

Az Aszfalt

A Magyar Aszfalttípari Egyesülés

hópa

hivatalos lapja

XX. ÉVFOLYAM 2016/1. szám



Asphalt 100% recyclable



Az aszfalt 100%-ban
újrahasznosítható

2016
június



Tisztelt olvasóink, Kedves Kollégák!

Minden bizonnyal eljutott Önökhöz is, hogy az elmúlt évben minden nagyobb szakmai rendezvényen megemlékezünk arról, hogy hazánkban – Európában az elsők között – épült 1864-ben Pesten a Nádor utcában aszfaltburkolat.

A szakmai közvélemény ráébredt arra, hogy ebben az útépitési formában is példaképül állítható szakmai teljesítmény született, valamint az is figyelemre méltó, hogy nem csak a XIX. században, ha nem a XX. század első majd második felében is maradandó szakmai sikerek születtek.

Meg kell azonban állapítanunk, hogy addig, amíg hazánkban- beleértve a XX. század első felét is- összesen még kétezer kilométer betonút sem épült (jelenleg talán 100-150 km. ha van az újonnan épült autópályákkal együtt)

Két nívós szakkönyv is készült az utolsó tíz évben a betonburkolatokról. Az aszfalt burkolatokkal kapcsolatos könyvvel ugyanakkor mind ezidáig adós a szakma. A II. világháború óta egyetlen összefoglaló szakkönyv sem jelent meg. A 125 éves évfordulóra igen szerény, sokszorosított formában készült emlékeztető füzet.

Az elmúlt évtizedekben alapvetően változtak a minőségi követelmények, a minősítési rendszerek, az Európai Unió tagsággal a szabványok és azok követelményei is.

A kivitelezői szféra szereplőinek is megváltoztak az érdekeltségei, valamint a megrendelői oldalon is alkalmazkodni kellett a közbeszerzéssel járó követelményekhez.

Utolsó pillanatban vagyunk ahhoz, hogy az igen értékes, hazánkban sikeres technológiai választékról összegyűjtsük a dokumentumokat és megörökítsük a jövő szakemberei számára. Nem kételkedünk abban, hogy a hiánypótló **szaktörténeti összefoglaló könyv** kiadásával egyetértének és velünk együtt fontosnak tartják a közkinccsé tételét.

Ehhez kérjük az eszmei támogatásuk mellett a lehetőségükhöz mérten az anyagi segítségüket is.

Természetesen mindent megteszünk, hogy az aszfalttal foglalkozó (valamennyi) kivitelező, kutató, tervező társaságok mellett a Magyar Aszfaltipari Egyesülés valamennyi tagját, de külön-külön minden szakembert megkeresve előteremtsük a szükséges forrásokat. Emellett hangsúlyt helyezünk valamennyi pályázati lehetőség kiaknázására is.

Úgy véljük, hogy egy 150 éves sikeres szakmatörténeti szakkönyv támogatóinak sorából - a könyvben kitüntetett helyen szereplő szervezetek sorából – az Önök által képviselt mérnök szervezet sem hiányozhat.

A feltételek kialakítása folyamatban van, a könyv elkészültének biztosítéka az, hogy eddig mintegy 35 közismert szakember vállalta el, hogy részt vesz az elkészítésében.

Dr. Törőcsik Frigyes Úr vállalta a könyv farságságos szerkesztői feladatainak ellátását.

A kalkulációnk elkészült, egy könyv ára 10.000 Ft+ 5% ÁFA lesz, és 1.250 eladott példány esetén térülnek meg a költségeink.

A HAPA egy – már megnyitott – elkülönítette számlán gyűjti a vásárlási előlegként befizetett összegeket, amelyre a felajánlásokat az egyes személyektől, és a vállalkozásoktól egyaránt várjuk.

Kérem, hogy a szándékukat a HAPA bármelyik e-mail címén, vagy telefon számán jelezzék, hogy a megállapodást megköthessük.

Tisztelettel: Veress Tibor
HAPA igazgató



A Magyar aszfaltipari Egyesülés (HAPA) hivatalos szakmai lapja.

Szerkesztőség:

Magyar Aszfaltipari Egyesülés
H-1113 Budapest, Bartók Béla út 152/F.
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:

SILBER-Nyomda Kft. www.silbernyomda.hu

Hirdetésfelvétel:

Magyarországon a szerkesztőségben

Terjesztés:

a szerkesztőségben keresztül ingyenesen

ISSN 1217-7830

TARTALOMJEGYZÉK

Hesz Gábor – Az országos közúthálózat felújítási lehetőségei.....	4
Almássy Kornél – Szőke Gábor – M4 metró és a kapcsolódó felszíni beruházások mérnöki tevékenysége	11
Soós Zoltán – A tervezési forgalom meghatározásának vizsgálata sztochasztikus módszerekkel	15
Tabáni Tibor – dr. Bagány Mihály – Aszfaltkeverő telepek elektromos fűtési rendszereinek bemutatása	24
Tomacsek József – Energetikai feladatok az aszfaltkeverő telepeken ...	29
Visnyovszky Áron – Benninghoven: Törtaszfalt visszaadagoló rendszerek.....	32
Darányi Ákos – Jiri Uher – CANADER MIX hidegaszfalt és gyártástechnológiája	36
Rainer Schröter – FT-viasszal (Fischer –Tropsch Wax Sasobit®) modifikált fenntartható aszfaltburkolatok	39
Németh Márk – Pusztai Gábor – Adatgyűjtés és állapotértékelés eredményei a fővárosi utakon.....	47
Lancsák Ildikó – Az„elfelejtett” bitumenemulzió.....	54
Hegyi Zoltán – Budapest 4. sz. metróvonal I. szakasz – kapcsolódó beruházások – Kelenföldi pályaudvar térsége, nyugati kijárat, M1-M7 autópálya bevezetés módosított csomópontja.....	60
Balogh Lajos – Dr. Geiger András – Gumival modifikált bitumen és felhasználásával gyártott aszfaltok új tapasztalatai	64
Petr Svoboda – Anyagok újrafelhasználása az útépitésben.....	70
Jiri Fiedler – A bitumentartalom hatása a keverék teljesítményére és a burkolat tervezésére.....	73
dr. Törőcsik Frigyes – Az Aszfalt szerepe a nemzeti úthálózat felújításban	78

Kedves Kollégák!

A mostani lapunkban megjelenő cikkekhez nem kell külön kommentár, azok önmagukért beszélnek. Kérem, olvassák figyelmesen, izgalmas témákat feszegetnek. A lapunk második, és hatvanharmadik oldalán lévő felhívásunkra kérek külön figyelmet, valamint arra a kis hírre, ahol a HAPA Fátal Mérnökök Fórumán legutóbb nyertes Soós Zoltán kol-

légánkat láthatják előadás közben, amit az EAPA 6., Prágai Kongresszusán volt lehetősége megtartani a kis magyar résztvevő csoport büszkeségére, és a magyar mérnökök hírnevének öregbítésére.

Veress Tibor

MIND EGY KÉZBŐL!

A Wirtgen Csoport vezető technológiáival az útépités teljes folyamatának minden feladatát optimálisan és gazdaságosan megoldhatja, legyen az előkészítés, keverés, beépítés, tömörítés és helyreállítás.

BÍZZON ÖN IS a Wirtgen Group csapatában,
amely WIRTGEN, VÖGELE, HAMM, KLEEMANN és BENNINGHOVEN márkáival
AZ ÖN RENDELKEZÉSÉRE ÁLL!

Az országos közúthálózat felújítási lehetőségei

Hesz Gábor

Magyar Közút
Nonprofit Zrt.

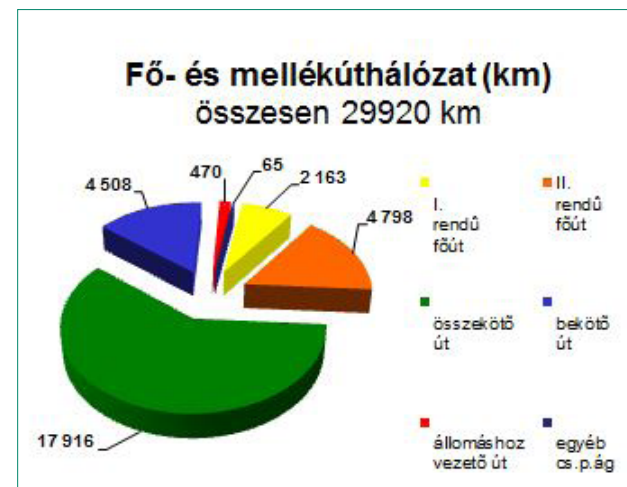
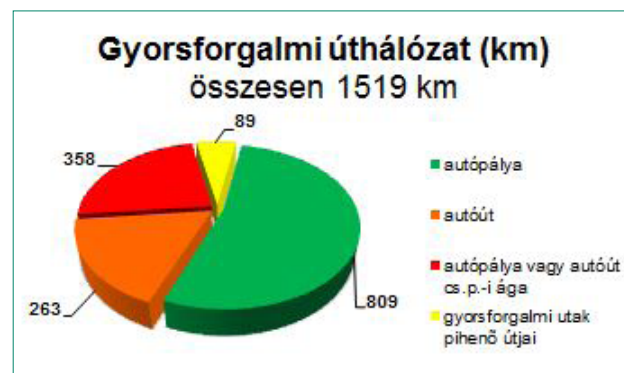


Tartalom

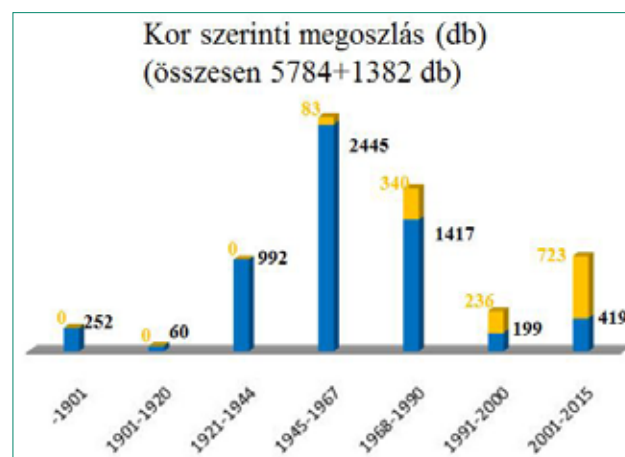
1. MK kezelésében lévő közúthálózat adatai
2. MK kezelésében lévő közúthálózat állapota
3. Felújítási lehetőségek

1. Magyar Közút kezelésében lévő közúthálózat adatai

Országos közutak összetétele útkategóriánként

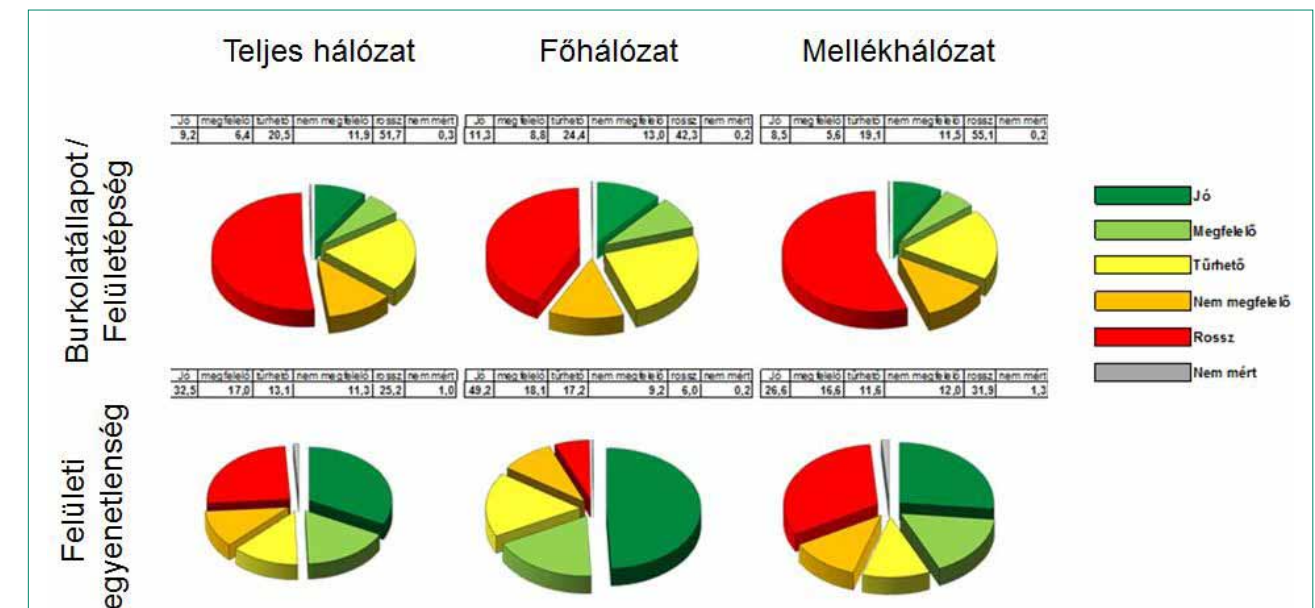


Magyar Közút kezelésében lévő hídállomány összetétele

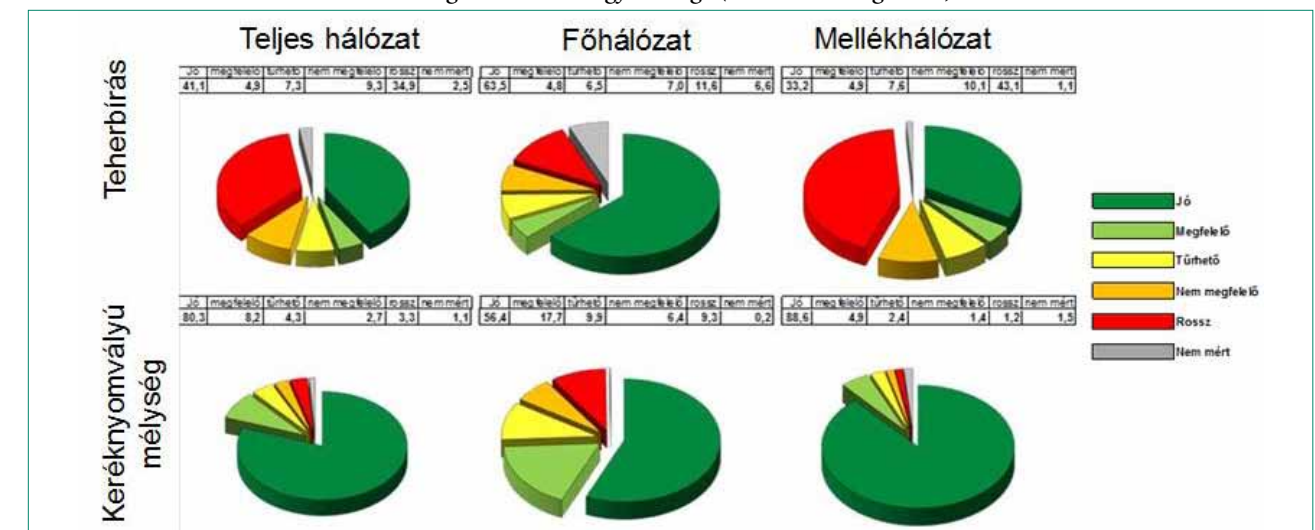


2. Magyar Közút kezelésében lévő közúthálózat állapota

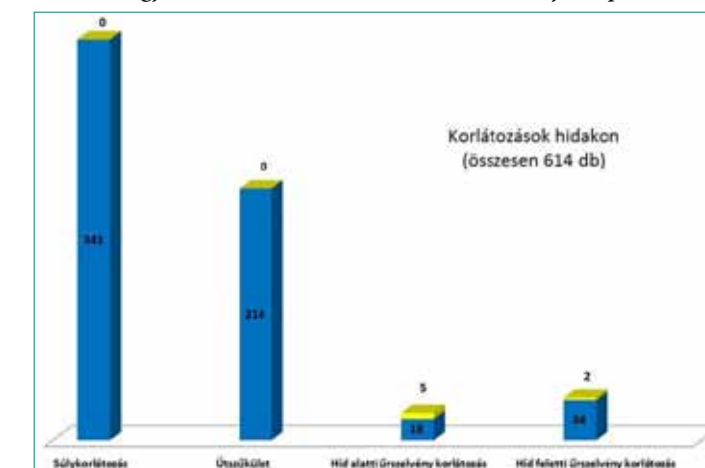
Országos közutak megfelelősége (százalékos megoszlás)



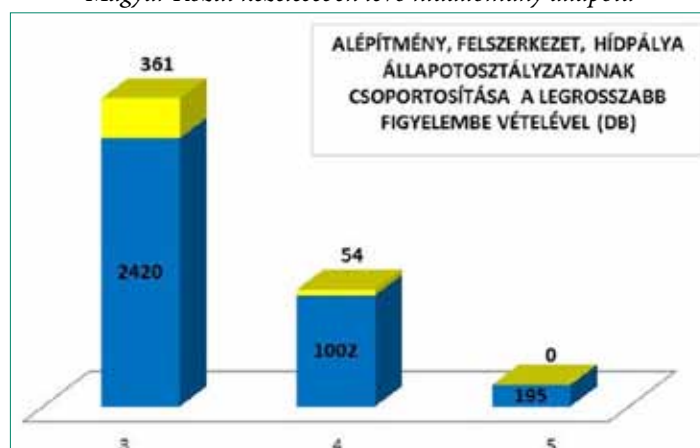
Országos közutak megfelelősége (százalékos megoszlás)



Magyar Közút kezelésében lévő hídállomány állapota



Magyar Közút kezelésében lévő hidállomány állapota



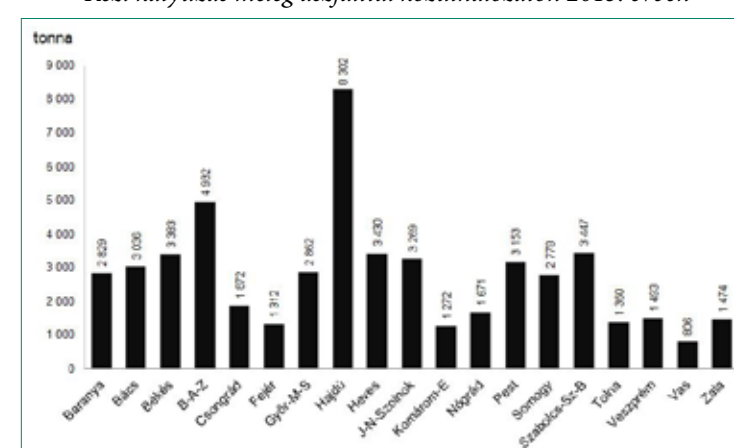
Leromlott állapotú utak...



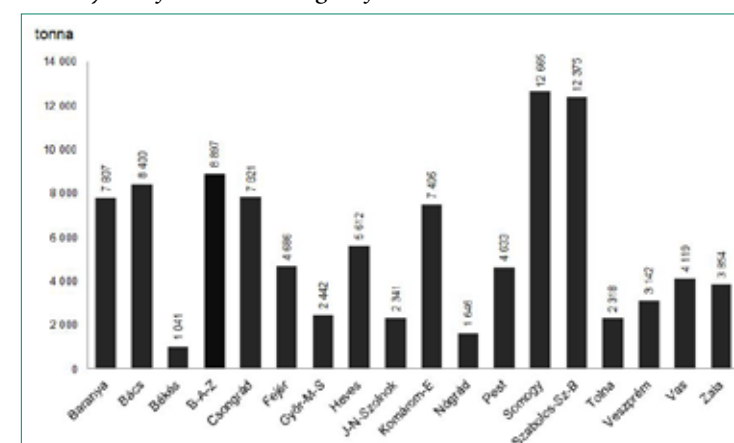
...és hidak



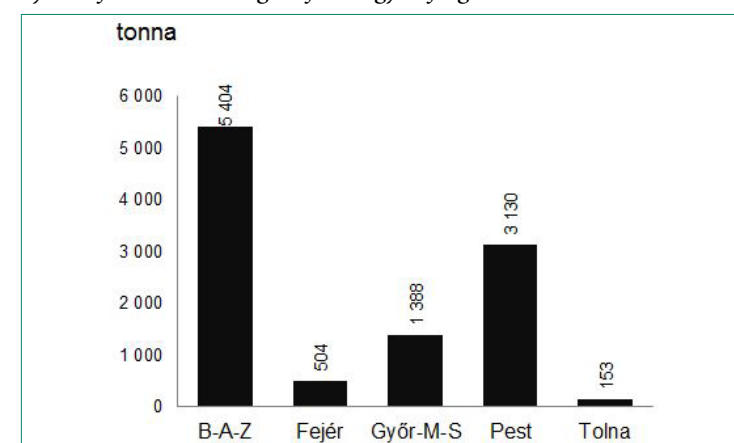
Kézi kátyúzás meleg aszfalttal közúthálózaton 2015. évben



Kátyúzás finisherrel meleg aszfalttal közúthálózaton 2015. évben



Kátyúzás finisherrel meleg aszfalttal gyorsforgalmi úthálózaton 2015. évben



A kátyúzás nagy mennyisége jól példázza a hálózat leromlott állapotát.

3. Felújítási lehetőségek

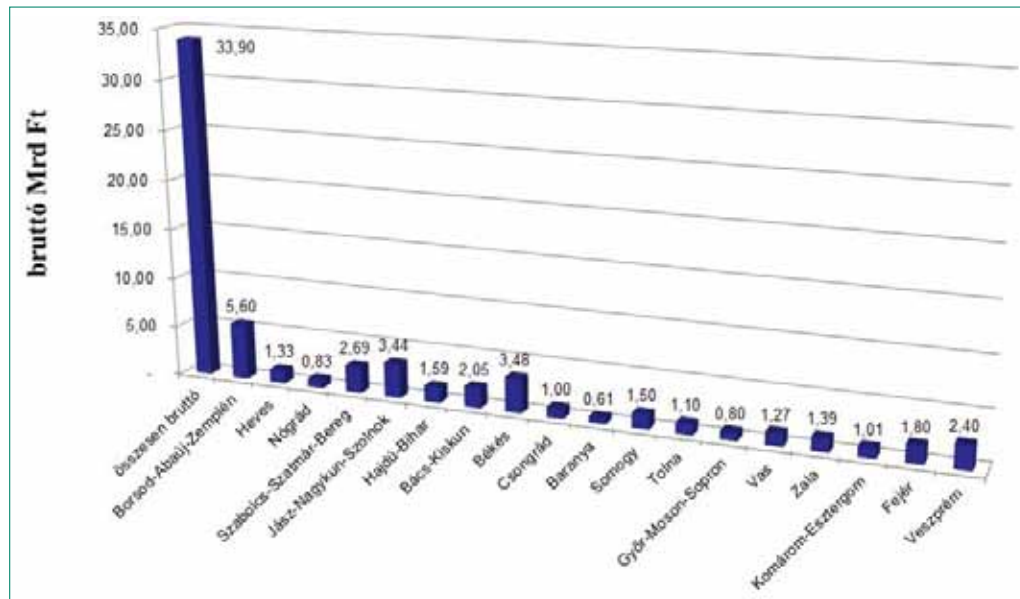
3. 1. Terület- és Településfejlesztési Operatív Program

3.1.1. Gazdaságfejlesztést és a munkaerő mobilitás ösztönzését szolgáló közlekedésfejlesztés TOP-1.3.1-15
Rendelkezésre álló forrás: 33,900 Mrd Ft.

