy keretében a tulajdoni igény elbírálása kizárt. Az eljárás szabályait az elmúlt évtizedben több módosítás is érintette, amelyek eredményeként azok koncepcionális változáson mentek keresztül.

Kutatásom során vizsgált alkotmányossági kérdés megalapozásaként az eljárás szabályok egyes időállapotainak feltérképezése és összehasonlítása mellett a törvényjavaslatok indokolását is vizsgálva megkíséreltem feltárni a változás mögött

¹ Állam- és Jogtudományi Doktori Iskola. Témavezető: Dr. Erdős Csaba, egyetemi docens, Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Alkotmányjogi és Politikatudományi Tanszék.

húzódó jogalkotási koncepciót és elemezni a vonatkozó alkotmánybíróági gyakorlatot. Tettem mindezt annak érdekében, hogy a rávilágítsak az államot illető közjogi és magánjogi jogosítványok összemosódásának problémája a közgyűjteményben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadására irányuló eljárás szabályaiban is fellelhető.

2. A kulturális javak visszaadására irányuló eljárás

A második világháború idején tömegével kerültek magántulajdonban lévő műtárgyak az állam birtokába.² A kulturális javak egy részét tulajdonosaik helyezték letétbe megóvásuk érdekében, az esetek többségében azonban nem a tulajdonos rendelkezése folytán változott a birtokosi pozíció.³ A zsidó lakosság műtárgyai kezdetben bejelentési kötelezettség alá estek, majd vagyonuk központilag zár alá, *de facto* állami tulajdonba került.⁴ Az így begyűjtött vagyontárgyak tulajdonosi helyzetének tisztázására a háború után csak részlegesen került sor. A magántulajdonban lévő kulturális javak igazi kálváriája hazánkban a szocializmus időszakában kezdődött. Az 1954. évi 13. törvényerejű rendelet államosította a múzeumok őrzetében lévő valamennyi műtárgyat, amelyek tulajdonosa ismeretlen volt vagy engedély nélkül külföldre távozott.⁵ A rendszerváltást követően az államosított kulturális javak a kárpótlási törvények hatálya alá estek ugyan, ám a kárpótlás nem vagyontárgyak visszaadását, hanem forgatható értékpapír – kárpótlási jegy – formájában nyújtott részleges vagyoni kompenzációt jelentett.⁶

A vagyontárgyak tulajdonosai és örökösei jellemzően nem elégedtek meg a kárpótlási törvények értelmében nagy értékű műtárgyaik helyébe lépő jelképes anyagi ellenszolgáltatással. Az 1990-es évek végétől kezdődően számos – a vitatott tulajdonú kulturális javak visszaszerzését célzó – per indult a Magyar Állammal szemben, amely jogviták változó eredménnyel zárultak.⁷

² Kowalski W. W., *The Machinery of Nazi Art Looting: The Nazi Law on the Confiscation of Cultural Property Poland: A Case Study in Art, Antiquity and Law*, 2000, Vol. 5, 218.

³ Ronald W. Zweig: *The Hungarian Gold Train. Fantasies of Wealth and the Madness of Genocide* in: Martin Dean, Constantin Gochler, and Philipp Ther (eds.): *Robbery and Restitution. The Conflict over Jewish Property in Europe*, 2007, Berghahn Books, New York, 211.

⁴ 1600/1944. M. E. rendelet. A zsidóságtól összegyűjtött jelentősebb értékek kezelését és leltározását az erre a célra felállított kormánybizottság végezte. A pénzügyi letétekben elhelyezett tárgyra is kiterjedő lefoglalás eredményeként a kormánybizottság olyan neves gyűjteményeket leltározott, mint például a Fellner-, Herczog-, a Weisz- vagy a Goldberger családok értékei. BOROS János: *A magyarországi zsidóság vagyonának sorsa 1938-1949*, *Magyar Napló*, 2015, Budapest.

⁵ Törvények és Rendelet Hivatalos Gyűjteménye 1954, Budapest, 1955. 158-160.

⁶ A tulajdonviszonyok rendezése érdekében, az állam által az állampolgárok tulajdonában igazságtalanul okozott károk részleges kárpótlásáról szóló 1991. évi XXV. törvény 3-5.§. A tulajdonviszonyok rendezése érdekében, az állam által az állampolgárok tulajdonában az 1939. május 1-jétől 1949. június 8-ig terjedő időben alkotott jogszabályok alkalmazásával igazságtalanul okozott károk részleges kárpótlásáról szóló 1992. évi XXIV. törvény.

⁷ Az első ilyen per 1999 decemberében született jogerős ítéletével az Andrassy-család öt, korábban állami tulajdonnak tekintett festmény tulajdonjogát szerezte vissza a Magyar Államtól. Nem alakult ilyen kedvezően a peres eljárás a Herczog-család örökösei számára. A megismételt eljárás keretében utolsó hazai fórumként eljáró Fővárosi Ítéltábla a Magyar Állam jogi álláspontját osztotta, azonban – fenntartva egy korábbi közbenső ítéletet – egy Munkácsy festmény örökösök részére való

A fenti előzmények utána a jogalkotó 2013-ban a muzeális intézményekről, a nyilvános könyvtári ellátásról és a közművelődésről szóló 1997. évi CXL. törvény (a továbbiakban Kultv.) szabályainak kiegészítésével egy egyszerűsített eljárást alkotott a közgyűjteményekben őrzött, állami tulajdonban állóként nyilvántartott vagyontárgyak birtokállapotának mielőbbi rendezése érdekében. A szabályozás alap gondolata az volt, hogy amennyiben kétséget kizárólag nem igazolható az állami tulajdonjog fennállása, a kulturális javak körébe tartozó tárgyat ki kell adni annak a személynek, aki tulajdonjogát megfelelően valószínűsíti.⁸ Az eljárás részletes szabályait a közgyűjteményekben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadásának rendjéről szóló 449/2013. (XI. 28.) Korm. rendelet (a továbbiakban R1.) tartalmazta. Az R1. alapján a vagyontárgyra bejelentett igényt az állami tulajdonjog gyakorlója bírálta el, két szakaszra bontható eljárásban. Az első, szükségképpen eljárás szakasz arra koncentrált, hogy bizonyítható-e kétséget kizárólag a vagyontárgy állami tulajdonjogának jogszerű volta, és a jogszerű állami tulajdon igénylés időpontjában való fennállása. A második – esetlegesen – eljárás szakasz lefolytatására kizárólag akkor került sor, ha az állami tulajdonjog gyakorlója nem állapította meg az állami tulajdonjog jogszerű voltát.⁹ Ebben az esetben az állami tulajdonjog gyakorlója a vagyontárgy igénylő részére történő kiadásáról döntött.¹⁰

Koncepcionális változás 2019-ben következett be, amikor a jogalkotó az örökségvédelmi intézményvédelem korrekciójának és a kulturális örökségvédelem állami feladatának kiterjesztésére hivatkozással eltérő szabályokat vezetett be.¹¹ A módosítás eredményeként jelenleg is hatályos jogszabályi rendelkezés értelmében már nem az államnak kell kétséget kizáróan bizonyítania tulajdonjogának jogszerű voltát, hanem épp ellenkezőleg, az érintett tulajdonosnak, örökösnek saját tulajdonjogát. A módosítás mindemellett egy új *sui generis* felülvizsgálati eljárást is intézményesített, amely – meghatározott feltételek fennállása esetén 5 éves jogvesztő határidőn belül, legfeljebb egy alkalommal – lehetővé tette a korábbi eljárási szabályok szerint az állam által az igénylő birtokába adott vagyontárgyak utólagos visszakövetelését.¹²

visszajuttatásáról rendelkezett. A Herczog-örökösök ezt követően Amerikában folytatták a műkincspert. Utóbbiról részletesen: Szabó Sarolta: Államok, műkincsek és perek: a Herzog-gyűjtemény esete, in: Raffai – Szabó (szerk.): *Honeste benefacere pro scientia: Ünnepi kötet Burián László 65. születésnapja alkalmából*, 2019, Pázmány Press, Budapest.

⁸ Kultv. 4/A. §

⁹ R1 4.§ (1)-(3) bekezdés

¹⁰ Kezdetben a MNV Zrt., majd 2015. június 28. napját követően a kulturális örökség védelméért felelős miniszter. Az MNV Zrt. összesen 15 ügyben, közel 300 tárgyra adott ki nemleges tulajdonosi nyilatkozatot. (B/1704, B/5236, B/15394. számú beszámoló az állam nevében tulajdonosi jogokat gyakorló szervezetek működéséről, az állami vagyon állományának alakulásáról, az állami vagyonnal való gazdálkodás folyamatairól)

¹¹ Jelentős változás az egyes törvényeknek az épített és a természeti környezet védelmével, valamint a kulturális örökségvédelemmel összefüggő módosításáról szóló 2019. évi LXIV. törvény hatálybalépése hozott.

¹² Kultv. 92/B-92/F. § A kulturális javak visszaadására irányuló eljárás részletszabályait a 2019. február 25. napján hatályba lépett 22/2019. (II.25.) Korm. rendelet tartalmazza. Hatálybalépésével a

3. Az eljárás megítélése az alkotmánybíróság gyakorlatában

Az eljárás szabályainak alkotmányosságát az Alkotmánybíróság ezidáig három – bírói kezdeményezés alapján indult utólagos normakontroll eljárás eredményeként hozott – határozatában vizsgálta. A 3042/2021. (II.19.) AB határozat a felülvizsgálati eljárás alkotmányosságára koncentrált. Az alkotmánybíróság eljárási szabályai okán a testület csak az eljárás első szakaszát képező, szűkebb értelemben vett felülvizsgálati eljárás alkotmányosságát vizsgálta.¹³ Megállapította ugyan, hogy a jogszabály szövegéből, a jogalkotói indokolásból és a joggyakorlatból is nyilvánvalóan következik, hogy a vonatkozó eljárás a közjog területén helyezhető el, azonban önmagában a tulajdonosi döntés visszavonása a 11/2013. (V. 9.) AB határozatban megállapított követelménynek nem felel meg. A határozat indokolása kiemelte, hogy az alkotmányossági kontroll alá vont eljárási szak eredményeként hozott határozat nem a birtokbaadásról rendelkezik, így önmagában alkalmatlan arra, hogy az igénylő birtokosi pozíciójának *de facto* sérelmét idézze elő.

A testület második alkalommal a végrehajtási rendelet azon rendelkezésének¹⁴ alaptörvény-ellenességét vizsgálta, amely a folyamatban lévő és az új eljárásra utasítás okán megismételt eljárások új szabályok alapján való lefolytatásáról szerinti lefolytatásáról rendelkezett. A határozat indokolása rámutat, hogy jelen ügyben a visszaható hatályú jogalkotás tilalma esetében a testület gyakorlatában kimunkált kételemű teszt mindkét elemébe ütközés megállapítható.¹⁵ Az igénylő helyzete terhesebbé vált, a kétséget kizáró bizonyosság ugyanis a bizonyosság magasabb fokát jelenti, mint a valószínűség. Az állam és az igénylő között pedig kérelem alapján indult eljárás volt folyamatban, így a kételemű teszt temporális elemébe ütközés is megállapítható. Végül, a 10/2023. (VI. 20.) AB határozatban az Alkotmánybíróság a korábbi jogszabályi rendelkezés vonatkozásában azonos érvek alapján általános alkalmazási tilalom kimondásáról rendelkezett.

Áttekintve az AB gyakorlatát látható, hogy a testület mindeddig érdemben nem foglalt állást a felülvizsgálati eljárás egészének alkotmányosságáról. Megállapította ugyan, hogy a megváltozott eljárási szabályok folyamatban lévő és megismételt eljárásokban való alkalmazása ellentétes a visszaható hatályú jogalkotás tilalmával, azonban a felülvizsgálati eljárás egészének alaptörvény-konformitását, s az államot illető közjogi és magánjogi jogosítványok összemosódásának problémáját nem vizsgálta.

kormányrendelet a megelőző rendeleti szabályozást hatályon kívül helyezte és elrendelte a folyamatban lévő és megismételt eljárások speciális szabályok szerint való lefolytatását.

¹³ Az Alkotmánybíróságról szóló 2011. évi CLI. törvény 25. § (1) bekezdése és a testület gyakorlata szerint az egyedi normakontroll eljárásnak nélkülözhetetlen feltétele, hogy a bírói kezdeményezésnek az ügyben alkalmazandó jogszabály vizsgálatára kell irányulnia.

¹⁴ a közgyűjteményekben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadásának rendjéről szóló 449/2013. (XI. 28.) Korm. rendelet hatályon kívül helyezéséről és az azzal összefüggő átmeneti rendelkezésekről szóló 22/2019. (II. 25.) Korm. rendelet 2. §

¹⁵ A visszaható hatály tilalmáról részletesen pl: 903/B/1990. AB határozat, ABH 1990, 250, 251.

4. A birtokállapotról rendelkező miniszteri döntés jellege

Kutatásom során áttekintettem az Alkotmánybíróság által – eljárási korlátok okán – nem vizsgált, birtokállapotról rendelkező döntés közjogi és magánjogi jellege mellett szóló érveket. Kiindulópontom az volt, hogy egy aktus közjogi vagy magánjogi jellegének meghatározásakor jelentősége elsősorban a döntés tartalmának nem pedig formai megjelenésének van. A közjog elsősorban az államszervezet felépítésére, működésére, a közhatalom gyakorlására vonatkozó szabályokat tartalmazza. A közjogi jogviszonyokban az állam közhatalmat gyakorolva, hierarchikus alá-fölérendeltség érvényesítésével jelenik meg, míg a magánjogi jogviszonyokban a – felek személyétől függetlenül – a mellérendeltség jellemző.¹⁶

A kulturális javak visszaadására irányuló eljárás vitathatatlanul vagyoni jogviszonyt jelent. Az állami tulajdonjog gyakorlójának döntése – noha nem a kérdéses vagyontárgy tulajdonjogáról rendelkezik, de – a birtoklás tulajdonjogi részjogosítványát érintő aktus. A felek vagyoni és személyi viszonyainak szabályozása pedig közismerten a magánjog terebélyébe tartozik.¹⁷

A jogviszony keletkezésének vizsgálatával kapcsolatban elmondható, hogy a vitatott tulajdonú kulturális javak az állam birtokába kerülhettek a tulajdonosok szabad elhatározásából és állami kényszer hatására egyaránt. A vagyontárgyak egy részét megóvásuk érdekében tulajdonosaik helyezték letétbe, szerződéses jogviszonyt létrehozva. Az állam és a letevő közötti jogviszony polgári jogi jellege közvetlenül kihat a visszaadásról rendelkező döntés tartalmi sajátosságaira is. Az esetek többségében azonban nem a tulajdonos rendelkezése vagy legalábbis nem szabad elhatározása alapján változott meg a vagyontárgyak birtokállapota.

Cáfolva a jogviszony magánjogi jellegét igazoló állítást, vagyoni jogosultságokról beszélhetünk akkor is, amikor az állam a vagyontárgyak tulajdonát vagy birtokát a legkülönbözőbb represszív (jogi) eszközökkel vonta el tulajdonostól. Az állam közhatalom birtokában vagy legalábbis azzal fenyegetve járt el, amikor a kényszerrel és erőszakkal átítatott olyan *quasi* polgári jogi jogintézmények útján szerezte meg a vagyontárgyak tulajdonjogát vagy birtokát, mint a felajánlás vagy a lemondás. Belátható, hogy a jogviszony keletkezésének vizsgálata önmagában nem nyújt elegendő eligazítást annak eldöntéséhez, hogy a miniszteri döntés tartalmát tekintve közjogi vagy magánjogi jellegű.

Az állam magánjogi jogalanyként való eljárása mellett szóló további érv lehet a kulturális javak visszaadására irányuló eljárás részletszabályait rendező végrehajtási rendelet tartalma. Az R1. 4. § (4) bekezdése szerint az eljárás során az állami vagyon felügyeletéért felelős miniszter a Polgári Törvénykönyvről szóló 2013. évi V. törvény (a továbbiakban Ptk.) 3:405. § (2) bekezdése szerint kiadott meghatalmazás alapján eljárva dönt a vagyontárgy igénylő részére történő

¹⁶ A közjog és magánjog, valamint az egyes jogágak elválasztásának dogmatikai kérdéseit és szükségességét részletesen elemezte Jakab András: *Közjog, magánjog, polgári jog – A dogmatikatörténet próteuszai és az új Ptk. tervezete* in *Állam- és Jogtudomány* 2007/1. 3–27.

¹⁷ A közjog és magánjog elhatárolásának problémájáról lásd részletesen: Moór Gyula: *A jogrendszer tagozódásának problémája*, 1937, MTA, Budapest; Nocht Tibor: *A magánjog és a közjog viszonyáról az új Ptk. alapján* is in *Jogtudományi Közöny*, 2016/10. sz. 481-490.

visszaadásról.¹⁸ A 2019. február 26. napján hatályba lépett 449/2013. (XI. 28.) Korm. rendelet hatályon kívül helyező, és az új eljárás részletszabályait intézményesítő 22/2019. (II. 25.) Korm. rendelet módosult szöveggörnyezetben ugyan, de változatlan tartalommal utal a Ptk. 3:405. § (2) bekezdésére, amely szerint: „[a]z államot a polgári jogi jogviszonyokban az állami vagyron felügyeletéért felelős miniszter képviseli.”¹⁹ A jogszabály tehát kifejezetten polgári jogi jellegűnek tekinti a visszaadásra irányuló aktust. A jogviszony magánjogi jellege esetén a végrehajtási rendelet tekinthető egy olyan extern normatív aktusnak, amelynek egy kivétellel valamennyi szabálya intern és garanciális jellegű, azaz az államszervezetre irányul és az állami érdek megóvását célozza. Kizárólag a végső aktus, a birtok állapotváltozásról rendelkező döntés extern jellegű.²⁰

Áttérve a visszaadásról rendelkező döntés közjogi jellege mellett szóló érvekre, mindenekelőtt kiemelendő, hogy az AB szerint a szűkebb értelemben vett felülvizsgálati eljárás a közjog területén helyezkedik el. Az AB álláspontja szerint a tulajdonosi döntés visszavonásáról rendelkező döntés közjogi jellege nyilvánvalóan következik a jogszabály szövegéből, a jogalkotói indokolásból és a kúriai indítványból kiolvashatóan a joggyakorlatból is.²¹ A testület álláspontjának elfogadása egyúttal az eljárás második szakaszának eredményeként hozott – már a birtokállapotról rendelkező – döntés jellegét is determinálja. Nehezen elképzelhető ugyanis, hogy egy egységes eljárás első szakaszát záró közhatalmi aktust követően az ügy érdemében ugyanazon szerv magánjogi tartalommal mint *acta iure gestionis* döntsön. A felülvizsgálati eljárásban hozott döntés közhatalmi jellegéből pedig alappal következtethetünk arra, hogy a felülvizsgálat tárgyát egy korábbi – szintén – közhatalmi tartalmú döntés képezi. A jogbiztonság szempontjából végképp problematikus lenne ugyanis az, ha a korábban magánjogi tartalmú döntést a miniszter utóbb az ellenérdekű fél hátrányára közhatalmi jellegű döntéssel írta felül. A hatósági aktus-jelleg²² mellett szól továbbá, hogy az *amicus curiae* szerint volt olyan bíróság, amely a kulturális javak visszaadásáról szóló végrehajtási rendelet szerinti döntést közigazgatási hatósági eljárás keretében hozza.²³

¹⁸ R1. 4. § (4) bekezdés.

¹⁹ Ptk. 3:405. § (2) bekezdés.

²⁰ Az intern és az extern jogviszonyok kapcsán részletesen Jakab András: *A magyar jogrendszer szerkezete*, 2007, Dialóg- Campus, Budapest, 17.

²¹ Abh1, Indokolás [70].

²² A közigazgatási jogtudomány aktustanárról részletesen: Veszprémi Bernadett: A közigazgatási aktus in Jakab András – Kőnczöl Miklós – Menyhárd Attila – Sulyok Gábor (szerk.): *Internetes Jogtudományi Enciklopédia*, <http://ijoten.hu/szocikk/a-kozigazgatasi-aktus> (2023); Tamás András: *A közigazgatási jog elmélete*, 2001, Kaloprint, Kalocsa; Patyi András – Varga Zs. András: *Általános közigazgatási jog*, 2009, Dialóg-Campus, Budapest–Pécs, 142–218.

²³ *Amicus curiae* – a jogszabály előterjesztőjének a III/1335/2021. számú ügyben állásfoglalása, elérhető:

[https://public.mkab.hu/dev/dontesek.nsf/0/7988a5abb14731e3c12585ce005b8f28/\\$FILE/III_1335_2_2_020_amicus_MINeln_anonim.pdf](https://public.mkab.hu/dev/dontesek.nsf/0/7988a5abb14731e3c12585ce005b8f28/$FILE/III_1335_2_2_020_amicus_MINeln_anonim.pdf), 5–6.

5. Záró gondolatok

Kutatásom során azt vizsgáltam, hogy az állam közjogi és magánjogi szerepvállalása miként alakul a közgyűjteményben őrzött vitatott tulajdonú kulturális javak visszaadására irányuló eljárásban. Álláspontom szerint az eljárás esetében az állam közhatalmi és magánjogi minőségének összeolvadásának problémája – ezáltal a szabályozás esetleges alaptörvény-ellenessége – több szempontból felvethető. Egyrészt amennyiben a korábbiakban bemutatottak szerint elfogadjuk, hogy a felülvizsgálati eljárást lezáró birtokállapotról rendelkező miniszteri döntés tartalmát tekintve közhatalmi aktus, az állam és az igénylő között fennálló jogviszonyt pedig alapvetően polgári jogi – ahogy erre a végrehajtási rendeletek utalnak –, akkor az állami beavatkozás joghatása függvényében akár a miniszteri döntés alaptörvény-ellenessége is felvethető. Az alaptörvény-ellenesség megállapításának feltételét az jelenti, hogy az igénylő számára terhes birtok állapotváltozást tekinthetjük-e olyan súlyos vagyoni vagy érdeksérelemmel járó beavatkozásnak, amely a jogállamiság követelmények sérelmét eredményezi.

Másrészt, eltávolodva a kiadásról rendelkező döntés közhatalmi vagy magánjogi jellegének problémájától az állam közhatalmi és magánjogi minőségének összeolvadásának – és ezáltal az esetleges alaptörvény-ellenesség – problémája még egy szempontból vizsgálható. Ha ugyanis elfogadjuk, hogy a fennálló jogviszony alapvetően polgári jogi, akkor a jogviszonyban a Magyar Államnak magánfélként való szereplésével – a mellérendeltség és egyenjogúság, valamint a jobbiztonság közjogi követelményével – nem összeegyeztethető az, hogy a Magyar Állam mint törvényhozó olyan felülvizsgálati eljárást intézményesít, amely korábbi döntésének – legyen az akár közjogi, akár magánjogi tartalmú – visszavonását és eltérő szabályok szerinti elbírálását teszi lehetővé. Különösen azért, mert az új eljárás szabályai a bizonyítás szempontjából mindenképp terhesebbek az igénylőre nézve.

Felhasznált irodalom

- Jakab András: *A magyar jogrendszer szerkezete*, 2007, Dialóg, Budapest.
- Jakab András: Közjog, magánjog, polgári jog – A dogmatikatörténet próteuszai és az új Ptk. tervezete in *Allam- és Jogtudomány* 2007/1.
- Kowalski W. W: *The Machinery of Nazi Art Looting: The Nazi Law on the Confiscation of Cultural Property Poland: A Case Study in Art, Antiquity and Law*, 2000, Vol. 5
- Moór Gyula: *A jogrendszer tagozódásának problémája*, 1937, MTA, Budapest.
- Nochta Tibor: A magánjog és a közjog viszonyáról az új Ptk. alapján is in *Jogtudományi Közöny*, 2016/10. sz.
- Szabó Sarolta: Államok, műkincsek és perek: a Herzog-gyűjtemény esete, in Raffai – Szabó (szerk.): *Honeste benefacere pro scientia: Ünnepi kötet Burián László 65. születésnapja alkalmából*, 2019, Pázmány Press, Budapest.
- Patyi András – Varga Zs. András: *Általános közigazgatási jog*, 2009, Dialóg-Campus, Budapest–Pécs.

- Ronald W. Zweig: The Hungarian Gold Train. Fantasies of Wealth and the Madness of Genocide in Martin Dean, Constantin Goschler, and Philipp Ther (eds.): *Robbery and Restitution. The Conflict over Jewish Property in Europe*, 2007, Berghahn Books, New York.
- Tamás András: *A közigazgatási jog elmélete*, 2001, Kaloprint, Kalocsa.
- Veszprémi Bernadett: A közigazgatási aktus in Jakab András – Könczöl Miklós – Menyhárd Attila – Sulyok Gábor (szerk.): *Internetes Jogtudományi Enciklopédia*, <http://ijoten.hu/szocikk/a-kozigazgatasi-aktus>.

Légi és földközeli szenzorok NDVI értékeinek egy időben történő vizsgálata

1. Bevezetés

A precíziós gazdálkodás egy olyan gazdálkodási forma, amely célja a természeti és emberi erőforrások potenciáljában rejlő lehetőségek maximalizálása az agroökoszisztéma minimális károsítása mellett. A precíziós gazdálkodás – különösen napjainkban, amikor a peszticidok, a gyomirtó szerek és a vetőmagok ára folyamatos emelkedést mutat – segít a gazdálkodók költségeinek csökkentésében, illetve a termőterületeik hatékonyabb kihasználásában.² A hagyományos gazdálkodási gyakorlatoknál a szántóterületek teljes területén egységesen juttatják ki az inputanyagokat, míg a precíziós gazdálkodás során differenciáltan történnek ezen munkafolyamatok, figyelembe véve az eltérő talajtípusokat, a domborzatot és a gazdálkodói tapasztalatokat. Az elmúlt évtizedekben történő robbanásszerű technológiai fejlődés következtében – ide tartozik például a gépek irányítását segítő globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System - GPS), a különböző hozammérő eszközök, a differenciált kijuttatású technológiák (Variable Rate Technologies - VRT), a szenzorhálózatok és a távérzékelés (Remote Sensing - RS) – lehetőségük nyílt a gazdálkodóknak a hozamok- és talajviszonyok táblán belüli változékonyságának mérésére, valamint a helyspecifikus kijuttatás megvalósítására. A változó dózissú kijuttatást azonban csak pontos és megbízható adatokra lehet alapozni, amelyekre kiváló lehetőséget biztosítanak a távérzékelési eszközök alkalmazása. A távérzékelés a legköltséghatékonyabb módszer a mezőgazdaságban végzett nagyszabású megfigyelésekhez és elemzésekhez. A mezőgazdasági szektorban használt szenzorok döntő többsége a mai napig a látható, a közeli infravörös (Near-Infrared - NIR) és a rövidhullámú infravörös (Short-wave Infrared SWIR) hullámhossztartományokat érzékeli.³

A távérzékelési eszközökből kinyert spektrális adatokból pedig különböző vegetációs indexek készíthetők, amelyekkel a növényállományok vegetációs fejlődése válik nyomon követhetővé.⁴

A Normalizált Vegetációs Index (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) az egyik leggyakrabban használt vegetációs index, amellyel megbecsülhető a növények állapota és produktivitása, valamint a különböző ökoszisztémák vitalitása.

¹PhD hallgató, Széchenyi István Egyetem Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola. Témavezető: Prof. Dr. Kovács Attila József, egyetemi tanár SZE-AKMK Biológiai Rendszerek és Precíziós Technológiai Tanszék.

²NAIQIAN ZHANG – MAOHUA WANG – NING WANG: Precision agriculture—a worldwide overview, in *Computers and Electronics in Agriculture*, 2002, 36 (2), 113-132. o.

³SAMI KHANAL – JOHN FULTON – SCOTT SHEARER: An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture, in *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 139, 22-33. o.

⁴ERIC ARIEL L. SALAS – GEOFFREY M. HENEGBRY: A new approach for the analysis of hyperspectral data: Theory and sensitivity analysis of the moment distance method, in *Remote Sensing*, 2014, 6 (1), 20-41. o.

A kutatók és szakemberek az NDVI értékek segítségével képesek nyomon követni a növények fejlődésében bekövetkezett változásokat, felmérni a környezeti stresszorok okozta hatásokat, valamint fejlesztéseket eszközölni a precíziós gazdálkodás gyakorlatában. Az NDVI értékeket a vörös és közeli infravörös hullámhossztartományokban bekövetkezett fényvisszaverődésből számítható ki a következő képlet alapján:⁵

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Az egyenletből kapott értékek -1 és 1 közöttiek lehetnek. A pozitív értékek a megnövekedett zöldfelületet, míg a negatív értékek a növényállománnyal nem borított felületeket, például városi területeket, csupasz talajt, vizet vagy jeget jellemeznek.⁶ Az NDVI értékek figyelembevételével történő döntéshozatal, azért is vált oly népszerűvé mind a kutatók, mind a gyakorlati gazdálkodók körében, mert számos eszköz adataiból nyerhető ki.^{7,8}

Mivel a szakirodalmak alapján, valamint a gyakorlati gazdálkodásban is kutatások és kísérletek alapját képezik az NDVI értékek, ezért mindenképpen fontosnak tartom megvizsgálni, hogy bár számos eszköz áll a rendelkezésünkre, amelyekből NDVI értékek kalkulálhatóak ki, mégis felvetődik a kérdés, hogy minden szenzor mérési eredményénél ugyanolyan NDVI értékeket fogunk kapni, ha egy időben, de különböző eszközökkel végzünk méréseket ugyanazokról a területekről.

2. Anyag és módszer

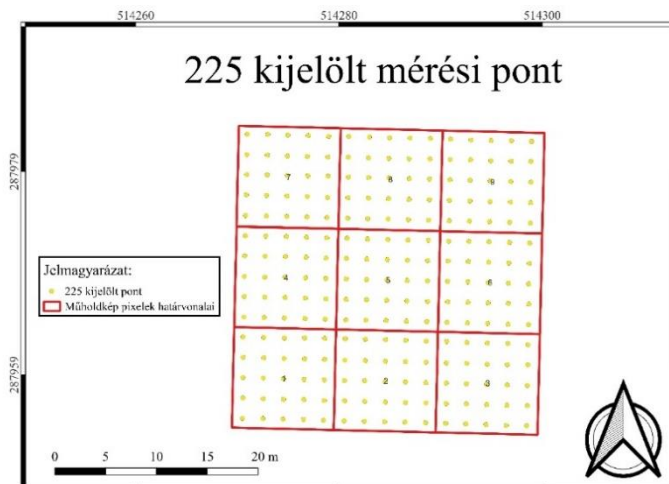
A kutatási terület (1. ábra) Győr-Moson-Sopron vármegyében, Mosonmagyaróvár és Bezenye határában helyezkedik el (MEPAR kód: KK709T21). A vizsgált időszakban a termesztett növényi kultúra őszi búza, amelynek szintén őszi búza volt az előveteménye. A kísérleti területen a Sentinel-2 műhold repülési pályájának megfelelő szögben kilenc darab 10×10 méteres kvadrát lett meghatározva, amelyek további 2×2 méteres négyzetekre lettek felosztva, a mértani közepükbe pedig egy pont lett kijelölve, amely eredményeként összesen 225 pontban végeztem vizsgálatokat.

⁵SHUANG LI – LIANG XU – YINGHONG JING – HANG YIN – XINGHUA LI – XIAOBIN GUAN: High-quality vegetation index product generation: A review of NDVI time series reconstruction techniques, in *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2021, 105, 102640.

⁶RAJENDRA P. SISHODIA – RAM L. RAY- SUDHIR K. SINGH: Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review, in *Remote Sensing*, 2020, 12 (19), 3136.

⁷MARCO CANICATTI – MARIANGELA VALLONE: Drones in vegetable crops: A systematic literature review, in *Smart Agricultural Technology*, 2024, 7, 100396.

⁸SÁNDOR ZSEBŐ – LÁSZLÓ BEDE – GÁBOR KUKORELLI – ISTVÁN MIHÁLY KULMÁNY - GÁBOR MILICS – DÁVID STENCINGER – GERGELY TESCHNER – ZOLTÁN VARGA – VIKTÓRIA VONA – ATTILA JÓZSEF KOVÁCS: Yield Prediction Using NDVI Values from GreenSeeker and MicaSense Cameras at Different Stages of Winter Wheat Phenology, in *Drones*, 2024, 8, 88.



56. ábra: 225 mérési pont elhelyezkedése a 9. műholdpixelre vetítve

Mindegyik pont egy South S660N GPS RTK (South Surveying & Mapping Instrument Co., Ltd., Peking, Kína) típusú mérőeszközzel lett kijelölve, így biztosítva a maximális két centiméteres hibahatárt.

A kutatási terület négy sarkában GCP (Ground Control Point) pontok lettek elhelyezve, amelyek középpontjai szintén az előző bekezdésben bemutatott kézi GPS-szel lett bemérve a nem RTK-s drónfelvételek könnyebb georeferálása érdekében. A felvételezés négy időpontban valósult meg 2023. április 12-én, május 5-én, május 22-én és június 16-án.

A felvételezések során a Sentinel-2 műhold, egy GreenSeeker (NTech Industries, Trimble, Sunnyvale, California, USA) kézi mérőeszköz, egy DJI Matrice 210 V2 (Da-Jing Innovation, Kína) 10 csatornás MicaSense RedEdge (MicaSense Inc., Seattle, Washington, USA) kamerával felszerelt drón, illetve egy Phantom 4 multispektrál (Da-Jing Innovation, Nanshan, Shenzhen, Kína) típusú drón adataiból készített NDVI értékek lettek összehasonlítva.

A Sentinel-2 műhold által gyűjtött adatok ingyenes hozzáférhetőek és letölthetőek az Európai Űrügynökség honlapjáról. A drónos felvételezés 40 méteres magasságban, automatikusan tervezett útvonal mentén történt mindkét drón esetében. A repülések mindkét esetben 2-3 perc között lezajlott. A Phantom 4 multispektrális kamera bejövő adatai a rajta elhelyezett napszenzor adataival, míg a MicaSense kamera esetében a hozzá tartozó egyedi QR-kódú kalibrációs panellel lettek kalibrálva. A MicaSense kameránál a repülések megkezdése előtt ezért egy külön felvétel készült a panelről. A repüléseket minden alkalommal 9:50 és 10:10 közötti időpontban hajtottam végre, mivel ezen időintervallumban haladt el a Sentinel-2 műhold a kísérletre kijelölt táblarész felett.

A drónos távérzékelést követően a GreenSeeker kézi optikai érzékelővel vizsgáltam a 225 mintapont körüli területet. A vizsgálatok során az eszközt minden időpontban körülbelül 60 centiméter magasságban a növényállomány felett tartottam, majd az előre kijelölt pontok körüli 10 mérés eredményéből kaptam egy átlag NDVI értéket, amely megközelítőleg 0,5 m² felületet mérését fedte le.

Az elkészült nyers drónfelvételek az Agisoft Metashape Pro (v2.0.2) fotogrammetriai szoftverbe lettek beolvasva, majd kalibrálva, ezt követően a képek összeillesztése és a pontfelhő elkészítése történt. Ezután a domborzati modellek, végül pedig az ortomozaik képek készültek el.

Az ortomozaik képeket az ingyenesen elérhető QuantumGIS (v.3.28) szoftverben további elemzéseknek vetettem alá, amelyekből megkaptam a pontok körül 0,5 m²-es területek NDVI értékeit.

Az NDVI értékek statisztikai vizsgálatánál első lépésként (1) regressziós analízist végeztem, ahol a 225 mintapontra vetítve számoltam ki a determinációs együtthatót.

Második lépésként (2) egytényezős varianciaanalízist ($p \leq 0,001$) végeztem.

Harmadik lépésként (3) Tukey-féle HSD post-hoc tesztet hajtottam végre, amely során eltérő időpontokban hasonlítottam össze a különböző szenzorok által mért NDVI értékeket.

3. Eredmények és értékelésük

A regresszió elemzés során 225 mintapontra vetítve vizsgáltam (1. táblázat) mind a négy időpontra vonatkoztatva a három földközeli érzékelő adataiból számított NDVI értékeket. Az eredményeim alapján 2023. május 5-én illeszkednek a leggyengébben egymáshoz a GreenSeekerrel való összevetés során a Phantom 4 és a MicaSense kamera NDVI értékei ($r^2=0,25$), míg a két drón (Phantom 4, MicaSense) kamerájának az összehasonlításakor is csak $r^2=0,74$ volt tapasztalható. Ennek oka az lehetett, hogy ebben az időszakban volt a legnagyobb az őszi búza zöldtömege, így a szenzorok már kevésbé tudtak különbséget detektálni a gyengébben és jobban fejlett állományok között. Ellenben a legjobb r^2 -eket 2023. 05. 16-án kaptam az NDVI értékek összehasonlítása során a GreenSeeker és a drónkamerák összevetésénél (Phantom 4 $r^2=0,765$; MicaSense $r^2=0,689$). A Phantom 4 és a MicaSense kamera NDVI értékeinek összehasonlítása során 2023. 05. 05 kivételével minden esetben 0,96 fellelti r^2 -eket kaptam.

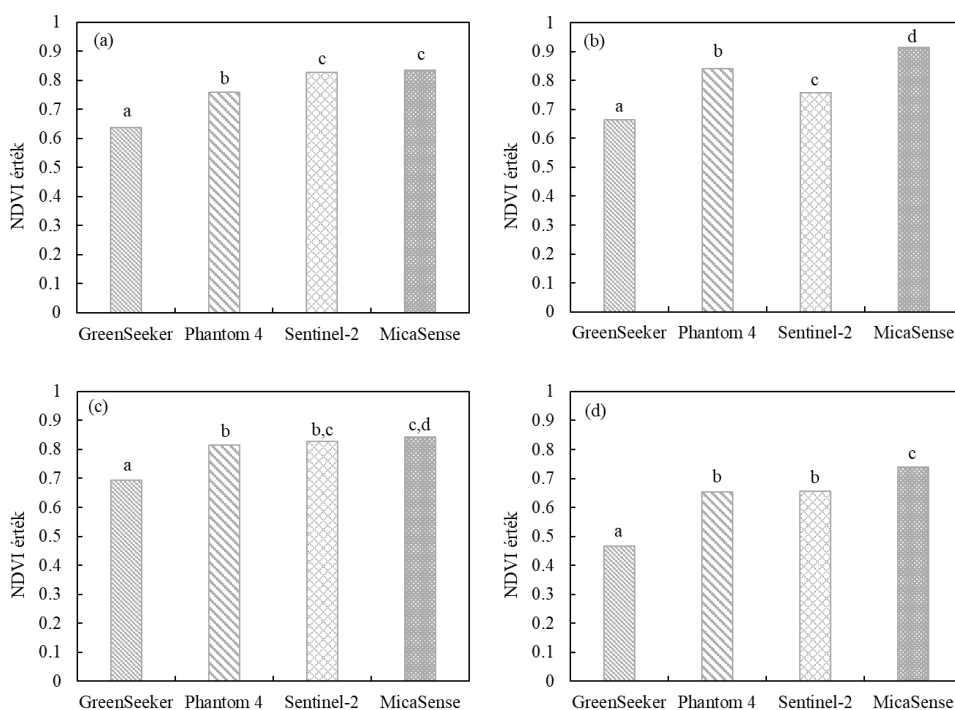
	2023.04.12.	2023.05.05.	2023.05.22.	2023.06.16.
GreenSeeker / Phantom 4	0,667***	0,247***	0,668***	0,765***
GreenSeeker / MicaSense	0,694***	0,246***	0,623***	0,689***
Phantom 4 / MicaSense	0,964***	0,735***	0,967***	0,961***

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

4. táblázat: Regresszió elemzés a GreenSeeker, Phantom 4 multispektrál és MicaSense kamera adataiból nyert NDVI értékek alapján alkalmanként 225 pontra és négy időpontra vonatkoztatva.

