

Az Aszfalt

A Magyar Aszfalttípari Egyesülés

hapa

hivatalos lapja

XXXII. ÉVFOLYAM 2025/2. szám



A HAPA XVIII. Fialal Mérnökök Fórumának díjazottjai.



Asphalt 100% recyclable



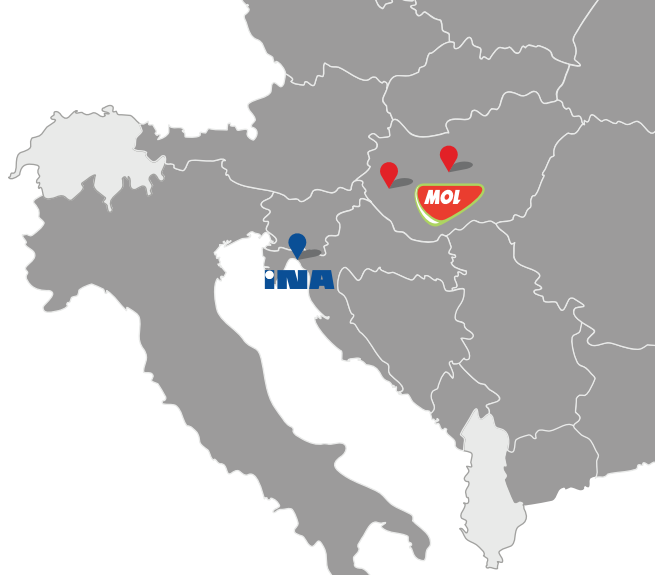
Az aszfalt 100%-ban
újrahasznosítható

2
2025
december

BITUMEN

A MOL-csoport Közép-Kelet Európa meghatározó bitumen gyártója és értékesítője.

Termékeinkkel 16 országban vagyunk jelen, évente több mint 550.000 tonna bitumént értékesítünk a régióban.



Termékcsoport: Portfólió:

ÚTI BITUMEN 20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 160/220

MODIFIKÁLT BITUMEN 10/40-65, 25/55-65, 45/80-65, 45/80-75 RA

GUMIBITUMEN 45/80-55

IPARI BITUMEN 85/25, 85/40, 95/35, 105/25

550.000

TONNA ÉVES ELADOTT MENNYISÉG

14

BITUMEN TÍPUS

16

ORSZÁGBAN AKTÍV JELENLÉT

UTAK ÚJRAFELDOLGOZOTT ASZFALTBÓL - MOL PMB RA BITUMEN



- ▶ MOL PmB 45/80-75 RA - polimerrel modifikált bitumen
- ▶ Megnövelt modifikálószer tartalommal rendelkezik
- ▶ Visszanyert aszfalt felhasználásával készült aszfaltok gyártásához kifejlesztve a MOL kutatás-fejlesztés szakemberei által

ÚJGENERÁCIÓS ASZFALT - MOL GUMIBITUMENNEL



- ▶ MOL egyedi szabadalom, az Ütügyi Műszaki Előírások (UME) része
- ▶ 20 kt/év gyártási kapacitás a MOL Zalaegerszegi Bitumen Üzemében
- ▶ 2011 óta több mint 200 km új gumibitumenes út és autópálya szakasz itthon és a környező országokban
- ▶ Független mérési eredményekkel alátámasztott előnyök alapján a PmB alternatívája

Tartson Ön is velünk a jövő útján!

További információk





A Magyar Aszfaltipari Egyesülés (HAPA) hivatalos szakmai lapja.

Szerkesztőség:

Magyar Aszfaltipari Egyesülés
H-1119, Budapest Etele u. 59–61.
Telefon: +36 1 7821-893
Fax: +36 1 7822-008
E-level: info@hapa.hu
Internet: http://www.hapa.hu

Alapító főszerkesztő:

Dr. Bodnár Géza

Főszerkesztő: Veress Tibor

Nyomdai előkészítés és nyomás:

COLOR Reklámtúdió-www.silbernyomda.hu

Hirdetésfelvétel:

Magyarországon a szerkesztőségben

Terjesztés: a szerkesztőségben keresztül
2500 Ft/példány+postaköltség

ISSN 1217-7830

TARTALOMJEGYZÉK

Dr. Füleki Péter —

Az aszfaltipar környezeti és társadalmi kihívásai 4

Pető Lili —

CDE – Közös adatkörnyezet a gyakorlatban 16

Szabó Eszter —

Szombathely keleti elkerülő (86.-87. sz. főutak közös) szakaszán lévő
csomópontok közlekedésbiztonsági elemzése 22

Troják Csaba —

Bitumen tapadóképségének vizsgálata és digitalizálása
MSZ EN 12697-11:2020 szabvány alapján 34

Veres Dávid —

Útpályaszerkezeti kopórétegek felületi méréseihez a Road Surface Profiler MK III
mérőkocsi alkalmazhatóságának vizsgálata 39

Nagy Vivien —

Túlsúlyos járművek a hétköznapiakban 47

Pék Anna —

ZalaZone Földmunka építése 50

Bondor Milán Alex, Rosta Szabolcs —

Kopórétegek adalékszerrel történő hőmérséklet csökkentése visszanyert aszfalt
adagolás függvényében 53

Kedves Kollégák!

A XVIII. Fiatal Mérnökök Fórumán 13 kitűnő előadást hallhattak a résztvevők.

Már több alkalommal is megírtam, hogy talpraesett, magabiztos, nagy jövő előtt álló fiatalok mutatták be a tanulmányaikat. Akik hajlandóak voltak cikk formájában is megírni a témájukat, a mostani lapunkban mutatjuk be azokat.

Már hagyományszámba megy, hogy online szavazással döntenek a résztvevők, most is ezt használtuk a díjazottak kiválasztására, és a sorrend eldöntésére. Az egy évvel korábbihoz hasonlóan most is öt előadást díjaztunk.

Így a következő fiatal kollégák kaptak jutalmakat:

1.helyezett: Pető Lili Switelsky , aki részt vehet egy külföldi konferencián.

2.helyezett: Káli Rebeka, aki részt vehet a HAPA által szervezett külföldi szakmai tanulmányúton.

3. megosztott helyezett: Troják Csaba, aki a februári HAPA konferencián a HAPA vendége lesz.

3.megosztott helyezett: Szabó Ákos és

3. megosztott helyezett: Stadler Nagy Vivien, akik szintén a HAPA konferenciára kapnak részvételi lehetőséget.

A felsorolt fiatalokat láthatják a címlapunkon.

Nagy lelkesedéssel szervezzük a februári konferenciánkat, melynek beharangozóját a hátsó borítónkon láthatják. Remélem, sokan kíváncsiak, és eljönnek meghallgatni a magyar és külföldi előadók izgalmas gondolatait. A program készen van, bátran állíthatom, hogy a két nap sok újdonsággal fog szolgálni.

Veress Tibor
igazgató

Az aszfaltipar környezeti és társadalmi kihívásai

Dr. Füleki Péter



Technológiai főmérnök
Colas Hungária Zrt.

1. Bevezetés

Nem hagyható figyelmen kívül a mindennapokban, hogy a klimatikus változások, a klímainstabilitás jelei egyre gyakrabban tapasztalhatók Magyarországon is. Gyakran hangzik el az aszfaltipart érintő konferenciákon, hogy „az útépités egy konzervatív szakma”. Mindezek mellett egyre több az olyan iparág, amely jóval előrébb jár a vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR) területén, amikor saját folyamatai átalakításáról van szó. Az aszfaltipar is folyamatosan adaptálódik ezekhez a társadalmi elvárásokhoz, a maga konzervatív módján. A cikkben olyan területek

kerülnek áttekintésre, amelyek az aszfaltipar egészének alakulását befolyásolják és hatással vannak a vállalati társadalmi felelősségvállalás léptékére egyaránt. Fontos hangsúlyozni, hogy mindhárom kiemelt területen rendelkezésre állnak már a társadalmi felelősségvállalás szempontjából szükséges változtatási lehetőségek, azonban alkalmazásuk jelenleg kevésbé hangsúlyos az aszfaltiparon belül. A cikk ezeknek a technológiai lehetőségei közül mutat be néhányat.

2. Társadalmi felelősségvállalás aszfaltipari szempontjai

Amikor az aszfaltipart érintően vizsgáljuk a vállalati társadalmi felelősségvállalás kérdését, akkor olyan témák kerülnek előtérbe, mint az egészség és biztonság kérdése, az aszfaltipar környezeti hatásai, a közösségi szerepvállalás, a minőség és teljesítmény összefüggései, illetve a fenntartható gyakorlat fogalmai.

Ha ezt az öt társadalmi felelősségvállalási témakört a jelenlegi aszfaltgyártás és aszfaltburkolatú útépités két jelentősebb - és egy kissé háttérbe szorult - aspektusai szerint vizsgáljuk, akkor legalább négyet minden témakör esetében szoros összefüggésbe hozhatunk azokkal.

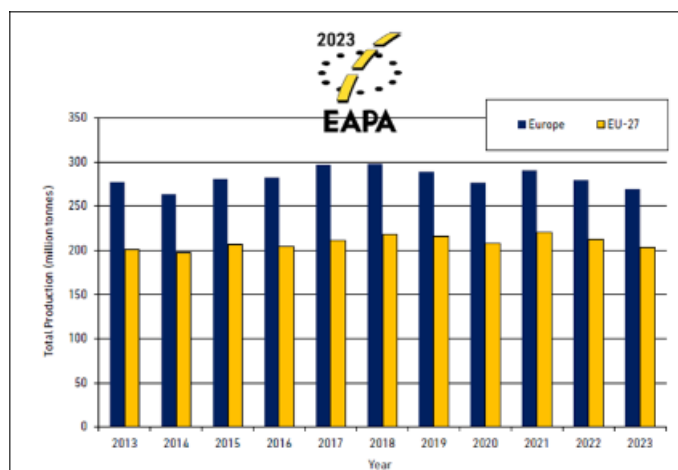
Az energiafelhasználás csökkentését - mint az iparágat az elmúlt években jelentősen érintő kérdést - nem lehet

függetlenül kezelni olyan CSR témaköröktől, mint a környezeti hatások, a fenntartható gyakorlat, az egészség és biztonság, vagy a közösségi szerepvállalás kérdése. Ha az újrafelhasználás és újrahasznosítás iparági kérdéseit vizsgáljuk, akkor ezek mellé biztosan odasorolhatók a minőségi és teljesítményi szempontok egyaránt. A kevésbé hangsúlyos, de a szakirodalmi források - és a társadalmi elvárások - alapján legalább olyan fontos közúti zajcsökkentés témaköre pedig a leghangsúlyosabb kell legyen az egészség és biztonság, vagy az aszfaltburkolat használata során keletkező, az út környezetében élőket érő környezeti hatások okán.

2.1. Energiafelhasználás csökkentés társadalmi felelősségvállalási szempontjai az aszfaltiparban

Az aszfaltgyártás során lehetséges energiacsökkentés nem csak kevesebb felhasznált tüzelőanyagot jelent, hanem ebből eredendően alacsonyabb üvegházhatású gázkibocsátást (GHG) is. Ezáltal nem csak a gyártói eljárások által bekövetkező környezetterhelést lehet csökkenteni, hanem erősíteni lehet az aszfaltipar részvételét a klímacélok elérésében is.

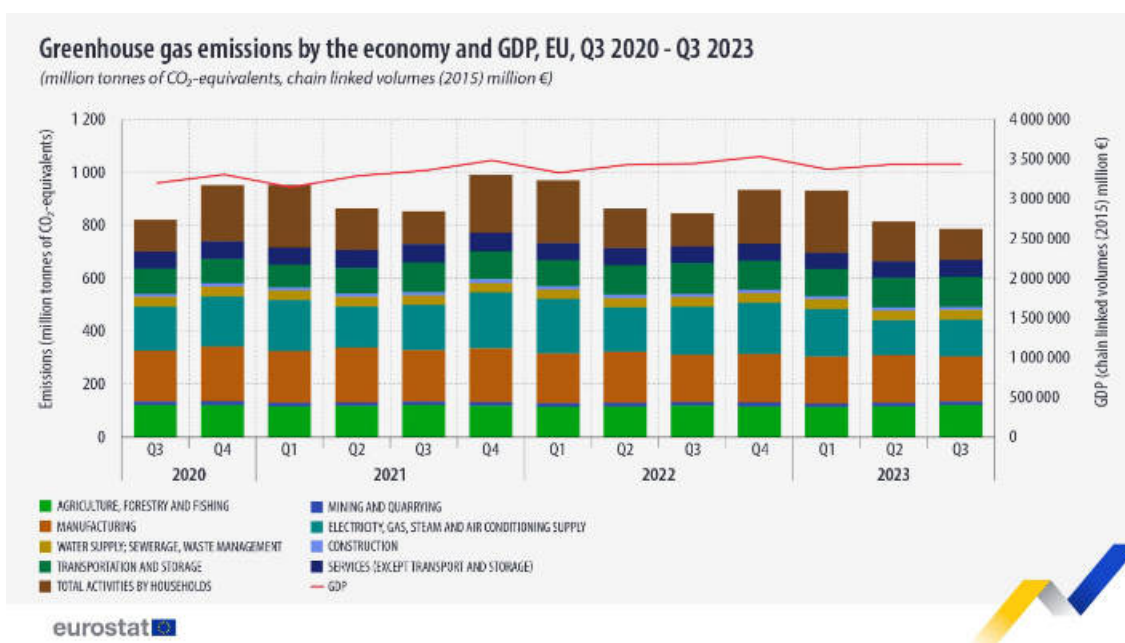
Alapvetően kétféle módon csökkenthető az aszfaltipar energiafelhasználása. Az egyik a termelés össz mennyiségének a csökkentése, amely az EAPA 2023. évi össztermelésre vonatkozó diagramja alapján nem valószínűsíthető [1], az középtávon inkább stagnálást mutat (1. ábra).



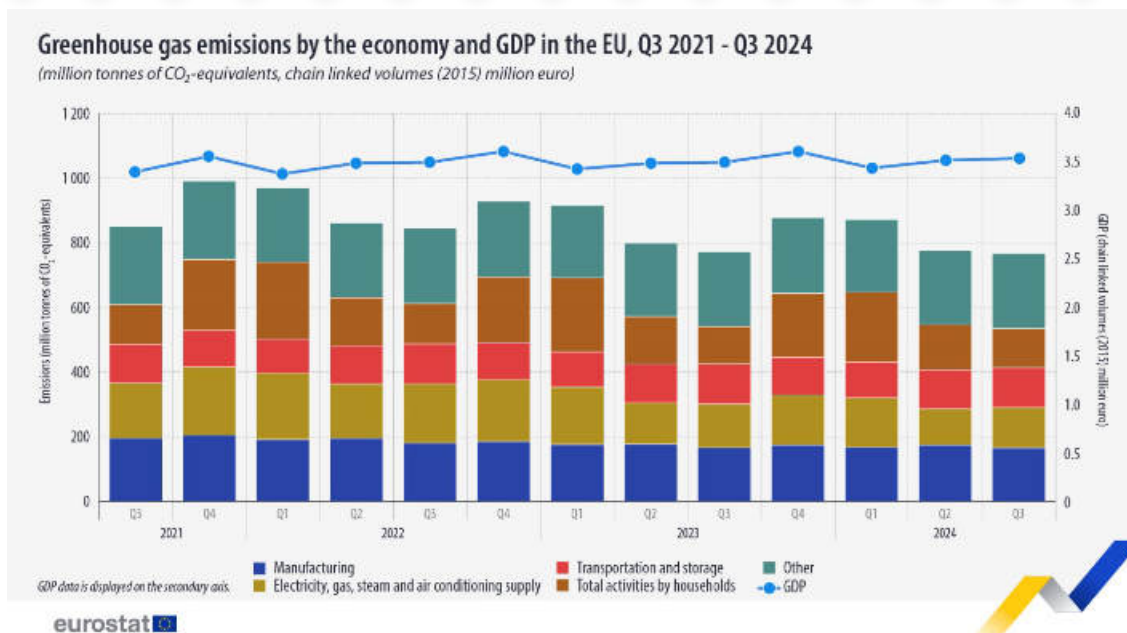
1. ábra – Az európai országok, illetve EU-27-ek össz-aszfalttermelésének éves mennyiségei 2013-2023 között [1]

A másik módja a fűtőenergia-felhasználás, ezáltal az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére a gyártási folyamatok energiahatékonysági fejlesztésével érhető el. Ez jelenthet gépészeti vagy technológiai átalakításokat is. Érdekes ugyanakkor megvizsgálni, hogy a hivatalos adatok alapján az építőipar – magába foglalva az aszfaltipart is – mekkora részarányban felelős az Európai Unióban a GHG kibocsátásért. Az Eurostat által közzétett [2], 2020 Q3 és

2023 Q3 közötti felosztás szerint látható, hogy az építőipar az EU-n belüli GHG kibocsátás kis részéért felelős (2. ábra). Meg kell jegyezni ugyanakkor, hogy a 2021 Q3 és 2024 Q3 közötti időszakban az építőipar GHG kibocsátás részaránya a diagramon már nincs külön feltüntetve (3. ábra) – az „Egyéb” („Others”) kategóriába került besorolásra [3], így annak részarány-változása külön nem nyomon követhető.



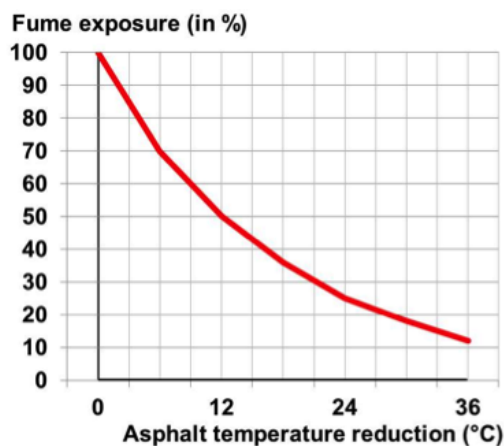
2. ábra – GHG gázok kibocsátása iparáganként az Európai Unióban 2023 Q3 jelentés [2]



3. ábra – GHG gázok kibocsátása iparáganként az Európai Unióban 2024 Q3 jelentés [3]

Az aszfaltipari szakmán belül ismert, a gyártási hőmérséklet és aszfaltkeverék gyártáshoz felhasznált fajlagos energiaigény diagramját megtekintve könnyen felismerhető a gyártási hőmérséklet csökkentésében rejlő energiamegtakarítási potenciál. Ha emellé, figyelembe vesszük a

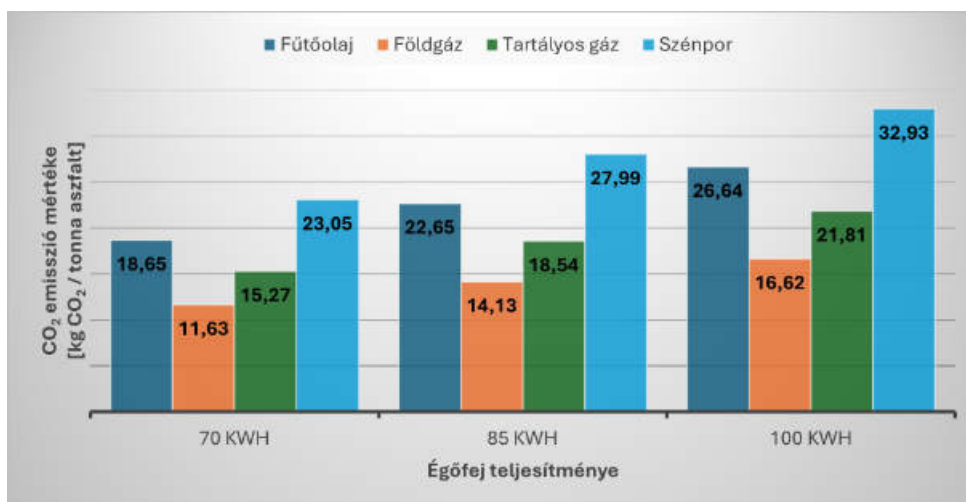
gyártási hőmérséklet csökkentésével összefüggő gőzök és gázok keletkezési mennyiségének alakulását is (4. ábra) [4], akkor belátható, hogy a gyártási hőmérséklet csökkentése az egyik elsődleges lehetőség a GHG kibocsátás csökkentésére.



4. ábra – Az aszfalt gyártási hőmérsékletének csökkentése és a keletkező gőzök, gázok mennyiségének összefüggése [4]

Egy, a zsolnai egyetem által végzett kutatás eredménye rámutatott ugyanakkor arra is, hogy nem hagyható figyelmen kívül az energiacsökkenés alapjául vett bázisérték, amelyhez képest a csökkenés mértéke számítandó. Példaként 70-85-100 kWh névleges teljesítményű, aszfaltkeverőgépekben alkalmazott égőfejeket vettek alapul, és meghatározták az 1 tonna aszfaltkeverék gyártásakor kelet-

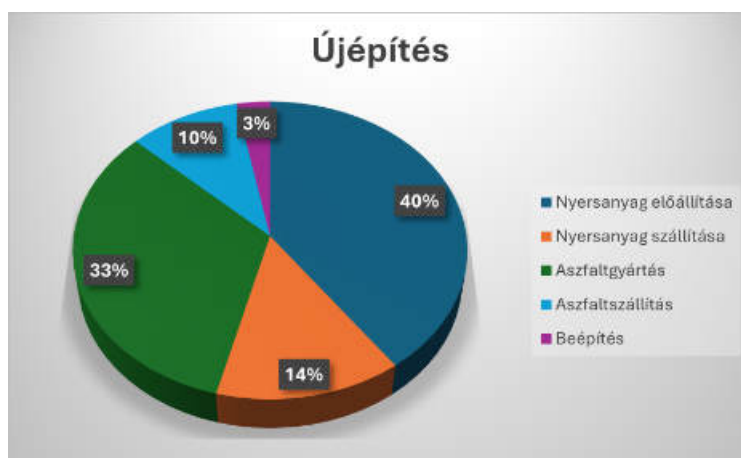
kező CO₂ mennyiségét az azok által elhasznált tüzelőanyag típusa és mennyisége alapján, kilogrammban megadva. Ezeket az eredményeket az 5. ábra foglalja össze. A kutatásban vizsgált feltételek mellett, a földgáz használatakor keletkező CO₂ mennyiség mindhárom égőfej esetében a szénporral üzemeltetett égőfej által generált CO₂ mennyiség fele vagy annál kevesebb volt (5. ábra) [5].



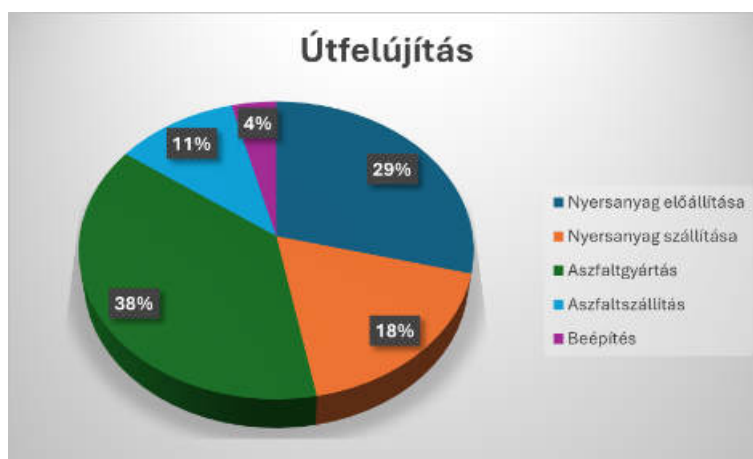
5. ábra – CO₂ emisszió a tüzelőanyag fajtája és az égőfej teljesítménye függvényében, 1 tonna gyártott aszfaltra vetítve [5]

A norvég útügyi adminisztráció szakemberi megvizsgálták az új aszfaltburkolatépítés és felújítás jellegű építés esetén, a benyújtott EPD dokumentumok alapján, milyen arányban oszlik meg a CO₂ kibocsátás az útépítés egyes folyamatai között. A két ábra alapján látható, hogy újépítés esetén a nyersanyag és az aszfaltkeverék előállítása a teljes

EPD-k alapján meghatározott CO₂ kibocsátás mintegy 73%-át, felújítás jellegű építés esetén 67%-át teszi ki (6. és 7. ábra) [6]. Amennyiben ezeken a területeken energiamegtakarítást tudunk elérni, úgy várhatóan jelentős mértékben csökkenhet az azzal párosuló GHG kibocsátás is.

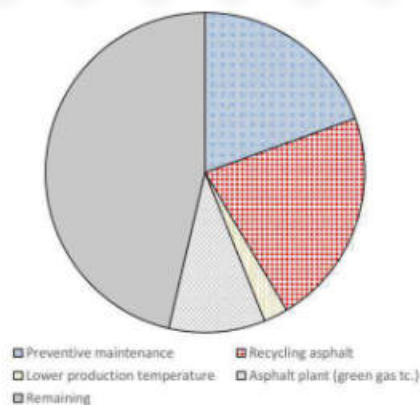


6. ábra – A CO₂ kibocsátás megoszlása EPD-k alapján újépítésű utak esetén [6]



7. ábra – A CO₂ kibocsátás megoszlása EPD-k alapján útfelújítások esetén [6]

Egy másik, a Holland Infrastruktúra és Vízügyi Minisztérium (Rijkswaterstaat) által elvégzett kutatásban az aszfaltgyártás és -burkolatépítés folyamatain belül mintegy 85%-ra teszik a gyártási fázisok (A1-A3) teljes CO₂ kibocsátáson belüli részarányát [7]. Éppen ezért a Rijkswaterstaat által 2030. évre kitűzött klímasemlegesség és a 2050. évre megcélzott teljes körforgásos gazdaság eléréséhez elsődlegesen ezeken a területeken látnak eredménnyel kecsegtető CO₂ kibocsátás-csökkentési lehetőségeket. Ennek tükrében foglalja össze a publikáció a bevezetés alatt álló, vagy a – jelenlegi technológiai készültségi szinttől (Technology Readiness Level – TRL) függően – jövőben bevezetendő innovatív eljárásokat, amelyekkel a 2018. évi CO₂ kibocsátási szinthez képest a 8. ábrán látható kibocsátás-csökkenést várják 2030-ig [7].



8. Az aszfaltburkolat-fenntartás során megmaradó illetve megfelelő technológiával és/vagy intézkedéssel elkerülhető CO₂ emisszió megoszlása a 2030. évben

Az ábra jól szemlélteti, hogy Rijkswaterstaat által az elkövetkezendő 5 évben foganatosítani kívánt eljárásokkal a 2018. évi CO₂ kibocsátáshoz képest több területen és nem kizárólag a gyártási innovációkat alkalmazva, de összességében

több mint 50%-kal csökkenthető az emisszió mértéke. Az összefüggő szürke rész a folyamatok összességére vetítve az ezután is megmaradó CO₂ kibocsátást szemlélteti.

2.1.1. Energiafelhasználás csökkentés egyik lehetősége: mérsékelt meleg aszfaltkeverékek (WMA)

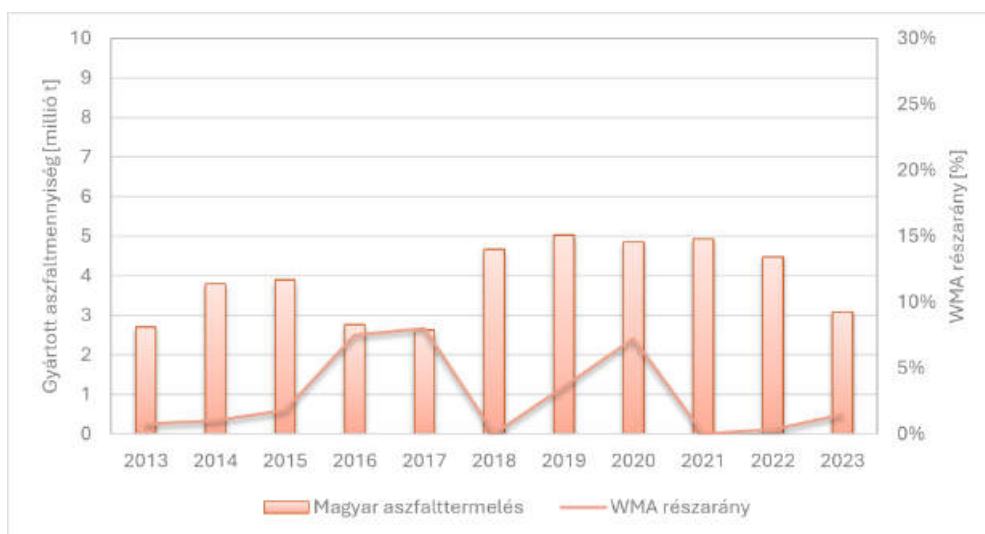
Az előzőekben ismertetett kutatási eredmények is rávilágítanak arra, hogy a gyártási fázisokban jelentős mértékű energia és ezáltal CO₂ emisszió takarítható meg. Erre vonatkozóan már Magyarországon is rendelkezésre állnak a mérsékelt meleg aszfaltkeverékek előállításához szükséges technológiák és feltételek. A WMA-k előállítása – a teljesség igénye nélkül – történhet:

- kémiai adalékszeres eljárással,
- természetes adalékszeres eljárással,
- habosító adalékszerekkel,
- habosító berendezéssel előállított habosított bitumennel,
- alacsony viszkozitású bitumenekkel.

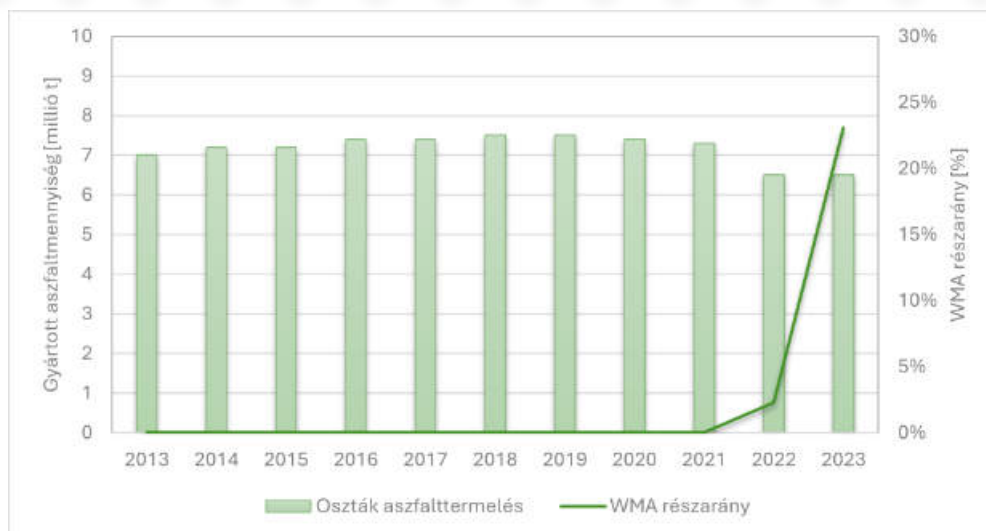
Ezek közül a Rijkswaterstaat által publikált, a 2030-ra elrendő klímasemlegességet megcélzó stratégiai intézkedé-

sek kizárólag a habosító berendezéssel működő bitumen-habosítási technikát veszi számításba, mivel az adalékszeres eljárásoknál számolni kell az adalékszer előállítása és annak szállítása során felhasznált energiával is, ami végsősoron mérsékli az energiacsökkentésre irányuló folyamatok összességének hatékonyságát.

Az Európai Aszfaltipari Egyesülés (EAPA) által minden évben, az aszfaltiparról megjelentetett kiadvány (Asphalt in Figures) objektív betekintést enged a mérsékelt meleg eljárásokkal gyártott aszfaltkeverékek mennyiségi alakulásáról [1]. Ezen adatok alapján a hazai WMA-termelés 2013-2023 közötti alakulását tekintve, a teljes aszfalttermelési mennyiséghez viszonyítva, átlagosan 2,9%-ot tett ki, azonban évről évre jelentősen ingadozó mennyiséggel (9. ábra).