Cél: Alacsonyabb rendű, országos közutak felújítása és fejlesztése.

A korábbi évek ROP beavatkozásaihoz hasonlóan a jellemző beavatkozások a burkolatfelújítás, padkarendezés, vízelvezetés jó karba helyezése, műtárgyak, átereszek, forgalomtechnikai eszközök felújítása, cseréje.

Megyei forrásmegoszlás a TOP-1.3.1-15 kódszámú program esetében



3.1.2. Fenntartható települési közlekedésfejlesztés TOP-3.1.1-15
Rendelkezésre álló forrás: 41,419 Mrd Ft.

- Cél:
- Teljes település vagy településrész közlekedési úthálózatának kerékpáros baráttá alakítása.
 - Közbringa-rendszer kiépítése, bővítése.
 - Forgalomcsillapítás, közlekedésbiztonság, akadálymentesítés.

Támogatási kérelmet nyújthat be:

- helyi önkormányzat
- többségi önkormányzati tulajdonban lévő gazdasági társaságok
- konzorciumi partnerként MÁV Zrt., NIF Zrt., MK NZrt., stb...

3.1.3. Gazdaságfejlesztést és a munkaerő mobilitás ösztönzését szolgáló közlekedésfejlesztés TOP-6.1.5-15
Rendelkezésre álló forrás: 19,329 Mrd Ft.

Cél: 4 és 5 számjegyű vagy TEN-T hálózaton kívüli utak fejlesztése, felújítása.

Támogatási kérelmet nyújthat be:

- megyei jogú város önkormányzata
- konzorciumi partnerként NIF Zrt., MK NZrt.

3.1.4. Fenntartható városi közlekedésfejlesztés TOP-6.4.1-15
Rendelkezésre álló forrás: 20,688 Mrd Ft.

- Cél:
- Teljes település vagy településrész közlekedési úthálózatának kerékpáros baráttá alakítása.
 - Közbringa-rendszer kiépítése, bővítése.
 - Forgalomcsillapítás, közlekedésbiztonság, akadálymentesítés.

Támogatási kérelmet nyújthat be:

- megyei jogú város önkormányzata
- konzorciumi partnerként többségi önkormányzati tulajdonban lévő gazdasági társaságok, MÁV Zrt., NIF Zrt., MK NZrt., stb...

3.2. Komplex útfelújítási program– bruttó 69 Mrd Ft értékben

A „Közlekedésbiztonságot javító műszaki beavatkozások, nyomvályúk megszüntetése, útfelújítások, útfejlesztések megvalósítása európai uniós forrásból” című eljárásunk eredményeképp 2016. január 19-én megkötésre kerültek a vállalkozási szerződések.

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium –Magyar Közút közötti Támogatási szerződés lépteti hatályba a vállalkozási szerződéseket.

Döntően főúthálózaton, összesen 172 útszakaszon, 562 km hosszon történik beavatkozás, a kivitelezési munkák várhatóan ez év végéig befejeződnek.

1055/2016 (II.15.) Korm. határozat értelmében a program teljes egészében hazai forrásból valósul meg.

3.3. 2017-2020. közötti időszak, felújítási program

A Magyar Közút NZrt. 2015. márciusban összeállította a „Felújítási stratégia és középtávú felújítási terv”-et amely 7 évre szól.

2015. júniusában a KTE elkészítette Társaságunk megbízásából az „Útfelújítások költségvetési és társadalmi hatásainak felmérése” című tanulmányt.

1978/2015. (XII.23.) Korm. Határozat értelmében az Országos gyorsforgalmi, fő- és mellékút hálózatra középtávú felújítási finanszírozási program kidolgozása szükséges, amit 2016. február 28.-ig kormány elé kell terjeszteni.

A Közlekedésfejlesztési és Koordinációs Központ és a Magyar Közút NZrt. közösen kidolgozta az állami tulajdonú országos gyorsforgalmi, fő-, és mellékúthálózatra vonatkozó középtávú felújítási finanszírozási programot.

A felújítási forrásigény az alábbi kategóriáinként kerül meghatározásra:

- Önálló hídfelújítási keret
- Gyorsforgalmi úthálózati elemek felújítása
- Külterületi főút hálózat felújítása(díjas)
- Belterületi főút hálózat felújítása (nem díjas)
- Mellékúthálózat felújítása

A felújítási ciklusidőket, valamint az átlagos becsült felújítási költségeket útkategóriáinként eltérően meghatároztuk meg. 150 Mrd Ft (bruttó) évenkénti forrás biztosítással, 1100-1200 km fő- és mellékút felújítása végezhető el, így az átlagos felújítási ciklusidő 30 évre mérsékelhető.

Kategória	Felújítási ciklus idő (év)	Átlagos becsült felújítási költség (bruttó millió Ft/km)
Gyorsforgalmi úthálózat	15	300
Külterületi főút hálózat	25	120
Belterületi főút hálózat	25	150
Mellékúthálózat	35	110

Önálló hídfelújítási program jelentősége:

- A kritikus állapotú hidak száma 56 db, a beavatkozás forrás igénye bruttó 10 MrdFt. Itt kritikus állapotnak tekintjük azt az esetet, amikor a híd teherbírása, állékonysága közvetlen veszélyben van, valamint a hidon a forgalombiztonságra veszélyes állapotok alakultak ki. Ezek a beavatkozások a karbantartás keretein belül nem kezelhetők.
- A hidak átlag életkora a gyorsforgalmi hálózaton 30 év, a nem gyorsforgalmi hálózaton 55 év (a hidak felújítási ciklus-ideje 25-30 év).
- A felújításra szoruló hidak mennyisége 1.219 db, ebből a gyorsforgalmi hálózaton 420 db, a nem gyorsforgalmi hálózaton 799 db.
- A hídfelújítási igény bruttó 78 MrdFt, ebből a gyorsforgalmi hálózaton bruttó 10 MrdFt, a nem gyorsforgalmi hálózaton bruttó 68 MrdFt.
- Az évi 10 Mrd Ft forrásbiztosítás mellett is a hídfelújítás elmaradások felszámolása 8 évet venne igénybe.

A fentiekben leírtak alapján kerülnek összeállításra a prioritizált megyei projektlisták, amelyekből a rendelkezésre álló keret függvényében kiválaszthatóak a felújításra kerülő útszakaszok és hidak.

A felújítási finanszírozási program során kidolgozandó felújítási stratégia végrehajtásának feltétele a felújított úthálózathoz igazodó, emelt színvonalú üzemeltetési-karbantartási háttér megteremtése, ez az öt éves üzemeltetési-karbantartási szerződés megkötésével biztosítható, amely évenként növekvő forrásokat tartalmaz.

A felújítási finanszírozási program által kidolgozandó felújítási stratégia végrehajtásának várható nehézségei:

- Nagymértékű forgalomzavarás, nem csak a mellékúthálózaton, hanem a kiemelt gyorsforgalmi és főúthálózaton is.
- A vállalati kapacitások ütemezett fejlesztése, amely az elvégzendő feladatok kisebb volumenű bázisról egy nagyobb volumenre történő fokozatos átállást eredményez.
- Organizációs nehézségek a nagyszámú (országosan mintegy 300/év) beavatkozási helyszín miatt.

Forrásigény biztosítása esetén a várható eredmény az úthálózaton...



és azon belül a hidakon...



M4 metró és a kapcsolódó felszíni beruházások mérnöki tevékenysége

Almássy Kornél



Budapest Közút Zrt.

Szőke Gábor



Budapest Közút Zrt.

A gondolatától a megvalósításig

A budapesti metróhálózat kiépítésére 1950 óta több változat készült. A változatok többségében a Dél-Budát a városközponttól át Zuglóval összekötő vonal építését tartalmazta. A vonalvezetési változatok egyezők voltak abban, hogy a szóban forgó (továbbiakban 4-es) vonalnak a budai Móricz Zsigmond körteret és a zuglói Bosnyák teret kell a városközponttól áthaladva, a 2-es és a 3-as vonalakkal, hálózatot alkotva összekötni. Az M4 Metró megvalósításához a következőkben részletezett eseményeken, döntéshozatali folyamatokon keresztül vezetett az út.

1972

A Budapest és környéke közlekedésfejlesztési terve negyedik metróvonalként jelölte meg a Dél Buda-Rákospalota vonalat.

1996

Elkészült a 4-es metró megvalósíthatósági tanulmánya. A PHARE program keretében készült tanulmány az indokoltág, az anyagi megtérülés és a megépíthetőség összevetése után a 4-es vonal első szakaszának az Etele tér és a Keleti pályaudvar között (kb. 7 km és 10 állomás) megépítésére tett javaslatot. Ennek becsült költsége 1996. évi árakon 514 millió ECU volt.

1997

Március 5-én a kormány a megvalósíthatósági tanulmányra alapozva úgy határozott, hogy épüljön meg a 4-es vonal első szakasza, amelynek finanszírozása a Kormány és a Főváros között 60-40%-ban oszlik meg. A létesítésre hitel vehető fel, amelynek visszafizetését a kormány garantálja.

1998-2002

1998 májusában országgyűlési választások voltak. Az új kormány a 4-es metróvonal építését nem támogatta, a korábbi két kormány idevágó határozatait hatályon kívül helyezte, a metróépítésről minden támogatást (a hitelgaranciát is) megvont. A 4-es metróvonal építése egy időre lekerült a kormány napirendjéről. A finanszírozási megállapodás felmondása miatt 1999. elején a Főváros vezetősége pert indított a kormány ellen, amit végül a Főváros elveszített.

2001

Fővárosi Közgyűlés döntése alapján megkezdődtek a 4-es metróvonal előre hozott beruházásai. Ennek keretében a Bar-

tók Béla út Szt. Gellért tér és Móricz Zsigmond körtér között „faltól falig” átépült. A tervezési határok között kétvágányú villamos pálya is létesült. A Móricz Zsigmond körtér és a Bartók Béla út csomópontjában a felszín, a metróállomást érintő terület kivételével „faltól-falig” átépült. A tervezési határok között kétvágányú villamos pálya is létesült, a 6-os villamos fejezőállomása teljes körű átépítésével, valamint összekötésre került a 61-es és a 47-es villamosok pályája is. A csomópontban megépült az állomáshoz kapcsolódó aluljáró műtárgy minden kapcsolódó szakágának munkáival együtt.

A 2-es metró metróvonal Baross téri állomásának második kijárata.

2002-2004

A 4-es metró kivitelezési munkáinak megkezdését hátráltatta a 2002-2004 közötti időszakban, hogy civil szervezetek – Levegő Munkacsoport, Lakóközösségi Szervezetek Szövetsége (LAKSZ), Erzsébetvárosi Társasházak Közösségeinek és Képviselőinek Érdekvédelmi Egyesülete (ETKE) először a kiadott környezetvédelmi engedélyt, majd a jogerős és végrehajtható vasúthatósági engedélyt bíróságon megtámadták, kérve az engedélyek megsemmisítését.

2004-2005

A perek lezárultak és a beruházás minden szükséges engedélyt megkapott.

2006. január 23.

Az állomásépítésekkel megkezdődött a metróépítés.

2007. április 3.

Elindultak a fűrópajzsok.

2014. március 28.

Utastorgalmi próbautazás kezdete.

2015. december 30.

A járművezető nélküli, teljesen automata vezérlésű 4-es metró I. szakasz megkapta végleges használatbavételi engedélyt.

A budapesti 4-es metróvonal kivitelezési munkái

A civil szervezetek által kezdeményezett perek lezárultát követően a 4-es metró állomásainak építése 2006-ban kezdődött. Az alagútúrás 2007 tavaszán indult el a Kelenföld vasútállomásnál két alagútúró berendezés egyidejű alkalmazásával. A két aktív megtámasztású, zárt homlokú fúrópajzsot egy népszerű rádióműsorvezető-párosról nevezték el (a déli pajzsot Borosnak, az északi Bochkornak).

A fúrópajzsok naponta átlagosan 15-20 métert haladtak előre. A déli, illetve az északi pajzs a Tétényi úti állomást 2007. szeptember 13-án ill. október 25-én.

Az alagútúrással párhuzamosan haladt az állomások építése is. Az állomások külső vasbeton-szerkezetének addigra kellett elkészülnie, mire a fúrópajzs odaér, de több állomás építése is késésbe került a kivitelezők hibájából, ami jelentősen késleltette, több alkalommal leállította az alagútépítési munkákat. Egyéb menet közben felmerült műszaki problémák is nehezítették az alagútépítők munkáját. A egyik fúrópajzs gyártási hibája miatt a falat tartó betongyűrűk elrepednek, így a hiba kijavítása hátráltatta az építkezést. Egy alkalommal beomlott a föld a Tétényi-úti állomásnál. 2008 októberére a Műegyetem Szent Gellért téri „Ch” jelű épülete annyira meg-süllyedt a metróépítés miatt, hogy a kiürítése is szóba került.

Végül 2010. június 18-án a déli fúrópajzs elérte a Baross téri állomást, majd július 1-jén az északi fúrópajzs is, ezzel az első szakasz alagútjának építése befejeződött.

2011 decemberére az M4-es metró műszaki késztsége elérte a 70%-ot. A felszín alatti betonépítmények elkészültek, a feladatokat befejező fúrópajzsok elszállítása is megtörtént.

2012. november 29-én a Kelenföld vasútállomás és a Móricz Zsigmond körtér közötti szakasz pályatesztjén végighaladt az első személyszállító vonat.

2013. szeptember 26-án elsőként fejeződött be a Bikás park állomás építése, használatbavételi engedélyt október 22-én kapott. 2013. október 11-én megkezdődött az utasok nélküli sötétüzemi tesztidőszak. 2014. január 23-án megkezdődött a sötétüzemi tesztidőszak hatóság által vizsgált szakasza. Január 28-ára már mind a tíz állomás megkapta a használatbavételi engedélyt. 2014. március 28-án megtörtént a 4-es metró ünnepélyes átadása. Megkezdődött az utasforgalmi próbaüzem, ami 2015 december 30-ig tartott, mikor is a 4-es metró megkapta a vezető nélküli automata üzemmóddal történő működéshez a végleges használatbavételi engedélyt.

A budapesti 4. metróvonal kelenföldi végállomásához a megépített keretlagúton keresztül csatlakozik a vonal működését kiszolgáló járműtelep. A 6,5 hektáros területen megvalósult létesítmény tartalmazza mind a járművek üzemeltetéséhez, tárolásához és javításához tartozó technológiákat, mind a teljes vonal szakágankénti üzemeltetési hátterét (pálya, mozgólépcső, épület- és műtárgykarbantartás, áramellátás, biztosító-berendezés, stb.). Az M4 vonalat irányító diszpécserterrony szerkezeti kiépítettsége lehetőséget teremt arra, hogy a későbbiekben a többi budapesti metróvonal összevont diszpécserközpontja is itt üzemeljen.

Kapcsolódó felszíni beruházások

Baross tér

A 2-es metró metróvonal Baross téri állomásának második kijárata a mélyállomás átalakításával, valamint egy új, lejtakna műtárgy megépítésével valósult meg a Keleti pu. érkezési oldalán. A megépítés eredményeként a 4-es metróvonal megvalósítása során biztosítható volt a 2-es metróvonal folyamatos üzeme, mivel a két állomás kapcsolatának építésekor az 1. sz. kijáratot el kellett bontani.

A 2007-ben átadott K-Ny-i metróállomás 2. kijáratához



A fúrópajzs

kapcsolódva a gyalogos aluljáró K-i oldala átépült. Ehhez csatlakozott ezen munkák keretében a tér teljes körű – „faltól-falig” – felújítása, melynek keretében új gyalogos aluljáró épült.

Rákóczi tér

A Rákóczi téri metróállomás kialakítása lehetőséget biztosított, hogy annak térszínalatti részéhez csatlakozó teremgarázs, mélygarázs létesüljön. Ez a műtárgy csatlakoztatható a más beruházás keretében épülő további mélygarázsszához. A műtárgy le és felhajtói illeszkednek a felszín rendezési munkáihoz.

Kálvin tér, Múzeum körút

A Kálvin téri állomás megépítése szükségessé tette a meglévő aluljáró részbeni elbontását, és a megváltozott szintviszonyoknak megfelelően az aluljáró kijáratok átépítését.

A tér a Várház körüti és a Múzeum körüti tervezési határok között „faltól-falig” átépítésre került. Új kétvágányú villamos pálya létesült, középperonos kialakítással. Ugyancsak átépültek a közúti forgalmi sávok, kerékpárút létesítésére is sor került.

Fővám tér, Várház körút

A metróberuházás miatt igénybevev munkaterületek végső felszíni rendezésével a Fővám tér burkolt, városias illetve fás ligetes térként került kialakításra. A tervezési határok között kerékpárút is létesült.

A Fővám téri állomás megközelíthetősége az átépített gyalogos aluljárón keresztül történik. Az aluljáró biztosít kapcsolatot a metrókijárat, a felszín, a 2-es villamos peronjai, valamint a tér másik oldala között.

A 2-es villamos magassági vonalvezetése az eredeti állapothoz képest mélyült, így a keretlagút, U keret hossza módosult. Átépítésre került a villamos pályaszerkezet a hozzá tartozó járulékos munkákkal (felsővezeték, jelző, stb.) a Havas utca és a Közraktár utca között.

A 2-es villamos nyomvonalának mélyítése lehetővé tette a Budapesti Corvinus Egyetem előtti felső rakparti terület rendezését, gyalogos felület kialakítását, fasorok telepítését. Ugyancsak itt épült meg a 83-as troli forgalmi sávja megállóval, valamint a metróállomásból felérkező lift felszíni épülete is.

A Szabadság hídról leérkező út- és villamos pálya is átépült a Kálvin téri tervezési határig. Kialakításra került irányonként 1-1 forgalmi sáv, parkolósáv díszburkolatú járdával, fasorokkal. A tervezési határok között megújult a közműhálózat, beleértve a felszíni közvilágítást is, kétoldali kerékpársáv is létesült.

Örmezői kijárat

A Kelenföldi pályaudvar metróállomás Örmezői oldalán megépült egy kijárat műtárgy, a hozzá tartozó belső beépítési munkákkal együtt (építészet, gépészet, elektromos). Megtörténtek a kijáratához közvetlenül kapcsolódó felszíni rendezési munkák (út, közmű, kertészet, stb.) és egy ideiglenes autóbusz végállomás épült. A buszvégállomás megfelelő megközelíthe-

Mérnöki tevékenység

A FIDIC (Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils) tanácsadó mérnökök nemzetközi szervezeteként 1913-ban jött létre; francia, belga és svájci mérnöki szervezetek alapították.

A FIDIC szerződéses modell egy sokéves, nemzetközi gyakorlatban kipróbált szerződéses rendszer, amely az építési beruházások „legjobb gyakorlatát” foglalja össze. Elsőként az 1957-ben megjelent ún. Piros Könyvben vált ismertté, amely az építési munkák szerződéses feltételeit szedi rendszerbe a megrendelő által megtervezett magas és mélyépítési munkákhoz. Ezt további intenzív szerződésfejlesztési munka követte, amely munka még napjainkban is tart, többek között magyar mérnöki szakértelem aktív részvételével.

A FIDIC mintaszerződések közül, alkalmazási gyakoriságukat tekintve, kiemelt figyelmet érdemel az ún. Sárga Könyv, amely az üzemek, telepek és tervezés-építési projektek szerződéses feltételeit tartalmazza elektromos és gépészeti létesítményekhez, valamint vállalkozó által tervezett építészeti és mérnöki létesítményekhez.

A FIDIC szerződéses feltételek – a modellszerződések megfelelő alkalmazása – a megrendelő és a vállalkozó közötti korrekt kockázatviselés jól működő szerződéses rendezését teszik lehetővé.

A mintaszerződések alapelveiből és szellemiségéből fakadóan az építési projekt leggazdaságosabb megvalósulását segítő kockázat megosztást biztosítanak úgy, hogy a kockázatot mindig az a résztvevő viselje, amelyik a legjobban tudja kezelni. Az építési projektek hatékony és megbízható vezetéséhez ad segítséget a követelések érvényesítésével, a követelés jogosságának eldöntésével kapcsolatos dokumentáció és közlések rendje.

A 4-es metróvonal beruházás megvalósítása is alapvetően a FIDIC Sárga Könyv szerinti szerződéses feltételrendszer szerint történt. A kivitelezési munkák megvalósítására megbízó 25 FIDIC Sárga Könyv szerinti szerződést kötött meg, közbeszerzési eljárások lefolytatásával.

– Alagútépítés + Szt. Gellért tér állomás	1 db
– Szerkezetépítés (állomások)	9 db
– Belső beépítés	1 db
– Vágányépítés	1 db
– Rendszerek (bizt.ber., áramellátás, ...)	1 db
– Járműtelep	1 db
– Járműbeszerzés	1 db
– Kapcsolódó felszíni beruházások	10 db

A projekt megvalósításában 2013. január 1-től Budapest Közút Zrt. közvetlenül a megbízóval szerződve látta el a mérnök feladatokat. A megrendelő érdekkörében eljárva irányítja a projekt műszaki-szakmai megvalósítását, adminisztrációját, a szerződésekkel összhangban döntéseket hoz, utasításokat ad a vállalkozóknak. A mérnök konkrét (szerződésben rögzített) feladatai a következők:

- Közreműködés és műszaki-szakmai segítségnyújtás a Vállalkozók kiválasztására irányuló közbeszerzési eljárásokban;
- A Vállalkozási szerződések előrehaladásának műszaki dokumentálása;
- A Vállalkozók által benyújtott változtatások és követelések vizsgálata;
- A változtatások és követelések elbírálásához szükséges dokumentáció összeállítása;
- A Vállalkozók tájékoztatási feladatainak felügyelete;
- Kiviteli tervek felülvizsgálata, megfelelőség esetén jóváhagyása;
- A Projekt keretében megvalósuló aktiválásra kerülő vagyontárgy aktiválásához szükséges dokumentum előkészítése és átadása a Megbízó részére;



A megújult Fővám tér

tősége érdekében megépült a Péterhegyi út, Neszmélyi út – Új Május út közötti szakasza az alatta lévő közműkiváltásokkal együtt.