A regresszió elemzést követően egytényezős varianciaanalízist végeztem, amely alapján mind a négy szenzor esetében, mind a négy időpontra vonatkoztatva szignifikáns különbséget ($p \leq 0,001$) állapítottam meg.

A Tukey-féle teszt eredménye (2. ábra) megmutatta, hogy az azonos területen, egy időben történő vizsgálatok során a legtöbb esetben a különböző szenzorok eltérő NDVI értékeket detektáltak az egymással történő összehasonlításokkor. A legnagyobb szignifikancia az érzékelőkből nyert NDVI értékek alapján 2023. május 5-én volt tapasztalható, ekkor mind a négy szenzor esetében szignifikáns különbséget lehetett kimutatni. 2023. április 12-én a MicaSense kamera és a Sentinel-2 műhold NDVI értékei között nem volt szignifikáns különbség, míg 2023. június 16-án, néhány héttel a betakarítás megkezdése előtt a Phantom 4 drón és a Sentinel-2 műhold adataiból nyert NDVI értékek sem mutattak szignifikáns különbséget. Az NDVI értékek közötti legnagyobb hasonlóságot 2023. május 22-én lehetett tapasztalni, ekkor a Phantom 4 drón kamerája és a MicaSense kamera sem mutatott szignifikáns különbséget a Sentinel-2 műholdból származó adatokkal.



2. ábra: Az oszlopdiaagramok a négy különböző szenzor négy eltérő időpontban (2023. április 12. (a), 2023. május 5. (b), 2023. május 22. (c), 2023. június 16. (d)) kimutatott NDVI értékek átlagát jelölik. Az eltérő betűjelek a 9 műholdkép területére vetített átlag NDVI értékek szignifikáns különbségét jelölik ($p \leq 0,001$), Tukey-féle HSD post-hoc teszttel kimutatva.

4. Összefoglalás

Jelen munkában idősoros elemzést végeztünk őszi búzában, ahol kilenc 10×10 méteres Sentinel-2 műhold pixelméretben 225 darab vizsgálati pont lett kijelölve. A kutatás során egy kézi GreenSeeker mérőeszköz, egy 10 csatornás MicaSense

multispektrális kamera és egy Phantom 4 multispektrális kamera adataiból számítottam ki az NDVI értékeket. A kutatás során a három eszköz által mért NDVI értékek determinációs együtthatóját vizsgáltam eltérő fenológiai fázisokban. Ezt követően Tukey-tesztet végeztem, ahol az imént említett három szenzor, valamint a Sentinel-2 műhold adataiból számított NDVI értékeket vetettem össze négy eltérő időpontban. Eredményeim alapján május elején lehet a leggyengébb determinációs együtthatókat kapni a GreenSeeker és a drónkamerák összehasonlítása ($r^2=0,25$) során, míg június közepén a legjobbakat, ami a Phantom 4-nél $r^2=0,77$ és a MicaSense kameránál $r^2=0,69$ volt. A drónkamerákból kalkulált NDVI értékek egymással történő összehasonlítása során 2023. május 5-e kivételével mindhárom másik időpontban (április 12., május 22., június 16.) 0,96 felletti r^2 -eket kaptam.

A különböző szenzorok NDVI értékeinek Tukey-teszt alapján történő elemzése során arra a megállapításra jutottam, hogy május elején – amikor a legnagyobb az őszi búza zöldtömege – mind a négy szenzor NDVI értékei között szignifikáns különbség állapítható meg. Ellenben május második felében a Sentinel-2 műhold NDVI adatai nem különböznek szignifikánsan sem a Phantom 4, sem a MicaSense multispektrális kameráétól.

A kapott eredmények tudatában, ha csak NDVI értékekkel akarnak számolni a kutatók vagy gazdálkodók drónok esetében, akkor felesleges a jóval drágább MicaSense kamerát megvásárolniuk, illetve zászlóslevél és kalászolás idején érdemesebb a Phantom 4 multispektrális drónnal felvételezéseket végezni, mivel az alacsonyabb hullámhosszokon történő felvételezés miatt, kevésbé jelentkezik az NDVI értékek telítődési ponthoz való közeledésének problémája. Továbbá vannak a búza vegetációs periódusa során olyan időintervallumok, amikor a Phantom 4 és a MicaSense multispektrális kamera eredményei jól összehasonlíthatóvá válnak a Sentinel-2 műholdéval, attól függetlenül is, hogy a drónkamerák pár centiméteres, míg a Sentinel-2 műhold 10×10 méteres legkisebb felbontást tud biztosítani. Ezáltal pedig a nagyobb búzatablákról sokkal könnyebben, gyorsabban és olcsóbban gyűjthetünk be adatokat a Sentinel-2 műhold által.

Felhasznált irodalom

- Eric Ariel L. Salas – Geoffrey M. Henebry: A new approach for the analysis of hyperspectral data: Theory and sensitivity analysis of the moment distance method, in *Remote Sensing*, 2014, 6 (1), 20-41. o.
- Marco Canicattì – Mariangela Vallone: Drones in vegetable crops: A systematic literature review, in *Smart Agricultural Technology*, 2024, 7, 100396.
- Naiqian Zhang – Maohua Wang – Ning Wang: Precision agriculture—a worldwide overview, in *Computers and Electronics in Agriculture*, 2002, 36 (2), 113-132. o.
- Rajendra P. Sishodia – Ram L. Ray – Sudhir K. Singh: Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review, in *Remote Sensing*, 2020, 12 (19), 3136.

- Sami Khanal – John Fulton – Scott Shearer: An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture, in *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 139, 22-33. o.
- Sándor Zsebő – László Bede – Gábor Kukorelli – István Mihály Kulmány – Gábor Milics – Dávid Stencinger – Gergely Teschner – Zoltán Varga – Viktória Vona – Attila József Kovács: Yield Prediction Using NDVI Values from GreenSeeker and MicaSense Cameras at Different Stages of Winter Wheat Phenology, in *Drones* 2024, 8, 88.
- Shuang Li - Liang Xu - Yinghong Jing - Hang Yin - Xinghua Li - Xiaobin Guan: High-quality vegetation index product generation: A review of NDVI time series reconstruction techniques, in *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2021, 105, 102640.

**Fiatal felnőttek klímaszorongással kapcsolatos ismeretei és érzései:
Longitudinális kutatás a környezeti tudatosság mintázatainak feltárására
mesterséges intelligencia segítségével**

1. Bevezetés

A globális éghajlati változások és az ezekkel kapcsolatos társadalmi-környezeti hatások fokozott érzelmi reakciókat váltanak ki a fiatal felnőtteknél. A kutatás időszerűségét és fontosságát a klímaváltozás drámai hatásai és ezekre adott fokozott társadalmi válaszok indokolják. A gazdasági és ökológiai rendszerek globális és regionális szinten szorosan összefüggenek egymással, és számos fontos kutatási témát kínálnak a környezetgazdaságtan területén. Jelen kutatás célja az újszerű elméletek, empirikus alkalmazások és megfelelő szakpolitika kidolgozásának támogatása. Mindemellett, a kutatás közgazdaságtannal való kapcsolata abban is rejlik, hogy a klímaszorongás a fogyasztói magatartást, a munkaerőpiaci döntéseket, a gazdasági kilátásokat és a gazdasági szereplők hosszútávú döntéseit is befolyásolhatja.

2. Irodalmi áttekintés

A klímaszorongás (az aggodalom és a félelem, ami a klímaváltozásra adott válasz) egyre gyakoribb a fiatal felnőttek körében. A téma iránti érdeklődés növekedésének hátterében az áll, hogy a klímaváltozás egyre jelentősebb globális problémává vált az elmúlt évtizedekben, ami szorongást és aggodalmat okoz a lakosság különböző szegmenseiben, beleértve a fiatalokat is.² A fiatalabb korosztály körében tapasztalható klímaszorongás különösen aggasztó, mivel az ő döntéseik és viselkedésük jelentős hatással lehetnek a jövőre nézve. Különösen a fogyasztói magatartás területén vannak komoly kihatások, melyek **feltárása közgazdaságtani szempontból is releváns**.³ A fiatalok fogyasztói magatartásában bekövetkező változások a klímaszorongás miatt több formában is megjelennek. Sok fiatal választja a fenntarthatóbb termékeket és szolgáltatásokat, beleértve a bioélelmiszereket, a fenntartható divatot és a zöld technológiákat.⁴

¹ Dr. BAKÓ FERENC Nemzetközi és Alkalmazott Közgazdaságtan Tanszék, Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar, Témavezető Dr. habil. Csizmadia Zoltán PhD, tudományos dékánhelyettes, tanszékvezető, egyetemi docens, Apáczai Csere János Pedagógiai, Humán- és Társadalomtudományi Kar, Szociális Tanulmányok és Szociológia Tanszék

² Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., & van Susteren, L.: Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey, in *The Lancet Planetary Health*, 2021/5(12). szám, e863-e873. o.

³ Ojala, M.: Hope and climate change: The importance of hope for environmental engagement among young people, in *Environmental Education Research*, 2012/18(5). szám, 625–642. o.

⁴ Grønhøj, A. és Thøgersen, J.: Why young people do things for the environment: The role of parenting for adolescents' pro-environmental behaviour, in *Journal of Environmental Psychology*, 2017/54. szám, 11–19. o.

Egyre többen választják a "minimalista" életmódot is, ami magában foglalja a túlzott fogyasztás elutasítását, a természettel való nagyobb összhang elérését, valamint a hulladék és az energiafelhasználás csökkentését.⁵ A szorongás miatt néhány fiatal aktív szerepet is vállal a klímaváltozás elleni küzdelemben, például részt vesz tüntetéseken, vagy csatlakozik környezetvédő szervezetekhez.⁶ A tudományos szakirodalom tanúsága szerint a klímaszorongás és a fenntartható fogyasztói magatartás közötti kapcsolat összetett. Nem minden fiatal reagál az aggodalomra fenntartható fogyasztási szokások kialakításával, és néhányukat a szorongás inkább megbénítja, mintsem cselekvésre ösztönzi.⁷

3. Módszertan

Az adatgyűjtéshez kérdőíves megkérdezést használtunk, melyek a következő területekre fókuszáltak:

1. A klímaváltozás miatti szorongás gyakorisága
2. A klímaváltozás miatti szorongás intenzitása
3. A klímaváltozás észlelt hatása az életre
4. A klímaváltozás miatt érzett különböző érzések mértéke (pl. szorongás, félelem, ingerültség stb.)
5. Azok az események, amelyek leginkább klímaszorongást váltanak ki (pl. természeti katasztrófák, környezetvédelmi hírek)
6. A klímaszorongás kezelésében segítő cselekedetek
7. A klímaváltozással kapcsolatos tudás forrásai
8. A klímaszorongás kezelésére igénybe venni kívánt segítség valószínűsége
9. A klímaváltozás hatásairól és kezeléséről való tudás iránti vágy
10. A környezetvédelmi intézkedések és egyéni cselekedetek hatékonyságának értékelése
11. Az egyéni kapcsolat érzése a természettel és a természetes környezet fontosságának érzése

A megkérdezettek köre a Széchenyi Egyetemen, a Metropolitan Egyetemen és a Neumann János Egyetem tanuló hallgatók.

Ezt követően a begyűjtött adatokat számos AI támogatott eszközzel elemeztük és állítottunk fel profilokat.

Az alábbiakban a profilozáshoz és klaszterelemzéshez használt kilenc különböző statisztikai modell elméleti alapjait és jellemzőit foglaljuk össze, amelyeket arra használtunk, hogy megértsük a fiatal felnőttek csoportjainak viselkedését és hozzáállását a klímaváltozás hatásaihoz. Ezek a modellek változatos matematikai és statisztikai eljárásokon alapulnak, és mindegyik különböző előnyökkel és korlátokkal rendelkezik az adatelemzés bizonyos aspektusai

⁵ Kasser, T.: Materialistic values and goals, in Annual Review of Psychology, 2016/67. szám, 489–514. o.

⁶ Searle, K. és Gow, K.: Do concerns about climate change lead to distress?, in International Journal of Climate Change Strategies and Management, 2010/11(5). szám, 668–681. o.

⁷ Swim, J.K., et al.: Psychology's contributions to understanding and addressing global climate change, in American Psychologist, 2011/66(4). szám, 241–250. o.

szempontjából. A választott modellek a prediktív analízis csaknem teljes spektrumát képviselik, az egyszerű, interpretálható algoritmusoktól a bonyolult, mélyreható elemzést végző rendszerekig. Az egyes modellek hatékonyságának értékelése során különös figyelmet fordítottunk az osztályozási hibarányra, a számítási igényekre, és a modell komplexitására, hogy a legmegfelelőbb módszert válasszuk a mintánkra jellemző trendek és mintázatok feltárásához.

1. **Naive Bayes:** A Naive Bayes egy valószínűségi osztályozó eljárás, amely a Bayes-tétel alapján működik, feltételezve, hogy a jellemzők egymástól függetlenek az adott osztály kontextusában. Gyors és hatékony, kiválóan alkalmas alapvető osztályozási feladatokra, különösen akkor, amikor az adathalmaz dimenziói nagyok.
2. **Generalized Linear Model (GLM):** A GLM egy olyan osztályozó modell, amely a lineáris regressziót terjeszti ki különféle hibaeloszlásokra. Ez lehetővé teszi, hogy a modell az adatokhoz alkalmazkodjon, és kezeljen olyan jelenségeket, amelyek nem felelnek meg a tiszta lineáris kapcsolatoknak.
3. **Logistic Regression:** A logisztikus regresszió a GLM egy speciális esete, amely bináris osztályozási feladatokhoz lett kialakítva. Egy szigmoid függvény segítségével kimeneti valószínűségeket számol, ami lehetővé teszi az események bekövetkezési valószínűségének modellezését.
4. **Fast Large Margin:** Ez egy osztályozási technika, amely a határok maximális méretére összpontosít, hogy növelje az osztályozási határok egyértelműségét. Gyakran használják olyan nagy adathalmazokhoz, ahol fontos a számítási teljesítmény.
5. **Deep Learning:** A mélytanulás azon algoritmusok csoportjába tartozik, amelyek többrétegű neurális hálózatokat használnak komplex mintázatok felderítésére és modellezésére. Ez az elmélet a gépi tanulás egyik legdinamikusabban fejlődő területe, amely képes a bemeneti adatokban rejlő magasabb rendű összefüggések felfedezésére.
6. **Decision Tree:** A döntési fák egyszerű, fastruktúrájú modellek, amelyek szabályalapú döntéseket hoznak. Minden csomópontban egy adott jellemzőre alapozva döntést hoznak, és ezeken keresztül haladva jutnak el a végleges osztályozási döntéshez.
7. **Random Forest:** A véletlen erdők döntési fák együtteséből állnak, amelyek eredményeiket aggregálva kínálnak robusztusabb osztályozást. A különböző fák diverzitásának köszönhetően a véletlen erdők kevésbé hajlamosak a túltanulásra, és nagyobb generalizációs képességgel rendelkeznek.
8. **Gradient Boosted Trees:** A gradiens erősítési faalgoritmusok sorozatosan építik fel a döntési fákat, ahol minden új fa a korábbi fák hibáinak korrigálására törekszik. Az iteratív módon végzett tanulás növeli a modell pontosságát, ám az optimalizálásuk bonyolult lehet.
9. **Support Vector Machine (SVM):** Az SVM egy hatékony osztályozó modell, amely úgy próbálja meg az adatpontokat két osztályba szeparálni, hogy a különválasztó margók maximálisak legyenek. Különböző magfüggvények használhatók az adatok transzformálására, ami lehetővé teszi az SVM számára, hogy nem lineáris határokat is megtaláljon.

4. A minta bemutatása

A jelen kutatás során elemzett minta 696 fő egyetemi hallgatóból állt, akik az alábbi demográfiai jellemzőkkel rendelkeztek:

Nem: Az alanyok közel azonos arányban oszlottak meg a nemek szerint: 48,3% (336 fő) férfi és 51,7% (360 fő) nő. Ez a közel egyenlő arányú megoszlás biztosítja a nemek közötti potenciális különbségek szigorú vizsgálatának alapját a klímaszorongás kontextusában.

Életkor: A minta teljes egészében a fiatal felnőtteket reprezentálja, ahol a legtöbben – kifejezetten a Z generációból – 2003-ban születtek, ami az életkoruk átlagát tekintve 21 év. Ez az életkor speciális életszakaszt jelöl, amelyben a személyek átmennek az ifjúságból a felnőttkor szakaszába, és különösen fogékonyak lehetnek a klímaváltozással kapcsolatos társadalmi és környezeti kérdésekre.

Oktatási Intézmény: A minta a Széchenyi István Egyetem 54,3%-át (378 fő), a Budapesti Metropolitan Egyetem 41,8%-át (291 fő) és a Neumann János Egyetem 3,4%-át (24 fő) foglalja magába. Ezek az arányok jelzik, hogy a kutatás elsősorban az említett intézmények aktív hallgatói között zajlott, mivel a kutatás kifejezetten a fiatal felnőttekre fókuszál.

5. A modellek teljesítményének értékelése

Az egyes modellek hatékonyságának értékelése során különös figyelmet fordítottunk az osztályozási hibaarányra, a számítási igényekre, és a modell komplexitására, hogy a legmegfelelőbb módszert válasszuk a mintánkra jellemző trendek és mintázatok feltárásához. A vizsgált osztályozási modellek teljesítményének értékelése alapján az alábbi eredmények születtek, amelyeket a profilozás és klaszterezési feladatokra alkalmaztunk:

Naive Bayes:

- **Osztályozási hiba:** 40,9%
- **Előny:** A Naive Bayes modell gyorsan tanul és gyorsan pontoz, melyeknek köszönhetően ideális az egyszerű osztályozási problémákhoz.
- **Hátrány:** Az alapvető feltételezése, hogy a változók függetlenek egymástól, gyakran nem állja meg a helyét a valós adatokkal, aminek eredményeként a komplexebb mintázatokat nem képes megfelelően modellálni.

Generalized Linear Model (GLM):

- **Osztályozási hiba:** 39,2%
- **Előny:** A GLM rugalmas és interpretálható modell, amely képes kezelni a lineáris kapcsolatokon túlmutató összefüggéseket is.
- **Hátrány:** A hibafunkciók és a belső függvények korlátozott választéka miatt nem mindig képes megfelelően illeszkedni az adatokhoz, különösen a nem lineáris összefüggések esetén.

Logistic Regression:

- **Osztályozási hiba:** 41,0%
- **Előny:** A logisztikus regresszió általánosító képessége erős, könnyen értelmezhető az eredmények és a változók kapcsolata.
- **Hátrány:** A modell feltételezi az adatok lineáris szeparálhatóságát, ami korlátozottá teszi annak alkalmazását bonyolultabb kapcsolatok modellezésénél.

Fast Large Margin:

- **Osztályozási hiba:** 42,4%
- **Előny:** Ez a technika hatékony nagy méretű adatkészletek esetén, és gyorsítja a számítási időt a margó maximalizálásának algoritmusával.
- **Hátrány:** A modell túltanulásra hajlamos lehet, különösen, ha a szabályozó paramétereket nem állítják be megfelelően.

Deep Learning:

- **Osztályozási hiba:** 42,5%
- **Előny:** A mély tanuló modellek kiemelkedően teljesítenek a nem lineáris és összetett mintázatok detektálásában és modellezésében.
- **Hátrány:** Nagy számítási erőforrásokat igényel, hosszú időt vehet igénybe a tanítás, és a "black box" jellege miatt az eredmények interpretálása nehézkes lehet.

Decision Tree: a legjobban teljesítő modell

- **Osztályozási hiba:** 22,7%
- **Előny:** A döntési fák intuitív megértést nyújtanak az adatok szerkezetéről és fontos változóikról.
- **Hátrány:** Hajlamosak a túltanulásra, ami azt jelenti, hogy az adatokra való túlzottan pontos illeszkedés miatt a generalizálási képességük csökkenhet.

Random Forest:

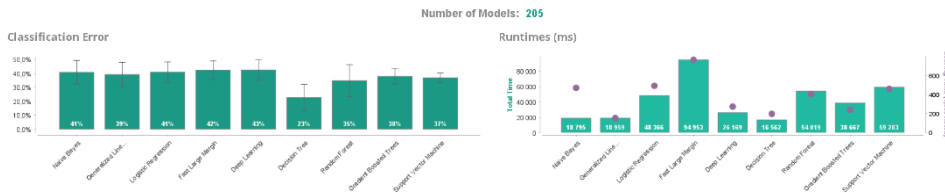
- **Osztályozási hiba:** 34,8%
- **Előny:** A véletlenszerű erdők robusztusak és kevésbé hajlamosak a túltanulásra. Jól teljesítenek változó kiválasztásban és adatok közötti összetett kapcsolatok megragadásában.
- **Hátrány:** Nagyobb adatkészletek esetén a modellek építése és a pontozás hosszú ideig tarthat.

Gradient Boosted Trees:

- **Osztályozási hiba:** 37,9%
- **Előny:** A gradiens erősített fák magas prediktív pontosságot érhetnek el, különösen az adathalmazok közötti nem lineáris és komplex kapcsolatok modellezésében.
- **Hátrány:** A tanítási folyamat lassú lehet, és a túltanulás veszélye fennáll, ha a tanítási iterációk számát nem kontrolláljuk megfelelően.

Support Vector Machine:

- **Osztályozási hiba:** 36,9%
- **Előny:** Az SVM hatékonyan kezeli a magas dimenziós adatokat és a nem lineáris kapcsolatokat a kernel segítségével.
- **Hátrány:** A modell teljesítménye jelentősen függ a megfelelő kernel választásától és a paraméterek beállításától, ami bonyolult optimalizálási folyamatot igényelhet.



1. ábra: A különböző eljárások teljesítési statisztikái
 Forrás: saját szerkesztés

6. Az AI támogatott klaszterelemzés eredményei

A klaszterelemzés eredményei az alábbiak szerint értelmezhetők:

A mintát két különböző klaszterbe soroltuk az alanyok által megadott válaszok alapján. Az eredményeket összegezve a következő megállapításokat tehetjük:

Klaszter 1.

Az első és egyben legnagyobb klaszter a minta 72%-át foglalja magában. Ebben a klaszterben az alanyok átlagosan 6.73%-kal kisebb mértékben érzik gyakran a klímaváltozás miatt a szorongást, és átlagosan 5.63%-kal kevésbé szeretnének részt venni a klímaváltozásról szóló beszélgetéseken és rendezvényeken, mint a teljes mintaátlag. Ugyanakkor ennek a csoportnak az alanyai 4.19%-kal kevésbé érzik erősnek a klímaváltozás miatti szorongást, azonban 78.42%-kal érdeklődőbbek és szeretnének többet megtudni a klímaváltozás hatásairól és arról, hogyan tehetnek ellene.

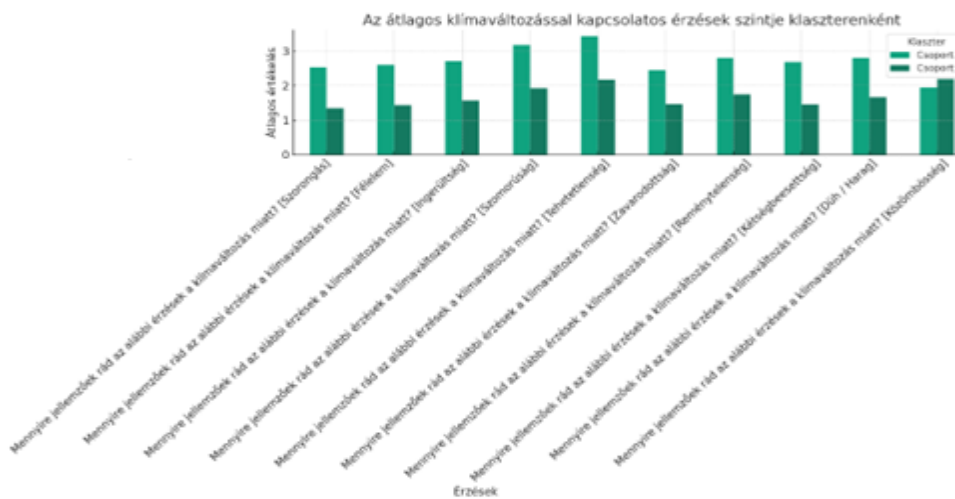
- Kevésbé jellemzőek rájuk a negatív érzelmek; általában mérsékeltebbek a reakcióik.
- Valamivel kevésbé értenek egyet a klímaváltozás negatív hatásaival, bár még mindig jellemző a támogatás.
- A környezetvédelmi intézkedésekről általában semleges vagy hatékonyan értékelik.
- A természettel való együttérzés általában semleges, de mégis úgy érzik, hogy az állatok és növények fontosak az életükben.
- A válaszadók többsége férfi.

Klaszter 2.

A második klaszter a minta 28%-át tömöríti, ami arra utal, hogy ez egy jelentősen kisebb csoport. Ebben a klaszterben az alanyok 91.81%-kal gyakrabban érzik szorongást a klímaváltozás miatt, és 85.46%-kal gyakrabban élik meg erősebben ezt a szorongást, mint a teljes mintaátlag. Ezzel együtt ők 48.03%-kal kevésbé szeretnének többet tudni a klímaváltozás hatásairól, és 38.37%-kal erőteljesebben érzik a szorongást, mint az átlagos.

- A szorongás, félelem, ingerültség, szomorúság és tehetetlenség érzése erősebben jellemző rájuk.

- A válaszadók többsége egyetért vagy teljes mértékben egyetért a klímaváltozás negatív hatásaival kapcsolatos állításokkal.
- Hitelesnek találják az egyéni környezetvédelmi cselekedetek hatásosságát.
- A környezetvédelmi intézkedésekről az előző klaszterrel azonosan vélekednek.
- A természettel való együttérzés általában hatékony, és fontos szerepet tulajdonítanak az állatoknak és növényeknek az életükben.
- A legtöbb válaszadó nő.



2. ábra: A klaszterekben mutatkozó különbségek
 Forrás: saját szerkesztés

7. Összefoglalás és javaslatétel

A kutatás során feltártuk, hogy a klímaszorongás jelentősen befolyásolja a fiatal felnőttek fogyasztói és társadalmi magatartását, amely magában foglalja a fenntartható termékek felé való elmozdulást és az aktív részvételt a klímaváltozás elleni küzdelemben. A különböző statisztikai modellek, többek között a Naive Bayes, a logisztikus regresszió és a véletlen erdők, különböző mértékű hatékonyságot mutattak a viselkedési mintázatok azonosításában és elemzésében. Javasoljuk a jövőbeni kutatások számára a mélytanulási modellek és további komplex adatelemzési technikák szélesebb körű alkalmazását, amelyek elősegíthetik a nem lineáris kapcsolatok és összetett viselkedési mintázatok jobb megértését. Fontos lenne a kutatás kiterjesztése más demográfiai csoportokra is, hogy átfogóbb képet kapjunk a klímaszorongás társadalmi hatásairól. Továbbá, a longitudinális adatgyűjtés folytatása elengedhetetlen a klímaszorongás és kapcsolódó viselkedési változások hosszú távú trendjeinek nyomon követéséhez. Ez hozzájárulhat a hatékonyabb közpolitikai intézkedések és célzott kommunikációs stratégiák kialakításához. A kutatásban alkalmazott modellek előnyeinek és

korlátainak további elemzése elősegítheti pontosabb és hatékonyabb prediktív modellek fejlesztését a jövőben.

Felhasznált irodalom

- Grønhøj, A. és Thøgersen, J. (2017). 'Why young people do things for the environment: The role of parenting for adolescents' pro-environmental behaviour'. *Journal of Environmental Psychology*, 54, pp. 11-19.
- Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., ... & van Susteren, L. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e863-e873.
- Kasser, T. (2016). 'Materialistic values and goals'. *Annual Review of Psychology*, 67, pp. 489-514.
- Ojala, M. (2012). 'Hope and climate change: The importance of hope for environmental engagement among young people'. *Environmental Education Research*, 18(5), pp. 625-642.
- Searle, K. és Gow, K. (2010). 'Do concerns about climate change lead to distress?'. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 11(5), pp. 668-681.
- Swim, J.K., et al. (2011). 'Psychology's contributions to understanding and addressing global climate change'. *American Psychologist*, 66(4), pp. 241-250.

**Nemlineáris állapotbecslési módszerek szinkronmotoros villamos hajtások
szögsebesség-érzékelő nélküli szabályozásához**

1. Bevezetés

A korszerű szinkronmotoros villamos hajtásokban széleskörűen alkalmaznak különféle állapotbecslőket, hogy közvetlen mérés nélkül meghatározzák a hajtásszabályozási, illetve felügyeleti rendszerek számára szükséges mennyiségeket. Az egyik ilyen alkalmazási terület a paraméterbecslés. A hajtásszabályozás minőségi jellemzői ugyanis nagymértékben függenek a szinkronmotor paramétereinek pontos ismeretétől, azonban ezek a paraméterek megváltozhatnak a működés során. A hőmérséklet növekedésével a tekercsek ellenállása nő, míg az állandó mágnesek fluxusa csökken, illetve a mágneses telítődés hatására megváltoznak az induktivitások. A paraméterek online becslésével azonban csökkenthető a hajtásszabályozás paraméterérzékenysége.² Az állapotbecslők egy másik fontos alkalmazási területe a terhelésbecslés, hiszen a szabályozott hajtás minőségi jellemzőire, a paraméterbizonytalanságok mellett, a terhelőnyomaték változása is jelentős hatással van. Azonban a becsült terhelőnyomaték felhasználásával olyan zavarkompenzációs eljárások valósíthatók meg, amelyekkel ismeretlen terhelőnyomaték-változások mellett is biztosítható az elvárt viselkedés.³ Emellett állapotbecslőket gyakran alkalmaznak hibadiagnosztikai eljárásokhoz, valamint hibatűrő hajtásszabályozásokhoz, amelyekkel növelhető a hajtásrendszer megbízhatósága.⁴ Például a forgójeladó meghibásodása észlelhető olyan állapotbecslővel, amely megfelelő pontossággal képes meghatározni a forgórész szögsebességét és szöghelyzetét az állórészen mérhető áramokból és feszültségekből. A forgójeladó hibás működésének észlelése esetén, a becsült szögsebesség és szöghelyzet felhasználható szenzorhibatűrő szabályozáshoz. Azonban ilyen forgójeladó nélküli állapotbecslővel akár teljes mértékben is helyettesíthetők a szögsebesség- és szöghelyzet-érzékelők, így csökkenthető a hajtás mérete és költsége, miközben nő annak robusztussága a forgójeladó meghibásodásával szemben. Fontos kiemelni, hogy a modellalapú szöghelyzet-érzékelő nélküli becslési módszerek pontossága alacsony fordulatszámokon leromlik. Ezért a modellalapú becslőket gyakran kiegészítik jelbefecskendezést alkalmazó módszerekkel, ezáltal növelve a szöghelyzet- és szögsebességbecslés pontosságát az alacsony fordulatszám-tartományban.⁵ A jelbefecskendezést

¹ Széchenyi István Egyetem, Teljesítményelektronika és Villamos Hajtások Tanszék

² Z. Q. Zhu, D. Liang, K. Liu, "Online parameter estimation for permanent magnet synchronous machines: An overview," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 59059-59084, 2021.

³ S. Li, C. Xia, X. Zhou. "Disturbance rejection control method for permanent magnet synchronous motor speed-regulation system," *Mechatronics*, vol. 22, pp. 706-714, 2012.

⁴ T. Orłowska-Kowalska et al., "Fault diagnosis and fault-tolerant control of PMSM drives—State of the art and future challenges," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 59979-60024, 2022.

⁵ D. Xiao et al., "Universal full-speed sensorless control scheme for interior permanent magnet synchronous motors," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 36, pp. 4723-4737, 2021.

alkalmazó módszerek azonban nem kívánt nyomatéklüktetést, megnövekedett veszteségeket és akusztikai problémákat okozhatnak, így közepes és magas fordulatszámokon a modellalapú állapotbecslési módszerek alkalmazása javasolt.⁶

Az állapotbecslők fő hátránya, hogy a becslés pontosságára jelentős hatással vannak a paraméterbizonytalanságok.⁷ Ebben a tanulmányban olyan újszerű, forgójeladó nélküli állapotbecslők láthatók állandó mágneses szinkronmotoros hajtáshoz, amelyek az állórészen mért áramokból és feszültségekből határozzák meg a forgórész szögsebességét és szöghelyzetét, valamint az állandó mágnes fluxusát, ezáltal csökkentve a becslés érzékenységét e paraméter megváltozására. Az újszerű állapotbecslőkben alkalmazott modellekhez, valamint a hagyományos végtelen tehetetlenségi nyomatékot feltételező modellhez és elektromechanikai modellhez részletes megfigyelhetőségi vizsgálatot is ismertet ez a tanulmány, hogy meghatározza és összehasonlítsa a különböző állapotterez leírások megfigyelhetőségi feltételeit. Emellett látható egy forgójeladó nélküli fordulatszám-szabályozási módszer is, amelyben adaptívan hangolható az állandó mágnes fluxusa a becslött érték felhasználásával, valamint kompenzálható a külső terhelőnyomaték-változás fordulatszám-szabályozásra gyakorolt negatív hatása. A tanulmányban látható szimulációs eredmények szerint a javasolt állapotbecslőkre épülő adaptív hajtásszabályozás gyakorlatilag érzéketlen az állandó mágnes fluxusának bizonytalanságára.

2. Állandó mágneses szinkronmotor modellezése

Hengeres forgórész kialakítás esetén az állandó mágneses szinkronmotor villamos viselkedését a következő feszültségegyenletek írják le az állórész koordináta-rendszerében:

$$u_\alpha = R i_\alpha + L \frac{di_\alpha}{dt} - \lambda \omega_e \sin \varphi_e, \quad (1)$$

$$u_\beta = R i_\beta + L \frac{di_\beta}{dt} + \lambda \omega_e \cos \varphi_e, \quad (2)$$

ahol u_α , u_β , i_α , i_β a feszültség- és áramkomponensek, ω_e és φ_e a forgórész villamos szögsebessége és szöghelyzete, R és L az állórésztekercselés ellenállása és induktivitása, valamint λ az állandó mágnes fluxusa. Háromfázisú gép esetén a villamos nyomaték

$$T_{em} = \frac{3}{2} p \lambda (i_\beta \cos \varphi_e - i_\alpha \sin \varphi_e), \quad (3)$$

ahol p jelöli a póluspárok számát.

Lineáris csillapítást feltételezve, a motor mechanikai viselkedését a

$$\frac{d\omega_e}{dt} = \frac{p T_{em} - D \omega_e - p T_L}{J} \quad (4)$$

mozgásegyenlet írja le, amelyben J a tehetetlenségi nyomaték, D a csillapítási tényező és T_L a terhelőnyomaték.

⁶ G. Wang, M. Valla, J. Solsona, "Position sensorless permanent magnet synchronous machine drives—A review," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 67, pp. 5830-5842, 2020.

⁷ F. Briz, M. W. Degner, "Rotor position estimation," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 5, pp. 24-36, 2011.

3. Az állapotbecslők tervezéséhez alkalmazott modellek megfigyelhetőségi vizsgálata

Ebben a fejezetben bemutatásra kerül a hagyományos végtelen tehetetlenségi nyomatótkot feltételező modell és a hagyományos elektromechanikai modell, valamint e két modell bővített változata, amelyekben az állandó mágnes fluxusa is állapotváltozó és nem konstans paraméter. Ennek eredményeként az állandó mágnes fluxusa is becsülhető a bővített modellek alkalmazásával, így a forgójeladó nélküli pozíció- és szögsebességbecslés kevésbé érzékeny e paraméter megváltozására. Mivel a modelleket állapotbecslők használják, ezért fontos, hogy biztosítható legyen a modellek megfigyelhetősége, hiszen az állapotvektor csak akkor rekonstruálható teljes mértékben a mérésekből, ha az állapotteret leírás megfigyelhető. Ezért részletes megfigyelhetőségi vizsgálat kerül bemutatásra mindegyik alkalmazott modellhez. Mivel az (1)-(2) egyenletekben a trigonometrikus függvények és a változók szorzatai nemlineáris kifejezést eredményeznek, így a lokális megfigyelhetőség segítségével kerülnek meghatározásra a megfigyelhetőségi feltételek.⁸

Nemlineáris rendszer folytonos idejű állapottermodellje a következőképpen írható:

$$\frac{dx}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}), \quad (5)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{u}), \quad (6)$$

ahol $\mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u})$ és $\mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{u})$ ismert nemlineáris függvényei az \mathbf{x} kimeneti és az \mathbf{u} bemeneti vektornak, valamint \mathbf{y} a kimeneti vektor. Az (5)-(6) modellhez felírható megfigyelhetőségi mátrix az

$$\mathbf{O} = \left[\frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \mathbf{x}} \quad \frac{\partial \mathcal{L}_f \mathbf{h}}{\partial \mathbf{x}} \quad \dots \quad \frac{\partial \mathcal{L}_f^{n-1} \mathbf{h}}{\partial \mathbf{x}} \right]^T, \quad (7)$$

ahol $\mathcal{L}_f^k \mathbf{h}$ a \mathbf{h} függvény k -adrendű Lie-deriváltja \mathbf{f} vektortérre vonatkozóan és n az állapotter dimenziója. Az (5)-(6) modell lokálisan megfigyelhető x_0 -ban, ha

$$\text{rang}\{\mathbf{O}\}|_{x_0} = n \quad (8)$$

rangfeltétel teljesül.