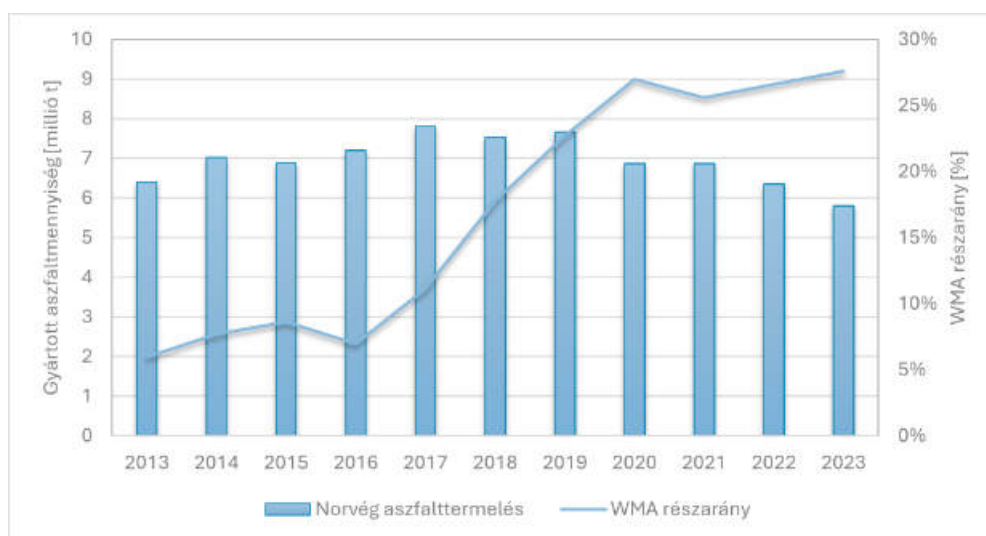
9. ábra – A magyarországi aszfalttermelés és azon belül a WMA arány alakulása 2013 és 2023 között



10. ábra – Az osztrák aszfalttermelés és azon belül a WMA arány alakulása 2013 és 2023 között

Ausztria esetében célszerűbb a gyártási mennyiségeket – a több mint négyszer akkora és magasabb egy főre jutó GDP-vel, de majd fele annyi lakossal rendelkező – Norvégia aszfalttermelésével összevetni. A korábban már hivatkozott norvég publikáció mutatta be azt is, hogy megrendelői oldal milyen módon támogatta a WMA elterjedését a szerződéses feltételeken keresztül. A 11. ábrán lát-

ható, hogy amikor 2016-ban módosítottak ezeken feltételeken és változtatták a pályázati eljárás bírálati szempontjain, akkor kismértékben visszaesett a WMA eljárással készült aszfaltkeverékek részaránya, viszont az azt követő évtől – az új felhő alapú EPD-számítási módszer bevezetése után – dinamikusan növekedett egészen 27-28%-os részarányig.



11. ábra – A norvég aszfalttermelés és azon belül a WMA arány alakulása 2013 és 2023 között

A WMA technológiák mellett nem csak gyártástechnológiai eljárások lehetnek az energiacsökkentés eszközei az aszfaltiparban. A tudatos folyamatszervezések, a kritikus energiát igénylő folyamatok optimalizálása is segíthet a társadalmi felelősségvállalási célok elérésében. Ilyen lehet például az adalékanyagok nedvességtartalmának alacsonyan tartása, ezáltal kevesebb fűtőanyag felhasználást elérve. Ennek számszerűsítésére az egyesült államokbeli National Asphalt Pavement Association (NAPA) adott ki egy rövid összefoglaló anyagot, amelyben a nedvességtartalom és az adalékanyag szárításához használt fűtőanyag-mennyiség közötti kapcsolatot ismerteti [8]. Ebben az „1-11-11 szabályt”

részletezve ismerteti a NAPA, hogy kutatásuk szerint 1% nedvességtartalom növekedés az adalékanyagban fajlagosan és átlagosan 11%-kal nagyobb mennyiségű fűtőanyagot igényel annak kiszáritásához, és mindemellett 11%-kal csökkenti az aszfaltkeverő termelési kapacitását. Ezek a számok átlagoknak tekinthetők, a használt eszközök, az adalékanyag típusa, frakciója, a körülmények, stb. minden esetben befolyásolják azok alakulását, de több szakirodalmi forrás is 10-14% közé teszi a szükséges fűtőanyag-többletet az adalékanyag kiszáritására, ha annak nedvességtartalma 1%-kal magasabb. A megfelelő deponálás és készletkezelés tehát szintén segítheti az energiacsökkentésre irányuló törekvéseket.

Egyre többször jelenik meg nemzetközi publikáció természetesen alapú kötőanyagokkal kapcsolatos kutatások eredményéről, amelyek az alapanyagul használt növények jellegétől függően segíthetik a karbonsemleges vagy negatív szénlábnymű aszfaltkeverékgyártást elérését is. Ez – természetesen – a számítási módszer jellegétől függő elérhető eredmény, de tény, hogy olyan, az elmúlt időszakban rendszeresen kutatott téma, amely ma még tömegtermelésre nem alkalmas kötőanyagokkal kapcsolatos eredményeket mutat be, viszont a jövőre vonatkozó alternatívát jelenthet.

A holland Rijkswaterstaat publikációja a 2030-ra elérendő klímasemlegességet megcélzó stratégiája a keverőtelepek „zöld energiára” való átállásánál két eshetőséggel

számol: vagy a kevésbé fenntartható, de a jelenlegi gyakorlatban alkalmazott földgáznál környezetkímélőbb „zöld hidrogénnel”, vagy a „zöld” módon megtermelt energiára való átállással és elektrifikációval. A holland kormány – a már meglévő energetikai infrastruktúrát alapul véve – az alacsony hőmérsékleten történő aszfaltgyártáshoz jobban illeszkedőnek és hosszú távon fenntarthatónak, ezáltal a 2030. évig elérendő klímacélok egyik eszközének, az aszfaltkeverőtelepek elektrifikációját tartja.

A fent ismertetettek alapján biztosan van még lehetőség az aszfaltipar számára az energiacsökkentés, ezáltal a társadalmi felelősségvállalás területén való előrelépésre.

2.2. Az újrafelhasználás (reuse) és újrahasznosítás (recycling) társadalmi felelősségvállalási szempontjai az aszfaltiparban

Az aszfaltipar környezeti szempontú előnye, hogy az aszfaltburkolatból kikerülő visszanyert aszfaltok teljes mértékben újrafelhasználhatók. Természetesen ez függ a visszanyert aszfalt depó minősítési jellemzőitől is, amelyek meghatározzák az aszfaltgyártás során azzal alkalmazható maximális visszaadagolás mértékét. Ezen a területen a hazai szabályozás az elmúlt időszakban jelentős fejlődésen ment keresztül. Az előírásokban szereplő korábbi maximális értékeknél – a szükséges technológiai háttér megléte mellett – ma magasabb elméleti visszaadagolási lehetőségét ismertetik és szabályozzák a vonatkozó üzemi műszaki előírások. Így érhető el jelenleg magasabb visszaadagolási arány Magyarországon, mint – az üzemi szempontból hasonló technológiai és szabályozási fejlettségi szinten lévő – Portugáliában.

Társadalmi és környezeti szempontból jelentős kérdés az újrafelhasználás és újrahasznosítás témaköre, mert minél nagyobb mennyiségben tudja az aszfaltipar a körforgásos gazdaságba bekapcsolni visszanyert aszfaltokat, annál nagyobb mennyiségben csökkenthető a primer nyersanyagok felhasználása, ezáltal a bányászati tevékenységek környezetet érintő tevékenysége.

Vannak azonban az elméleti 100%-os visszanyert aszfalt újrafelhasználási határt befolyásoló és korlátozó tényezők is. Az egyik ilyen az adagolási-keverési technológiák alkalmazása a keverőtelepeken. A német gyakorlatban jelentős, alsóbb rétegekbe kerülő aszfaltkeverékekbe történő 65-

75%-os visszaadagolási arány eléréséhez minden esetben olyan gépészeti-technológiai megoldásra van szükség, mint a párhuzamos dobbal ellátott aszfaltkeverő, amely képes külön szárító dobban – a primer adalékanyag szárítási hőmérsékletétől eltérő hőmérsékleten – kiszárítani a visszanyert aszfaltot, így megőrizve annak kötőanyagának előnyös jellemzőit. Az alapanyag oldaláról tekintve, másik korlátozó tényezők lehetnek az aszfaltburkolatból kikerülő visszanyert aszfalt tulajdonságai, minősítő jellemzői, amelyek behatárolhatják az elméleti visszaadagolás mennyiségét, de szélsőséges esetben – amely a 50-60-70 éve épült hazai mellékúthálózatok felújításának időszerűségével egyre többször előfordulhatna – akár a visszanyert aszfalt alkalmatlanságát is magával hozhatják. A jelenlegi előírás ugyan 10% mértékben megengedi a „leöregedett” visszanyert aszfaltok visszaadagolását is hideg eljárással, de célszerű lehet a visszanyert aszfaltok értékalapú osztályozása a benne lévő kötőanyag hasznossága (kvalitatív jellemző) és hasznosíthatósága (kvantitatív jellemző) alapján, azaz mi módon, milyen mértékben adagolhatók vissza és milyen anyagokba. Ennek jelentősége felértékelődhet tekintettel arra, hogy ugyan még mindig vannak hiányzó és kiépítésre váró gyorsforgalmi útszakaszok a magyar hálózaton, de a hálózat magasfokú kiépülésével jobban előtérbe kerül majd annak üzemeltetése, ezáltal a helyreállító-felújító jellegű munkák ütemezése, amely egyértelműen a visszanyert aszfalt mennyiségének növekedését fogja jelenteni.



12. ábra – A magyarországi keletkező és rendelkezésre álló visszanyert aszfalt mennyiség alakulása 2022-2023

Ha a magyarországi visszanyert aszfalt alakulását vesszük alapul, akkor – az EAPA közlése alapján – növekedett az elmúlt két évben az elérhető és felhasználható mennyiség [1] (12. ábra). Szintén az EAPA által közölt anyag tartalmazza a felhasználás módját is, amely arra mutat rá, hogy milyen arányban került újrafelhasználásra (tehát aszfaltkeverékbe

visszaadagolásra) és újrahasznosításra (azaz az eredeti funkciójától eltérő módon felhasználásra) a keletkezett visszanyert aszfalt. E kettő módon került a teljes visszanyert aszfalt mennyiségének 97% felhasználásra, ami kedvezően magas arány (13. ábra).



13. ábra – A visszanyert aszfalt felhasználás szerinti megoszlása 2023

A jövőben várható felújítások és a kiépítési fázisból üzemeltetési fázisba áttérő útadminisztráció alapján javasolható az értékalapú visszanyert aszfalt minősítés kidolgozása, amely történhet például a földműanyagok felhasználási szempontú minősítésére alkalmazott rendszer (M1-M6) szerint. Erre a jelenlegi visszanyert aszfaltokra vonatkozó előírások alapján az 1. táblázat szerinti értékalapú felosztás lehet példaként javasolható. Egy ilyen jellegű minősítés ösztönözné például a rétegenként történő burkolatmarást, mert azzal magasabb értékű – tehát jobb minőségű (RA1-RA2) – visszanyert aszfalt depó készíthető elő az újrafelhasználásra. A lenti minősítés alapján egyértelműen meghatározhatók lehetnek az RA3 és RA4 osztályok, amelyek az alacsonyabb értékű és közös lágyuláspont nélkül újrafelhasználható visszanyert aszfaltokat jelölhetnék. A német

gyakorlatban már alkalmazott, hazánkban még nem épített, 100% visszanyert aszfaltból felmelegítés után finiszerrel terített rugalmas burkolatalapok elterjedését segítheti az RA5 osztály meghatározása. Egyéltelmű azonosíthatóságot biztosítana olyan, régi aszfaltburkolatokból kikerülő visszanyert aszfaltdepók esetén az RA6 és RA7 jelölés, amely a hidegaszfalt keverékbe visszaadagolható, vagy a helyszínen remix technológiával burkolatalap alapanyagaként szolgáló visszanyert aszfaltokat jelölhetné. És végül a fenti osztályoknak vagy kategóriáknak megfelelő technológiával már nem újrafelhasználható visszanyert aszfaltok kerülhetnek, amelyek főleg szemcsés anyagként – tehát a legkisebb értéket képviselve, a kötőanyag jellemzőit figyelmen kívül hagyva – kerülhetnek a körforgásos gazdaságba, mint szemcsés burkolatalap vagy padka anyaga.

Technológiai osztályozás	Értékalapú osztályozás			RA osztály
Melegaszfalt keverékben alkalmazva (HMA v. WMA)	Modifikált	Melegen adagolva (max. 25-40 m%)	közös LP ellenőrzéssel	RA1
		Hidegen adagolva (max. 15-20 m%)		
		Melegen adagolva (max. 15-30 m%)	közös LP ellenőrzés nélkül	RA3
		Hidegen adagolva (max. 10-20 m%)		
	Útépítési	Melegen adagolva (max. 25-40 m%)	közös LP ellenőrzéssel	RA2
		Hidegen adagolva (max. 15-20 m%)		
		Melegen adagolva (max. 15-20 m%)	közös LP ellenőrzés nélkül	RA4
		Hidegen adagolva (max. 10-15 m%)		
Meleg eljárást alkalmazva	Rugalmas burkolatalap réteggént			RA5
Hideg eljárást alkalmazva	Hidegaszfalt keverékbe			RA6
	Burkolatalap réteggént (remix)			RA7
Adalékanyagként alkalmazva	Szemcsés anyagként pl. burkolatalap rétegbe, padkába, stb.			RA8

1. táblázat – Az értékalapú visszanyert aszfalt minősítő osztályok egy lehetséges kialakítása

A fenti minősítő, értékalapú osztályok bevezetése ugyan nagyobb depóniaterületeket igényel, viszont megkönnyíti-

heti az aszfaltgyártásban résztvevők munkáját a jelölések bevezetésével és egyértelmű alkalmazhatóságával.

2.3. A közút zajterhelés társadalmi felelősségvállalási szempontjai az aszfaltiparban

Kiseb mértékben szokott figyelmet kapni, azonban az elektromos autók terjedésével és a társadalmi igények erősödésével egyre jobban előtérbe kerül a közút környezetében keletkező közúti zajterhelés kérdése. A szabályozási környezet több lehetőséget ad a tervezők kezébe, azonban azok általában – költségigényük mellett – területet is igényelnek az út környezetéből, amely egy gyorsforgalmi út városi bevezető szakaszán vagy egy főút települési átkelési szakaszán nehezen tervezhető és kivitelezhető. Éppen ezért kézenfekvő, hogy az elsődleges zajcsökkentő megoldást a – mindenképpen megépülésre kerülő – aszfaltburkolaton valósítsuk meg. Természetesen, a zajcsökkentő burkolatok

korlátozott mértékű zajemisszió-csökkenést (max. 3-7 dB) tudnak csak biztosítani, azonban a decibel skála sajátossága miatt ez is kb. 30-50%-os forgalomcsökkenésnek feleltethető meg [9].

Az Európai Bizottság által megjelentetett kiadvány tartalmaz egy összefoglaló ábrát a közúti zaj csökkentésében alkalmazható megoldásokról és azok hatékonyságáról (14. ábra). Költséghatékonysági szempontok alapján egyedül a zajcsökkentő burkolatoknak adtak a tanulmány szerzői öt csillagot, amely szintén rávilágít az azokban rejlő lehetőségekre, amikor a közúti zaj témája szóba kerül a társadalmi felelősségvállalás kapcsán.



14. ábra – Az Európai Bizottság által összegyűjtött közlekedési zaj lehetséges csökkentési módszerei [9]

Egy átfogó, európai kutatás és tanulmány eredményeként olyan modellt dolgoztak ki, amellyel meghatározták az európai fővárosokban, a zajemisszióknak kitett lakosok számát és megbecsülték az általuk zajterheléstől elszenvedett egészségügyi kockázatok mértékét [10]. Ez a tanulmány Budapest zajterhelési helyzetét is vizsgálta, amely alapján megbecsülték a különböző mértékű zajterhelésnek (L_{den}) kitett lakosok számát (15. ábra). Ezek alapján 685 000 főt soroltak Budapesten a zajemisszióknak egészségügyi szempontból kitett kategóriába (ez a budapesti lakosok nagyjából 38%-a), akik közül 110 000 főt zavaró mértékű, tehát az L_{den} határértéket meghaladóan érinti a közlekedési zaj.

A kutatók által alkalmazott modell által meghatározták a közúti zaj által közvetve okozott, például keringésre vagy idegrendszerre gyakorolt hatás alapján az egy évben, Budapesten élők által összesen elvesztett életéveket (YLL), ami a

korai halálozás mérőszáma. Az eredmények alapján – 95% megbízhatósági index mellett – 803 elvesztett életévet határoztak meg és 86 fő korai halálozását kötötték a közúti zajterhelés közvetett hatásához. Ez jelentős szám, ha azt tekintjük, hogy az élet mindennapjaihoz hozzátartozó tevékenység, a közúti utazás által okozott zajhatás az oka.

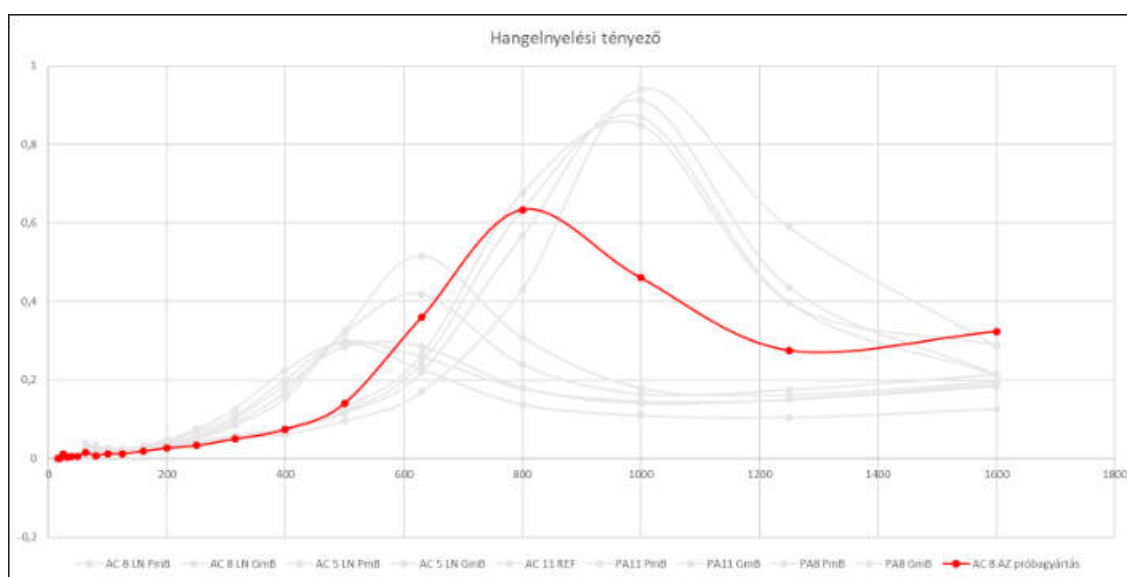
A Colas magyarországi cégcsoportjánál éppen ennek indokán jelentős laboratóriumi kapacitásokat használtunk fel egy alacsony zajszintű aszfaltkeverék koncepciójának kidolgozására. Felhasználva a korábbi hazai, a német és a francia kutatások eredményeit, egy olyan AZ (alacsony zajszintű) jelölésű aszfaltkeverék koncepciója került kidolgozásra, amely a jelenleg leggyakrabban alkalmazott AC 11 kopó keverékeknel jobb zajelnyelő képességgel rendelkezik, viszont a jelenleg megoldásként alkalmazott – és jobb zajelnyelő képességgel bíró – porózus aszfalttal (PA) hosszabb

várható élettartammal bír. A laboratóriumi fejlesztés során egy olyan impedancia csöves eljárással kerültek ezen aszfaltkeverékek hangelnyelő képességei meghatározásra, amely a különböző frekvencia-tartományokban, ezen belül is a 800-1200 Hz-es, a közúti forgalomra jellemző tartományban is, képes megadni ezt az akusztikai jellemzőt. A hagyományos aszfaltkeverékek és a burkolatként nyitottabb

felületű (16. ábra), de a PA-khoz viszonyítva jóval alacsonyabb hézagtartalmú AZ jelölésű keverék hangelnyelési jellemzőjének alakulását a 17. ábra szemlélteti. A 0,8-1,0 maximális hangelnyelési tényezővel a porózus aszfaltok bírtak, míg a hagyományos AC 11 kopó keverék hangelnyelési tényezői 0,15 – 0,3 értékek között változtak.



15. ábra – Az elkészült AC 8 AZ (alacsony zajszintű) aszfaltburkolat felületi képe a kísérleti építés után



16. ábra – A különböző típusú aszfalt kopórétegek hangelnyelési tényezőjének alakulása

A fenti példa is jól szemlélteti, hogy már rendelkezésre állnak megoldások a közúti zaj közvetlen vagy közvetett hatásainak mérséklésére, és annak a legköltséghatékonyabbnak vélt módja, ha az aszfaltburkolat maga zajcsökkentő is egyben. És ez az elektromos autózás részarányának növeke-

désével további racionalizálási lehetőségeket biztosíthat, egyre több területen lesz létjogosultsága az AZ kopórétegeknek.

3. Összefoglalás

Mikor szóba kerül a társadalmi felelősségvállalás, akkor az aszfaltipart érintően sokaknak a „zöldítés” jut az eszébe. Mivel az útépítés folyamata maga energiaigényes eljárások összessége, ezért számtalan részfolyamat ilyen szempontú optimalizációja valósítható meg. Korábbi kutatások feltár-

ták már azokat a lehetőségeket, amellyel az építőipar hozzá tud járulni a karbonlábnyom csökkentéséhez, azonban belső vagy külső kényszerek (norvég vagy holland példa) hiányában – önkéntes alapon – az aszfaltiparban tevékenykedő vállalatok csak korlátozottan alkalmazták

ezeket az eljárásokat. Azok elterjedéséhez legtöbb esetben megrendelői igénynek is párosulni kellett, ahogyan a bemutatott példák is mutatták.

Jelen cikk rávilágít arra, hogy milyen mértékű lehetősége van az építőiparnak, azon belül is az aszfaltiparnak, a karbonlábnyom csökkentésében és bemutatott néhány eljárást vagy technológiát azok közül, amelyek jelenleg is elérhetők a piacon.

A szakirodalmi kutatások alapján látható, hogy az alapanyag- és keverékgyártás még mindig jelentős részét teszi (kb. 73%) ki az aszfaltburkolat építési folyamat CO₂ emissziójának új burkolat építése esetén.

A holland kutatás rávilágított arra, hogy a jelenlegi – már amúgy is alacsony CO₂ emissziós – technológiájú aszfaltgyártás és -burkolatépítés folyamatait, további optimalizálás mellett, kb. 50-55%-kal véli csökkenthetőnek a Rijkswaterstaat 2030-ig.

Az aszfaltkeverék gyártási hőmérsékeltének csökkentése magával hozza a CO₂ emisszió csökkenését is, amely már több – akár külön beruházás nélküli gyártástechnológiával – is elérhető. Ezekre is néhány példával utalt a cikk, amelyben látható volt, hogy más országokban – ahol a gyártási hőmérséklet csökkentése szabályozásokon alapulva elvárt vagy pályázatok során versenyelőnyt jelent – a WMA-gyártás részaránya stabilan növekvő (osztrák) vagy magas szinten stagnáló (norvég) jelleget mutat.

A visszanyert aszfalt eseténben a hazai szabályozás nagyot lépett előre, azonban a gyakorlatnak még nem volt ideje kellő mértékben hozzáigazodni és kiaknázni az abban rejlő lehetőségeket. Ezért tett javaslatot a cikk egy, a földműanyagok minősítéséhez hasznuló összefoglaló táblázatra (1. táblázat), amely megkönnyítheti a gyakorlatban a különböző módon és rétegből visszanyert aszfaltok újrafelhasználását. A táblázat iránymutatóként tekintendő és a

hatályban lévő útügyi műszaki előírás alapján, a visszanyert aszfalt értékalapú besorolása szerint került kialakításra.

A közúti zaj és az az által okozott egészségügyi hatásokról viszonylag kevés szó esik. Viszont, amikor a társadalmi felelősségvállalásról beszélünk, nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt. Az Európai Bizottság korábbi tanulmánya rávilágít arra, hogy milyen mértékű problémáról is van szó és a cikk „közelebb hozta” annak eredményeit a hazai szakemberekhez azzal, hogy a modell Budapestre vonatkoztatott számait bemutatta. Az közúti zaj mechanizmusa és annak hatása tehát értelmezhetőbbé vált ezáltal, amelyet az elektromos autók terjedése – amelyek esetén már jóval alacsonyabb sebesség mellett is a gördülési zaj válik dominánssá – még központibb kérdéssé emel fel. A cikk bemutatott erre a szociális felelősségvállalási területre vonatkozóan is már létező megoldást (PA), és röviden ismertette a Colas Hungáriánál az elmúlt évek kutatása során kidolgozott AZ (alacsony zajszintű) aszfaltkeveréket is.

Széles tehát a paletta, ha az aszfaltipar (keverékgyártás és burkolatépítés) tenni szeretne gyermekeink jövőjéért a társadalmi felelősségvállalás keretein belül, azonban biztosan nem lesz egyszerű a változtatás. El kell fogadnunk, hogy egyes kutatási irányok nem feltétlen vezetnek ahhoz a célhoz, amit kitűztünk magunk elé, de minden megszerzett ismeret – legyen az az aszfaltipar bármely területe – hasznos lehet a fejlődés, a szemléletváltás útján. Sokszor azonban nincs is szükség az egyes folyamatok saját kutatásokkal történő fejlesztésére, általában már rendelkezésre áll olyan eljárás vagy technológia, amelynek adaptációjával szinte azonnali előnyöket lehet elérni a társadalmi felelősségvállalás szempontjából fontos olyan területeken, mint a CO₂ emisszió, az energiafelhasználás vagy a közúti zaj csökkentése.

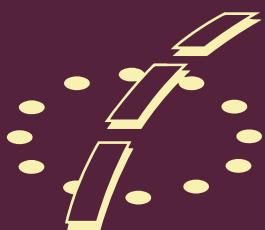
Felhasznált irodalmak

- [1] European Asphalt Pavement Association (EAPA) (2024), Asphalt in figures 2023. <https://eapa.org/>
- [2] Eurostat (2024), „EU Economy Greenhouse Gas Emissions Down, GDP Stable in Q3 2023.” <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240214-2>.
- [3] Eurostat (2025), „Greenhouse gas emissions by economy and GDP in the EU, Q3 2024.” <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250213-1>.
- [4] European Asphalt Pavement Association (n.d.). *Warm mix asphalt*. <https://eapa.org/warm-mix-asphalt/>
- [5] Z. Florkova et al. (2021), *The environmental impact of asphalt mixtures production for road infrastructure*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1015 012097, 2021. DOI 10.1088/1757-899X/1015/1/012097.
- [6] E. K. Sund, T. A. Lunaas (2022), *Innovative Pavement Contracts to Reduce CO2-emissions*. SURF 2022, Milano, Italy, p. 283.
- [7] R. Hofman, L. Mensink, I. van Vilsteren (2024) *The Dutch transition towards sustainable pavements*. 8th E&E Congress, Budapest, Hungary, 19-21 June 2024
- [8] Asphalt Pavement Magazine (2020), *Aggregate Moisture Measurement*, 2020. január/február, Vol. 25, Nr. 1. pp. 77-78.
- [9] European Commission, Directorate-General for Environment (2016), *Noise Abatement Approaches*. Publications Office of the European Union, 2016. <https://ec.europa.eu/science-environment-policy>
- [10] S. Khomenko, M. Cirach, J. Barrera-Gómez, E. Pereira-Barboza, T. Iungman, N. Mueller, M. Foraster, C. Tonne, M. Thondoo, C. Jephcote, J. Gulliver, J. Woodcock, M. Nieuwenhuijsen (2022), *Impact of road traffic noise on annoyance and preventable mortality in European cities: A health impact assessment*, Environment International 162 (2022) 107160.

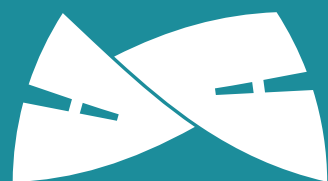
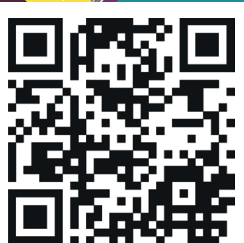
Two events One venue

Vienna

10 - 12 June 2026



EAPA
WORKSHOP



3RD E&E EVENT

CDE – Közös adatkörnyezet a gyakorlatban

Pető Lili



BIM Szakmérnök
Swietelsky Magyarország

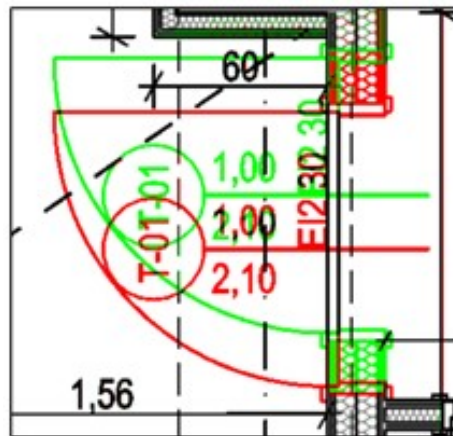
Előadásom célja volt, hogy bemutassam a CDE (Common Data Environment), azaz a közös adatkörnyezet gyakorlati alkalmazását. A témát különösen aktuálissá teszi, hogy a 2024-ben megjelent BIM jogszabály szerint a közös adatkörnyezet használata állami beruházások esetén 2028-tól kötelezővé válik.

Az MSZ EN ISO 19650 szabvány a CDE-t így határozza meg: „Bármely adott projekt vagy eszköz/létesítmény megállapodás szerinti információforrása, az egyes információkonténerek irányított folyamat szerinti gyűjtésére,

kezelésére és terjesztésére.” A gyakorlatban ez egy felhőalapú felületet jelent, ahol a projekthez kapcsolódó dokumentumok, tervek, feladatok és tervszrevételek egy helyen, átlátható módon kezelhetők. A jogosultsági rendszernek köszönhetően mindenki mindig az aktuális, számára releváns információkhoz fér hozzá. A számos elérhető megoldás közül cégünk a Daluxot választotta, mivel magyar nyelven is elérhető, erős 3D megjelenítési lehetőségeket kínál, és mobilalkalmazásán keresztül is gyorsan, felhasználóbarát módon használható.

BOX Modul

A Box Modul elsősorban a tervezési fázis dokumentumkezelését támogatja. Itt hozható létre a mappastruktúra a tárolandó fájlok számára, és ide kerülnek feltöltésre a dokumentumok. A fájlok feltöltésekor elindítható egy előre beállított jóváhagyási folyamat, így a dokumentum automatikusan a megfelelő személyhez jut, aki jóváhagyásra jogosult. A fájlok státusz szerint külön mappákban tárolódnak (feltöltött, várakozó, jóváhagyott). Opcionálisan alkalmazható nevezéktan is (ez nem kötelező, de erősen ajánlott), amely biztosítja a rendszerezett, szűrhető fájlstruktúrát. A Dalux verziókezelése révén a korábbi és újabb verziók összehasonlíthatók: a változtatások automatikusan kiemelésre kerülnek (pl. zölddel az első, pirossal a második verzió), így a módosítások gyorsan áttekinthetők:



1. kép – Tervverziók összehasonlítása (forrás: Swietelsky)

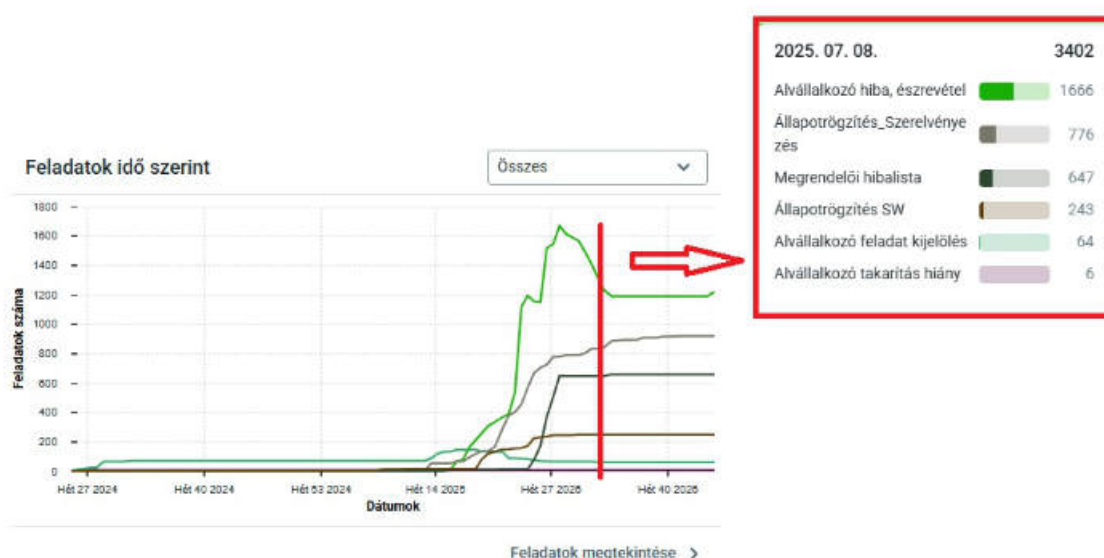
További hasznos funkció a Boxban a megjegyzések létrehozása. Kommunikációs csatornákon keresztül lehet téveszrevételeket tenni, így az adott megjegyzésünk csak annak lesz látható, akinek szánjuk. A megjegyzés létrehozásakor

különböző rajzi eszközökkel jelölhetjük a kérdőjeles részt, majd egy korábban létrehozott űrlap kitöltésével már létre is jön a megjegyzés és át is kerül ahhoz a személyhez, akinek ezzel dolga van.