P+R parkoló az Örmezői kijáratnál

Az Örmezői oldalon épült modern, kamerával megfigyelt, akadálymentesített, 485 férőhelyes P+R parkolót 2015. november 17-én vehették használatba a fővárosiak illetve a környező településekről érkezők.

M1-M7 autópálya csomópont

A Kelenföldi pályaudvar metróállomás közvetlen külső kapcsolatait biztosító, külön szintű csomópont valósul meg a Budaörsi úton a Beregszász utca térségében. A csomópont egyrészt biztosítja a metró közúti- és közösségi közlekedéssel történő megközelíthetőségét, másrészt további fejlődési lehetőséget teremt az „intermodális» csomópont későbbi fejlesztéséhez. A jelzőlámpás forgalomirányítással kiépülő csomópont akadálymentes átvezetést biztosít a gyalogos és kerékpáros forgalom számára. A kivitelezési munkák befejezésének várható időpontja 2016. április 15-e.

P+R parkolók a Kelenföldi oldalon

Modern, kamerával megfigyelt, akadálymentesített, P+R parkoló épült a kelenföldi oldalon a Somogyi utcánál, 221 férőhellyel, melynek forgalomba helyezése 2015. szeptember 7-én megtörtént, valamint 247 férőhellyel a Gyergyótölgyes utcánál, melynek forgalomba helyezése 2015. december 1-én volt.

P+R parkoló MÁV Kelenföld vasútállomás szélső vágányok helyén

Vágányok elbontását követően, azok helyén további 500 férőhelyes korszerű P+R parkoló épül, melynek várható forgalomba helyezése 2017. január 3-a.

Intermodális csomópont

A 4-es metró beruházáshoz kapcsolódva megépíteni tervezett intermodális csomópont VOLÁN és BKV buszterminálnak, valamint kétszintes P+R parkolóháznak biztosít elhelyezést. A megvalósítás első lépését jelentő Tervpályázat 2013. áprilisában lezárult, az engedélyezési, bírálati és kiviteli tervek elkészültek. A kivitelezési munkák végzése IKOP forrásból finanszírozva a 2014-2020. közötti időszakban várható.

A 4-es metró projekt összköltsége 452,5 milliárd forint, ami három forrásból tevődik össze. Kohéziós alapból 180,8 milliárd forint, Magyar Állam költségvetési forrásból 193,7 milliárd forint és Budapest Főváros Önkormányzatának költségvetési forrásából 78,0 milliárd forint. A fővárosi forrás 15 milliárd forint EIB hitelt is tartalmaz.

A beruházás kedvezményezettje Budapest Főváros Önkormányzata, a közreműködő szervezet pedig a KIKSZ Közlekedésfejlesztési Zrt. A beruházói (megrendelői) feladatokat BKV Zrt. DBR Metró Projekt Igazgatóság, a mérnök feladatokat Budapest Közút Zrt. látja el.

- Rendszeres kockázat-felmérés és értékelés, negyedévente, rendkívüli esetben haladéktalanul, írásbeli jelentés készítése a tapasztalt vagy vélelmezhető problémákról, javaslat készítése azok megoldására;
- A Megbízó részére szakmai támogatás nyújtása a Vállalkozási Szerződések alapján indult bármely jogvitában, ideértve a Vállalkozási Szerződésben meghatározott «Döntőbizottság» előtti eljárást;
- A Projekt megvalósítása során a Megbízott által létrehozott vagy rendelkezésre bocsátott dokumentumok és egyéb adatok nyilvántartása és rendszerezése;
- Műszaki ellenőri feladatok ellátása, az elfogadott műszaki üzemterveknek megfelelő előrehaladás ellenőrzése;
- Projekt megvalósítására kötött Vállalkozási Szerződések struktúrájából adódó interfész feladatok ellátása, illetve a különböző vállalkozók együttműködésének koordinálása;
- A Projekt során megvalósult létesítmények műszaki átadás-átvételi eljárásának lebonyolítása, valamint az elkészült (átvett és még át nem vett részek) létesítmények állaga megőrzésének megkövetelése és közreműködés a vonatkozó szerződéses garanciák, szavatosságok érvényesítésében;
- A Független Ellenőrző Mérnökkel való együttműködés;
- Minőségbiztosítási rendszer szükségszerű aktualizálása és működtetése;
- Projekt előrehaladási jelentések (15 napos, havi- és negyedéves), valamint zárójelentés készítésében közreműködés;
- Közreműködés a kifizetési kérelmek összeállításában;
- A Megbízó értesítése minden olyan körülményről, amely Megbízói követelést alapozhat meg, továbbá adatszolgáltatás a Megbízói követelések kidolgozásához.

A mérnök feladatok magas színvonalú, szakszerű ellátására a Budapest Közút Zrt. gyakorlatilag nulláról indulva, egy önálló igazgatóságot hozott létre saját szervezetén belül.

Az igazgatóság szervezeti struktúrája és az egyes egységek létszáma a projekt mérnök feladatainak hatékony ellátása és a befejezési határidő szabta feszes tempójú munkavégzés szükségességének figyelembevételével került kialakításra. A 2013 májusára az elképzelések szerint 56 fős létszámmal kialakított szervezet szakmai összetétele, felkészültsége alapján



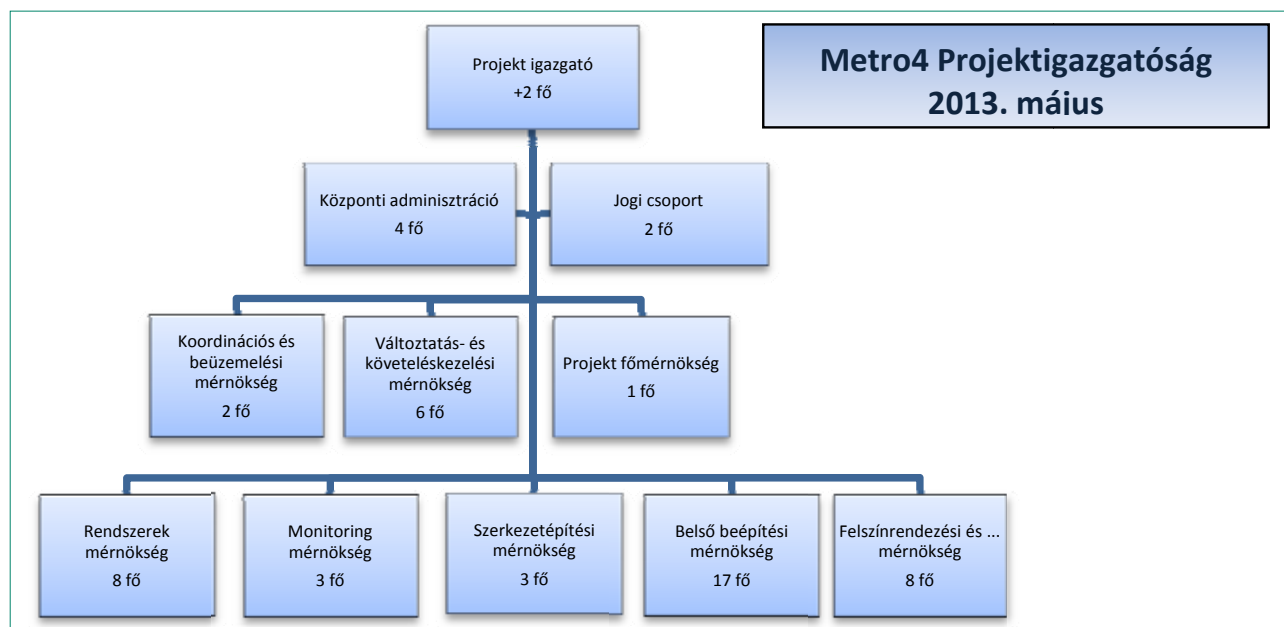
A Somogyi utcai 221 férőhelyes P+R parkoló

alkalmas volt a mérnök feladatok teljes körű, magas színvonalú ellátására. A megfelelő jogosultsággal rendelkező szakemberek megfeszített munkájának köszönhetően, a mérnök irányításával késedelem nélkül készültek el a szerkezetépítés, a vágányépítés, a belső beépítés, az automata vonatvezérlési rendszerek, az áramellátási és hírközlési rendszerek, valamint a kapcsolódó felszíni létesítmények kivitelezési munkái.

Az elvárt határidőre a 4-es metró kivitelezési munkák befejeződtek és 2014. március 28-án az ünnepélyes átadást követően megkezdődhetett az utasforgalmi próbaüzem, az utazóközönség használatba vehette a régóta várt akadálymentesített, vezető nélküli automata vezérlésű metróvonalat.

Az elkészült létesítmény fogadtatása rendkívül pozitív volt. Az Origo 2014. március 28-i híryaga "Az emberek megörültek a 4-es metróért" címmel jelent meg az internetes portálon.

A mérnök szervezet hathatós közreműködésével elvégzett munka szakmai igényességét, magas műszaki színvonalát igazolják azok a díjak, elismerések, amiket a 4-es metró az átadást követően kapott. A Szent Gellért téri és a Fővám téri metróállomások 2014. évben az **Architizer.com amerikai építészeti portál versenyén a szakmai zsűri díját és a közönségsdíjat, 2015. évben ArchDaily nemzetközi építészeti portál közösségi építészet kategóriában az első helyet nyerték el. A metróvonal tíz állomása belső beépítési munkáinak a XXI. század építészeti, építőipari és technikai színvonalán történt megvalósításáért a közreműködők, köztük a Budapest Közút Zrt. is Építőipari Nívódíjat kaptak 2015. évben.**



A mérnök feladatok ellátására 2013. évben létrehozott Metro4 Projektigazgatóság szervezeti felépítése

A tervezési forgalom meghatározásának vizsgálata sztochasztikus módszerekkel

Soós Zoltán



Budapesti Műszaki Egyetem

Abstract

A cikk célja az útpályaszerkezetek méretezéséhez szükséges tervezési forgalom két leggyakrabban előforduló – az összevont és a részletes járműosztályokon alapuló – meghatározási módjának vizsgálata Monte-Carlo módszer segítségével.

A modern statisztika alapvető eszközeiként a véletlenszám-generáláson alapuló módszerek lehetővé teszik az egyébként analitikusan nehezen követhető sztochasztikus folyamatok számítását, az eredmények tetszőleges közelítéssel való meghatározása mellett. A technikák alkalmasak egyes tényezőknek a végeredmény bizonytalanságára gyakorolt hatásának a becslésére ezáltal – ún. érzékenységvizsgálat elvégzésével – azonosíthatóak azok az input paraméterek, amelyek leginkább befolyásolják a végeredményt, melyekre emiatt a jelenlegi módszerek pontosítása esetén a legtöbb figyelmet érdemes fordítani.

A cikk autópályákon és főutakon mért adatok alapján a tervezési forgalom összevont és részletes járműosztályok szerint szimulált értékeit, továbbá érzékenységvizsgálatait mutatja be, majd az eredmények értelmezése és a számítások tapasztalatai alapján javaslatokat fogalmaz meg az útpályaszerkezet méretezésének legfontosabb adata, a tervezési forgalom meghatározásának pontosítására.

1. Bevezetés

Az e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202:2005) „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” előírás az útpályaszerkezetek méretezéséhez szükséges tervezési forgalom („TF”) meghatározására négy módszer alkalmazását teszi lehetővé: az összevont járműosztályokon, a részletes járműosztályokon, illetve az ismert tengelysúlyokon és az ismeretlen tengelysúlyokon alapuló módszert.

Ezek közül a gyakorlatban túlnyomórészt az összevont, esetleg a részletes járműosztályokon alapuló módszer fordul elő. E két módszer alkalmazása esetén a „TF” a nehézforgalom (összsúly > 7,5 tonna) különböző járműosztályokra való bontásával, az egyes osztályokhoz megadott járműát-számítási szorzók alkalmazásával számítható (1. táblázat).

Az ismert tengelysúlyokon alapuló módszer akkor alkalmazható, ha a különböző súlyú tengelyek tényleges előfordulási gyakoriságai ismertek. Ekkor a „TF” számítása az egyes tengelyek tengelysúly-osztályközökbé sorolásával, az egyes osztályközökre az ismert „5. hatvány” szerint számított rongáló hatás segítségével történik. Az ismeretlen tengelysúlyokon alapuló módszer akkor alkalmazható, ha az egyes tengelyek súlya nem, de a nehéz-tengelyek áthaladási darabszáma ismert. Ekkor a számítás alapja az adott jármű-osztályok megengedett (maximális) jármű- illetve tengely-súlyán, illetve egy becsült kihasználtsági tényezőn alapul. Az utóbbi két módszer alkalmazása – a szükséges adatok hiányában – csak speciális esetekben fordul elő, például magánlétesítmények esetében.

Egy nagyobb kutatás alapját a pályaszerkezet méretezési forgalom meghatározásának módja képezi. A finomítandó paraméterek kijelöléséhez azonban célszerű megvizsgálni, egyáltalán melyek azok, amik jobban, illetve azok, amik kevésbé befolyásolják a végeredményt.

2. A számítások alapjai

A cikk a TF meghatározásának módszerét autópályák és főutak nehézforgalmi adatait alapul véve külön-külön mutatja be. Az esetleges torzítások kimutatása érdekében a leggyakrabban használt összevont járműosztályokon alapuló számítás mellett vizsgálatra kerül a részletes járműosztályokon alapuló számítás is. A két módszer lényegét az (1)-(3) egyenletek írják le.

A TF meghatározásának módját, összevont járműosztályok alapján, az (1) egyenlet mutatja:

$$TF = 1,25 \cdot 365 \cdot t \cdot \dot{A}NET \quad (1)$$

$$\dot{A}NET = z \cdot r \cdot s \cdot f_N \cdot (\dot{A}NF_a \cdot e_a + \dot{A}NF_n \cdot e_n + \dot{A}NF_p \cdot e_p + \dot{A}NF_{ny} \cdot e_{ny}) \quad (2)$$

ahol:

TF a tervezési forgalom, [et. áthaladás, db.]
1,25 a biztonsági tényező,
t a tervezési élettartam [év],

ÁNET	az egységtengelyek átlagos napi áthaladási száma egy sávban ill. irányban [egységtengely/nap]
z	az egyes 115 kN, a kettős 180 kN és az útkímélő 190 kN tengely többlet fárasztó hatását figyelembe vevő szorzó,
r	a keresztmetszeti forgalom irányonkénti számítására használt irányosorozó,
s	a sávorszó az egy irányban vezető forgalmi sávok száma szerint,
f_N	összevont járműosztály forgalomfejlődési szorzója, az út forgalomba helyezési évétől számított t/2. évre,
$\overline{ANF}_{a,n,ny}$	az adott összevont járműosztály átlagos napi forgalma (1. táblázat) [jármű/nap],
$e_{a,n,p,ny}$	az adott összevont járműosztály járműátszámítási szorzója (1. táblázat)
a	egy és csuklós autóbuszok összevont járműosztálya,
n	egy és nehéz tehergépkocsik összevont járműosztálya,
p	pótkocsis tehergépkocsik összevont járműosztálya,
ny	nyerges szerelvények összevont járműosztálya.

A TF meghatározásának módját, részletes járműosztályok alapján, a (3) egyenlet mutatja:

$$TF = z \cdot 1,25 \cdot 365 \cdot t \cdot r \cdot s \cdot f_N \cdot \sum_{i=1}^k \overline{ANF}_i \cdot e_i$$

ahol, az előzők mellett:

$\overline{ANF}_i$ az i-edik részletes járműosztály átlagos napi forgalma (1. táblázat) [jármű/nap] (3)

Az előírás az összevont és részletes járműkategóriákra egyaránt tartalmaz járműátszámítási szorzókat, melyek megadják, hogy egy-egy jellemző tengelyelrendezésű jármű hány egységtengellyel azonos fáradási igénybevételt

Járműosztályok és jármű átszámítási szorzók				Jellemző jármű	
Összevont			Részletes		
B	Egyes és csuklós autóbuszok	1,3	B1	1,3	
			B2	1,3	
C	Egyes nehéz tehergépkocsik	0,6	C1	0,5	 >7.5 tonna
			C2	1,0	
D	Pótkocsis tehergépkocsik	1,6	D1	1,3	
			D2	2,5	
E	Nyerges szerelvények	1,7	E1	0,8	
			E2	1,8	
			E3	2,6	
			E4	1,4	

1. táblázat – Járműosztályok és járműátszámítási szorzók

okoz a pályaszerkezetben. Az összevont és részletes járműosztályokat, az egyes osztályokhoz tartozó jármű-típusokat és járműátszámítási szorzókat az 1. táblázat mutatja.

2.1. A Monte Carlo szimuláció

A továbbiakban bemutatott számítások alapját véletlen-szám-generáláson alapuló, ún. Monte-Carlo módszerek képezik. A sok szabadságfokú, nagy bizonytalanságú rendszerek esetén, melyeknek input paraméterei valós vagy feltételezett eloszlást követnek, vagyis adott bizonytalansággal ismertek, a végeredmény eloszlásának számítása analitikusan legtöbbször követhetetlen (Kehl, 2012). Az ilyen problémák megoldása numerikus szimulációt igényel, melyre a Monte-Carlo technikák a legalkalmasabbak. A véletlen-szám-generáláson alapuló technikák alkalmazása a modern valószínűség számítás szerves része, melynek alkalmazása a hazai útügyi szakirodalomban korábban például aszfaltkeverékek merevségingadozásának előrejelzése kapcsán is felmerült (Tóth, 2010). A számítás lényegét az 1. ábra mutatja, a főbb lépések az alábbiakban foglalhatóak össze:

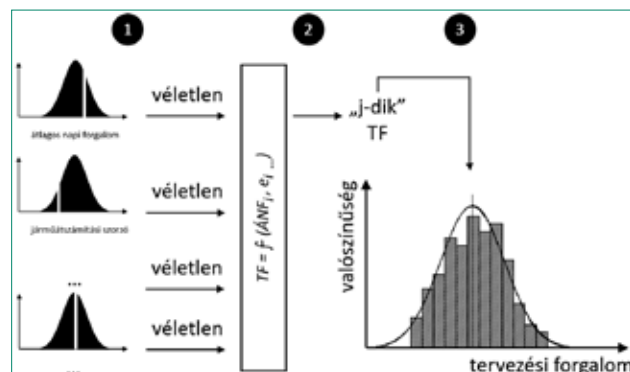
1. az egyes input paraméterek mintavételezése valószínűségi eloszlásuk alapján,
2. a minták alapján lehetséges kimenetek meghatározása,
3. a lehetséges kimenetek valószínűségének számítása.

Az elemzés során a „TF” értékei az egyes input paraméterek véletlenszerűen kiválasztott értékei alapján adódnak, míg az értékekhez tartozó valószínűség az inputokban és az összefüggésben rejlő bizonytalanságból. A szimuláció eredménye a tervezési forgalom sűrűségfüggvénye, mely alapján – többek között – meghatározható a „TF” értéke a kívánt megbízhatósági szinten. A szimulációhoz az összefüggéseken kívül szükség van az input paraméterek eloszlásának becslésére is, melyek jelen esetben:

- az összevont, illetve részletes járműosztályok átlagos napi forgalma,
- az összevont, illetve részletes járműosztályokhoz tartozó járműátszámítási szorzók,
- a forgalomfejlődési szorzó.

A paramétereket részletesen a 4. fejezet tárgyalja.

A Monte-Carlo módszer lényegéből fakadóan a számítások során a vizsgálatba vont paramétereket azok vélt vagy valós, folytonos sűrűségfüggvényével célszerű megadni. A megadott gyakoriságoknak megfelelően vételezett mintákból számított egyes eredmények bekövetkezésének valószínűsége a bemenő adatok változékonysága alapján számíthatóvá válik. Elegendően sok számítás elvégzésével az eredmény sűrűségfüggvénye előállítható. A véletlenszám-generálás alapján érzékenységvizsgálattal az is becsülhető,



1. ábra – A Monte Carlo szimuláció lényege

hogy az egyes inputok mennyire befolyásolják a végeredmény alakulását.

2.2. Az érzékenységvizsgálat

Az érzékenységvizsgálat célja megállapítani, hogy az adott végeredményt, pontosabban a végeredményben rejlő változékonyságot az egyes tényezők megváltozása (esetleg hibája, vagy input értékeik hibás becslése), milyen mértékben befolyásolják. Az érzékenységvizsgálat az ún. rangkorrelációs együtthatók számításán alapul, melyek azt mérik, hogy két sorozat – az adott input paraméter és a végeredmény – mennyire változik együtt. A Spearman-féle rangkorreláció a (4) egyenlet alapján becsülhető:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (4)$$

ahol:

ρ a Spearman-féle rangkorrelációs együttható

d_i a rangok közötti különbség; $d_i = x_i - y_i$,

ahol: x_i az adott input paraméter sorszáma nagyság szerinti sorrendben

y_i az adott végeredmény sorszáma nagyság szerinti sorrendben

n a minta elemszáma (szimulációk száma)

A Spearman-féle rangkorrelációs együttható nagysága tehát azt jellemzi, hogy mennyire befolyásolja egy adott bemenő paraméter a végeredményt, előjele pedig arra utal, hogy az adott tényező növekedése a végeredmény növekedését (pozitív) vagy csökkenését (negatív együttható) okozza-e.

3. A napi egységtengely áthaladási szám vizsgálata

Az átlagos napi egységtengely-áthaladási szám a tervezési forgalom meghatározásának magja, mely a (2) összefüggéssel számítható. Látható, hogy a képlet lényegében a TF összes forgalom-specifikus változó paraméterét tartalmazza, ugyanis a biztonsági szorzó, a figyelembe vett napok száma és a tervezési élettartam értéke főként döntés kérdése, mely például kockázatviselési hajlandóságtól vagy gazdaságossági szempontoktól függ, semmiképp sem valószínűségi változó. A forgalomfejlődési szorzót a következő fejezet tárgyalja a „TF” vizsgálata keretében. A bemutatott számítások az eredmények összevethetősége érdekében egy olyan forgalmi sávra korlátozódnak, melynek napi nehézgépjármű forgalma 1000 jármű/nap. Ennek megfelelően a képlet konstans elemei az alábbiak:

- $z = 1,5$,
- $r = 1,0$,
- $s = 1,0$.