3.1. Végtelen tehetetlenségi nyomatótkot feltételező modell

A forgójeladó nélküli állapotbecslőkben alkalmazható legegyszerűbb modell csak az (1)-(2) feszültségegyenleteken alapul és végtelen tehetetlenségi nyomatótkot feltételez. Ez a közelítés a legtöbb gyakorlati esetben alkalmazható, hiszen a hajtás villamos időállandói általában jóval kisebbek, mint a mechanikai időállandó. Ebben az esetben a (4) mozgásegyenlet alkalmazása helyett, lassan változó szögsebesség írható, így az állapotegyenlet

⁸ K. Horváth, "Load torque and permanent magnet flux linkage estimation of surface-mounted PMSM by using unscented Kalman filter," *Proceedings of International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE)*, pp. 402-409, 2023.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ \omega_e \\ \varphi_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L}u_\alpha - Ri_\alpha + \frac{\lambda}{L}\omega_e \sin \varphi_e \\ \frac{1}{L}u_\beta - Ri_\beta - \frac{\lambda}{L}\omega_e \cos \varphi_e \\ 0 \\ \omega_e \end{bmatrix}. \quad (9)$$

A modell megfigyelhetőségi mátrixa

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}_f^3 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^3 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^3 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^3 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Mivel az állapotváltozók változók száma négy és forgójeladó nélküli alkalmazásoknál a kimeneti vektor elemei az i_α , i_β állórészszámok, ezért \mathbf{O} mátrix mérete 8×4 . A $\text{rang}\{\mathbf{O}\} = 4$ rangfeltétel biztosításához léteznie kell legalább egy olyan reguláris mátrixnak, amely \mathbf{O} négy különböző sorából áll. A megfigyelhetőségi mátrix első négy sorát tartalmazza \mathbf{O}_{1-4} mátrix, amelynek determinánsa

$$\det\{\mathbf{O}_{1-4}\} = \frac{\lambda^2}{L^2} \omega_e. \quad (11)$$

Ha $\det\{\mathbf{O}_{1-4}\} \neq 0$, akkor \mathbf{O}_{1-4} reguláris és teljesült a $\text{rang}\{\mathbf{O}\} = 4$ rangfeltétel, így a végtelen tehetetlenségi nyomatékot feltételező modell lokálisan megfigyelhető. Mivel ebben a modellben λ és L konstans paraméterek, így a lokális megfigyelhetőséget az $\omega_e \neq 0$ feltétel biztosítja.

3.2. Az állandó mágnes fluxusával bővített végtelen tehetetlenségi nyomatékot feltételező modell

Az állandó mágnes fluxusának becsléséhez a (9) modell a következőképpen bővíthető:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ \omega_e \\ \varphi_e \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L}u_\alpha - Ri_\alpha + \frac{\lambda}{L}\omega_e \sin \varphi_e \\ \frac{1}{L}u_\beta - Ri_\beta - \frac{\lambda}{L}\omega_e \cos \varphi_e \\ 0 \\ \omega_e \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

ahol λ állapotváltozó és nem paraméter. Azonban a modell feltételezi, hogy a többi állapotváltozóhoz képest λ lassan változik. A modell megfigyelhetőségi mátrixa

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \lambda} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial \lambda} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

amelynek mérete 10×5 az öt állapotváltozó és az i_α , i_β kimenetek miatt. A megfigyelhetőségi feltétel meghatározásához \mathbf{O}_{1-5} és $\mathbf{O}_{1-4,6}$ mátrixok vizsgálata

szükséges, amelyek alsó indexei azt jelölik, hogy \mathbf{O} mely sorait tartalmazzák. \mathbf{O}_{1-5} és $\mathbf{O}_{1-4,6}$ determinánsa

$$\det\{\mathbf{O}_{1-5}\} = -\frac{1}{L^3} \lambda^2 \omega_e^3 \cos \varphi_e \text{ és } \det\{\mathbf{O}_{1-4,6}\} = \frac{1}{L^3} \lambda^2 \omega_e^3 \sin \varphi_e. \quad (14)$$

Az állandó mágnes fluxusával bővített végtelen tehetetlenségi nyomatékot feltételező modell lokálisan megfigyelhető, ha $\det\{\mathbf{O}_{1-5}\} \neq 0$ vagy $\det\{\mathbf{O}_{1-4,6}\} \neq 0$. Mivel $\sin \varphi_e$ és $\cos \varphi_e$ nem lehet egyszerre nulla, valamint L konstans paraméter, a modell lokálisan megfigyelhető, ha $\lambda \neq 0$ és $\omega_e \neq 0$ teljesül. Azonban egy hengeres forgórészű szinkronmotor nem képes nyomatékot kifejteni, ha az állandó mágnes fluxusa nulla, így a gyakorlatban az $\omega_e \neq 0$ feltétel biztosítja egy működőképes motor megfigyelhetőségét.

3.3. Elektromechanikai modell

Az (1)-(2) feszültség-egyenletek mellett, az elektromechanikai modell a (3)-(4) egyenleteket is megábrán foglalja és állapotegyenlete a következőképpen írható:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ \omega_e \\ \varphi_e \\ T_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} u_\alpha - R i_\alpha + \frac{\lambda}{L} \omega_e \sin \varphi_e \\ \frac{1}{L} u_\beta - R i_\beta - \frac{\lambda}{L} \omega_e \cos \varphi_e \\ \frac{3}{2} p^2 \frac{\lambda}{J} (i_\beta \cos \varphi_e - i_\alpha \sin \varphi_e) - \frac{D}{J} \omega_e - \frac{p}{J} T_L \\ \omega_e \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (15)$$

ahol T_L terhelőnyomaték is állapotváltozó, így az elektromechanikai modellt használó állapotbecslő a terhelőnyomaték becsült értékét is képes meghatározni. A modell megfigyelhetőségi mátrixa

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial T_L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^4 \mathbf{h}}{\partial T_L} \end{bmatrix}, \quad (16)$$

amelynek mérete 10×5 . Hasonlóan az előző modellhez, az \mathbf{O}_{1-5} és $\mathbf{O}_{1-4,6}$ mátrixok vizsgálata vezet egy fontos megfigyelhetőségi feltételhez. E két mátrix determinánsa

$$\det\{\mathbf{O}_{1-5}\} = -\frac{p\lambda^3}{JL^3} \omega_e \sin \varphi_e \text{ és } \det\{\mathbf{O}_{1-4,6}\} = \frac{p\lambda^3}{JL^3} \omega_e \cos \varphi_e. \quad (17)$$

Mivel az elektromechanikai modellben p , λ , J és L konstans paraméterek, valamint $\sin \varphi_e$ és $\cos \varphi_e$ nem lehet egyszerre nulla, így az elektromechanikai modell lokálisan megfigyelhető, ha $\omega_e \neq 0$.

3.4. Az állandó mágnes fluxusával bővített elektromechanikai modell

Az állandó mágnes fluxusának becsléséhez, az elektromechanikai modell a következőképpen bővíthető:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ \omega_e \\ \varphi_e \\ T_L \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} u_\alpha - R i_\alpha + \frac{\lambda}{L} \omega_e \sin \varphi_e \\ \frac{1}{L} u_\beta - R i_\beta - \frac{\lambda}{L} \omega_e \cos \varphi_e \\ \frac{3}{2} p^2 \frac{\lambda}{J} (i_\beta \cos \varphi_e - i_\alpha \sin \varphi_e) - \frac{D}{J} \omega_e - \frac{p}{J} T_L \\ \omega_e \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

amelynek megfigyelhetőségi mátrixa:

$$\mathbf{O} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial T_L} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^0 \mathbf{h}}{\partial \lambda} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}_f^5 \mathbf{h}}{\partial i_\alpha} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^5 \mathbf{h}}{\partial i_\beta} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^5 \mathbf{h}}{\partial \omega_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^5 \mathbf{h}}{\partial \varphi_e} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^5 \mathbf{h}}{\partial T_L} & \frac{\partial \mathcal{L}_f^5 \mathbf{h}}{\partial \lambda} \end{bmatrix}. \quad (19)$$

A 12×6 méretű megfigyelhetőségi mátrix első hat sorából álló \mathbf{O}_{1-6} mátrix determinánsa

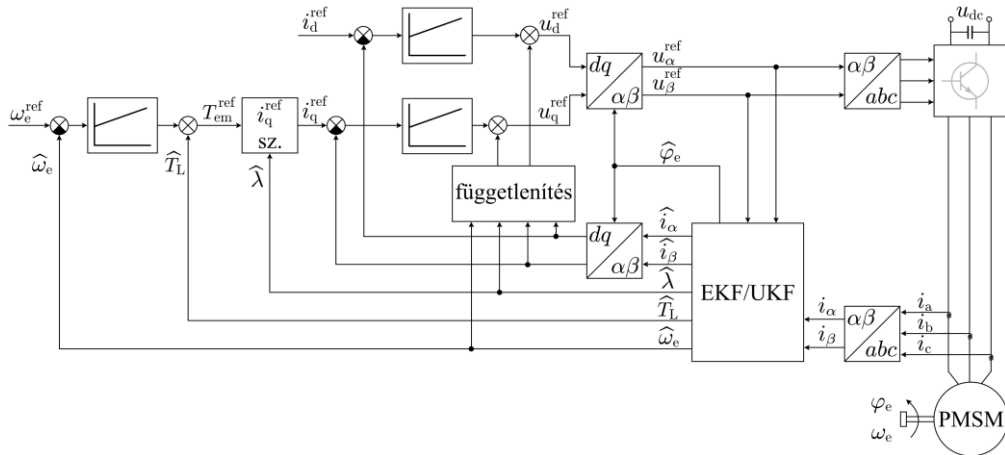
$$\det\{\mathbf{O}_{1-6}\} = \frac{p}{JL^4} \lambda^3 \omega_e^3. \quad (20)$$

Mivel λ állapotváltozó, így a lokális megfigyelhetőség feltétele: $\lambda \neq 0$ és $\omega_e \neq 0$. Hasonlóan a (12) modellhez, ebben az esetben is érvényes, hogy ha az állandó mágnes fluxus nulla, akkor a motor működésképtelen, hiszen nem tud nyomatékot kifejteni. Tehát a gyakorlatban mind a négy vizsgált modell lokális megfigyelhetőségét biztosítja az $\omega_e \neq 0$ feltétel.

4. Állandó mágneses szinkronmotor forgójeladó nélküli fordulatszám-szabályozása

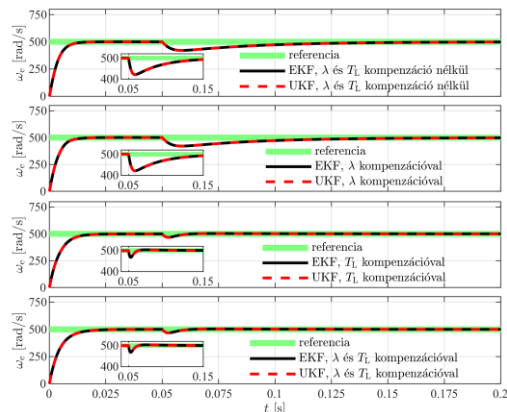
Az előző fejezetben ismertetett nemlineáris modellek felhasználásával olyan extended Kalman filter (EKF) és unscented Kalman filter (UKF) alapú állapotbecslők készíthetők, amelyekkel közvetlen mérés nélkül meghatározható a forgórész szögsebessége és szöghelyzete, így ezek az állapotbecslők lehetővé teszik a forgójeladó kiváltását a szinkronmotoros hajtásokban. Emellett az állandó mágnes fluxusának becslésével csökkenthető a paraméterérzékenység és a terheléscsökkentéssel zavarkompensáció valósítható meg. Ezen előnyök szemléltetéséhez, az 1. ábrán látható mezőorientált fordulatszám-szabályozási struktúrában kerülnek összehasonlításra a különböző modelleket használó állapotbecslők. A blokkvázlaton látható, hogy a koordináta-transzformációs blokkok, a szögsebesség-szabályozási kör, és a függetlenítési blokk is a becslült változókat használja fel, valamint ha rendelkezésre áll a becslült terhelőnyomaték, akkor ezzel korrigálva a szögsebesség-szabályozó kimenetét, a zavarelhárítás is megvalósul. Az állandó mágnes fluxusának

becsült értékét felhasználja a függetlenítési algoritmus és az áramreferencia-számítási blokk is, hiszen a szögsebesség-szabályozás körerősítése függ az állandó mágnes fluxusának értékétől. Azoknál az állapotbecslőknél, amelyek nem képesek az állandó mágnes fluxusának, vagy a terhelőnyomatéknak a becslésére, a névleges fluxusérték, illetve 0 Nm kerül felhasználásra a becsült értékek helyett.

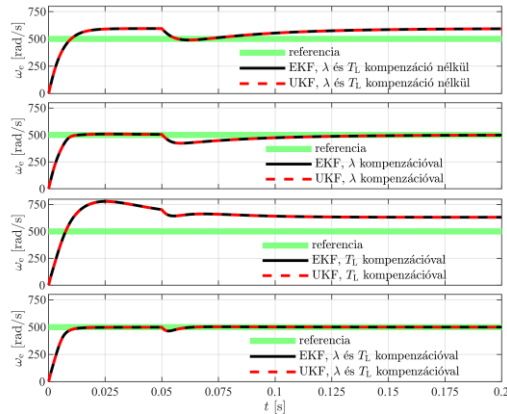


1. ábra Állapotbecslésen alapuló forgójeladó nélküli mezőorientált hajtá szabályozás

A különböző állapotbecslők alkalmazásával biztosított minőségi jellemzőket a 2. és 3. ábrákon látható szimulációs eredmények mutatják, amelyek egy 2,8 Nm névleges nyomatékú állandó mágneses szinkronmotorhoz készültek. A szögsebesség-referencia minden esetben 500 rad/s és a külső terhelőnyomaték 0 Nm-ről 1 Nm-re ugrik 0,05 s-nál. A 2 ábrán látható eredmények névleges paraméterek alkalmazásával készültek, azonban a 3. ábrán látható vizsgálatoknál az állandó mágnes fluxusa a szinkronmotor szimulációs modelljében 20%-kal kisebb, mint a névleges érték.



2. ábra Szögsebesség-szabályozás referenciakövetése különböző állapotbecslőkkel névleges paraméterek alkalmazása esetén



3. ábra Szögsebesség-szabályozás referenciakövetése különböző állapotbecslőkkel az állandó mágnes fluxusának 20%-os csökkenése esetén

A 2. ábra szimulációs eredményei azt mutatják, hogy ha az állandó mágnes fluxusa pontosan ismert, akkor e paraméter becslése nincs hatással a fordulatszám-szabályozásra, azonban a terheléscsökkentésre is alkalmas állapotbecslőkkel gyorsítható a zavarelhárítás a terhelőnyomaték ugrásakor. Ezzel szemben a 3. ábrán látható, hogy az állandó mágnes fluxusának bizonytalansága jelentősen rontja a hajtásszabályozás teljesítőképességét, ha az valamelyik hagyományos modellen alapuló állapotbecslőt használja. Ugyanakkor a bővített modellek alkalmazásával a hajtásszabályozás gyakorlatilag érzéketlen az állandó mágnes fluxusának megváltozására. Fontos továbbá kiemelni, hogy EKF és UKF állapotbecslőkkel is közel azonos minőségi jellemzők biztosíthatók, ha azok azonos modellt alkalmaznak. Vagyis az állapotbecslés és a hajtásszabályozás minőségi jellemzői is alapvetően az alkalmazott modelltől függenek.

5. Összefoglalás

Ebben a tanulmányban olyan újszerű forgójeladó nélküli állapotbecslők kerültek ismertetésre, amelyek a szögsebesség és a szöghelyzet becslése mellett képesek az állandó mágnes fluxusának becslésére is, így gyakorlatilag érzéketlenek ennek bizonytalanságára. Az állapotbecslők tervezése során megfigyelhetőségi vizsgálat készült az alkalmazott nemlineáris modellekhez, amelynek legfontosabb eredménye, hogy működőképes szinkronmotor esetén a hagyományos és a bővített modellek megfigyelhetőségét is biztosítja az $\omega_e \neq 0$ feltétel. Az állapotbecslésen alapuló hajtásszabályozás szimulációs vizsgálatának eredményei szerint az újszerű becslők alkalmazásával kedvezőbb minőségi jellemzők érhetők el az állandó mágnes fluxusának bizonytalansága esetén, mint a hagyományos állapotbecslőkkel.

Felhasznált irodalom

- F. Briz, M. W. Degner, "Rotor position estimation," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 5, pp. 24-36, 2011.
- K. Horváth, "Load torque and permanent magnet flux linkage estimation of surface-mounted PMSM by using unscented Kalman filter," *Proceedings of International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE)*, pp. 402-409, 2023.
- S. Li, C. Xia, X. Zhou. "Disturbance rejection control method for permanent magnet synchronous motor speed-regulation system," *Mechatronics*. vol. 22, pp. 706-714, 2012.
- T. Orłowska-Kowalska et al., "Fault diagnosis and fault-tolerant control of PMSM drives—State of the art and future challenges," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 59979-60024, 2022.
- G. Wang, M. Valla, J. Solsona, "Position sensorless permanent magnet synchronous machine drives—A review," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 67, pp. 5830-5842, 2020.
- D. Xiao *et al.*, "Universal full-speed sensorless control scheme for interior permanent magnet synchronous motors," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 36, pp. 4723-4737, 2021.
- Z. Q. Zhu, D. Liang, K. Liu, "Online parameter estimation for permanent magnet synchronous machines: An overview," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 59059-59084, 2021.

A cyberfare state modelljei az Egyesült Államok és Kína kiberbiztonsági jogszabályai tükrében

1. Bevezetés

A cyberfare state fogalom megalkotás Gregory M. Kaladijan nevéhez köthető, aki 1996-os *Journal of Children and Poverty*-ben megjelent *Welfare vs. Cyberfare* című cikkében a welfare state (jóléti állam) evolúciójaként tekintett a digitalizációval átszőtt szociális igazgatást magába integráló államra. E koncepció nem jelentett többet, mint a már működő szociális struktúrát átláthatóbbá és igazságosabbá, a rendszer működését pedig ezáltal eredményesebbé tevő digitalizáció bevezetését.² A fogalom nem ült át a mainstream tudományos gondolkodásba: egyfelől mert megelőzte korát, másfelől mivel nem adott átfogó rendszert a fogalom háttérét jelentő állammodellről. Azonban napjaink digitalizációs fokán már igenis releváns lehet annak a kérdéskörnek a vizsgálata, hogy maga a digitalizáció és annak egyes eredményei milyen módon befolyásolják az állami működést. E folyamatokra azonban nem önmagában a digitalizáció van releváns hatással, hanem az a geopolitikai és biztonsági környezet is, amiben ezek a változások megvalósulnak. Hiszen a digitalizáció pozitív, építő jellegű alkalmazása mellett nyilvánvalóan megjelenik annak ártó szándékú felhasználása is.

Jelen tanulmány arra vállalkozik, hogy vázlatosan ismertesse a cyberfare state modelljeit és az Amerikai Egyesült Államok, valamint Kína egyes kiberbiztonsági jogszabályainak ismertetése révén rámutasson arra, hogy a jogi szabályozás szintjén miként jelennek meg azok az attribútumok, amelyek az egyes almodellre jellemzőek.

2. Cyberfare state és az egyes modelljeinek vázlatos ismertetése

Napjainkra a fejlettebb államok és azok államigazgatási rendszerei esetében jelentős mértékben megjelenik a digitalizáció, sőt egyes államokban ennek foka közelít a teljességhez, de ez a folyamat megjelent a gazdasági szereplők tevékenységében, az emberek pedig hétköznapijuk nagy hányadát töltik az okoseszközök vonzásában. Ez azonban nem egyszerűen a welfare state reformját eredményezte, azon lényegesen túlmutat hatásában, hiszen egy teljesen átalakult struktúrájú társadalmi-gazdasági közeget hozott létre ez a változás, amely így már az állami funkciók összességét is érintette. E folyamat alapjaiból kiforgatta a társadalmi totalitás egészét, így annak minden egyes részkomplexumát: a gazdaságot, a jogot, a közigazgatást és a fegyveres védelem ágazatait³ is.

¹ SZE Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar, Jogtörténeti Tanszék, adjunktus. E-mail: kelemen.roland@ga.sze.hu.

² Gregory M. Kaladijan: *Welfare vs Cyberfare*, in *Journal of Children and Poverty*, 1996/1. szám, 93–104. o.

³ Farkas Ádám: *A fegyveres védelem mint állami alrendszer és annak szabályozási sajátosságai*, 2018, Magyar Katonai Jogi és Hadijogi Társaság, Budapest.

Ezen „evolúció” sajátja, hogy nemcsak a welfare state jegyeit vette át, módosította és szelektálta a szereplők hatalmi igényei szerint, hanem a geopolitikai környezet átalakulásának és a technológiai fejlődés jelentette biztonsági problémáknak köszönhetően szinte minden állam – eltérő tartalommal és megközelítéssel – visszanyúltak a warfare state (hatalmi állam) jegyeihez is. Warfare state esetében ki kell emelni, hogy ez nem a jó állammal – welfare state-tel – szembenálló rossz állam, hanem olyan államfejlődési stáció(k), amely megjelent a transzatlanti térség államaiban is. Jelentősége abban fogható meg, hogy az államot ért impulzusokra, kiemelten a biztonságot érintő társadalmi vagy külső hatásokra való válaszreakcióként megjelenő állami (működési, szervezeti, funkcionális) racionalizációt, a védelmi, biztonsági aktorok centralizációját jelentette.⁴ Bruce D. Porter tanulmányában az Egyesült Államok államfejlődésével kapcsolatban ki is fejtette, hogy ez az államfelfogás kellett az erős szövetségi állam létrejöttéhez, mivel a külső – vagy a polgárháborús – fenyegetettség minden esetben szükségessé tette az állam működésének átgondolását, adott esetben racionalizálását.⁵

A változó és fejlődő technológiák, a fokozódó globális integráció és az ezekhez való alkalmazkodás képessége, a szolgáltató szektor túlságos dominanciája és az általa szült tudásintenzív gazdaság együttesen szakadékat teremtenek társadalmakon belül, illetve ezek a tendenciák az államok között is fokozzák a polarizáltságot. Szükségszerűvé vált az államról alkotott felfogásunk újragondolása is. E megváltozott, az államot aktív cselekvésre ösztönző környezetben kézenfekvő, hogy a jóléti állam egyes attribútumait erősítő államfelfogás tud csak eredményesen fellépni a korszak kihívásaival szemben.

Azonban az állam működésének átalakulása nem állt meg a jóléti rendszerek modernizálásánál, a modern technológia alapjaiban alakítja át a teljes állami működést, valamint az állam és a gazdasági szereplők, továbbá az állam és a polgárok közötti interakciókat. A modern technológia ennek köszönhetően behatolt az élet minden szintjére és azokra jelentős hatást gyakorolt, így egyebek mellett a rendészetre, az igazságszolgáltatásra, a közlekedésre, az energiahasználatra és az önkormányzatiságra, és nem utolsósorban a védelem és biztonság világára is.⁶

Az államok mára a digitalizáció jelentette lehetőségeket és kihívásokat tökéletesen érzékelik, azok biztonságot érintő hatására megpróbálnak választ adni. Azonban ezt a választ az egyes államok történeti és társadalmi hagyományai, valamint politikai, állam- és jogtudományi tradíciói, valamint a nagyhatalmi törekvései erősen befolyásolják.

Ezeket figyelembevéve két modell értékű rendszer alakult ki. Az egyik modell a jogállami keretek között gondolkodó államok halmaza, míg a másik, a kibertérben és kapcsolódó eszközökben lehetőséget látó és kihasználó, a társadalmának lehető legteljesebb ellenőrzésére törekvő államok foglalata. Természetesen a két halmaz

⁴ James T. Sparrow: *Warfare State – World War II Americans and the Age of Big Government*, 2011, Oxford University Press, Oxford.

⁵ Bruce D. Porter: *War and the Rise of the State – The Military Foundations of Modern Politics*. 1994, The Free Press, New York, 7. fejezet War and the American Government.

⁶ Amaël Cattaruzza: *A digitális adatok geopolitikája – A hatalom és konfliktusok a big data korában*, 2020, Pallas Athéné Könyvkiadó, Budapest; Kovács László: *A kibertér védelme*, 2018, Dialóg Campus, Budapest.

egyike sem homogén, azokon belül eltérő mértékben valósul meg egyik oldalról, a technológiai rendszerekre épülő totális kontroll, míg a másik halmaz államai között sem azonos mértékben veszik figyelembe a jogállami paradigma egyes szegmenseit. A cyberfare state mindegyik modelljében a kiindulópont a kibertérhez kapcsolódó rendszerek által az állam jóléti, szociális rendszereinek reformja, valamint a szolgáltató közigazgatás újradefiniálása. Emellett viszont jelentős eltérések mutatkoznak abban, hogy miként viszonyulnak ezeknek a rendszereknek a védelem és biztonság-szavatolás (angolszász megközelítésben: nemzetbiztonság) területén történő alkalmazásához.

A smart total control cyberfare state államfelfogása e körben visszanyúl a warfare state egyes jegyeihez, fúziót képez a gazdasági szereplők és az állam között, amelynek eredményeként a lehető legteljesebb mértékben kívánja kontrollálni polgárait és a kiberterét. Ennek során erősítik az állam hatalmi attribútumait, és biztonságuk szavatolását a hatalmuk megtartása, valamint az erő által látják biztosítottak. Így a „külső” kibertérben is aktívan használják a modern technológia által biztosított eszközöket. E modell államaiban a belső (hatalmi) rend és külső geopolitikai pozíció és biztonság szavatolása az állam és az ebben érintett gazdasági szereplők közös érdeke és együttműködésük gyümölcse, amelyben az egyén nem érdekeltként, hanem kizárólag irányított, kontrollált erőforrásként jelenik meg. Ebben a modellben a kibertérre támaszkodó technológiai újításokon nyugvó szociális, jóléti intézményeket, végső soron szolgáltató közigazgatás javítását, modernizálását társítják a totális kontroll és adatok feletti totális rendelkezés lehetőségével, amelyekhez sok esetben támadó potenciál kiépítése kapcsolódik. A smart total control cyberfare state államai tehát cyberfare state hatalmi jellegű attribútumokat felmutató államait fogja össze egy modellben.

A nyugati államok esetében is jelentős mértékű a digitalizáció, így eme folyamatok jelentős hatást gyakoroltak a társadalomra, gazdaságra és beágyazódtak a közigazgatási alrendszerbe is. Az államra gyakorolt hatásuknak köszönhetően megteremtették a co-operating cyberfare state alapjait, vagyis az egyes szereplők közötti folyamatos interakciót. Azonban a pozitív hozadékok mellett, számos negatív biztonsági tapasztalás is hatással volt ezen típusú államokra is, így az állami és nem állami szereplők által képviselt erőszakos, jogellenes fenyegető fellépések és támadások kibereszközökkel való felerősítése, illetve a hagyományos fenyegetések kibertéri lehetőségekkel való kombinálása. Ezek pedig szükségszerűvé teszik, hogy ezen államok esetében fokozódjon az egyes szereplők közötti együttműködés. Ebben viszont jelentős eltérés mutatkozik a másik almodellhez képest, hiszen az egyénhez való viszonyulás teljesen más képet mutat, hiszen a jogállami keretek megtartása nem teszi lehetővé a polgárok fenti mértékű korlátozását. Sajátos, hogy szemben a másik almodellrel, ebben az almodellben az egyes szereplők alapvetően ellenérdekeltek mégis a megváltozott környezetben szükségszerű az együttműködésük. Ezen kooperáció a biztonsággal kapcsolatos területek valamennyi szegmensére kiterjed. Az együttműködésnek pedig legjobb gyakorlatokat kell létrehozni, megújítva a jelenlegi alrendszereket. Ennek során a felek között olyan multidiszciplináris megközelítésen nyugvó legjobb gyakorlatok alakulnak ki, amelyek a jogállami garanciák mellett, a biztonság hatékonyságát is előtérbe helyezik. Ez a legjobb gyakorlat magába foglalja az állami szereplők, ezen belül a

civil és katonai karakterű szervek tapasztalásait, elvárásait, elméleti megközelítéseit, továbbá a gazdasági szereplők ugyanezen aspektusait, valamint a kutatói, innovációs oldalról nem kizárólag a műszaki tudományok képviselőit, hanem a társadalomtudományok (jogász, szociológus, közgazdász) és a hadtudomány művelőit is bevonják a közös gondolkodásba.

3. Az Amerikai Egyesült Államok egyes kiberbiztonsági szabályainak ismertetése

A co-operating cyberfare state almodell alapvető jellemvonása, hogy állam állami és civil intézmények (akár gazdasági, akár társadalmi) bár sok esetben érdekütközés van, azonban a biztonság tekintetében együttműködést kívánnak kialakítani, fenntartani és fejleszteni. Ez figyelhető meg az Egyesült Államok bemutatásra kerülő kiberbiztonság tárgyú jogszabályai esetében is.

A 2015-ös Cybersecurity Act egyik elvárása, hogy a minősített adatok, a hírszerzési források és módszerek védelmével, valamint a szabadságjogokkal összhangban a Nemzeti Hírszerző Igazgató (DNI), a belbiztonsági miniszter, a védelmi miniszter és a főügyész a hatáskörrel rendelkező szerv vezetőjével konzultálva közösen eljárásokat dolgozzanak és adjanak ki többek között a kiberfenyegetettségi mutatókat és védelmi intézkedéseket, információkat osszanak az érintett szövetségi és nem szövetségi szervezetekkel, annak érdekében, hogy kiberbiztonsági fenyegetéseket megelőzzék vagy a kiberbiztonsági fenyegetésekből eredő káros hatások enyhítsék. A cél érdekében az állam hajlandó a szövetségi kormány birtokában lévő információk folyamatos elemzése alapján kidolgozott legjobb kiberbiztonsági gyakorlatok rendszeres megosztására és célzott tájékoztatásra, akár a vállalati szféra irányába is.⁷

Az ilyen eljárások lényege az, hogy ezáltal biztosítani tudják az információk valós idejű megosztását, amit a lehető legteljesebb mértékig be kell építeni az egyes szövetségi és nem szövetségi szervek meglévő folyamataiba, beleértve az ágazatspecifikus információmegosztó és elmező központokat is, de mindeközben a személyes adatokat a lehető legteljesebb módon tiszteletben tartva. Nagyon fontos része a szabályozásnak, hogy a vállalati szféra számára is lehetővé teszi a csatlakozást ebbe az információ megosztási rendszerbe.⁸

A törvény a fentieknek köszönhetően lehetővé teszi, sőt a hatékony információáramlás érdekében előírja eljárások kidolgozását arra, hogy a hírszerzési, nemzetbiztonsági szervek irányítói szükséges esetben adatokat és információkat szolgáltatassanak a kibertámadással fenyegetett vagy érintett szerv vezetőjének, emellett a megfelelő felkészülés érdekében a legjobb gyakorlatok megosztását is előírja. Ezeknek köszönhetően a hírszerzési ernyőszervek vezetői egy felgyorsított információáramlást valósíthatnak meg egymás és az érintett szövetségi és nem szövetségi szervek vezetői között.

A törvény lehetővé teszi a kiberbiztonsági fenyegetések megelőzése, felderítése, elemzése és mérséklése érdekében, hogy a felhatalmazott szervek a

⁷ Cybersecurity Act of 2015, Sec 103.(a).

⁸ Cybersecurity Act of 2015, Sec 103.(b)-(c).

kiberbiztonsági célok érdekében például figyelemmel kísérik az érintett magánjogi jogalany információs rendszerét, vagy a magánjogi jogalany által felügyelt információs rendszerben tárolt, feldolgozott vagy azon áthaladó információt. Ezen lehetőség azonban semmi esetben sem értelmezhető akként, hogy az felhatalmazást adna az adott információs rendszer megfigyelésére vagy az ilyen megfigyelés során szerzett információk felhasználására az előzőektől eltérő körben, illetve a megfigyelt egyébként jogszerű tevékenység korlátozására.⁹ Olyannyira, hogy a törvény kizárja annak is a lehetőségét, hogy ilyen megfigyelés során szerzett – a megfigyelés jogcímével nem összeegyeztethető – információ felhasználásával nem indítható vagy tartható fenn kereset civil személlyel vagy szervezettel szemben.¹⁰ Ezek a garanciák azért kifejezetten fontosak, mivel ezek növelhetik a kormányzatba vetett bizalmat vállalkozói oldalról, így növelve a programhoz való csatlakozást is. A programhoz való csatlakozás pedig kötelezi a magánszféra vállalkozását is a szükséges kiberbiztonsági mutatók és eljárások átvételére és rájuk is vonatkozik a jelentéstételi kötelezettség. Mindezeknek köszönhetően pedig egy egységesebb és hatékonyabb kiberbiztonsági közeg alakítható ki.¹¹

A törvény jelentős előnye volt a kiberbiztonság területén, hogy egy hatalmas lépést tett a vállalati szférával való együttműködés felé a vállalati biztonság, végső soron pedig a nemzetbiztonság érdekében. Az önkéntes alapú csatlakozás következtében a vállalatok információkat kaphatnak a kiberfenyegetésekről, azokkal kapcsolatos eljárásokról, de vállalattal kapcsolatos kiberbiztonsági indikátorokat megoszthatóak a szövetségi ügynökségekkel és nem szövetségi szervezetekkel, nyilvánvalóan anonimizált módon.¹² Ez pedig segít kidolgozni legjobb gyakorlatokat, figyelemmel kísérni az ártó szándékú szereplőket, tapasztalatokat adhat azok szerveződéséről.

2022-ben elfogadták a Cyber Incident Reporting for Critical Infrastructure Act-et (CIRCA), amely a kritikus infrastruktúrák esetében már kötelezővé teszi a bejelentést kiberincidensek esetében. Megalkotásának az indoka, hogy az amerikai kritikus infrastruktúrák elleni kibertámadások komoly nemzetbiztonsági fenyegetést jelentenek és a törvényt megelőzően egyetlen amerikai kormányzati ügynökség sem rendelkezett rálátással az amerikai létfontosságú infrastruktúrák ellen naponta elkövetett összes kibertámadásra, így az ezekkel arányos válaszlépéseket sem tudták megtenni. A törvény ennek megfelelően eszközöket biztosít az amerikai kritikus infrastruktúrák elleni zsarolóprogramokat és más kibertámadásokat végrehajtó külföldi kormányzati és bünszervezetek azonosításához, figyelmeztetéséhez és az ellenük való védekezéshez. A CIRCA előírja a Kiberbiztonsági és Infrastruktúrabiztonsági Ügynökség (CISA) számára, hogy dolgozzon ki és hajtasson végre olyan szabályozást, amely előírja az érintett szervezetek számára, hogy jelenteniük kell a CISA-nak az érintett kiberincidenseket és válságdíjfizetéseket. A törvény kötelezi a kritikus infrastruktúrával foglalkozó

⁹ Cybersecurity Act of 2015, Sec 104.

¹⁰ Cybersecurity Act of 2015, Sec. 106.

¹¹ Cybersecurity Act of 2015, Sec. 106.

¹² Joseph J. Panetta – R. Andrew Schroth: *Cybersecurity Act of 2015 Review – What it Means for Cybersecurity Governance and Enterprise Risk Management*, 2015, Kogod Cybersecurity Governance Center, Washington.

szervezeteket, hogy 72 órán belül jelentsenek a CISA-nak, ha a jelentős kiberbiztonsági incidenst észlelnek, valamint 24 órán belül jelenteniük kell, ha váltságdíjat fizetnek a ransomware támadás esetén. A többi szövetségi ügynökséget is kötelezi arra, hogy osszák meg a kapott jelentéseket a CISA-val.¹³ Ezek a jelentések lehetővé teszik a CISA számára, hogy gyorsan erőforrásokat telepítsen és segítséget nyújtson a támadások áldozatainak, elemezze a beérkező jelentéseket, felismerjen tendenciákat, és a lehető leggyorsabban megossza ezeket az információkat az hálózatok üzemeltetőivel, hogy ezzel is figyelmeztesse a többi potenciális célpontot. A törvény hatálya alá tartozó szervezeteknek ki kell dolgozniuk vagy frissíteniük kell az incidens reagálási tervüket, hogy azok megfeleljenek az időérzékeny bejelentési kötelezettségeknek. E tervek tartalmazniuk kell a bizonyítékok megőrzésére és gyűjtésére vonatkozó eljárásokat. A szervezeteknek biztosítaniuk kell az incidenskezelő csapatok folyamatos képzését, tájékoztatását, hogy CIRCIA-ba foglalt kötelezettségeiknek meg tudjanak felelni.¹⁴

4. A Kínai Népköztársaság kiberbiztonsági szabályozása

A 2016-ban elfogadott és 2017. június 1-jén hatályba lépett kínai kiberbiztonsági törvény bár terjedelmében nem grandiózus (mindösszesen nincs 16 oldal), tartalmában felöleli a hálózatbiztonsági, információbiztonsági, a kritikus infrastruktúrákra vonatkozó, a monitoring, korai figyelmeztetés és vészhelyzeti reagálás, a kiberbiztonsághoz kapcsolódó termékekkel kapcsolatos termékfelelősségi szabályokat, a kiberbiztonság területén hatáskörrel rendelkező szervek feladatmeghatározását, valamint a kiberbiztonsággal kapcsolatos büntetőjogi szabályokat.¹⁵

A törvény az egyes kiberbiztonsághoz kapcsolódó részterületek, tárgykörök együttes és néhol felületes szabályozása mellett eklatáns példája annak, ami a smart total control cyberfare state államaira jellemző. Ugyanis a törvény már célja között is nyilvánvalóvá teszi, hogy ez a szokásosnak mondható kiberbiztonsági területek mellett (kiberbiztonsági incidensek nyomkövetése, kezelése, legjobb gyakorlatok kialakítása, stratégia fejlesztés stb.) a meglévő társadalmi és politikai rend kibertérben történő megóvásának is az eszköze. Az törvény ugyanis kimondja, hogy annak célja a kibertér szuverenitásának megóvása, a társadalmi és közérdek védelme.¹⁶

A 6-os cikk egyfelől az általános társadalmi normák mentén („őszinte, becsületes, egészséges és civilizált”) támogatja az online tevékenységet, de rögtön szűkíti is, hogy ezt is csak akkor, ha „előmozdítja az alapvető szocialista értékek terjesztését”¹⁷. A 12. cikk második bekezdése tovább szűkíti a „szabad”

¹³ Cyber Incident Reporting for Critical Infrastructure Act of 2022, Sec. 2241–2242.

¹⁴ Cyber Incident Reporting for Critical Infrastructure Act of 2022, Sec. 2242.