FIELD Modul

A Field modul már a kivitelezés menedzselésére alkalmas. Feladatok kiosztása és nyomon követése lehetséges a platformon, mindez helyhez kötött, alaprajzhoz rögzíthető. A feladatok különböző munkacsomagok révén szétválnak, így itt is igaz, hogy mindenki csak a számára relevánsat látja. A feladatok státusza is nyomon követhető,

valamint minden feladat megjeleníthető szintenként az alaprajzokon, illetve lista-szerűen is. A létrehozott feladatok monitorozása is lehetséges, különböző diagramok és kimutatások révén. Például itt láthatjuk a különböző típusú feladatok mennyiségét egy adott napon:



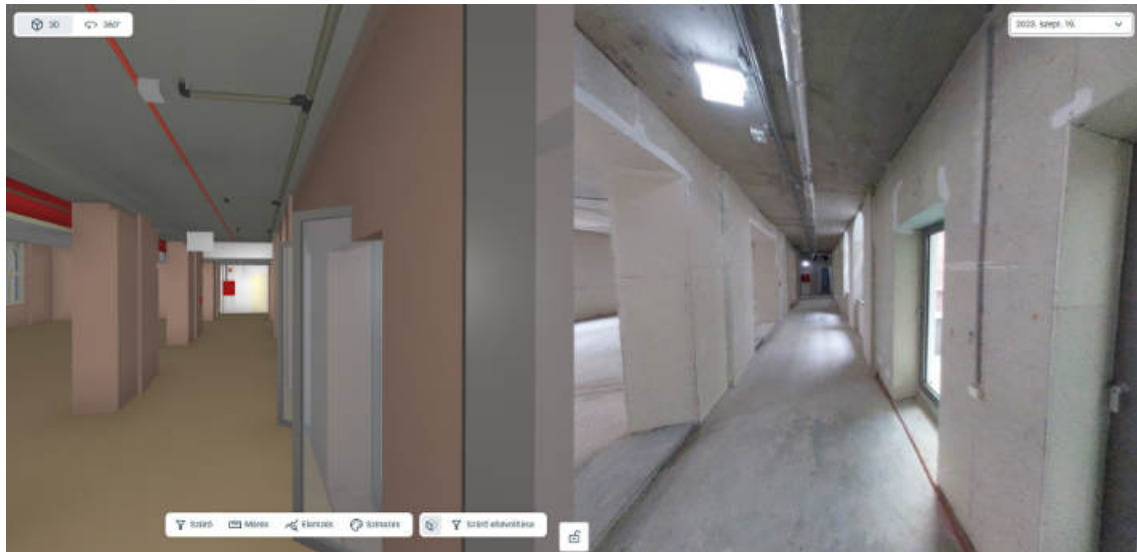
2. kép – Feladatok diagramos kiértékelése (forrás: Swietelsky)

Hasznos funkció a 360°-os fotók készítésének lehetősége és alaprajzhoz, vagy helyiséghez rögzítése. Ezáltal gyorsul az állapotfelmérés folyamata, hiszen elegendő 1 szobában 1

pontban rögzíteni. A különböző időpontban rögzített képek összehasonlíthatók egymással (3.kép) és a 3D modellel is (4.kép):



3. kép – Különböző dátumú 360° fotók összevetése (forrás: Swietelsky)

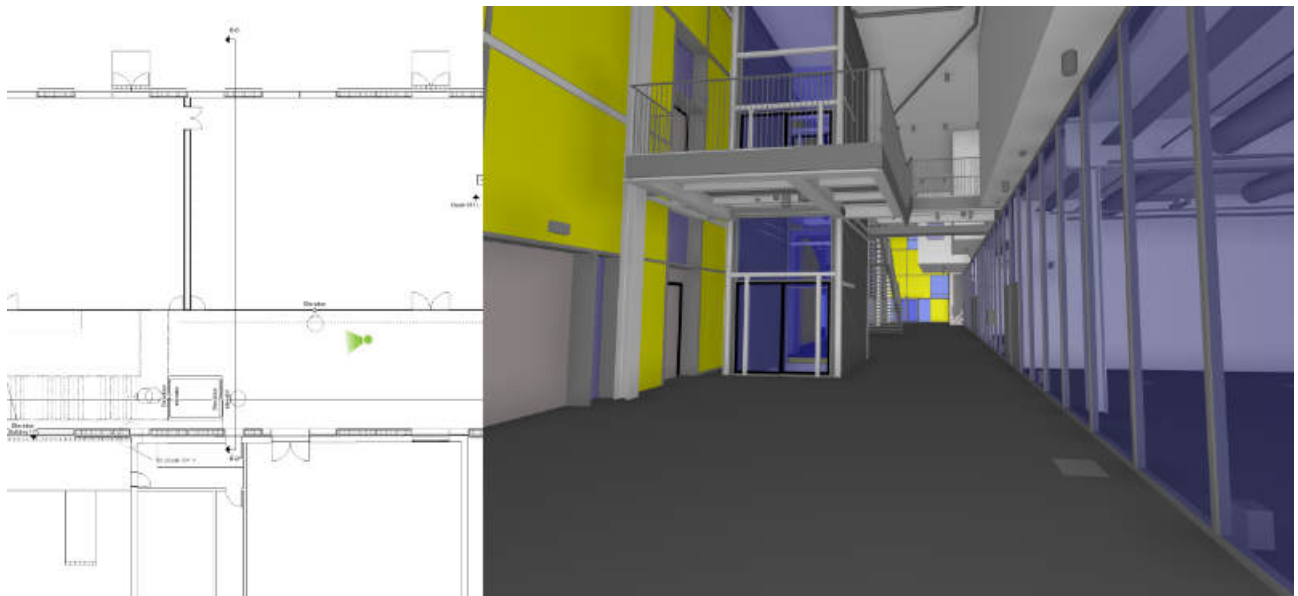


4. kép – 360° fotó és 3D modell összevetése (forrás: Swietelsky)

Helyszínek

A Helyszínek modulban történik a 3D modell kezelése: itt lehet a modellt mérni, vágni, színezní különböző paraméterek alapján és nézeteket menteni belőle. A hibrid nézetek bekapcsolásával a 2D tervek és a 3D nézetek

összehasonlíthatók egymással, mely nagyban tudja segíteni a tervek megértését. A lenti kép bal oldalán látható az alaprajz, ott zölddel jelölve a pont, ahol állunk. Jobb oldalon pedig a 3D modellt tekinthetjük meg ebből a pontból:



5. kép – Hibrid nézet: Osztás (forrás: Dalux mintaprojekt)

Az alapfunkciókon túl...

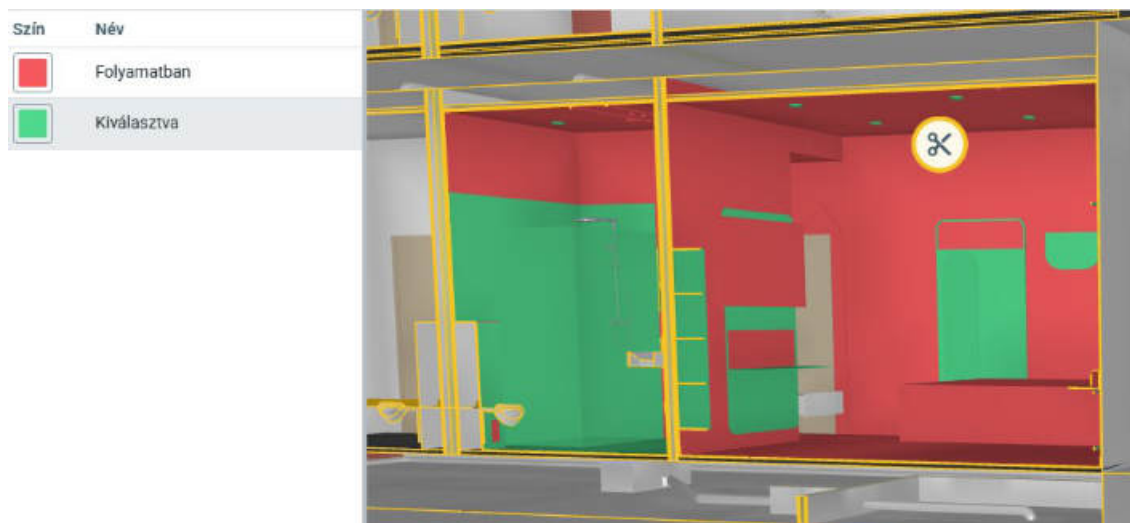
Csapatunk célja, hogy minden releváns munkafolyamat ezen a felületen kapjon helyet, így biztosítva az információk egységes elérését. A rendszer lehetőséget ad különböző jegyzőkönyvek és naplók kezelésére, az egyedileg kialakítható ellenőrzőlisták segítségével. Így többek között a mun-

kavédelem, napi napló, betonozási napló és próbakocka jegyzőkönyvek is nálunk itt működnek.

Mivel a 3D modell is helyet kap a platformon, így annak felhasználását is igyekszünk itt megoldani. Például a modelltől nyert mennyiségi listák előállíthatók, majd elment-

hetők. Az ütközésvizsgálatok is lefuttathatók, valamint paraméter ellenőrzés is elvégezhető. A modell elemekben tárolt információk alapján a modell színeztető, így vizuális segítséget nyújthat a kivitelezői csapatoknak. Például alább

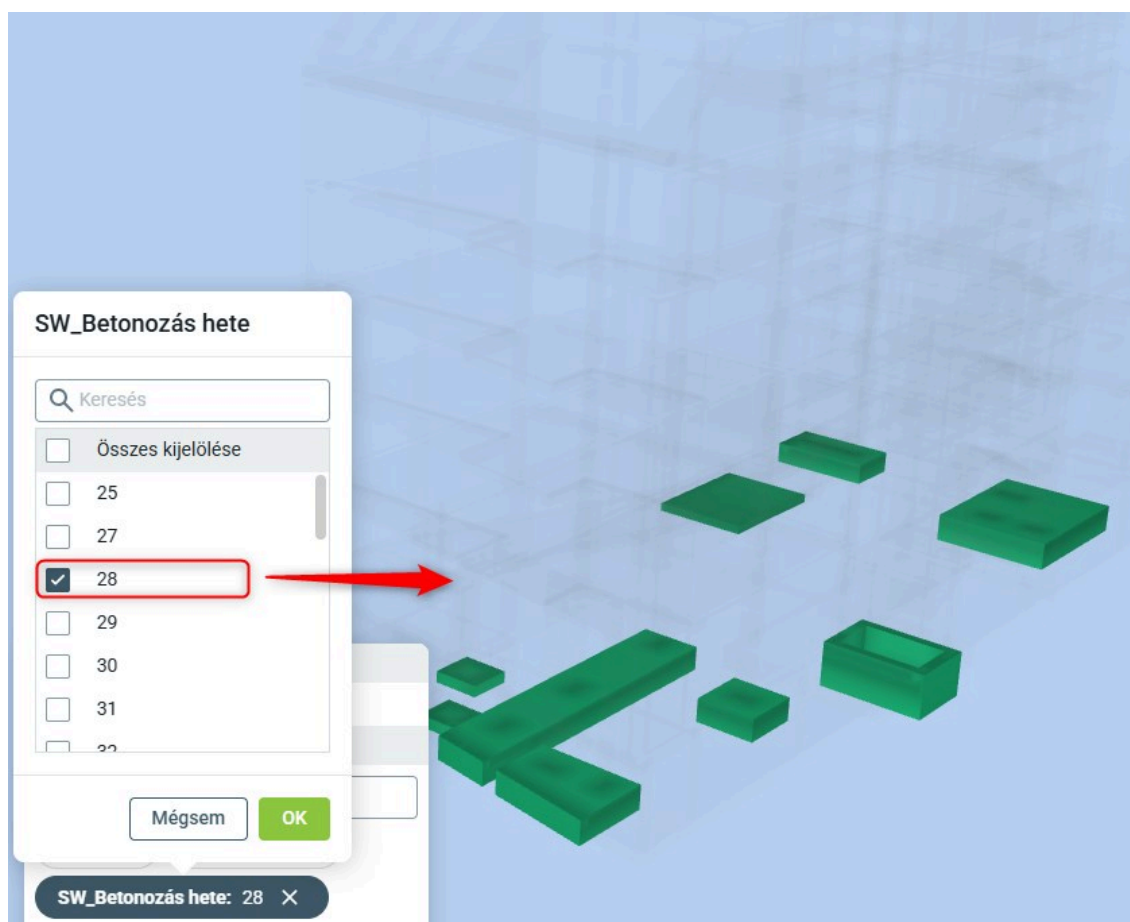
látható egy hotel szoba: zölddel látszódnak a már kiválasztott belsőépítészeti anyagok, pirossal pedig amik még nincsenek kiválasztva.



6. kép – Paraméter szerinti színezés (forrás: Swietelsky)

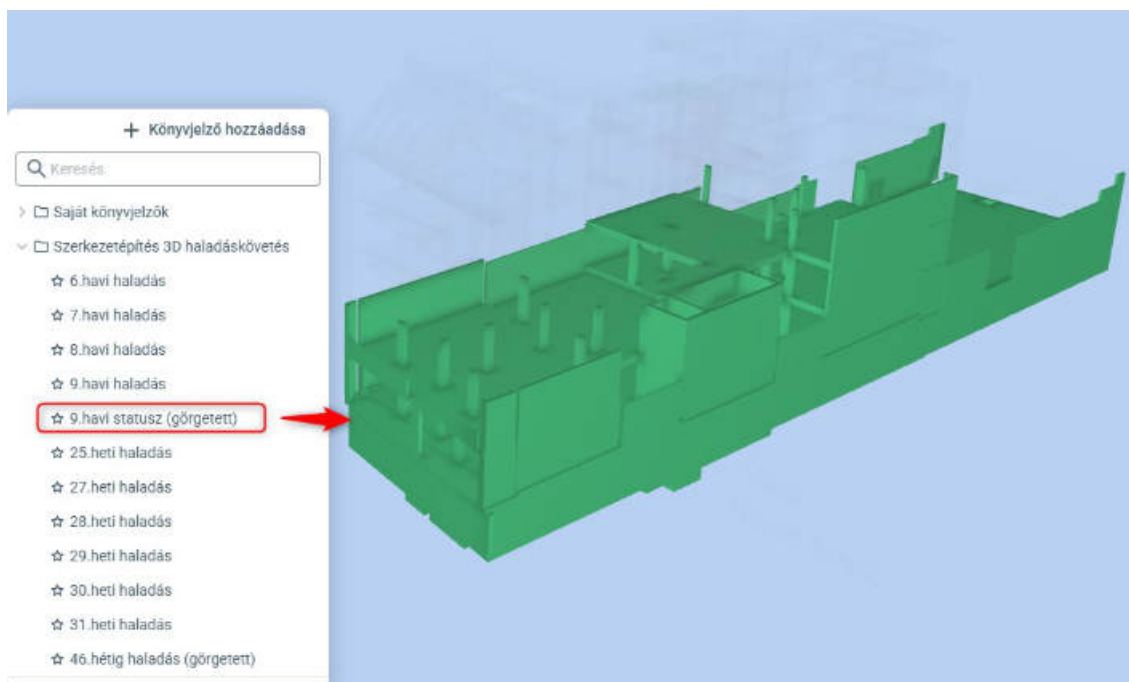
A modellbe bevihetők új paraméterek, így például a betonozás dátumával tudjuk követni a kivitelezés haladását. Szűrésekkel és könyvjelzők mentésével pedig mindenki

számára hozzáférhetővé tehetjük ezeket az adatokat. Alább a képen láthatjuk egyik projektünk szerkezeti állapotát a 28.héten:



7. kép – 3D haladáskövetés (forrás: Swietelsky)

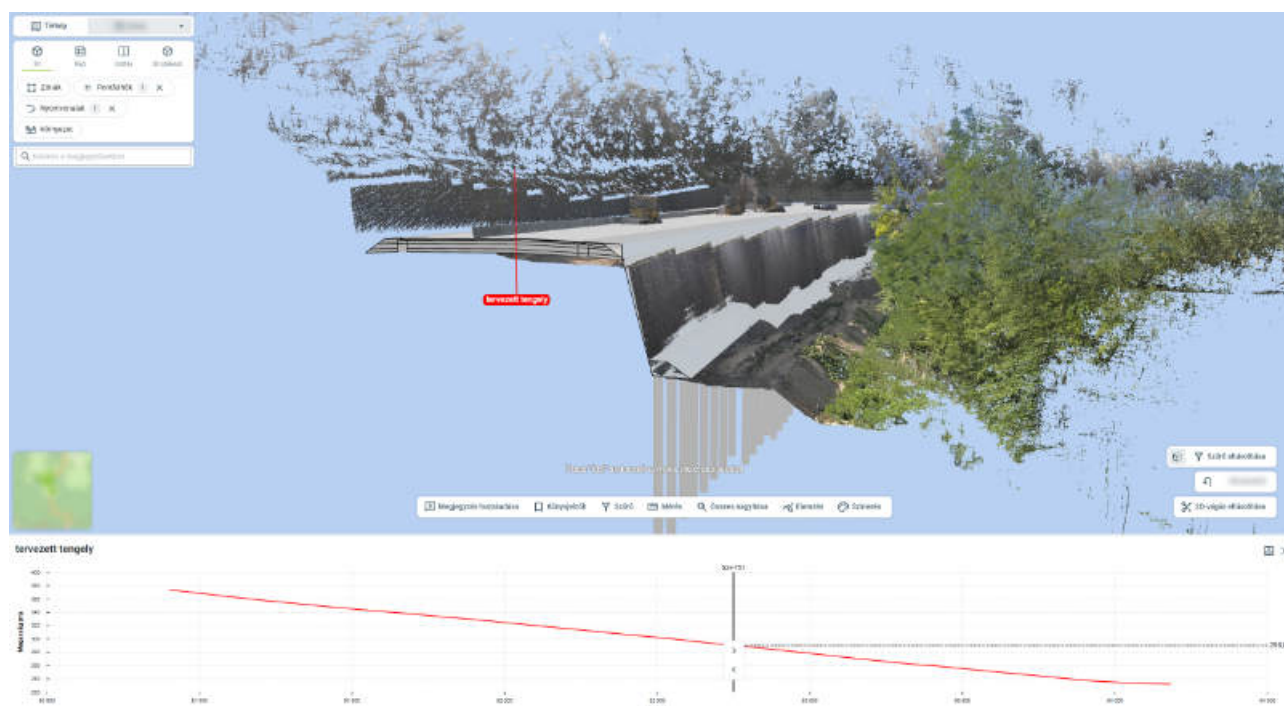
Lentebb pedig egy görgetett, 9.havi státuszt:



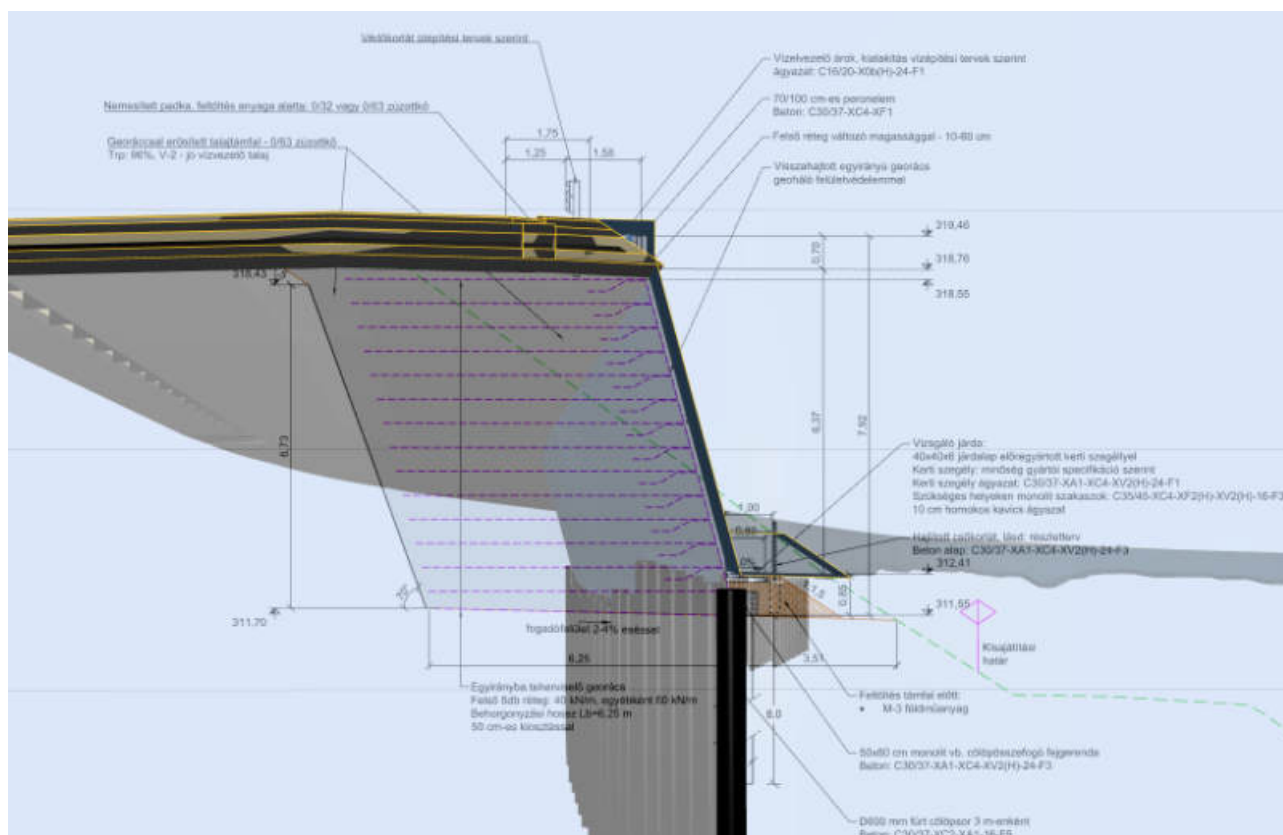
8. kép – 3D haladáskövetés: görgetett (forrás: Swietelsky)

Bár a Dalux elsődlegesen a magasépítés területén terjedt el nálunk, számos funkciója az **infrastruktúra**-tervezés és -kivitelezés során is ugyanúgy alkalmazható. A rendszer támogatja a pontfelhők kezelését, amelyek a 3D modellekkel közvetlenül összevethetők, így hatékony eszközt biztosítva a meglévő állapot és a tervezett geometria vizsgálatához.

Emellett a Dalux lehetőséget nyújt nyomvonaltervek létrehozására is. Az alábbi ábrán jól látható az alsó nézetben a hossz tengely, míg a felső nézetben a 3D modell és a hozzá tartozó pontfelhő. A keresztmetszvények automatikusan követik a tervezett tengely menti pozíciót, és az aktuális helyzetnek megfelelően frissülnek.



9. kép – Pontfelhő -tervezett tengely-keresztmetszvény (forrás: Swietelsky)



tóságát tovább erősítik az olyan funkciók, mint az AR-alapú megjelenítés. Bár a CDE megoldások alkalmazása a közeljövőben szabályozási oldalról is elvárásá válik, a Dalux nemcsak megfelel ezeknek az igényeknek, hanem valódi gyakorlati segítséget is nyújt a projektek során.

Szombathely keleti elkerülő (86.-87. sz. főutak közös) szakaszán lévő csomópontok közlekedésbiztonsági elemzése

Szabó Eszter

forgalomtechnikai vezető
mérnök
Magyar Közút Nonprofit Zrt.
Vas Vármegyei Igazgatósága



Bevezetés

Az Európai Unióban hosszú távú cél, hogy 2050-re közel nullára csökkenjen a közúti halálozások száma. A közúti közlekedés biztonságának javítása hazánkban fontos társadalmi érdek, hiszen a közlekedési balesetek az emberi tragédia mellett jelentős gazdasági veszteséget is jelentenek az országnak. Vas vármegye útjain 2023-ban 504 közúti baleset történt, melyekben 15 ember lelte halálát és 125 ember

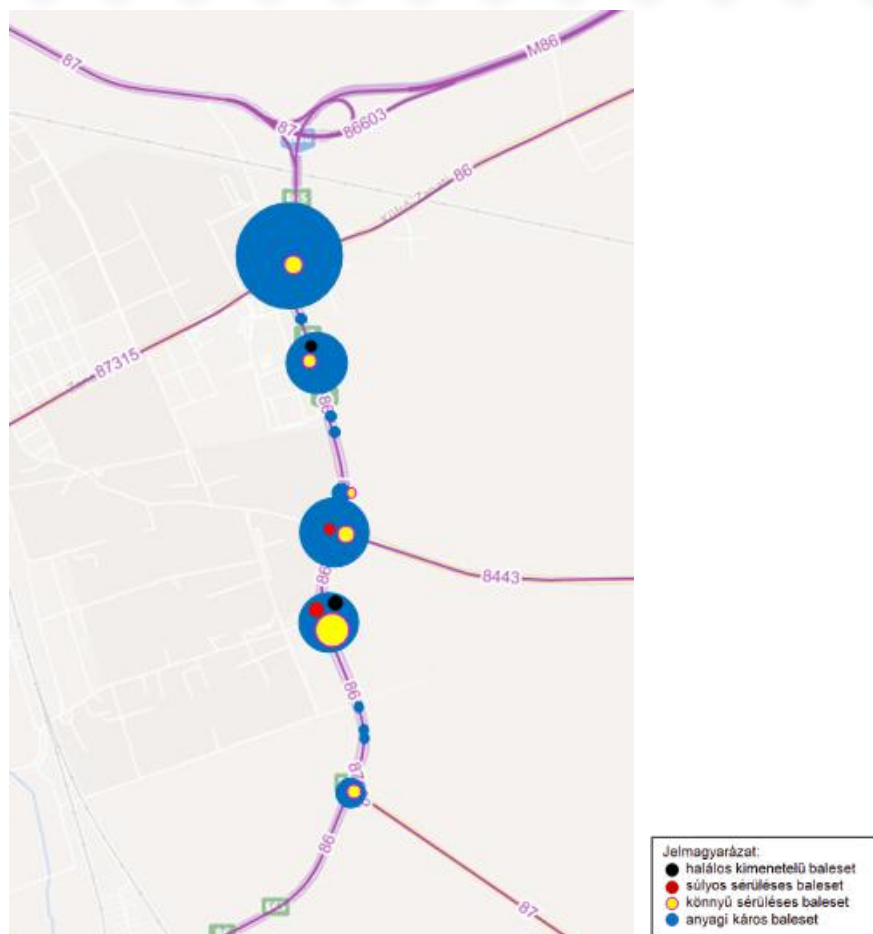
sérült meg súlyosan. A műszaki előírások, jogszabályok betartása nem elegendő a lehető legbiztonságosabb megoldások megvalósításához. Ha egy csomópontban, vagy útszakaszon sok baleset történik, akkor az nem tekinthető biztonságosnak, valamiféle beavatkozás szükséges a helyzet javítása érdekében.

Az útvonal vizsgálata vonali szemléletmódban

A szombathelyi keleti elkerülő szakaszán számos közlekedési baleset történt az elmúlt öt évben (2019-2023), ezért fontos megvizsgálni, hogy azok miért következtek be, illetve hogyan tudunk a helyzeten javítani. A szakdolgozatom elkészítése során megállapítottam, hogy a szakaszon a nagy forgalom miatt a balesetek száma is magas (amelynek nagy része anyagi káros), ami összességében csökkenő tendenciát mutat. Meg kell jegyezni, hogy a nehézmotoros forgalom 2022-ben itt meghaladta a 30%-ot. A Szombathely elkerülő út jelentősége kettős: egyrészt tehermentesíti a várost az átmenő forgalomtól – különösen a nehéztehergépjármű forgalomtól –, valamint közvetlen elérhetőséget biztosít Szombathely ipari övezetének.

A keleti elkerülő Szombathely elkerülő útjának legforgalmasabb, lakott területen kívüli, a 86. - 87. sz. főutak közös szakasza (86. sz. főút 81+270 - 83+786 km szelvények között) 2x2 sávossal kialakítású, ahol a két irány elválasztására dupla záróvonal között burkolatba helyezett, hóékeálló, fényvisszaverő burkolati prizmák kerültek beépítésre. A teljes szakasz közvilágítással ellátott, ahol 5 jelentős csomópont található, amelyből 3 körforgalmú csomópont, 2 pedig jelzőtáblával szabályozott osztályozós csomópont.

A 86. - 87. sz. főút lakott területen kívüli vizsgált szakaszán a jelentős balesetszám miatt, csak azok arányát tudtam ábrázolni eltérő színekkel a kimenetele szerint. **(1. ábra)** Láthatjuk, hogy a balesetek elhelyezkedése alapján



1. ábra: 86. - 87. sz. főutak közös szakaszának balesetei 2019-2023 között (forrás: saját szerkesztés)

csomóponti problémákról beszélhetünk, mert a balesetek a csomópontok környezetében összpontosulnak. Mégis a 86. - 87. sz. főutak közös szakaszát potenciálisan balesetveszélyes útszakasznak tekinthetjük.

Az elkerülő vizsgált szakaszát az országos közutak keresztmetszeti forgalomszámláló állomások által mért adatok alapján két szakaszra lehet bontani a Vépi úti körforgalomnál, így a balesetek vizsgálatát az I. (86. sz. főút 81+270 – 82+492 km) és II. (86. sz. főút 82+492 – 83+786 km) szakaszra külön is elvégeztem. A baleseti és forgalmi adatokból több mutatót is kiszámoltam 3, illetve 5 éves időtartamra is a két szakaszt illetően, hogy azok összehasonlítására nagyobb lehetőségem legyen (a 2016-os

„Módszertan kidolgozása a baleseti halmozódási helyek azonosítására és veszélyességi sorrendjének meghatározására (2. munkarész)” útmutatóban mind a két időtartam szerepel). Ezzel lehetőségem adódott arra, hogy megvizsgáljam miként befolyásolják az adott mutatókat az eltérő intervallumok. A relatív sérülési mutatókat a meghalt, súlyosan sérült, illetve könnyen sérült személyek száma, valamint a szakasz forgalmi teljesítménye alapján számoltam ki a Közúti Infrastruktúra Közlekedésbiztonsági Kezelése (KIKK) e-út 02.01.44 útügyi műszaki előírás szerint. Az I. és II. szakaszokra kiszámolt sérülési mutatók értékeit az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat: Sérülési mutatók (3 és 5 év)

	2020-2022 (3 év) [sérült/10 ⁷ jm]		2019-2023 (5 év) [sérült/10 ⁷ jm]		KIKK 2023. évi országos érték*
	I. szakasz	II. szakasz	I. szakasz	II. szakasz	
RHMSZ	1,159	0,339	0,668	0,200	0,177
RSMSZ	1,739	0	1,335	0,200	0,735
RKMSZ	8,115	1,356	6,675	2,602	1,887

* országos érték (2017-2021) főút - külterület - 1 sáv fizikai elválasztás nélkül - szintbeni csomópont - 90-110 km/h értékekre vonatkozik [sérült/10⁷ jm]

RHMSZ = relatív halálozási mutató

RSMSZ = relatív súlyos sérülési mutató

RKMSZ = relatív könnyű sérülési mutató

Az országos értékeknél meg kell jegyezni, hogy a 2025 februárjában kiadott KIKK útmutatóban nem található 2x2 sávós lakott területen kívül olyan szakaszra vonatkozó érték, ahol nincs fizikai elválasztás. Ezért a meglévő kialakításhoz a legközelebb állót választottam ki az összehasonlításához (2x1 sávós külterületi főút fizikai elválasztás nélkül szintbeni csomópontokkal). A 2x1 sávós kialakítás forgalom lefolyása és biztonsági kockázata teljesen más, mint a 2x2 sávós kialakításnak. A 2x2 sáv esetében nagyobb biztonsági kockázat valószínűsíthető, ezért fontos lenne a KIKK anyagban is szerepeltetni ezen kialakításhoz tartozó értékeket is.

A táblázatból láthatjuk, hogy annak ellenére, hogy többségében anyagi káros balesetek vannak az elkerülőn, az országos átlagnál rosszabb a helyzet, mind a két szakaszon a relatív halálozási és sérülési mutatókat tekintve (piros színrel jelölve az átlagnál magasabb értékek). A 3 éves időintervallum vizsgálatánál a II. szakasznál egy kisebb pozitív eredmény látszódik, amibe belejátszhat a Covid időszak hatása. Azt is láthatjuk, hogy a forgalom csökkenése ellenére az I. szakasz értékei sokkal rosszabbak, mint a II. szakasz értékei 3 és 5 éves időintervallumot vizsgálva is.

Szombathely keleti elkerülőn lévő csomópontok elemzése

86. - 87. sz. főutak négyágú egysávós körforgalmú csomópontja

A 86. - 87. sz. főutak csomópontja négyágú egysávós körforgalom, ahol a 87. sz. főútról a körpályától zöld területtel elválasztott jobbra kanyarodó sáv épült ki. A négy ágból jelenleg csak három üzemel, a negyedik ág a leendő iparterület megközelítését szolgálja. Körment irányából a főút 2x1 sávós, a körforgalom után 2x2 sávós kialakítású, míg a 87. sz. főút 2x1 sávós. Az M86 autópályától a körforgalomba

történő bevezetést megelőzően a 2 forgalmi sáv – a belső sáv megszűnésével – egy forgalmi sávra szűkül.