A szimulált napi egységtengely-áthaladási szám összevont járműosztályok esetén így az (5) összefüggés szerinti, melynek jelölései a korábban bemutatottakkal megegyez-

	M1-M3-M5-M7 autópályák			1.-3.-5.-7. sz. főutak		
	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.
$\overline{ANF}_a$	2,07%	5,13%	13,77%	16,97%	36,92%	66,14%
$\overline{ANF}_n$	9,99%	18,23%	29,02%	11,75%	24,02%	33,33%
$\overline{ANF}_p$	4,05%	7,88%	11,24%	4,75%	9,47%	16,39%
$\overline{ANF}_{ny}$	51,14%	68,76%	81,47%	8,54%	29,59%	63,11%

2. táblázat – Az összevont járműkategóriák aránya a nehézforgalomban

	M1-M3-M5-M7 átlag			1.-3.-5.-7. sz. főút átlag		
	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.
B1	2,03%	4,79%	10,91%	13,60%	33,39%	64,87%
B2	0,00%	0,34%	2,85%	0,00%	3,52%	19,52%
C1	9,31%	17,01%	27,06%	10,96%	22,41%	31,09%
C2	0,67%	1,23%	1,95%	0,79%	1,62%	2,24%
D1	3,08%	5,98%	8,53%	3,60%	7,19%	12,44%
D2	0,98%	1,90%	2,70%	1,14%	2,28%	3,94%
E1	9,03%	12,14%	14,38%	1,51%	5,22%	11,14%
E2	40,63%	54,63%	64,73%	6,79%	23,51%	50,14%
E3	1,27%	1,71%	2,03%	0,21%	0,74%	1,57%
E4	0,21%	0,28%	0,33%	0,03%	0,12%	0,26%

3. táblázat – Részletes járműosztályok arányai

nek. A forgalomfejlődési szorzó figyelembe vétele a „TF” meghatározásánál történik.

$$\overline{ANET} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot (\overline{ANF}_a \cdot e_a + \overline{ANF}_n \cdot e_n + \overline{ANF}_p \cdot e_p + \overline{ANF}_{ny} \cdot e_{ny}) \quad (5)$$

A szimulált napi egységtengely-áthaladási szám részletes járműosztályok esetén, hasonló elvek alapján, felhasználva a (3) összefüggést, a (6) egyenlet szerint alakul:

$$\overline{ANET} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \sum_{i=1}^k \overline{ANF}_i \cdot e_i \quad (6)$$

3.1. Bemenő adatok

Az összefüggések érzékenysége a valószínű vizsgálathoz a szimulációk során a forgalomnagyság és a járműátszámítási szorzók értékeit azok valóságban előforduló eloszlásaikkal kell felvenni. A nehézforgalom összevont járműosztályok szerinti megoszlása levezethető az országos közutak keresztmetszeti forgalomszámlálási adatainak éves kiadványaiból. Ehhez 4 közlekedési folyosó (M1 – 1. sz. főút, M3 – 3. sz. főút, M5 – 5. sz. főút, M7 – 7. sz. főút) adatai kerültek feldolgozásra. A részletes járműosztályok és a járműátszámítási szorzók eloszlásai hazai dinamikus tengelysúlymérési (WIM) eredmények korábbi feldolgozása alapján kerültek meghatározásra (Gulyás, 2009). A számítások így diszkrét értékek helyett a bemenő adatok sűrűségfüggvényei alapján végezhetőek el.

3.1.1.A nehézforgalom megoszlása összevont járműosztályok szerint

Az országos keresztmetszeti forgalomszámlálás éves kiadványai a nehézforgalmat összevont járműkategóriák szerinti bontásban tartalmazzák, mely közvetlenül használható a mindennapi útpályaszerkezet-méretezés során is. Az említett útszakaszok megyei átlagértékeinek feldolgozása alapján az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

A 2. táblázat számítás autópálya és főút esetére való külön választásának okát is szemlélteti. Látható, ezt főként a nyerges

	M1-M3-M5-M7 autópályák			1.-3.-5.-7. sz. főutak		
	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.
ÁNFa	2,07%	5,13%	13,77%	16,97%	36,92%	66,14%
ÁNFn	9,99%	18,23%	29,02%	11,75%	24,02%	33,33%
ÁNFp	4,05%	7,88%	11,24%	4,75%	9,47%	16,39%
ÁNFny	51,14%	68,76%	81,47%	8,54%	29,59%	63,11%

2. táblázat – Az összevont járműkategóriák aránya a nehézforgalomban

	M1-M3-M5-M7 átlag			1.-3.-5.-7. sz. főút átlag		
	Min.	Átlag	Max.	Min.	Átlag	Max.
B1	2,03%	4,79%	10,91%	13,60%	33,39%	64,87%
B2	0,00%	0,34%	2,85%	0,00%	3,52%	19,52%
C1	9,31%	17,01%	27,06%	10,96%	22,41%	31,09%
C2	0,67%	1,23%	1,95%	0,79%	1,62%	2,24%
D1	3,08%	5,98%	8,53%	3,60%	7,19%	12,44%
D2	0,98%	1,90%	2,70%	1,14%	2,28%	3,94%
E1	9,03%	12,14%	14,38%	1,51%	5,22%	11,14%
E2	40,63%	54,63%	64,73%	6,79%	23,51%	50,14%
E3	1,27%	1,71%	2,03%	0,21%	0,74%	1,57%
E4	0,21%	0,28%	0,33%	0,03%	0,12%	0,26%

3. táblázat – Részletes járműosztályok arányai

szerelvények és autóbuszok részarányának alakulása indokolja: az autóbuszforgalom aránya a főutakon átlagosan hétszeres az autópályákhoz képest, míg a nyerges szerelvények aránya átlagosan kevesebb, mint fele, autópályákon. A többi járműosztály esetén ez a különbség láthatóan nem számottevő.

3.1.2. A nehézforgalom megoszlása részletes járműosztályok szerint

A nehézforgalom részletes járműosztályok szerinti megoszlását a nyilvános forgalomszámlálási adatok nem tartalmazzák, felvételük azonban például egy korábbi hazai vizsgálat figyelembe vételével lehetséges, melyben 10 dinamikus tengelysúly (WIM) mérőhely 2007. évi adatait dolgozták fel (Gulyás, 2009). Felhasználva a cikkben közölt részletes járműosztályok arányait, a 2. táblázatban szereplő összevont járműosztályok részletes osztályokra tovább bonthatóak. Az eredményeket a 3. táblázat mutatja.

A főutak és autópályák közötti különbség az autóbusz összevont járműosztályon belül a szóló buszok számából, a nyerges szerelvények osztályán belül az E2 (1+1+3 tengely-elrendezésű) szerelvények számából adódik.

3.1.3. Összevont és részletes járműosztályok járműátszámítási szorzói

A járműátszámítási szorzók az ütügyi műszaki előírásban megadott konstans értékek helyett Gulyás előzőekben említett publikációján alapulnak (Gulyás, 2009). A cikkben közölt adatok autópályákon és főutakon elhelyezett mérőhelyek 2006-2007 közötti mérésein alapulnak, így, ahol nincs jobb adat, alkalmazhatóak a jelen cikkben vizsgált autópályák és főutak esetére is. Ennél frissebb adatról nincs

Jármű-osztály	Járműátszámítási szorzó, e_i	Relatív szórás
B	1,333	27%
C	0,461	77%
D	1,550	33%
E	1,526	10%

4. táblázat – Járműátszámítási szorzók, összevont járműosztályok esetén [Gulyás, 2009]

3. 2. Számítások

A megadott adatok alapján, megfelelően nagy számú szimuláció után az átlagos napi egységtengely-áthaladási szám, 1000 nehézgépjármű/napot feltételezve, a 2. ábra szerint adódik. Látható, a részletes és összevont járműosztályok alapján számított egységtengely-szám között minimális a különbség autópályák és főutak esetében egyaránt. Ez, mivel a számításokat és a forgalomszámlálást egyszerűbbé teszi, elfogadható (6. táblázat).

Az eloszlások jól demonstrálják a Monte-Carlo szimulációban rejlő többlet információkat. Bár a véletlennek egybeesés, az ábrán az látható, hogy a négy vizsgált eset – a méretezés, és általánosságban a mérnöki területen elfogadott – 95%-os megbízhatósági szinten számított várható értéke szinte azonos, de az eloszlások alakja már lényegesen eltér. Az autópályák esetében a nagy arányban jelen lévő E2 osztály, melynek járműátszámítási szorzójának relatív szórása alacsony, nagymértékben hozzájárul a jobboldali két görbe kis szórásához és a várható érték nagy valószínűségéhez. Ez a „TF” értékeinek szimulációja során már lényeges eltéréseket fog okozni.

Az egyes tényezők érzékenységvizsgálat során számított rangkorrelációs együtthatóit tulajdonképpen két paraméter határozza meg: az adott paraméter változékonysága és érté-

Jármű-osztály	Járműátszámítási szorzó, e_i	Relatív szórás
B1	1,348	27%
B2	1,128	84%
C1	0,366	82%
C2	1,026	21%
D1	1,146	37%
D2	2,853	23%
E1	0,444	39%
E2	1,752	11%
E3	1,818	35%
E4	1,658	32%

5. táblázat – Járműátszámítási szorzók, részletes járműosztályok esetén [Gulyás, 2009]

tudomásom. A cikkben Gulyás a járműátszámítási szorzókat relatív szórásukkal együtt közölte, mely alapján azok szimulációban normális eloszlással definiálhatóak, összevont járműosztályok esetén a 4. táblázat szerint.

Gulyás részletes járműosztályokra is megadta a járműátszámítási szorzók értékeit és relatív szórását (5. táblázat), melyek az összevont járműosztályokhoz hasonlóan módon normál eloszlásként megadhatóak a szimuláció során.

Érdeemes megfigyelni a kritikusnak tekinthető E2 típusú nyerges szerelvény járműátszámítási szorzójának rendkívül alacsony szórását, mely a járművek megrakottságának viszonylag szűk tartományával a járművek kihasználtságának növekedését.

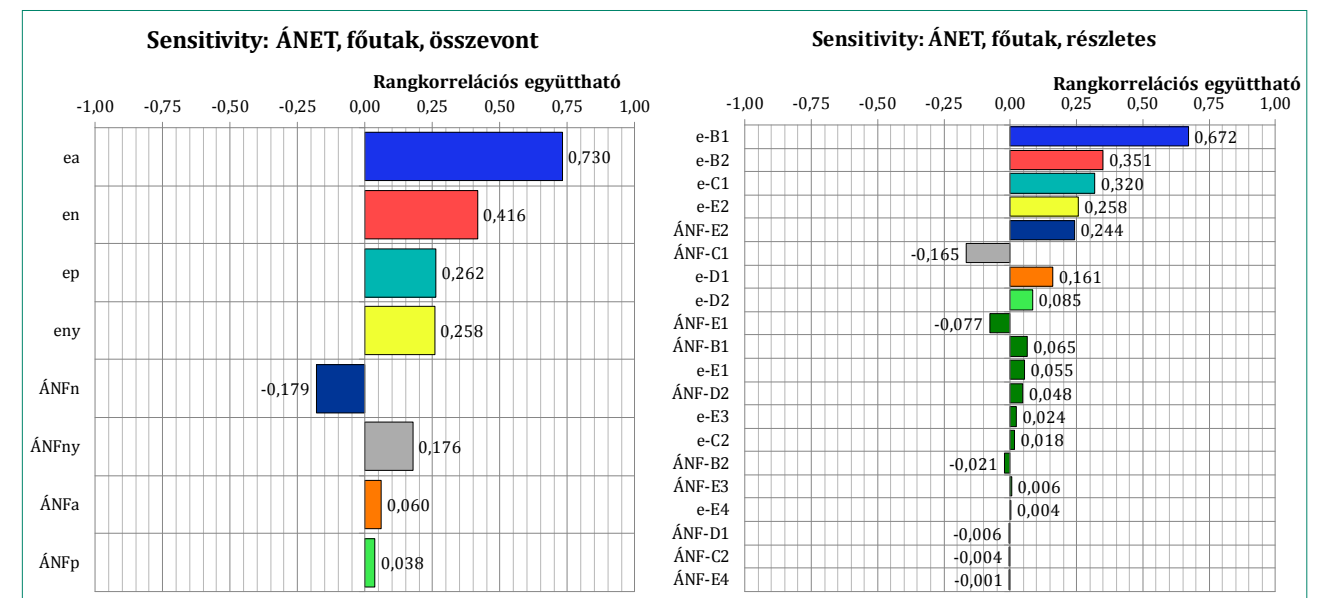
ke a többi paraméterhez képest, figyelembe véve a paraméterrel végzett műveletet. Az eredményeket a négy szimulációra az alábbi 3. ábra és 4. ábra mutatja. Látható, a vizsgált főutak esetében a legfontosabb tényezők az autóbuszok és az egyes nehéz tehergépkocsik járműátszámítási szorzói. A jobb oldali ábra azt mutatja, hogy az egyes összevont járműosztályokon belül mely részletes járműosztályok befolyásolják leginkább az eredményt. Látható, a feltételezett 1000 nehézgépjárműből számítható egységtengely-számot a C1 és E1 nehézgépjármű osztályok csökkentik – 0,5 ill. 0,8 járműátszámítási szorzójuk miatt – ennek megfelelően a rangkorrelációs együttható negatív előjelű.

A 4. ábra az „ÁNET” érzékenységvizsgálatát mutatja autópályák esetére. Az eredmények értelmezése a főutakéval analóg módon lehetséges.

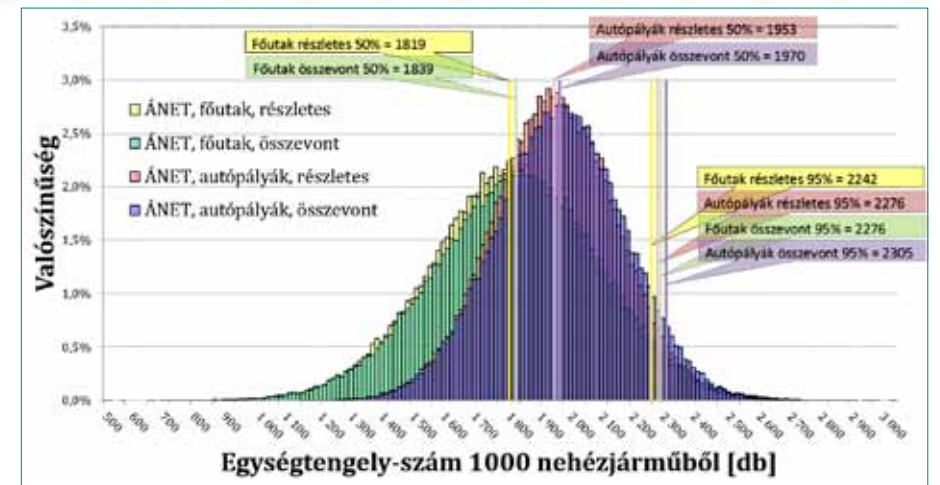
A főutakra és autópályákra vonatkozó számítások közötti eltérés a nehézforgalom százalékos összetételét bemutató 2. táblázat és 3. táblázat alapján a vártak megfelelő: míg a főutak esetében a buszforgalom, azon belül a szóló buszok, autópályák esetében a nyerges szerelvények, azon belül az E2 típusúak teszik ki a nehézforgalom jelentős részét, ennek megfelelően az érzékenységvizsgálat során is e tényezők szerepelnek az első helyeken.

4. A tervezési forgalom számítása

A tervezési forgalom számítása összevont és részletes járműkategóriák esetén egyaránt a (7) egyenlet szerint történik, felhasználva az „ÁNET” előzőekben bemutatott szimulációit. A szimuláció során, mivel az eredmény a „TF”



3. ábra – Érzékenységvizsgálat eredményei: ÁNET, főutak



2. ábra – Egységtengely-szám 1000 nehézjárműből

Vizsgált utak	Összevont (95%)	Részletes (95%)	Eltérés
Autópályák	2305	2276	1,3%
Főutak	2276	2242	1,5%

6. táblázat – Eltérések az összevont és részletes járműosztályokon alapuló számítások között

eloszlása – és nem várható értéke – az 1,25 biztonsági tényezővel való szorzás nem szükséges, a szimuláció az alábbi összefüggés szerinti:

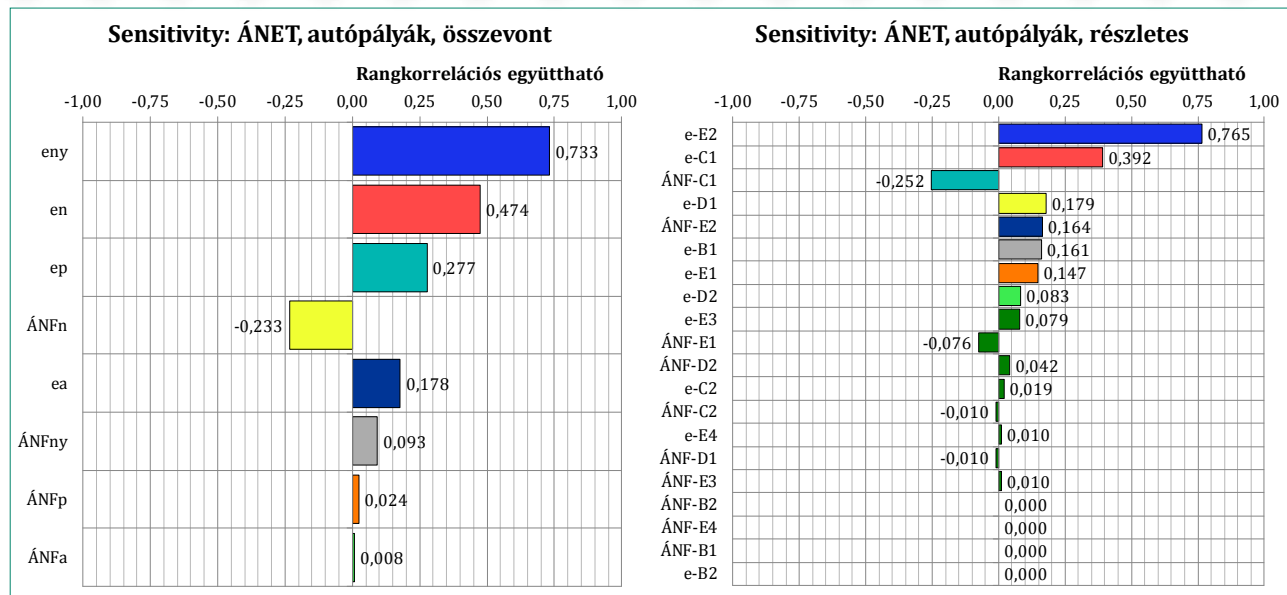
$$TF = 365 \cdot t \cdot f_N \cdot \dot{A}NET_O \quad (7)$$

$$TF = 365 \cdot t \cdot f_N \cdot \dot{A}NET_R$$

ahol a korábbiak mellett

$\dot{A}NET_O$ átlagos napi forgalom összevont járműosztályok alapján az 1. évben

$\dot{A}NET_R$ átlagos napi forgalom részletes járműosztályok alapján az 1. évben



4. ábra – Érzékenységvizsgálat eredményei: ÁNET, autópályák

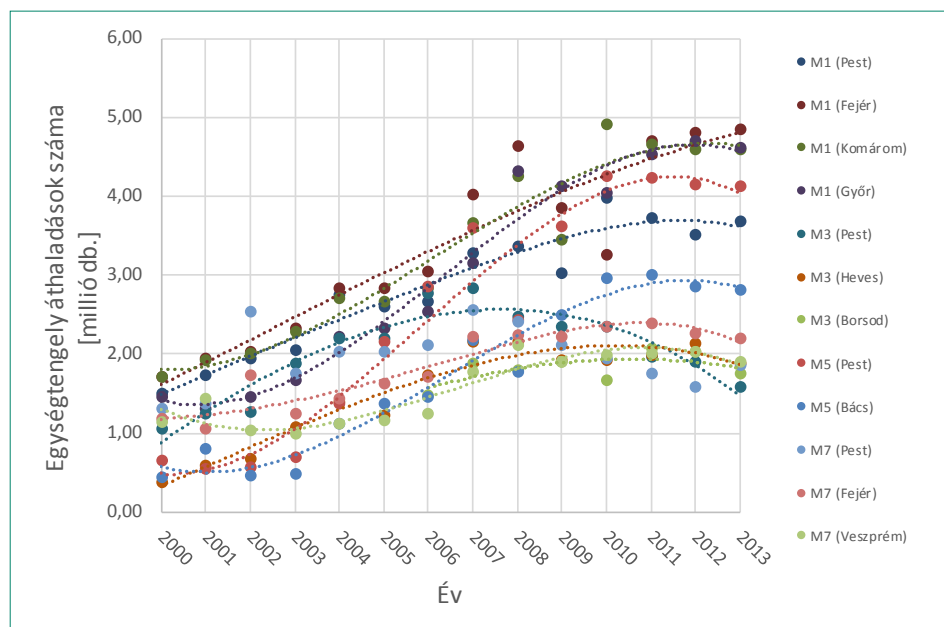
Az átlagos napi egységtengely-áthaladási számok az előzőekben bemutatott eloszlásaikkal vehetőek fel összsvont és részletes járműosztályokon alapuló esetben külön-külön. A biztonsági szorzó és az évenkénti napok száma adott, a tervezési élettartam – kivételesen, az eredmények jobb összevethetősége érdekében – autópályákra és főutakra egyaránt „t”=20 év.

4.1. Forgalomfejlődési szorzó

A forgalomfejlődési szorzó értékét az előzőekhez hasonlóan, célszerű az valóságban előforduló eloszlással, a tervezési élettartamhoz igazítva egységesen „t/2”=10 évre becsülni az előírásban megadott diszkrét érték helyett. Emiatt a továbbiakban figyelembe kell venni, hogy az eredmények nem a jelenlegi szorzókat minősítik, hanem azok fontosságát fejezik ki feltételezve, hogy az alkalmazott forgalomfejlődési szorzók a nehézforgalom növekedését valósághűen reprezentálják.