¹⁵

中华人民共和国网络安全法

(2016年11月7日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过) (továbbiakban kínai kiberbiztonsági törvény).

¹⁶ Kínai kiberbiztonsági törvény 1. cikk.

¹⁷ Kínai kiberbiztonsági törvény 6. cikk.

internethasználat lehetőségét, ugyanis rögzíti – nyilván egy demokratikus állam esetében ez nem lenne problémás –, hogy a hálózathasználóknak be kell tartaniuk az Alkotmányt és a törvényeket, a közrendet és tiszteletben kell tartaniuk a társadalmi erkölcsöt; továbbá nem használható az internetet a nemzetbiztonságot, a nemzeti becsületet és a nemzeti érdekeket veszélyeztető tevékenységekre, illetve nem buzdíthatnak a nemzeti szuverenitás felforgatására, a szocialista rendszer megdöntésére, nem szíthatja a szeparatizmust. Emellett a kognitív (kiber)biztonság is megjelenik e szakaszban, ugyanis tiltja a létrehozását vagy terjesztését olyan hamis információnak, amelyek a gazdasági vagy társadalmi rend megzavarására irányulnak.¹⁸

Mindamellett az üzleti szereplők esetében is megjeleni az állami kontroll, amely szervekre szintén a 12. cikkben rögzített elvek az irányadóak, azzal, hogy rájuk egyéb speciális szabályok is vonatkoznak, így például meg kell erősíteniük az iparág önfegyelmét, irányítaniuk kell tagjaik a kiberbiztonsági jogszabályoknak való megfelelés területén, tiszteletben kell tartaniuk a társadalmi erkölcsöt.¹⁹ Tehát bár felettük is jelentős állami kontrollt alakítottak ki, amely végső soron az Államtanácsához köthető, azonban e szervezetek maguk is hangsúlyosan a törvény szövege szerint irányítást gyakorolnak az egyes szervezetükhöz tartozó szereplők felett. Amely, ahogy a korábbi fejezet fogalma is rámutatott fúzió szerű együttműködést jelent az állam és az iparági szereplők között. Ezt erősíti a vizsgált törvény 28. cikke is, amely kimondja, hogy a „hálózatüzemeltetők technikai támogatást és segítséget nyújtanak a közbiztonsági szervezeteknek és a nemzetbiztonsági szervezeteknek, amelyek a törvénynek megfelelően a nemzetbiztonság védelmével és a bűncselekmények kivizsgálásával foglalkoznak”²⁰, sőt a 29. cikk továbbmegy az „állam támogatja a hálózatüzemeltetők közötti együttműködést az olyan területeken, mint a kiberbiztonsági információk gyűjtése, elemzése, jelentése és vészhelyzeti kezelése”²¹. Utóbbi üdvös is lehetne, ha a kiberbiztonság fogalmába a jogalkotó a 6-12. cikk értelmébe nem értené bele a politikai és társadalmi rendszer fenntartását elősegítő szabályokat is.

Az így kiépülő rendszer tökéletes példája az előző fejezet smart total control cyberfare state keretében meghatározott és elérni kívánt állami működésnek, vagyis az olyan szolgáltató államnak, amely képes jóléti intézményeit áttemelni a digitális környezetbe, sőt fokozni is képes ezáltal azokat. Azonban ott van egy hatalmas „de” a mondat végén, hiszen e rendszerek révén nem csupán erre képes Kína, hanem az emberek nyomon követésére, osztályozására és adataik tényleges birtoklására is.²² Érdemes eme megoldásoknál kicsit elidőzni. A Kínai Aranypajzs projekt, ahogy arra a Freedom House 2020-as internetszabadságról szóló jelentése felhívja a figyelmet a glóbusz legmodernebb és legösszetettebb rendszere. Fontos hangsúly van azon, hogy ez egy összetett rendszer, mivel már nem csupán a kibertéri tevékenységet figyelni és korlátozza, hanem számos rendszert kapcsol össze. Így a közterekre, az otthonokba, munkahelyekre, az általános iskolákba, vagy óvodákba telepített

¹⁸ Kínai kiberbiztonsági törvény 12. cikk 2. bekezdés.

¹⁹ Kínai kiberbiztonsági törvény 9-11. cikk.

²⁰ Kínai kiberbiztonsági törvény 28. cikk.

²¹ Kínai kiberbiztonsági törvény 29. cikk.

²² Kollár Csaba: *Kína és a társadalmi kredit rendszere*, in *Hadtudomány*, 2020/2. szám, 79–97. o.

megfigyelő kamerákat, a Covid-19 terjedését megakadályozandó hőérzékelési rendszerek, egészségügyi állapottal és kontaktkutatással kapcsolatos applikációk, valamint a big data-alapú elemző rendszerek, az online tevékenységet korlátozó algoritmusok, és természetesen az arcfelismerést szolgáló technológiákat.²³ Nem lehet megfedkezni a Kínai Nagy Tűzfalról sem, amely a külső tartalmak elérhetlenné tételét szavatolja. Az állami cenzúrát meg szűken véve maga a Pajzs. Ennek köszönhetően egyre nagyobb terjedelmében teremődik meg az alapja a társadalmi kreditrendszernek, ami politikai és társadalmi status quo rögzülését eredményezi, ahol csak az lehet a társadalom hasznos tagja és csak az léphet előre, aki megfelelően teljesít a pontok/kreditek rendszerében.²⁴ Gosztonyi Gergely felhívja arra a figyelmet, hogy ez a jelenség nem példa nélküli és egyre több követőre talál. „Nyilvánvalóan nem lehet társadalmi, szociális vagy akár politikai helyzet kapcsán egy kalap és egy szabályozási modell alá helyezni az összes ázsiai országot, az mégis látható, hogy – az eltérések ellenére – az internet szabályozásával és a tartalomszabályozással kapcsolatos felelősségi kérdésekben egy sokkal szigorúbb utat választottak, mint Európa vagy az Amerikai Egyesült Államok... A fő cél természetesen politikai: megakadályozni, hogy az online világban olyan gondolatok terjedjenek, amelyek esetlegesen politikai ellenállást szülhetnének a való életben.”²⁵

5. Összegzés

Ngoc Son Bui és Jyh-An Lee az Oxford-i és Hong Kong-i egyetemek kutatói tanulmányukban rámutatnak a két elkülönült cyberfare state almodell állami közötti releváns különbségre, úgy fogalmazznak ugyanis, hogy „míg a nyugati világban a kiberbiztonság fogalma a technikai fenyegetésekből ered, addig a szocialista felfogás a rendszer és a társadalom stabilitását fenyegető ideológiai veszélyekre helyezi a hangsúlyt. Ez az alapvető különbség a végrehajtási szervek, eljárások és az emberi jogok védelmének eltérő kialakítását eredményezte a kiberbiztonsági törvényekben.”²⁶

Az Egyesült Államok érintett kiberbiztonsági jogszabályai arra irányulnak, hogy az állam, a gazdasági szereplők és az egyének számára hatékonyan tudják szavatolni kibertérben is a biztonságot, mégpedig úgy, hogy a jogállam alapvető értékei ne sérüljenek, de az egymással való együttműködés révén mégis hatékony védelmet alakítsanak ki. E tendencia figyelhető meg az Európai Unió új hálózatbiztonságra vonatkozó új jogszabályai esetében is (NIS2, DORA, CRA).

²³ *Freedom on the Net 2020 – The Pandemic’s Digital Shadow*, 2020, Freedom House, Washington, 21. o.

²⁴ Szikszai Marcel: Disztópia Kínában? Tanulmány a társadalmi kreditrendszer a kínai jogfejlődés tükrében, in *Infokommunikáció és Jog*, 2020/1. szám, 21–26. o.

²⁵ Gosztonyi Gergely: *Cenzúra Arisztotelésztől a Facebookig – A közösségi média tartalomszabályozási gyakorlatának komplexitása*, 2022, Gondolat Kiadó, Budapest, 157, 165. o.

²⁶ Ngoc Son Bui – Jyh-An Lee: Comparative Cybersecurity Law in Socialist Asia. in *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, 2022/3. szám, 679. o.

Ezzel szemben Kína célja a kiberbiztonsági törvényével a kiberbiztonság általános és globális elvárásai mellett (hálózatbiztonság, incidens kezelés, adatbiztonság stb.), hogy a meglévő status quo-t fenntartsa, sőt a digitalizáció biztosította eszközök révén még hatékonyabb kontrollt tudjon kiépíteni a társadalma felett. Ahogy Gosztonyi is kifejti fentebb ezen almodellhez tartozó államok, nem egy homogén csoportja az államoknak, azonban egyre nyilvánvalóvá válik, hogy egyre több állam választja annak a lehetőségét, hogy a polgárait kibertérben vagy ahhoz kapcsolódó eszközök révén „kordában” tartsa, az internetét pedig a lehető legteljesebb mértékig kontrollálja. Annak ellenére is, hogy kínai modell nem ültethető át könnyen más olyan országokba, amelyek nem rendelkeznek hasonló szintű technológiai fejlettséggel. Azonban legalább bizonyos részegységek átültetésére egyre inkább igény mutatkozik egyre több rezsim esetében.²⁷

Felhasznált szakirodalom

- Amaël Cattaruzza: *A digitális adatok geopolitikája – A hatalom és konfliktusok a big data korában*, 2020, Pallas Athéné Könyvkiadó, Budapest.
- Bruce D. Porter: *War and the Rise of the State – The Military Foundations of Modern Politics*. 1994, The Free Press, New York.
- Farkas Ádám: *A fegyveres védelem mint állami alrendszer és annak szabályozási sajátosságai*, 2018, Magyar Katonai Jogi és Hadijogi Társaság, Budapest.
- Gosztonyi Gergely: *Cenzúra Arisztotelésztől a Facebookig – A közösségi média tartalomszabályozási gyakorlatának komplexitása*, 2022, Gondolat Kiadó, Budapest.
- Gosztonyi Gergely: Special Models of Internet and Content Regulation in China and Russia, in *ELTE Law Journal*, 2022/2. szám, 87–99. o.
- Gregory M. Kaladijan: Welfare vs Cyberfare, in *Journal of Children and Proverty*, 1996/1. szám, 93–104. o.
- James T. Sparrow: *Warfare State – World War II Americans and the Age of Big Government*, 2011, Oxford University Press, Oxford.
- Joseph J. Panetta – R. Andrew Schroth: *Cybersecurity Act of 2015 Review – What it Means for Cybersecurity Governance and Enterprise Risk Management*, 2015, Kogod Cybersecurity Governance Center, Washington.
- Kollár Csaba: *Kína és a társadalmi kredit rendszere*, in *Hadtudomány*, 2020/2. szám, 79–97. o.
- Kovács László: *A kibertér védelme*, 2018, Dialóg Campus, Budapest.
- Ngoc Son Bui – Jyh-An Lee: Comparative Cybersecurity Law in Socialist Asia. in *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, 2022/3. szám, 631–679. o.
- Szikszai Marcel: Disztópia Kínában? Tanulmány a társadalmi kreditrendszer a kínai jogfejlődés tükrében, in *Infokommunikáció és Jog*, 2020/1. szám, 21–26. o.

²⁷ Gosztonyi Gergely: Special Models of Internet and Content Regulation in China and Russia, in *ELTE Law Journal*, 2022/2. szám, 87–99. o.

3D nyomtatási paraméterek optimalizálása Fe-6,5wt%Si ötvözethez

1. Bevezetés

Az eMobilitás térnyerésének és az ezekhez használt eszközök hatékonyságnövelésének köszönhetően egyre nagyobb figyelem övezi a korszerű lágymágneses anyagok fejlesztését. Jelenleg a legnagyobb mennyiségben vas-szilícium ötvözetből készült vasmagokat használnak a személyi közlekedési eszközökbe épített motorokban. A vas és a szilícium is nagy mennyiségben rendelkezésre áll bolygónkon és viszonylag könnyen hozzáférhető, bányászható, így az olcsóbb alapanyagok közé sorolhatók. A vas-szilícium ötvözetek közül kiemelkedő lágymágneses tulajdonságokkal bír a Fe-6,5wt%Si, amelynek közel nulla a magnetostrikciója, a mágneses kristály-anizotrópiája, valamint nagy az elektromos ellenállása^{2,3}. Növekvő szilíciumtartalom esetén a FeSi ötvözetek egyre ridegebbé válnak és 3,5 – 4 wt% felett a klasszikus megmunkálási technológiákkal nem alakíthatók tovább. Vékony bevonatok vagy szalagok előállíthatók forró merítéses (hot dipping), meleg porszórás (spray forming) vagy közvetlen porhengerlési eljárással (direct powder rolling – DPR)^{3,4,5,6}. Hatékony megoldást jelenthet nagy szilícium-tartalmú, laminált vagy tekercselt szerkezetek kialakítására az olvadékos szálképzési eljárás is (melt-spinning technology), amellyel több 10 µm vastag szalagokat lehet előállítani. Végül pedig egy viszonylag drága megoldást jelenthet a felülethez közeli rétegekben az utólagos szilíciumdúsítás kémiai gőzfázisú leválasztással (chemical vapour deposition – CVD).

Jelen kéziratban a Fe-6,5wt%Si alapanyag porágyas fúzióval (powder bed fusion - PBF) megvalósított gyártás paramétereinek optimalizálását kíséreltem meg, különös hangsúlyt fektetve a nyomtatási orientáció és a lézerszinterezési paraméterek által létrehozott mágneses anizotrópiára.

¹ SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, PhD hallgató. Témavezető: Prof. Dr. Zsoldos Ibolya, egyetemi tanár, SZE Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék és Dr. Varga Lajos Károly, tudományos főmunkatárs, Wigner Fizikai Kutatóközpont.

² W. E. Ruder: *New magnetic materials*, in: Proceedings of the IRE, 1942, Vol. 30., No. 10., pp. 437-440

³ H. Haiji, K. Okada, T. Hiratani, M. Abe, és M. Ninomiya: *Magnetic properties and workability of 6.5% Si steel sheet*, in: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 1996, Júl., Vol. 160., pp. 109-114. doi: 10.1016/0304-8853(96)00128-X.

⁴ C. Han et al.: *Deformation twinning in equiaxed-grained Fe-6.5wt%Si alloy after rotary swaging*, in: Journal of Materials Science & Technology, 2020, Júl., Vol. 49., pp. 25-34. doi: 10.1016/j.jmst.2020.01.048.

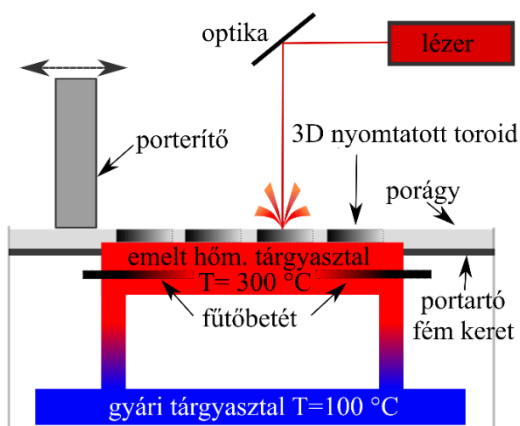
⁵ R. K. Roy, A. K. Panda, M. Ghosh, A. Mitra és R. N. Ghosh: *Effect of annealing treatment on soft magnetic properties of Fe-6.5wt%Si wide ribbons*, in: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2009, Szept., Vol. 321., no. 18., pp. 2865-2870. doi: 10.1016/j.jmmm.2009.04.052

⁶ W. J. Yuan, J. G. Li, Q. Shen és L. M. Zhang: *A study on magnetic properties of high Si steel obtained through powder rolling processing*, in: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2008, Jan., Vol. 320., no. 1-2, pp. 76-80. doi: 10.1016/j.jmmm.2007.05.008.

2. Anyagok és módszerek

A kísérletekhez gyűrű és lemezes próbatesteket is készítettem PBF eljárással. Az előötvözött por alapanyagot a Hunan Finida Technology Co. Ltd-től szereztem be. Az átlagos szemcseméret 15 – 53 μm között volt. A porszemcsék összetételét, kémiai homogenitását, morfológiáját és méretét pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) mérésekkel ellenőriztem. Az ilyen vagy ennél magasabb szilícium tartalmú alapanyagból történő gyártás rendkívül problémás lehet az anyag rekristalizációja során bekövetkező elridegedés miatt. Egyrészt a rendezett fázisok (B_2 , DO_3) kialakulása a rácsellenállás növekedését és az antifázishatár-képződés megjelenését eredményezi. Ezek együttesen gátolják a diszlokációk mozgását⁷. Másrészt a PBF technológiával előállított anyagok, tús szemcseszerkezettel és látható olvadátkedence-határokkal rendelkeznek, amelyekből intermetallikus vegyület (pl. Fe_3Si) jelenlétére lehet következtetni⁸.

Számos gyártástechnológiai megoldás létezik a nagy ridegség okozta szerkezeti hibák elkerülésére, mint például a CVD vagy DPR eljárás, de egyik sem kínál lehetőséget, komplex, háromdimenziós alkatrészek létrehozására. Az additív technológia lehetőséget ad a klasszikus eljárásokkal nehezen megmunkálható anyagok viszonylag egyszerű felhasználására még komplex geometriák esetén is. Az Fe-6,5wt%Si ötvözet nyomtathatóságának és mágneses tulajdonságainak javítása érdekében megpróbáltam kiterjeszteni a gyárilag beépített tárgyasztal fűtési hőmérséklet-tartományát az alkalmazott EOSINT M270-es nyomtatón. Ezzel az volt a célom, hogy csökkentsem a feszültség anizotrópiát a nyomtatott alkatrészekben belül. A porozitások és repedések mennyiségének csökkentését az optimalizált lézerpásztázási paraméterek segítségével értem el. A saját építésű, egyedi, magas-hőmérsékletű tárgyasztalt (lásd a gyári 100 °C-os hőmérséklethez képest egészen 350 °C-ig lehet felfűteni).



1. ábra: Az EOSINT M270-es lézerszinterező berendezéshez fejlesztett egyedi tervezésű, magas-hőmérsékletű tárgyasztal sematikus ábrája.

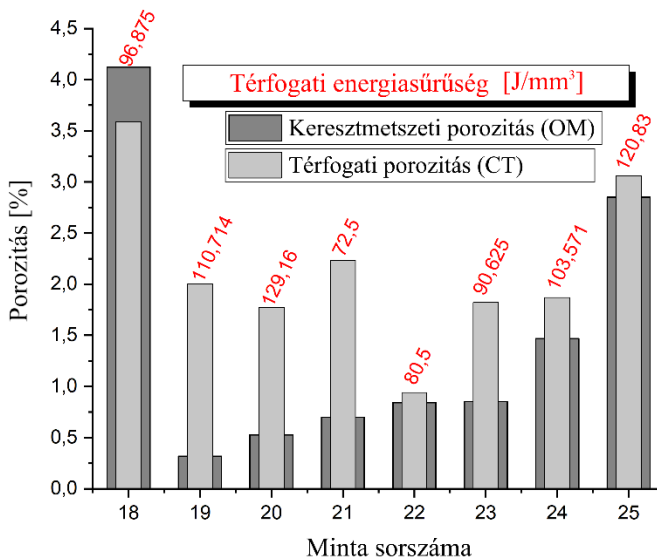
⁷ C. Han et al.: i. m. 25. o.

⁸ M. Garibaldi, I. Ashcroft, M. Simonelli és R. Hague: *Metallurgy of high-silicon steel parts produced using Selective Laser Melting*, in: Acta Materialia, 2016, Máj., Vol. 110, pp. 207-216. doi: 10.1016/j.actamat.2016.03.037.

A mintagyártás során készítettem toroid mintákat a gyári, 100 °C-os asztra is, amelyeket 1 órás, utólagos hőkezelésnek vettem alá argon védőgázban 500 és 1000 °C-on. A nyomtatást követő állapot mikroszerkezetét és porozitását 2D-s metszeti képeken optikai (OM) és pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) is megvizsgáltam. Ezzel összehasonlítva vizsgáltam a 3D-s porozitásképet is komputertomográfiai mérések alapján. Ezen vizsgálatok alapján meghatároztam az optimális térfogati energiasűrűséget (volumetric energy density – VED) a Fe-6,5wt%Si ötvözethez⁹. A nyomtatás és hőkezelés hatására kialakult szemcseszerkezet vizsgálatára SEM visszaszórt elektrondiffrakciós vizsgálatokat végeztem. A komplex mágneses permeabilitás-spektrum méréseket LRC mérővel végeztem el, minden esetben toroid mintán mérve. A lemezes próbatesteken (h: 35 mm, sz: 10 mm, v: 3 mm) a mágneses hiszterézis görbéket mértem. Ehhez váltakozó áramú (AC) gerjesztést és egy számítógéppel vezérelt magnetométert használtam.

3. Eredmények

Az első fontos megállapítás az építési irányra merőleges síkban történt porozitásvizsgálat során született meg. 3D nyomtatott szerkezetekben a porozitások morfológiája és eloszlása erősen heterogén jelleget mutat, ami alapján javasolt a CT vizsgálattal meghatározni a porozitások fent említett paramétereit. A 0 alapján kijelenthető, hogy a síkbeli és térfogati porozitásértékek között szignifikáns különbség van.

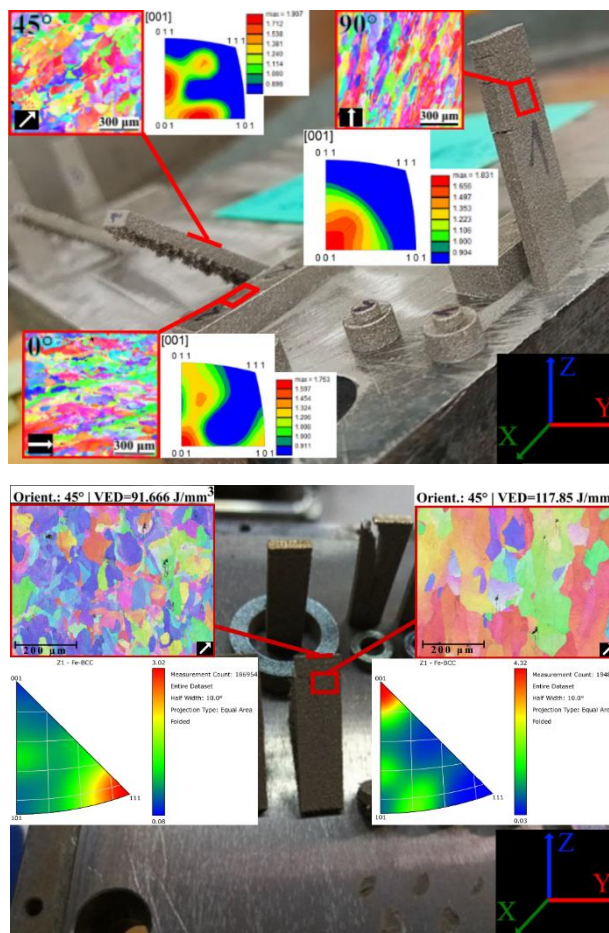


2. ábra: Térfogati (CT) és építési irányra merőleges, síkbeli metszeti kép (OM) porozitásképének mennyiségi összehasonlítása.

⁹ R. Zhao et al.: *On the role of volumetric energy density in the microstructure and mechanical properties of laser powder bed fusion Ti-6Al-4V alloy*, in: Additive Manufacturing, 2022, Márc., Vol. 51, p. 102605. doi: 10.1016/j.addma.2022.102605.

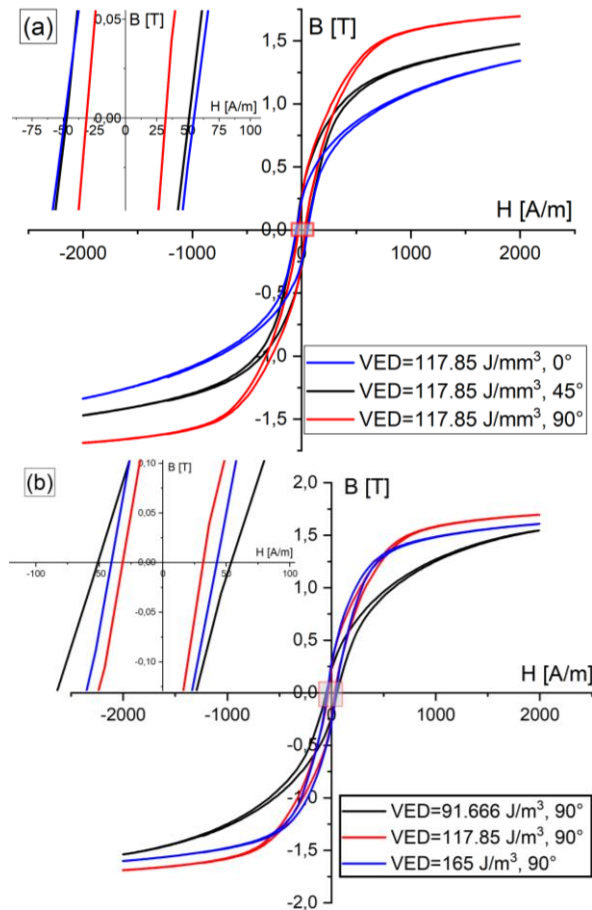
Az emelt hőmérsékletű tárgyasztalra nyomtatott minták esetében azt tapasztaltam, hogy még ridegebbek voltak a minták. Ennek oka vélhetően abból fakad, hogy a ΔT hőmérsékletkülönbséget a tárgyasztal és a mintadarab felső rétege között lecsökkentettem, ami a hűtési sebesség csökkentését vonta maga után, amely elősegíti a rendezett fázisok markánsabb megjelenését. Ugyanezen logika mentén a ΔT hőmérsékletkülönbség csökkentésével a szerkezetbe befagyó belső feszültségek csökkenthetők, amely a lágymágneses tulajdonságokat lerontó feszültséganizotropia csökkenését vonja maga után. A kérdés, hogy a mágneses tulajdonságok esetén melyik hatás érvényesül nagyobb mértékben.

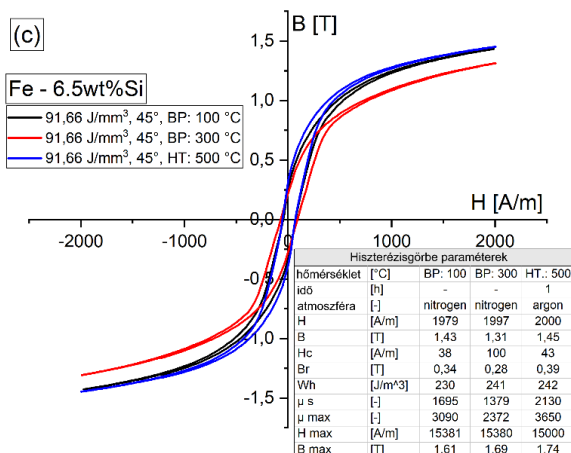
A nyomtatási folyamat során a legtöbb esetben az építési iránnyal egybeesik a szemcsék epitaxiális növekedése, amely oszlopos vagy tűs szemcseszerkezetet eredményez. Figyelembe véve a minta működési környezetét, az alkalmazott mérés technikai módszert, a nyomtatási orientációt és az alkalmazott paramétereit, a mágneses tulajdonságok tág határok között változhatnak. A nyomtatási orientáció és a szemcseszerkezet közötti összefüggést SEM-EBSD-vel vizsgáltam. A 100 °C-os és 300 °C-os hőmérsékletű tárgyasztalra nyomtatott minták tipikus szemcseszerkezetét a különböző irányokból vizsgálva a 0 szemlélteti.



3. ábra: 100 °C-os hőmérsékletű tárgyasztalra, különböző orientációkban nyomtatott Fe-6,5wt%Si lemezes minták EBSD felvételei és inverz pólusábrái (IPF) (felső), valamint a 300 °C-os tárgyasztalra, 45°-os orientációban nyomtatott lemezes minta szemcseszerkezetét bemutató EBSD és IPF felvétel (alsó). A fehér nyilak a nyomtatási irányt jelzik. A referencia tengely: Z (párhuzamos az építési iránnyal)

A szemcseszerkezet egyenirányítottsága minden esetben megfigyelhető volt. A 0 látható AC hiszterézisgörbék a 0 bemutatott unidirekcionális mikroszerkezeti textúra és a gerjesztő mágneses tér kapcsolatának hatását mutatja be. Lemezes próbatetek járomba történő befogásával a hiszterézisgörbe felvételekor lehetőségünk van a „tisztán” könnyű mágnesezési irány megvalósítására a mérés során. A 100 °C-os tárgyasztalra, különböző nyomtatási orientációkban kinyomtatott lemezes próbatetek hiszterézisgörbéit mutatja be a 0. Az oszloposan növekvő szemcsék gerjesztőtérhez viszonyított pozíciója fokozatosan megváltozott a 0°-os mintától a 90°-os mintáig, legyőzve ezáltal a demagnetizáló mező hatását. Ennek eredményeként nagyobb lesz a kezdeti permeabilitás, könnyebben telíthető lesz az anyag és kisebb koercitív erőt mérhetünk.

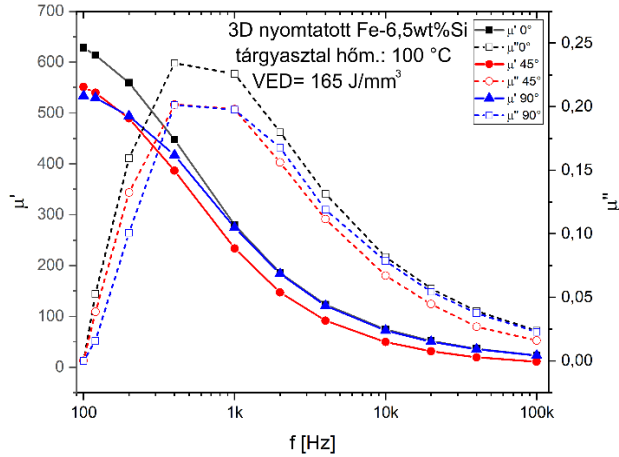




4. ábra: A nyomtatási orientáció (a), az alkalmazott térfogati energiasűrűség (b) és a termikus kezelések (c) hatása a B-H hiszterési görbére.

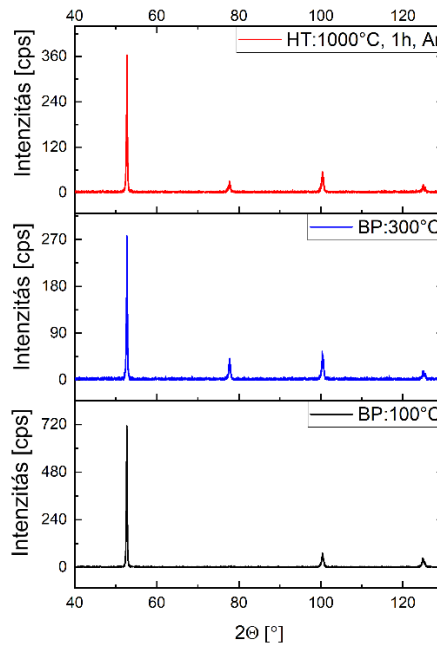
A kialakuló oszlopos szemcseszerkezet nagymértékben befolyásolja az alkalmazott térfogati energiasűrűség is. A 0 egy könnyű mágnesezési irányban, de különböző VED paraméterekkel készült minták B-H görbéit hasonlítja össze. A legkisebb koercivitású és legnagyobb telítési mágnesezettségű minta tekinthető a leglágyabbnak mágneses szempontból, amely ebben az esetben a 117,85 J/mm³-es minta. Érdekes módon ez nincs összhangban a porozitás eredményekkel. A különböző termikus előélettel rendelkező minták összehasonlításánál arra a megállapításra jutottam, hogy az emelt hőmérsékletű asztalra nyomtatott minta bizonyult mágneses szempontból a legrosszabbnak. Az 1 órán át argon védőgázban, 500 °C-on hőkezelt minta bizonyult a legjobbnak a 0 alapján. Ezen némiképp tudna még javítani, ha 90°-ban, állítva nyomtatott mintákat vizsgáltam volna. Jelen esetben a nyomtatási orientáció 45° volt, amely a telítési indukciót kis mértékben de befolyásolja. A jelenleg vizsgált mintáknál izotrópabb minták B-H görbéjét is a lemezes minta demagnetizáló hatása nyírja, torzítja.

A komplex mágneses permeabilitás-spektrum méréseknél árnyaltabb a helyzet, mivel ezen méréseket csak toroid mintákon tudtam megvalósítani. Ebben az esetben a 0°-os orientációban kinyomtatott minta mutatta a leglágyabb mágneses tulajdonságokat. A határfrekvencia tekintetében nincs szignifikáns különbség, ám a statikus permeabilitás esetében $\mu_{s-90^\circ} = 533$, $\mu_{s-45^\circ} = 551$, $\mu_{s-0^\circ} = 628$ értékeket mértem. A mérési eredményeket az **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** mutatja.



5. ábra: A komplex mágneses permeabilitás-spektrum és a nyomtatási orientáció kapcsolata.

A röntgendiffrakciós mérések alapján az intenzitásmaximum felértékénél nem változik a csúc szélesség felértéke sem a tárgyasztal hőmérséklet, sem pedig az utólag alkalmazott hőkezelés hatására (lásd 0). Ebből arra lehet következtetni, hogy mindhárom mintának közel azonos a szerkezetbe befagyott maradékfeszültsége. Ennek ellenére a minta textúrája 100 °C-os tárgyasztal hőmérséklet esetén is látható (a második csúcs $\Theta = \sim 77^\circ$ hiányzik). Ezen minta izotrópiáját az 1 órás, argonban, 1000 °C-on történő hőkezeléssel állíthatjuk helyre.



6. ábra: Hőkezelt és hőkezeletlen, emelt hőmérsékletű- és gyári tárgyasztalra nyomtatott minták XRD spektruma.

4. Konklúziók

Kutatásom során egy viszonylag olcsó, jó lágymágneses tulajdonságokkal rendelkező Fe-6,5wt%Si ötvözet porágyas fúzióját végeztem el, a nyomtatási paraméterek optimalizálása mellett. Megvizsgáltam a térfogati energiasűrűség mikroszerkezeti hibákra gyakorolt hatását. Tanulmányoztam a különböző hőkezelések mágneses tulajdonságokra gyakorolt hatását. Az ismertetett eredmények alapján a következő megállapításokra jutottam:

- A 2D-s porozitásvizsgálat csak kvalitatív információt ad a porozitások morfológiájáról. Kvantitatív értékeléshez térfogati vizsgálat, pl. CT javasolt.
- Figyelembe kell venni a nyomtatási orientáció és a szerkezetben kialakuló epitaxiális szemcseorientáció kapcsolatát és lehetőség szerint illeszteni kell azt az alkalmazási környezetben lévő mágneses fluxus irányultságához.
- Lemezes minták esetén lehetőség van tisztán könnyű mágnesezési irányban felvenni az AC hiszterézisgörbét.
- Az AC hiszterézis mérések alapján a PBF technológiával gyártott Fe-6,5wt%Si alkatrészek ideális VED értéke hozzávetőlegesen 120 J/mm^3 volt.
- Az emelt hőmérsékletű tárgyasztalra nyomtatott minták B-H görbéi alapján megállapítható, hogy nem javított azok mágneses tulajdonságain, sőt a Fe-6,5wt%Si nyomtathatósági tulajdonságait tapasztalataim alapján jelentősen rontja.
- A röntgendiffrakciós kísérletek alapján megállapítottam, hogy a három különböző termikus előélettel rendelkező minta maradófeszültség állapotában nincs szignifikáns különbség.

Felhasznált irodalom

- W. E. Ruder: *New magnetic materials*, in: Proceedings of the IRE, 1942, Vol. 30., No. 10., pp. 437-440
- H. Haiji, K. Okada, T. Hiratani, M. Abe, és M. Ninomiya: *Magnetic properties and workability of 6.5% Si steel sheet*, in: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 1996, Júl., Vol. 160., pp. 109-114. doi: 10.1016/0304-8853(96)00128-X.
- C. Han et al.: *Deformation twinning in equiaxed-grained Fe-6.5wt%Si alloy after rotary swaging*, in: Journal of Materials Science & Technology, 2020, Júl., Vol. 49., pp. 25-34. doi: 10.1016/j.jmst.2020.01.048.
- R. K. Roy, A. K. Panda, M. Ghosh, A. Mitra és R. N. Ghosh: *Effect of annealing treatment on soft magnetic properties of Fe-6.5wt%Si wide ribbons*, in: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2009, Szept., Vol. 321., no. 18., pp. 2865-2870. doi: 10.1016/j.jmmm.2009.04.052
- W. J. Yuan, J. G. Li, Q. Shen és L. M. Zhang: *A study on magnetic properties of high Si steel obtained through powder rolling processing*, in: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2008, Jan., Vol. 320., no. 1-2, pp. 76-80. doi: 10.1016/j.jmmm.2007.05.008.

- M. Garibaldi, I. Ashcroft, M. Simonelli és R. Hague: *Metallurgy of high-silicon steel parts produced using Selective Laser Melting*, in: *Acta Materialia*, 2016, Máj., Vol. 110, pp. 207-216. doi: 10.1016/j.actamat.2016.03.037.
- R. Zhao et al.: *On the role of volumetric energy density in the microstructure and mechanical properties of laser powder bed fusion Ti-6Al-4V alloy*, in: *Additive Manufacturing*, 2022, Márc., Vol. 51, p. 102605. doi: 10.1016/j.addma.2022.102605.

Vadszeder (*Rubus fruticosus* L.) gyümölcspor felhasználása ételmisszerben, mint természetes antioxidáns összetevő és színezék**1. Irodalmi áttekintés**

Habár a vadgyümölcsök meglehetősen alul értékelték és kevésbé ismertek, a legújabb kutatási eredmények megerősítik, hogy rendelkeznek mindazon kedvező élettani hatásokkal, mint amit a nemesített változataik szolgáltatnak. A vadon termő gyümölcsök ugyanis rendkívül gazdagok olyan fitokémiai vegyületekben, mint a C-vitamin, fenolos savak, antocianinok vagy flavonoidok ². Az Európában és Ázsiában őshonos, Rosaceae családba tartozó vadszeder (*Rubus fruticosus* L.) egy évelő, tövises cserje; lelőhelyei közé tartoznak az erdők, erdőszélek, valamint műveletlen szántók³. A vadszedret a népi gyógyászatban köhögés, fogfájás és hasmenés kezelésére használják. Ezek a jótékony hatások olyan fenolos vegyületekhez kapcsolódnak, mint a cianidin-3-glükózid, cianidin-3-galaktozid, kvercetin-3-glükózid, *p*-hidroxibenzoesav vagy a galluszsav⁴. A vadon termő szeder gyümölcsseit általában frissen fogyasztják, de különféle ételmisszerek (pl. fagyalt, lekvár, sütemény) összetevőjeként is találkozhatunk vele⁵. Jelenleg a másodlagos növényi metabolitok ételmisszerekben való felhasználása egyre nagyobb figyelmet kap az emberi szervezetre gyakorolt jótékony hatásuk miatt. A muffin fogyasztásra kész jellege és megfizethető ára miatt az egyik legnépszerűbb pékáru. Különböző változatokban kaphatók, ezáltal a fogyasztók széles körét vonzzák⁶. Fontos azonban megemlíteni, hogy összetevőik (búzaliszt, cukor, zsír, tojás) miatt nagy kalóriatartalmú édes termékeknek számítanak. Jelenleg az emberek egyre jobban figyelnek arra, hogy egészségesen étkezzenek. Ezen oknál fogva fontos az ilyen típusú termékeket értékes összetevőkkel kiegészíteni, ezáltal egészségesebbé téve őket. Tanulmányom célja volt annak igazolása, hogy a vadon termő szederből előállított gyümölcspor gazdag antioxidáns forrás, melyből adódóan kiválóan alkalmazható funkcionális összetevőként ételmisszerben.