A csomópont baleseti vizsgálata során a Vas vármegyei rendőrségtől megkapott 5 év baleseti adataiból leszűrtem a 86. - 87. sz. főutak csomópontjában és annak 300 méteres (150-150 m) környezetében bekövetkezett baleseteket és a sérültek számát, melyet a **2-3. táblázatok** mutatnak.

2. táblázat: 86. - 87. sz. főutak csomópontjának balesetei (3 és 5 év)

balesetek	2020-2022 [db]	2019-2023 [db]
halálos kimenetelű	0	0
súlyos sérüléssel	0	0
könnyű sérüléssel	0	2
anyagi káros	4	7

3. táblázat: 86. - 87. sz. főutak csomópontjának sérültjei (3 és 5 év)

sérültek	2020-2022 [fő]	2019-2023 [fő]
halálos áldozat	0	0
súlyosan sérült	0	0
könnyen sérült	0	3

Jól látható, hogy halálos kimenetelű és súlyos sérüléssel baleset nem történt a csomópontban a vizsgált időszakban. A könnyű sérüléssel és az anyagi káros balesetek száma a 3 és 5 évet vizsgálva már eltérést mutatnak. A kollíziós diagramból (**2. ábra**) láthatjuk, hogy az 5 év alatt bekövetkezett balesetek leginkább a csomópont után, északra a 87. sz. főút külön jobbra kanyarodó sáv becsatlakozásának környezetében összpontosulnak. A kollíziós diagram megmutatja a balesetben résztvevő járművek haladási irányát és egymáshoz képesti elhelyezkedésüket a baleset bekövetkezésénél. A balesetek oka a nagysugarú ívben történő sáv váltás, fonódás. A balesetek többségében a tehergépjármű az okozó, így valószínűsíthető, hogy a tehergépjármű holtterében lévő személyautóval történik az ütközés sáv váltáskor. A 87602 j. útról nagy sebességgel közlekedő személygépjárműveket nehezen észlelik a körforgalomból kihajtó tehergépjárművek, akik a lehető legrövidebb idő alatt próbálnak a külső sávba kisorolni (az ábrán 3 ilyen baleset látható).

További nehézséget okoz a 87. sz. főút felől közlekedők számára, hogy a jobbos nagysugarú ívet egy balos nagysugarú ív követ (ív-ellenív).

Amennyiben a csomópontot az előírások szerinti 3 éves időszakban vizsgáljuk, akkor személyi sérüléssel járó baleset nem történt, így a csomóponti relatív sérülési mutatók értéke nulla. Ezek alapján a csomópontban nem szükséges beavatkozás. Az anyagi káros balesetek csökkentése érdekében kisebb beavatkozások javíthatnak a helyzeten. Egyik ilyen lehetőség a körforgalom kijáratí ágán a kerékpárút átvezetése előtt lévő „Egyéb veszély – oldalról érkező jármű” egyedi tábla - FNS háttérrel – áthelyezése, mivel a tábla nagyon közel van a körforgalom kijáratához, így a gépjárművezető nem vagy csak nehezen érzékeli azt. Másik javaslat a belső sávból történő kisorolás „elhúzó” záróvonal felfestésével, hogy a tehergépjárművezetők a külső sávban közlekedőket megfelelő távolságról észleljék.



2. ábra: 86. – 87. sz. főutak csomópontjának kollíziós diagramja (forrás: saját szerkesztés)

86.-87. sz. főutak – Csaba utca háromágú jelzőtáblás osztályozós csomópontja

Az elkerülő Csaba utcai csomópontja háromágú jelzőtáblával szabályozott osztályozós csomópont. A főútról jobbra és balra kanyarodó sávok is kialakításra kerültek a 2x2 sáv-svos szakaszon. A mellékágról balra kanyarodók számára

fogadósáv került kialakításra. A Csaba utcában a jobbra és balra kanyarodó forgalom számára külön sáv áll rendelkezésre. A lakott területen kívüli csomópont megvilágított. A baleseti adatokat a következő 4-5. táblázatok mutatják.

4. táblázat: 86.-87. sz. főutak - Csaba utca csomópontjának balesetei (3 és 5 év)

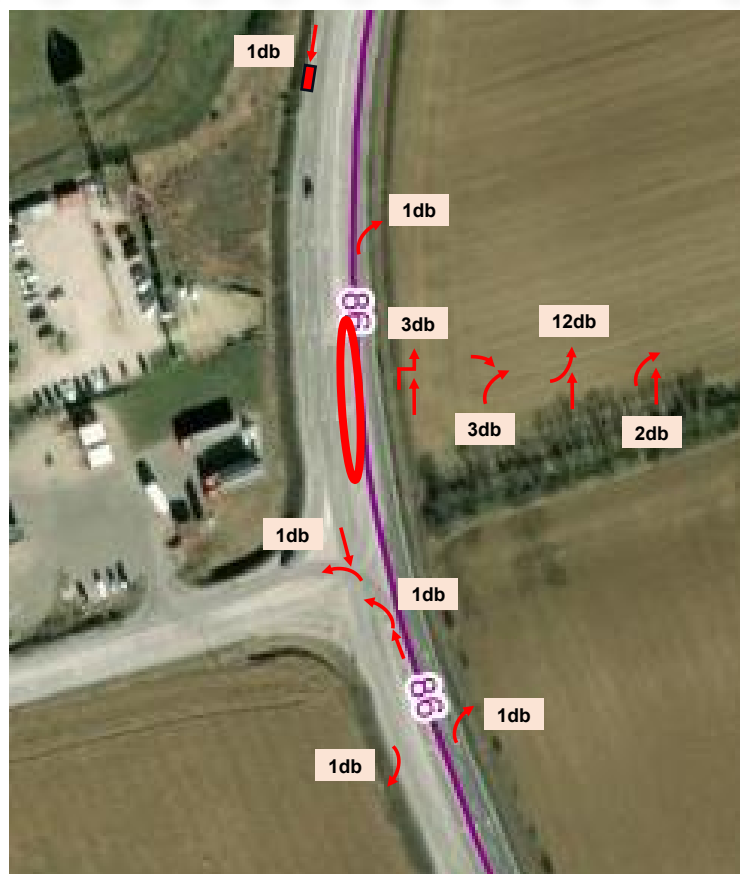
balesetek	2020-2022 [db]	2019-2023 [db]
halálos kimenetelű	2	2
súlyos sérüléssel	2	2
könnyű sérüléssel	5	8
anyagi káros	10	14

5. táblázat: 86.-87. sz. főutak - Csaba utca csomópontjának sérültjei (3 és 5 év)

sérültek	2020-2022 [fő]	2019-2023 [fő]
halálos áldozat	2	2
súlyosan sérült	3	3
könnyen sérült	11	14

A baleseti adatok alapján a csomópont góchely, mivel 3 év alatt 9 személyi sérüléssel járó baleset történt. A kollíziós diagram (3. ábra) jól mutatja, hogy a mellékágról történő balra kikanyarodás és az azt követő fonódás jelent baleseti kockázatot elsősorban. A nagy sugarú főúti kialakítás lendületes közlekedést biztosít az egyenes irány számára. A lakott területen kívüli csomópontban a sorozatos balesetek elkerülése érdekében a csomópont területére 70 km/h sebességkorláto-

zás került bevezetésre. A nagysugarú ív túlelérése miatt a Csaba utcából kikanyarodó gépjárművek a befogadó sávból nehezen tudnak sávot váltani, mivel a járművezetők látótérje korlátozott a visszapillantó tükrökben. A nagyobb sebességek esetében a közlekedők észlelése, felmérése nehezebb feladat. A visszapillantó tükrökben nem vagy csak későn észlelik a belső sávban egyenesen közlekedő gépjárműveket ezért kihajtának eléjük, vagy oldal irányban ütköznek.



3. ábra: 86.-87. sz. főutak - Csaba utca csomópontjának kollíziós diagramja (forrás: saját szerkesztés)

A csomópont relatív sérülési mutatóját összehasonlítottam a KIKK 2023. évi szakmai egyeztetési anyagában található

országos külterületi értékkel, melynek eredményét a **6. táblázat** tartalmazza.

6. táblázat: 86.-87. sz. főutak - Csaba utca csomópontjának relatív sérülési mutatója

Ágak száma	Forgalomszabályozás módja / külterület	RSM [sérült/10 ⁷ jm]	86.-87. sz. főutak - Csaba utca csomópontja [sérült/10 ⁷ jm]
3	jelzőtábla	2,3 (2,7)	10,835

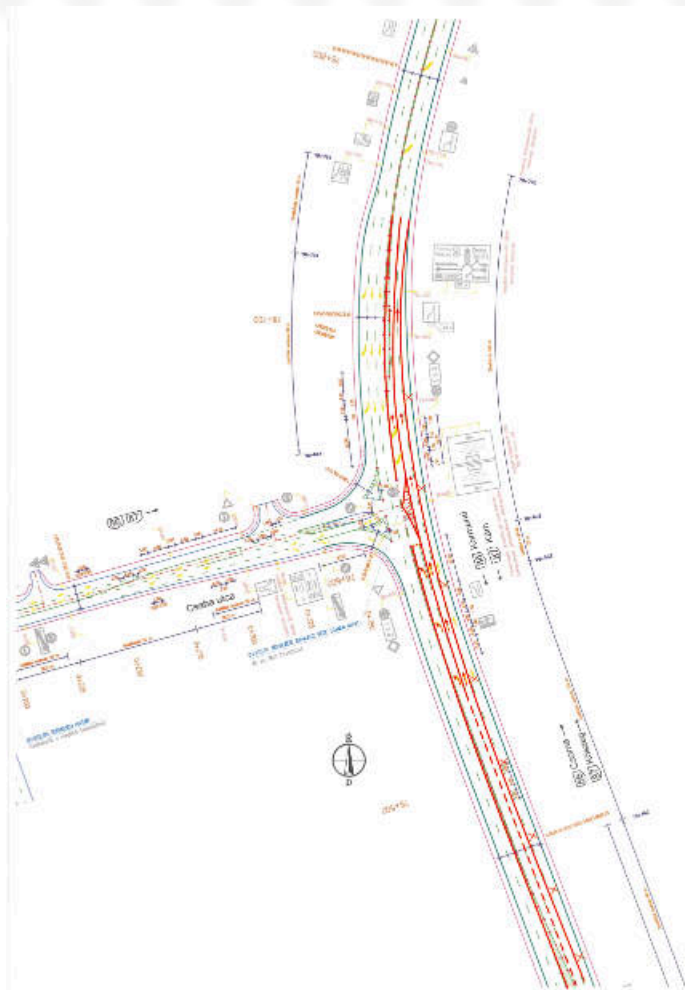
A táblázatban a zárójeles érték a belterületi csomópontokra vonatkozik, amit csak tájékoztató jelleggel tüntettem fel. Az eredményekből jól látható, hogy a csomópont nem csak baleseti góchely, de a relatív sérülési mutatók alapján is jóval az országos átlagérték felett van, ami nem kedvező. Ahhoz, hogy a csomópontban a baleseti eredmények javuljanak, beavatkozás szükséges, amire több lehetőséget is javasoltam szakdolgozatomban.

Az oldalirányú ütközéses balesetek elkerülése érdekében lehetséges megoldás a balra kanyarodó mozgások letiltása táblázással és burkolati jelekkel. A várható baleseti javulás azért nem lesz jelentős, mert a mellékirányból feltételezhető, hogy szabálytalan mozgások lesznek a tiltás ellenére, mivel a következő csomópont túl messze van (900 m) a megfordulásra. A forgalom átrendeződésével is számolni kell.

Másik lehetőség a csomópont forgalmi sávjainak átrendezése - burkolati jelekkel vagy a csomópont átépítésével - oly módon, hogy a csomópontban a mellékirányból balra kanyarodó gépjárművek számára a befogadó sáv „megszű-

nik”, azaz haladó sávvá alakul át. **(4. ábra)** A Csaba utca csomópontját megelőző szakaszon ezzel egyidejűleg a belső haladó sáv megszüntetésre kerül. A befogadó sáv haladó sávvá történő átalakítása csökkenti a konfliktuspontokat (oldalirányú ütközések elkerülhetők lesznek), a balesetek számát, a torlódásokat, valamint gyorsabb és hatékonyabb előrehaladást biztosít. Az átalakítást követően a sávváltás a Vépi úti körforgalom előtt, a főút egyenes szakaszán történik, így a gépjárművek észlelhetősége megfelelő időben és távolságban lehetséges.

A főút 2x2 sávján történő haladás folyamatos biztosítása és a csomópontban a mellékirányból minden irányba történő kanyarodó mozgások elősegítése egy többsávos, irányított áthaladású (turbó) körforgalom kialakításával javasolt a jövőben. Ezen javaslat csökkenti a csomópontban a torlódásokat, javítja a forgalom áramlását és egyben növeli annak közlekedésbiztonságát. Az alacsonyabb sebességek és a járművek irányított haladása miatt csökken a baleseti kockázat.



4. ábra: Csomópont átalakítása, beszűkítése (vázlatrajz) (forrás: saját szerkesztés)

86.-87. sz. főutak – 8443 j. Ikervár-Szombathely ök. út négyágú kétsávos koncentrikus körforgalmú csomópontja

Az 5 ágú körforgalmú csomópont 4 ággal működik, az 5. ág a távlati iparterület megközelítésére szolgál, jelenleg le van zárva. A csomópont közvilágítással ellátott. A kezdetben egysávos körforgalom forgalmi rendjét a főút déli szakaszának 2x2 sávra történő bővítése során változtatták meg

koncentrikus kétsávos kialakításra. A körforgalomba az M86 autótút felől két sáv, a többi ágról egy sáv csatlakozik be, míg minden kihajtás egysávos kialakítású. A Vas vármegyei rendőrségtől kapott és összesített 5 év baleseti adatait a 7-8. táblázatok tartalmazzák.

7. táblázat: 86.-87. sz. főutak - 8443 j. ök. út csomópontjának balesetei (3 és 5 év)

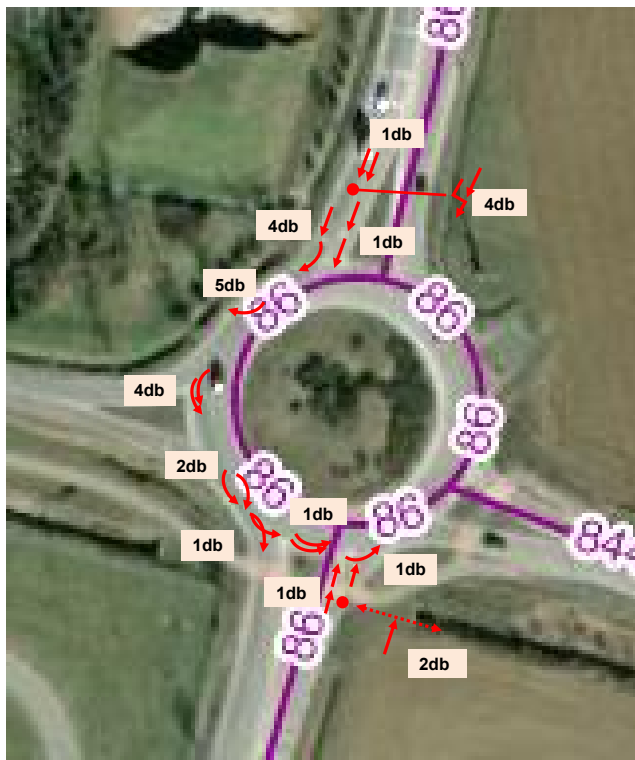
balesetek	2020-2022 [db]	2019-2023 [db]
halálos kimenetelű	0	0
súlyos sérüléssel	0	1
könnyű sérüléssel	2	3
anyagi káros	14	23

8. táblázat: 86.-87. sz. főutak - 8443 j. ök. út csomópontjának sérültjei (3 és 5 év)

sérültek	2020-2022 [fő]	2019-2023 [fő]
halálos áldozat	0	0
súlyosan sérült	0	1
könnyen sérült	3	5

A baleseti adatok alapján nem góchely a csomópont, mivel többségében anyagi káros balesetek történtek. Az 5 év során bekövetkezett baleseteket az alábbi kollíziós diagram mutatja (5. ábra). A koncentrikus kétsávos körforgalmú csomópont geometriája, járhatósága ellentétben van a lehetséges behaladási sebességgel, ezért ráfutásos, sávváltási és pályaelhagyásos balesetek nagyobb arányban fordulnak elő. A főút vízszintes vonalvezetése és a csomópont környezetében a látóháromszög beszűkülése miatt rosszul mérik

fel a csomópont helyzetét, kialakítását a gépjárművezetők, ami utoléréses, pályaelhagyásos balesetekhez vezet. A főút 2x2 sávos szakaszáról nagy sebességgel, lendületesen érkező gépjárművezetők számára időben fel kell hívni a figyelmet a csomóponti kialakításra, hogy a hirtelen fékezés miatt a ráfutásos balesetek elkerülhetők legyenek. A koncentrikus kétsávos körforgalomban a belső és külső forgalmi sáv közötti sávváltás növeli a konfliktuspontok számát és baleseti kockázatát.



5. ábra: 86.–87. sz. főutak - 8443 j. ök. út csomópontjának kollíziós diagramja (forrás: saját szerkesztés)

9. táblázat: 86.–87. sz. főutak - 8443 j. ök. út csomópontjának relatív sérülési mutatója

Ágak száma	Forgalomszabályozás módja / külterület	RSM [sérült/10 ⁷ jm]	86.–87. sz. főutak - 8443 j. ök. út [sérült/10 ⁷ jm]
4	körforgalom	0,7 (0,8)	1,158
5	körforgalom	0,9 (1,1)	1,158

A relatív sérülési mutatókat tartalmazó 9. táblázatban a zárójeles érték a belterületi csomópontokra vonatkozik, amit csak tájékoztató jelleggel tüntettem fel. Az eredményekből jól látható, hogy a csomópont a relatív sérülési mutatók alapján az országos átlagérték felett van, ami nem kedvező. Az értékek között nem túl nagy a különbség, így várhatóan kisebb beavatkozás is elegendő lehet, hogy a baleseti eredmények javuljanak, ettől függetlenül a szakdolgozatomban kisebb és nagyobb beavatkozásokat is bemutatam.

Kiseb beavatkozás a látóháromszög kinyitása, kitisztítása, aminek hatására a járművezetők megfelelő időben és távolságból észlelik a körforgalomban közlekedőket és a Vépi útról becsatlakozó forgalmat egyaránt. A javasolt beavatkozás hatására elkerülhetők a hirtelen fékezések, megállások, ezzel együtt az utoléréses balesetek. Szintén kis költséggel megoldható az „Egyéb veszély - utoléréses baleset” tábla kihelyezése, vagy a portálon sáv fölé kihelyezett útirányjelző

tábla és körforgalom veszély burkolati jelek felfestése, amelyek sebességcsökkentésre, és a csomóponti balesetek előfordulására hívja fel a figyelmet. A sebesség csökkentésével a körforgalomba behaladó járművek utoléréses balesete, valamint a körpályán, illetve a behaladáskor történő oldalirányú ütközések is elkerülhetők, vagy súlyosságuk csökkenthető.

A jelenlegi koncentrikus körforgalom átalakítása spirális vagy turbó körforgalommá a meglévő középsziget befelé történő szűkítésével, vagy új geometria kialakításával már jóval nagyobb költséget jelent. Ezen beavatkozások a csomópontban javítják a forgalom áramlását és egyben növelik annak közlekedésbiztonságát. Az alacsonyabb sebességek és a járművek irányított haladása miatt csökken a baleseti kockázat sávváltáskor és a kihaladáskor főként turbó körforgalom esetében.

86.-87. sz. főutak – 87315 j. Szombathely állomáshoz vezető út hétágú kétsávos koncentrikus körforgalmú csomópontja

2000-ben befejeződött a 86. számú főút zánai elkerülő út második üteme is 2x2 forgalmi sávos útkeresztmetszettel, különbszintű vasúti átjáróval, ami a mai M86 számú gyorsforgalmú út (autóút) és ezzel együtt annak végcsomópontja. Az M86 számú autóút 2000-ben történt becsatlakozásával az addig szabályos egysávos körforgalom - ami egy évvel korábban épült ki - körpályájának növelésével a középsziget sugarának csökkentésével kétsávos 7 ágú ovalisra épült át. Az ovalítás mértéke az ágak száma miatt meghaladja az előírásban szereplő 2/3 Rb értéket. A körforgalomba az M86 autóút és a 86.-87. sz. főutak is 2x2 sávval csatlakoznak be, a kilépéseknél azonban csak burkolatépítéssel lett biztosítva, de nem lett felfestve a két forgalmi sáv.

Egy széles forgalmi sáv vezet ki, aminek oka, hogy a tervezés időszakában még nem került kiadásra a körforgalmak tervezését szabályozó útmutató, viszont a nemzetközi gyakorlatban már ismert volt a koncentrikus kétsávos körforgalom.

Itt kell megjegyeznünk, hogy 2018-ig minden évben felfestésre került a körpályán a felező vonal, majd 2018-ban egy szombathelyi közlekedési szakértő javaslatára elmaradt a burkolatjelek felújítása a körpályán és azóta sem lett felfestve. Öt év baleseti adatait a **10-11. táblázatok** mutatják.

10. táblázat: 86.-87. sz. főutak – 87315 j. állomáshoz vezető út csomópontjának balesetei (3 és 5 év)

balesetek	2020-2022 [db]	2019-2023 [db]
halálos kimenetelű	0	0
súlyos sérüléssel	0	0
könnyű sérüléssel	3	4
anyagi káros	34	54

11. táblázat: 86.-87. sz. főutak – 87315 j. állomáshoz vezető út csomópontjának sérültjei (3 és 5 év)

sérültek	2020-2022 [fő]	2019-2023 [fő]
halálos áldozat	0	0
súlyosan sérült	0	0
könnyen sérült	4	5

A személysérüléssel járó baleseti adatok alapján a csomópont nem góchely, mégis potenciálisan balesetveszélyes csomópontnak tekinthetjük. 2020-2022 közötti időszakban halálos kimenetelű és súlyos sérüléssel járó baleset nem történt, könnyű sérüléssel járó baleset is mindössze 3 volt a csomópontban. Az anyagi káros balesetek száma azonban 34 volt, ami nagyon magasnak mondható. Amennyiben az 5 év adatait nézzük, az anyagi káros balesetek száma meghaladta az 50 darabot. Ezek a magas értékek mindenképp azt jelzik, hogy tenni kell valamit a csomóponttal. Azt megállapíthatjuk, hogy a balesetek kimenetelére azért ilyen „kedvező”, mert a körforgalomba történő behaladás és a körpályán történő haladás alacsony sebességek mellett történik. A helyszíni szemlék során is tapasztalható a torlódás, valamint egysávos körpályaként való használata a csomópontnak.

A kollíziós diagramból (6. ábra) megállapítható, hogy a 4 legforgalmasabb ág környezetében összpontosulnak a balesetek. A leggyakoribb konfliktusok: ütközés kihaladáskor, a forgalmi sáv szabálytalan változtatása, az egyenesen haladó jármű forgalmának akadályozása, az elsőbbség meg nem adása és a követési távolság be nem tartása. A főutak 2x2 sávos lakott területen kívüli szakaszának vonalvezetési kialakítása nagy sebességet enged meg a gépjárművezetők számára, melyet még inkább befolyásol az is, hogy észak felől meredek hossz-eséssel

csatlakozik be a körforgalomba az M86 autóút /87. sz. főúti ág.

A széles körpálya felfestés hiányában többségében egysávosként működik, ezáltal a csomópont áteresztő képessége jóval kisebb, és műszakváltások idején, vagy a reggeli és délutáni csúcsidőszakokban nagy torlódások alakulnak ki több ágon is. Problémát jelent a körforgalomban, hogy az ágak közelsége miatt a fonódási hosszakra, sávváltásokra nincs lehetőség. A lekerekítő ívek sugarai kicsik a belépő ágakon, így a kamionok bekanyarodása nem minden esetben megoldható saját sávon. Az országos sémával (spirális, turbó körforgalom, de mindenképpen több sávos) ellentétes kialakítás meglepi a helyismerettel nem rendelkező gépjárművezetőt, mivel 2 belépő sáv, sávok fölötti portál tábla fogadja az M86 autóút irányából, a széles körpálya után a kilépés már csak egysávos. A két sáv bevezetése felfestés nélküli körpályán bizonytalanságot kelt a gépjárművezetőben, hogy egy vagy kétsávos körforgalomban közlekedik, ami a körpályán, valamint a kihajtás során oldalirányú ütközéshez vezet.

A csomópont relatív sérülési mutatóját összehasonlítottam a KIKK 2023. évi szakmai egyeztetési anyagában található 4, illetve 5 ágú körforgalmakra vonatkozó országos külterületi átlagértékekkel, melynek eredményét a **12. táblázat** tartalmazza.



6. ábra: 86.-87. sz. főutak – 87315 j. állomáshoz vezető út csomópontjának kollíziós diagramja (forrás: saját szerkesztés)

12. táblázat: 86.-87. sz. főutak – 87315 j. állomáshoz vezető út csomópontjának relatív sérülési mutatója

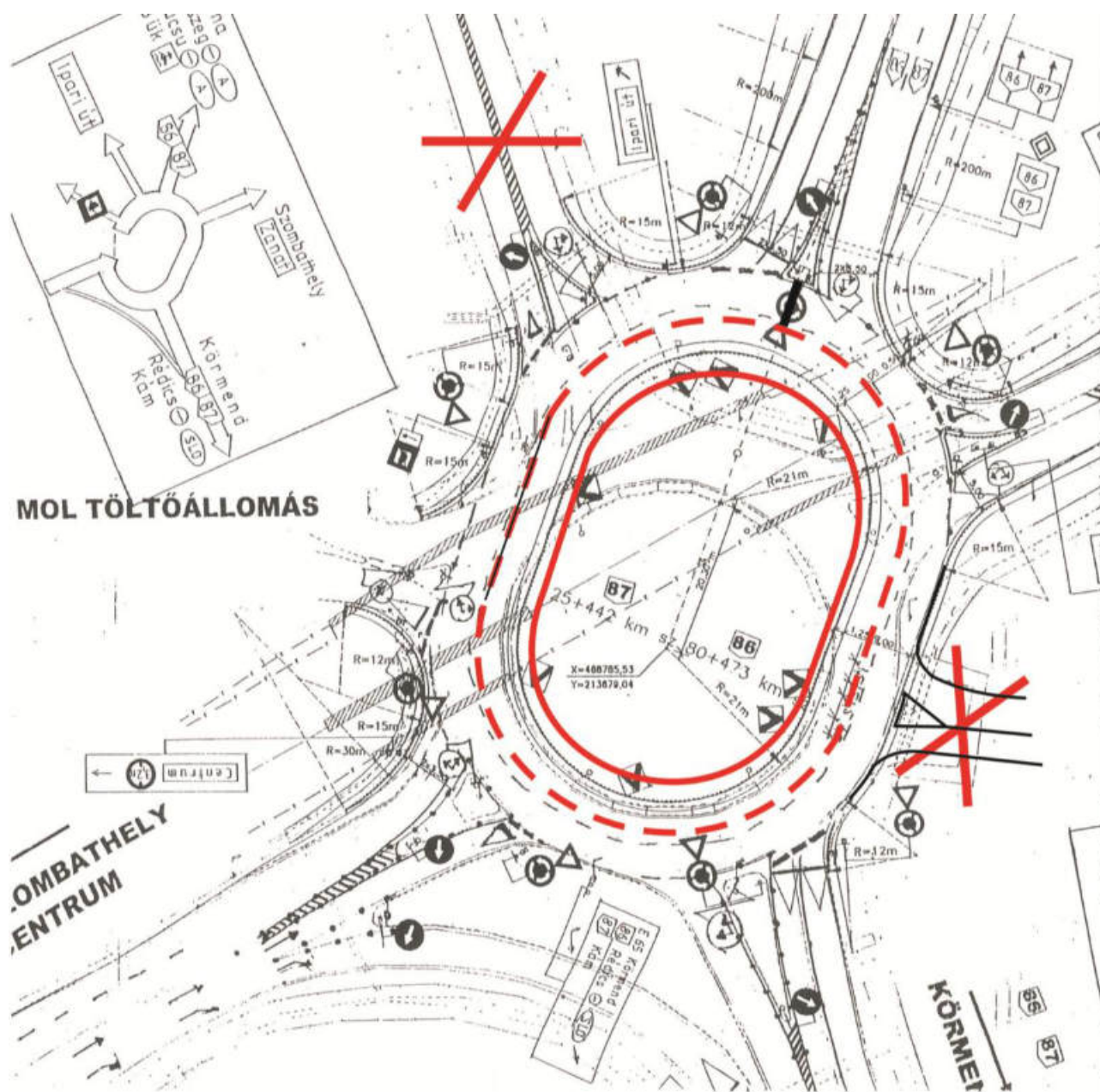
Ágak száma	Forgalomszabályozás módja / külterület	RSM [sérült/10 ⁷ jm]	7 ágú körforgalom [sérült/10 ⁷ jm]
4	körforgalom	0,7 (0,8)	1,315
5	körforgalom	0,9 (1,1)	1,315

A táblázatban a zárójeles érték a belterületi csomópontokra vonatkozik, amit csak tájékoztató jelleggel tüntettem fel. A táblázatban az összehasonlító értékekhez nem tudtam felvenni a jelenlegi kialakításhoz hasonlót, mert olyan körforgalmi relatív sérülési mutató érték nem szerepel, ahol 5 ágnál több lenne. Az útmutató azt sem vizsgálja, hogy 1 vagy több sávú körforgalomról beszélünk. Véleményem szerint ezt is szükséges lenne vizsgálni a következő útmutató készítése során, mivel az egysávú és a többsávú irányított körforgalmak esetében más-más relatív sérülési értékeket kapunk. (Az útmutatóban szereplő értékek alapja egy 2011-ben készült kutatás volt, amely az országos főutak csomópontjait vizsgálta, azóta jelentősen nőtt a körforgalmak száma.)

Azt meg kell jegyeznünk, hogy a jelenleg érvényben lévő Ütügyi Műszaki Előírás már a koncentrikus körforgalom kialakítását nem engedélyezi. Az eredményekből jól látható, hogy a csomópont a relatív sérülési mutatók alapján az or-

szágos átlagérték felett van, így mindenképpen beavatkozás javasolt a csomópontban, hogy a baleseti eredmények javuljanak.

A meglévő geometria mellett amennyiben két ág letiltásra, és a meglévő körpályán a terelővonal visszafestésre kerülne, a forgalom áramlása javulna, az ágakon a torlódások csökkennek. A felfestéssel egyértelműen jelezzük a közlekedők számára, hogy kétsávú koncentrikus körforgalomban halad, ami nagyobb odafigyelést követel a sávváltásoknál és a közlekedés során a járművezetőktől. Az ágak lezárásával a fonódási hosszakra, sávváltásokra több hely és idő lesz, ami az oldalirányú ütközései balesetek számát csökkenti. Az Ipari úti ág lezárásával annak megközelítése északról a 87. sz. főútról, míg a Bálványkő utcáé a 86. sz. főútról lehetséges most is a kiépített csatlakozásokon keresztül. Ezen javaslat tovább gondolása, ha a középsziget méretét csökkentjük, így a körpályán való szabályos közlekedés és a sávtartás megvalósítható lesz. (7. ábra)



7. ábra: Zánati úti kétsávos koncentrikus körforgalom átépítése 5 ágú körforgalommá a középsziget csökkentésével (vázlatrajz) (forrás: saját szerkesztés)

Másik javaslat a meglévő koncentrikus körforgalom átalakítása spirális körforgalommá a meglévő középsziget befelé történő szűkítésével, vagy új geometria kialakításával. Ezen javaslatok javítják a forgalom áramlását, az ágakon a torlódásokat csökkentik és egyben növelik a csomópont közlekedésbiztonságát. Az alacsonyabb sebességek és a járművek irányított haladása miatt csökken a baleseti kockázat sávváltáskor és a kihaladáskor. A spirális körforgalom esetében minden jelenlegi becsatlakozó ág megmaradna. Megvizsgáltam a turbó körforgalom kialakításának lehetőségét is. A jelenlegi UME alapján a többsávos irányított átvezetésű körforgalom esetében csak „szabványos” legfeljebb 4 ágú csomópont tervezhető, ami jelen csomópont részbeni felhasználása esetében sem lehetséges, mivel valamelyik

irányt nagymértékben ki kellene téríteni, rátörni a csomópontra. Ez a megoldás azonban közlekedésbiztonsági szempontból nem elfogadható, mivel a vízszintes vonalvezetésben lévő nagyfokú törés miatt a csomópont észlelése nem lenne biztosított. Megállapítható, hogy a csomópont jelenlegi kialakítása már olyan mértékben torzított (körpálya geometria, ágak száma, ágak eloszlása), hogy igazán jó megoldás az átalakítására nincs, maximum kismértékben javítható a közlekedésbiztonsága. Az előírások szerinti turbó körforgalom kialakítása csak abban az esetben lehetséges, ha a körforgalom teljesen új geometriával és a mostani helyétől keletre eltolva kerül kiszerkesztésre. Ezen kialakítás esetében azonban a körforgalomra ráépült kereskedelmi épületek elbontása lenne szükséges.