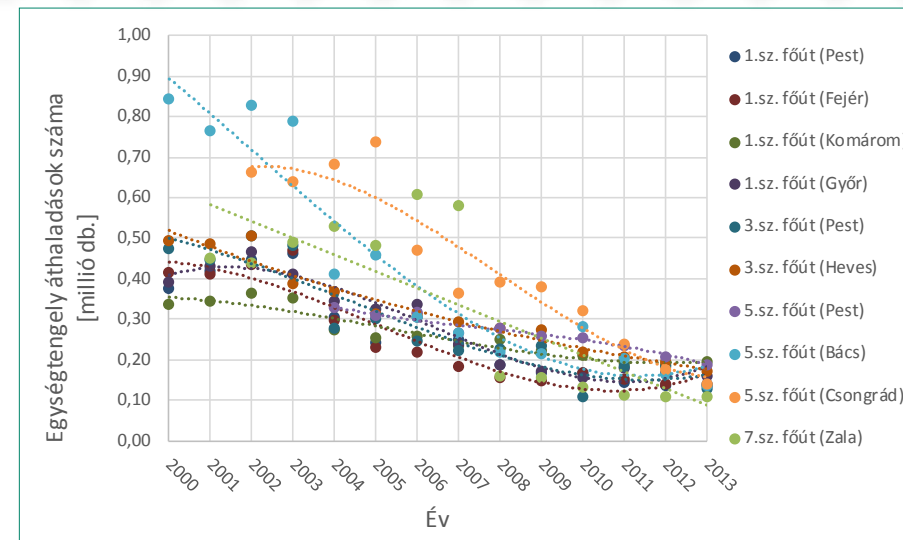
A szorzók értékének becslése a korábban bemutatott autópályá- és főút szakaszok adatai alapján történik. A forgalomszámlálási adatokból évente kiszámolt egységtengely-áthaladási számot az idő függvényében, az 5. ábra és 6. ábra mutatja. Az ábrák melletti táblázat az egyes szakaszokra illesztett harmadfokú görbéhez tartozó determinisztikus együttható („R²”) értéke, valamint a görbe alapján „f_N” forgalomfejlődési szorzó értéke látható, 10 évre vonatkoztatva, mely közvetlenül felhasználható a „TF” számításakor.

Látható, a nehézforgalomból számított egységtengelyszám a vizsgált autópályák esetében növekvő trendet mutat az M3 autópálya Pest megyei szakaszát kivéve, ahol a trend alapján 10 év alatt a nehézforgalom mintegy felére csökkenése prognosztizálható. A többi érték az egyes szakaszok nehézforgalom-nagysággal súlyozott átlaga, 1,89 körül ingadoznak, 0,66 szórással. A pirossal jelölt, a sorból túlságosan kilógó, vagy alacsony determinisztikus együtthatóval leírható szakaszokat a számítás további részei nem veszik figyelembe.



5. ábra – A tervezési forgalom alakulása és a forgalomfejlődési szorzó a vizsgált autópályák esetén

Szakasz	R ²	f _N
M1 (Pest)	0,93	1,46
M1 (Fejér)	0,87	1,79
M1 (Komárom)	0,93	1,79
M1 (Győr)	0,97	2,12
M3 (Pest)	0,90	0,47
M3 (Heves)	0,94	1,28
M3 (Borsod)	0,85	2,27
M3 (Hajdú)	0,65	-2,39
M3 (Szabolcs)	0,64	-7,06
M5 (Pest)	0,94	2,48
M5 (Bács)	0,96	2,71
M5 (Csongrád)	0,65	-3,55
M7 (Pest)	0,58	0,72
M7 (Fejér)	0,88	1,28
M7 (Veszprém)	0,87	1,38
M7 (Somogy)	0,96	1,89
M7 (Zala)	0,99	-7,52



6. ábra – A tervezési forgalom alakulása és a forgalomfejlődési szorzó a vizsgált főutak esetén

Hasonlóképpen kiugró a főutak esetében a 7. sz. főút Somogy megyei szakasza, amely a leginkább csökkenő nehézforgalmat mutatja. A többi szakaszra számított érték, a nehézforgalom szakaszonkénti nagyságával súlyozott átlag (0,67) körül ingadozik 0,26 szórással.

Habár jelen cikk csak érintőlegesen foglalkozik a forgalomfejlődési szorzóval, fontos kiemelni az autópályák és főutak nehézforgalmi fejlődésének tapasztalt értékeit. Az útpályaszervezetek méretezéséhez használandó „f_N” összevont forgalomfejlődési szorzó értéke gyorsforgalmi utak esetében 1,3-1,4, főutak esetében 1,1-1,3 körüli értékre adódik a jelenleg hatályos (e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005]: Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel, 2005) előírást alkalmazva. A vizsgált útszakaszokon tapasztalt értékek ettől jelentősen eltérőek, ami néhány autópályán jelentős alulméretezést, a vizsgált főutakon jelentős túlméretezést okozhat. A jövőben mindenképpen javasolt e tényezők felülvizsgálata, különös tekintettel az autópályákon tapasztalható eltérésekre, melyek azt sugallják, hogy a gyorsforgalmi utak esetében is területi bontásban kell újragondolni a szorzókat, vagy a forgalomfejlődési becslésének módszertanát. A bemutatott elemzések alapján a forgalomfejlődési szorzó értékét háromszög-alakú eloszlással, a legkisebb és legnagyobb, valamint várható érték megadásával került definiálásra, a szerint.

4.2. Számítások diszkrét értékekkel

Az összevethetőség és a szimulációkban rejlő lehetőségek láttatása érdekében az eddig

bemutatott input paraméterek várható értékeinek felhasználásával a tervezési forgalom várható értéke az alábbi, 8. táblázat szerint adódik összevont és részletes járműosztályok alapján főutakra és autópályákra külön-külön, az (1) egyenlet felhasználásával, mely az 1,25 biztonsági tényező értékét is tartalmazza.

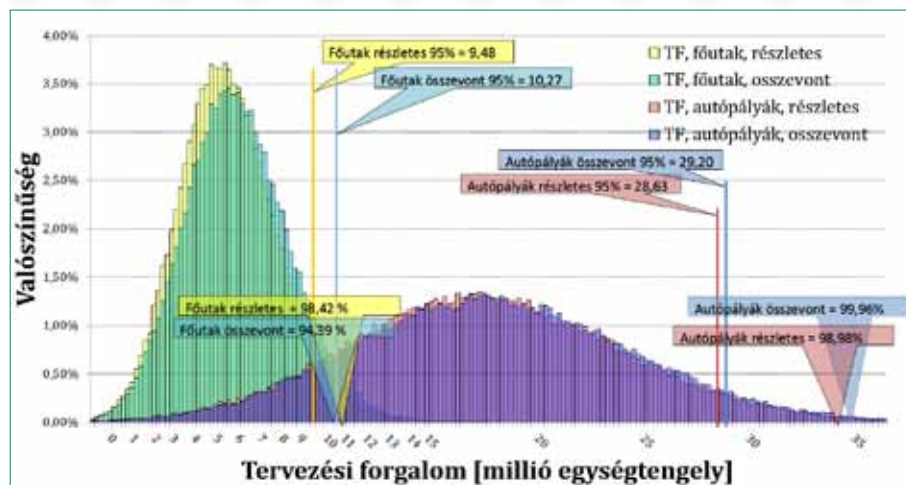
Az eredmények azt mutatják, hogy az összevont és részletes járműosztályokon alapuló számítás között főutaknál mintegy 7%, autópályáknál kevesebb, mint 1% különbség

f _N	M1-M3-M5-M7 átlag			1.-3.-5.-7. sz. főút átlag		
	Min	Átlag	Max	Min	Átlag	Max
f _N	0,47	1,89	2,71	0,26	0,67	0,83

7. táblázat – A forgalomfejlődési szorzó eloszlásának paraméterei

Összevont járműosztályok			Részletes járműosztályok		
Pm.	Főutak	Autópályák	Pm.	Főutak	Autópályák
Bizt.	1,25		ÁNF-B1	333,9	47,9
-	365		e-B1	1,348	
t	20		ÁNF-B2	35,2	3,4
„z”	1,5		e-B2	1,128	
r	1		ÁNF-C1	224,1	170
S	1		e-C1	0,366	
f _N	0,67	1,89	ÁNF-C2	16,2	12,3
			e-C2	1,026	
			ÁNF-D1	71,9	59,8
			e-D1	1,146	
			ÁNF-D2	22,7	19
			e-D2	2,853	
ÁNF _a	369	51	ÁNF-E1	52,2	121,4
e _a	1,333		e-E1	0,444	
ÁNF _n	24	182	ÁNF-E2	235,1	546,3
e _n	0,46		e-E2	1,752	
ÁNF _p	95	79	ÁNF-E3	7,4	17,1
e _p	1,550		e-E3	1,818	
ÁNF _{ny}	296	688	ÁNF-E4	1,2	2,8
e _{ny}	1,526		e-E4	1,658	
TF	10 104 992	34 256 821	TF	10 877 461	33 959 541

8. táblázat – A tervezési forgalom várható értékei átlagértékekkel számolva



7. ábra – Az TF szimulált eloszlásai autópályák és főutak, összevont és részletes járműosztályok esetén

van. Ez arra utal, hogy az egyébként egymással összhangban felállított szorzók és arányszámok, a forgalom valós jellemzőit figyelembe véve már nem áll fenn teljesen, időszerű a felülvizsgálata.

4.3. Számítások az eloszlásfüggvények alapján

Mint az a 2. ábra alapján várható, a tervezési forgalom alakulása tekintetében a főutak és autópályák esetében jelentős a különbség, mely a bemutatott sűrűségfüggvények szerint véletlenszerűen felvett értékeknek köszönhető. Látható, az egyes paraméterek bizonytalanságát és értékeit figyelembe véve, a tervezési forgalom 20 évre, 95%-os megbízhatósági szinten főutak esetében 9,48 és 10,27, autópályák esetében 28,63 és 29,20 millió egységtengelyre adódik, részletes és összevont járműosztályokra. A részletes és összevont járműosztályokon alapuló szimulációk eredményei közötti különbség az előzőeknek megfelelően, főutaknál 7%, autópályáknál 2% körüli.

Fontos megjegyezni, hogy a diszkrét értékek és az eloszlásfüggvények alapján való számítás között (8. táblázat és 7. ábra) az 1,25-ös biztonsági tényező értéke is különbség, mely a szimulációban nem, csak a diszkrét értékek esetén szerepelt. A 7. ábra alsó felirata a diszkrét értékekkel

számított tervezési forgalmat mutatják, illetve a hozzá tartozó megbízhatósági szintet, az eredmények eloszlásából visszszámítva.

Látható, hogy a cikkben bemutatott, méréseken alapuló számítások alapján az 1,25 biztonsági szorzó az összevont járműosztályok esetén főutaknál 95%-os, autópályáknál pedig több, mint 99%-os megbízhatósági szintet eredményez (a tervezési forgalmat önmagában tekintve).

Az érzékenységvizsgálat eredményeit főutakra a 8. ábra, autópályákra a 9. ábra mutatja, értelmezése a 4.2 fejezetben bemutatottak alapján történik. A várakozásnak megfelelően, köszönhetően az értékének és változékonyságának, valamint a teljes ÁNET-t való szorzásának, az „ f_N ” forgalomfejlődési szorzó szerepel az első helyen, minden esetben.

A rangkorrelációs együtthatót tekintve a további tényezők helyezése az ÁNET érzékenységvizsgálatánál tapasztaltakkal jellemzően megegyezik. Az elemzés alapján megállapítható, hogy főutak esetében az autóbusz, autópályák esetében a nyerges szerelvények adatai a lényegesek.

Az érzékenységvizsgálat azt mutatja, hogy a forgalomfejlődési szorzó helyes megállapítása létfontosságú a tervezési forgalom hibájának szempontjából, ezért helyességének vizsgálata mindenképpen indokolt, emellett a vizsgálatok alapján indokolt a szorzó lehető legnagyobb mértékű – régió, útkategória, forgalomjelleg szerinti – differenciálása is.

5. Összefoglalás és javaslatok

A cikkben bemutatott elemzés a tervezési forgalom két leggyakrabban előforduló – az összevont és a részletes járműosztályokon alapuló – meghatározási módját a vonatkozó ütiügyi műszaki előírásban megadott értékek helyett a paraméterek valóságban előforduló – mérési, számlálási ada-

tok feldolgozásából származó – eloszlásainak figyelembe vételével vizsgálja. A bemenő paramétereket valószínűségi változóként kezelve, Monte-Carlo szimulációs technikát alkalmazva, bemutatásra kerültek a tervezési forgalom eloszlásai kiválasztott autópályák és főutak egyes eseteire.

Az eredmények alapján belátható, hogy a jelenlegi paraméterekkel a jelenlegi gyakorlat szerinti összevont és részletes járműosztályokon alapuló számítás, kis mértékben ugyan, de eltérő eredményt ad, elsősorban a vizsgált főutak esetében, mely arra utal, hogy a korábban megállapított összevont járműszámítási szorzók a nehézforgalom összetételének változása okán már nincsenek összhangban a részletes járműszámítási szorzókkal.

A véletlenszám-generáláson alapuló módszer adta lehetőségeknek köszönhetően elvégezhető az összefüggések érzékenységvizsgálata is, melynek eredménye az ún. rangkorrelációs együtthatók értékeivel azt mutatja, mennyire befolyásolja egy-egy bemenő adat megbízhatósága a végeredmény változékonyságát. Az érzékenységvizsgálatok azt mutatják, hogy a főutak esetében a főként a szóló autóbuszok, autópályák esetében az 1+1+3 tengelyelrendezésű nyerges szerelvények adatai, a nehézforgalom összetételének arányaiból fakadóan alapvetően meghatározzák az „ÁNET” értékét, ezen keresztül a pályaszerkezet méretezésének alapját, a tervezési forgalom értékét.

A tervezési élettartamra számított tervezési forgalom nagyságát, a nyilvánvaló „ÁNET” értéke mellett a forgalomfejlődési szorzó értéke nagymértékben befolyásolja. Az alapadatok meghatározása során kiderült, a vizsgált autópályákon várhatóan lényegesen nagyobb, míg a vizsgált főutak esetében valószínűleg lényegesen kisebb a vonatkozó előírás szerint számolt értékhez képest.

A vizsgálatok alapján az alábbi javaslatok fogalmazhatók meg:

- felül kell vizsgálni a részletes és összevont járműosztályok közötti átjárhatóságot a jelenleg jellemző hazai forgalomösszetételre való tekintettel úgy, hogy a két módszer eredménye között elhanyagolható különbség adódjon,
- a forgalomfejlődési szorzó a „ TF ” szempontjából a legfontosabb tényező, melyet célszerűen útkategóriánként és megynként, vagy régiókénti bontásban, minden-

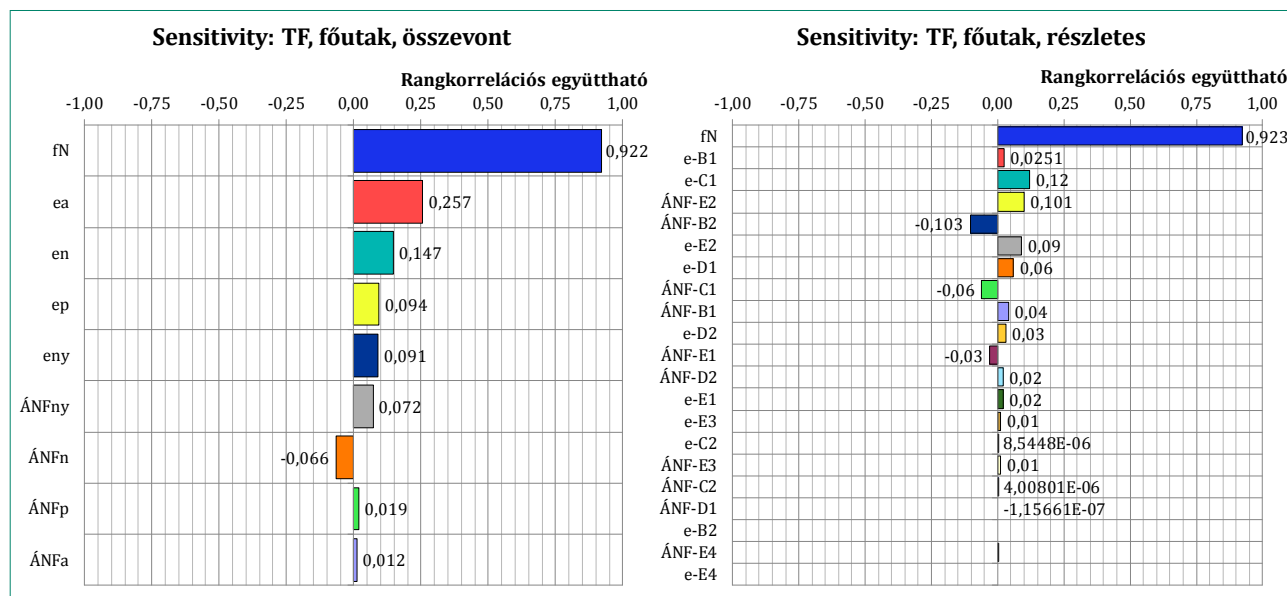
képpen felül kell vizsgálni,

- a járműszámítási szorzókat felül kell vizsgálni, és
- elsősorban – a szóló autóbuszok és 1+1+2 tengelyelrendezésű nyerges szerelvények esetében érdemes részletesebb vizsgálatokat és méréseket végezni (abroncsnyomás, tengelysúly-eloszlás, abroncs típus hatása, stb.).

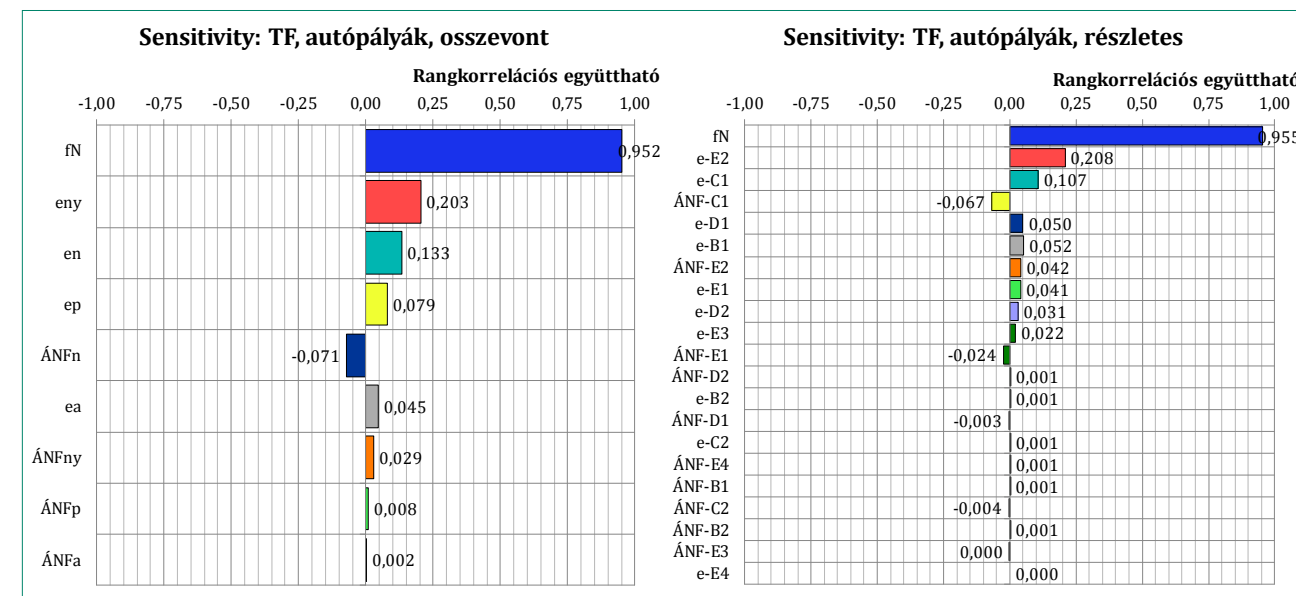
Az átlagértékekkel való számítás eredményeképpen látható mintegy 98-99%-os megbízhatósági szintű eredmények tekintetében fontos kiemelni, hogy egyes úthálózati elemek esetében – gazdasági megfontolások alapján – elfogadható lehet alacsonyabb biztonsági szint választása is (Irick, Hudson, & McCullogh, 1987; idézi: Adorjáni, 2009). Ez azonban csak megbízható hazai adatok alapján, célzott kutatási eredmények alapján lehetséges.

Hivatkozások

- Adorjáni, K. (2009). Bemenő paraméterek bővítése az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek méretezésénél. *Közlekedésszerkezeti szemle* 59. évf. 7. szám, 11-17.
- ÁKMI. (2000-2004). Az országos közutak keresztmetszeti forgalma. Évkönyvek 2000-2004.
- e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005]: Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel. (2005). Magyar Útiügyi Társaság, 20.
- e-UT 06.03.13 [ÚT 2-1.202:2005]: Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése. (2005). Magyar Útiügyi Társaság, 34.
- Gulyás, A. (2009). Az elmúlt évek dinamikus tengelyterhelés-mérési eredményeinek vizsgálata. *Közlekedésszerkezeti szemle* 59. évf. 5. szám.
- Irick, P., Hudson, W., & McCullogh, B. (1987). Application of reliability concepts to pavement design. *Proceedings of ISAP Conference*, old.: 163-179.
- Kehl, D. (2012). Monte-Carlo-módszerek a statisztikában. *Statisztikai Szemle*, 90. évf. 6. sz.
- Magyar Közút. (2005-2014). Az országos közutak keresztmetszeti forgalma. Évkönyvek 2005-2014.
- Tóth, C. (2010). Analysis of the quality variances of asphalt production by Monte Carlo simulation. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 54, No. 1, old.: 67-72.



8. ábra – Érzékenységvizsgálat eredményei: tervezési forgalom, főutak



9. ábra – Érzékenységvizsgálat eredményei: tervezési forgalom, autópályák

Aszfaltkeverő telepek elektromos fűtési rendszereinek bemutatása

Tabáni Tibor



Ütgép-Szerviz Kft.
ügyvezető

Bevezető

Bitumenek tárolása, kezelése

Telepített tartályok:

- közvetlen fűtésű,
- indirekt hőközlőolaj fűtésű,
- elektromos fűtésű,
- elektromos fűtésű keverőtengellyel.

Indirekt hőközlőolaj fűtésű tartályok

A közvetítő közeg olaj (thermo 68).

Előnye:

- nem kokszolódik, nem oxidálódik a bitumen,
- gyors fűtési lehetőség.