¹ SZE Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Élelmiszertudományi Tanszék.

² PAUN, N. – BOTORAN, O.R. – NICULESCU, V.C.: Total phenolic, anthocyanins HPLC-DAD-MS determination and antioxidant capacity in black grape skins and blackberries: a comparative study, in *Applied Sciences*, 2022/12, 936. cikk.

³ HIDALGO, G.I. – ALMAJANO, M.P.: Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review, in *Antioxidants*, 2017/6, 7. cikk.

⁴ KAUME, L. – HOWARD, L.R. – DEVAREDDY, L.: The blackberry fruit: a review on its composition and chemistry metabolism and bioavailability, and health benefit, in *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012/60, 5716-5727 o.

⁵ KAFKAS, E. – KOŞAR, M. – TÜREMEŞ, N. – BAŞER, K.H.C.: Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. *Food Chemistry* 2006/7, 732-736. o.

⁶ MILDNER-SZKUDLARZ, S. – BAJERSKA, J. – GÓRNAŚ, P. – SEGLINA, D. - PILARSKA, A. – JESIONOWSKI, T.: Physical and bioactive properties of muffins enriched with raspberry and cranberry pomace powder: a promising application of fruit by-products rich in biocompounds, in *Plant Foods for Human Nutrition*, 2016/71, 165–173. o.

2. Anyag és módszer

Növényi anyag

A vadon termő szedergyümölcsöt (*Rubus praecox* Bertol.) Győr-Moson-Sopron vármegye területén (Hegyeshalom, koordináta: 47°54'54.07" N, 17°9'17.6" E) gyűjtöttem 2022 augusztusában. Az érett gyümölcsöket 50°C-on, 10 órán át tömegállandóságig szárítottam, majd kávédarálóval finom porrá őröltem. Az így elkészített növényi anyagot a felhasználásig vákuummal lezárt csomagolásban - 18°C-on tároltam.

Extrakciós módszer fejlesztése

A szederben lévő antioxidáns hatású vegyületek kinyerésére ultrahanggal segített extrakciós (UAE) eljárást használtam, OFAT (egy faktor egy időben) optimalizálási eljárással. Minden kivonatolást követően a kapott extraktumot centrifugáltam (15 min, 6000 rpm), majd a tiszta felülúszót nagy tisztaságú ionmentesített vízzel hígítottam a kémiai elemzésekhez. A kezdeti szűrési kísérletekben EtOH-H₂O (0:100, 60:40, 100:0, v/v), valamint MeOH-H₂O (0:100, 60:40, 100:0, v/v) keverékeket teszteltem. A megfelelő extrakciós oldószer kiválasztásához az extrakciós időt 20 percre állítottam be, míg a mintatömeg/kivonószer arány 1:40 g/mL volt. A további optimalizálási lépésekhez három különböző extrakciós időt (5, 10 és 20 min) vizsgáltam. Az eredményeket figyelembe véve a savanyítás hatásának értékelésére 60:40 térfogatarányú MeOH-H₂O keveréket, valamint 20 perces extrakciós időt használtam. A kivonószeret sósavval (HCl), illetve hangyasavval (HCOOH) három különböző koncentrációban (0, 0,1 és 0,5%) savanyítottam. Végezetül a mintatömeg/kivonószer arány (1:10, 1:20 és 1:40 g/mL) hatását vizsgáltam. A kezeléseket minden esetben 25 ± 5 °C-on hajtottam végre. Az ultrahangos berendezés (UC002BM1, Tesla, Csehszlovákia) teljesítménye 300 W volt (frekvencia: 50 Hz).

Muffinok elkészítése

A kontroll muffinok elkészítéséhez cukrot (22%), margarint (14,7%), búzafinomlisztet (29,4%), tejet (17,6%), tojást (15,6%), és sütőport használtam (0,7%). A vadszederrel dúsított muffinok esetében a búzafinomliszt egy részét (5%, 10% és 20%) vadszederporral helyettesítettem. Első lépésben a cukrot habosra kevertem a margarinnal, majd hozzáadtam a tojásokat. Ezt követően a lisztet és sütőport, valamint a dúsított minták esetében a szeder gyümölcsport átszitáltam, majd hozzáadtam a cukor-margarin-tojás keverékhez. Végezetül a tejet a keverékhez öntöttem és további 2 percig kevertem. A muffin papírokba 40 ± 1 g tésztát mértem ki és 180°C-on 25 percig sütöttem.

Mintaelőkészítés, extrakció

Az elkészített muuffinokat 50°C-on 6 órán keresztül tömegállandóságig szárítottam, majd a mintákat mozsárban finom porrá őröltem és konyhai szita segítségével homogenizáltam. Ezt követően 2 g mintát 20 mL n-hexánnal zsírtalanítottam. Az extrakcióhoz 1,5 g zsírtalanított mintát 15 mL MeOH-H₂O-HCl (60:40:0,5; v/v/v) eleggyel extraháltam ultrahangos berendezésben (frekvencia

50 Hz, teljesítmény: 300 W) 20 percig. A mintákat centrifugáltam és a tiszta felülúszót használtam a kémiai elemzésekhez.

Kémiai vizsgálatok

Az elemzésekhez Spectroquant Pharo 100 típusú spektrofotométert (Merck, Darmstadt, Németország) használtam. A kémiai elemzéseket korábbi tanulmányunk alapján hajtottam végre.⁷ Az összes polifenoltartalom (TPC) meghatározásához Folin-Ciocalteu eljárást alkalmaztam és az eredményeket galluszsav ekvivalensben (mg GAE/g) fejeztem ki. Az összes monomer antocianin (TMA) tartalmat pH-differenciál módszerrel határoztam meg cianidin-3-glükózid egységben (mg CGE/g) kifejezve. Az antioxidáns aktivitást 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) gyök módszerrel vizsgáltam. Az eredményeket aszkorbinsav-ekvivalensben (mg AAE/g), valamint 50%-os inhibitor koncentrációban (IC₅₀) adtam meg. Az összes flavonoid tartalom meghatározásához alumínium kloridos eljárást használtam. Az eredményeket milligramm kvercetin-ekvivalensben fejeztem ki (mg QE/g).

Fogyasztói elfogadás

A muffinok fogyasztói elfogadását 21 képzetlen kóstoló segítségével mértem fel. Az érzékszervi tulajdonságokat egy 5 pontos hedonikus skála segítségével kellett értékelni, melyen az 5 jelentette a legjobb, míg az 1 a legrosszabb pontszámot. Az érzékszervi jellemzők értékeléséhez Rodríguez et al.⁸ munkáját vettem alapul, azaz megjelenés (külső belső szín, muffin kupola alakja, légbuborékok jelenléte a tésztában), állag (keménység, rugalmasság, tapadó képesség), illat (tipikus muffin illat, gyümölcsillat), íz (édesség, jellegzetes muffin íz, gyümölcs íz, mellékíz), és általános elfogadhatóság (preferencia szerint) szempontjából kellett értékelni a mintákat.

Statisztikai elemzés

Az adatok szignifikáns különbségének összehasonlítására varianciaanalízist, illetve Tukey tesztet használtam. A végeredményeket átlag ± szórásaként adtam meg.

3. Eredmények és értékelésük

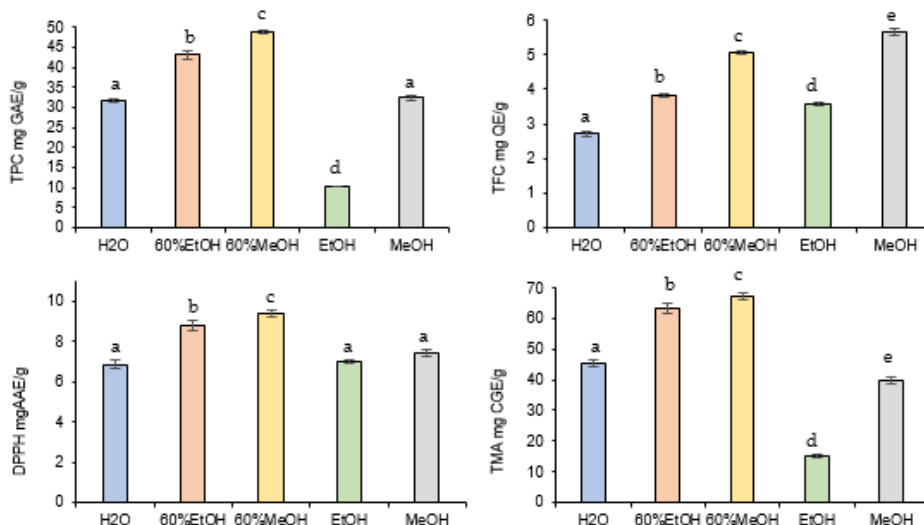
Ultrahanggal segített extrakció (UAE) optimalizálása

A gyümölcsökben lévő maximális antioxidáns hatású vegyületek kinyeréséhez elengedhetetlen az extrakciós folyamat optimalizálása. Ezen oknál fogva első lépésben olyan különböző független változók hatását vizsgáltam, melyek nagymértékben befolyásolhatják a fenolos vegyületek kinyerhető mennyiségét. Elsőként az oldószer típusának, valamint összetételének hatását vizsgáltam a TPC,

⁷ STK, B. – AJTONY, ZS. – LAKATOS, E. – SZÉKELYHIDI, R.: The effects of extraction conditions on the antioxidant activities, total polyphenol and monomer anthocyanin contents of sic edible fruits growing wild in Hungary, in *Heliyon*, 2022/8, e12048. cikk.

⁸ RODRÍGUEZ, R. – ALVAREZ-SABATEL, S. – RÍOS, Y. – RIOJA, P. – TALENS, C.: Effect of microwave technology and upcycled orange fibre on the quality of gluten-free muffins, in *LWT*, 2022/158, 113148. cikk.

TFC, TMA tartalom, valamint DPPH gyökfogyó antioxidáns aktivitás tekintetében (1. ábra).



1 ábra: Kivonószer típusának hatása a vadszeder TPC, TFC és TMA tartalmára, valamint DPPH antioxidáns aktivitására. Az adatok átlag ± SD formátumban vannak kifejezve; n=3; a különböző betűk szignifikáns eltérések jelölnek

Összességében a 60%-os alkoholos keverékekkel jobb kinyerési hatásfokot értem el, mint a H₂O vagy a tiszta EtOH és MeOH alkalmazásával. Az IC₅₀ értékben kifejezett legjobb antioxidáns aktivitást (kisebb értékek nagyobb antioxidáns hatást jelölnek) szintén a 60%-os MeOH esetében tapasztaltam (56,1 µg/ml), melyet a 60%-os EtOH (57,8 µg/ml), H₂O (95,1 µg/ml), a tiszta MeOH (102 µg/ml) és a tiszta EtOH (265 µg/ml) követett. A tiszta oldószerek közül a MeOH volt a leghatékonyabb kivonószer az antioxidáns összetevők extrahálására. A kapott eredmények alapján a további kísérletekhez 60% MeOH keveréket alkalmaztam. Eredményeim hasonlóak voltak Espada-Bellido et al.⁹ által közltekkel, akik UAE módszer esetében optimális oldószernek a 63,7%-os MeOH-t találták a vadszederben lévő antioxidáns hatású vegyületek kinyerésére.

Az optimalizálás második lépése a megfelelő extrakciós időnek a kiválasztása volt (1. táblázat).

⁹ ESPADA-BELLIDO, E. – FERREIRO-GONZÁLEZ, M. – CARRERA, C. – PALMA, M.; ÁLVAREZ, J.A. – F. – BARBERO, G. – AYUSO, J.: Extraction of antioxidants from blackberry (*Rubus ulmifolius* L.): comparison between ultrasound- and microwave-assisted extraction techniques, in *Agronomy*. 2019/9, 745. cikk.

	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	TMA (mg CGE/g)	Antioxidáns aktivitás	
				DPPH (mg AAE/g)	IC ₅₀ (µg/mL)
Extrakciós idő (min)					
5	40.5 ± 0.70 ^a	4.46 ± 0.02 ^a	9.06 ± 0.14 ^a	58.2 ± 0.81 ^a	67.2 ± 0.65 ^a
10	45.5 ± 0.74 ^b	4.82 ± 0.07 ^b	9.79 ± 0.28 ^b	60.5 ± 1.18 ^a	63.3 ± 0.51 ^b
20	48.6 ± 0.42 ^c	5.05 ± 0.05 ^c	9.37 ± 0.17 ^c	67.3 ± 0.94 ^b	56.1 ± 0.91 ^c
Savanyítás (v/v%)					
0	48.6 ± 0.42 ^c	5.05 ± 0.05 ^c	9.37 ± 0.17 ^c	67.3 ± 0.94 ^b	56.1 ± 0.91 ^c
HCOOH					
0.1	49.8 ± 0.49 ^d	4.72 ± 0.09 ^d	9.36 ± 0.14 ^c	68.5 ± 1.45 ^b	55.4 ± 0.49 ^c
0.5	51.2 ± 0.80 ^d	5.31 ± 0.08 ^e	9.47 ± 0.21 ^c	69.9 ± 1.1 ^b	54.1 ± 0.53 ^c
HCl					
0.1	50.6 ± 0.45 ^{cd}	5.15 ± 0.12 ^{ce}	9.77 ± 0.20 ^c	69.6 ± 0.73 ^b	54.7 ± 0.62 ^c
0.5	53.8 ± 0.59 ^e	5.78 ± 0.08 ^f	11.2 ± 0.41 ^d	71.5 ± 0.96 ^{bc}	52.3 ± 0.59 ^d

1. táblázat: Extrakciós idő és oldószer savanyításának hatása a vadszeder TPC, TFC és TMA tartalmára, valamint DPPH antioxidáns aktivitására

Az adatok átlag ± SD formátumban vannak kifejezve; n=3; a különböző betűk szignifikáns eltérések jelölnek.

A kapott eredmények igazolják, hogy az extrakciós idő növelésével a szederkivonat TPC, TFC és antioxidáns tulajdonságai is növelhetők. A legnagyobb változást (20%) a TPC hozamban figyeltem meg, amikor az extrakciós időt 5 percről 20 percre növeltem. Hasonló tendencia volt megfigyelhető a TFC (13,2%) és a DPPH gyökfogó aktivitás esetében is (15,6%). Hozzám hasonlóan Ivanovic et al.¹⁰ is megfigyelték, hogy az ultrahangos kezelési időnek a növelése (15 percről 30 percre) pozitív hatással van a szeder gyümölcsökből extrahálható antioxidáns hatású vegyületek kinyerési hatékonyságára. Az 1. táblázatból ugyanakkor az is látható, hogy a hosszabb extrakciós idő a kinyerési hatások csökkenését okozta a TMA esetében.

Az extrakció hatékonysága a kivonószer savanyításával is növelhető (1. táblázat). A savanyítás hatását az extrahálható antioxidáns vegyületekre 20 perces ultrahangos kezelési idővel vizsgáltam. Hasonlóan Stanoeva et al.¹¹ tanulmányához azt találtam, hogy a HCl szignifikánsan hatékonyabb kinyerést tesz lehetővé, mint a hangyasav. Habár a HCOOH eltérő koncentrációja nem

¹⁰ IVANOVIC, J. – TADIC, V. – DIMITRIJEVIC, S. – STAMENIC, M. – PETROVIC, S. – ZIZOVIC, I.: Antioxidant properties of the anthocyanin-containing ultrasonic extract from blackberry cultivar “Čačanska Bestrna, in *Industrial Crops and Products*, 2014/53, 274-281. o.

¹¹ STANOEVA, J.P. – BALSHIKEVSKA, E. – STEFOVA, M. – TUSEVSKI, O. – SIMIC, S.G.: Comparison of the effect of acids in solvent mixtures for extraction of phenolic compounds from *Aronia melanocarpa*, in *Natural Product Communication*, 2020/15, 1-10. o.

befolyásolta szignifikánsan a TMA és a DPPH tartalmat, 0,5%-os koncentrációban való alkalmazása növelte a TPC és a TFC tartalmat. A HCl esetében a 0,5%-os koncentráció az antioxidáns hatású vegyületek kinyerhető mennyiségét szignifikánsan befolyásolta. A legnagyobb változást a TMA esetében figyeltem meg 19,5%-os növekedéssel, ezt követte a TFC (14,5%), a TPC (10,7%) és a DPPH (6,2%).

Negyedik, s egyben utolsó független tényezőként a mintatömeg/kivonószer arány hatását értékeltem (2. táblázat). A TPC, TFA, TMA és DPPH legjobb visszanyerési hatásfokát az 1:40 g/mL, míg a legkisebbet az 1:10 g/mL mintatömeg/kivonószer arányesetében figyeltem meg.

Mintatömeg/ kivonószer (g/mL)	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	TMA (mg CGE/g)	Antioxidáns aktivitás	
				DPPH (mg AAE/g)	IC ₅₀ (µg/mL)
1:10	44.2 ± 0.84 ^a	4.00 ± 0.08 ^a	9.53 ± 0.12 ^a	52.4 ± 0.60 ^a	73.2 ± 1.12 ^a
1:20	48.7 ± 0.58 ^b	5.10 ± 0.09 ^b	10.0 ± 0.20 ^a	58.0 ± 1.20 ^a	69.2 ± 0.77 ^a
1:40	53.8 ± 0.59 ^c	5.78 ± 0.08 ^c	11.2 ± 0.41 ^b	71.5 ± 0.96 ^b	52.3 ± 0.63 ^b

2. táblázat: Mintatömeg/kivonószer arány hatása a vadszeder TPC, TFC és TMA tartalmára, valamint DPPH antioxidáns aktivitására

Az adatok átlag ± SD formátumban vannak kifejezve; n=3; a különböző betűk szignifikáns eltérések jelölnek.

Vadszederrel dúsított muffinok értékelése

A dúsított muffinok TPC, TFC és TMA hozamát és DPPH gyökfogó aktivitását a 3. táblázat mutatja be, mely egyértelműen alátámasztja, hogy a szederporral történő dúsítás szignifikánsan ($p < 0,05$) növelte a muffinok antioxidáns tulajdonságát. A TPC értékek esetében 167%-os növekedést figyeltem meg (1,18 mg GAE/g-ról 3,15 mg GAE/g-ra) amikor a szederpor mennyiségét 5%-ról 20%-ra növeltem. Hasonlót tendenciát figyeltem meg a TFC hozamoknál is (160%). Ebben az esetben a TFC 0,20 mg QE/g-ról 0,52 mg QE/g-ra nőtt, amikor a szederpor koncentrációját 5%-ról 20%-ra növeltem. Ezenkívül a TMA (53,3%) és a DPPH gyökfogó aktivitás (25,0%) esetén is növekvő értékeket mértem. Hasonló eredményekről más típusú élelmiszerek esetében (pl. keksz, csokoládé) is beszámoltak (Lončarević et al., 2018¹²; Pereira et al., 2019¹³). Ugyanakkor fontos

¹² LONČAREVIĆ, I. – PAJIN, B. – FIŠTEŠ, A. – ŠAPONJAC, V.T. – PETROVIĆ, J. – JOVANOVIĆ, P. – VULIĆ, J. – ZARIĆ, D.: Enrichment of white chocolate with blackberry juice encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content, in *LWT*, 2018/924, 458-464. o.

megjegyezni azt is, hogy a bioaktív vegyületek hozama nem nőtt arányosan a hozzáadott gyümölcspor mennyiségének növekedésével.

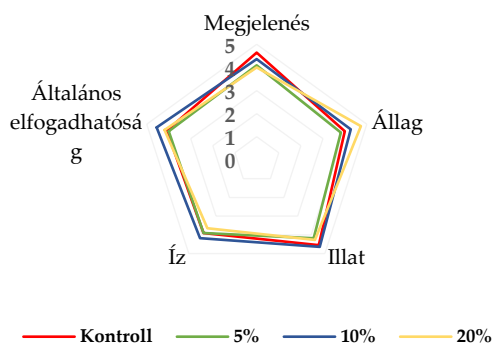
Mintatömeg/ kivonószer (g/mL)	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	TMA (mg CGE/g)	Antioxidáns aktivitás	
				DPPH (mg AAE/g)	IC ₅₀ (µg/mL)
K	0.20 ± 0.006 ^a	0.09 ± 0.001 ^a	-	1.36 ± 0.006 ^a	3.15 ± 0.029 ^a
5%	1.18 ± 0.027 ^b	0.20 ± 0.005 ^b	0.15 ± 0.004 ^a	1.42 ± 0.013 ^b	2.90 ± 0.025 ^b
10%	1.64 ± 0.033 ^c	0.30 ± 0.004 ^c	0.17 ± 0.005 ^b	1.61 ± 0.017 ^c	2.39 ± 0.013 ^c
20%	3.15 ± 0.022 ^d	0.52 ± 0.006 ^d	0.23 ± 0.007 ^c	1.70 ± 0.009 ^d	1.65 ± 0.007 ^d

3. táblázat: Vadszeder gyümölcspor hatása a muffinok TPC, TFC és TMA tartalmára, valamint DPPH antioxidáns aktivitására

Az adatok átlag ± SD formátumban vannak kifejezve; n=3; a különböző betűk szignifikáns eltérések jelölnek; -: nem volt mérhető a mintában; K – kontroll

A vizsgált paraméterek közötti Pearson korrelációs együttható a muffin minták esetében magas volt. Összességében a TPC, TFC, TMA és az antioxidáns aktivitás közötti r-értékek a következők voltak: 0,936, 0,954 és 0,863.

A dúsított muffinok közül a 10%-os szederport tartalmazó minta kapta a legjobb pontszámot az értékelt tulajdonságok - különösen a megjelenés (4,36), az illat (4,64), az íz (4,18) és az általános elfogadhatóság (4,55) - tekintetében. Habár az állag szempontjából a bírálók a 20%-os szederport tartalmazó muffinokat értékelték a legjobbnak (4,73), ezen muffinoknak kapták a legalacsonyabb pontszámot a megjelenés (4,00) és az íz (3,64) tekintetében. Összességében az eredmények azt mutatták, hogy az összes dúsított muffin minta kielégítő pontszámot ért el az 5 pontos hedonikus skálán (2. ábra).



2 ábra: Vadszeder gyümölcsporral dúsított muffinok fogyasztói elfogadásának vizsgálata

¹³ PEREIRA, A.P.A. – CLERICI, M.T.P.S. – SCHMIELE, M. – PASTORE, G.M.: Blackberries (*Rubus* sp.) and whole grain wheat flour in cookies: evaluation of phenolic compounds and technological properties, in *Journal of Food Science and Technology*, 2019/56, 1445-1453. o.

4. Összefoglalás

Négy független változót (oldószer típusa, extrakciós idő, oldószer savassága és mintaömeg/kivonószer arány) vizsgáltam a legjobb extrakciós körülmények meghatározásához. Az OFAT módszertannal elért optimális paraméterek a következők voltak: 60% MeOH, 20 perces ultrahangos kezelési idő, 0,5% HCl-lel történő savanyítás és 1:40 g/ml mintatömeg/kivonószer arány. Ezen körülmények mellett 53,8 mg GAE/g TPC; 5,78 mg QE/g TFC; 11,2 mg CGE/g TMA; 71,5 mg AAE/g DPPH tartalmat, valamint 52,3 µg/ml IC₅₀ értéket mértem. A szederport különböző koncentrációkban (5-20%) alkalmaztam funkcionális muffinok kifejlesztéséhez. Összességében bebizonyítottam, hogy a muffinok szederporral való dúsítása lehetőséget kínálhat olyan értéknövelt muffinok kifejlesztésére, amelyek nagyobb antioxidáns aktivitással, TPC-vel, TFC-vel és TMA-val rendelkeznek. Bár a 20% szederporral dúsított muffinok rendelkeztek a legjobb kémiai tulajdonságokkal (TPC: 3,15 mg GAE/g; TFC: 0,52 mg QE/g; TMA: 0,23 mg CGE/g; DPPH: 1,70 mg AAE/g; IC₅₀: 1,65 mg/mL), a legjobb fogyasztói elfogadhatóságot a 10% szederporral való dúsítás eredményezte.

Felhasznált irodalom

- ESPADA-BELLIDO, E. – FERREIRO-GONZÁLEZ, M. – CARRERA, C. – PALMA, M.; ÁLVAREZ, J.A. – F. – BARBERO, G. – AYUSO, J.: Extraction of antioxidants from blackberry (*Rubus ulmifolius* L.): comparison between ultrasound- and microwave-assisted extraction techniques, in *Agronomy*, 2019/9, 745. cikk.
- HIDALGO, G.I. – ALMAJANO, M.P.: Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review, in *Antioxidants*, 2017/6, 7. cikk.
- IVANOVIC, J. – TADIC, V. – DIMITRIJEVIC, S. – STAMENIC, M. – PETROVIC, S. – ZIZOVIC, I.: Antioxidant properties of the anthocyanin-containing ultrasonic extract from blackberry cultivar “Čačanska Bestrna, in *Industrial Crops and Products*, 2014/53, 274-281. o.
- KAFKAS, E. – KOŞAR, M. – TÜREMIŞ, N. – BAŞER, K.H.C.: Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. *Food Chemistry* 2006/7, 732-736 o.
- KAUME, L. – HOWARD, L.R. – DEVAREDDY, L.: The blackberry fruit: a review on its composition and chemistry metabolism and bioavailability, and health benefit, in *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012/60, 5716-5727. o.
- LONČAREVIĆ, I. – PAJIN, B. – FIŠTEŠ, A. – ŠAPONJAC, V.T. – PETROVIĆ, J. – JOVANOVIĆ, P. – VULIĆ, J. – ZARIĆ, D.: Enrichment of white chocolate with blackberry juice encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content, in *LWT*, 2018/924, 458-464. o.
- MILDNER-SZKUDLARZ, S. – BAJERSKA, J. – GÓRNAŚ, P. – SEGLINA, D. – PILARSKA, A. – JESIONOWSKI, T.: Physical and bioactive properties of muffins enriched with raspberry and cranberry pomace powder: a promising

application of fruit by-products rich in biocompounds, in *Plant Foods for Human Nutrition*, 2016/71, 165–173. o.

- PAUN, N. – BOTORAN, O.R. – NICULESCU, V.C.: Total phenolic, anthocyanins HPLC-DAD-MS determination and antioxidant capacity in black grape skins and blackberries: a comparative study, in *Applied Sciences*, 2022/12, 936. cikk.
- PEREIRA, A.P.A. – CLERICI, M.T.P.S. – SCHMIELE, M. – PASTORE, G.M.: Blackberries (*Rubus* sp.) and whole grain wheat flour in cookies: evaluation of phenolic compounds and technological properties, in *Journal of Food Science and Technology*, 2019/56, 1445-1453. o.
- RODRÍGUEZ, R. – ALVAREZ-SABATEL, S. – RÍOS, Y. – RIOJA, P. – TALENS, C.: Effect of microwave technology and upcycled orange fibre on the quality of gluten-free muffins, in *LWT*, 2022/158, 113148. cikk.
- SIK, B. – AJTONY, ZS. – LAKATOS, E. – SZÉKELYHIDI, R.: The effects of extraction conditions on the antioxidant activities, total polyphenol and monomer anthocyanin contents of sic edible fruits growing wild in Hungary, in *Heliyon*, 2022/8, e12048. cikk.
- STANOEVA, J.P. – BALSHIKEVSKA, E. – STEFOVA, M. – TUSEVSKI, O. – SIMIC, S.G.: Comparison of the effect of acids in solvent mixtures for extraction of phenolic compounds from *Aronia melanocarpa*, in *Natural Product Communication*, 2020/15, 1-10. o.

A villamos járműhajtásokban alkalmazott állandó mágneses szinkrongépek fluxusmodelljének nemlineáris bővítése korszerű érzékelő nélküli szabályozási eljárásokhoz

1. Bevezetés

Az állandó mágneses szinkrongépeket (ÁMSZG) nagy teljesítménysűrűségüknek, nagy hatásfokuknak és nagy forgatónyomaték-térfogat arányuknak köszönhetően előszeretettel alkalmazzák a nagy teljesítőképességű, nagy pontosságú és gyorsválaszú villamos hajtásokban. A típust jó tulajdonságainak köszönhetően előszeretettel alkalmazzák a közúti járművek villamos hajtásaiban is. A hagyományos állandó mágneses szinkrongépes hajtásokban a forgórész szöghelyzetének és szögsebességének mérésére valamilyen forgójeladót, rendszerint optikai enkódert vagy rezolvert alkalmaznak, ami azonban növeli az alkatrészki költséget és a hajtás méretét, valamint csökkenti a hajtás megbízhatóságát és ellenálló képességét. A megbízhatóbb és költséghatékonyabb ÁMSZG-hajtások megvalósításához kulcsfontosságú a forgójeladók kiküszöbölése, ami a szöghelyzet-érzékelő nélküli módszerek bevezetésével lehetséges. Az érzékelő nélküli módszerek a forgórész szöghelyzetét közvetett módon határozzák meg, kihasználva, hogy a fázisáramok a szöghelyzet függvényében torzulnak. Működésük alapját egy megfelelően felépített gépmodell szolgáltatja.

A kutatómunkámban egy újszerű matematikai modellt dolgoztam ki, amely a hagyományos modellben alkalmazott lineáris helyett másodfokú vagy harmadfokú fluxusmodellen alapul. A kibővített modell lehetővé teszi a forgórész-mágnesek polaritásának állóhelyzetben történő felismerését nagyfrekvenciás jelbefecskendezés alkalmazásával, a forgórész megmozdítása nélkül, amire a létező módszerek egyáltalán nem, vagy csak korlátozottan voltak képesek.

A kutatási programom célja az állandó mágneses szinkrongépek fluxusmodelljének nemlineáris bővítése az állóhelyzetben történő érzékelő nélküli szöghelyzet meghatározás és polaritás felismerés megvalósítása érdekében. Meg kívánom vizsgálni a modell harmadfokú bővítésének lehetőségeit, és a harmadfokú nemlinearitás érzékelő nélküli módszerekben és más szabályozási eljárásokban történő alkalmazását.

2. Az állandó mágneses szinkrongép modellezése

Az állandó mágneses szinkrongépes hajtások érzékelő nélküli szöghelyzet meghatározásának és polaritásfelismerésének alapját a gépmodell szolgáltatja, amely a feszültségegyenlettel jellemzi a gép áramkörü részének viselkedését, a

¹ SZE Doktori képzés, Multidiszciplináris Műszaki Doktori Iskola. Témavezető: Dr. Fodor Dénes, egyetemi docens, SZE-Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Teljesítményelektronika és Villamos Hajtások Tanszék.

nyomatékegyenlettel jellemzi a forgórész forgómozgását, a fluxusmodellel írja le a gép mágnesköreinek viselkedését, amelyek a villamos áramkör és a forgó rendszer között csatolásokat biztosítják.

A gép feszültségegyenlete az állórészhez kötött, háromfázisú abc koordináta-rendszerben az

$$\underline{u}_{abc} = R\underline{i}_{abc} + \frac{d\Psi_{abc}}{dt}$$

alakban írható fel, míg a Park-transzformáció alkalmazása után a forgórészhez kötött $dq0$ koordinátarendszerben az

$$\underline{u}_{dq0} = R\underline{i}_{dq0} + \frac{d\Psi_{dq0}}{dt} + \omega \underline{J}_3 \Psi_{dq0}, \quad \underline{J}_3 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

alakot veszi fel.

A nyomatékegyenlet a forgórész mozgásegyenlete, amely szerint a forgórész tehetetlenségi nyomatékának és szöggyorsulásának szorzata egyenlő a forgórészre ható eredő forgatónyomatékkal.

$$J \frac{d\omega_M}{dt} = \Sigma M = \frac{3}{2} z_P (\Psi_d i_q - \Psi_q i_d) - M_S - M_T$$

A modell villamos és géptani forgási mennyiségeit z_P , a póluspárok száma kapcsolja össze.

$$\vartheta = z_P \vartheta_M, \quad \omega = z_P \omega_M$$

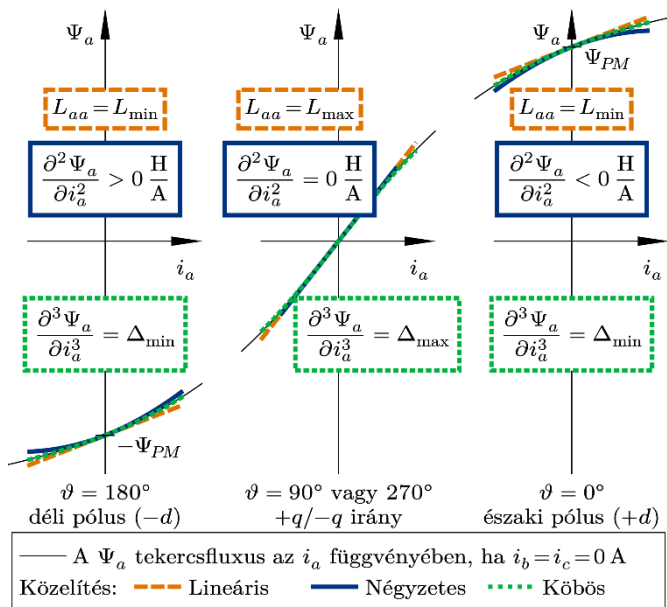
A fenti összefüggések a szakirodalomban jól ismertek, de ezek szolgáltatják a kiindulási alapot a kutatómunkám során kidolgozott kibővített modellhez.

3. Modellbővítés

A kutatási munkám legfőbb elméleti eredménye az alábbi abc és $dq0$ alakokban felírható fluxusmodell.

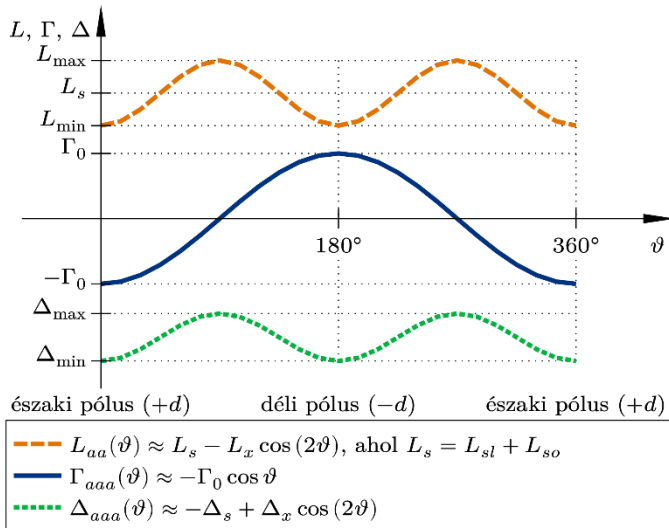
$$\begin{aligned} \underline{\Psi}_{abc}(\underline{i}_{abc}, \vartheta) &= \underline{\Psi}_{abc}^{PM}(\vartheta) + \underline{L}_{abc}(\vartheta) \underline{i}_{abc} + \frac{1}{2} (\underline{L}_3 \otimes \underline{i}_{abc}^T) \underline{\Gamma}_{abc}(\vartheta) \underline{i}_{abc} \\ &\quad + \frac{1}{6} (\underline{L}_3 \otimes \underline{i}_{abc}^T) \underline{\Delta}_{abc}(\vartheta) (\underline{L}_3 \otimes \underline{i}_{abc}) \underline{i}_{abc}, \\ \underline{\Psi}_{dq0}(\underline{i}_{dq0}) &= \underline{\Psi}_{dq0}^{PM} + \underline{L}_{dq0} \underline{i}_{dq0} + \frac{1}{2} (\underline{L}_3 \otimes \underline{i}_{dq0}^T) \underline{\Gamma}_{dq0} \underline{i}_{dq0} \\ &\quad + \frac{1}{6} (\underline{L}_3 \otimes \underline{i}_{dq0}^T) \underline{\Delta}_{dq0} (\underline{L}_3 \otimes \underline{i}_{dq0}) \underline{i}_{dq0}, \end{aligned}$$

A tekercsfluxus vektor abc -ben az áramvektor és a szöghelyzet, $dq0$ -ban az áramvektor függvénye. A tekercsfluxus vektort mindkét alak az áramvektor szerinti sorfejtéssel nyert Taylor-polinomként közelíti. Az abc rendszerben ez a ϑ villamos szöghelyzettől függő együtthatókat, $dq0$ -ban viszont állandó együtthatókat eredményez. A Γ és Δ betűkkel jelölt másodfokú és harmadfokú telítődési együttható mátrixokat a négyzetes és köbös tagok együtthatóinak jelölésére vezettem be.