A csomópontok átalakítására tett javaslatok rangsorolása

A vizsgált csomópontok közötti közlekedésbiztonságának javítására tett javaslatok elemzésének utolsó lépéseként a kapott eredmények kiértékelésére, rangsorolására is sor került. Az összesített költségek és hasznok alapján meghatározásra kerültek a javaslatok haszon-költség aránya, amit a döntéshozatal során célszerű figyelembe venni az alternatív megoldások rangsorolásakor. A módszertani útmutató sze-

rint, amennyiben a nettó jelenérték pozitív és a haszon-költség arány meghaladja a diszkontrátát, akkor a projekt megvalósítása indokolt.

A vizsgált négy csomópontra összesen 14 ajánlott beavatkozás – 30 éves költség-haszon alapján történő – összesített rangsorolását tartalmazza a **13. táblázat**, ami az 5 éves baleseti adatokon alapul.

13. táblázat: A csomópontok átalakítására tett javaslatok rangsorolása az 5 éves baleseti adatokkal számolva

Helyezés	Csomópont	Javasolt beavatkozás	Haszon-költség arány
1.	Csaba utca	sáv kiosztás burkolatjel festéssel	294,17
2.	Csaba utca	balos irány letiltása	280,04
3.	Vépi út	látó háromszög kitisztítása	27,74
4.	Vépi út	utoléréses baleset tábla kihelyezése	15,76
5.	Vépi út	konzolon sáv fölött tábla kihelyezése	11,89
6.	86–87 főutak	kopott tábla csere és áthelyezés	9,82
7.	86–87 főutak	záróvonal festés+kopott tábla csere és áthelyezés	6,38
8.	Csaba utca	turbó körforgalom_2	6,16
9.	Zanati út	ágak letiltása	5,08
10.	Csaba utca	turbó körforgalom	4,12
11.	Csaba utca	sáv kiosztás átépítéssel	3,92
12.	Zanati út	ágak letiltása középsziget csökkentése	1,77
13.	Vépi út	spirális körforgalom	0,60
14.	Vépi út	turbó körforgalom	0,60
15.	Zanati út	spirális körforgalom	0,13

A vizsgált évek, és ezáltal a balesetek, sérültek száma nagyban befolyásolja a haszon-költség arány mértékét a kisköltségű beavatkozások esetében, ezáltal a csomópontok javaslati sorrendjét. Látható, hogy a nagyobb költséggel járó beruházások, mint a turbó vagy spirális körforgalom kiépítése esetében nem tapasztalható nagy különbség. Az adott javaslatok költséghatékonysága (haszon-költség hányadosa) és a biztonsági hatása (csökkenés a sérültek és

anyagi káros balesetek számában) nincs feltétlenül összhangban egymással. A turbó körforgalom nagy biztonsági hatással rendelkezik, de magas beruházási költségigénye miatt közvetlenül nem érzékelhető haszon-költség mutatójában. Továbbá az is megállapítható, hogy a meglévő körforgalom átépítése nem költséghatékony, ellentétben egy háromágú jelzőtáblával szabályozott csomópontban való körforgalom kiépítésével (Csaba utca).

Összegzés

A közúti infrastruktúra biztonsági színvonalának megfelelő javítása csak kellően alapos elemzéseket követő célzott intézkedésekkel lehetséges. Jelenleg a baleseti megtakarítások számításához kizárólag a személyi sérüléssel járó baleseteket vesszük számításba, az anyagi káros balesetekkel nem foglalkozunk. A szakdolgozatom rámutatott arra, hogy az anyagi káros balesetek számítása is fontos szempont lehet (amennyiben rendelkezésre áll adat), ha adott helyszínen a közúti balesetek 90%-a anyagi káros. A probléma feltárása leginkább mélyelemzéssel és a kollíziós diagram alkalmazásával érhető el.

A vizsgálatok során az országos értékekkel történő összehasonlítás nem ment zökkenőmentesen, mivel a KIKK-ben nem található 2x2 sávok lakott területen kívül olyan szakaszra vonatkozó érték, ahol nincs fizikai elválasztás. Fon-

tos lenne szerepeltetni ezen kialakításhoz tartozó értékeket is. Továbbá, a módszertani útmutató nem különíti el az egy vagy több sávok körforgalmakat. Véleményem szerint ezt is szükséges lenne vizsgálni a következő útmutató készítése során, mivel az egysávú és a többsávú irányított körforgalmak esetben más-más relatív sérülési értékeket kapunk. Komoly probléma az időtényező is, hiszen a KIKK útmutatóban szereplő értékek részben elavultak, frissítésükre lenne szükség.

A közúti csomópontok költség-haszon elemzése kiemelt figyelmet igényel, mert a csomópontokban a balesetek sűrűsödése magasabb kockázatot jelentenek. Megállapítottam, hogy az adott javaslatok költséghatékonysága (haszon-költség hányadosa) és a biztonsági hatása (csökkenés a sérültek és anyagi káros balesetek számában) nincs feltétlenül

összhangban egymással. Az eredmények rávilágítottak többek között arra, hogy a turbó körforgalom nagy biztonsági hatással rendelkezik, de magas beruházási költségigénye miatt közvetlenül nem érzékelhető a haszon-költség muta-

tójában. A közlekedésbiztonsági beruházások megvalósítása során azonban nem az elsődleges cél a közgazdasági megtérülés realizálása, hanem a balesetek és a sérültek számának, súlyosságának csökkentése.

Felhasznált irodalom

- [1] MAÚT, 2005. Csomópontok és útvonalak balesetveszélyességi értékelési módszertanának kidolgozása (Közúti baleseti góchelyek azonosítása). Budapest; MAÚT Magyar Út- és Vasúti Társaság
- [2] MAÚT, 2016. A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló 176/2011 kormányrendeletben előírt tevékenységek útmutatóinak kidolgozása. 2. munkarész: Módszertan kidolgozása a baleseti halmozódási helyek azonosítására és veszélyességi sorrendjének meghatározására. Budapest; MAÚT Magyar Út- és Vasúti Társaság
- [3] MAÚT, 2023. A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezelése (KIKK) szakmai egyeztetési anyaga – 2023.07.20. Budapest; MAÚT Magyar Út- és Vasúti Társaság
- [4] MAÚT, 2025. Közúti Infrastruktúra Közlekedésbiztonsági Kezelése (KIKK) e-út 02.01.44 Útügyi Műszaki Előírás
- [5] Magyar Közút Nonprofit Zrt., 2023. Az országos közutak 2019 – 2022. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma. Budapest [online] Elérhető: <https://www.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/forgalomszamlalas>
- [6] Tóthné Temesi Kinga, 2024. A Szombathely 86-87 főutak koncentrikus kétsávos körforgalmának közlekedésbiztonsági tapasztalatai. In: Közlekedéstudományi szemle. LXXIV. évf. 1. sz. pp. 57-69.
- [7] Szabó Eszter, 2024. Szombathely keleti elkerülő (86.-87. sz. főutak közös) szakaszán lévő csomópontok közlekedésbiztonsági elemzése. In: Széchenyi István Egyetem Építész-, Építő és Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék SZAKDOLGOZAT
- [8] WEB-Bal baleseti adatok
- [9] Vas Vármegyei Rendőrkapitányságtól kapott baleseti adatok

Bitumen tapadóképségének vizsgálata és digitalizálása MSZ EN 12697-11:2020 szabvány alapján

Troják Csaba

HFCGLL Építőmérnök hallgató
Széchenyi István Egyetem
Építész-, Építő és
közlekedésmérnöki kar



Dr. Nagy Richárd

Belső konzulens
Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék

1. Bevezetés

Az aszfaltnak, mint útépitési alapanyagnak számos követelménynek, minőségi és műszaki vizsgálatnak kell megfelelnie ahhoz, hogy az útburkolat biztonságos, tartós, gazdaságos és hosszú távon is fenntartható legyen. Az „MSZ EN 12697-11:2020 Bitumen tapadóképségének meghatározása kőanyaghalmozaton” című szabvány részletesen leírja azt az eljárást, amely során meghatározható, hogy a bitumen a kőanyaghalmoz szemcséire milyen mértékben tapad, illetve a koptató vizsgálat után mekkora részben marad meg a bevonat. A szabvány három fő vizsgálati módszert különböztet meg, melyek közül kettő esetében a laboratóriumi eljárás után az eredmény értékelése vizuális,

vagyis szubjektív szemrevételezéssel történik. Ez a szubjektív értékelés azonban nagy szórást és bizonytalanságot eredményezhet, mivel az értékelő személy tapasztalata, megítélése és a megvilágítási körülmények is befolyásolhatják az eredményt. Kutatásomban az egyik szabványosított vizsgálati eljárást alkalmaztam, majd elemeztem a szemrevételezésből adódó szórás mértékét. Ezt követően egy objektív, képi alapú vizsgálati rendszer kidolgozásával olyan módszert hoztam létre, amely a korábbiaknál pontosabb, reprodukálhatóbb és megbízhatóbb eredményeket szolgáltat, ezáltal hozzájárul a bitumenes keverékek minőségének egységes és hiteles értékeléséhez.

2. MSZ EN 12697-11:2020 szabvány célja, módszerei

2.1. Célja

Az MSZ EN 12697-11:2020 szabvány célja, hogy pontosan meghatározza a bitumen és a kőhalmaz közötti bevonódás, vagyis a tapadás mértékét. Ez azt mutatja meg, hogy a kőszemcsék felülete milyen mértékben vonódik be bitumennel, illetve mennyire képes az anyag tapadni a köfelülethez. A bevonódás mértékét százalékos formában fejezik ki, amely a bevont köfelület és a teljes köfelület arányából számítható ki. A szabvány alkalmazása nemcsak a keverék-

tervezés során fontos, hanem lehetőséget ad a nedvesség hatásának értékelésére is. Ennek segítségével megállapítható, hogy a víz milyen módon befolyásolja a kőhalmaz és a bitumen közötti tapadást. A vizsgálat kiterjedhet különféle tapadásfokozó anyagokra is, például folyadékokra, aminokra, hidratált mészre vagy cementre, amelyek javíthatják a tapadást és növelhetik az aszfaltkeverék tartósságát.

2.2. Eljárások

2.2.1. Gördülő palackos módszer

A vizsgálati minta előkészítéséhez 8/11 mm vagy 6/10 mm frakciójú kőanyagot használnak, amelyet először alaposan megmosnak, hogy eltávolítsák róla a port, szennyeződések és finom szemcséket. Ezt követően a kőanyagokat szellőztetett sütőben szárítják tömegállandóságig, vagyis addig, amíg nedvességtartalmuk teljesen el nem párolog, és tömegük már nem változik. A megtisztított, száraz kőhalmazt és a meghatározott viszkozitású bitumént ezután egy keverőtálban alaposan összekeverik mindaddig, amíg a kőszemcsék teljes felülete be nem vonódik bitumennel. A keveréket ezt követően lapos fémtálcára vagy szilikonbevonatú papírra terítik szét úgy, hogy a szemcsék egymástól külön helyezkedjenek el, ne tapadjanak össze és ne képezzenek csomókat.

Ezt a mintát 12 és 64 óra közötti időtartamban szobahőmérsékleten tárolják, pormentes helyen, hogy a bevonat stabilizálódjon. A kondicionálási idő letelte után a mintát

három részmintára osztják, amelyeket külön vizsgálati palackokba helyeznek. Minden palackba a szemcséket egyenként teszik be, majd desztillált vízzel félig feltöltik, és üvegpálcát is helyeznek bele, amely a vizsgálat során segíti a szemcsék koptatását, mozgását. Ezután a palackokat hengerlőgépen forgatják, ami a víz és a mozgás hatására elősegíti a tapadás értékelését.

A bevonódás mértékét ezután szemrevételezéssel állapítják meg, amit két laboráns egymástól függetlenül végez, anélkül, hogy látnák egymás eredményeit. A kapott értékeket átlagolják, majd az eredményt a legközelebbi 5%-ra kerekítve határozzák meg. A szabvány „A” melléklete mintavizuális útmutatóként szolgál, azonban sajnálatos módon pontatlanságai miatt megtévesztő lehet, így a vizsgálat szubjektív jellegét nem képes teljes mértékben kiküszöbölni.

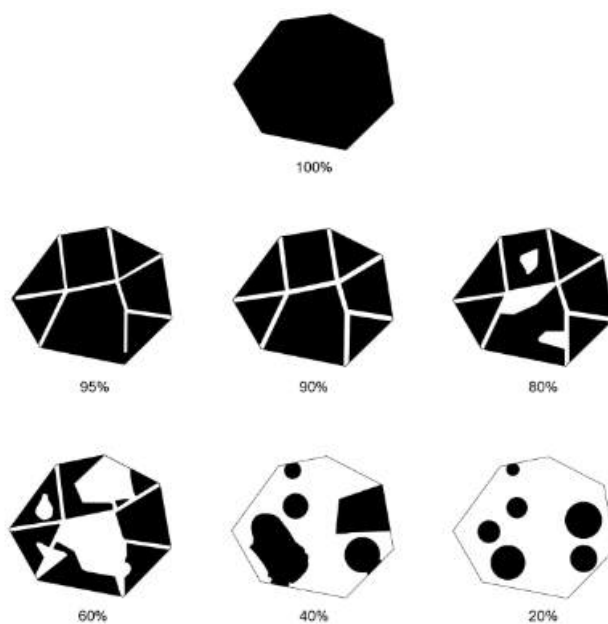
3. Probléma az MSZ EN 12697-11:2020 szabvánnyal

A palackhengerléses eljárás alapvetően pontos, megbízható és könnyen kivitelezhető vizsgálati módszer, amely lehetővé teszi a bitumen és a kőhalmaz közötti tapadás mértékének meghatározását. Maga a kísérleti folyamat egyszerű, azonban a minta értékelésének módja már sokkal összetettebb és kevésbé objektív. Az eredmények ugyanis nagymértékben a laboránsok személyes megítélésén és tapasztalatán alapulnak, mivel a szabvány az „A” mellékletben található vizuális útmutatót veszi alapul az értékeléshez. Ez a melléklet azonban nem pontos, hiszen az ábrán jelölt százalékok és a bevont területek nem egyeznek, ezenfelül értelmezése különbözhet személyenként. A laboránsok ítéletképességét számos tényező befolyásolhatja: a fáradtság, a gyakorlat hiánya, a látás romlása, vagy akár a pillanatnyi hangulat is torzíthatja az észlelést. Bár a szabvány előírja, hogy a vizsgálatot két független laboráns végezze, és az eredményeket átlagolják, ez a megoldás sem zárja ki teljesen az emberi hibát. Az így keletkező eltérések akár jelentősen is különbözhetnek a valós tapadási értékektől, ami megkérdőjelezi a módszer objektivitását és reprodukálhatóságát.

Az „A” melléklet célja, hogy segítséget és vizuális támpontot adjon a laboránsoknak a bitumen bevonódásának megítéléséhez, azonban a gyakorlatban ez az ábra nem bizonyul elég pontosnak. Ennek igazolására AutoCAD program segítségével pontosan megrajoltam az „A” mellékletben szereplő körvonalakat, majd a program által kiszámított területek alapján meghatároztam a tényleges bevonódási százalékokat. Az így kapott adatokat egy Excel táblázatban rögzítettem és rendszereztem. Az 1. táblázat első oszlopa az ábrán feltüntetett, a szabvány szerinti bevonódási értéket mutatja, a második oszlopban a valós, számítással meghatározott érték szerepel, míg a harmadik oszlopban a két adat előjeles különbsége látható. Az összehasonlításból egyértelműen kiderült, hogy jelentős eltérések mutatkoznak a valós és a szabványosított ábrán közötti értékek között. Ez azt bizonyítja, hogy az „A” melléklet ábrája nem megbízható alap a vizsgálati eredmények értékeléséhez, hiszen torzíthatja a laboránsok megítélését és hibás

következtetésekhez vezethet. Emiatt fontos lenne a melléklet pontosítása vagy modern, digitális, objektív mérési módszerek bevezetése a nagyobb pontosság érdekében.

Ebből következően, hogy az ítéletképességet segítő ábra nem tölti be megfelelően a funkcióját, hiszen a pontatlansága miatt félrevezető. Ha ehhez még hozzávesszük a laboráns pillanatnyi hangulatát, fáradtságát vagy koncentrációs állapotát, a vizsgálat eredménye könnyen torzulhat. Így végső soron teljesen téves és megbízhatatlan értékek születhetnek, amelyek nem tükrözik a valós bevonódási mértéket. Ez komoly problémát jelenthet az aszfalt minőségében, hiszen a döntések alapját hibás adatok képezhetik.



1. ábra "A" melléklet

Ábra bevonódás	Valós bevonódás	Eltérés
95%	98,77	+3,77
90%	84,14	-5,86
80%	76,81	-3,19
60%	53,55	-6,45
40%	38,86	-1,14
20%	20,38	+0,38

1. táblázat Tényleges bevonódás

4. Vizsgálat szerepe

4.1. Vizsgálat szerepe beépítés előtt

4.1.1. Nedvességérzékenység előszűrése

Különböző vizsgálatok, kísérletek épülnek az EN 12697-11 szabványra. Elsősorban megvizsgálják a kőanyag és a bitumen közötti tapadás mértékét víz jelenlétében, amit a gördülő palackos eljárás és a statikus eljárás is tükröz. Ezután nagyobb keverékeken végeznek el vizsgálatokat a szemrevételezés alapján meghatározott tapadásra alapozva. Sajnos a szemrevételezés pontatlanságából adódik, hogy kezdeti hibát visznek a mérésbe, majd ezekkel a téves értékekkel folytatják a kutatást vagy a kísérleteket. Így sokkal

nagyobb és költségesebb vizsgálatokat végeznek laboratóriumok, ahol az eredmény nem teljesen a valóságot tükrözi és egy pontos meghatározással megelőzhető lehet egy vizsgálat elvégzése. Hiszen, ha a bevonódás vizsgálat során kiderül, hogy a tapadás gyenge, akkor következtethetünk arra is, hogy a keverék érzékeny fagyási-olvadási ciklusokra vagy, hogy ITSZ vizsgálat során nem fog az elvártan megfelelő módon teljesíteni a keverékünk.

4.1.2. Adalékok és tapadásfokozók igazolása

Ha a kő és a bitumen közötti tapadás nem megfelelő, gyakran különböző adalékot, tapadásfokozót vagy hidratált meszet adnak a bitumenhez a tapadás növelése miatt. Ezeket az adalékoknak a hatását az EN 12697-11 alapján igazolják aszerint, hogy mennyivel nőtt a bitumenes bevonódás mértéke. Szintén az EN 12697-11 alapján vizsgálják a módosított bitumeneknél, melegebb vagy csökken-

tett hőmérsékletű aszfaltoknál (WMA), hogy maga az alkotóelemek közötti tapadás változott-e, és ha igen, milyen mértékben. A szemrevételezés pontatlansága itt többszörösen is problémát okoz. A becsült bevonódási százalékok különbsége alapján határozzák meg az adalékok hatását, és szükségességét. Így maga a tapadásfokozók vagy adalékok hitelesítése nem teljes mértékben történik megfelelően.

4.1.3. Új vagy problémás kőanyagok minősítése

Ha egy új bányából érkezik kőanyag, vagy egy problémás kőanyagból szeretnénk aszfaltot építeni, annak sok megelőző vizsgálata van köztük a bevonódás képessége is kérdéses. Ilyenkor a tapadóképesség vizsgálata szintén az EN 12697-11 alapján történik. Könnyen felmerülhet, hogy adalék-

anyagokra, tapadásfokozókra van szükség, ahol szintén felmerül az előbbieken felsorolt problémák. A minősítéshez elengedhetetlen a pontos bevonódási képesség meghatározása, amihez kiemelten fontos a tapadóképesség pontos meghatározása.

4.2. Pontatlan bevonódás meghatározásból eredő aszfalthibák

A fentiekből adódóan, ha a keverék bevonódásának mértékét nem sikerül pontosan meghatározni, az komoly következményekkel járhat. A hibás értékelés aszfaltminőségi

problémákhoz, tapadási hiányosságokhoz és idő előtti burkolatkárosodáshoz vezethet, ami végső soron a közlekedésbiztonságot is veszélyezteti.

4.2.1. Kopás

A palackhengerléses vizsgálat során a kezdetben 100%-os bevonódással rendelkező minta a koptatóhatás következtében fokozatosan veszít a tapadásából. Ez a folyamat jól szemlélteti, hogy a valós körülmények között, az aszfaltburkolat csúszásellenállása az idő előrehaladtával eltérően

csökkenhet attól, mint amit a tervezési fázisban előzetesen feltételeztek. Amennyiben az útfelület tapadása jelentősen lecsökken, az komoly közlekedésbiztonsági kockázatokat jelent, különösen nedves, csapadékos vagy jeges időjárási viszonyok között, amikor a járművek tapadása kritikus sze-

repet játszik. A probléma még súlyosabbá válik mészkővas aszfaltkeverékek esetében, mivel a mészkő természeténél fogva puhább és kopásra hajlamosabb kőzet, így gyorsabban veszít tapadóképességéből. Ennek következtében, ha a bevonódás vagy a kopásállóság mértéke nem

egyezik meg a tervezés során meghatározott értékekkel, az útburkolat vártnál hamarabb elveszítheti csúszásellenállását, ami balesetveszélyes helyzeteket idézhet elő és lerövidíti az út élettartamát.

4.2.2. Kipergés

Amennyiben a tapadóképességet nem a valóságnak megfelelően határozzuk meg, az komoly következményekkel járhat az aszfaltburkolat minőségére és tartósságára nézve. Ha a bitumen és a kőszemcsék közötti kötés ereje gyengébb, mint amit a tervezés során feltételeztünk, akkor a keverék nem lesz kellően összetartó. Ennek következtében a kopórétegben található kőszemcsék könnyebben kipereghetnek a felületről, mivel a bitumen nem biztosítja számukra a megfelelő tapadást és stabilitást. A szemcsék kipergése pedig láncreakciószerűen rontja az útburkolat szerkezetét, ami repedések, felületi károsodások, majd később kátyúk kialakulásához vezethet. Mindez nemcsak az út élettartamát csökkenti, hanem a közlekedésbiztonságot is veszélyezteti, hiszen a burkolat egyenetlenné válik, növelve a balesetek kockázatát.



4.2.3. Repedési hibák

A nem megfelelő bevonódás mértéke jelentős hatással van az aszfaltburkolat szerkezeti épségére, mivel elősegíti különböző repedéstípusok, például hajszálrepedések és csúszási repedések kialakulását. A hajszálrepedések apró, gyakran szabad szemmel alig észrevehető felületi hibák, amelyek a kőszemcsék közötti elégtelen tapadás következtében alakulnak ki. Kezdetben nem okoznak közvetlen problémát, azonban az idő előrehaladtával ezek a apró repedések lehetőséget adnak a víz és a fagy bejutására, ami nagyobb repedéseknek ad helyet. A csúszási repedések ez-

zel szemben főként olyan helyeken fordulnak elő, ahol a járművek fékeznek vagy gyorsítanak, például kereszteződésekben, stop tábláknál és emelkedőkön. Ezek a pontokon a járművek által közvetített horizontális erők fokozatosan „széthúzzák” az aszfaltot, ami a burkolat deformációjához vezet. Ha a bevonódás nem megfelelő, vagy a bitumen és a kőszemcsék közötti adhézió gyenge, a burkolat nem képes hatékonyan felvenni a feszültségeket, így az út gyorsabban elhasználódik, és korábban jelennek meg a súlyosabb szerkezeti hibák.

4.2.4. Fagyási – olvadási ciklusok

A fentiekben ismertetett hibák, mint a hajszálrepedések és csúszási repedések nem csupán önállóan károsítják az útburkolatot, hanem hosszú távon további romlási folyamatokat indítanak el. A repedések és hézagok révén a csapadékvíz a téli fagyási és olvadási ciklusok során a víz térfogatváltozása fokozatosan tágítja a réseket, ezáltal egyre súlyosabb szerkezeti károsodásokat okozva.

További problémát jelent a téli útüzemeltetés, különösen a sózás, amely során az útfelület folyamatosan ki van téve a só és a nedvesség kémiai roncsolóhatásának. A só nemcsak a bitumént károsíthatja, hanem gyengíti a kőszemcsék közötti kötések, felgyorsítva az aszfalt öregedését és a tapadásvesztést. Bár Magyarországon az utóbbi években a sóhasználat csökkent, hiszen egyre kevesebb hó miatt, nem szabad megfelelkezni arról, hogy az MSZ EN 12697-11:2020 szabvány európai szabvány. Így más, hidegebb éghajlatú országokban, ahol a sózás gyakrabban és nagyobb mértékben történik ezek a kis pontatlanságok a bevonódás vizsgálatában



sokkal súlyosabb károkat eredményezhetnek. Ez is rámutat arra, hogy a pontos tapadási értékelés kulcsfontosságú a burkolatok hosszú távú élettartama és biztonsága szempontjából.

5. Vizsgálat objektívvá tétele

Annak érdekében, hogy a bitumenborítottság meghatározása valóban objektív és megbízható legyen, elengedhe-

tetlen az emberi tényező kizárása a vizsgálati folyamatból. Ezt leginkább szabványosított fotózással és digitális képfel-

dolgozással lehet elérni, hiszen ezek a módszerek pontos, ismételhető és emberi szubjektivitástól mentes eredményt biztosítanak. Ennek megvalósítására egy saját fejlesztésű programot készítettem, amely képes a mintáról készült fényképet elemezni. A folyamat során a mintát először megfelelő megvilágítás mellett, szabályos távolságból lefotózzuk, majd a képet feltöltjük a programba. Néhány apró

kalibrálási lépés után a program kiszámítja a bevonódott és nem bevonódott felületek arányát százalékos formában. Az eredményt egy színesen jelölt képen jeleníti meg, ahol jól elkülöníthetők a bitumennel bevonott és a nyers kőfelületek, így a felhasználó vizuálisan is ellenőrizheti az automatikus kiértékelés helyességét.



2. ábra Bemeneti adat



3. ábra Kimeneti adat

Az általam kidolgozott eljárás legnagyobb előnye, hogy teljes mértékben kizárja az emberi tényezőket, így az értékelés objektívvá, pontosabbá és ismételhetővé válik. Digitális feldolgozásnak köszönhetően nem szükséges már hozzá két laboráns, elég egy vizsgáló is. Ennek köszönhetően a vizsgálat eredménye függetlenné válik a laboránstól, a helyszíntől vagy az országtól, vagyis minden laborban bárhol Európában, ahol az adott szabványt alkalmazzák azonos és összehasonlítható eredményeket lehet kapni. A módszer további előnye, hogy az adatok digitális formában kerülnek rögzítésre, ami lehetőséget teremt nagyméretű, központi adatbázis létrehozására. Ez az adatbázis a jövőben rendkívül értékes információforrást biztosíthat az aszfaltburkolatok viselkedésének, hibáinak és tartósságának vizsgálatához, valamint hozzájárulhat új összefüggések és optimalizálási lehetőségek feltárásához.

Hosszútávon ez az adatbázis a jövőben segítheti az aszfaltok hibáinak vizsgálatát, optimalizálását esetleges összefüggések felállítását. Emellett az utak élettartama növelhető a hibák minimalizálása, ismerése végett. Bár az összes prob-

lémát nem tudjuk megszüntetni, hiszen több tényezőtől erednek a gondok, de a javításuk jóval tervezhetőbb lesz, ami növeli a karbantartás költség és energiahatékonyságát.

Rövid távon az újonnan épülő aszfaltutak vizsgálata során a módszer alkalmazásával konkrét, mérhető adatokat nyerünk, amelyek segítségével a beruházók és kivitelezők pontosabban tudnak tervezni. Ezáltal biztosítható, hogy az elkészült útszakaszok megfeleljenek az elvárt SFC (Surface Friction Coefficient) és IFI (International Friction Index) értékeknek, amelyek kulcsfontosságúak a tapadás és a közlekedésbiztonság szempontjából. Az így nyert objektív adatok lehetővé teszik a minőségellenőrzés javítását, és csökkentik a hibás kivitelezés kockázatát. Végső eredményként biztonságosabb, tartósabb és megbízhatóbb úthálózat jön létre, amely nemcsak a hétköznapi közlekedők számára jelent nagyobb biztonságot, hanem a szakemberek munkáját is megkönnyíti azáltal, hogy pontos, összehasonlítható és visszakövethető adatokkal támogatja a tervezési és fenn tartási folyamatokat.

6. Irodalomjegyzék

Internetes források:

- https://www.researchgate.net/publication/337752460_Evaluation_of_adhesion_between_bitumen_and_aggregate_with_the_digital_image_processing_method
- https://www.researchgate.net/publication/333824991_Determination_of_Bitumen_Stone_Coverage_by_Digital_Image_Processing
- https://www.researchgate.net/publication/282763942_A_bitumen_es_kozet_kozotti_tapadas_-_Fejlesztési_torekvesek_a_bitumen_minosegenek_javitasa_erdekeben
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681416301043>
- <https://medium.com/@dijdomv01/a-beginners-guide-to-understand-the-color-models-rgb-and-hsv-244226e4b3e3>
- <https://onestopasphalt.com/blog/what-is-asphalt-raveling/>
- https://www.h-a-d.hr/pubfile.php?id=1109&utm_
- <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10298436.2013.855312?>

Útpályaszerkezeti kopórétegek felületi méréseihez a Road Surface Profiler MK III mérőkocsi alkalmazhatóságának vizsgálata

Veres Dávid

Közútkezelői művezető
Magyar Közút Nonprofit Zrt.



Bevezetés

Az útburkolatok elkészítésük pillanatában már rendelkeznek némi nemű, az építés során keletkezett, ekkor még főként hosszirányú egyenetlenséggel. Az út átadását követően ez lassú, majd exponenciálisan gyorsuló ütemben romlani kezdő folyamat, mivel a felületi hibák miatt egyre több energiát nyel el, ami alakváltozásokat okoz. A forgalom terhelő hatása a keréknyomok alatt süllyedést okoz, mely során keréknyomvályú alakul ki. A gépjármű abroncsa a motorból származó energiát adja át az útfelületnek, ezzel mozgásra bírva azt. Ezek az erőhatások az aszfaltburkolatok felületét koptatják, ezáltal a makroérdesség romlik, egyre síkabb lesz az út, ami növeli a balesetveszélyes helyzetek számát, valamint csapadékos időben növeli a felcsapott

víz mennyiségét. A menetkomfortot leginkább befolyásoló hosszirányú egyenetlenség is romlik az idő előrehaladtával. A felsorolt paraméterek mérésére két lehetőség van. Az egyik lehetőség a „hagyományosnak” nevezhető mérések (ÚT-02, makrotextúra és a léccel történő keréknyom mélység mérése), melyek nagy időigénnyel rendelkeznek. Másik megoldás a modern, számítógépes kalkulációkkal meghatározott, lézeres távolságmérésen alapuló RSP (Road Surface Profiler) mérés. A Diplomamunkám során arra kerestem a választ, hogy az előbb említett két eljárás alkalmas egymás kiváltásra. Jelen cikk a Diplomamunka készítése során készített kutatási munka és eredmények bemutatása.

Úthasználói igények

A burkolat paramétereinek mérése két okból is szükséges. Első és legfontosabb, az utazáskomfort biztosítása, mely a közlekedők számára a legfontosabb paraméter a biztonság mellett. Másik ok pedig az, hogy a burkolat leromlásának monitorozása lehetőséget biztosít a beavatkozások tervezésére. Ezeket a minősítő adatokat az országos köz-

utak esetén az Országos Közúti Adatbankban (röviden OKA) tartják nyilván.

Az úthasználók igényeit figyelembe veszi az e-UT 06.03.21/M1 Útügyi Műszaki Előírás, mely az új burkolatok építése során határozza meg, hogy a burkolati rétegeknek milyen előírásnak kell megfelelni. Ezek az igények a kopó-

rétegek esetében a felületi egyenletességi követelmények és a makroérdesség követelmények formájában jeleníti meg az előírás. Felületi egyenletlenség követelményeknél az IRI és az ÚT-02 szerinti hosszirányú egyenletességi értékekre vonatkozóan vannak értékek.

Az úthasználók elvárásai megjelennek az e-UT 08.02.12:2022 Aszfaltburkolatok fenntartása című műszaki

előírásban is. Ebben a kutatás során releváns előírások az egyenletesére, illetve a keréknyom mélységre vannak meghatározva határértékek, ezeket mind az RSP mérés szerint mérve.

Mérések

A cikkemben nem térek ki részletesen az eljárások bemutatására, csupán néhány mondatban szeretném őket bemutatni. A kutatásom során elvégzett méréseket két nagy csoportba osztottam. Ez a két csoport a „távolságmérésen alapuló” mérések és a „hagyományos” mérések. A távolságmérésen alapuló mérések mindegyikében közös, hogy az RSP mérőkocsival történtek. Ezek a mérőkocsi elején egy gerendára felszerelt, 21 darab lézeres távolságmérő segítségével történnek. A lézerek azt a távolságot mérik, hogy milyen messze van a burkolat felszíne és a mérőkocsi gerendája egymástól. A jármű mozgása során ez a távolság változik. Így egy virtuális egyeneshez képest tudják mutatni

az IRI értéket, mely a hosszirányú egyenletlenség mutatja meg, azt szimulálva, hogy egy kocsi egyik kereke hogyan mozogna az útburkolat felszínén. Továbbá az RSP szerinti makroérdességet (MPD), mely egy előre beállított (jellemzően 10 cm-es) szakasz két felének legnagyobb eltérését mutatja meg az átlaghoz képest. Valamint megtudható a keresztirányú burkolatprofil is, mely megmutatja a keréknyommélységet, egy virtuális egyeneshez viszonyítva. Ezeket a méréseket mind a Széchenyi István Egyetem Útépítési Laboratóriumának a Dynatest Road Surface Profiler MK III (KLÁRA) (1.ábra) eszközével végeztem el dr. Nagy Richárd segítségével.