Hátránya:

- jelentős hővesztesség az olajvezeték és szerelvényei felületén,
- bonyolult hőszigetelést igényel,
- magas CO₂ kibocsátás (P2),
- rendszeres karbantartást igényel,
- környezetszennyezési kockázata nagy,
- állandó vizsgázott személyzet üzemeltetheti,
- hatásfoka ritkán éri el a 60%-t.

Elektromos fűtés

Működési elve: elektronikus fűtőszálak vannak elhelyezve a tartály fenéklemezén kívül, a fűtőbetétek bitumenben, míg a bitumencsővek felületén fűtőkábelek biztosítják a szükséges hőmérsékletet 200 mm-es közetgyapot szigeteléssel, horganyzott vagy alumínium héjalással.

Előnye:

- környezetbarát megoldás, alacsonyabb energia használat,
- nincs CO₂ kibocsátás,
- nem igényel karbantartást,
- könnyű hőszabályozás,
- programozható üzemeltetés.

Hátránya:

- hosszabb felfűtési időt igényel, de ezt jól programozott üzemeltetéssel ki lehet küszöbölni,

dr. Bagány Mihály



főiskolai docens,
fizikus

- jobb hőszigetelést kell alkalmazni, mind anyagában, mind vastagságában (200-300 mm),
- kerülni kell a hőhidakat.

Eredményei:

- veszteség 5-15°C/nap (erősen időjárás függő!)
- hővesztesség pótlása 14-180 kWh/nap/50-60 m³-es tartály esetén teljes töltöttségnél.

Nappali, éjszakai, hétvégi üzemeltetés

A kis hővesztesség azt jelenti, hogy a felfűtés akár csak éjjel indítható be, amikor alacsonyabb a villamos energia ára, és így csökkenthető az üzemi költség.

A heti hőmenedzsment szoftver teljes irányítást ad az operátoroknak a hő és villamos energia paraméterek felett. A menedzsment része a létesítmény automatika rendszereinek.

A telepített villamos energia nem engedi, hogy a bitumen hőmérséklete gyorsan emelkedjen. Szükségessé válik egy speciálisan alkalmazott szervezőrendszer, beleértve az üzemi hőmérsékleten érkező bitumen kezelését. Fontos elemei a bitumengőzők zárt rendszerű kezelése.

Széles körben elismert, hogy az új generációs (elektromos fűtésű) létesítmények energiaköltsége a korábbiakhoz



viszonyítva mintegy 20%. Az aszfalt vonatkozásában elérheti a 2 kWh/tonna értéket, még az indirekt fűtésnél ez az érték 7-10 kWh/tonna.

Konklúzió

Tanácsoljuk, hogy az üzemeltetők alkalmazzanak szigorú szigetelési módokat, optimalizálják a munkaszüneti időt az arra kialakított szoftverekkel.

Méretet, anyagjellemzők

Az FB50-E típusú tartály

Az acél lábakon függőlegesen álló henger alakú acéltartály főbb méretei:

belső átmérő	2,5 m
magasság	10...11 m
falvastagság	7...8 mm
tömeg	6 t
bitumen befogadó térfogat	50 m ³
Az acél hővezetési együtthatója	50 W/m/°C, sűrűsége 7,8 g/cm ³ .

A tartály hőszigetelése közetgyapot:

hővezetési együttható	0,037 W/m/°C
sűrűség	80...90 kg/m ³
vastagság	200 mm

A közetgyapot héjálása 0,5 mm vastag acéllemez borítás.

A tartályt védőcsövekben elhelyezett fűtőpatronokkal fűtjük, ezek névleges teljesítménye:

1. 5 x 5 kW = 25 kW
2. 6 x 5 kW = 30 kW
3. 12 x 1,2 kW = 14,4 kW

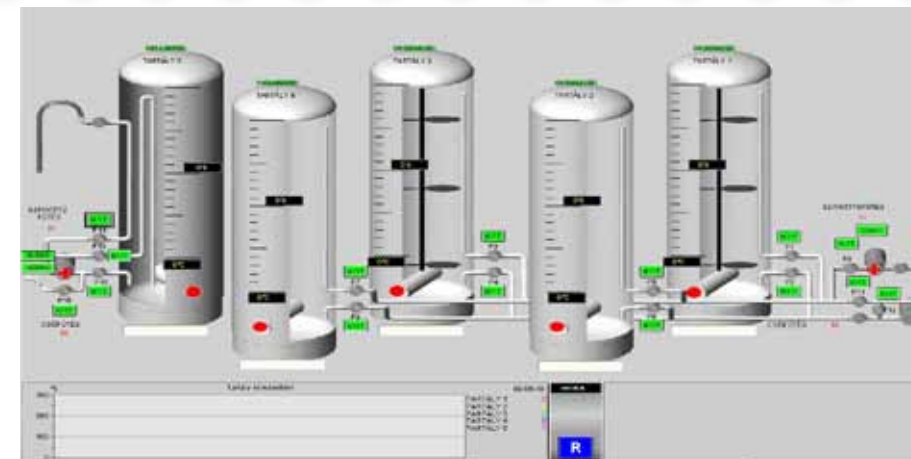
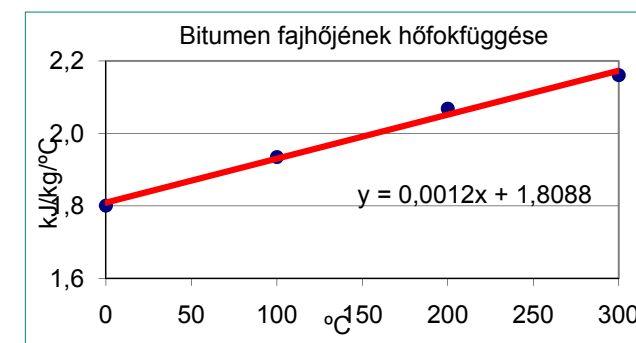
A bitumen hőtani jellemzői (SZB50/70)

A bitumen fajhője és sűrűsége függ az előállításához használt kőolaj származási helyétől, a lepárlási technológiától és az utókezeléstől. Néhány adat:

sűrűség	950...988 kg/m ³ 980 kg/m ³ (Shell adat)
hővezetési együttható	0,17...0,174 W/m/K
közepes fajhő	2,1...2,9 kJ/kg/K (0,5...0,7 kcal/kg/K)

A fajhő hőfokfüggése

A bitumen fajhőjének hőmérsékletfüggése az útépítésnél előforduló 0...200°C-os tartományban nem elhanyagolható. A hőfokfüggést a következő ábrán láthatjuk [1].



A hőfokfüggés lineáris közelítése:

$$c_{\text{bit}} = c_{\text{bit0}} + c_{\text{bit1}}T, \quad c_{\text{bit}} = 1,81 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} + 0,0012 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}^2} \times T.$$

Az m_{bit} tömegű, T hőmérsékletű bitumen hőkapacitása:

$$C_{\text{bit}} = m_{\text{bit}}(c_{\text{bit0}} + c_{\text{bit1}}T), \quad [T] = ^\circ\text{C}.$$

A telített gőznyomás hőfokfüggése és a párolgáshő

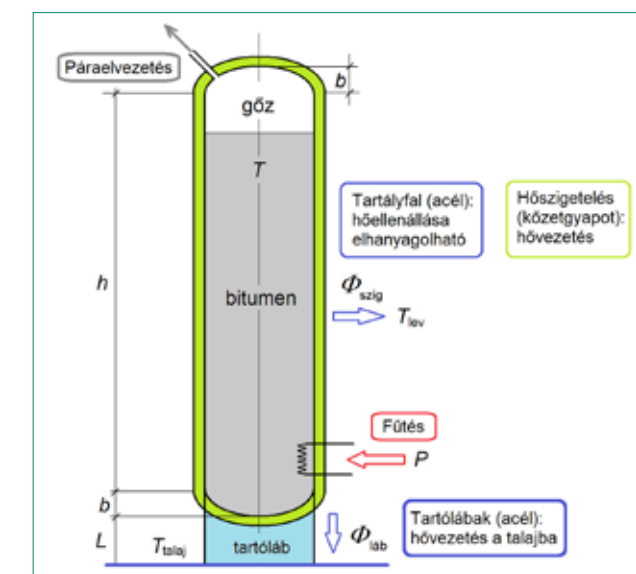
A gőznyomás hőfokfüggését a Clausius–Clapeyron-egyenlettel közelíthetjük (itt p a gőznyomás, T a K-ben mért hőmérséklet):

$$\ln \frac{p}{p_0} = T_p \times \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right), \quad \text{ahol } T_p = \frac{L_{\text{pár}}}{R_e}$$

A gőznyomást jellemző állandó [2] alapján: . A kipárolgó szénhidrogén molekulák átlagos móltömege [3]. Ezek alapján a bitumen párolgáshője:

$$L_{\text{pár}} = T_p \frac{R_{\text{ált}}}{M} = 7732\text{K} \frac{8,314\text{kJ/kmol/K}}{510\text{kg/kmol}} \approx 126 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

A tartály és a hőáramok



A tartály hőáramai

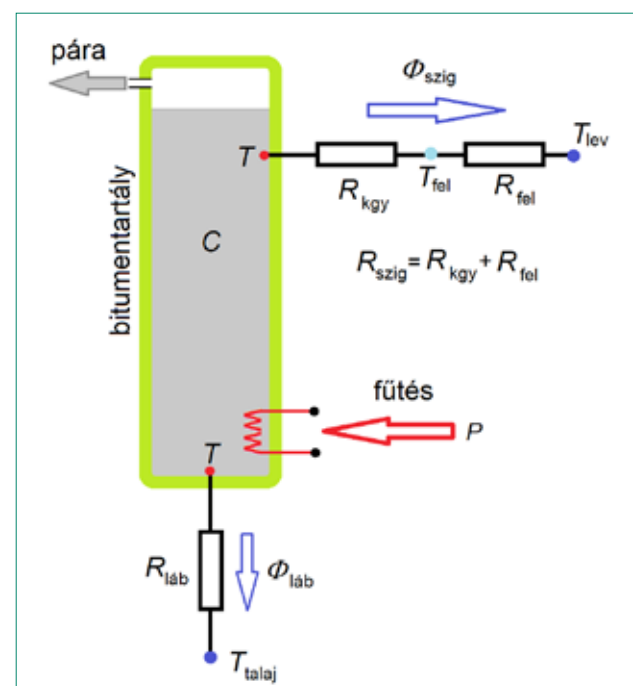
A bitumen hővezetési együtthatója kb. 5-ször, az acélé 1350-szer nagyobb, mint a kőzetgyapoté, ezért a tartályban levő bitumen, az acél tartályfal és a burkolólemez hőellenállása elhanyagolható a kőzetgyapot hőellenállása mellett. Így a számítások során feltételezzük, hogy a tartálynak és tartalmának (bitumen) a hőmérséklete megegyezik, és csak az időtől függ, azaz a tartály minden pontjában a hőmérséklet egy adott pillanatban jó közelítéssel azonos. Feltételezzük továbbá, hogy a levegő és a talaj hőmérséklete állandó.

A tartály és környezete közt kialakuló hőáramokat tüntettük föl a következő ábrán.

A tartólábak hővezetése

A tartólábakban vezetéssel áramlik a hő a tartályból a T_{talaj} hőmérsékletű talajba:

$$R_{láb} = \frac{L_{láb}}{\lambda_{láb} A_{láb}}, \quad \Phi_{láb} = \frac{T - T_{talaj}}{R_{láb}}.$$



Hőáramok, hőellenállások

A kőzetgyapot hővezetése

A kőzetgyapotban vezetéssel áramlik a hő a tartály külső burkolata felé. A hengeres palást (vastag falú csőnek tekinthető) és a tartályvégek hőellenállása:

$$R_{palást} = \frac{\ln D/d}{2\pi h \lambda_{kgy}}, \quad R_{végek} = \frac{S_{kgy}}{\lambda_{kgy} A_{végek}}.$$

Ezek párhuzamosan vannak kötve, így eredőjük reciproka (a kőzetgyapot eredő hőellenállásának reciproka):

$$\frac{1}{R_{kgy}} = \frac{1}{R_{palást}} + \frac{1}{R_{végek}}.$$

A kőzetgyapot táblák hézagaiban, valamint a külső burkolat és a kőzetgyapot közti résekben áramló levegő hőátadással visz el energiát a tartályból. Járulékos hőveszteséget okoznak a tartályfalra rögzített fémszerelvények. Ezeket a veszteségeket elhanyagolhatjuk (vagy a kőzetgyapot

hőellenállásának kismértékű csökkentésével vehetjük figyelembe).

A tartályburkolat és a levegő közötti hőátadás

A tartályburkolat (felület) és a környező levegő közötti hőátadás játszódik le, ennek hőellenállása:

$$R_{fel} = \frac{1}{\alpha_{fel} A_{fel}}.$$

Az α_{fel} felületi hőátadási együttható függ az időjárási jellemzőktől (szélsebesség, csapadék). Ezt a függést elhanyagoljuk, mert a megadott méreteknél és közepes szélsebességnél a hőátadás hőellenállása a kőzetgyapoténak kb. 500-ad része.

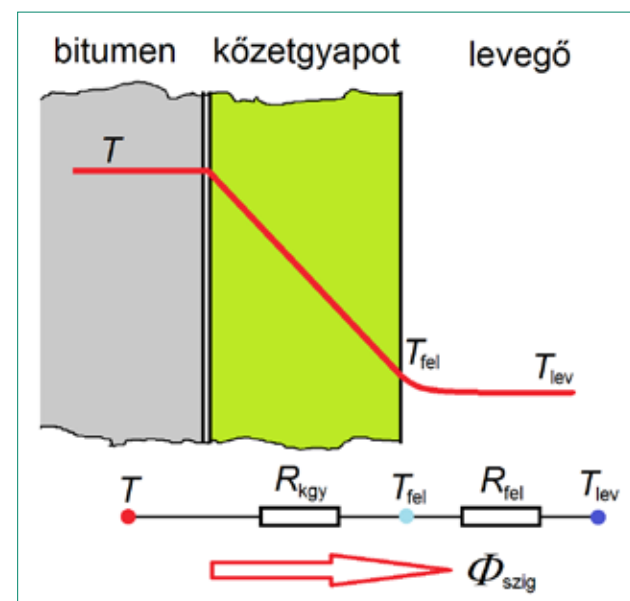
A szigetelés eredő hőellenállása

A kőzetgyapot és a hőátadás hőellenállása sorba van kötve, ezek eredője (nevezzük szigetelési ellenállásnak) és a rajta átfolyó hőáram:

$$R_{szig} = R_{kgy} + R_{fel}, \quad \Phi_{szig} = \frac{T - T_{lev}}{R_{szig}}.$$

A tartály külső felületének (burkolólemez) hőmérséklete:

$$T_{fel} = T_{lev} + \Phi_{szig} R_{fel}.$$



Hőáramlás a bitumen és a levegő között

A hőveszteségek aránya

A szigetelésen és a tartólábakon kialakuló hőveszteség aránya (ha feltételezzük, hogy a levegő és a talaj hőmérséklete azonos) egyenlő a hőellenállások reciprokanak arányával:

$$\frac{\Phi_{szig}}{\Phi_{láb}} = \frac{R_{láb}}{R_{szig}}.$$

Esetünkben ez az arány kb. 3, azaz a hőszigetelésen 3-szor akkora hőáram alakul ki, mint a lábokban.

A tartályból távozó gőzpára által elvitt entalpia

A kipárolgó bitumengőz anyagáramlással visz el hőt (entalpiát) a tartályból. Feltételezzük, hogy az óránként távozó bitumengőz tömege sokkal kisebb, mint a tartály teljes bitumentöltetének tömege. A párolgási sebesség (tömegáram, g/óra) arányos:

- a szabad folyadékfelszín nagyságával (A),
- a folyadékfelszín fölötti gőz áramlási sebességével (v),
- a bitumenből kipárolgó molekulák hőmozgásból származó sebességével; ez arányos a telített gőzök K-ben

mért hőmérsékletének gyökével ($v_{term} \sim \sqrt{T}$),

- a telített bitumengőz sűrűségével, ami arányos a telített gőzök nyomásával:

$$\rho \sim p \sim e^{-T_p/T}, \quad [T] = K.$$

A párolgási sebesség (az időegység alatt kipárolgó gőz tömege):

$$\frac{dm}{dt} \sim A v \sqrt{T} e^{-\frac{T_p}{T}}$$

A párolgással időegység alatt elvitt entalpia (hő) a párolgáshő és a tömegáram szorzata:

$$\Phi_{pára} = L_p \frac{dm}{dt} \sim L_p A v \sqrt{T} e^{-\frac{T_p}{T}},$$

$$\Phi_{pára} = \varphi A v \sqrt{\frac{T}{T_p}} \times e^{-\frac{T_p}{T}}, \quad \Phi_{pára} = \Phi_0 \sqrt{\frac{T}{T_p}} \times e^{-\frac{T_p}{T}}.$$

Itt φ [J/m³] a párolgás körülményeire jellemző állandó, értékét mérésrel becsülhetjük.

Megjegyzés!

A folyadékfelszínről szabad áramlással távozó gőz kipárolgási sebességét a Sherwood-Rayleigh-egyenlettel lehet meghatározni. Az ebben szereplő fizikai mennyiségeket (diffúziós, anyagátadási, hőtágulási és hővezetési együttható; kinematikai viszkozitás, fajhő stb.) a bitumenre és gőzére csak becsülni tudtuk volna, ezért választottuk a fent vázolt megoldást.

A fűtési sebesség

Legyen a bitumen és a tartályfal pillanatnyi hőmérséklete T , a levegő átlaghőmérséklete T_{lev} , a fűtési teljesítmény P . Az acéltartály és a benne levő bitumen eredő hőkapacitása:

$$C = C_{acél} + C_{bit}, \quad C = m_{acél} c_{acél} + m_{bit} (c_{bit0} + c_{bit1} T).$$

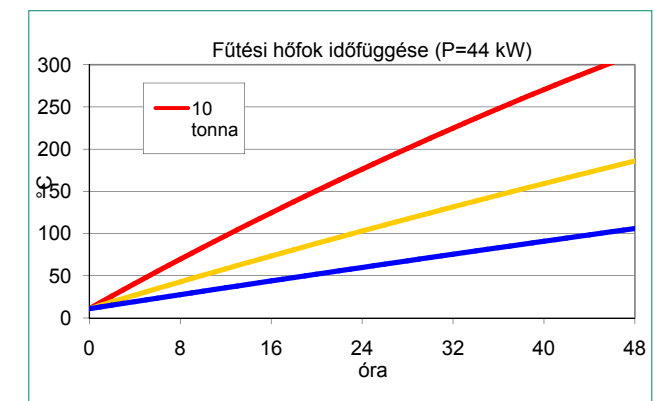
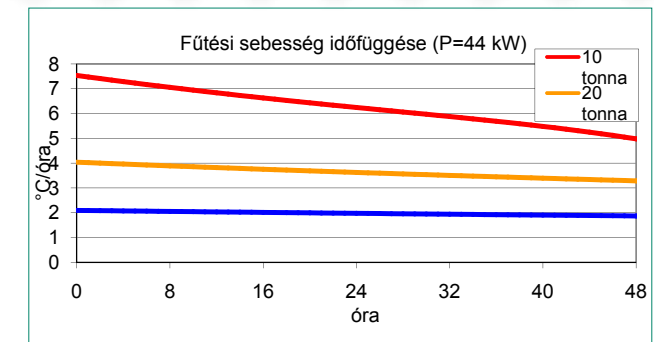
A fűtési teljesítmény a következő részekre fordítódik:

- a tartály és a bitumen belső energiájának növelése,
- a tartólábakon és a szigetelésen távozó hő,
- a kipárolgás által elvitt hő:

$$P = C \frac{dT}{dt} + \Phi_{láb} + \Phi_{szig} + \Phi_{pára}.$$

Innen a fűtési sebesség (a bitumen hőmérsékletének időegységre eső változása):

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P}{C} - \frac{1}{C} (\Phi_{láb} + \Phi_{szig} + \Phi_{pára}).$$



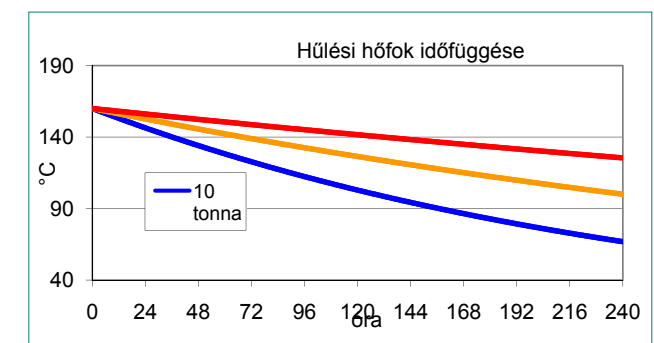
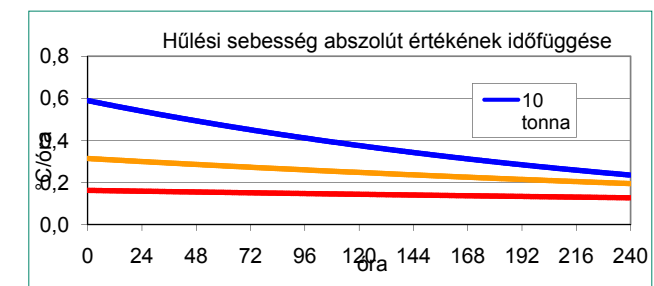
A hűlési sebesség

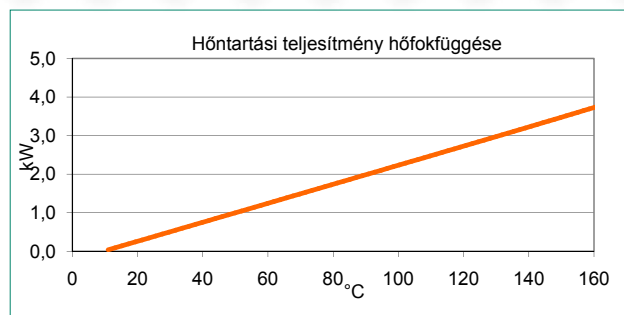
A tartály hűl, ha a fűtési teljesítmény zérus, és a tartály hőmérséklete nagyobb környezete hőmérsékleténél. A Newton-féle hűlési törvény erre az esetre:

$$C \frac{dT}{dt} = -(\Phi_{láb} + \Phi_{szig} + \Phi_{pára}).$$

A hűlési sebesség:

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{C} (\Phi_{láb} + \Phi_{szig} + \Phi_{pára}).$$





A hőntartási teljesítmény

A bitumen hőmérséklete állandó, ha:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P}{C} - \frac{1}{C}(\Phi_{\text{láb}} + \Phi_{\text{szig}} + \Phi_{\text{pára}}) = 0.$$

Innen egy adott T bitumenhőmérséklet tartásához szükséges teljesítmény:

$$P_{\text{ht}} = \Phi_{\text{láb}} + \Phi_{\text{szig}} + \Phi_{\text{pára}}.$$

A párolgási sebesség

Az időegység alatt kipárolgó bitumengőz tömege (azaz a távozó gőz tömegárama):

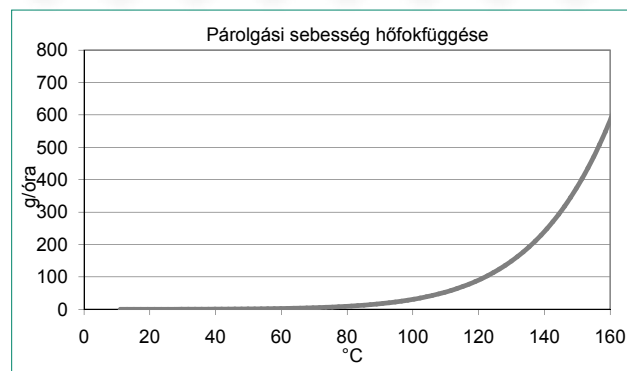
$$q_m = \frac{\varphi A v}{L_p} \sqrt{\frac{T}{T_p}} \times e^{-\frac{T_p}{T}}.$$

A párolgási sebesség erősen hőfokfüggő. Számottevővé 100°C fölött válik. (A grafikonon a párolgási sebesség egy-sége g/óra!)