57. ábra. Az „a” fázis tekercsfluxusának lineáris, négyzetes és köbös közelítése

A másodfokú és harmadfokú telítődési együtthatók jelentését az 57. ábra szemlélteti. Az együtthatókat a mágnesezési görbe deriváltjaiként foghatjuk fel, és ennek megfelelően eltérő térbeli harmonikus tartalomra számíthatunk



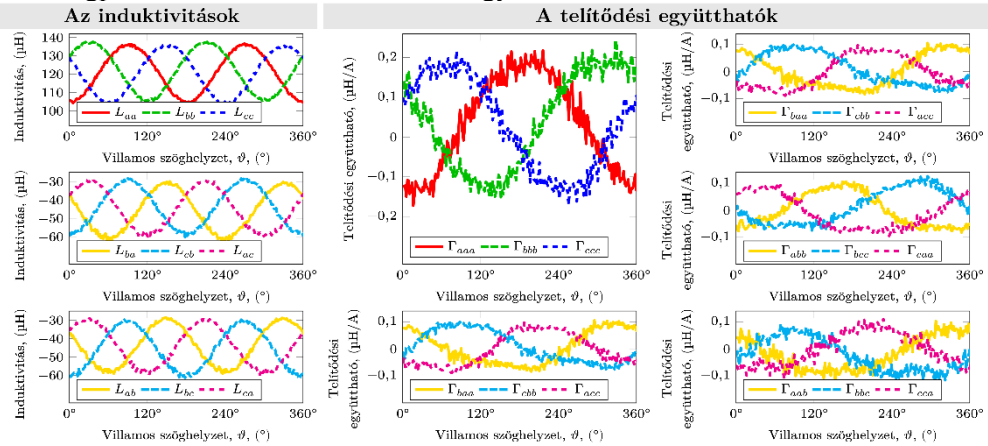
58. ábra. A másodfokú és harmadfokú telítődési együtthatók feltételezett térbeli harmonikus tartalma

A vasfélék jellemzően S-alakú mágnesezési görbéje miatt a másodfokú telítődési együtthatóknál meghatározó térbeli alapharmonikusra, a harmadfokú telítődési együtthatóknál pedig negatív középértékre és hasonlóan az induktivitasokhoz második térbeli harmonikusra számítottam. A kutatásom során

előbb a másodfokú, majd a harmadfokú telítődési együtthatók térbeli harmonikus tartalmát érésekkel igazoltam.

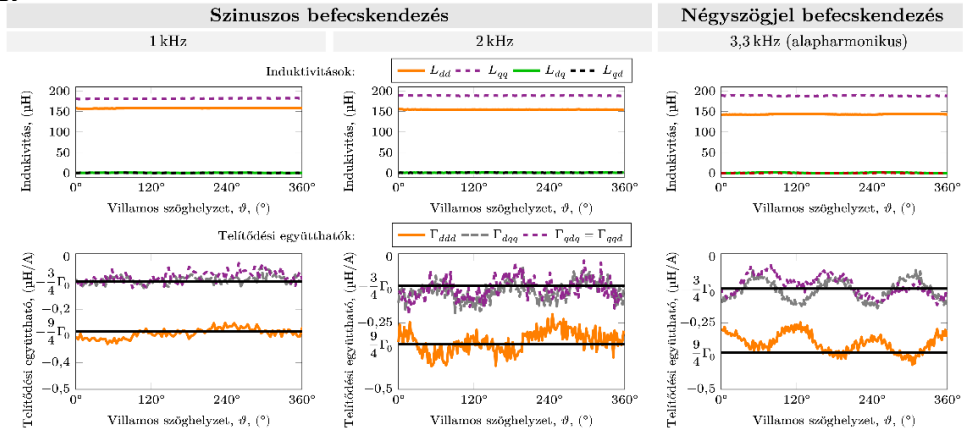
4. Mérési eredmények

A modell bővítéséhez és érvényesítéséhez szükséges mérésekhez mérő-környezetet építettem ki, amelyben a gépparaméterek szöghelyzet-függésének meghatározására irányuló vizsgálójeles méréseket végeztem. A mérések között voltak négyzög- és szinuszos feszültség jeleket alkalmazó, csillagpont kivezetéses és csillagpont kivezetés nélküli mérések egyaránt.



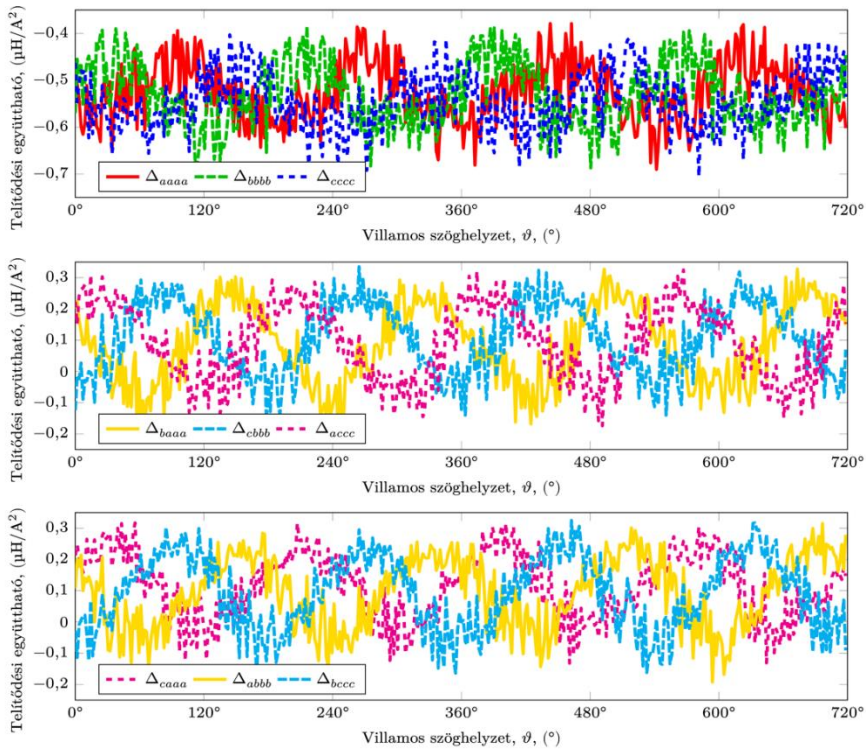
59. ábra. Az inductívások és a másodfokú telítődési együtthatók mérési eredményei az *abc* rendszerben

A 59. ábra ismerteti az inductívások és a másodfokú telítődési együtthatók mérési eredményeit az *abc* rendszerben. Megállapítható, hogy a feltételezett térbeli alapharmonikus tartalom jól teljesül a másodfokú telítődési együtthatók esetén, és az inductívásokhoz hasonlóan az egyes fázistekercsek és tekercspárok együtthatói egymástól 120°-kal eltolódnak.



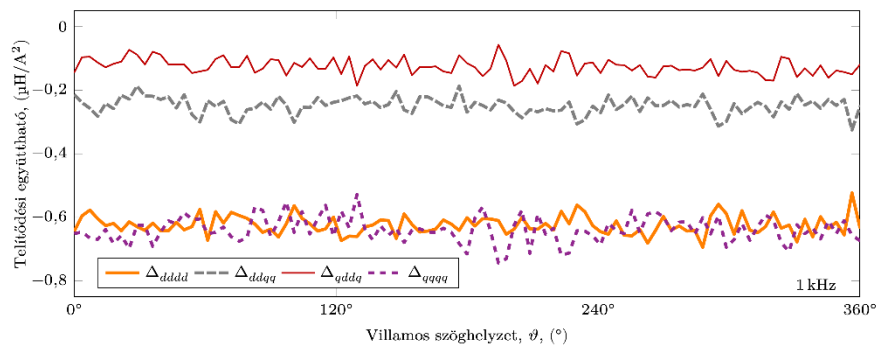
60. ábra. Az inductívások és a másodfokú telítődési együtthatók mérési eredményei a *dq0* rendszerben

A 60. ábra ismerteti az induktivitások és a másodfokú telítődési együtthatók mérési eredményeit a dq0 rendszerben. Itt a másodfokú telítődési együtthatók a szöghelyzettől nagyjából független, közel állandó értékeket vettek fel, ami megfelel az induktivitások viselkedésének.



61. ábra. A harmadfokú telítődési együtthatók mérési eredményei az *abc* rendszerben

Az 61. ábra ismerteti a harmadfokú telítődési együtthatók mérési eredményeit az *abc* rendszerben. A mágnesezési görbe alakja alapján itt második térbeli harmonikus tartalomra, illetve a főátlóbeli három elemnél (az ábra felső része) negatív középértékre számítottam. Mindkét feltételezés elég jól teljesül.

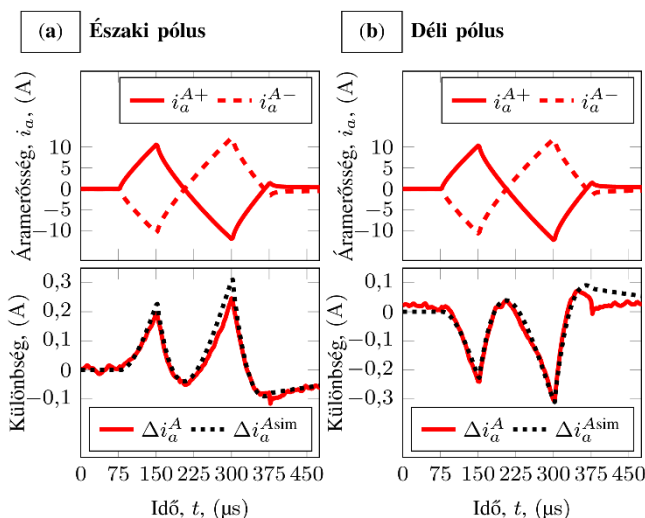


62. ábra. A harmadfokú telítődési együtthatók mérési eredményei a dq0 rendszerben

A 62. ábra ismerteti a harmadfokú telítődési együtthatók mérési eredményeit a $dq0$ rendszerben. Itt a harmadfokú telítődési együtthatók a szöghelyzettől nagyjából független, közel állandó értékeket vettek fel, hasonlóan az induktivitások és a másodfokú együtthatók viselkedéséhez.

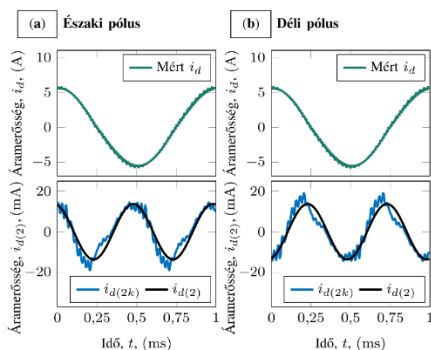
5. Modellérvényesítés

A kidolgozott és felparaméterezett állandó mágneses szinkrongép modell másodfokú változatát négyzög- és szinuszos feszültségjel-befecskendezés, azaz a két leggyakoribb vizsgálójel, esetére érvényesíttem.



63. ábra. Modellérvényesítés négyzög-feszültségjel befecskendezéssel

A 63. ábra ismerteti a négyzögjel-befecskendezéses modellérvényesítést két szöghelyzetben, egyszer az északi, egyszer a déli pólusnál. A polaritásinformációt hordozó áramösszetevő a felutó és lefutó éllel kezdődő négyzögjelekre adott áramválaszok előjeles összege. A felső részabrákon láthatók a válaszáramok, az alsókon az összegeik. Látható, hogy a modell alapján szimulált jelek jól igazodnak a mérési eredményekhez.

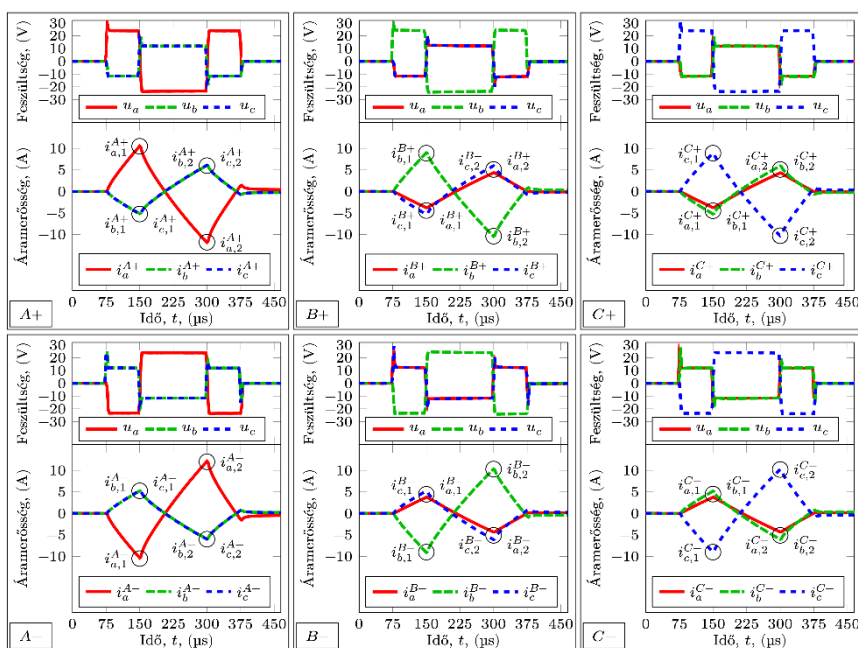


64. ábra. Modellérvényesítés szinuszos feszültségjel befecskendezéssel

A 64. ábra ismerteti a szinuszos jelbefecskendezéses modellérvényesítést két szöghelyzetben, egyszer az északi, egyszer a déli pólusnál. A kibővített modell alapján a polaritásinformációt hordozó áramösszetevő a d -irányú áram második harmonikusa, ennek is egészen pontosan az alapharmonikushoz viszonyított fáziseltolódása. Látható, hogy a modell alapján szimulált jelek itt is jól igazodnak a mérési eredményekhez.

6. Érzékelő nélküli polaritásfelismerő módszer

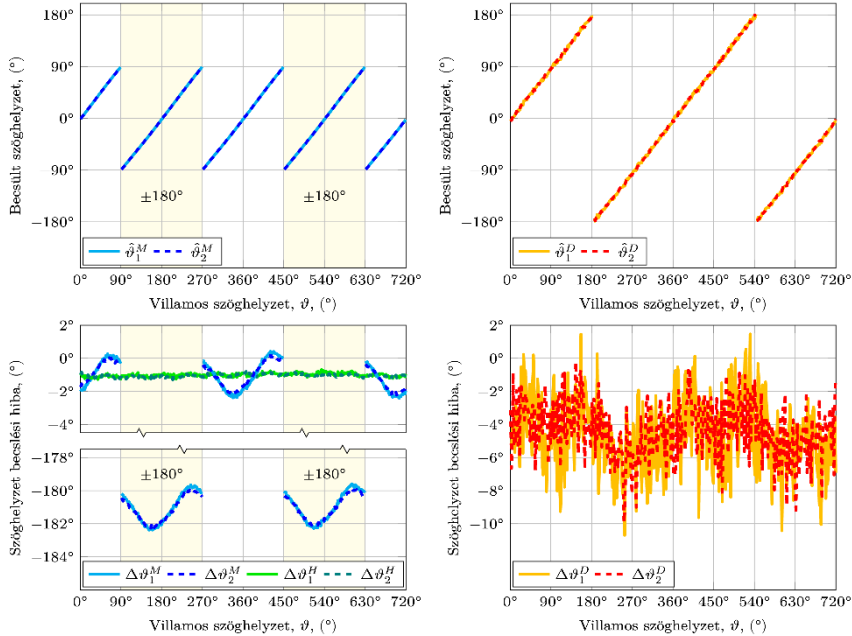
A kibővített modellből kiindulva a kezdeti szöghelyzet meghatározására és a polaritás felismerésére is képes, négyszögjel-befecskendezést alkalmazó érzékelő nélküli módszert sikerült kifejleszteni.



65. ábra. Kezdeti szöghelyzet meghatározás és polaritás felismerés négyszögjel-befecskendezéssel

A módszer befecskendezési lépéseit ismerteti a 65. ábra. A hat befecskendezési lépés egy páros négyszögjel egy periódusát fecskendezzi be mindhárom fázis irányában, felfutó és lefutó éllel kezdve. A válaszáramok mintavételezése az első vagy a második áramcsúcsnál kell, történjen, összesen 18 fázisáram értéket szolgáltatva. Ezekből felfutó-lefutó páronként 9 középértéket és 9 különbséget képez a módszer, majd hármásával összevonja őket, 3 összevont középértéket és 3 összevont különbséget szolgáltatva. Ezekből a hármasköböl a Clark-transzformációhoz hasonló módon két koordinátát kell számolni, majd ezekből a négynegyedes arkusz tangens függvénnyel lehet a szöghelyzet kétféle becsült értékét számítani.

A módszer működésének eredményét és a becslési hibát ismerteti a 66. ábra. Látható, hogy a kétféle becslés közül a középérték alapú pontosabb, de 180° bizonytalansággal terhelt, a különbség alapút nem terheli bizonytalanság, de zajosabb. Emiatt a végső becslés a két értéket összevonja.



66. ábra. A kidolgozott kezdeti szög helyzet meghatározó és polaritásfelismerő módszer hibája

7. Összefoglalás

Kidolgoztam az állandó mágneses szinkrongépek fluxusmodelljének másodfokú és harmadfokú bővítését, a nemlineáris tagok telítődési együtthatóinak meghatározására mérési eljárásokat dolgoztam ki, és a modell másodfokú változatát négyzög- és szinuszos feszültségjel-befecskendezés esetére érvényesíttem. A felsoroltak mellett számos kisebb-nagyobb részeredményt sikerült még elérni, amelyekre terjedelmi okokból nem tértem ki. Sikerült kidolgozni az együttható mátrixok Park és inverz Park-átalakításait, összehasonlítottam a négyzögös és szinuszos befecskendezést, valamint néhány esetre sikerült kidolgozni a modell analitikus megoldását is.

Gyártási körülmények hatásának vizsgálata additív feldolgozásra szánt akrilnitril butadién sztírol alapanyagra

1. Bevezetés

Első megjelenésüket (~1990) követően az ún. 3D nyomtatáson alapuló additív gyártási eljárásokat elsősorban vizuális prototípuskészítés céljából alkalmazták. Az elmúlt évtizedtől kezdődően azonban egyre gyakrabban készítenek a segítségükkel funkciós termékeket is, főként az egyedi- és kissorozat gyártásban.² A különböző additív eljárások közül az egyik legelterjedtebb az alapanyag extrúziós adagolásán alapuló ömledékrétegzés, vagy más néven huzalleolvasztásos technológia, ami elsősorban az ilyen gyártóberendezések alacsony költségének és viszonylag egyszerű működtetésének köszönhető.^{3,4} Az eljárást a szakirodalomban leggyakrabban *Fused Deposition Modeling*-nek (FDM), illetve *Fused Filament Fabrication*-nek (FFF) nevezik, mivel azonban ezek gyártó-specifikus megnevezések, ezért a vonatkozó szabvány (EN/ISO ASTM 52900) a *Material Extrusion* (MEX) kifejezést preferálja.

A MEX elvű 3D gyártási technológiát – annak számos nyilvánvaló pozitívuma mellett – több olyan tényező is hátráltatja, amelyek a potenciális alkalmazás területeit jelentősen korlátozzák. Az egyik legnagyobb problémát többek közt a kielégítő tulajdonságokkal rendelkező darabok legyártása jelenti, itt ugyanis mind a felhasznált alapanyag, mind pedig a technológia korlátai akadályt jelenthetnek. Az elmúlt néhány évben ugrásszerűen megnőtt a nemzetközi szakirodalomban azoknak a publikációknak a száma, amelyek ehhez a problémakörhöz kapcsolódnak.^{5,6} Napjainkban a MEX alapú 3D nyomtatás legelterjedtebb alapanyagai a politejsav és az akrilnitril butadién sztírol (ABS).^{7,8}

¹ Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar

² Medel F. – Abad J. – Esteban V.: Stiffness and damping behavior of 3D printed specimens, in *Polymer Testing*, 2022, 109, 107529.

³ Pearce J. M. – Blair C. M. – Laciak K. J. – Andrews R. – Nosrat A. H. – Zelenika-Zovko I.: 3-D Printing of Open Source Appropriate Technologies for Self-Directed Sustainable Development, in *Journal of Sustainable Development*, 2010, 3, 17–29 o.

⁴ Tymrak B. M. – Kreiger M. – Pearce J. M.: Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions, in *Materials & Design*, 2014, 58, 242–246 o.

⁵ Coppola B. – Cappetti N. – Di Maio L. – Scarfato P. – Incarnato L.: 3D Printing of PLA/clay Nanocomposites: Influence of Printing Temperature on Printed Samples Properties, in *Materials*, 2018, 11, 1947.

⁶ Kariz M. – Sernek M. – Obućina M. – Kuzman M. K.: Effect of wood content in FDM filament on properties of 3D printed parts, in *Materials Today Communications*, 2018, 14, 135–140 o.

⁷ Fekete I. – Lendvai L.: Toughening of various PLA grades with natural rubber for 3D printing applications, 2020, 41–47 o.

⁸ Cano-Vicent A. – Tambuwala M. M. – Hassan Sk. S. – Barh D. – Aljabali A. A. A. – Birkett M. – Arjunan A. – Serrano-Aroca Á.: Fused deposition modelling: Current status, methodology, applications and future prospects, in *Additive Manufacturing*, 2021, 47, 102378.

A gyártott darabok minőségét számos a gyártási folyamattal kapcsolatos paraméter befolyásolhatja. A minőségi problémák vizuális prototípusok előállítása során csak esztétikai hibákban mutatkoznak meg, azonban funkcionális prototípusok, illetve különösen végtermékek gyártása esetén – amire manapság egyre több példa van – a termék jellegétől/funkciójától függően súlyos anyagi, vagy akár egészségügyi károk keletkezhetnek. Ilyen a minőséget befolyásoló paraméter példának okáért az alapanyag nedvességtartalma, amely túl magas érték esetén az anyag jelentős degradációjához vezet feldolgozás során, ami a mechanikai tulajdonságok romlásában csúcsonodhat ki.^{9,10} Emellett kialakulhatnak üregek, repedések a gyártott darabban és megjelenhetnek egyéb problémák is a nedvesség jelenlétében. Műanyagok feldolgozásakor ipari környezetben ez kevésbé jelent problémát, hiszen feldolgozást megelőzően az anyagot mindig megfelelően kiszáritják. Mivel azonban a MEX alapú 3D nyomtatást főként egyedi termékek gyártására, gyakran hétköznapi felhasználók alkalmazzák, az alapanyag szárítására sok esetben alig fordítanak hangsúlyt. Bár a közelmúltban megjelentek a piacon olyan kisméretű melegített terű kamrák, amelyek a filamentek nedvességtartalmának csökkentését hivatottak szolgálni, ezek hatásfoka jelenleg kérdéses.

Az ABS polimert hosszú évek óta előszeretettel használják különböző alkalmazási területeken¹¹, ideértve az additív gyártást is, ahol a MEX technológia első megjelenése óta az egyik legelterjedtebb alapanyagként számít. Tulajdonságainak módosításának régóta bevett módja a keverékképzés, illetve a kompozit gyártás. Példának okáért bór nitriddel (BN) történő társítására is történtek kísérletek, ez a kerámia ugyanis kiválóan alkalmas adalék arra, hogy az ABS-ből készült termékek hővezető-képességét javítsa, miközben az elektromos vezetőképességet csökkenti.¹² Ezek a tulajdonságok elengedhetetlenek a napjainkban alkalmazott, egyre nagyobb energiasűrűségű elektronikai termékek (mikroprocesszorok, 5G eszközök stb.) gyártása során. Tekintve, hogy egy kimondottan hidrofób anyagról van szó, így ABS-hez adalékolva joggal feltételezhető, hogy csökkenti annak nedvességérzékenységet is.

Jelen kutatás fő célkitűzése, hogy ABS alapanyag MEX alapú 3D nyomtatása során feltérképezze a gyártáshoz használt filament alapanyag tárolási körülményeinek (páratartalom) hatását az előállított darab szerkezeti, mechanikai és egyéb tulajdonságaira. Továbbá kísérletet tenni az ABS polimer bór nitrid részecskével történő társítására annak megvizsgálása céljából, hogy ezek az

⁹ Fang L. – Yan Y. – Agarwal O. – Yao S. – Seppala J. E. – Kang S. H.: Effects of Environmental Temperature and Humidity on the Geometry and Strength of Polycarbonate Specimens Prepared by Fused Filament Fabrication, in *Materials*, 2020, 13, 4414.

¹⁰ Lendvai L. – Fekete I.: Effect of Filament Storage Conditions on the Mechanical Properties of 3D Printed Objects Prepared with Fused Filament Fabrication, in *IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*, 2021, 707–710 o.

¹¹ Jakab S. K. – Dogossy G.: Effect of Injection Molding Parameters on the Chemical Foaming of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Using Breathing Mold Technology, in *Chemical Engineering Transactions*, 2023, 107, 247–252 o.

¹² Lendvai L. – Singh T. – Rigotti D. – Pegoretti A.: Thermally conductive and electrically resistive acrylonitrile butadiene styrene (ABS)/boron nitride composites: Optimal design using a multi-criteria decision-making approach, in *Journal of Materials Research and Technology* 2023, 26, 8776–8788 o.

eredendően hidrofób szemcsék alkalmasak-e a környezeti páratartalomtól való érzékenység csökkentésére.

2. Felhasznált alapanyagok, gyártási és vizsgálati módszerek

2.1. Felhasznált alapanyagok

A kutatáshoz alapanyagként a Trinseo (Wayne, Pennsylvania, USA) által forgalmazott Magnum 3453 típusú, extrúziós célra szánt ABS granulátumot alkalmaztam. A választott polimer sűrűsége $1,05 \text{ g/cm}^3$, folyásindexe (MFI) pedig 15 g/10 perc ($220 \text{ }^\circ\text{C}$, 10 kg). Adalékanyagként HeBoFill® 482 típusú hexagonális bór nitrid nanorészecskéket alkalmaztam, amelyek a Henze BNP-től lettek beszerezve (Lauben, Németország). A BN részecskék sűrűsége $1,88 \text{ g/cm}^3$, míg a szemcsék által alkotott aggregátumok mérete $<30 \text{ }\mu\text{m}$ a hivatalos adatlap szerint.

2.2. Gyártási eljárások

A gyártás első lépéseként különböző BN tartalmú ABS alapú kompozitokat hoztam létre. Ezt ömledékkeverés útján, egy 50 cm^3 -es gyúrókamrával felszerelt Haake PolyLab belső keverővel (Vreden, Németország) hajtottam végre. A kompaundálás során a kamra hőmérséklete $190 \text{ }^\circ\text{C}$, a keverőszárak névleges fordulatszáma pedig 60 1/perc volt. A kompaundálás során először az ABS-t adagoltam a gyúrókamrába, majd annak teljes megolvadását követően – kb. három perc után – adtam hozzá a BN-t, amellyel együtt további hét percre kevertem a megfelelő diszperzió elérése érdekében. Ilyen módon három különböző anyagmintát gyártottam le, amelyek $0 \text{ v}\%$, $5 \text{ v}\%$ és $10 \text{ v}\%$ BN-t tartalmaztak (minták rövidítése: ABS, ABS_5BN, ABS_10BN). A létrehozott ABS/BN kompozitokat egy F.lli Virginio kalapácsos daráló (Gambellara, Olaszország) segítségével aprítottam $\sim 3 \text{ mm}$ nagyságú szemcsékké. Ezt követően a szemcséket egy 3devo Precision 450 típusú extruderrel (Utrecht, Hollandia) formáltam MEX elvű 3D nyomtatásra alkalmas filamentekké. Az extruder fűthető zónáinak hőmérsékletei a következőképpen alakultak az adagolótól a szerszám irányába: $240 \text{ }^\circ\text{C}$, $230 \text{ }^\circ\text{C}$, $230 \text{ }^\circ\text{C}$, $220 \text{ }^\circ\text{C}$.

A filamentekből a CraftUnique Kft. által forgalmazott Craftbot Plus asztali, MEX elven működő 3D nyomtatóval (Budapest, Magyarország) gyártottam minősítésre alkalmas próbatesteket. Nyomtatás során a nyomtatófej hőmérséklete $260 \text{ }^\circ\text{C}$ volt, míg a tárgyasztal $110 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra volt fűtve. A nyomtatófej mozgási sebessége 50 mm/mp -re volt állítva, a rétegvastagság $0,2 \text{ mm}$, a héj rétegek száma pedig 1 db volt. A nyomtatáshoz használt filamentet egy Angelantoni ACS DY110 klímaszekrényből (Massa Martana, Italy) vezettem a 3D nyomtatóba, amelyben a hőmérséklet $30 \text{ }^\circ\text{C}$ volt, míg páratartalom az első esetben 10% , a második esetben pedig 90% volt. Az alkalmazott páratérben a filament a 3D nyomtatást megelőzően legalább egy hetet töltött az egyensúlyi nedvességtartalom elérése céljából.

2.3. Vizsgálati módszerek

Az ABS, illetve annak BN-nel töltött kompozitjainak nedvességfelvételének vizsgálatához ~0,2 g tömegű darabokat alkalmaztam, amelyeket első lépésként egy héten keresztül 80 °C-on szárítottam a nedvesség eliminálása céljából. Ezt követően két különböző páratérű exszikkátorba helyeztem őket. Az egyik exszikkátorban a páratartalom beállítására NaOH sót helyeztem el, ami szobahőmérsékleten $9.32 \pm 0.90\%$ egyensúlyi páratartalmat biztosít a környezetének¹³, míg a másikban desztillált víz biztosította a 100% páratartalmat. A vizsgált darabok tömegének változását egy héten keresztül napi rendszerességgel vizsgáltam, majd a nedvességfelvételük mértékét (WA) az (1) összefüggés alapján határoztam meg. A mérést mindhárom anyagminta, illetve mindkét páratér esetében öt próbatesten végeztem el, majd az eredményekből átlagot és szórást határoztam meg.

$$WA = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

ahol W_t a t óra exszikkátorban történő tárolás utáni tömeget, míg W_0 a mérés kezdetekor mért száraz tömeget jelenti.

A 3D nyomtatott darabok mechanikai tulajdonságait szakítóvizsgálatok alapján minősítettem, amit egy 10 kN-os erőmérő cellával felszerelt Instron 5582 típusú univerzális vizsgálóberendezésen hajtottam végre. A vizsgálatot ISO 527-2 szabvány szerinti 1BA próbatesteken végeztem. A mérés során a kezdeti befogási hossz 58 mm volt, a mérés sebessége – a modulus meghatározásának tartományán alkalmazott 1 mm/perc-et követően – 5 mm/perc volt. A szakítóvizsgálatot minden alapanyag/páratartalom esetén 5-5 próbatesten végeztem el, majd az eredményekből átlagot és szórást határoztam meg.

A makrostruktúrát, illetve a 3D nyomtatott darabokban fellelhető üregeket komputer tomográfias (CT) vizsgálatok eredményei alapján minősítettem. A CT vizsgálatok egy Yxlon CT Modular típusú eszközzel (Hamburg, Germany) lettek végrehajtva. A vizsgálatokhoz alkalmazott gyorsító feszültség és áramerősség 190 kV és 0,12 A volt. A mérés kiértékelése VGSTUDIO MAX 3.3.6 szoftverrel történt.

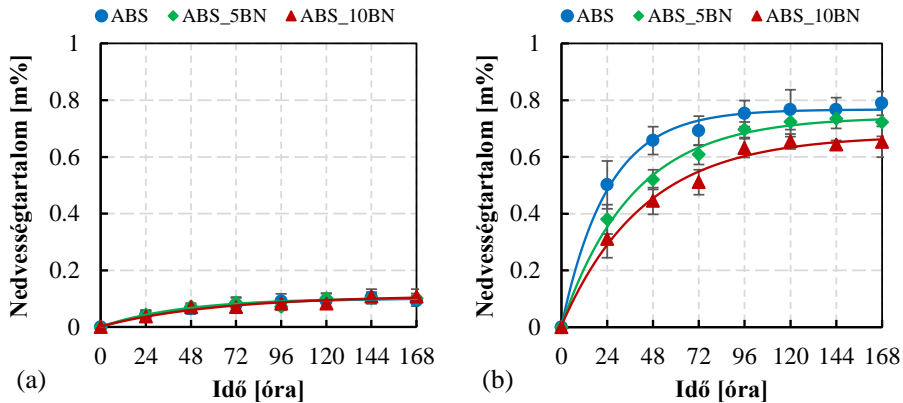
3. Mérési eredmények

3.1. Nedvességfelvételi viselkedés

A nedvességfelvétel meghatározásának eredményeit az 1. ábra összesíti. Az 1/a ábrán látható az előállított minták nedvességfelvétele NaOH-val szabályozott páratérű exszikkátoron belül. Az eredmények alapján ebben a viszonylag száraz környezetben a három minta nedvességfelvételében nem mutatkozik észrevehető különbség, BN tartalomtól függetlenül az egy hét alatt felvett nedvesség 0,1% körüli értékre adódott. Ezzel szemben a desztillált vízzel szabályozott páratartalmú közegben (1/b ábra) lényeges eltérés mutatkozott a különböző anyagok közt. A legnagyobb különbség az első 24 órát követően volt megfigyelhető, ennyi idő alatt a

¹³ Greenspan L.: Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions, in *Journal of Research of the National Bureau of Standards – A. Physics and Chemistry*, 1977, 81A, 89–96 o.

töltetlen ABS közel kétszer annyi nedvességet vett fel, mint az ABS_10BN kompozit, ami a BN szemcsék hidrofil jellegének tudható be. Az idő múlásával a minták nedvességtartalma egyre közelebb került egymáshoz. Egy hetet követően a töltetlen ABS tömege 0,8%-kal nőtt, míg az 5-10 v% BN tartalmú minták nedvességfelvétele 0,65-0,75% közé esett.



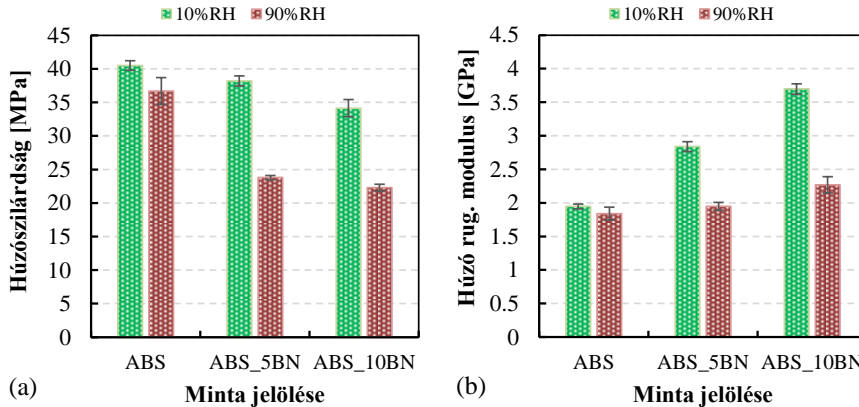
1. ábra: Különböző mennyiségű (0-10 v%) bór nitridet tartalmazó ABS alapú minták nedvességtartalmának változása NaOH-val (a) és desztillált vízzel (b) szabályozott páratérű exszikkátorban

3.2. Mechanikai tulajdonságok

A különböző (10%, 90%) páratartalom mellett tárolt filamentekből 3D nyomtatás útján előállított próbatestek szakítóvizsgálattal meghatározott mechanikai tulajdonságainak alakulását a 2. ábra mutatja. A húzószilárdság esetében (2/a ábra) megfigyelhető, hogy az a BN részecskék hozzáadásával fokozatosan csökken. Ez a fajta szilárdságcsökkenés általánosnak tekinthető kerámia szemcsékkel töltött polimer kompozitok esetében, ha a határfelületi adhéziónak nincs valamilyen kapcsoló anyaggal, vagy felületkezeléssel támogatva. A szilárdság csökkenésének százalékos aránya hozzávetőlegesen lineáris ütemben következett be a BN szemcsék térfogatszázalékos arányának növelésével. A filament tárolási környezetének páratartalom hatását megvizsgálva észrevehető, hogy az alacsonyabb páratartalom minden minta esetében előnyösebb a szilárdság szempontjából. A filament által felvett nedvesség számos szempontból problémát jelenthet, ami indokolja ezt a tendenciát: (i) megváltozik az anyag folyóképessége, (ii) hidrolitikus degradáció jelentkezhet és (iii) a víz forrásából eredő gőzbuborékok jelenhetnek meg a darabon belül. Érdekes módon a legkisebb csökkenés (~10%) a töltetlen ABS esetében mutatkozott, ami a korábbiak alapján pedig a legnagyobb nedvességfelvevő képességgel rendelkezik a három minta közül.

A húzó rugalmassági modulus értékeit megvizsgálva (2/b ábra) észrevehető, hogy az a BN hozzáadásával jelentősen megnövekszik a töltetlen ABS-hez képest. A 10%-os páratérből 3D nyomtatott filamentek esetében már 5 v% BN jelenléte is ~50%-os növekedést jelent, 10 v% BN tartalomnál pedig közel kétszeres növekedés

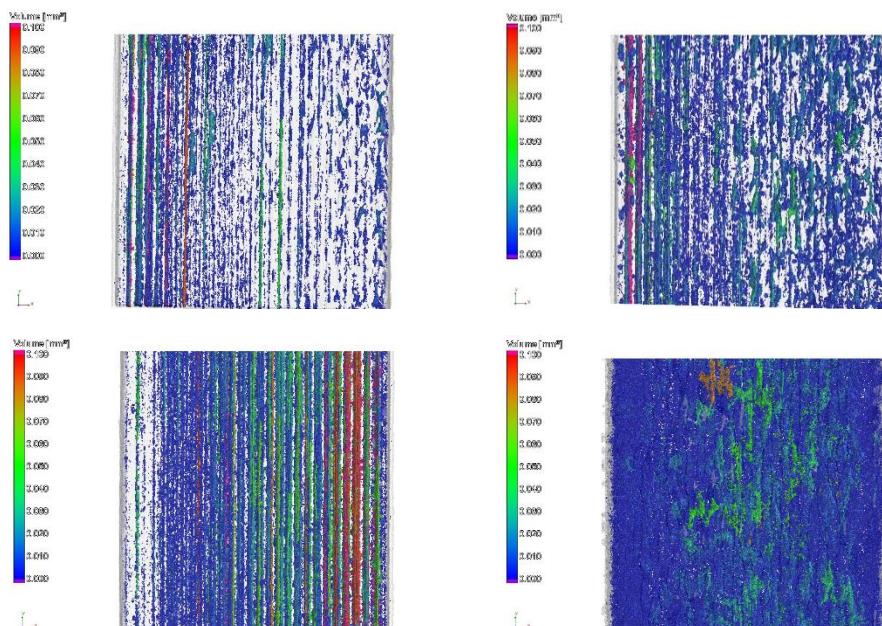
volt tapasztalható. A megnövekedett modulus nem meglepő a nagymerevségű kerámia szemcsék jelenlétében. Annak a magyarázata pedig, hogy a kompozitok merevsége nőni tudott a szilárdság csökkenése mellett is abban keresendő, hogy előbbi tulajdonságot sokkal kevésbé befolyásolja az összetevők közti kapcsolat erőssége, helyette nagyobb jelentősége van az alkotók önálló tulajdonságainak. A 90%-os páratér alkalmazása – hasonlóan a szilárdsághoz – ezúttal is kevésbé volt előnyösnek tekinthető. A BN tartalom pozitív hatása ebben az esetben alig-alig mutatkozott meg.