1. ábra: A Széchenyi István Egyetem Útépítési Laboratóriumának mérőkocsija (KLÁRA)

A hagyományos méréseknél a kutatásom során az ÚT-02, a makrotextúra (MTD) és a keréknyom mélység mérést végeztem el. Az ÚT-02 mérést a mérésről elnevezett ÚT-02 készülékkel végeztem el. A készülék egy 3 kerékkel rendelkező, 4 m-es gerenda, melyen a két szélső fix rögzítésű, míg a középső vertikálisan szabadon tud mozogni. A mérés úgy történik, hogy a burkolaton tolva a készüléket a mozgóke-

rék elmozdulását egy milliméterpapírra rögzíti. A makrotextúra mérésére ismert mennyiségű üvegyöngyöt kell szórni a burkolatra, majd azt egyenletesen el kell oszlatni, majd lemérni az így keletkezett kör kerületét. A harmadik elvégzett mérés, az a léccel történő keréknyom mélység mérése volt. Ennek lényege, hogy egy 3 m-es lécet az út tengelyére merőlegesen elhelyeznek és egy mérőék segítségével

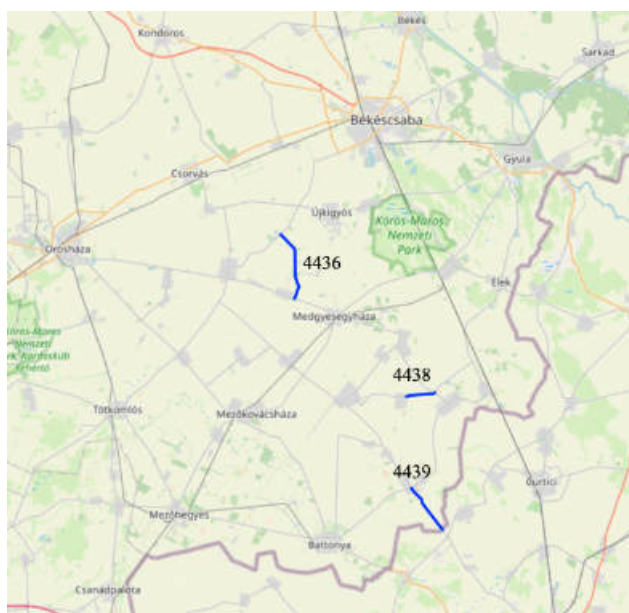
mérik a burkolat és a lécz közti legnagyobb távolságot. A hagyományos mérések elvégzésre a Magyar Közút NZrt. Békéscsabai Minőségbiztosítási Laboratórium eszközeivel

végeztem el. A vizsgálatok során segítségemre volt Csernák Bálint és Kovács Krisztián, a laboratórium két munkatársa.



2. ábra: Makrotextúra mérése

Mérési területek



3. ábra: Mért utak

A vizsgált útszakaszok kijelölésénél fontos szempont volt az, hogy szemrevételezés során jó burkolattal rendelkezzen, valamint az, hogy alacsony forgalom legyen, ezáltal nem zavarva a forgalmat a mérés. Így az alábbi szakaszok kerültek kijelölésre:

- 4436-os út 0+000 - 7+449
- 4438-os út 5+069 - 8+000
- 4439- os út 29+509 - 33+354

Az utak mindegyikéről elmondható, hogy Békés vármegyében vannak, kezelője a Magyar Közút NZrt. Békéscsaba Mérnöksége.

A 3. ábrán térképen ábrázolom a szakaszokat.

Mérési adatok kiértékelése

Az RSP mérések adatait egy .xlsx file kiterjesztésben kaptam meg. Ebben benne voltak a mért adatok, valamint a mérés GPS koordinátája. A koordináták alapján lehetőség volt pontosan az útra illeszteni a mért értékeket. Ezt követően

kiolvastam a számomra releváns adatokat, így a 100 m-es IRI értékeket, a makroprofil mélységeket, valamint a keréknyom mélység adatokat is.

RSP

IRI értékek kapcsán 100 m-re vonatkoztatva nyertem ki az adatokat. Ezek alapján elmondható, hogy a 4436-os út rendelkezik a legrosszabb IRI értékekkel. A 100 m-re vetített átlag alapján egyes szakaszok csak a 3. osztályzatba engedik a szakasz sorolását. A 4438-as úton egy olyan 100 m-es szakasz keletkezett, ahol 2. osztályba lehetett sorolni a szakaszt. A 4439-es út általam vizsgált szakaszán a 100 m-re vetített IRI érték mindenhol 1,80 mm/m felett van, vagyis az új utakra vonatkozó követelmény is teljesíti, a meglévő utaknál lévő 2,5 mm/m-es határértéket nem lépi át a 100 m-es átlag, vagyis 1. osztályzatba sorolható.

Az MPD értékekre nincs előírt határérték sem az új utakra vonatkozóan, sem a meglévő utakra vonatkozóan, valamint a kidolgozását sem írja elő egyetlen hazai előírás sem. Kutatási munkám során azokon a pontokon (10 cm-es sza-

kaszon) olvastam ki az értékeket, melyhez tartozik párhuzamosan textúra mélységi eredmény is. Az eredményeken megfigyelhető volt, hogy minél nagyobb forgalom van az úton, a burkolat MPD értéke annál kisebb.

Az RSP szerinti keréknyom mérésre az előírás 100 m-es szakaszok átlagolását írja elő, azonban a kutatás során ezt nem tartottam be, hanem csak azokon az 1 m-es szakaszokon vizsgáltam meg, ahol léccel is történtek mérések. Ezek alapján mindenhol 1. osztályzatba sorolhatóak a mért eredmények. Érdekes megfigyelés volt, míg a szelvény szerinti jobb oldalon a belső, illetve a középső keréknyom eredményei közelebb álltak egymáshoz, addig a bal oldalon a külső keréknyom értékei álltak közelebb egymáshoz, mind a két esetben kedvezőtlenebb eredményekkel.

Hagyományos mérések

A hagyományos mérések kiértékelése kézzel történt. Az ÚT-02 mérőlapján le kellett mérni majd összeadni az emelkedő hullámokat, és amelyek 6 mm-nél nagyobbak, de 7,5 m-nél rövidebb hosszra emelkednek. Az összegzést 100 m-re és 1 km-re is el kell végezni. Mivel előírt határérték csak az újjépítésű utakra vonatkozóan van, így az alapján értékeltem a szakaszokat. A 4438-as úton a legrosszabb szakasz is csak 2,3 cm elmozdulást mutatott, vagyis az új utakra vonatkozó előírást is teljesíti. A 4439-es úton a legrosszabb 100 m-es szakasz 6,7 cm-es összegzett elmozdulást mutatott, vagyis ez a szakasz is megfelel az új utakra vonatkozó előírásnak.

A makrotextúra értékek mérése kerek szelvényekben történt, annak érdekében, hogy a hely azonosítása egyszerű legyen. A makrotextúra értékekre nincs előírás a már forgalomban lévő utakra, emiatt kutatásom során az új burkolatirétegekre vonatkozó előírás alapján minősítettem a mérési eredményeket. Ez alapján mindenhol megfelel a burkolat az új rétegekre való minősítés esetén is.

Keréknyomvályú-mélység mérése szintén kerek szelvényekben történt. Mivel a léccel történő keréknyomvályú-mélység méréséhez nem tartozik osztályozási határérték, így az RST mérések során alkalmazandó osztályozást alkalmaztam.

Mérési eredmények összehasonlítása

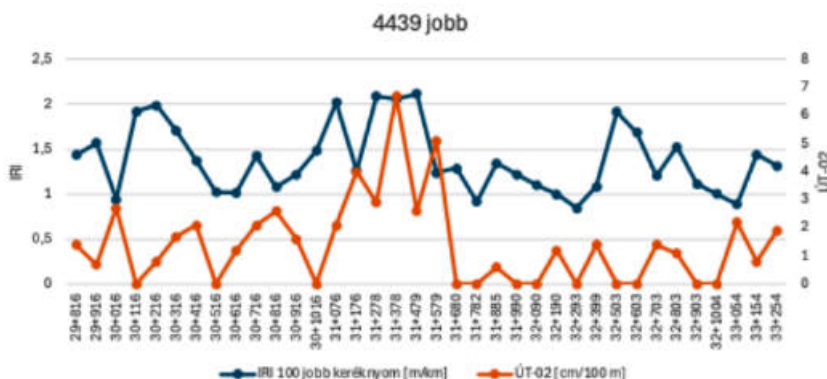
Kutatásom fő kérdése az volt, hogyan lehet átjárást találni a „hagyományos” és a „távolságmérésen alapuló” vizsgálatok között. Ennek megfelelően hasonlót a hasonlóval ha-

sonlítottam össze. Az eredmények összehasonlítására lineáris regressziót alkalmaztam, melynek segítségével megtudtam, milyen kapcsolat van a két eredmény között.

Hosszirányú egyenletesség

Elsőként az IRI eredményeket hasonlítottam össze az ÚT-02 eredményeivel. Hossz-szelvényen ábrázoltam, mind

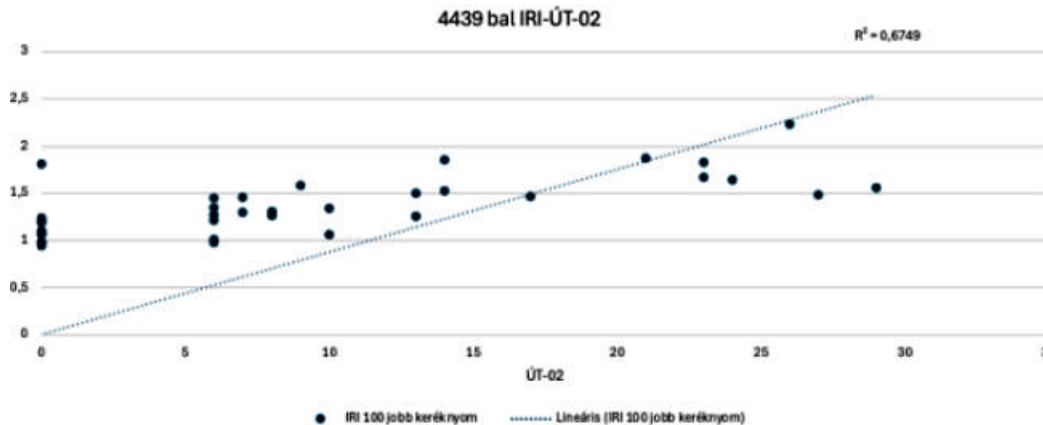
a két mérés eredményét. Az 4-es ábrán a 4438-as út szelvény szerinti jobb oldalán mért eredményeket ábrázoltam.



4. ábra: ÚT-02 és IRI értékek hossz-szelvényen ábrázolva

Az jól látható, hogy ahol az egyik érték magasabb, ott nagy eséllyel a másik érték is magasabb eredményt mutat. Ezért van értelme összehasonlítani a két mérést. A szabályosan

kidolgozott mérések közötti trendvonal R^2 értéke 0,5 és 0,68 között változik, vagyis gyenge összefüggés van a két eredmény között.



5. ábra: ÚT-02 és IRI eredmények összefüggése

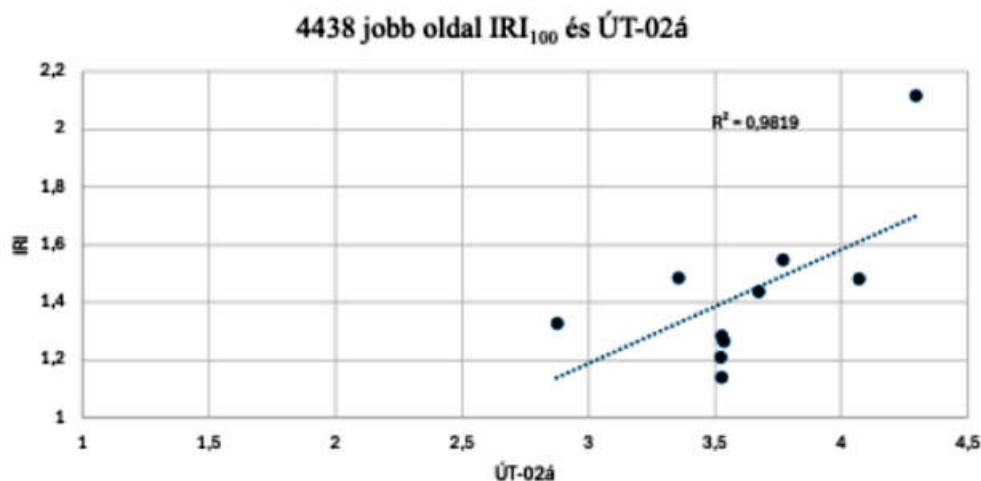
A mérések eredményének közelítése céljából az előírástól eltérő módon dolgoztam ki az ÚT-02 eredményeket. Az új kidolgozással 0,25 mm-es pontossággal mértem az eredményeket és már a 2 mm-nél nagyobb hullámokat is figyelembe vettem. Emellett nem csak az emelkedő, hanem a csökkenő hullámokat is számoltam. A szabványban előírt, 7,5 m-nél hosszabb hullámokat továbbra sem számoltam. Az így kapott eredmény romlást mutatott, csak $R^2=0,27$ -es korrelációs érték jött ki. Ezt követően nem összegeztem a 100 m-en belüli hullámok nagyságát, hanem az átlagukat néztem meg 100 m-en. Így már jelentős javulást értem el, hiszen $R^2=0,98$ értéket kaptam, tehát a két mérés között na-

gyon jó korreláció van, közöttük igazolt összefüggés van. Az így kapott eredmények alapján az út szelvény szerinti bal oldalán ellenőriztem a kidolgozást, ott $R^2=0,92$ értéket mutat a korreláció. A 15 darab szakasz alapján elmondható, hogy az alábbi képlettel az ÚT-02 mérésével kiszámolható az IRI:

$$IRI_{sz} = 0,4 * \bar{U}T_a$$

Ahol:

- $\bar{U}T_a$: Az ÚT-02 készülékkel mért hullámok általános magassága 100 m-es szakaszokra [mm]
- IRI_{sz} : Az ÚT-02 átlagaiból számított IRI érték [mm/m]



6. ábra: IRI és ÚT-02 átlaga közti összefüggés

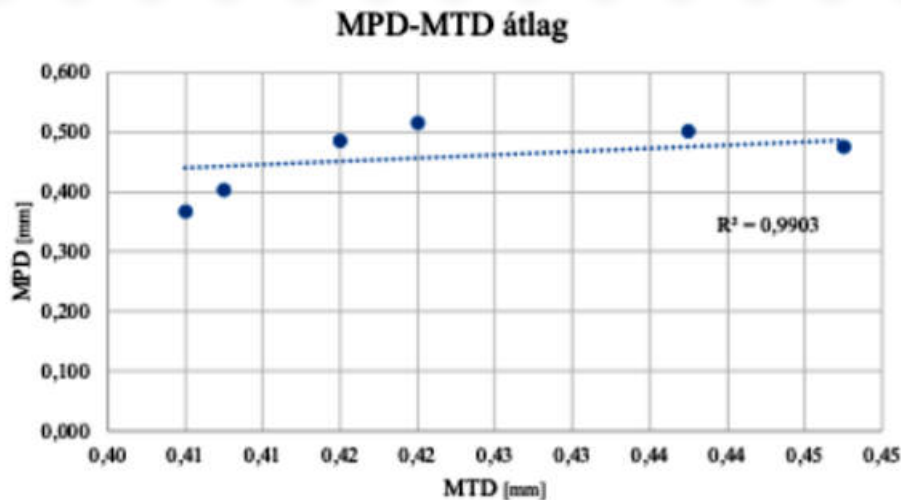
Makroprofil mélyég (MPD) és makrotextúra mélység (MTD)

A felület érdekességét meghatározó két eljárást összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy az eredmények között átlagosan 0,99-es R^2 értéket kaptam (7. ábra), vagyis igen erős a korreláció. Azonban amikor azt szerettem volna meghatározni, hogy hogyan lehet átváltani a két eljárás eredményét több szakirodalom más eredményeket és eljárásokat mutatott. Bizonyos kutatók azt az eredményt kapták, hogy egy konstanszt kell hozzáadni, más kutatók szerint szorzásra van

szükség, azonban az értékek kutatóonként eltérőek. Az általam vizsgált mérési eredmények alapján az átváltás az alábbi képlettel lehetséges:

$$MTD_{sz} = MPD * 1,025$$

A fenti képlettel azonban nem kapjuk meg pontosan az MTD eredményét. A jövőben olyan méréseket kellene elvégezni, ahol ismert az aszfalt típusa, illetve az időjárási körülmények is közel azonosak.



7. ábra: Makromélységek közti összefüggés

Keréknyomvályú-mélység

A keréknyom mélységek közötti korreláció keresése során a hagyományos mérőlécclal történt mérés eredményeit, valamint az RSP által mért átlag értékek közül a keresztmetszet legnagyobb értékét hasonlítom össze. Elsőleges felvetésem az volt, hogy ebben az esetben is tapasztalható valamekkora korreláció. Az így kapott eredmények után megállapítottam, hogy nincs korreláció, az R^2 értékek jellemzően 0,85, vagyis a két mérés között átlagosan jó kapcsolat van, de nincs köztük logikai összefüggés. Következő

lépésben az RSP szerinti szelvényben a legnagyobb értéket hasonlítottam össze a léccel történt méréssel. Ebben az esetben az R^2 értéke kisebb volt, ugyanis ekkor már csak 0,83 volt. Ennek oka az lehet, hogy az RSP mérésből csak néhány métert elemeztem ki, nem a teljes szakaszt. Yusuf Mehta és társai szintén hasonló következtetésre jutottak. Véleményük szerint ennek oka az, hogy a jármű vezetés közben imbolyog, így a nagyhatékonyságú lézer nem mindig megy a keréknyomban.

Mérési időigények

A két eljárás között nagy különbség van a mérési időben. A mérési időigények összehasonlításához egy fiktív útszakaszt vettem alapul. Az útszakasz egy 10 km hosszúságú, összekötőút, 2000 Ej/nap forgalommal. A mérendő út 50 km távolságra van a telephelytől. A mérést végző munkások napi 8 órát dolgozhatnak. A telephelyről a munkaterületre 90 km/h-s sebességgel haladnak. Így azt az eredményt kap-

tam, hogy a hagyományos mérések 3 munkanapot vesznek igénybe. Ebből egy nap az ÚT-02 mérés, míg a keréknyom mérése és a makrotextúra mérés további 2 munkanapot igényel. Ezzel szemben a Road Surface Profiler MK III-mal történő mérés csupán 0,3 munkanapot vesz igénybe, vagyis 2,5 órát.

Táblázás

A közúton való közlekedés veszélyes üzem. Ennek megfelelően, aki a közúton halad vagy munkát végez folyamatosan veszélynek van kitéve. A minél biztonságosabb munkavégzés érdekében a közúton folytatott munkát a forgalomtól külön kell választani és azt jelezni kell a közlekedők részére. Az e-UT 04.05.14:2020 Közutakon folyó munkák elkorlátozása és ideiglenes forgalomszabályozása műszaki előírás tartalmazza azokat az elvárásokat, melyeket a biztonságos forgalomtereléshez szükségesek. Azok a munkafolyamatok, melyek folyamatos haladást biztosítanak, vagy naponta többször helyszínt változtatnak, mozgó munkahelynek minősülnek. A kutatásomban megjelenő mérések mindegyike ebbe a kategóriába tartozik. Fontos azonban, hogy míg az ÚT-02-es mérés és a Road Surface Profiler MK III-mal történő mérés folyamatos haladást biztosít (utóbbi esetében ki sem kell szállni a járműből), addig a makrotextúra és a keréknyom mérése esetenként több, mint 20 percre is megállnak, és a járműből kiszállva végzik a mérést. Érzékelhető, hogy utóbbi hordozza magában a nagyobb veszélyforrást is.

A forgalom terelés tekintetében a Road Surface Profiler MK III-mal való mérés során nem szükséges forgalomterelés kiépítése. A gépjárműre előre és hátulra felszerelt, „MÉRÉS” felirat, valamint a sárga villogó lámpával, sorvillogóval, vagy nyíl alakot formázó sárga villogót szükséges elhelyezni, valamint a gépjármű hátuljára „kikerülési irány” és „úton folyó munkák” elhelyezése szükséges. Amennyiben a forgalom indokolja fedező autó elhelyezése szükséges. A könnyebb vizualizáció érdekében az előírás „H4”-es ábráját kell alkalmazni, melyet a 8. ábrán mutatok be. Az ábrán is látszik a készülék előnye, hogy itt nincs szükség forgalomterelés kiépítésére, a mérést a forgalom zavarása nélkül is elvégezhető. Az ÚT-02-vel történő méréshez használt terelés hasonló az előzőekben bemutatottakhoz, azonban ennél a mérési eljárásnál egy gépjármű a fedező jármű szerepét tölti be, míg a mérést végző személyen jól láthatósági mellény, vagy kabát viselése szükséges. Az RSP mérés esetén a fedezőjárműs elhanyagolható, hisz az a forgalommal együtt tud haladni, vagyis az előjelzése nem szükséges.

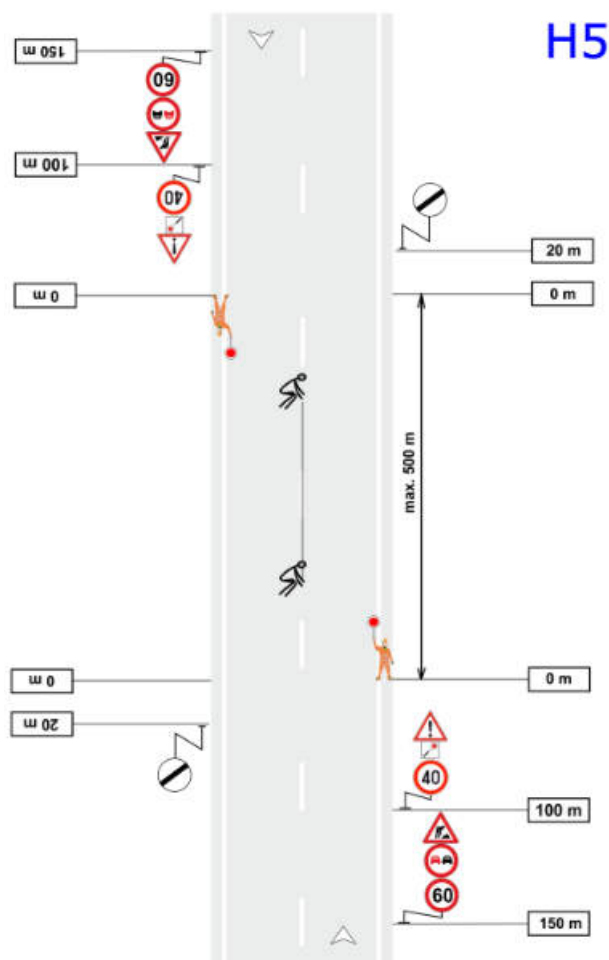
A makrotextúra és a keréknyom mérése során a jármű áll az útburkolaton, ami nagy veszélyt jelent. Éppen ezért nem elegendők a járműre felszerelt veszélyt jelző táblák. Ezen mérések elvégzésre kettő fő forgalomirányító jelzőőr szükséges, melyet előre jelezni kell a közlekedők részére. A veszélyre figyelmeztető táblák a jelzőőrtől 150 m távolságban kell elhelyezni. Ezen a táblacsoporton az „úton folyó munkák”, az „előzni tilos” és a 60 km/h sebességhatárózt adó jelzőtábla szerepel, mivel egy jelzőtábla csoporton csak 3 fő és 3 kiegészítő tábla elhelyezése lehetséges, ezért az „egyéb

veszély” és a hozzá kapcsolódó „jelzőőrrel való forgalomirányítás” kiegészítő tábla, valamint a 40 km/h-s sebességhatáróztábla egy külön oszlopra kerül, melynek elhelyezése a jelzőőrtől 100 m-re szükséges. A munkahely elhagyása után 20 m-rel a „mozgó járművekre vonatkozó tilalmak vége” tábla elhelyezése szükséges. A vonatkozó előírás ezt „H5”-ös ábrának nevezi meg, melyet én a 9. ábrán ábrázoltam. Sok esetben ezeket a táblacsoportokat egyesített táblákká alakítják, melyek háromlábbal rendelkeznek, így a jelzőtáblák kihelyezése kevesebb időt vesz igénybe.



8. ábra: H4-es forgalomkorlátozási ábra
(forrás: Magyar Közút NZrt.)

H4



9. ábra: H5-ös forgalomkorlátozási ábra
(forrás: Magyar Közút NZrt.)

H5

Összegzés

Kutatásomban arra kerestem a választ, hogy a Road Surface Profiler MK III alkalmas-e az útpályaszerkezetek kopórétegeinek mérésére, és ha igen, akkor milyen összefüggések vannak a mérések között. Elmondható, hogy a mérőberendezéssel való mérés alkalmas a kopórétegek mérésére, alkalmazása gyorsabb és biztonságosabb. A mé-

rési eredmények között van összefüggés és részben átjárhatóak az eredmények. A jövőben nagyobb mintán is érdemes lehet elvégezni a méréseket. Nagyobb mérési eredményekkel, illetve hosszútávú megfigyeléssel egy PMS modell létrehozására is lehetőség nyílna, mely a fenntartási munkálatok prognosztizálásában is segítené.

Köszönetnyilvánítás

A cikk végén szeretnék köszönetet nyilvánítani azoknak a személyeknek, akik segítettek a kutatás elvégzésében. Köszönet illeti dr. Nagy Richárd Tanár Urat, aki segített az RST mérések elvégzésében. Köszönöm a Magyar Közút Nonprofit Zrt. Szegedi Minőségvizsgáló Laboratórium vezetőjének, Botos Évának, aki segítette és lektorálta a Diplomamunkámat. Szeretném megköszönni a Magyar Közút Nzrt. Békéscsabai Minőségvizsgáló Laboratórium labor-

vezetőjét, Oláh Attilát, valamint a laboratórium munkatársainak, Csernák Bálintnak és Kovács Krisztiánnak, akik segítettek a hagyományos mérések elvégzésében és a mérések kiértékelésében. Valamint szeretném megköszönni a segítséget Borsos Pálnak, a Magyar Közút Nzrt. Békéscsaba Mérnökség mérnökségvezetőjének, aki lehetőséget biztosított a mérések elvégzésére

Irodalomjegyzék

- Scholarly Community Encyclopedia. (2024. Szeptember 14). Forrás: International Roughness Index: <https://encyclopedia.pub/entry/31966>
- Szabó, K. (2002). Kommunikáció felsőfokon. Budapest: Kossuth Kiadó.
- Larcom, A. (2025. Január 25). Tech Target. Forrás: What does a DPU do?: <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/feature/What-does-a-DPU-do>
- Descornet, G. (1989). A Criterion for Optimizing Surface Characteristics . In TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1215 (old.: 173-177).
- CEN. (2010). MSZ EN 13036-1:2010. Utak és repülőterek felületi jellemzői. Vizsgáló módszerek. 1. rész: A burkolatfelület makroérdesség-mélységének mérése térfogatomódszerrel. Magyar Szabványügyi Testület.
- Gelencsér Máté, N. K. (2024). Makroérdesség mérésének alternatív megoldásai., (old.: 1-47). Győr.
- Christopher R. Bennett, H. d. (2006). Data Collection Technologies for Road Management. Washington: THE WORLD BANK.
- Csilla, S.-S. N. (2018). Burkolatfelület állapotának minősége, minősítése. In Útvizsgálatok és minőségbiztosítás (old.: 49-50). Műszaki Könyvkiadó.
- Gillespie, T. S. (1980). Calibration of Response-Type Road Roughness Measuring Systems. Michigan: University of Michigan.
- Zrt, M. K. (2025. 05 02). UME ábrák. Forrás: Magyar Közút: <https://internet.kozut.hu/umeabra/>
- Dynatest. (2022. február 16). Dynatest Road Surface Profilers including Multi Function Vehicle options. OWNER'S MANUAL Version 03a ID Number 1110508. Dánia.
- 6/1998. (III. 11.) KHVM rendelet az országos közutak kezelésének szabályozásáról . (1998).
- Anita Ihs, S. G. (2004). Vägytans inverkan på körkomforten. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- ay N. Meegoda, G. M. (2002). Correlation of Surface Texture, Segregation, and Measurement of Air Voids. Washington, D.C.: Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation.
- biztositas.hu. (2025. 05 02). Forrás: <https://www.biztositas.hu/karrendezes/veszelyes-uzem>
- e-UT 04.05.14:2020 Közutakon folyó munkák elkorlátozása és ideiglenes forgalomszabályozása. (2020. 05 15). Budapest, Magyarország: Magyar Közút Nonprofit Zrt.
- e-UT 08.01.22:2020 Országos Közúti Adatbanki szolgáltatás. (2020).
- e-UT 08.02.2022 Aszfaltburkolatok fenntartása. (2022. Április 15). Magyarország.
- e-UT 09.02.22:2023. (2023. június 15). HOSSZIRÁNYÚ PÁLYAEGYENETLENSÉG MÉRÉSE MOZGÓ BÁZISÚ MÉRŐKÉSZÜLÉKKEL. Magyarország: Magyar Közút Nonprofit Zrt. .
- e-UT 09.02.28:2020 RST-mérés, -értékelés és az eredmények feldolgozása. (2020. Május 15).
- Ferdinand Farwick zum Hagen, F. L. (2021). Road Condition Monitoring and Assessment in Germany – How to Use the Data for Pavement Analysis.
- Magyar Közút Nonprofit Zrt. (2025. március 8). Forrás: ÚTSZÁMKERESŐ: <https://utszamkereso.kozut.hu/?section=4438;0;7;990>
- Matúš KOVÁČ, P. K. (2015). CONVENTIONAL AND NON-CONVENTIONAL EQUIPMENT FOR PAVEMENT SURFACE MACROTEXTURE MEASURING. (old.: 1-6). Žilina: University of Žilina.
- Marga, B. (2015). Technical Instruction for the Use of Funds in Infrastructure Sector. Indonézia: In Bahasa.
- Rosnawati Buhari, M. M. (2018). Pavement Life Variation with Material Characteristics, Road Profiles and Environmental Effects. Batu Pahat.

Túlsúlyos járművek a hétköznapiakban

Nagy Vivien

Műszaki mérnök
Magyar Közút NZrt.,
Úthálózatvédelmi osztály



A Magyar Közút NZrt. egyik kevésbé ismert, azonban kiemelt jelentőségű feladata az úthálózatvédelmi tevékenység, amely a nehéz teherforgalom ellenőrzését, valamint a túlsúlyos, illetve túlméretes járművek útvonalengedélyezését jelenti.



A 36/2017-es NFM rendelet szerint 40 tonna össztömeg felett általánosan minden járműszerelvénny túlsúlyosnak számít, tengelyszám függvényében pedig már alacsonyabb össztömegnél is túlsúlyos lehet egy szerelvénny. A tengelyterhelés rendelet szerinti meghatározott maximális értéke 11,5 tonna, azonban nem csak az egyes tengelyeket kell figyelembe venni, hanem ha a tengelyek közel helyezkednek

el egymáshoz, akkor úgynevezett tengelycsoportokat alkotnak. A képen látható kamion esetében például a hátsó 3 tengely alkot egy tengelycsoportot, és egyenként ugyan megengedett a 11,5 tonna terhelés, azonban a 3 tengely együtt nem haladhatja meg a 24 tonnát. Túlméretes jármű-

nek tekintünk járműkategória függvényében 16,5 vagy 18,75 méter hosszúság felett minden járművet. Szélességben ez a határérték 2,6 méter, magasságban pedig 4 méter.

Összehasonlításképpen, egy két tonnás átlagos személyautóhoz képest egy 40 tonnás, szabályos tengelyterhelésű, nem túlsúlyos kamion 300.000-szeres rongáló hatást jelent az útburkolatra. A tengelyterhelés rongáló hatása exponenciálisan növekszik. Ha egy 10 tonna terhelésű tengelyt veszünk egységnyi terhelésnek, akkor a szabályos, 11,5 tonna terhelés már kétszeres igénybevételt jelent. 13 tonnánál pedig már közel 4-szeres igénybevételről beszélünk. Túlsúlyos járművek

Magyarországon 13 tonna tengelyterhelés felett nem közlekedhetnek.

A határértékek betartása az útburkolat és az útkörnyezet műtárgyainak megóvása érdekében, valamint a közlekedésbiztonság fenntartása miatt elengedhetetlen. A Magyar Közút NZrt. Úthálózatvédelmi osztályának feladatai közé tartozik az útvonalengedélyezés, illetve a közúti járműellenőrzés.