A fenti grafikonok a Newton-féle hűlési/fűtési törvény alapján fölirt differenciálegyenletek numerikus megoldásai alapján készültek.

Jövőkép

- További törekvések az aszfalt bedolgozási hőmérsékletének csökkentésére (új ragasztóanyagok, vagy habosított bitumenek alkalmazása).



- A kőváz hőmérsékletének csökkentésével a fűtőközeg mennyisége arányosan csökken.
- Porok teljes körű felhasználása (vagy a bányák kiszolgálásának pontosítása) akár 5-7%-os megtakarítást eredményez.
- Világos (fehér) aszfalt bevezetése világviszonylatban!
- A 2015. 02. havi PÁRIZSI konferencia jelentősége.

Hivatkozások

Eshrich, H.: Properties and Long-term Behavior of Bitumen (33. old.). Eurochemic, MOL, 1980.

Trumbore, D. C.: Estimates of Air Emissions from Asphalt Storage Tanks and Truck Loading. Asphalt Technology Laboratory, Environmental Progress (Vol. 18, No 4), 1999.

Díaz, O. C.: Measurement and Modelling Methodology for Heavy Oil and Bitumen Vapor Pressure. Univ. of Calgary, 2012.

A Tabáni Tibor féle cikk legvégére még be kellene tenni a következő záró mondatokat:

„Nem szeretnénk senkit sem elriasztani előadásunk elméleti részével, nem szükséges a gép kezelőinek differenciál egyenleteket megoldani ahhoz, hogy üzemeltetési lehetőségek optimalizálását tudja meghatározni!

Megvásárolható a szoftver, mely alkalmazása segítségével a bevitt adatok függvényében kiadja az üzemeltetés optimális paramétereit.”

Energetikai feladatok az aszfaltkeverő telepeken

Tomacsek József



főtechnológus,
Swietelsky Magyarország Kft.

felhasználást, 20%-al csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását és 20%-ra növeli a megújuló energiaforrások részarányát.

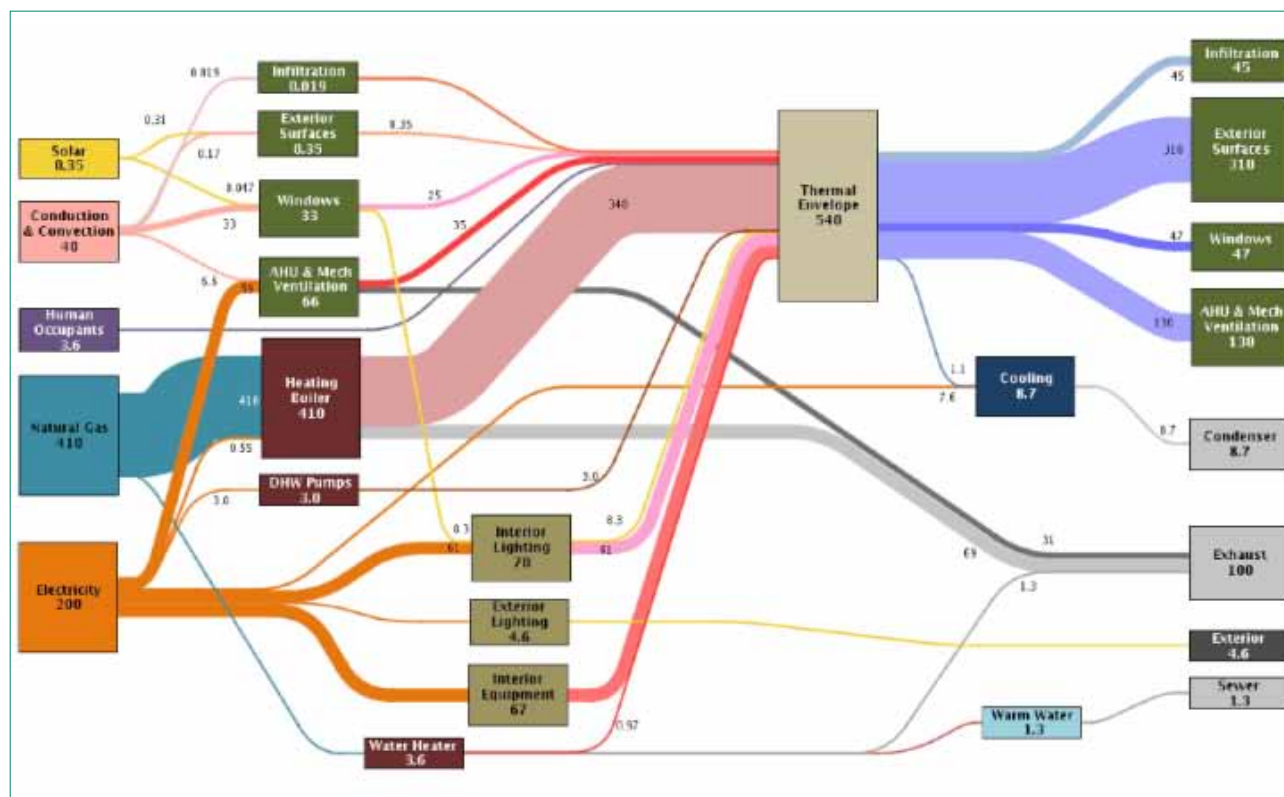
Az EU-s irányelv céljainak elérése érdekében a 2015. Évi LVII tv. Az energiahatékonyságról -VIII. fejezetében energetikai auditálási kötelezettséget ír elő a nagyvállalatok részére négyévente. Amennyiben viszont a nagyvállalat az EN ISO 50001 szabványnak megfelelő, akkreditált tanúsító szervezet által tanúsított energiagazdálkodási rendszert működtet, mentesül az energia audit alól.

Az EN ISO 50.001 szabvány bevezetésének körülményei

Meghatározott területtel foglalkozik, naprakész, mért és visszakövethető adatok alapján. Nincs kötött megtérülés számítás hozzá. A cég dolgozói működtetik egy aprólékosan, lépésről-lépésre felépített, PDCA elvre épülő energetikai rendszer formájában.



A Sankey diagram segít az energiaforrások és felhasználások vizuális megjelenítésében:



Adatok gyűjtése, elemzése alapján előállt trendek, bázis értékek, fajlagos felhasználások határozhatók meg. A fejlődést biztosító célok, cselekvési tervek helyszíni vizsgálatokat, energiapazarlási pontok megkeresését, költség-hatékony megoldásokat, beruházás javaslatokat és megújuló energiaforrások használatát vizsgálhatja.

Fajhő és a valós tüzelőanyag-fogyasztás az aszfaltkeverő telepeken

Fajhőből számítva a kőanyag hőmérsékletének 180°C-al történő növekedéséhez 3,5 kg fűtőolajra lenne szükség

Kőanyag hőfoka °C	Nedvesség-tartalom %	Fűtőanyag igény kg/t	Elszívás mértéke Nm ³ /t
190 °C	0,5 %	4,50 kg/t	121 Nm ³ /t
190 °C	1,5 %	5,19 kg/t	152 Nm ³ /t
190 °C	2,5 %	5,88 kg/t	182 Nm ³ /t
190 °C	3,5 %	6,58 kg/t	212 Nm ³ /t
190 °C	4,5 %	7,27 kg/t *	242 Nm ³ /t
Azonos hőfokon	1% nedvesség változás	+ 0,69 kg/t	+30 Nm³/t

Kőanyag hőfoka °C	Nedvesség-tartalom %	Fűtőanyag igény kg/t
160 °C	4,5 %	6,58 kg/t
190 °C	4,5 %	7,27 kg/t
220 °C	4,5 %	7,96 kg/t
Δ30 °C	Azonos nedvesség mellett!	0,69 kg/t

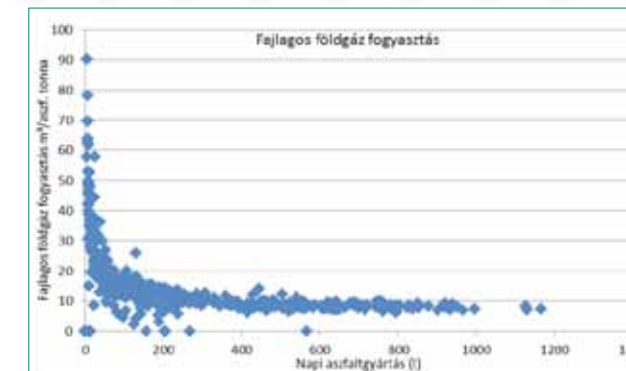
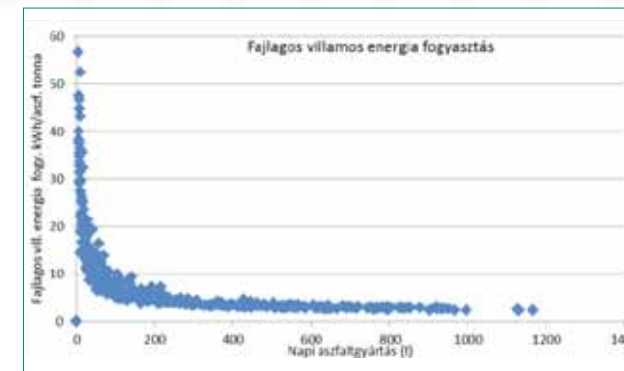
tonnánként. Ennek ellenére a valóságban (AMMANN AsphaltGuide 2009) ez az érték 4,3 kg! Az eltérés az égő hatásfokából és az egyéb veszteségekből adódik. Az alapanyag nedvességének 1%-os növekedése ~0,7kg-al növeli tonnánként a fűtőolaj felhasználást! A kőanyag 4,5% nedvességtartalma esetén az energia felhasználás 40%-a szállításra fordítódik!

Amennyiben a kőanyag (illetve az aszfalt) hőmérsékletén 30°C csökkenthető (pl. habosítással, vagy adalékszer adagolással → WMA) ez szintén 0,7 kg fűtőolaj (10% fűtőanyag) megtakarítással jár!

A bitumenfűtés egy közel állandó, jelentős fix költség, amivel lehet energiát/pénzt megtakarítani!

A „forró” bitumen érkezésének gyakorisága, a tartály hőszigetelése, a tárolási hőfok, a környezeti hőmérséklet, a fűtési módszer (villany, direkt v. hőközlő-olajos, földgáz, PB, fűtőolaj), a szabályozhatóság (kizárható –e 1-1 tartály) és a kokszosodás mértéke is jelentősen befolyásolja.

Egy rossz hőszigetelésű tartálycsoport fűtés költsége földgáz (hőközlő olajos rendszer) esetén elérheti a napi 30.000 Ft-ot, míg egy jól hőszigetelt villamos-fűtésű tartálycsoport akár 5.000 Ft-os napi költséggel is szinten tartható!



Költségek csökkentése

Energia beszerzés során a piac ismerete és a világpiac alakulása fontos. Fix vagy tőzsde követő árat válasszunk, forintban vagy más devizában, várjunk még vagy most kössük meg a szerződést?

A hálózati díjakon nem lehet csökkenteni, viszont a lekötött teljesítmény és a meddő energia mennyisége kis odafigyeléssel korlátozható!

Gépészeti és gépkezelési lehelőségek között említhető a készanyag tároló szájfűtésének vagy a bitumenfűtésnek az időpontja és időtartama! A gépészeti egységek áramfelvételének és melegedésének vizsgálatával a gázegő helyes beállításával és az újraindulások csökkentésével jelentős energia takarítható meg!

Ha energia-hatékonyan dolgozunk, nem csak főnökeink, de a jövő generációk is örülhetnek!



UTLABOR
NAT-1-1741/2014

UTLABOR Laboratóriumi és technológiai Kft

„Aki segíti az Ön munkáját”

Szakértelem, megbízhatóság, gyorsaság a mélyépítési munkák minőségében.

Hívjon, megyünk.

Elérhetőségek

mobil: +36-20/9834-614 és +36-20/4811-104

Fax: +36-96/533-012, E-mail: utlabor@utlabor.hu



Benninghoven: Törtaszfalt visszaadagoló rendszerek

Visnyovszky Áron



Wirtgen csoport
üzletág vezető

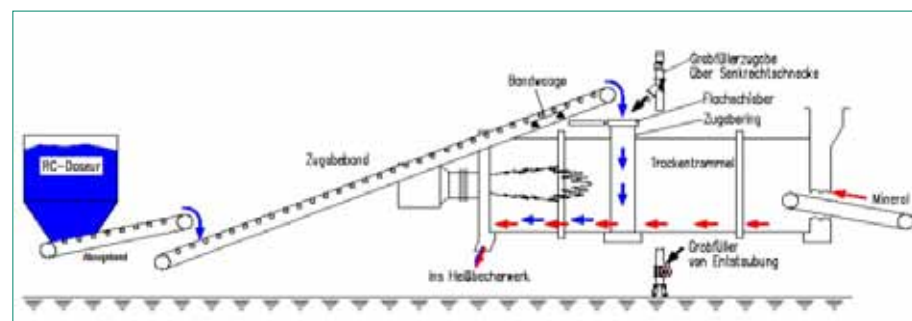
A Benninghoven cég 2014-ben csatlakozott a WIRTGEN Csoporthoz annak 5. tagjaként, hogy ezzel lényegében teljessé váljon a Wirtgen Csoport útépítési és bányászati géppalettája: kőzetek törése, aszfalt gyártása, fektetése, hengerlése, majd újbóli kimarása, törése. Így bezárult a kör és a cégcsoport immáron minden alapvető tevékenységhez rendelkezik nagy múltú, prémium kategóriás gépekkel.

Bezárulhat a kör, azonban nem csak a gépek tekintetében, hanem az aszfalt életciklusában is. Az újrahasznosításnak több, mérhető előnye van:

- A bitumenfogyasztás minimalizálása
- Az új zúzalék és mészköliszt arányának csökkentése
- Alacsonyabb energiaköltségek
- A környezet csökkenő terhelése
- Változatlan aszfaltminőség ellenőrzött körülmények között



1. ábra – Benninghoven MBRG 2000 Granulátor



2. ábra

Gépeinkkel az aszfalt újrahasznosítás minden lépése kivitelezhető. Előadásomban a keverőtelepi törtaszfalt visszaadagolás Benninghoven cég által nyújtott megoldásait szeretném taglalni. A folyamat persze nem a keverőtelepen kezdődik. Nem mindegy, hogy a tönkrement útból miképpen távolítjuk el az aszfaltot (bontás, együttes vagy rétegenkénti marás), hogy depózzuk (fedett depónia?), miképpen törjük a kívánt szemcseméretre. A törők többsége ugyanis pl. a szemszerkezetet is megváltoztatja, míg a Benninghoven ún. Granulátora két fokozatban úgy tudja felaprózni a terméket, hogy közben csak a bitumen általi kötést szakítja szét, magukat a szemeket nem töri össze. Így nem fordulhat elő a finomszemcsék részarányának jelentős megnövekedése, hanem megközelítőleg megmarad a ki-mart/bontott aszfalt szemszerkezete.

A Recycled Asphalt (RA) keverőtelepi beadagolása történhet hidegen vagy melegen. Először a hideg adagolási módszereket veszem sorra:

1. Dobgyűrűs RC beadagolás

Első megoldásunknál a mart aszfalt egy RC-Előadagolón és szalagmérleges ellátó szalagon keresztül jut el a szárítódobba annak erre a célra kialakított gyűrűs elevátorán keresztül. A dob rövid szakaszán elkeveredik a felfűtendő új zúzalékkal, így közvetett hőhatásnak van kitéve. Ezáltal bizonyos mértékű felmelegedés bekövetkezik, ezért egy megoldást dolgoztunk ki a tornyon belüli feltapadások, eltömődések elkerülésére. A dobgyűrűbe egy függőleges csigán keresztül durvaport is juttatunk, amely bevonatot képez a felolvadó martaszfalt körül, így az kevésbé fog feltapadni. Mindazonáltal ennél az eljárásnál a rostát el kell kerülnünk, azaz csak bypass üzemmód engedélyezett, ami megköveteli a pontos előadagolást és anyagminőséget (szemeloszlás).

Ezzel a megoldással max. 25%-os adagolási részarány elérhető el legfeljebb 3%-os nedvességtartalom mellett*. Egy egyszerű, könnyen felépíthető és utólagosan is bővíthető gép együttesről van szó elsősorban kis, mobil vagy félmobil keverők részére.

2. RC beadagolás keverőteknőbe

A hazánkban is leggyakrabban használt módozat szerint a martaszfalt egy elevátoron keresztül kerül fel a keverőtorony melegbunker szintjére. Ott egy szalagmérleg méri meg a szükséges mennyiséget és történik meg a vezérlés által kijelölt időpontban a teknőbe való besurrantás. A fellepő gőzképződés miatt elszívó vezeték kiépítése szükséges a porleválasztó felé.

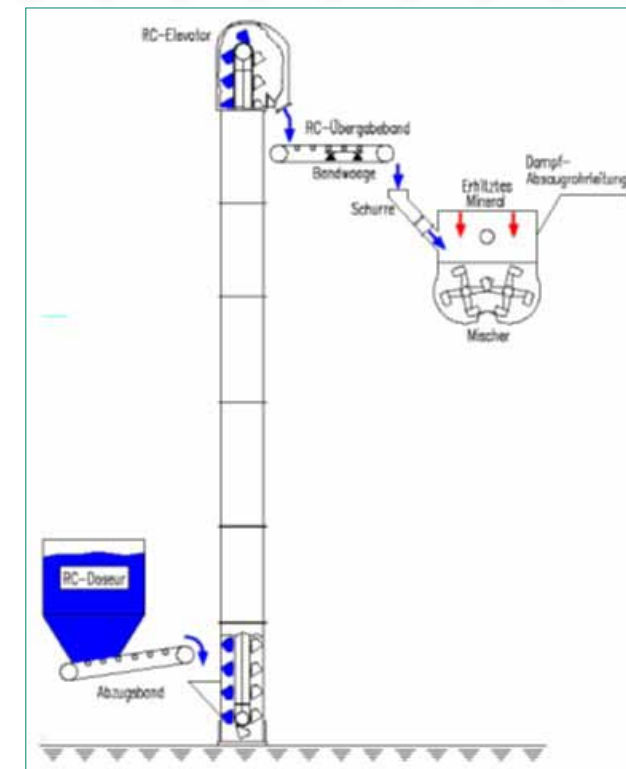
Ezzel a megoldással már legfeljebb 30%-os beadagolás lehetséges, de kifejezetten ügyelni



3. ábra



4. ábra – Pirossal jelölve a főbb komponensek



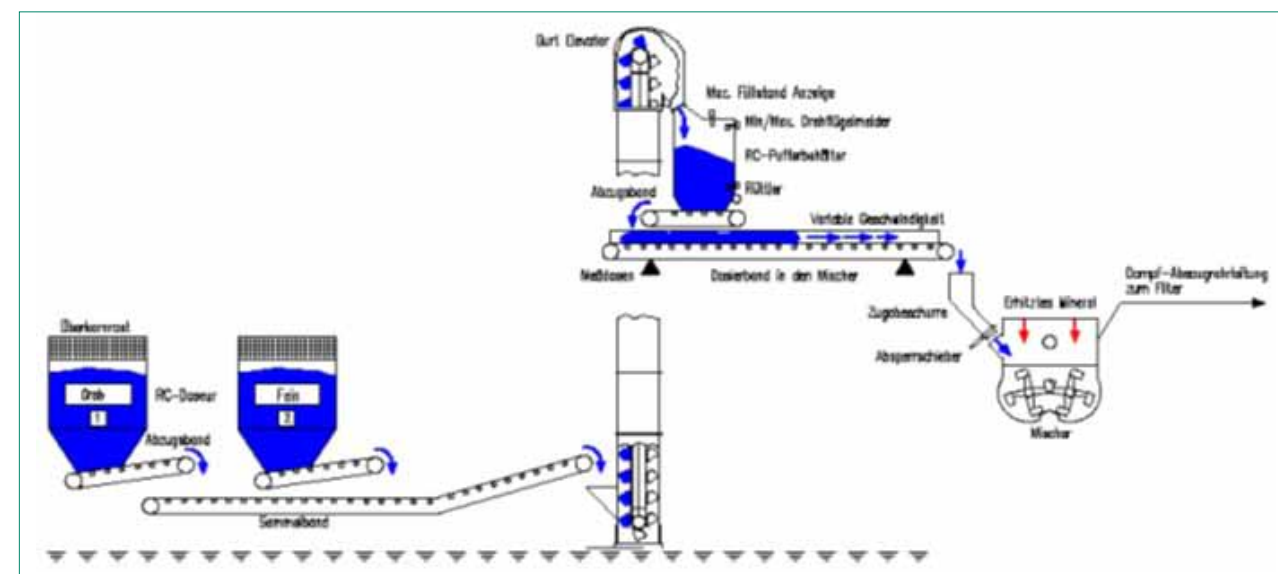
5. ábra

kell a kb. 3%-os nedvességtartalomra, mivel az ezt jócskán meghaladó értéknél nagyfokú gőzkicsapódások lehetségesek, amelyek meghiúsíthatják a pontos mérlegelést és karbantartás nélkül eltömődéseket okozhatnak a surrantóban és elszívó vezetékben. Ezzel együtt még mindig egyszerűen, utólagosan is kiépíthető, költséghatékony rendszer, amely az elevátoros anyagmozgatás miatt helytakarékos is, de többféle elrendezést is megenged.