2. ábra: 10% és 90% relatív páratartalmú térben tárolt filamentből 3D nyomtatott, különböző mennyiségű (0-10 v%) bór nitridet tartalmazó ABS minták húzószilárdsága (a) és húzó rugalmassági modulusa (b)

3.3. Makrostruktúra

A 3D nyomtatott próbatetek makrostruktúrájának vizsgálatát CT mérések alapján elemeztem. Az ABS és az ABS_10BN mintákról készült felvételek a 3. ábrán láthatók. A felvételeken fellelhető színes szegmensek a nyomtatott darabok belsejében található üregeket jelzik, a színük pedig az üreg méretének nagyságával arányos. A töltetlen ABS felvételein (felül) jól megfigyelhetők a hosszanti üregek. Ezek jelenléte MEX elven működő 3D nyomtatóval készült darabok esetében normális a kitöltési orientáció mentén. A 10%-os (balra) és 90%-os (jobbra) páratartalmú térből húzott filamentekből készült próbatetek között jelentős különbség mutatkozik. Utóbbi esetében a nyomtatás során lerakott szálak közti üregek nagysága jelentősen megnőtt, ezen túlmenően pedig nagyszámú körkörös (gömb) formájú üreg jelent meg, utóbbiak vélhetően az elforrított nedvesség következményeként. Ezek jól magyarázzák a jelentősen alacsonyabb szilárdságot és húzó rugalmassági modulusot a nedvesebb közegben tárolt filamentből készült daraboknál. Az ABS_10BN minta (alul) lényegesen több és nagyobb üreget tartalmazott a töltetlen ABS-hez képest, különösképpen a 90%-os páratartalom esetén, ami indokolja a BN-t tartalmazó kompozitok esetében kimutatott nagyobb arányú csökkenését a mechanikai tulajdonságokban.



3. ábra: Az ABS (felül) és az ABS_10BN minták (alul) komputer tomográfus felvételei 10% relatív páratartalomban tárolt filamentből (balra), illetve 90% relatív páratartalomban tárolt filamentből (jobbra)

4. Konklúzió

Jelen kutatás célja MEX típusú 3D nyomtatás alkalmazása esetén annak feltárása volt, hogy a filament tárolásának körülményei, azon belül is különösen a közeg páratartalma milyen módon befolyásolja a gyártott darabok tulajdonságait. A kísérletekhez a 3D nyomtatási célokra egyik leggyakrabban használt alapanyagot, az ABS-t vettem igénybe, amelyet hidrofób tulajdonságairól ismert bór nitrid szemcsékkel is társítottam, hogy megvizsgáljam, azok milyen módon befolyásolják a filament nedvességre való érzékenységét. Az eredmények alapján elmondható, hogy a bór nitrid szemcsék jelenléte lassítja a környezeti nedvesség diffundálását az azt tartalmazó kompozitokba. A mechanikai tulajdonságok vizsgálata során kimutattam, hogy a kerámia szemcsék intenzíven növelik a gyártott darabok merevségét a szilárdság némi csökkenése árán. A filament tárolási közegének páratartalma minden szempontból negatívan befolyásolta a 3D nyomtatott próbatestek minőségét. A 90%-os páratérből húzott filamentből készült darabok lényegesen több belső üreget tartalmaztak, ami megmutatkozott mind az alacsonyabb húzószilárdság, mind pedig az alacsonyabb húzó rugalmassági modulus értékeiben.

Felhasznált irodalom

- Medel F. – Abad J. – Esteban V.: Stiffness and damping behavior of 3D printed specimens, in *Polymer Testing*, 2022, 109, 107529.
- Pearce J. M. – Blair C. M. – Laciak K. J. – Andrews R. – Nosrat A. H. – Zelenika-Zovko I.: 3-D Printing of Open Source Appropriate Technologies for Self-Directed Sustainable Development, in *Journal of Sustainable Development*, 2010, 3, 17–29 o.
- Tymrak B. M. – Kreiger M. – Pearce J. M.: Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions, in *Materials & Design*, 2014, 58, 242–246 o.
- Coppola B. – Cappetti N. – Di Maio L. – Scarfato P. – Incarnato L.: 3D Printing of PLA/clay Nanocomposites: Influence of Printing Temperature on Printed Samples Properties, in *Materials*, 2018, 11, 1947.
- Kariz M. – Sernek M. – Obućina M. – Kuzman M. K.: Effect of wood content in FDM filament on properties of 3D printed parts, in *Materials Today Communications*, 2018, 14, 135–140 o.
- Fekete I. – Lendvai L.: Toughening of various PLA grades with natural rubber for 3D printing applications, 2020, 41-47 o.
- Cano-Vicent A. – Tambuwala M. M. – Hassan Sk. S. – Barh D. – Aljabali A. A. A. – Birkett M. – Arjunan A. – Serrano-Aroca Á.: Fused deposition modelling: Current status, methodology, applications and future prospects, in *Additive Manufacturing*, 2021, 47, 102378.
- Fang L. – Yan Y. – Agarwal O. – Yao S. – Seppala J. E. – Kang S. H.: Effects of Environmental Temperature and Humidity on the Geometry and Strength of Polycarbonate Specimens Prepared by Fused Filament Fabrication, in *Materials*, 2020, 13, 4414.
- Lendvai L. – Fekete I.: Effect of Filament Storage Conditions on the Mechanical Properties of 3D Printed Objects Prepared with Fused Filament Fabrication, in *IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*, 2021, 707–710 o.
- Jakab S. K. – Dogossy G.: Effect of Injection Molding Parameters on the Chemical Foaming of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Using Breathing Mold Technology, in *Chemical Engineering Transactions*, 2023, 107, 247–252 o.
- Lendvai L. – Singh T. – Rigotti D. – Pegoretti A.: Thermally conductive and electrically resistive acrylonitrile butadiene styrene (ABS)/boron nitride composites: Optimal design using a multi-criteria decision-making approach, in *Journal of Materials Research and Technology* 2023, 26, 8776–8788 o.
- Greenspan L.: Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions, in *Journal of Research of the National Bureau of Standards – A. Physics and Chemistry*, 1977, 81A, 89–96 o.

A non-invazív prenatális genetikai szűrőtesztek helyzete Magyarországon

1. Bevezetés

A prenatális diagnosztika a klinikai genetika egyik ága, amely különböző módszerekkel és eljárásokkal biztosít információt az embrió vagy magzat egészségéről². Ezek a módszerek lehetővé teszik az embrionális/magzati rendellenességek felismerését, amelyek korai vagy méhen belüli kezelést igényelhetnek, illetve súlyosabb esetekben a terhesség megszakítását is indokolhatják. A prenatális diagnosztika segítségével a magas genetikai kockázatú szülők elkerülhetik a beteg gyermek születését, negatív diagnosztikai eredmény esetén pedig bátrabban vállalhatnak utódot.³ A kockázat adódhat olyan tényből, amely már a terhesség előtt is fennállt (pl. idős anyai vagy apai életkor, rokonházasság, genetikai betegség vagy bizonyos kromoszóma-rendellenességek a családban, terhelő szülészeti kórelőzmény), vagy lehet szó a terhesség alatt felismert kockázati tényezőről (pl. kóros ultrahanglelet, fokozott kockázatra utaló anyai szérumszint, a magzatvíz mennyiségi eltérései, bizonyos anyai fertőzések, terhesség alatti gyógyszeresedés, illetve vegyszer- és sugárterhelés).⁴

A prenatális vizsgálatok két fő csoportba rendezhetők:

- a) nem invazív (non-invazív) vizsgálatok: ultrahangvizsgálat, anyai szérumszint vizsgálat, anyai vérben keringő „szabad” magzati DNS fragmentumok, szakaszok
- b) invazív eljárások: genetikai amniocentézis (GAC), chorionboholymintavétel (CVS), vérvétel a köldökzsinórból, magzati szövetminta vétele.⁵

Jelen tanulmány célja kifejezetten a non-invazív vizsgálatok közül a anyai vérben keringő „szabad” magzati DNS fragmentumok vizsgálatán alapuló teszt Magyarországi alkalmazásával és szakmai szabályaival összefüggő aktuális helyzet összefoglalása. Nem tartozik a tanulmány által vizsgált kérdések közé e tesztekkel összefüggő etikai és társadalmi kihívásainak vizsgálata.

¹ Bűnügyi Tudományok Tanszék, Deák Ferenc Állam- és Jogtudományi Kar,

² Az emberi reprodukcióra irányuló különleges eljárások, az embriókkal és ivarsejtekkel végzett kutatások, a művi meddővételével kapcsolatos szabályozás során az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvény 165. §-a különbséget tesz embrió és magzat szerint. Eszerint embrióról beszélünk a megtermékenyítés befejeződése után a terhesség 12. hetéig, magzatról pedig a terhesség 12. hetétől.

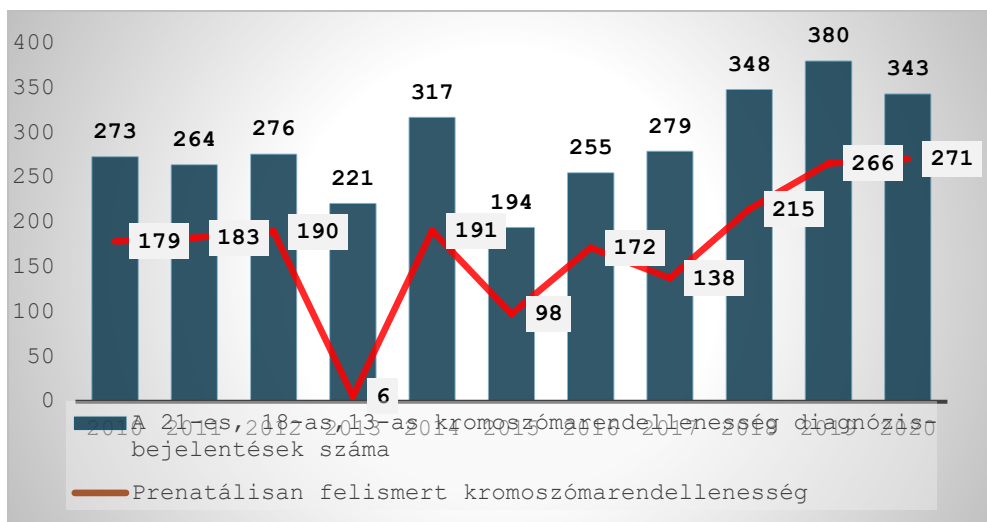
³ Bán Zoltán - Papp Zoltán: Prenatális és preimplantációs diagnosztika, in *Focus medicinae* 2003/2.

⁴ Bán Zoltán - Papp Zoltán: Prenatális és preimplantációs diagnosztika. Genomika a XXI. század orvoslásában, in *Magyar Tudomány*, 2006/3.

⁵ Lázár Levente – Bán Zoltán – Szakács Orsolya – Nagy Bálint – Beke Artúr – Oroszné Nagy Judit – Rigó János – Papp Zoltán: Szabad magzati DNS kimutatása a magzati Y-kromoszóma igazolásával anyai vérplazmából, in *Orvosi Hetilap*, 2003!144, 2405–2409.

2. Kromoszómarendellenességek előfordulása Magyarországon

A Veleszületett Rendellenességek Országos Felügyelete és Nyilvántartása (VRONY) rendelkezésre álló adatai szerint 2010-2020 között⁶ egyre nagyobb számban jellemző, hogy 13-as, 18-as és 21-es triszómia már a születés előtt felismerésre kerül (1. diagram).



1. diagram: A 13-as, 18-as és 21-es kromoszómát érintő triszómiák felismerési mutatója 2010-2020 között. Forrás: VRONY, a szerző saját szerkesztése

Az adatokból az is látható, hogy 2013 és 2017 kivételével a prenatális szűréssel azonosított esetek száma meghaladta az 50%-ot (1. táblázat).

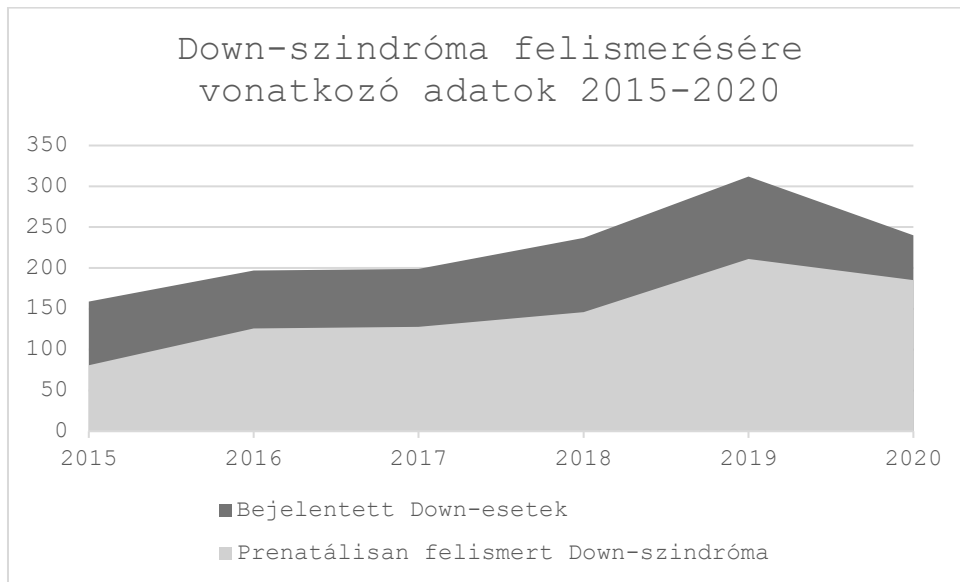
Év	Prenatálisan felismert triszómiák aránya
2010	66%
2011	69%
2012	69%
2013	3%
2014	60%
2015	51%
2016	67%
2017	49%
2018	62%
2019	70%
2020	79%

1. Táblázat: A 13-as, 18-as és 21-es kromoszómát érintő triszómiák felismerési mutatója 2010-2020 között. Forrás: VRONY, a szerző saját elemzése és szerkesztése

⁶ A 2013-as év kiugró adatára nem tudok magyarázattal szolgálni.

Arra vonatkozóan, hogy a számadatokhoz és százalékos arányokhoz pontosan milyen prenatalis vizsgálatok kötődnek, nem áll rendelkezésre nyilvános adat.

Kifejezetten a leggyakoribb triszómiára, azaz a Down-szindrómára vetítve 2. diagram szolgáltat információt.



2. diagram: A prenatálisan felismert Down-szindróma bejelentések aránya az összes bejelentéshez képest. *Forrás: VRONY, a szerző saját szerkesztése*

3. A nem invazív prenatalis teszt (NIPT) jellemzői

A non-invazív prenatalis tesztelés, vagy rövidítve NIPT egy modern, Európában 2012 óta elérhető szűrővizsgálat, amelyet terhes nőknél alkalmaznak egyes kromoszómarendellenességek, különösen a leggyakoribb triszómiák kiszűrésére. A testi sejtekben található kromoszómák normális esetben csak két példányban fordulnak elő (egy anyai és egy apai kromoszóma), triszómia esetén viszont három példányban. Down-szindróma esetén a 21-es (T21), Edwards-szindróma esetén a 18-as (T18), a Patau-szindróma esetén a 13-as kromoszóma (T13) érintett. A teszt során a kis mennyiségben az anyai vérben keringő szabad magzati DNS-fragmensek elemzésére kerül sor az anya vénás vérében.⁷

A NIPT egyik kulcsfontosságú technológiája az újgenerációs szekvenálás (Next Generation Sequencing, NGS). Az NGS lehetővé teszi az anyai vérben keringő szabad magzati DNS szakaszok nagy pontosságú és hatékony szekvenálását. Ezzel az eljárással azonosíthatók a kromoszómális rendellenességek a magzati DNS-ből anélkül, hogy közvetlenül a magzattól kellene mintát venni. Az NGS

⁷ Allyse, Megan; Minear, Mollie A.; Berson, Elisa et al.: Non-invasive prenatal testing: A review of international implementation and challenges, in *International Journal of Women's Health*, Vol. 7, 16.01.2015, 113-126. o.

felhasználása forradalmasította a prenatalis tesztelést, mivel a hagyományos módszerekhez képest gyorsabb, pontosabb és biztonságosabb megoldást nyújt.⁸

A vizsgálat már a terhesség korai szakaszában, általában a 9-10. héttől elvégezhető. Egyre több szolgáltató kínál a fentiekben túlmutatató triszómiákra, vagy más genetikai rendellenességekre utaló tesztek, amelyek azonban nem közelítik meg a teszteknek a három leggyakoribb triszómiára vonatkozó érzékenységet: Egy 2023-ban megjelent, 1,854,148 nő részvételével lefolytatott multicenter study szerint a NIPT érzékenysége a T21 esetén 99,60%, a T18 esetén 99,14%, és a T13 esetén 100%, míg a megfelelő specificitások rendre 99,90%-ot, 99,94%-ot és 99,95%-ot mutattak. A megfelelő pozitív prediktív értékek (PPV) a tanulmányban közzétett eredmény szerint 69,77% (T21), 47,24% (T18) és 22,36% (T13).⁹

Hazánkban a NIPT nem közfinanszírozott, magánszolgáltatás keretében három leggyakoribb triszómia szűrésére 120.000-200.000 Ft körüli áron vehető igénybe, amelynek eredménye néhány nap alatt elkészül. Megjegyzendő, hogy a NIPT szűrővizsgálat, és nem diagnosztikus eljárás. A teszt célja az esetleges kockázatok vagy rendellenességek azonosítása a magzatban, de nem ad végleges vagy meghatározó diagnózist. Arra használható, hogy megbecsülje a már említett kromoszomális rendellenességek kockázatát. Ha a teszt magas kockázatot jelez, az azt sugallja, hogy fennáll a lehetősége bizonyos genetikai eltéréseknek, de ez nem egyenlő azzal, hogy a magzat biztosan rendelkezik az adott genetikai rendellenességgel. Magas kockázat esetén további, immár invazív tesztekre (mint az amniocentézis vagy a chorionbiopszia) van szükség, amelyek magzati sejteket vizsgálnak közvetlenül a méhlepényből vagy a magzatvízből, hogy megerősítsék vagy kizárják a genetikai rendellenességeket.

Számos szolgáltató kínálja a NIPT-et a terhes nők számára, ugyanakkor fel kell hívni a figyelmet az alábbiakra. A Down-szindróma és a gyakori számbeli kromoszóma-rendellenességek prenatalis szűréséről és diagnosztikájáról szóló EMMI egészségügyi szakmai irányelv kiemeli: „Az alkalmazott szűrővizsgálatok módszerei jelentős területi különbségeket mutatnak. A szűrővizsgálatot végző szolgáltatók egy részének nincs a szűrés hatékonyságára vonatkozóan semmilyen megbízható adatszolgáltatása, az általuk ajánlott vizsgálatok találati biztonságáról az igénybevevők tájékoztatását a korábbi nemzetközi prospektív vizsgálatok eredményeire alapozzák, gyakran figyelmen kívül hagyva azt a fontos szempontot, hogy a módszerrel az irodalomban közölt eredmények csak a megfelelő minőségbiztosítási kritériumok betartása mellett reprodukálhatók. A prenatalis diagnosztikai centrumokban a szűrővizsgálatokat végzőkkel kiépített megfelelő kapcsolat hiányában az invazív vizsgálatok indokoltságára vonatkozóan nem tudnak korrekt tájékoztatást nyújtani, a tanácskérők pedig, a tájékoztatás hiányában, nem tudnak megfelelő döntést hozni.”¹⁰

⁸ Abedalthagafi, Malak et al.: Non-invasive prenatal testing: a revolutionary journey in prenatal testing, in *Frontiers in medicine*, Vol. 10 1265090. 9 Nov. 2023.

⁹ Xiang, Liangcheng et al.: Non-invasive prenatal testing for the detection of trisomies 21, 18, and 13 in pregnant women with various clinical indications: A multicenter observational study of 1,854,148 women in China, in *Prenatal diagnosis*, Vol. 43,8.2023

¹⁰ EMMI egészségügyi szakmai irányelv (EüK 2021/10.) a Down-szindróma és a gyakori számbeli kromoszóma-rendellenességek prenatalis szűréséről és diagnosztikájáról

4. A NIPT-re vonatkozó szakmai szabályok

A Down-szindróma és a gyakori számbeli kromoszóma-rendellenességek prenatális szűréséről és diagnosztikájáról szóló BM egészségügyi szakmai irányelv vonatkozó szakmai ajánlása alapján minden várandóst, aki a terhesség 18. hete előtt jelentkezik várandósgondozáson, életkortól függetlenül indokolt tájékoztatni a magzati anatómiai rendellenességekre, valamint a Down-szindrómára és a gyakori számbeli kromoszóma-rendellenességekre vonatkozó nem invazív szűrővizsgálatokról, köztük a NIPT-ek hozzáférhetőségéről is. A tájékoztatás során ismertetni kell a lakóhely szerint illetékes elsődleges szűrővizsgálati központok elérhetőségét.¹¹

A NIPT-re vonatkozó speciális szakmai szabályokat az EMMI az anyai vérben keringő sejtmentes szabad magzati DNS-alapú noninvazív tesztekéről (NIPT) szóló egészségügyi szakmai irányelve tartalmazza. Az irányelv külön kitér arra, hogy a várandós nő tájékoztatásának ki kell terjednie arra, hogy a neminvazív vizsgálatok nem kötelezőek, és nem közfinanszírozottak. A felvilágosítás megtörténtét írásban, jól dokumentált módon kell rögzíteni. A tájékoztatásnak olyannak kell lennie, hogy biztosított legyen a döntéshozó teljes autonómiája. A tájékoztatás során ki kell térni arra, hogy a 21, 18, 13-triszómia szűrésének leghatékonyabb eszköze a NIPT, azonban az is lehetséges, hogy nem ad eredményt (no call)¹², téves negatív (FN) vagy téves pozitív (FP) lesz. Amennyiben a várandós a T21, T18 és T13-n túlmenően a nemi kromoszómák számbeli rendellenességeinek a vizsgálatát is szeretné, olyankor a tesztet megelőzően részletes felvilágosítás szükséges a nemi kromoszóma-rendellenességek várható klinikai következményeiről, kezelési lehetőségeiről és társadalmi vonatkozásairól. Ki kell térni arra az információra is, hogy ezeket a rendellenességeket a tesztek 90%-nál magasabb szenzitivitással képesek jelezni, de a téves pozitív eredmények aránya 1% körüli, és eredmények pozitív prediktív értéke 50% alatti. A 21, 18, 13 triszómiákon túlmenően NIPT-ekkel a ritka autoszómális triszómiák szűrése nem ajánlott, mert azok olyan mértékű károsodással járnak, amelyek csaknem kivétel nélkül spontán vetéléshez vezetnek. A magzati kópiaszám-eltérések szűrővizsgálatának ajánlásakor tájékoztatás szükséges arról is, hogy a NIPT-ek vizsgálati spektrumának kiterjesztése a kópiaszám-eltérések szűrésére a pozitív eredmények arányának a növekedését eredményezi. Mivel kevés valós populációs adat ismert az egyes eltérések prevalenciájáról, ezeknek a kimutatásában a különböző NIPT-ek prediktív értékét is többnyire különböző matematikai modellek segítségével kalkulálták. A vizsgálat lehetőségéről történő tájékoztatás során ezekről is szükséges informálni a várandóst, továbbá arról, hogy a klinikai jelentőségű kópiaszám-eltérések kimutatásának legmegbízhatóbb módszere az invazív mintavétel útján nyert magzati mintán történő kromoszómális mikroarray analízis. A különböző NIPT-ek eredménye nem várt anyai genomikai eltérésekre is rámutathat, amelyek kimutathatósága az alkalmazott módszertől függ, így a vizsgálat kérését megelőző tájékoztatásnak erre a szempontra is ki kell térnie. Az egyes NIPT tesztek alapvető módszertani különbözőségéről, főbb jellemzőiről, a

¹¹ BM egészségügyi szakmai irányelv a Down-szindróma és a gyakori számbeli kromoszóma rendellenességek prenatális szűréséről és diagnosztikájáról szóló (EüK 2021/10.)

¹² az anyai vérben keringő magzati DNS-frakció mennyiségét befolyásolja az anyai életkor és túlsúly

lehetséges eredmények jelentéséről történő felvilágosítást genetikai tanácsadás végzésére jogosult szakemberek végezhetik. Még hozzá azok, akik az adott tesztet forgalmazó hazai szolgáltatóval, továbbá a pozitív esetek ellátását végző prenatális központokkal szerződést kötöttek. Amennyiben a NIPT eredménye pozitív (azaz magas kockázatot jelöl), a várandóst genetikai tanácsadásra kell irányítani, amelynek keretében az invazív vizsgálatok jellegéről, módszereiről és hatékonyságáról. A terhesség megszakításáról csak a NIPT eredményének invazív mintavétel útján történő megerősítését követően lehet dönteni.¹³ Megjegyzendő, hogy a terhesség 9-10. hetében elvégzett NIPT információt szolgáltat a születendő gyermek neméről is. Az alap ultrahangvizsgálatokat végző szülészeti-nőgyógyászati szonográfusok szakmai tevékenységéről szóló BM egészségügyi szakmai irányelv rendelkezéseit figyelembe véve a második trimeszterben közölhető. A nem közlésének a terhesség 12. hétig történő visszatartásának oka abban a princípiumban keresendő, hogy megakadályozza a biológiai nem alapuló terhességmegszakítást.

5. Jövőbeli irányok és következtetések

Európában több államban – köztük Dániában, Hollandiában és Svájcban – a NIPT a T18, T21 és T13 kockázatszűrésre a társadalombiztosítás terhére vehető igénybe. A három leggyakoribb triszómia kockázatának mérésére alkalmazott tesztek szenzitivitására, prediktív értékére és fals pozitív rátára figyelemmel ezen rendellenességek prenatális szűrésére meglátásom szerint megfontolandó, hogy ezen három kromoszómarendellenesség kockázatának szűrésére a jövőben a kötelező egészségbiztosítás terhére lehessen igénybe venni a szolgáltatást. Mindenesetre a technológia fejlődésének köszönhetően várhatóan egyre gyorsabb eredményeket fognak produkálni ezek a vizsgálatok, ami hozzájárulhat ahhoz, hogy költségük csökkenjen és egyre több ember számára váljanak elérhetővé még akkor is, ha a jövőben is csak térítési díj ellenében vehetőek majd igénybe.

Felhasznált irodalom

- Abedalthagafi, Malak et al.: Non-invasive prenatal testing: a revolutionary journey in prenatal testing, in *Frontiers in medicine*, Vol. 10 1265090. 9 Nov. 2023.
- Allyse, Megan; Minear, Mollie A.; Berson, Elisa et al.: Non-invasive prenatal testing: A review of international implementation and challenges, in *International Journal of Women's Health*, Vol. 7, 16.01.2015, 113-126. o.
- Bán Zoltán - Papp Zoltán: Prenatális és preimplantációs diagnosztika, in *Focus medicinae* 2003/2.
- Bán Zoltán - Papp Zoltán: Prenatális és preimplantációs diagnosztika. *Genomika a XXI. század orvoslásában*, in *Magyar Tudomány*, 2006/3.

¹³ az anyai vérben keringő sejtmentes szabad magzati DNS-alapú noninvazív tesztekéről (NIPT) szóló EMMI irányelv (EüK 2021/20.)

- BM egészségügyi szakmai irányelv a Down-szindróma és a gyakori számbeli kromoszóma rendellenességek prenatális szűréséről és diagnosztikájáról szóló (EüK 2021/10.)
- EMMI egészségügyi szakmai irányelv (EüK 2021/10.) a Down-szindróma és a gyakori számbeli kromoszóma-rendellenességek prenatális szűréséről és diagnosztikájáról
- EMMI egészségügyi szakmai irányelv az anyai vérben keringő sejtmentes szabad magzati DNS-alapú noninvazív tesztekéről (NIPT) szóló (EüK 2021/20.)
- Lázár Levente – Bán Zoltán – Szakács Orsolya – Nagy Bálint – Beke Artúr – Oroszné Nagy Judit – Rigó János – Papp Zoltán: Szabad magzati DNS kimutatása a magzati Y-kromoszóma igazolásával anyai vérplazmából, in Orvosi Hetilap, 2003!144, 2405–2409.
- Xiang, Liangcheng et al.: Non-invasive prenatal testing for the detection of trisomies 21, 18, and 13 in pregnant women with various clinical indications: A multicenter observational study of 1,854,148 women in China, in Prenatal diagnosis, Vol. 43,8.2023

A digitális leszakadás azonosítására alkalmas nemzetközi indikátorok
összevetése

1. Bevezetés

Világszerte egyre több gazdálkodó szervezet indul(t) el a digitális transzformáció útján, mert az egy lényegesen hatékonyabb és eredményesebb működést tesz lehetővé, ami jelentős versenyelőny forrása. Mindazonáltal a legkorszerűbb technológia megvásárlása nem elég ahhoz, hogy megelőzzék a versenytársakat, hanem azt megfelelően be kell ágyazni a szervezeti konfigurációba (stratégia, struktúra/folyamatok, magatartás/kultúra) is. Tehát a digitális transzformáció során a cégek működésüket virtuális és fizikai, szoftveres/gépi és emberi ágensek bevonásával együttműködő rendszerekké alakítják át, ami a technikai megoldások és az üzleti folyamatok fúzióját eredményezi.

Az Eurostat által készített 2022-es Digitális Gazdaság és Társadalom Index (DESI) kompozit mutatója alapján, hazánk az EU27 22. helyét foglalja el, vagyis a digitálisan fejletlenebb országok közé tartozik². Ennél is rosszabb a helyzet a Digitális Technológiák Integrálása elnevezésű komponens terén, ahol 25. Magyarország. A helyzet nem újkeletű, tartós leszakadás mutatkozik a hazai vállalatok digitalizációja terén; a fejlett országokhoz képest a hazai vállalatok lassabban (vagy sok esetben egyáltalán nem) képesek integrálni a digitális technológiákat a mindennapi működésükbe. A vállalatok digitális fejletlensége és vonakodásuk a digitális megoldások használatától csak átmeneti költségmegtakarítást jelent, azonban tartós versenyhátrányt eredményez. Ez hatással van az országban élő emberek foglalkoztatására és életszínvonalára is.

Korábbi kutatásaim során különböző iparágakban, iparági szegmensekben és szervezetekben vizsgáltam a digitális transzformációt, a legjelentősebbeket kiemelve: feldolgozóipar^{3,4,5}, építőipar⁶, pénzügyi szektor^{7,8}, okos városok^{9,10},

¹ SZE KGYK Vezetéstudományi és Marketing Tanszék

² Európai Unió: Digital Economy and Society Index 2022. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/hu/policies/desi>, 2023. október 10.

³ Horváth Dóra & Szabó Zsolt Roland: Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? in *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 146(September), 119–132. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>

⁴ Szabó Zsolt Roland és szerzőtársai: Industry 4.0 Implementation in B2B Companies, in *Sustainability*, 2020, 22(12), 1–20. <http://doi.org/10.3390/su12229538>

⁵ Hortoványi Lilla és szerzőtársai: Assessment of digital maturity: the role of resources and capabilities in digital transformation in B2B firms, in *International Journal of Production Research*, 2023, 61, 1–19. <http://doi.org/10.1080/00207543.2022.2164087>

⁶ Nagy Orsolya, Papp Ilona & Szabó Zsolt Roland: Construction 4.0 Organisational Level Challenges and Solutions, in *Sustainability*, 2021, 13(21). <http://doi.org/10.3390/su132112321>

⁷ Szabó Zsolt Roland, Szász Réka & Szedmák Borbála: Demand and supply sides of the crowdfunding ecosystem, in *Society and Economy*, 2021, 43(2), 165–183.

⁸ Horváth Dóra, Kerényi Ádám & Szabó Zsolt Roland: Intended benefits and challenges of cooperation between FinTechs and commercial banks, in *Acta Oeconomica*, 2022, 72(3), 289–308. <http://doi.org/10.1556/032.2022.00023>

informatika¹¹ és megújuló energia¹². Emellett kimutattam a vállalatméret hatását is, miszerint a helyi kis- és középvállalkozások egészen más eséllyel indulnak a digitalizációs „versenyben”, mint a globális nagyvállalatok¹³.

Korábbi kutatásaimra építve, azokat tovább gondolva, elmélyítve, Bólyai pályázatot nyertem (BO/305/23), mely keretében elsődleges célom a vizsgált jelenség vizsgálati keretrendszerének megalapozása, ezen belül új kutatási irányok bemutatása egy gyorsan fejlődő, jelentős nemzetközi kutatási érdeklődést felkeltő tudományterületen. A digitális átalakulással szembeni elvárások rendkívül magasak, de a valóságban jelentős ellenállás tapasztalható a digitalizációval szemben, és a digitális transzformációs projektek gyakran nem hozzák meg a várt eredményeket. A kutatás hiány pótló a digitális szakadék, illetve folyamatos leszakadás mögött meghúzódó fő okok megértésében.

A kiváltó okok megértésére építve, a projekt második célja a gazdálkodó szervezetek digitális leszakadás okait kezelni, sőt, lehetőség szerint felszámolni képes módszertan kidolgozása. A megvalósítás alatt lévő gazdálkodástudományi kutatás a vállalati szinten jelentkező gátak megszüntetésére fókuszál, mely mind elméleti, mind gyakorlati szempontból fontos eredményhez kíván vezetni, illetve jelentősen befolyásolhatja majd a gazdaságpolitikát is.

A Bólyai kutatás céljaihoz kapcsolódik az ÚNKP kutatásom (ÚNKP-23-5-SZE-111), mely kiegészíti azt. A digitális leszakadás azonosítása egyáltalán nem egyszerű feladat, mivel számos digitális fejlettségi mutató látott az elmúlt években napvilágot, és ezek között nehéz eligazodni. Továbbá maguk a mutatók is időszakonként változnak, tehát ezek összevetése, értékelése szükséges ahhoz, hogy a digitális leszakadás jelenségét még pontosabban azonosíthassuk és jól megalapozott következtetések, ajánlásokat lehessen megfogalmazni mind a vállalatvezetők, mind a politikai döntéshozók számára is a tudományos eredményeken túl.

Jelen tanulmány az ÚNKP kutatáshoz kapcsolódóan először bemutatja a digitális leszakadás jelenségét, majd az azt vizsgáló legnépszerűbb mutatók időbeli fejlődését, végül néhány kiemelt mutatót részletesebben is ismertet. A kutatás jelen szakaszában újszerű eredmények, hogy a digitalizáció és a digitális leszakadás sokszínű mérési kísérleteit összegyűjti, illetve néhány népszerű mutatót részletesebben is bemutat és értékeli. Gyakorlati életben, illetve politikai döntéshozók számára is fontos megállapítás, hogy hazánk digitális fejlettsége ugyan az infrastruktúra terén fejlett, azonban a gazdasági és társadalmi vetületek terén közepes/alacsony, különösen a digitális technológiák üzleti célú felhasználása, vállalati integrációja terén kell sokat fejlődünk.

⁹ Cukás Máté & Szabó Zsolt Roland: The many faces of the Smart City: differing value propositions in the activity portfolios of nine cities, *in Cities*, 2021, 112. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103116>

¹⁰ Cukás Máté & Szabó Zsolt Roland: What are the conditions to become smart? *in Információs Társadalom: Társadalomtudományi Folyóirat*, 2022, 22(2), 9. <http://doi.org/10.22503/inftars.XXII.2022.2.1>

¹¹ Hortoványi Lilla, Szabó Zsolt Roland & Füzes Péter. Extension of the strategic renewal journey framework, *in Technology in Society*, 2021, 65, 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101540>

¹² Horváth Dóra & Szabó Zsolt Roland: Evolution of photovoltaic business models: overcoming the main barriers of distributed energy deployment, *in Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2018, 90, 623–635. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.101>

¹³ Horváth és Szabó i.m. (2019)

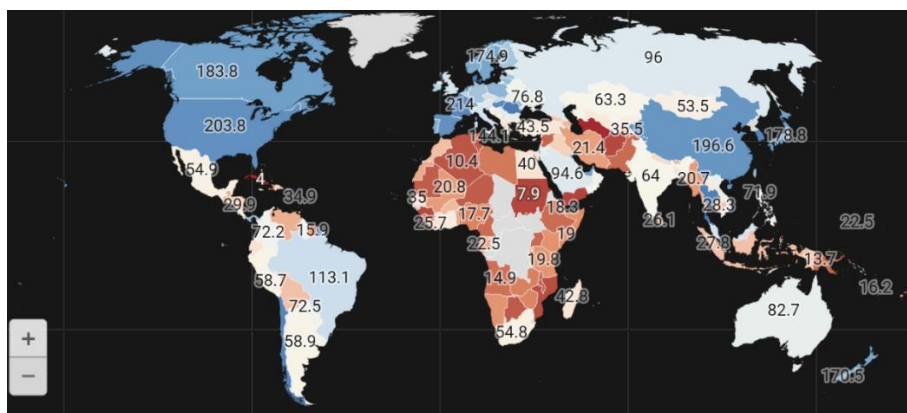
2. Digitális leszakadás

A digitális leszakadás számos tényezőre vezethető vissza, és tudományos meghatározása is folyamatosan bővül. Először inkább technológiai tényezőkre vezették vissza, mint például az internet sebessége. Manapság egyre fontosabb a gazdasági és társadalmi tényezők, mint például a technológia felhasználásának képessége, mind egyéni, mind vállalati, mind kormányzati szinten.

Kutatásaim alapján a technológiai leszakadás az alábbi egyenlőtlenségekre vezethető vissza:

- Globális és regionális gazdasági egyenlőtlenségek, mivel jelentős különbség mutatkozik az egyes országok és régiók között.
- Technológiai egyenlőtlenségek, mivel eltérő, hogy milyen mértékű a hozzáférés a hátrányt már nem okozó, illetve a legújabb technológiához.
- Társadalmi egyenlőtlenségek, mert nem biztosított mindenki számára a tökéletes informáltság.
- Oktatási egyenlőtlenségek, mert eltérő fejlettségű a képzési környezet.
- Politikai/jogi egyenlőtlenségek, mert különböző az eKormányzat és eÁllampolgárság gyakorlata.
- Vállalati egyenlőtlenségek, mert a digitális technológiák integrációja terén nagyon eltérő az egyes szervezetek fejlettsége.
- Egyéni egyenlőtlenségek, hiszen adottságaink eltérőek, jelentős különbségeket tapasztalhatunk a demográfia (kor, nem, iskolázottság, jövedelem...), a hozzáállás, a kognitív képességek és a motivációs tényezők terén.¹⁴

A technológiai tényezők terén Magyarország jól teljesít, míg a többi tényező terén kevésbé tekinthető sikeresnek. Ennek szemléltetésére szolgálnak az 1-4. ábrák.