Amikor egy fuvarozó a 36/2017-es NFM rendelet szerinti megengedett határértékeknel nagyobb méretekkel vagy nagyobb tömeggel szeretne közlekedni, útvonalengedélyt nyújt be elektronikusan, teljesen papírmentes ügyintézés-sel, az úthálózatvédelmi rendszeren keresztül. Igényelhet időszakos engedélyt, vagy eseti, 1 alkalomra, 1 útvonalra szóló engedélyt.

Az engedélykérésben szereplő járműszerelvény paramétereit figyelembe véve, bizonyos megkötésekkel, adott útvonalra kapnak engedélyt. Az útvonaltervezés során figyelembe kell venni a magassági akadályokat, a szélességi korlátozásokat, hidak terhelhetőségét. Egy hídnál megkötés lehet például, hogy csak a forgalom teljes kizárása mellett hajthat csak át rajta a szerelvény. Mérettől függően megkötés lehet a napszakkorlátozás, például csak este hét és reggel hat között közlekedhet a jármű az engedélyével. Szintén a paraméterek függvényében előírás lehet, hogy hány darab kísérő vagy szakkísérő kell közlekedjen a járművel, illetve rendőri kíséret is feltétel lehet, pl. 40 méter hosszúságú, konvojban közlekedő járműszerelvények esetén.

Idén november elsejéig közel 136 ezer útvonalengedély került kiadásra, ezek egy része mérőállomásokon, egy része automata rendszerben, egy része pedig a központi és megyei útvonalengedélyező kollégák által. Érdekesség, hogy a tavalyi azonos időszakhoz képest 5% nőtt a kiadott engedélyek mennyisége, azonban ezen belül a 60 tonna feletti engedélyek száma 38%-kal növekedett.

A közúti járműellenőrzési tevékenység elsősorban mérőállomásokon történik. 38 mérőállomásból áll Magyar Közút NZrt. úthálózatvédelmi ellenőrzési rendszere, 23 helyszínen, melyek folyamatos üzemben működnek. Körülbelül 350 kezelői ellenőr kolléga hatósági jogkörben végez ellenőrzéseket ezeken a helyszíneken. A helyszínek egy része határokon található, egy része pedig országon belüli, úgynevezett mélysegi mérőállomás. Van, ahol mindkét irányban történik ellenőrzés, pl. M1-en Lajta Jobb és Lajta Bal mérőállomások, és van, ahol csak az országba belépő teherforgalmat ellenőrzik, pl. 86-os főút, Rédcis mérőállomás. A Magyarországon áthaladó tranzit forgalom közel 100%-ban ellenőrzésre kerül.

A mérőállomások egy részén előszűrő rendszer működik, ami azt jelenti, hogy egy burkolatba épített érzékelő segítségével menet közben történik egy előzetes tengelyterhelés mérés, illetve kamerákkal és lézerszkennerekkel rendszám rögzítés és méretellenőrzés történik. Ha a jármű a kritikus paraméterekhez (pl.: össztömegben 40 tonna, tengelyterhelés 11,5 tonna, hosszúság 16,5 méter) közel van, akkor a rendszer változtatható jelzéseképű táblákon jelzi az adott járműnek, hogy kiterelésre került és a mérlegházhoz kell mennie ellenőrzésre. Ha pedig nem kritikus, akkor nem kell kisorolnia, így megszakítás nélkül folytathatja útját. Ilyen rendszer működik a gyorsforgalmi úthálózaton lévő összes mérőállomás előtt és több más helyszínen is.

Ha a jármű kisorolásra kerül, akkor a mérlegházhoz megy, ahol egy hitelesített tengelyterhelésmérőn áthaladva érkezik a hitelesített hídmérlegre, ahol statikus mérés történik álló helyzetben. Így megkapjuk a tengelyterhelési adatait és az össztömegét külön-külön és együtt is. Méretellenőrzésre 3D lézerszkennert használunk, illetve bizonyos esetekben

hitelesített mérőszalagokat, mérőrudat és lézeres távolságmérőt.

Amennyiben a jármű minden paraméterbe „befér”, automatikusan zöld jelzést kap és tovább hajthat. Ha túlsúlyos vagy túlméretes és rendelkezik érvényes időszakos vagy eseti engedéllyel, aminek a paramétereibe belefér, szintén tovább mehet. Ha nincs engedélye, vagy túllépi az engedélyben található értékeket, akkor jegyzőkönyv és engedély készül számára a mérőállomáson. Amennyiben országba belépő járműről beszélünk, a sofőr ekkor dönthet úgy, hogy visszafordul és nem lép be az országba. Országon belül, vagy kilépő oldalon nem dönthet így. A megtett útvonalra kiállított jegyzőkönyvet köteles elfogadni, de a további haladás előtt átpakolhatja a rakományát így megszüntetve vagy csökkentve a túlsúlyt, és újra mérlegházhoz, hiszen minél nagyobb mértékű a túlsúly/ túlméret, annál drágább az engedély.

Évente kb. 4,3 millió mérés történik a mérőállomásokon, a legkorszerűbb technológiákkal.

A mérőállomásokon kívül vannak mobil egységek is. A mobil egységben dolgozó kezelői ellenőrök végezhetnek ellenőrzést dedikált mérőhelyeken, (pl. a 13-as főúton a Monostori hídnál mindkét irányban az útépités során kialakításra került egy-egy hatósági ellenőrzőhely), vagy végezhetnek mérést egyéb helyszíneken, ahol a hitelesített mobil mérőtalppal történő mérés feltételei adottak, tehát a burkolat hossz és oldalesése megfelelő. A mobil csapatok áltatában célzott ellenőrzéseket végeznek, akár társhatóságokkal együttműködve. Szűk keresztmetszetek, pl. az M0 autótú ellenőrzése is lehetővé vált a mobil egységek segítségével, valamint az ellenőrzést elkerülő szabálytalankodók célzott megfigyelése és ellenőrzés alá vonása is fókuszban van.

3,5 év alatt jelentős eredményeket sikerült elérni a mobil egységekkel a jogkövető szállítmányozásban.

A túlsúlyos, túlméretes szállítmányokról elsősorban mindenkinek az extrém példák jutnak eszébe, például a Mintia projekt 2025-ben, ami az ország történetének eddigi legnagyobb szállítása volt. 720 tonna, 100 m hossz, 6 m szélesség, 5,4 m magasság. Ezek az extrém szállítások általában szabályozott környezetben, szoros együttműködésben valósulnak meg, több hónapos (akár fél éves) előkészítési munkát követően.

A hétköznapi esetek azonban sokszor kevésbé követik a szabályokat. Egyik legjobb példa és a jelenlegi munkám egyik fő fókuszja a betonelemek szállítása. Napjainkban többféle olyan beruházás történik, amelyekhez betonelemek, vasbeton gerendák szállítása szükséges. Csarnok épí-





tések (gyárakhoz, logisztikai központokhoz, sportlétesítményekhez), vagy szakmán belül maradv a útépítésben a hídelemek is ilyen gerendák, melyeknek sokszor 4-6-8 sáv felett kell átívelni. Általában ezek 60-75 tonna össztömegű szállítások, 28-35 méter hosszú járműszerelvények. Az autópályaépítésben a hidakhoz 80 tonna feletti, 45 méter hosszúságú járműszerelvények sem ritkák.

2025-ben 160%-kal több betonelem rakományú útvonal-engedély lett kiadva, mint 2024 azonos időszakában. Ez persze nem azt jelenti, hogy 2025-ben ennyivel több betonelemet szállítottak, 2024-hez képest, sőt azt sem, hogy idén annyi betonelemet vittek, ahány engedély kiállításra került. Az engedélyszám emelkedése egyértelműen a célzott mobilitellenőrzési tevékenység hatása, azonban mindig felbukkan 1-1 új útvonal, ahol nem szabályosan közlekednek a fuvarozók: nem akkora a rakomány amire szól az engedély, nem tartja be a megkötéseket, egy darab eseti engedélyt 4x felhasznál, stb. Ezek ellenőrzésére a továbbiakban is kiemelt figyelmet fogunk fordítani.

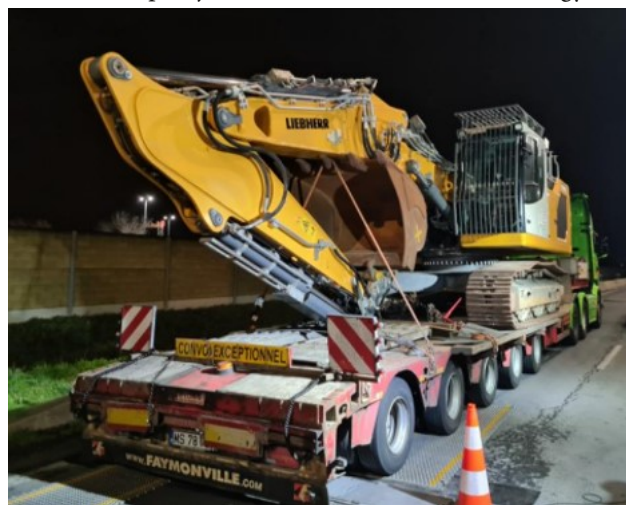
A betonelemeket aztán a helyükre is kell emelni, illetve más nagy tömegű dolgokat is mozgatni kell. Ezzel el is érkezünk a következő nagy hétköznapi kategóriához, az autódarukhoz. Ezek a rövid, zömök járművek nagyon nehezek, koncentrált terhet jelentenek. 5 tengely - 60 tonna, 8 tengely - 96 tonna.

Ezeknek a járműveknek akkor is engedélyt kell váltani, ha ellensúlyok nélkül közlekednek, hiszen már a saját tömegük is engedélyköteles, mind össztömegben, mind tengelyterhelésben. 60 tonna 5 tengelyen ideális esetben is 12 tonnás tengelyterhelést jelent a burkolatra. Az, hogy önma-

gukban is engedélykötelesek lennének, azt jelenti, hogy az engedélyek alapján visszakövethető kellene legyen az összes autódaru közlekedése. Sajnos még mindig gyakran előfordul, hogy a jármű a legutolsó engedélye szerint például Budapestről Békéscsabára közlekedett, most viszont már Debrecenből menne tovább. Ilyenkor jogosan merül fel a kérdés, hogy a Békéscsaba- Debrecen viszonylaton miért nincs engedélye.

Hasonló a helyzet az útépítés gépeivel is. Finisher, maró, úthenger, kotrógépek. Ezek nem a saját „lábukon” jutnak el a munkavégzés helyszínére. Méretük és tömegük miatt ezeknek a szállítására is engedélyváltás szükséges.

Az útépítésnek nem csak gépei, hanem anyagai is vannak, amelyeknek jelentős része az úthálózaton jut el a felhasználás helyszínére. Az alábbi képeken látható „billencsek” 40 tonna össztömeggel közlekednek a kép készítésnek időpontjában. Oldalról nem is látszik, hogy van



rajtuk rakomány, és így is 40 tonna a tömegük. Ha látunk egy ilyen teherautót úgy közlekedni, hogy púposra van pakolva rajta a kő vagy föld, akkor biztosan jóval 40 tonna felett van.

Ezzel arra is szeretnék rávilágítani, hogy egy-egy beruházáshoz kapcsolódóan, nem csak építés, hanem rombolás is történik. Egy útépítés, autópálya építés vagy felújítás során a környező, akár egyszámjegyű főutak burkolatállapota rövid idő alatt is jelentősen le tud romlani.



ZalaZone Földmunka építése

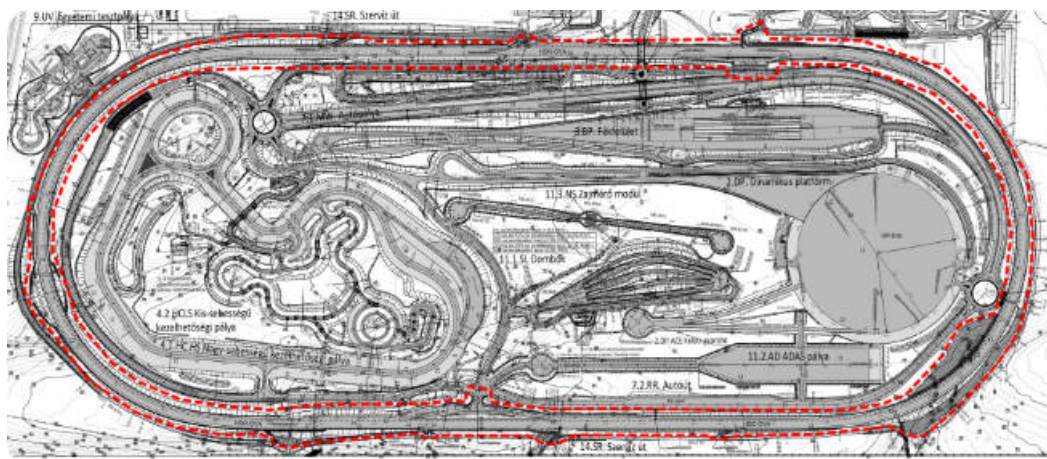
Pék Anna



Technológiai mérnök
Duna Technológia Kft.

A zalaegerszegi Járműipari tesztpályáról bizonyára már mindenki hallott az elmúlt évek során. Az idei évben átadásra került az oválpálya modul is, amely talán a tesztpálya legfontosabb pályaeleme. Ennek az elemnek a földmunka építését mutatom be az előadásomban. Ezt a témát azért is tartom fontosnak, mert az aszfaltozásról már több aspektusban is esett szó, azonban a földmű építése eddig sajnos csak említés szinten került szóba.

Az oválpálya teljes hossza 4,4 km, mely 2 íves és 2 egyenes szakaszból áll. Az egyenes szakaszok hossza egyenként 800 m, míg az íves szakaszoké 1400 m. Az oválpálya 12 m széles, mely 4 sávból áll. Az ívekben a legnagyobb oldalesés a legfelső sávban 101,2%.



A Tesztpálya helyszínrajza

A szakaszok rétegrendjei eltérőek.

Egyenes szakaszok rétegrendje a következő:

- 4 cm AC 11 kopó aszfalt kopóréteg
- 6 cm AC 16 kötő aszfalt kötőréteg
- 8 cm AC 22 alap aszfalt alapréteg
- 30 cm FZKA
- FF50F25
- FF50A25 védőréteg
- F100A50
- Altalaj

Az íves szakaszok rétegrendje a következőképpen alakul:

- 4 cm AC 11 kopó aszfalt kopóréteg
- 6 cm AC 16 kötő aszfalt kötőréteg
- 8 cm AC 22 alap aszfalt alapréteg
- 2x15 cm HVT
- Ív kialakítása 25 cm-es rétegenként stabilizálva
- FF50F25
- FF50A25
- F100A50
- Altalaj

A rétegrendek közötti legnagyobb eltérés az íves szakaszok esetében a HVT réteg. Ez a német szabványokban használatos réteg (a tervek német előírások szerint készültek, ezek lettek a magyar szabványoknak megfelelően) a magyar Ckt-hoz hasonlít leginkább annyi különbséggel, hogy a nálunk használatos Ckt-4 réteghez képest harmadannyi cementet tartalmaz. Ez nagyon fontos eltérés, mivel előírás volt, hogy minél gyengébb réteg kerüljön kialakításra a későbbi repedések elkerülése végett. Mivel ez a réteg az ívben került kialakításra, ahol a réteg megvágása nem volt megoldható, ezért kellett minél gyengébb réteget építeni, hogy repedés ne alakulhasson ki.

A pálya 90%-a bevágásban épült. A töltéses szakaszok hossza összesen hozzávetőlegesen 500 m hosszú. Ezek a szakaszok azonban nem most, hanem 3-4 éve épültek, amelyek azóta konszolidálódtak és kb. 7-8 m magasak. A bevágásos szakaszok is lényegében „töltésként” épültek meg, mivel stabilizálni kellett a talajt. Ehhez egyszer a talajt ki kellett szedni, hogy a kötőanyaggal összekeverve be lehessen építeni. A töltés és bevágás építés során süllyedésmérő pontok kerültek elhelyezésre. Ezek a később a geodéziai mérések alapját szolgálták. A töltés minden rétege 2,5% oldaleséssel épült annak érdekében, hogy a víz le tudjon folyni a felületről.

A HVT réteg alatti földmű rétegeket 25 cm-enként kellett stabilizálni. Az íves szakaszok esetén ez a FF50F25 réteg és

a HVT réteg között lépcsőket jelentett. A tiszta ívben, ahol a legtöbb lépcső volt, 18 db réteg/szelvény (4,5 m töltés) került megépítésre. A stabilizáció készülhetett cement, mész vagy cement-mész vegyes kötőanyag hozzáadásával is. A 25 cm lépcsők minősítését a magyar előírástól eltérő gyakorisággal kellett végezni. A tömörség mérését 1000 m²-enként mértük minden 25 cm-es rétegen. A proctor vizsgálatot is a tömörséghez hasonlóan, 1000 m²-enként kellett elvégezni, vagyis minden tömörség méréshez tartozott egy proctor vizsgálat is. A mintavételeket 2000 m³-enként kellett elvégezni. A teherbírás esetében könnyebbséget jelentett, hogy elegendő volt „csak” a töltés felső síkján elvégezni a méréseket. Így nem kellett minden réteg esetében a 3 napos technológiai időt kivárni.

Ahhoz, hogy pontosan megtudjuk határozni a talajstabilizációhoz szükséges kötőanyagot, próbaszakaszokat alakítottunk ki. A próbaszakaszokon különböző kötőanyag adagolásokat alkalmaztunk (mennyiségben és minőségben is eltértek). Ehhez a e-UT 06.02.13:2022 Kötőanyag- hozzáadással készülő talajkezelések útügyi műszaki előírást alkalmaztuk. A vizsgálatok és a változatos helyi talaj alapján a vegyes kötőanyagú cement-mész kötőanyagot választottuk. A minimálisan alkalmazható, 3m%-os kötőanyag adagolás elegendőnek bizonyult, hiszen nagyon fontos volt, hogy az előírt $E_2 \geq 80 \text{ N/mm}^2$ lehetőleg ne lépjük át túlságosan. Ennek a visszaszedés miatt volt nagy szerepe.



Talajstabilizálás

Amikor a 18 réteg töltés elkészült az íves szakaszokon, akkor a töltésre fóliával elválasztva 1 m túltöltés került. Ezután kezdődött el a konszolidáció. A konszolidáció addig tartott, míg a folyamatos (hetente) geodéziai ellenőrzések alkalmával két mérés között maximum 1 mm eltérés volt tapasztalható. Ez ívenként kb. 3-3 hónapot vett igénybe. Ezt követően lehetett a túltöltés visszaszedni, illetve a meg-

épült töltést visszafaragni, hogy az íves felület kialakuljon. A visszaszedést vezérelt kotrók segítségével végeztük. Egy-egy felülethez többször is visszatértek a kotrók, hogy vékonyabb rétegekben szedjék a felületet, mivel a túlszedés tilos volt. A gépek munkáját a geodéták lézerszkennel segítségével folyamatosan ellenőrizték.



Visszaszedés, profilozás

A konszolidációt és visszaszedést követően egy kihívásba is ütköztünk. A tavaszi napsütésben a HVT réteg első rétegét követően a földmű szabályos vonalban, az ívvel párhuzamosan megrepedt. A repedésben magfúrást végeztünk, hogy megállapítsuk a repedés mélységét. A magminta felső kb. 10-15 cm-es rétege kettévált a repedés vonalában, azonban a minta többi, mélyebben fekvő rétegeiben egyben maradt.

Megállapítást nyert, hogy a problémát több dolog összefüggése okozta: hirtelen jött meleg, túltöltés eltávolítása – felületet közvetlen érte a nap, cement „munkája” a HVT rétegben, amely a töltés többi részéből elvonta a vizet. A problémát a felület eltakarásig tartó, naponta többszöri öntözésével orvosoltuk. Az öntözés következtében a repedés vékonyabbá vált, majd körülbelül egy hét elteltével „begyógyult”.



Az oválpálya földmű építése során megközelítőleg 125.000 m³ töltés épült be, amelyhez 12.000 t kötőanyag került felhasználásra. Minősítés tekintetében az oválpálya töl-

tés építése során ívenként kb. 180 db tömörség mérés és proctor vizsgálat történt.

Kopórétegek adalékszerrel történő hőmérséklet csökkentése visszanyert aszfalt adagolás függvényében

Bondor Milán Alex

Művezető
Duna Aszfalt Zrt.



Rosta Szabolcs

Innovációs főmérnök
Duna Aszfalt Zrt.



Bevezetés

Az útépités területén az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelmet kapnak a környezetbarát, energiahatékony technológiák. A Warm Mix Asphalt (WMA) – azaz mérsékelt meleg aszfaltkeverék – egy innovatív keveréktípus, amely lehetővé teszi az aszfaltkeverékek alacsonyabb hőmérsékleten történő előállítását és bedolgozását, miközben teljesíti a hagyományos Hot Mix Asphalt (HMA) keverékekkel szemben támasztott mechanikai követelményeket is.

Ezt a technológiai áttörést különféle adalékszerek – például viaszok, felületaktív anyagok, valamint habosítást lehetővé tevő technológiák – alkalmazása teszi lehetővé, amelyek javítják a keverék tömöríthetőségét alacsonyabb hőmérsékleten. A technológia alkalmazása nemcsak az üvegházhatású gázok kibocsátását csökkenti, hanem javítja a munkakörülményeket, fokozza az újrahasznosított anyagok felhasználásának mennyiségét, valamint növeli a szállítási távolságot is.

Szakirodalom

A WMA előállítása során különböző technikákat alkalmaznak a kötőanyag viszkozitásának csökkentéséhez, ami lehetővé teszi a teljes bevonatot és a tömöríthetőséget alacsonyabb hőmérsékleten [EAPA – Position Paper, 2014]. Ezek a technológiák meglehetősen eltérő megoldásokat tartalmaznak, ugyanakkor a cél közös: a bitumen viszkozitásának csökkentése, jobb bedolgozhatóság, valamint a csökkentett károsanyag kibocsátás. Az alkalmazott technológiák szerint csoportosíthatjuk a WMA keverékeket [Rubio et al.; 2012]:

- Szerves adalékszerek hozzáadása
- Kémiai adalékszerek hozzáadása
- Habosítási eljárások (közvetlen, közvetett)

A szerves adalékszereket tartalmazó technológiák viaszokat alkalmaznak az aszfaltkeverési folyamat során [Rubio et al.; 2012]. A viaszok csökkentik a keverék viszkozitását az olvadáspontjuk feletti hőmérsékleten, és növelik a merevséget azáltal, hogy mikroszkopikusan kicsi és egyenletes eloszlású részecskékké szilárdulnak, amikor a keverék lehűl. [Silva et al.; 2010, Shang et al.; 2011, Rubio et al.; 2012, Ji et al.; 2019].

A hozzáadott viasz mennyisége általában a teljes tömeg 2–4%-a. A viaszok hozzáadásával általában elért hőmérséklet-csökkenés 20–30 °C. Ezenkívül javítják az aszfalt deformációs ellenállását is. A viszkozitás csökkentésére háromféle viasztípust használnak: Fischer-Tropsch viasz, zsírsav-

amidok és Montán viasz [Rubio et al.; 2012].

A szerves adalékszerekkel ellentétben a kémiai adalékszerek nem a viszkozitás csökkentésén alapulnak az alacsonyabb keverési és tömörítési hőmérsékletek eléréséhez. [Rubio et al.; 2012]. A kémiai adalékszerek nem változtatják meg a bitumen viszkozitását [EAPA – Position Paper, 2014]. A kémiai adalékszereket általában a gyártási folyamat során adják a kötőanyaghoz, bár vannak olyan technikák is, amelyekben a termékcsomagot bitumenes emulzió segítségével használják [Button et al.; 2007, DTU et al.; 2010]. A hozzáadott adalékszer használatával elért hőmérséklet-csökkentés a kiválasztott adalékszerrel függ, továbbá mennyisége nagy mértékben befolyásolja a kívánt hőmérséklet-csökkentést [Cheraghian, et al.; 2020]. A kémiai adalékszerek körülbelül 20-40 °C-kal csökkenthetik a keverék-, valamint a tömörítés hőmérsékletét [EAPA – Position Paper, 2014].

Az amerikai, kereskedelmi forgalomban kapható Evotherm™ technológia egy tipikus eset, ahol az adalékszer emulzió formájában használják. Mivel az adalékszereket keverés előtt melegítik, az emulzióban lévő víz elpárolog a gyártási folyamat során, és a kötőanyag befedi az adalékszer-részecskéket [Hurley et al.; 2006, Bonaquist et al.;

2011.]. Jelen esetben az Evotherm WM-30 kémiai adalékszer alkalmaztuk

A WMA előállításának harmadik technológiája az aszfalt kötőanyag kis mennyiségű víz hozzáadásával történő habosításából áll [Hasan et al.; 2019]. A víz a forró kötőanyaggal való keverési folyamat során elpárolog, ezért a gőzcsapdába marad, nagy mennyiségű habot képezve. A hab átmeneti viszkozitás-csökkentést okoz a keverékben, ami javítja a bedolgozhatóságot és az adalékanyag-bevonatot. Ennek a hatásnak az időtartama azonban korlátozott. A habosítási technológiát további két csoportra lehet bontani: közvetlen módszer (víz alapú) és közvetett módszer (víztartalmú) [Zaumanis et al.; 2010].

A közvetlen módszer esetében a vizet egy speciális berendezés segítségével vezetik be a folyamatba a hab előállításához. A közvetett módszer alkalmazása során a keverék finomra zúzott szintetikus zeolitot (kristályos hidratált alumínium-szilikátot) használ, amely körülbelül 20% vizet tartalmaz a szerkezetében bezárva. Amikor a terméket egy meghatározott hőmérséklet fölé melegítik, vízgőzként szabadul fel, habos bitument hozva létre [Hurley et al.; 2005, Prowell et al.; 2011].

Kutatás célja

A kutatás célja, hogy a különböző tömörítési hőmérsékleten készült próbatestek tömöríthetőségi görbéiből, szabadszag-tartalomról és a testsűrűségekből kimutatásra kerüljön a referenciakeverékhez képest (adalékszermentes keverék) a hozzáadott Evotherm WM-30 adalékszer hatása.

A másik cél, hogy megvizsgáljuk, az adalékszermentes referenciakeverékekhez képest a hozzáadott adalékszer milyen mértékben befolyásolja a próbatestek merevségi modulusát és a repedési hőmérsékletét.

Anyagbemutató

Az alkalmazott adalékanyagok a következő táblázatban láthatóak:

Megnevezés	Kőanyag	Származási hely
Mészkőliszt	mészkő	Tatabánya
NZ 0/2	dolomit	Gánt
NZ 0/4	andezit	Komló
KZ 4/8	andezit	Komló
KZ 8/11	andezit	Komló

1. táblázat: Alkalmazott adalékanyagok

A táblázatban szereplő adalékanyagokat mintaasztó használatával – a homogenitás megőrzése érdekében – arra a mennyiségre csökkentettük az adalékanyagok tömegét, amiből meg tudtuk határozni a szemeloszlási görbéket.

A keverékek előállításához két féle bitument alkalmaztunk. Mind a két alkalmazott bitumen polimerrel modifikált. A penetrációs értékük különbözik, viszont a lágyuláspontjuk megegyezik. Az alkalmazott bitumenek és gyártói:

- PmB 25/55-65 Gyártó: MOL Nyrt.
- PmB 45/80 RC Gyártó: OMV AG.

Bizonyos keverékekhez 11 RA 0/8 visszanyert aszfaltot is adagoltunk, aminek bitumentartalma 6,21%.

Az alkalmazott Evotherm WM-30 kémiai adalékszer egy felületaktív anyag, amit a bitumenbe keverve az aszfaltkeveréknek csökken a tömörítési ellenállása, ezzel lehetővé téve az alacsonyabb hőfokon való bedolgozást. Az adalékszer hozzáadásával például növelhető a szállítási távolság és az alacsonyabb hőfokon való bedolgozás.

Keveréktervezés

Az alábbiakban felsorolt aszfalttípusokból készítettünk próbatesteket, amiket a későbbiekben vizsgáltunk:

- SMA 11 kopó (mI) PmB 25/55-65
- AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65
- AC 11 kopó (mF) PmB 45/80-65 RC RA30

Valamint az előbbieken említett aszfaltkeverékekhez adtunk hozzá adalékszert is, amiből szintén készítettünk próbatesteket, továbbá meg is vizsgáltuk őket. Ezek az alábbiak:

- SMA 11 kopó (mI) PmB 25/55-65 X
- AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65 X
- AC 11 kopó (mF) PmB 45/80-65 RC RA30 X

Az SMA 11 kopó (mI) PmB 25/55-65 aszfaltkeverék és az említett aszfaltkeverék adalékszert tartalmazó változatát kész, keverőtelepen legyártott állapotban kaptuk. A további keverékek megtervezésre kerültek. Az RA-t (visszanyert aszfaltot) tartalmazó keverék esetében bitumen optimalizálást hajtottunk végre 5,0 m%, 5,4 m% és 5,8 m% hozzáadott bitumennel, ahol a 170 °C-on tömörített AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65 referenciakeverékhez hasonlítottuk. A kapott eredményeket összevetve az 5,4 m%-os bitumentartalmú AC 11 kopó (mF) PmB 45/80-65 RC RA30 keverékkel dolgoztunk tovább.

Elvégzett vizsgálatok

Próbatestek

Az aszfaltkeverék előállításánál minden esetben 170 °C-os keverési hőmérsékletet alkalmaztunk. A próbatestek kialakítása során négy féle tömörítési hőmérsékletet alkalmaztunk (170 °C, 150 °C, 130 °C, 110 °C).

A szükséges vizsgálatok elvégzéséhez kétféle próbatestet készítettünk:

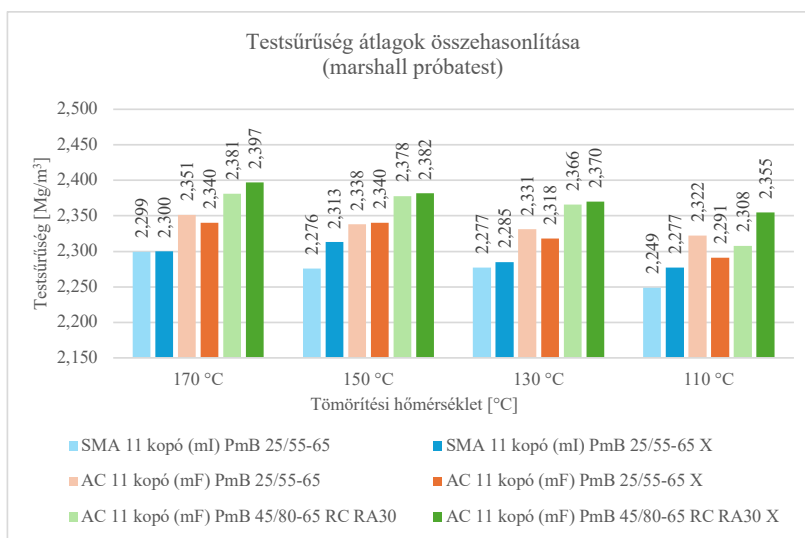
- Marshall próbatest (2x50 ütés)
- Gyrtator próbatest

SSD-testsűrűség vizsgálat

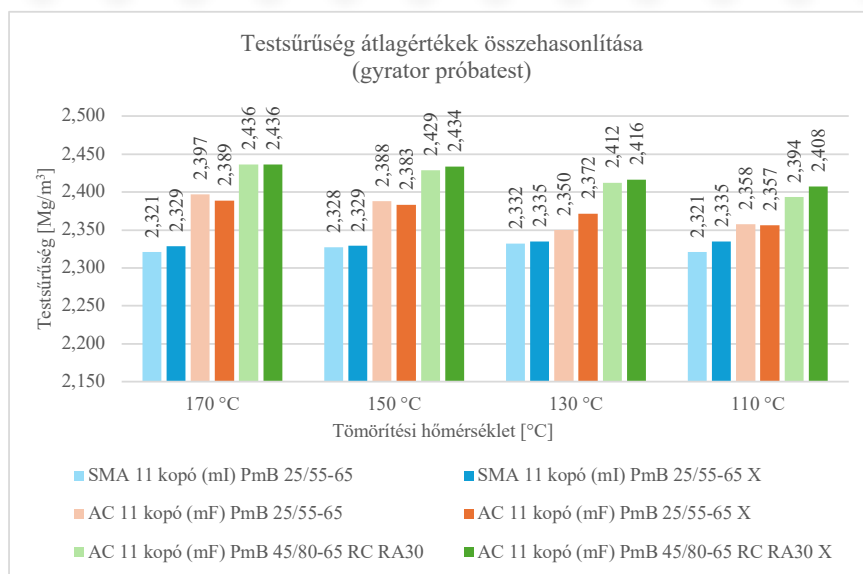
A testsűrűség meghatározásához az SSD-testsűrűség vizsgálatot alkalmaztuk, ahol a próbatest tömegének értékét a levegőn való mérlegelés során kaptuk meg. A próbatestet vízzel telítettük, majd megmértük víz alatti tömegét, majd felületét szárazra törölve meghatároztuk a vízzel telített próbatest tömegét levegőn. A próbatest méretének, térfogatának és a mért tömegek meghatározásával határoztuk meg a testsűrűséget.

Az SSD-testsűrűség vizsgálatot az összes aszfaltkeverékből (6 darab), mind a négy (170 °C, 150 °C, 130 °C, 110 °C) tömörítési hőmérsékleten tömörített Marshall- és gyrtator próbatesteken elvégeztük.

Az alábbi ábrákon (**1. ábra**, **2. ábra**) a vizsgálat eredményeinek átlagértékei láthatóak, az y tengelyen a testsűrűséget [Mg/m³], az x tengelyen pedig a tömörítési hőmérsékletet [°C] ábrázolva. Az összes keveréktípust figyelembe véve elmondható, hogy a tömörítési hőmérséklet csökkenésével a testsűrűség csökken, továbbá általánosságban megállapítható, hogy a hozzáadott adalékszert tartalmazó aszfaltkeverékekből készült Marshall próbatesteknek nagyobb a testsűrűsége ugyanazon a hőmérsékleten. Az azonos tömörítési hőmérsékleten bedolgozott aszfaltból készült próbatesteket összehasonlítva a várakozásnak megfelelően a hozzáadott adalékszert tartalmazó keverékből készült próbatest testsűrűsége nagyobb.



1. ábra: Marshall próbatesten végzett testsűrűség vizsgálat átlagértékeinek összehasonlítása



2. ábra: Gyrator próbatesten végzett testsűrűség vizsgálat átlagértékeinek összehasonlítása

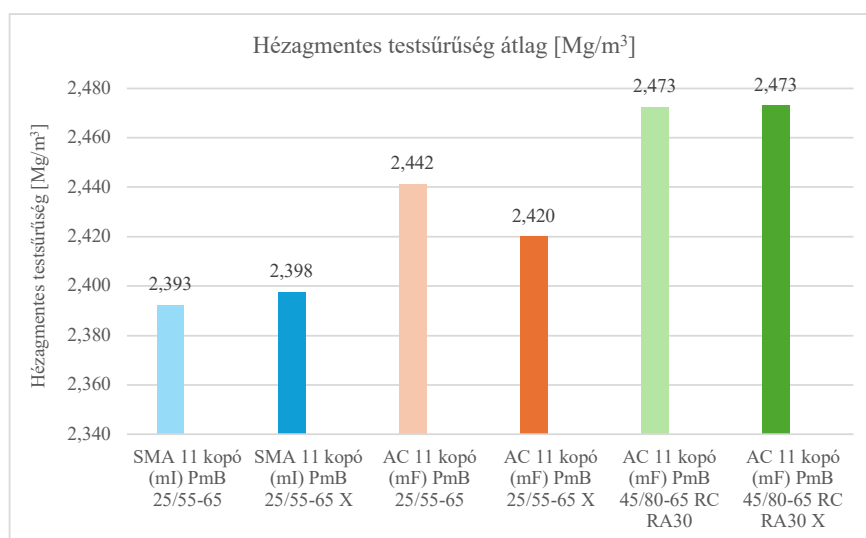
Hézagmentes testsűrűség vizsgálat

A maximális sűrűséget az ömlesztett sűrűséggel együtt arra használják, hogy kiszámolják a minta légüres térfogat-tartalmának és tömörített aszfaltkeverék egyéb térfogattal kapcsolatos tulajdonságait. Az alkalmazott volumetrikus eljárás során a minta térfogatát a vízzel vagy oldószerezrel telített pyknométerben lévő aszfaltkeverék által kiszorított víz vagy oldószer mennyiségeként mérik.

A hézagmentes testsűrűség vizsgálatot mind a hatféle

aszfaltkeverékből készült ömlesztett mintán elvégeztük.

A **3. ábrán** a különböző aszfaltkeverék-típusok hézagmentes testsűrűségeinek átlagértékei láthatóak az y tengelyen a hézagmentes testsűrűség [Mg/m³], az x tengelyen pedig a keveréktípusok nevei kerültek ábrázolásra. Az aszfalt mintákon elvégzett hézagmentes testsűrűség vizsgálat eredményei nem haladták meg a terjedelemben megengedett értéket.



3. ábra: Különböző típusú aszfaltkeverékek hézagmentes testsűrűségeinek átlagértékei

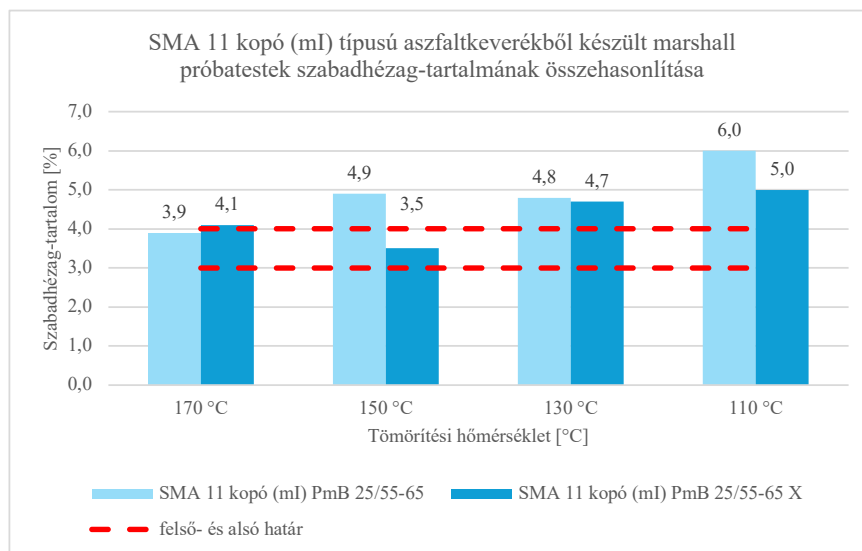
Szabadhézag-tartalom meghatározása

A szabadhézag-tartalom az aszfalt próbatestben található szabad hézagok térfogata, a próbatest teljes térfogatának százalékában. Az aszfalt próbatest szabadhézag-tartalmát a próbatest testsűrűségéből és az aszfaltkeverék hézagmentes testsűrűségéből számítás útján határoztuk meg.

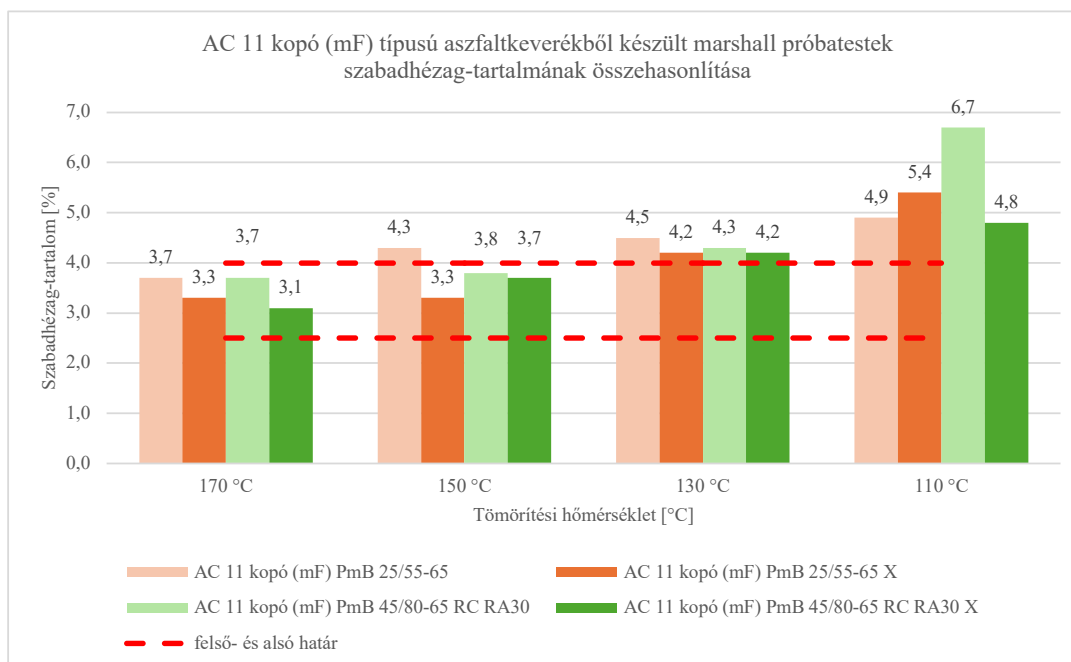
A szabadhézag-tartalmat az összes aszfaltkeverékből (6 darab), mind a négy (170 °C, 150 °C, 130 °C, 110 °C) tömörítési hőmérsékleten tömörített Marshall- és gyrator próbatesteken meghatároztuk.

A következő ábrákon (4. ábra, 5. ábra, 6. ábra) a különböző aszfaltkeverék-típusokból készült Marshall- és gyrtor próbatestek szabadhézag-tartalmának átlagértékei láthatóak az y tengelyen a szabadhézag-tartalom [%], az x tengelyen pedig a tömörítési hőmérsékletet [°C] ábrázolva,

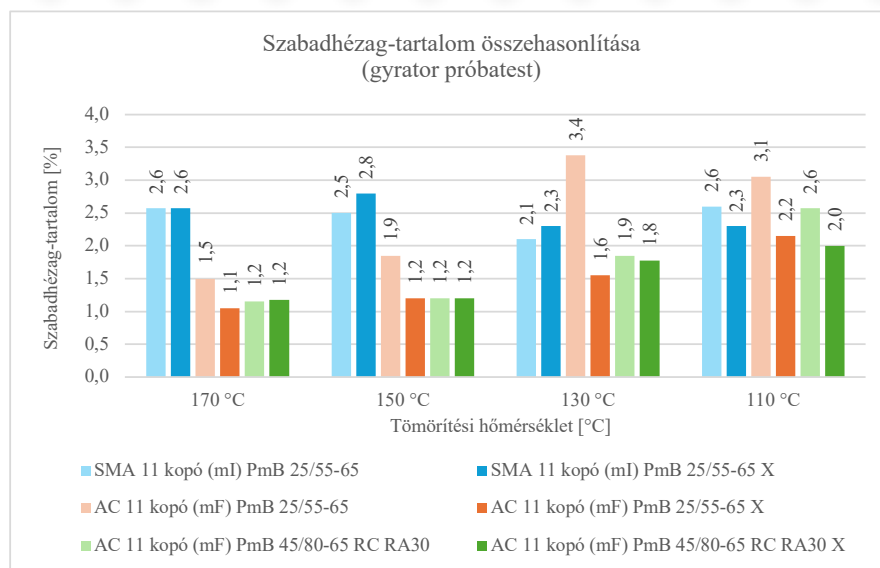
továbbá piros szaggatott vonallal a felső- és alsó határ került ábrázolásra. Az ábrákat tekintve általánosságban elmondható, hogy a tömörítési hőmérséklet csökkenésével a szabadhézag-tartalom nő, illetve a hozzáadott adalékszert tartalmazó keverékeknek kisebb a szabadhézag-tartalma.



4. ábra: SMA 11 kopó (mI) aszfaltkeverék-típusból készült Marshall próbatestek szabadhézag-tartalmának összehasonlítása



5. ábra: AC 11 kopó (mF) aszfaltkeverék-típusból készült Marshall próbatestek szabadhézag-tartalmának összehasonlítása



6. ábra: Szabadhézag tartalom összehasonlítása (gyrator próbatest)

Tömöríthetőségi görbék meghatározása

A gyratorral való próbatest készítésnek két módja van. Az egyik az, amikor meghatározott hézagtartalomra tömörítünk, a másik, amikor definiált állandó tömeggel tömörítünk.

Mi a meghatározott hézagtartalomra tömörítettünk különböző tömegekkel és 204 fordulatszámig ment a tömörítés, ami jelen esetben az elvi maximális tömörség. Ahhoz, hogy releváns értékeket kapjunk, ki kellett vennünk a változó bemért tömeget és ezért a következőképp határoz-

tuk meg a tömöríthetőségi görbéket a geometriai térfogat és a geometriai testsűrűség segítségével. A tömörítés során mért fordulatonkénti aktuális magasságot rögzítette a gép. Ismerve a próbatest átmérőjét, magasságát és száraz tömeget meghatároztuk a geometriai testsűrűséget az **MSZ EN 12697-6:2020 „Aszfaltkeverékek. Vizsgálati módszerek 6. rész: Aszfalt próbatestek testsűrűségének meghatározása szabvány 10.4.1. Henger alakú minta** nevű fejezetben lévő képlet segítségével (**1. egyenlet**).

$$\rho_g = \frac{m_1}{d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{h}{10}} \quad (1. \text{ egyenlet})$$

ahol,

- ρ_g A próbatest geometriai testsűrűsége [g/cm³]
- m_1 A próbatest száraz tömege [g]
- d A próbatest átmérője [cm]
- h A próbatest magassága [mm]

A meghatározott geometriai testsűrűség és az ismert hézagmentes testsűrűség segítségével definiáltuk a szabadhézagtartalmat százalékban kifejezve (**2. egyenlet**)

$$V_{mg} = 100 - \frac{\rho_g}{\rho_{mv} \cdot 100} \quad (2. \text{ egyenlet})$$

ahol,

- V_{mg} A próbatest szabadhézag-tartalma [%]
- ρ_g A próbatest geometriai testsűrűsége [g/cm³]
- ρ_{mv} Az aszfaltkeverék volumetrikus eljárással meghatározott maximális testsűrűsége [g/cm³]

A tömöríthetőségi görbék előállításánál a 100. ciklusszámnál megnéztük az egyes tömörítési hőmérsékleteken hogyan tömörödik az aszfalt. Azért a 100. ciklusszámnál megnéztük

meg ezeket az értékeket, mert az említett ciklusszámnál feltehetően, hogy az aszfalt szabadon tömörödik.

A ciklusonként változó magasság által az egyes tömörítési hőmérsékleteket figyelembe véve a tömöríthetőségi görbékét ábrázoltuk a szabadhézag-tartalom [%] és a ciklusszám függvényében 100 ciklusszámmal. A 100. ciklusnál lévő szabadhézag-tartalmak átlagértékei a **2. táblázatban** található. A táblázatban szereplő AC 11 kopó (mF) PmB 45/80-65 RC RA30 aszfaltkeverék szabadhézag-tartalmai között szerepel nulla érték, ami valószínűleg abból adódik, hogy a próbatest gyártást megelőzően kevés asz-

faltömeg lett bemérve, ami által hamarabb betömörödött mint 100 ciklus.

A tömöríthetőségi görbéről leolvasott 100. ciklusnál lévő értékeket szemügyre véve megállapítható, hogy a hőmérséklet csökkenésével nő a szabadhézag-tartalom, továbbá az adalékszermentes és adalékszert tartalmazó keverékeket összehasonlítva a hőmérséklet csökkenésével megfigyelhető, hogy a szabadhézag-tartalmak közti differencia tendenciózusan nő az esetek jelentős többségében.

Szabadhézag-tartalom [%] 100. ciklusnál tömörítési hőmérséklet függvényében [°C]				
Aszfaltkeverék típusa	170 °C	150 °C	130 °C	110 °C
SMA 11 kopó (mF) PmB 25/55-65	8,4	8,4	8,6	9,3
SMA 11 kopó (mF) PmB 25/55-65 X	8,4	8,1	8,3	8,7
AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65	6,1	6,3	9,3	9,0
AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65 X	5,0	5,8	6,5	7,3
AC 11 kopó (mF) PmB 45/80-65 RC RA30	5,1	5,3	0	0
AC 11 kopó (mF) PmB 45/80-65 RC RA30 X	6,0	6,1	7,2	7,5

2. táblázat: Keveréktípusok különböző tömörítési hőmérsékleten megállapított szabadhézag-tartalmának átlagértékei 100 ciklusnál

Merevség vizsgálat

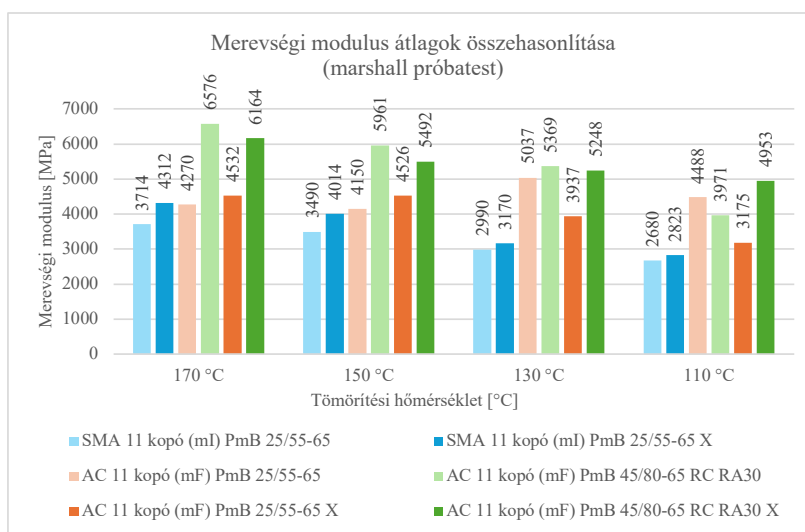
A merevség vizsgálat többféle próbatesten és különböző erő- vagy alakváltozás-vezérelt folyamat mellett elvégezhető. A vizsgálat során mérjük a feszültséget, az alakváltozást és a fáizsszöveget. A mért alakváltozás és feszültség alapján számítható ki a kívánt merevség.

Az IT-CY vizsgálatot az összes aszfaltkeverékből (6 darab), mind a négy (170 °C, 150 °C, 130 °C, 110 °C) tömörítési hőmérsékleten tömörített Marshall- és gyrator próbatesteken elvégeztük.

Az alábbi ábrákon (**7. ábra**, **8. ábra**) a különböző aszfaltkeverék-típusokból készült Marshall- és gyrator próbatestek merevségi modulusai láthatóak. Az y tengelyen a merevségi modulus [MPa], az x tengelyen pedig a tömörítési hőmérsékletet [°C] szemléltetve.

Az SMA keverékekből készült Marshall próbatesteken mért merevségi modulus értékei 2500-4500 MPa közötti értékek, továbbá megállapítható, hogy az adalékszert tartalmazó keverékekből készült próbatestek merevsége nagyobb. Az AC aszfaltkeverékekből készült Marshall próbatesteken mért merevségi modulus értékei 3000-7000 MPa között helyezkednek el, illetve általánosságban megállapítható, hogy a visszanyert aszfaltot tartalmazó Marshall próbatesteknek nagyobb a merevsége, továbbá nem egyértelműen kimutatható a hozzáadott adalékszer hatása.

A **4. ábrát** és az **5. ábrát** tekintve a **7. ábrával** megállapítható, hogy a tömörítési hőmérséklet csökkenésével a merevségi modulus értéke csökken, valamint a szabadhézag-tartalom növekszik.



7. ábra: Merevségi modulus átlagértékeinek összehasonlítása (Marshall próbatest)

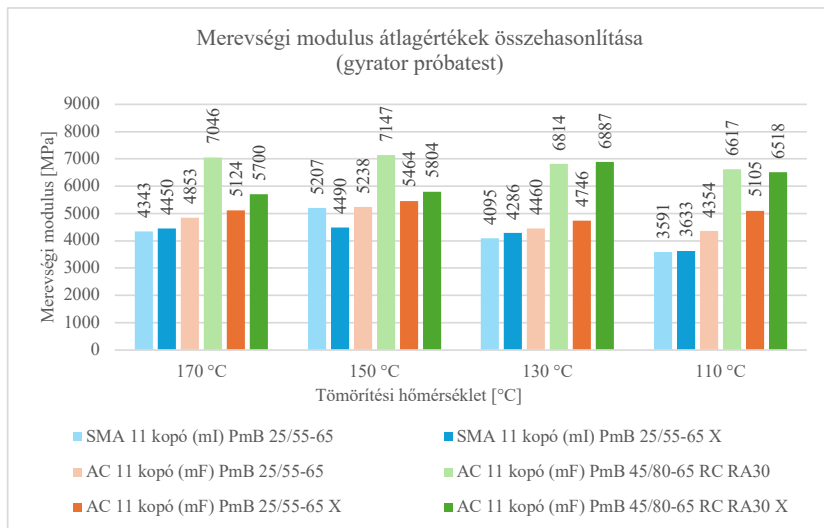
Az SMA aszfaltkeverékekből készült gyrator próbatesteken mért merevségi modulus értékei 3500-5500 MPa kö-

zötti tartományban helyezkednek el. Az adalékszert tartalmazó aszfaltkeverékekből készült gyrator próbatestek me-

revségi modulusa túlnyomó többségben nagyobb. Az AC keverékből készült próbatestek merevségi modulusai értékei 4000-7500 MPa közötti értékek. Az eredményeket tekintve megállapítható, hogy az adalékszer hatása nem egyértelműen kimutatható. A visszanyert aszfaltot tartal-

mazó keverékekből készült próbatestek legalább 1500 MPa-lal nagyobb merevséggel rendelkeznek.

A 6. ábrát és 8. ábrát figyelembe véve megállapítható, hogy a tömörítési hőmérséklet csökkenésével a merevség csökken, ezzel ellentétben pedig a szabadhézag-tartalom nő.



8. ábra: Merevségi modulus átlagértékeinek összehasonlítása (gyrator próbatest)

Összegezve az IT-CY vizsgálat eredményeit nem egyértelműen kimutatható az adalékszer hatása, továbbá általánosságban megállapítható, hogy a tömörítési hőmérséklet

csökkenésével a merevség csökken, a szabadhézag-tartalom nő, valamint a visszanyert aszfaltot tartalmazó keverékekből készült próbatestek merevségi modulusa magasabb.

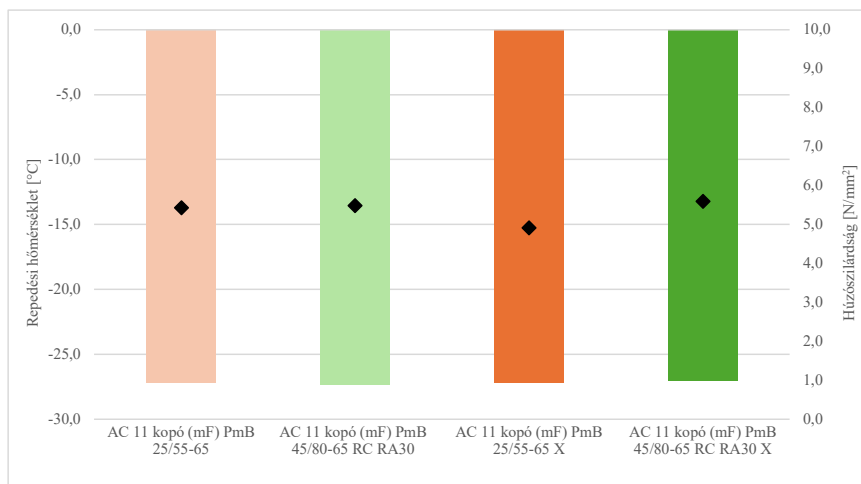
Hidegviselkedési tulajdonság vizsgálata

A gerenda próbatestet a vizsgálóberendezésbe helyezve a hőmérsékletet egyenletesen csökkentve folyamatosan mérjük a hosszirányú zsugorodást, amit vezérelt húzóerővel megakadályozunk. A próbatest egy adott hőmérsékleten eltörik, ez lesz a próbatest repedési hőmérséklete.

Az ARH vizsgálatot csak az AC aszfaltkeverék-típusokból készült lap próbatestekből vágott gerenda próbatesteken végeztük el.

A 9. ábrán a keveréktípusok repedési hőmérsékleteinek átlagértékei és a repedési hőmérsékleten mért húzószilárdság átlagértékei láthatóak. Az y tengelyen a repedési hőmér-

séklet [°C] és a húzószilárdság [N/mm²] egyaránt látható. Az x tengelyen pedig a keveréktípusok neve figyelhető meg. A hidegviselkedési tulajdonság vizsgálat során mért repedési hőmérséklet eredmények és a repedési hőmérsékleten mért húzószilárdság értékei nem haladták meg a terjedelemben megengedett értéket, kiugró értékek nem szerepelnek. Az eredményeket összehasonlítva megállapítható, hogy a hozzáadott adalékszer és a visszanyert aszfalt nincs hatással a repedési hőmérsékletre és a repedési hőmérsékleten mért húzószilárdság értékére.



9. ábra: Keveréktípusok repedési hőmérsékleteinek átlagértékei és a repedési hőmérsékleten mért húzószilárdság átlagértékei

Források

- Bonaquist, Ramon Francis. Mix design practices for warm mix asphalt. Vol. 691. Transportation Research Board, 2011.
- Button, Joe W., Cindy K. Estakhri, and Andrew James Wimsatt. "A synthesis of warm-mix asphalt." (2007).
- Cheraghian, Goshtasp, et al. "Warm mix asphalt technology: An up to date review." *Journal of Cleaner Production* 268 (2020): 122128.
- DTU, JM Jansen. "Warm Mix Asphalt Investigation." Master of Science Thesis (2010).
- EAPA: The use of Warm Mix Asphalt. In: EAPA – Position Paper, 2014
- Hasan, Mohd Rosli Mohd, et al. "Characterizations of foamed asphalt binders prepared using combinations of physical and chemical foaming agents." *Construction and Building Materials* 204 (2019): 94-104.
- Hurley, Graham C., and Brian D. Prowell. "Evaluation of Aspha-Min zeolite for use in warm mix asphalt." NCAT report 05-04 (2005)
- Hurley, Graham C., and Brian D. Prowell. "Evaluation of Evotherm for use in warm mix asphalt." NCAT report 2.06 (2006).
- Ji, Jie, et al. "Moisture Susceptibility of Warm Mix Asphalt (WMA) with an Organic Wax Additive Based on X-Ray Computed Tomography (CT) Technology." *Advances in Civil Engineering* 2019.1 (2019): 7101982.
- Prowell, Brian D., Graham C. Hurley, and Bob Frank. Warm-mix asphalt: Best practices. Lanham, MD: National Asphalt Pavement Association, 2011.
- Rubio, M. Carmen, et al. "Warm mix asphalt: an overview." *Journal of cleaner production* 24 (2012): 76-84.
- Shang, Lina, et al. "Pyrolyzed wax from recycled cross-linked polyethylene as warm mix asphalt (WMA) additive for SBS modified asphalt." *Construction and Building Materials* 25.2 (2011): 886-891.
- Silva, Hugo MRD, et al. "Optimization of warm mix asphalts using different blends of binders and synthetic paraffin wax contents." *Construction and Building Materials* 24.9 (2010): 1621-1631.
- Zaumanis, Martins. "Warm mix asphalt investigation." Master of science thesis. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark in cooperation with the Danish Road Institute, Department of Civil Engineering (2010).
- MSZ EN 12697-6:2020 „Aszfaltkeverékek. Vizsgálati módszerek 6. rész: Aszfalt próbatestek testsűrűségének meghatározása”

HAPA TAGVÁLLALATAI

Aszfalt Hungária Kft.

H-2225 Üllő
belterület, hrsz. 3753.
www.euroaszfalt.hu

Budapest Közút Zrt.

H-1115 Budapest
Bánk bán u. 8-12.
www.budapestkozut.hu

Colas Közlekedésépítő Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
www.colas.hu

Colas Út Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
www.colas.hu

DÉLÚT Kft.

H-6750 Algyő
Kastélykert u. 171.
Pf: 4
www.delut.hu

Duna Aszfalt Zrt.

H-6060 Tiszakécske
Béke u. 150.
www.dunaaszfalt.hu

Hazai Építőgép Társulás Zrt.

H-2351 Alsónémedi
Öregországút utca 2405/4 hrsz.
www.epitogep.com

He-Do Kft.

H-3261 Pálosvörösmart
Hagyóka u. 1.
www.he-do.hu

MENTO Környezetkultúra Kft.

H-3526 Miskolc
Mechatronikai Park 14.
www.mentokft.hu

Mészáros M1 Útépitő Kft.

H-8086 Felcsút, Fő utca 65.

MOL Nyrt

H-1117 Budapest
Dombóvári út 28.
www.mol.hu

OMV Hungária Ásványolaj Kft.

H-1117 Budapest
Október Huszonharmadika utca 6-10.
www.omv.hu

PENTA Kft.

H-2100 Gödöllő
Kenyérgyári u. 1/E.
www.pentakft.hu

„SOLTÚT” Kft.

H-6320 Solt
Kecskeméti u. 34.
www.soltut.hu

Swietelsky Magyarország Kft.

H-1016 Budapest
Mészáros utca 13.
www.swietelskymagyarorszag.hu

Útéppark Útépitő és Mélyépítő Kft.

H-8000 Székesfehérvár
Szlovák utca 6.
www.uteppark.hu

VértesAszfalt Kft.

H-2800 Tatabánya
Réti út 174. Fsz. 4.
www.vertesaszfalt.hu

V-Híd Építő Zártkörűen Működő

Részvénytársaság
H-1146 Budapest,
Hermina út 17.
www.vhid.hu

Vértes-Út Kft.

H-2890 Tata
Takács utca 1.
www.vertesut.hu

HAPA TÁRSULT TAGVÁLLALATAI

Andreas Kft.

H-2030 Érd, Rizling u. 26.
www.andreas.hu

Ammann Austria GmbH

Anzing 33
A-4113 St. Martin im Mühlkreis
www.ammann.com/de

AUMER Kft.

H-2035 Érd
Bikszádi utca 6.
www.aumer.hu

BHG Bitumen Kft.

H-1117 Budapest
Gábor Dénes utca 2.
Infopark D épület
bhg.hu@bauholding.com

BME Út és Vasútépítési Tanszék

H-1111 Budapest
Műegyetem rkp. 3.
epito.bme.hu/ut-es-vasutepitesi-tanszek

EuroAszfalt Kft

H-2225 Üllő
belterület 3753 hrsz.
www.euroaszfalt.hu

EULAB Kft.

H-2120 Dunakeszi
Székesdűlő 135.
www.eulabkft.hu

Huntraco Kereskedelmi és Szolgáltató Zrt.

H-2040 Budaörs
Kamaraerdei út 3.
www.huntraco.hu

HSH-Chemia Kft

H-1139 Budapest, Pap Károly u. 4.
www.hsh-chemie.com

INNOTESZT Kft.

H-2225 Üllő
Zsarókahegy hrsz. 053/30.
www.euroaszfalt.hu/leanyvallalat/innoteszt-Kft

INNOVIA Kft.

H- 2541 Lábatlan
Dunapart 1605/2 hrsz.

Labo WTC Hungary Kft.

iroda@labowtc.hu
www.labowtc.hu

leiCON Kft.

Iroda: H-1047 Budapest
Attila utca 12-18. B115
www.leicon.hu

Mélyépítő Labor Kft.

H-2142 Nagytarcsa
Csonka János u. 6.
www.facebook.com/melyepitolabor/

Magyar Közút Nonprofit Zrt.

H-1024 Budapest
Fényes Elek u. 7-13.
internet.kozut.hu

MAB Tarnóca Kőbánya Kft.

H-2045 Törökbálint
Torbágy u. 20.
www.tarnoca.hu

MKIF Magyar Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.

H-2040 Budaörs,
Akron utca 2.
www.mkif.hu

Omya Hungária Mészkefeldolgozó Kft.

H-3300 Eger,
Lesrét utca 71.
www.omya.com

OTYS Úttechnika Kft.

H-2660 Balassagyarmat
0101/21 hrsz.
www.otys.hu

Profi-Bagger Kft.

H-2051 Biatorbágy
Tormásirét u. 6.
www.profi-bagger.hu

Rec-Plus Kft.

H-3200 Gyöngyös
Felső-Újvárosi utca 2.
www.recplus.hu

Rettenmaier Austria GmbH & Co.KG

A-1230 Wien
Rudolf-Waisenhorn-Gasse 18.
www.jrs.de

Rodcont Kft.

H-1221 Budapest
Orsovai u. 10/a
www.rodcont.hu

STA Aszfalt-Tech Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

H-1043 Budapest
Dugonics u. 11.
www.sta.hu

TPA HU Kft.

H-1097 Budapest
Illatos út 8.
www.tpaqi.com

TLI Zrt.

H-2030 Érd,
Bikszádi utca 6.
www.tli.hu

ÚTLABOR Kft.

H-9151 Abda
Bécsi út 15.
www.utlabor.hu

Wirtgen Budapest Kft.

H-2363 Felsőpakony
Erdőalja u. 1.
www.wirtgen-group.com/budapest



ASZFALT HUNGÁRIA KFT.

SZÉKHELYE: 2225 ÜLLŐ, BELTERÜLET, 3753 HRSZ
KÖZPONT: 1133, BUDAPEST PANNÓNIA UTCA 59-61.

ELÉRHETŐSÉG: ASZFALTHUNGARIA@ASZFALTHUNGARIA.HU

TELEPHELYEINK:

5561 Békésszentandrás, Külterület hrsz 0247/11

4029 Debrecen, Mikepércsi út 0530/80 hrsz

2462 Martonvásár, 0152/1 hrsz

8800 Nagykanizsa, 0632 hrsz – mobil keverő

7100 Szekszárd, Palánki út 41

2225 Üllő, Belterület 3753 hrsz

9442 Fertőendréd, külterület 0157/17. hrsz.