1. ábra: Milyen gyors az internet?¹⁵

¹⁴ Hsein, J. J. Po-An, Rai, Arun & Keil, Mark: Understanding Digital Inequality: Comparing Continued Use Behavioral Models of the Socio-Economically Advantaged and Disadvantaged, in *MIS Quarterly*, 2008, <https://doi.org/10.2307/25148830> alapján, további tényezőkkal kiegészítve

¹⁵ Data Pandas: *Internet Speed by Country 2023*. <https://www.datapandas.org/ranking/internet-speeds-by-country#map>, 2024. április 18.

Az adatok Mbps-ben értendők, minél sötétebb kék, annál gyorsabb az internet, minél sötétebb piros egy ország, annál lassabb az internet.

Az 1. ábra jól szemlélteti, hogy a világ mely régió fejlettebbek és melyek a fejletlenek a szélessávú internethez való hozzáférés szempontjából. Magyarország a vizsgált 177 ország közül az előkelő 11. helyezést érte el 2023-ban a mérések alapján.¹⁶ Vagyis ezen mutató alapján Magyarország digitálisan fejlettnek tekinthető, azonban, amint azt később, a 4. szakaszban részletesen is látni fogjuk más mutatók szerint ez nem mondható el.

3. A digitális leszakadás mérésére alkalmas népszerű mutatók

A mutatók részletesebb vizsgálatából megállapítható, hogy a digitális leszakadás első mérőszámai elsősorban technológiai tényezők eléréséhez és költségeihez kapcsolódtak, ide értve a szélessávú internetet. Manapság azonban egyre fontosabbak a gazdasági és társadalmi dimenziók, hiszen a közepesen fejlett és a fejlett országok között ez jelenti leginkább a szakadékot. Az 1. táblázat a népszerű mutatókat mutatja be megjelenésük éve szerint rendezve.

A mutatók többsége globális, azonban található közöttük regionális mutató is, mint például a DESI, ami az Európai Unió legfontosabb digitális „iránytűje”, illetve az ADII, ami a Délkelet-ázsiai Nemzetek szövetségének az egyik legfontosabb digitális fejlettségi és viszonyítási mutatója. Fontos megjegyezni, hogy nem csupán a mutatók száma változik, jönnek létre új mutatók, illetve tűnnek el mások, de maguk az egyes mutatók módszertana, indikátorai is változnak néhány évente.

Első közlés	Rövid név	Teljes név	Szervezet	Országok száma	Indikátorok
1997	ISI	Information Society Index	IDC	53	<20
2000	ERI	E-Readiness Index	EIU	70	<100
2001	TAI	Technology Achievement Index	UNDP	72	<10
2002	EGDI	E-Government Development Index	UNPAP	182	<10
2002	IDI	ICT Development Index	ITU	154	<20
2002	NRI	Networked Readiness Index	WEF	148	< 80
2003	DAI	Digital Access Index	ITU	178	<10
2003	IS	Infostates	ORBICOM	183	<20
2005	KEI	Knowledge Economy Index	KEI	140	<20
2005	DOI	Digital Opportunity Index	ITU	181	<20
2005	ICT-OI	ICT Opportunity Index	ITU	183	<20
2006	ICT-DI	ICT Diffusion Index	UNCTAD	180	<10
2014	DESI	Digital Economy and Society Index	EU	28	<40

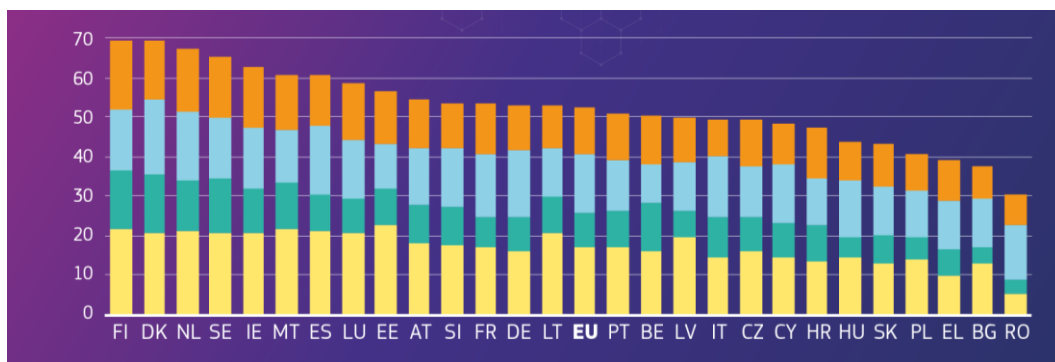
¹⁶ Uo.

2019	DiGiX	Digital Index	BBVA	100	20
2019	GCI 4.0	Global Competitiveness Index 4.0	WEF	141	103
2020	DII	Digital Intelligence Index	Fletcher	90	160
2021	ADII	ASEAN Digital Integration Index	ASEAN	15	30
2022	GII	Global Innovation Index	WIPO	132	81
2022	WDC	World Digital Competitiveness Ranking	IMD	63	54

1. táblázat: A digitális gazdaság népszerű mérői megjelenésük időrendjében¹⁷

4. A digitális leszakadás bemutatása néhány népszerű mutatón keresztül

4.1. DESI



2. ábra: Digitális Gazdaság és Társadalom Index (2022)¹⁸

FI: Finnország, DK: Dánia, NL: Hollandia, SE: Svédország, IE: Írország, MT: Málta, ES: Spanyolország, LU: Luxemburg, EE: Észtország, AT: Ausztria, SI: Szlovénia, FR: Franciaország, DE: Németország, LT: Litvánia, EU: Európai Unió átlag, PT: Portugália, BE: Belgium, LV: Lettország, IT: Olaszország, CZ: Csehország, CY: Ciprus, HR: Horvátország, HU: Magyarország, SK: Szlovákia, PL: Lengyelország, EL: Görögország, BG: Bulgária, RO: Románia

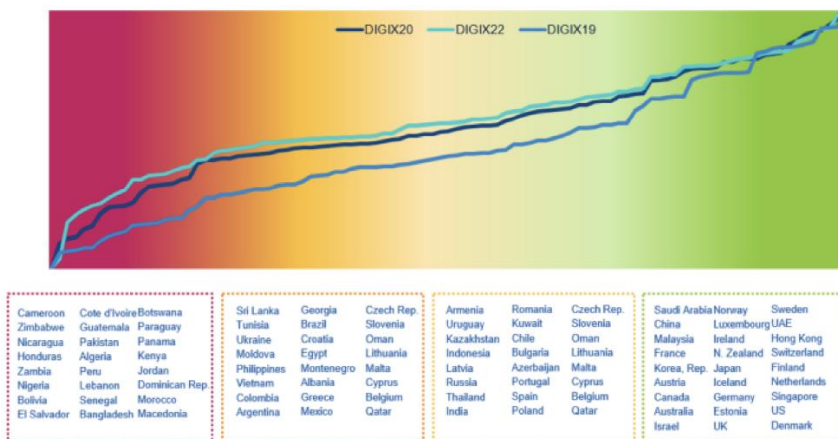
A 2. ábrán részletes bemutatásra kerül a DESI indikátor csoportonként. DESI négy indikátorcsoport alapján méri a fejlettséget. A Humán tőke (narancssárga), a Csatlakoztathatóság (világoskék), a Digitális technológiák integrációja (türkízkék) és a Digitális kormányzati szolgáltatások (citromsárga) dimenziója szerint rangsorol. A kompozit index alapján Magyarország 22. az EU 27 tagállamából, ami alacsony fejlettségre utal. Magyarország helyzete, relatív fejlettsége évek óta változatlan.

¹⁷ Moroz, Miroslaw: The level of development of the digital economy in Poland and selected European Countries: A comparative analysis, *Foundations of Management*, 2017, 9:175-190.

<http://doi.org/10.1515/fman-2017-0014> alapján, saját kutatómunka során gyűjtött kiegészítésekkel

¹⁸ Európai Unió: *Digitális Gazdaság és Társadalom Index 2022*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/hu/policies/desi>, 2023. november 21.

4.2. DiGiX



3. ábra: Digitális Index (2019, 2020 és 2022)¹⁹

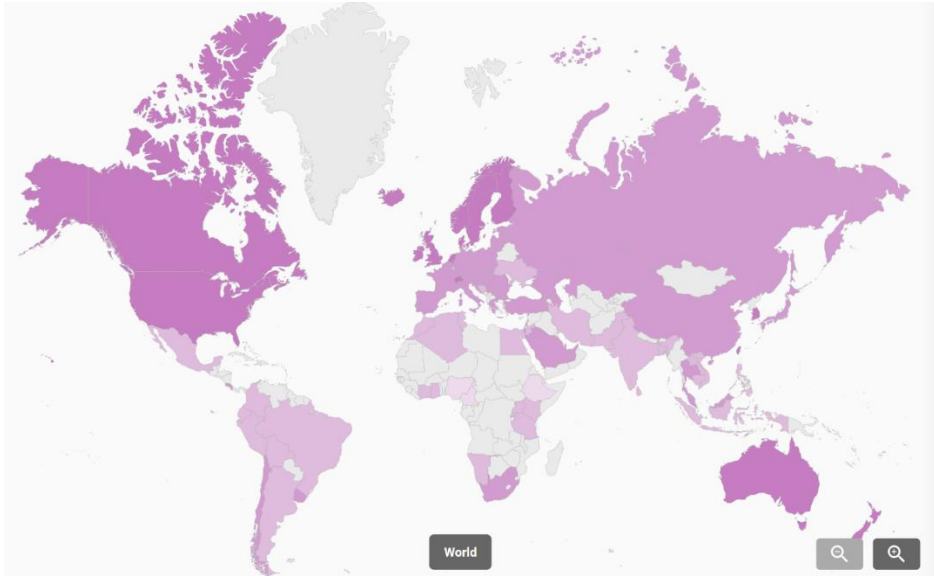
Megjegyzés: az eredeti felsorolásnál egyetlen ország, Magyarország maradt ki. Hazánk a narancssárga kategóriába tartozik.

A 3. ábrán részletes bemutatásra kerül a DiGiX 2019, 2020 és 2022-es alakulása. A DiGiX hat indikátorcsoport alapján méri a fejlettséget. Az Infrastruktúra, a Felhasználók elfogadása, a Vállalatok elfogadása, a Kormányzat elfogadása, a Megfizethetőség és a Szabályozás dimenziója szerint rangsorol. A kompozit index alapján Magyarország 2022-ben az 59. a vizsgált 100 országból, ami közepes fejlettségre utal. Magyarország helyzete 6 helyet javult a korábbi, 2020-as vizsgálatához képest.

4.3. DII

A 4. ábrán részletes bemutatásra kerül a DII 2020-as alakulása a vizsgált országok tekintetében. A DII négy indikátorcsoport alapján méri a fejlettséget. A Kínálat, a Kereslet, az Intézmények és az Innováció dimenziója szerint rangsorol. A kompozit index alapján Magyarország 2020-ban a 41. a vizsgált 90 országból, ami közepes fejlettségre utal.







¹⁹ BBVA Research: *Digital Index 2022*. <https://www.bbva.com/en/publicaciones/digix-2022-update-a-multidimensional-index-of-digitization/>, 2023. december 11.



4. ábra: Digitális Intelligencia Index a vizsgált országokban (2020)²⁰

A rózsaszín sötétsége a digitálisan fejlettebb országokat jelöli

4.4. ADII

	Pillar 1  Digital Trade & Logistics	Pillar 2  Data Protection & Cybersecurity	Pillar 3  Digital Payments & Identities	Pillar 4  Digital Skills & Talent	Pillar 5  Innovation & Entrepreneurship	Pillar 6  Institutional & Infrastructural Readiness
ASEAN	55.27	62.81	58.84	48.21	49.32	62.85
Australia	90.72	90.77	88.00	52.99	66.30	60.87
China	86.50	75.73	74.73	64.76	68.74	53.63
Japan	93.36	90.93	82.00	54.77	77.32	60.67
New Zealand	92.04	85.91	90.33	55.70	65.84	63.90
South Korea	89.28	88.42	81.42	53.77	77.92	63.59

5. ábra: Digitális Intelligencia Index a vizsgált országokban (2020)²¹

²⁰ Fletcher: *Digital Intelligence Index 2020*. <https://digitalintelligence.fletcher.tufts.edu/dei>, 2024. január 8.

²¹ ASEAN: *ASEAN Digital Integration Index 2021*. <https://asean.org/wp-content/uploads/2021/09/ADII-Report-2021.pdf>, 2024. január 15.

Az 5. ábrán részletes bemutatásra kerül az ADII 2021-es alakulása az ASEAN országok és öt környező viszonyítási ország tekintetében. Az ADII hat indikátorcsoport alapján méri a fejlettséget. A Digitális kereskedelem és logisztika, az Adatvédelem és kiberbiztonság, a Digitális fizetések és azonosítás, a Digitális készségek és tehetség, az Innováció és vállalkozás, valamint az Intézményi és infrastrukturális készenlét dimenziója szerint rangsorol.

Az ADII viszonyítási országai Ausztrália, Kína, Japán, Új-Zéland és Dél-Korea. Ahogyan az a 5. ábrán is bemutatásra kerül, az egyes dimenziók szerint más-más ország fejlettsége magasabb, így jó tanulási lehetőséget jelent az ASEAN országok számára.

5. Gondolatok a digitális leszakadás felszámolására

A digitális leszakadás leszámolása többféle intézkedést és megközelítést igényel. Nem elegendő csak egy-egy mutatóra fókuszálni, érdemes a kereszthatásokat is figyelembe venni. Ezen felül a legkevésbé fejlett területek fejlesztésével gyakran rendkívül látványos eredményeket érhetünk el. A mutatók és az ahhoz kapcsolódó háttér folyamatok alapján, az alábbiakban felsorolok néhány módszert, amelyek segíthetnek:

- Hozzáférés növelése: A digitális eszközökhöz és az internethez való hozzáférés javítása kulcsfontosságú. Ez magában foglalhatja az infrastruktúra fejlesztését a vidéki vagy elmaradott területeken, az internet szélessávú elérhetőségének kiterjesztését és az okostelefonok vagy más digitális eszközök elérhetőségének növelését.
- Digitális kultúra fejlesztése: Az oktatás és az digitális kompetenciafejlesztés fontos tényező. A digitális eszközök és az internet használatának oktatása, különösen az alapvető készségek (pl. keresés, biztonságos böngészés, információértékelés) megtanítása segíthet az embereknek hatékonyabban és biztonságosabban használni ezeket az eszközöket.
- Költségek csökkentése: A digitális eszközök és az internet szolgáltatások költségének csökkentése is segíthet a digitális megosztottság csökkentésében. Számos kormányzati és nonprofit szervezet nyújt támogatást vagy kedvezményeket az alacsony jövedelmű családoknak és a vidéki területeken élőknek, hogy megfizethetőbbé tegyék ezeket az eszközöket és szolgáltatásokat.
- Kulturális akadályok lebontása: Néha a digitális megosztottság mögött kulturális akadályok is állnak. Fontos megérteni és kezelni ezeket az akadályokat, például azáltal, hogy az oktatásba és az eszközök tervezésébe bevonják az adott kultúrák és közösségek képviselőit.
- Kormányzati és civil szervezeti intézkedések: A kormányzati és civil szervezetek partnerségével kidolgozott programok, támogatási rendszerek és kezdeményezések is segíthetnek a digitális megosztottság csökkentésében. Ezek az intézkedések lehetnek például támogatott

hozzáférési programok, oktatási kezdeményezések vagy infrastrukturális fejlesztések.

- **Innovatív technológiai megoldások:** Olyan technológiai megoldások kifejlesztése és bevezetése, amelyek segítenek áthidalni a digitális megosztottságot. Például az alacsony sáv szélességgel vagy technikai korlátokkal rendelkező területeken a közösségi hálózatokon alapuló mesh hálózatok kialakítása, vagy a közösségi wifi-hálózatok fejlesztése.
- **Partnerségek a magánszektorral:** A magánszektorral való partnerségek kialakítása és együttműködési programok indítása lehetőséget teremthet az alacsony jövedelmű vagy elmaradott területeken élők számára, hogy olcsóbban vagy ingyenesen juthassanak hozzá a digitális eszközökhöz és az internethez.
- **Lokális tartalmak és alkalmazások fejlesztése:** Olyan digitális tartalmak és alkalmazások létrehozása, amelyek megfelelnek a helyi közösségek igényeinek és kulturális sajátosságainak. Ez ösztönözheti az embereket, hogy aktívan részt vegyenek a digitális világban, és hozzájárulhat a digitális készségek fejlesztéséhez.
- **Társadalmi innováció és alulról szerveződő kezdeményezések:** Az alulról szerveződő kezdeményezések támogatása és ösztönzése, amelyek közösségi alapokon vagy önkéntes munkán alapulnak. Például közösségi internetező központok létrehozása, ahol az emberek tanulhatnak egymástól és segíthetik egymást a digitális készségek fejlesztésében.
- **Adatvédelem és biztonság:** Az adatvédelem és a digitális biztonság fontos tényező a digitális megosztottság feloldásában. Az embereknek biztonságos környezetet kell biztosítani az online tevékenységeikhez, hogy megelőzzék a személyes adatokkal kapcsolatos visszaéléseket és az internetes zaklatást, ami visszatartó erő lehet a digitális világba való belépésben.
- **Digitális munkahelyi eszközök biztosítása:** A vállalatoknak biztosítaniuk kell a dolgozóknak a megfelelő digitális eszközöket és szoftvereket ahhoz, hogy hatékonyan végezhesék munkájukat. Ez magában foglalja az okostelefonokat, laptopokat, szoftverlicencket stb. A digitális eszközökkel való megfelelő felszerelés és hozzáférés segíthet csökkenteni a digitális megosztottságot a dolgozók között.
- **Digitális készségek fejlesztése:** A vállalatoknak lehetőséget kell biztosítaniuk dolgozóknak a digitális készségeik fejlesztésére. Ez magában foglalhat online kurzusokat, tréningeket és műhelymunkákat a digitális eszközök és alkalmazások használatáról, valamint az információk hatékony kezeléséről.
- **Munkahelyi digitális infrastruktúra fejlesztése:** A vállalatoknak fejleszteniük kell a belső digitális infrastruktúrát annak érdekében, hogy a dolgozók könnyen hozzáférhessenek az információkhoz és kommunikálhassanak egymással, függetlenül attól, hogy hol vannak. Ez magában foglalhatja a felhőalapú szolgáltatások bevezetését, virtuális munkaállomásokat, videokonferencia lehetőségeket stb.

- Hozzáférés biztosítása a digitális platformokhoz: A vállalatoknak lehetőséget kell biztosítaniuk dolgozóiknak a digitális platformokhoz való hozzáféréshez, beleértve az üzleti alkalmazásokat, belső kommunikációs eszközöket és egyéb szükséges szoftvereket. Ez különösen fontos lehet a távoli munkavégzés esetén.
- Vezetőségi támogatás és kultúraváltás: A vállalatok vezetésének kiemelt figyelmet kell fordítania a digitális megosztottság csökkentésére, és támogatást kell nyújtania az ehhez szükséges intézkedések végrehajtásához. Emellett fontos lehet egy olyan vállalati kultúra kialakítása, amely támogatja a digitális eszközök és platformok használatát, és ösztönzi a dolgozókat a digitális készségeik fejlesztésére.

Felhasznált irodalom

- ASEAN: ASEAN Digital Integration Index 2021. <https://asean.org/wp-content/uploads/2021/09/ADII-Report-2021.pdf>, 2024. január 15.
- BBVA Research: Digital Index 2022. <https://www.bbva.com/en/publicaciones/digix-2022-update-a-multidimensional-index-of-digitization/>, 2023. december 11.
- Csukás Máté & Szabó Zsolt Roland: The many faces of the Smart City: differing value propositions in the activity portfolios of nine cities, in *Cities*, 2021, 112. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103116>
- Csukás Máté & Szabó Zsolt Roland: What are the conditions to become smart? in *Információs Társadalom: Társadalomtudományi Folyóirat*, 2022, 22(2), 9. <http://doi.org/10.22503/inftars.XXII.2022.2.1>
- Data Pandas: Internet Speed by Country 2023. <https://www.datapandas.org/ranking/internet-speeds-by-country#map>, 2024. április 18.
- Európai Unió: Digital Economy and Society Index 2022. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/hu/policies/desi>, 2023. október 10.
- Európai Unió: Digitális Gazdaság és Társadalom Index 2022. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/hu/policies/desi>, 2023. november 21.
- Fletcher: Digital Intelligence Index 2020. <https://digitalintelligence.fletcher.tufts.edu/dei>, 2024. január 8.
- Hortoványi Lilla és szerzőtársai: Assessment of digital maturity: the role of resources and capabilities in digital transformation in B2B firms, in *International Journal of Production Research*, 2023, 61, 1–19. <http://doi.org/10.1080/00207543.2022.2164087>
- Hortoványi Lilla, Szabó Zsolt Roland & Füzes Péter. Extension of the strategic renewal journey framework, in *Technology in Society*, 2021, 65, 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101540>
- Horváth Dóra & Szabó Zsolt Roland: Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal

- opportunities? in *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 146(September), 119–132. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Horváth Dóra & Szabó Zsolt Roland: Evolution of photovoltaic business models: overcoming the main barriers of distributed energy deployment, in *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2018, 90, 623–635. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.101>
 - Horváth Dóra, Kerényi Ádám & Szabó Zsolt Roland: Intended benefits and challenges of cooperation between FinTechs and commercial banks, in *Acta Oeconomica*, 2022, 72(3), 289–308. <http://doi.org/10.1556/032.2022.00023>
 - Hsein, J. J. Po-An, Rai, Arun & Keil, Mark: Understanding Digital Inequality: Comparing Continued Use Behavioral Models of the Socio-Economically Advantaged and Disadvantaged, in *MIS Quarterly*, 2008, <https://doi.org/10.2307/25148830> alapján, további tényezőkkel kiegészítve
 - Moroz, Miroslaw: The level of development of the digital economy in Poland and selected European Countries: A comparative analysis, *Foundations of Management*, 2017, 9:175-190. <http://doi.org/10.1515/fman-2017-0014> alapján, saját kutatómunka során gyűjtött kiegészítésekkel
 - Nagy Orsolya, Papp Ilona & Szabó Zsolt Roland: Construction 4.0 Organisational Level Challenges and Solutions, in *Sustainability*, 2021, 13(21). <http://doi.org/10.3390/su132112321>
 - Szabó Zsolt Roland és szerzőtársai: Industry 4.0 Implementation in B2B Companies, in *Sustainability*, 2020, 22(12), 1–20. <http://doi.org/10.3390/su12229538>
 - Szabó Zsolt Roland, Szász Réka & Szedmák Borbála: Demand and supply sides of the crowdfunding ecosystem, in *Society and Economy*, 2021, 43(2), 165–183.

Határfelületi kapcsolatok vizsgálata különböző járműipari anyagok esetén

1. Bevezetés

A legkülönbözőbb oldhatatlan kötések létrejöttében, ill. létesült kötések stabilitásában alapvető szerepük van azoknak a határrétegeknek, amelyek mentén, vagy amelyeken belül a kötések atomi szinten megvalósulnak (forrasztás, hegesztés, kompozitok fázisai közötti kapcsolatok kialakulása stb.). E határfelületek mentén kialakuló atomi szintű kapcsolatoknak szemléletes, makroszkópos megnyilvánulása a nedvesedés jelensége, amelyet pl. folyadék/szilárd fázishatárokon a nedvesedési peremszög értékével jellemeznek. A nedvesítés alakulásáért atomi szinten tehát azok a kötéstípusok a felelősek, amelyek egyedileg jellemzik a kötésben összekapcsolódó fázisokat. Ezek a kötések a határrétegben jelentékenyen módosulnak fizikai és/vagy kémiai behatások következtében. Ilyen kémiai jelenségek zajlanak le többek között a felületmódosítási folyamatokban is. Az összetett anyagokban tehát a határfelületek célszerű módosításával lehet sikeres az alkotó fázisok kapcsolatának megteremtése. Jelen pályázat fő célkitűzése, hogy a ma modern, széleskörűen használt kötéstechológiák minőségét javítani tudja oly módon, hogy az összekötendő anyagok határfelületi viszonyai legyenek optimálisak.

A felületmódosítást nagy energiasűrűségű kezelésekkel valósítom meg, amely során a felületi réteg aktiválásán kívül a felületen kötött szennyezések eltávolításával is alkalmassá tesszük a felületet a hibrid kötés létrehozására. Ezeknek a topológiai jellemzésére felületfizikai módszereket is alkalmazok. Az olvadék-szilárd fázisok közötti nedvesítés mértékének változását nyomon követem a nyugvó csepp módszeren alapuló peremszög mérésre kifejlesztett berendezésben.

Járműipari kötéstechológiák területén egyre elterjedtebben alkalmazzák az eltérő anyagok pl. két különböző fém illetve hibrid pl. fém-polimer anyagkapcsolatokat, ahol jelentős megoldandó problémát jelentenek a határfelületi viszonyok. A költségsökkentés és a könnyűépítési módok mind tovább generálják az ilyen jellegű kötések alkalmazásának szükségességét. Céлом, hogy fenti anyagkapcsolatok határfelületi viszonyait vizsgáljam.

2. Irodalmi összefoglaló

A nagy energiasűrűségű felületkezelés alapelve, hogy az anyag külső felületén olyan anyagtulajdonsági változásokat keltenek, amelyek elengedhetetlenek a határréteg megváltoztatásához. Az elsődleges célok között szerepel a felület szilárdságának és teherbíró képességének növelése, kedvezőbb sűrűdési viszonyok kialakítása, a kopásállóság javítása, a maradékfeszültségek optimalizálása a fátadságállóság növelése érdekében, valamint a korrózióállóság növelése. A nagy energiasűrűségű kezelések igen precíz felületkezelésekre alkalmazhatók, amikor is

¹ Zalaegerszegi Innovációs Park, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék, Széchenyi István Egyetem

csak a felületi rétegen fontos az alapanyag tulajdonságait megváltoztatni. Ennek a módszernek az alkalmazása lehetővé teszi a felületi oxidréteg, a határfelületi energia megváltoztatását, valamint a nedvesedést befolyásoló felületi mikrostruktúra kialakítását. Az, hogy a kezelő sugár milyen mértékben nyeli el az anyag, jelentősen meghatározza annak alkalmazhatóságát különböző feladatokra. A lézersugár és az anyag közötti kölcsönhatást számos technológiai paraméterek határozza meg.²

Hao és munkatársai. CO₂ lézeres felületkezelést alkalmaztak korrózióálló acélon, aminek eredményeként az acél határfelületi rétegében az O₂ koncentráció csaknem megkétszereződött, a felületi energia pedig 10%-kal nőtt.³

Khadka és munkatársai. A csapat Nd:YAG lézeres kezelést alkalmazott magnéziumötvözetre, a hatásokat desztillált vízzel értékelték. A kezelés hatására a felületen lévő desztillált vízcseppek érintkezési szöge 81°-ról 41°-ra csökkent, ami a nedvesedés jelentős javulását jelzi.⁴

Rotella és munkatársai. DP500 nagyszilárdságú és AISI 304 korrózióálló acélon végzett kezeléseket huzallézerrel, a nedvesedés javítása és ezáltal a tapadási szilárdság növelése érdekében. A vizsgálat kiterjedt a felületi érdesség változásaira is, mindkét acél nedvesítési tulajdonságainak jelentős javulását, valamint a felületi érdesség növekedését.⁵

A kötések oldható és oldhatatlan típusokra oszthatók. Ha egy kötés valamilyen eszközzel vagy segédeszközzel roncsolás nélkül eltávolítható, akkor az adott kötéstípus oldható kötésnek minősül; ha azonban a kötés csak roncsolással távolítható el, akkor oldhatatlan kötésnek minősül. Az oldható kötéstechnológiák közé tartoznak például a bordakötések, csavarkötések és reteszkötések. A nem oldódóak közé tartozik a szegecseles, hegesztés, forrasztás és ragasztás. A tömör kötések mindkét kategóriába sorolhatók, mivel az oldható vagy nem oldható besorolás az alkatrészek átfedésének mértékétől és az alkalmazott összeszerelési technológiától függ, amely meghatározza, hogy az ilyen kötések szétválaszthatók-e roncsolás nélkül.

² BERCELI, M., WELTSCH, Z. Enhanced wetting and adhesive properties by atmospheric pressure plasma surface treatment methods and investigation processes on the influencing parameters on HIPS polymer. *Polymers* [online]. 2021, 13(6), 901. eISSN 2073-4360. Available from: <https://doi.org/10.3390/polym13060901>

³ HAO, L., LAWRENCE, J., LI, L. The wettability modification of bio-grade stainless steel in contact with simulated physiological liquids by the means of laser irradiation. *Applied Surface Science* [online]. 2005, 247(1-4), p. 453-457. ISSN 0169-4332, eISSN 1873-5584. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.01.163>

⁴ INDIRA, K., SYLVIE, G., ZHONGKE, W., HONGYU, Z. Investigation of wettability properties of laser surface modified rare earth Mg alloy. *Procedia Engineering* [online]. 2016, 141, p. 63-69. ISSN 1877-7058. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.1106>

⁵ ROTELLA, G., ALFANO, M., SCHIEFER, T., JANSEN, I. Enhancement of static strength and long term durability of steel/epoxy joints through a fiber laser surface pre-treatment. *International Journal of Adhesion and Adhesives* [online]. 2015, 63, p. 87-95. ISSN 0143-7496, eISSN 1879-0127. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.08.009>

3. Kísérleti anyagok és berendezések

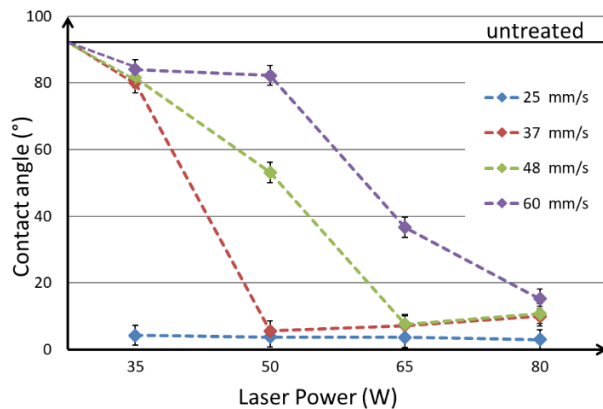
A kísérletsorozatok 1 mm vastagságú, hidegen hengerelt 25 x 55 mm-es DP600 acéllemezekkel történtek. A lemezek vágása úgy történt, hogy hosszabb oldaluk párhuzamos legyen a hengerlési iránnyal. A kutatás eredményeit ronthatja a szennyezett felület, ezért a felületeket a helyszínen, közvetlenül a kezelés előtt 96%-os metanollal lett tisztítva. A lézeres felületkezelés során CO₂ forrású lézert alkalmaztunk, amely maximum 100 W teljesítményre képes. A lézersugaras felületkezelés során a változó paraméterek teljesítmény és pásztázási sebesség voltak, a beállított teljesítményértékek: 35 W, 50 W, 65 W és 80 W, míg a sebesség értékek 25 mm/s, 37 mm/s, 48 mm/s és 60 mm/s. Ezzel a paraméterkészlettel lefedik a gép alkalmazási tartományának szélső értékeit.

A nedvesedést nyugvó csepp módszerrel lett megvizsgálva. A mérőhelyiség hőmérséklete $20 \pm 1^\circ\text{C}$ volt. A kezelt anyagokat a szubsztártra helyeztük, a mikropipettába 5 μl desztillált vizet szívunk, majd az állványon lévő pipettatartóba helyeztük. A vízcseppet finoman került adagolásra, hogy megakadályozza a csöpögést, amitől az a pipetta hegyének végén lógott. Ezt követően a lemezt a szubsztárral együtt került felemelésre, hogy a vízcsepp érintkezzen a lemez felületével, aminek eredményeként a vízcsepp ráugrott a lemezre. Ezután a szubsztrátot leengedésre került, hogy a csepp a kamera nézetének közepébe kerüljön. A fénykép készítéséhez a fókusz a mikroszkóp tárgyasztalán lévő mikrométerekkel került beállításra. Amikor a kép élesnek tűnt a fényképezőgépen, a cseppet távirányítóval fényképezték le 2 másodperces késleltetéssel, hogy csökkentsék a fényképezőgép rázkódása által okozott hibákat. Ezeket a folyamatokat is etilén-glikol felhasználásával hajtották végre, és a fényképeket a számítógépen külön mappákba mentették.

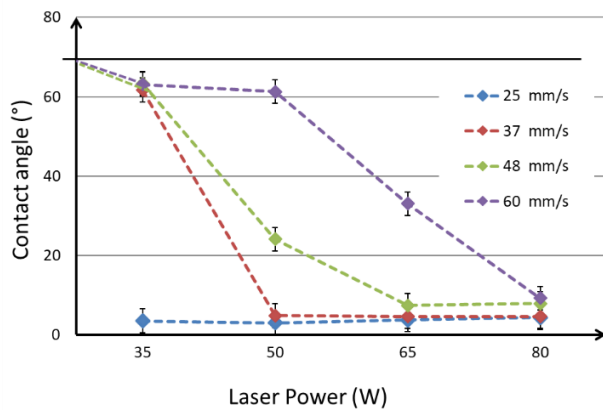
Az így készült fényképeket számítógépes programban nyitottuk meg, ahol kézzel kellett megjelölni a folyadék-csepp és a felület közötti két érintkezési pontot. Ezt követően manuálisan két érintőt rajzoltunk, és a program kiszámolta az élszöveget, amit aztán elmentett egy Excel fájlba. Minden fényképről négy mérést végeztünk a mérési hibák minimalizálása érdekében.

4. Eredmények

Az eredmények alapján látható, hogy a kezeletlen felületű mintákhoz képest a CO₂ lézersugárral a nedvesítési értékek javultak (1. ábra). Az eredmények trendjét tekintve elmondható, hogy az energiabevitel növelésével és az előtolási sebesség csökkentésével csökkenthető a nedvesítési peremszög értéke. A DP600 acéllemezen a nedvesítés 62°-kal javult az etilén-glikolnál (1/b. ábra) és 86,5°-kal a desztillált víznél (1/a. ábra), ami 93,9%-os, illetve 97,7%-os javulást eredményezett. A peremszög értékek változása feltehetően a lézersugárral módosítható oxidréteg változásai miatt következett be.



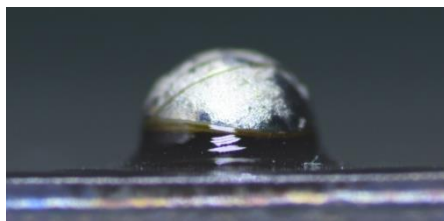
a



b

1. ábra. A DP600 acéllézeres felületkezelés hatása a nedvesítési peremszögre a) desztillált vízzel, b) etilén-glikol folyadékokkal mérve

Az ALFA-LCE 2 lézergéppel kezelt lemezen forrasztási kísérletek történtek. A lemezt 50 W teljesítménnyel és 37 mm/s sebességgel került forrasztásra. Az 2. ábrán megfigyelhető, hogy a forrasztanyag peremszöge jelentősen megnőtt, valószínűleg a magas hőmérséklet hatására, aminek következtében a lézeres felületkezelés hatása megszűnt. Ennek eredményeként a forrasztási kísérlet nem hozott eredményt. Mindazonáltal a ragasztás javulása várható a ragasztós ragasztási technológiákkal, ahol a magas hőmérséklet nem játszik szerepet.



2. ábra Érintkezési feltételek a forrasztási kísérlet során lézerral kezelt DP600 acéllemezen

5. Összefoglalás

A kísérletsorozat eredményeiből látható, hogy a CO₂ lézersugaras felületkezelést követő nedvesedési értékek jelentős javulását mutatják a kezeletlen mintákhoz képest. A megfigyelt tendencia azt jelzi, hogy a növekvő energiabevitel és az előtolás csökkentése hozzájárul a nedvesítési peremszög csökkenéséhez. DP600 acéllemezen a nedvesedés 62°-kal javult az etilén-glikolnál és 86,5°-kal a desztillált víznél, ami figyelemre méltó, 93,9%-os, illetve 97,7%-os javulást eredményezett. Az peremszögértékek ezen változásai valószínűleg az oxidrétegben bekövetkezett változásoknak tulajdoníthatók, amelyek lézersugár kezeléssel érhetők el. A vizsgálat részét képezte továbbá a teljes határfelületi energia kiszámítása a Fowkes-reláció segítségével. Az eredmények azt mutatják, hogy a felületi energia arányosan növekszik a nagyobb teljesítménnyel és a csökkentett előtolási sebességgel. Figyelemre méltó, hogy a felületi energia közel négyszeresére nőtt a kezeletlen lemezekhez képest, ami a lézeres felületkezelés hatékonyságát mutatja. Az ALFA-LCE 2 lézergéppel kezelt lemezen, 50 W teljesítmény és 37 mm/s sebesség mellett végzett forrasztási kísérletek keretében azonban a forrasztóanyag peremszögének váratlan növekedése tapasztalható. Ez a növekedés a forrasztási folyamat során fellépő magas hőmérsékletnek tudható be, amely a lézeres felületkezelés jótékony hatásait semmissé teheti. Összefoglalva, a tanulmány kiemeli a CO₂ lézersugaras felületkezelés jótékony hatását a nedvesítési értékek és a felületi energia növelésére. A forrasztásra gyakorolt hatások azonban további vizsgálatokat igényelnek, és a ragasztós kötési módszerek ígéretes utat jelenthetnek a lézerral kezelt anyagok jobb ragasztására.

Felhasznált irodalom

- BERCEZELI, M., WELTSCH, Z. Enhanced wetting and adhesive properties by atmospheric pressure plasma surface treatment methods and investigation processes on the influencing parameters on HIPS polymer. *Polymers* [online]. 2021, 13(6), 901. eISSN 2073-4360. Available from: <https://doi.org/10.3390/polym13060901>
- HAO, L., LAWRENCE, J., LI, L. The wettability modification of bio-grade stainless steel in contact with simulated physiological liquids by the means of laser irradiation. *Applied Surface Science* [online]. 2005, 247(1-4), p. 453-457. ISSN 0169-4332, eISSN 1873-5584. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.01.163>
- INDIRA, K., SYLVIE, G., ZHONGKE, W., HONGYU, Z. Investigation of wettability properties of laser surface modified rare earth Mg alloy. *Procedia Engineering* [online]. 2016, 141, p. 63-69. ISSN 1877-7058. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.1106>
- ROTELLA, G., ALFANO, M., SCHIEFER, T., JANSEN, I. Enhancement of static strength and long term durability of steel/epoxy joints through a fiber laser surface pre-treatment. *International Journal of Adhesion and Adhesives*

[online]. 2015, 63, p. 87-95. ISSN 0143-7496, eISSN 1879-0127.
<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.08.009>