3. Multivariábilis adagolás teknőbe

A hideg beadagolási lehetőségek között legmagasabb, akár 40%-os bekeverési részarányt képviselő megoldás lényeges eltérései az előző módszerhez képest az elevátor utáni

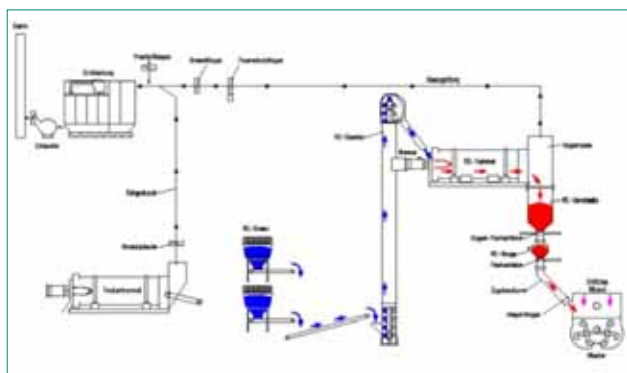
szakaszon következnek. Itt először egy köztes tároló következik, tekintettel a nagyobb mennyiségekre (3 tonnás teknőnél akár 1.200 kg is lehet egy adag). A tároló alatt két, frekvencia váltóval ellátott, tehát változtatható sebességű szalag következik. A felső szalag tölti fel az alatta lassan előre mozgó, 1 méter széles és magasított oldalfalakkal rendelkező mérlegelő szalagot. Ez a szállító szalag azonban már nem szalagmérleggel dolgozik, hanem 4 erőmérő cellán áll, amik 1-2 kg-os pontossággal mérlegelnek. Amint összegyűlt a szükséges mennyiség, a rendszer vár a vezérlés utasítására. Itt következik egy másik lényeges pont: a több 100 kg martaszfalt besurrantása nem 1-2 mp alatt történik löketszerűen, hanem a szalag lassú, majd egyre gyorsuló mozgással, kíméletesen ürít a teknőbe, ezzel elkerülve a



6. ábra



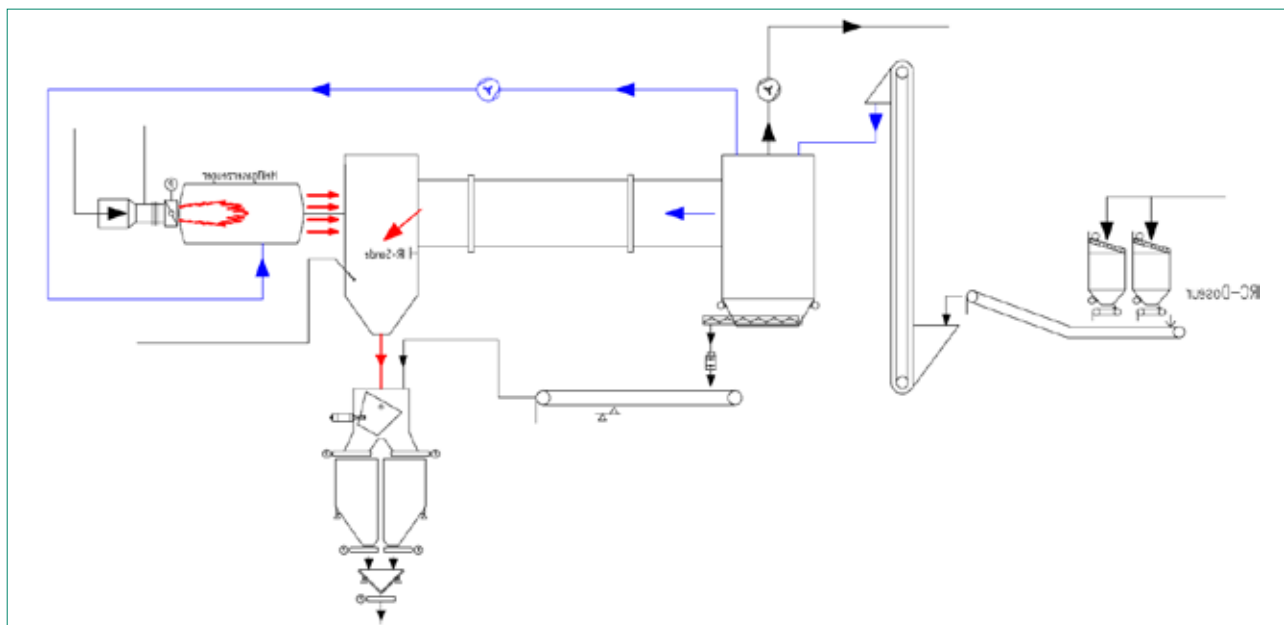
7. ábra



8. ábra

robbanásszerű gőzképződést. Bár elszívásra változatlanul szükség van, de ezzel a módszerrel kevésbé terheljük meg a tornyot és a porleválasztót, kéméljük a mérlegeket.

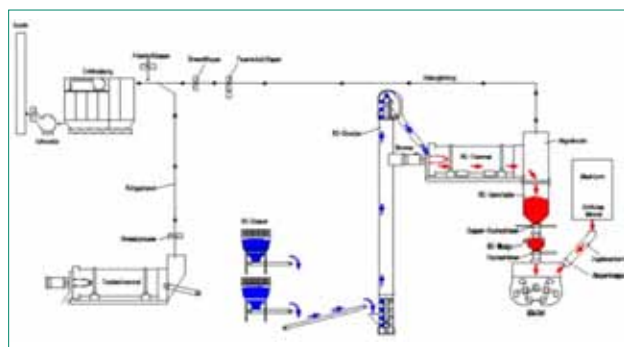
A multivariábilis jelző tehát a változtatható irányú és sebességű szalagok miatti adagolhatóságot jelenti. E mellett pedig a többcélú használhatóságra is utal, hiszen lehetőség biztosít hidraulikus kötőanyagú alaprétegek,



11. ábra



9. ábra



10. ábra

gumigranulátum valamint hidegaszfalt gyártására is. A hideg adagolások közötti legmagasabb arányt lehetővé tevő

módszer tehát párosul a kéméletes bekeveréssel, csökkenthető gőzképződéssel valamint még pontosabb mérlegeléssel. Amennyiben a hazai előírások magasabb beadási részarányt is megengednek, ez a változat lehet a legcélszerűbb és ár-érték arányt tekintve legjobb megoldás. Óvatos számítások szerint is a hazai átlagos 30-40 ezer tonnás éves keverőnkénti termelést tekintve legkésőbb 2-3 év alatt mind-egyik eddigi berendezés megtérül.

Térjünk át a melegen történő beadagolási lehetőségekre, ahol is közvetlen vagy közvetett hevítéssel hozzuk megfelelő hőfokra a beadandó visszanyert aszfaltot.

4. Meleg beadagolás keverőteknőbe paralleldobos rendszerben

A parallel dobos, vagy felső dobos RC-adagolások Nyugat-Európában már elterjedtek, de Csehországban és Lengyelországban is több keverő rendelkezik ezzel a technológiával. Ennek lényege, hogy a 40 %-nál nagyobb beadási részarányánál keletkező hőkülönbséget (hideg RC és forró zúzalék) kiegyenlítsük és elkerüljük az óriási gőzkicsapódást. Így elindulhatunk a 60-80-90%-os adagolások felé.

Az első megoldásnál a felső, párhuzamos (lángtól eltartó) áramlású dobból egy szigetelt puffertilóba esik a felmelegített martaszfalt, majd mérlegelés után oldalsó surrantással kerül be a keverőteknőbe. Ezzel a technológiával legfeljebb 70 %-os beadási részarányig lehet elmenni anélkül, hogy a füstgázhőmérsékletünk el szállna vagy a martaszfaltban lévő bitumen égne meg. Nagyprojektekhez tökéletes és Európában évtizedek óta bevált megoldás.

Újabb fejlesztésünk az ún. RPP keverő (Recycling Priority Plant), amely a keverőtornyot, pontosabban a tornyokat tekintve jelent alapvető változást. Az előző módszerhez hasonlóan az parallel dobból itt is egy silóba, majd mérlegbe kerül a martaszfalt, de itt a keverőteknő már a martaszfalt torony alatt helyezkedik el, nem az új közet melegbunkere alatt. Ennek mi az oka? Evvel a megoldással lehetővé tesszük, hogy a forró, ragadós martaszfalt a leg-egyszerűbb, vertikális utat járassa be a teknőig. Nincs oldalsó surrantás, a surrantóban, armatúrákon felpadások, hanem egyszerű gravitáció és egyenes út. Immáron az új zúzalék érkezik „adalékként” a teknőbe oldalról, ezért is hívjuk RC-prioritáson keverőtornyoknak. Így már 80%-ig el lehet menni a beadagolást tekintve anélkül, hogy számottevő felpadásokkal kelljen számolnunk.

Ha esetleg még a 80 % sem lenne elegendő (és ilyen igények már vannak Nyugat-Európában), akkor a legújabb, kipróbált fejlesztésünket ajánljuk Ügyfeleink figyelmébe: Forró gáz kazános hevítés parallel dobbal. A 11. ábrát elnézve menjünk végig az anyag útján: RC-elevátorral fel, majd egy átadó bunkerben, azon belül egy csúszdán éri el a martaszfalt a felső dobót. Az aszfalt itt már ellenáramban, tehát az hőforrás felé halad, szemben a forró gázokkal. Szándé-



12. ábra

kosan nem használtam az égő kifejezést, mivel azt dob végén hiába keressük! Ennél a megoldásnál ugyanis közvetett hevítést alkalmazunk, csupán forró gázokkal. Az égő ezért egy külön kazán levegő/gáz keverékét melegíti (11. ábra bal oldala). A forró gázok aztán a dob kiömlő végén érik el az anyagot és haladnak vele szemben. Ezáltal kéméletesen melegítjük a martaszfaltot anélkül, hogy azt túl kéne hevítünk (160 ° C elegendő). A füstgázhőmérsékletünk és károsanyag-kibocsátásunk is a megengedett határértékek alatt marad, teljesítve a nemrég szigorúbbá váló német (TA Luft), illetve EU-s környezetvédelmi előírásokat.

A forró gázok a kazán és a dob között cirkulálnak, így ilyen értelemben is történik újrahasznosítás és a káros anyagok fokozott elégetése. Az RC-előadagolókból érkező aszfalt 99%-át fel tudjuk használni. A dobát megelőző átadó bunkerben ugyanis az üzem közben kialakuló áramlás lehetővé teszi a durvaport és finom por szétválasztását. A durva por leesve egy csigán keresztül szintén a közbelső tároló bunkerbe, míg a finom por elszívásra kerül a porleválasztó felé.

A 2016-os BAUMA vásáron kiállításra is került egy teljes mértékben felépített RPP 4000-es keverőtorny, ahol is az érdeklődők részletesebben is megismerhették e technológiánkat.

Összességében természetesen tisztában vagyunk vele, hogy a melegen történő beadagolások bármelyike is itthon csak hosszútávon képzelhető el. Célunk viszont, hogy az aszfalt keverőtelepi újrahasznosításának minden hatékony módjának megvalósulását segítsük. Így akár dobba, akár teknőbe történő beadagolás iránt érdeklődnének Ügyfeleink Benninghoven vagy más keverőre, állunk rendelkezésükre.

*Az összes módozatnál feltétel a max. 3%-os nedvességtartalom, legfeljebb 40 mm-es szemek, max. 30% 0-5 mm-es szemcse részarány.



13. ábra

CANADER MIX hidegaszfalt és gyártástechnológiája

Darányi Ákos

Penta Kft.
főtechnológus



Jiri Uher

Innovative Global
Products Europe
ügyvezető



A CANADER-MIX egy 1987-ben Kanadában kifejlesztett speciális kötőanyaggal megkevert hidegaszfalt kátyúzó keverék. 1992-től forgalmazzák és gyártják USA-ban és a

Karib térségben is. 1995-ben Európában is elterjedt (Csehország, Magyarország, Lengyelország, Németország, Ausztria, Szlovákia). Az elmúlt 30 évben folyamatos fejlesztés alatt állt.

A CANADER-MIX hidegaszfalt válogatott alapanyagokból készül. A gyártásban kizárólag eruptív (vulkanikus eredetű) kővázat használunk, illetve a speciális kötőanyag miatt ez a hidegaszfalt bármely forgalomra alkalmas speciális kötőanyagú keverék. A zsákos kiszerelésű keverék 0-8 mm szemnagyságú kővázat tartalmaz, míg az ömlesztett kivitelű 0-8 mm vagy 0-11 mm szemnagyságú kőváz lehet. Ennek a speciális összetételnek köszönhetően a CANADER nagyon könnyen kezelhető bármely időjárási körülmények között. Mindenféle kellősítés nélkül kiváló, vízzáró kötést biztosít a kátyú alsó burkolata, fala és a javítóanyag között.

A zsákos CANADER hidegaszfalt hosszú távú tárolhatóságot biztosít, így bármikor rendelkezésre áll és felhasználható.

A Penta Kft. illetve a CANADER hidegaszfalt szabadalom és annak gyártástechnológiája nem ismer kompromisszumot a kimagasló minőség és a keverés során alkalmazott Üzemi Gyártásellenőrzési kontrol terén.

A hidegaszfalt keverék egy speciális kátyúzó anyag, mérnökök által folyamatosan úgy fejlesztve, hogy annak felhasználása, bedolgozása a lehető legegyszerűbb legyen, a maximális minőség mellett, amellyel a felhasználó pénz takarít meg.



Még a legnedvesebb, leghidegebb körülmények között is alkalmazható akár -10°C hőmérsékletig, amely egyedivé teszi a CANADER-t. Két féle speciális fokozatban ajánljuk, az egyik fajta a nyári, a másik a téli zsákos aszfalt, melyekben a felhasználási évszaknak megfelelő a keverék, hogy a bedolgozhatósága minél egyszerűbb legyen a felhasználónak.

A CANADER-MIX egy hosszú-távú, időtálló, költséghatékony és mindenekelőtt nagyon egyszerűen kezelhető és bedolgozható hidegaszfalt keverék.

- 30 éves nemzetközi siker
- kanadában kifejlesztett speciális kötőanyag
- bármilyen időjárási körülmények között bedolgozható (-10°C-tól akár a legforróbb nyarakig)
- kiváló minőségű és tartós javítás
- marás, vágás vagy melegítés nélkül
- minimális munkaráfordítás
- a forgalomnak azonnal átadható

A CANADER-MIX használata nagyon egyszerű

ELŐKÉSZÍTÉS
Távolítsunk el minden
töredezett részt, törmelékét

BELETÖLTÉS
Terítsük bele a
CANADER-t a kátyúba

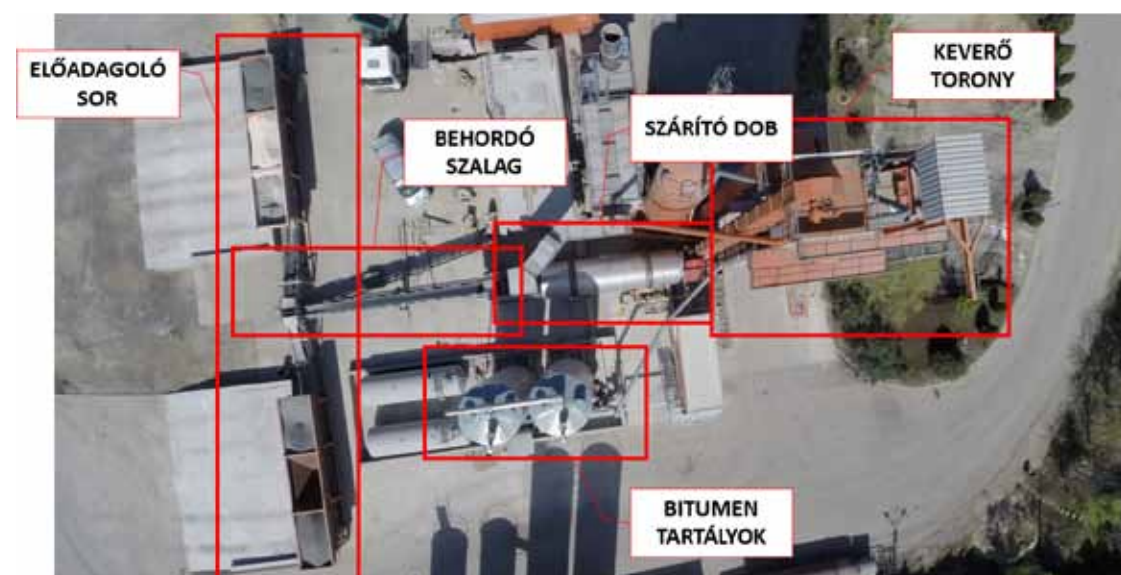
TÖMÖRÍTÉS
Döngöljük be kézi, vagy
gépi döngölővel

**MEHET
A FORGALOM**
Azonnal átadható



- legkisebb munka és idő befektetésével az egyik leghatékonyabb megoldás a kátyúk helyreállítására
- időtakarékos megoldás (rövid idő alatt számos kátyú

- megszüntetésének lehetősége)
- nincs szükség drága és hatalmas munkagépekre
- bármikor rendelkezésre áll





Gyártástechnológiája

A keverőgép részei:

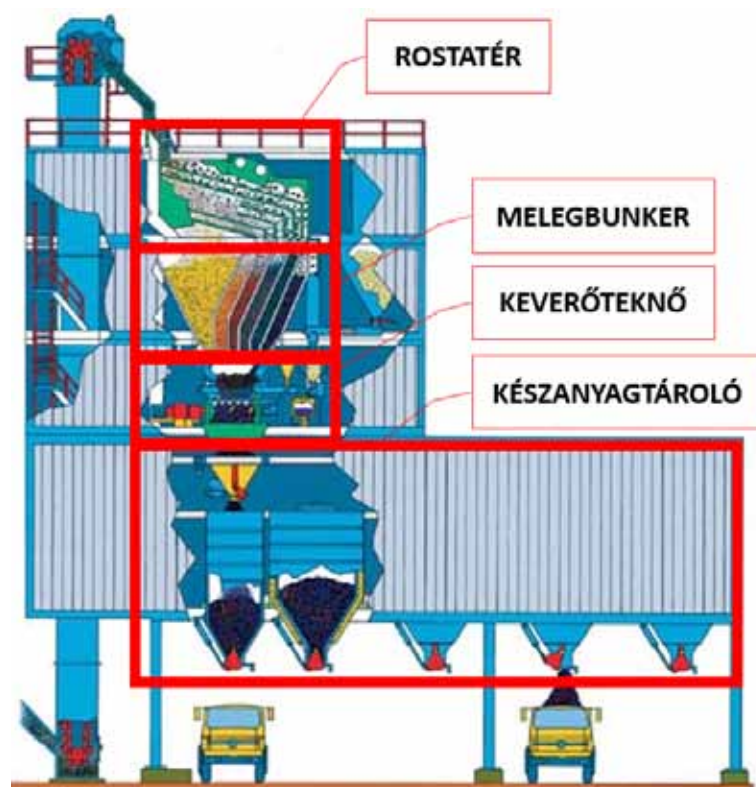
A válogatott alapanyagok az előadagoló sorból egy gyűjtőszalagon és behordószalagon keresztül jut el a dobba, ahol az alapanyag szárítása és felfűtése megtörténik.

A doból kilépve a felfűtött kőváz egy úgynevezett meleg elevátoron keresztül kerül a keverőgép legmagasabb pontjára, ahonnan gravitációs módon folytatja az útját. Először a rostaterbe kerül, ahol megtörténik az összehordott kőváz alapos szétrostálása különböző frakciókra. A szétrostált anyag a különböző melegbunkerekbe kerül,

ahonnan a receptúra alapján a kész keverék pontos kővázát a mérleg összeméri, majd itt kapja meg a kötőanyagot is. Innen a keverőteknőből a készanyagtarolóba kerül, ahonnan depóra hordjuk.

- A gyártástechnológia folyamatos Üzemi Gyártásellenőrzési kontrollal történik
- Kifejezett figyelmet fordítunk az előírt kőváz szemeloszlás és a gyártási hőmérséklet-tartományok betartására!
- A CANADER MIX rendelkezik a építőipari termékekhez nélkülözhetetlen NMÉ-vel (Nemzeti Műszaki Értékelés)

Meleg elevátor, keverőtorony



FT-viasszal (Fischer –Tropsch Wax Sasobit®) modifikált fenntartható aszfaltburkolatok

Rainer Schröter

Sasol Wax GmbH
értékesítési vezető



- Előállítása Fischer-Tropsch szintézissel, természetes gázból történik.
- Magas olvadási- és fagyáspont: 100–105°C
- 115°C fölötti hőmérsékleten bitumenben teljesen felolvad.
- A Sasobit® a Sasol-nál gyártott sajátos Fischer-Tropsch-viasz márkanéve.
- Molekulái szignifikánsan különböznek a bitumen által tartalmazott viasztól.



Kockázatmentes és biztonságos!

Az európai jogszabályok szerint a Sasobit® nem tartozik a kockázatosként klasszifikált anyagok közé.

- Nincs szükség különleges óvintézkedésekre.
- Tárolás szilárd halmazállapotban, legalább 10 évig megőrzi stabilitását.

A Sasobit® megfelel az alábbi szabályozásoknak:

- 2001/95/EK Irányelv az általános termékbiztonságról
- REACH-Rendelet (EK) 1907/2006
- CLP-Rendelet (EK) 1272/2008

A csökkentett hőmérsékletű aszfaltkeverékek fejlődésének története

1998: A Német Aszfaltszövetség létrehozott egy hőmérséklet-csökkentési munkacsoportot.

2001: A Német Közúti és Közlekedési Kutatások Társasága létrehozott egy hőmérséklet-csökkentési munkacsoportot.

2006: A Német Szövetségi Ütügyi Kutatóintézet közzétette a viszkozitást csökkentő engedélyezett adalékanyagok ajánlott listáját.

A Német Közúti és Közlekedési Kutatások Társasága közzétette a meleg aszfaltkeverékekre vonatkozó utasításokat, amelyek aktualizálására 2011-ben került sor.

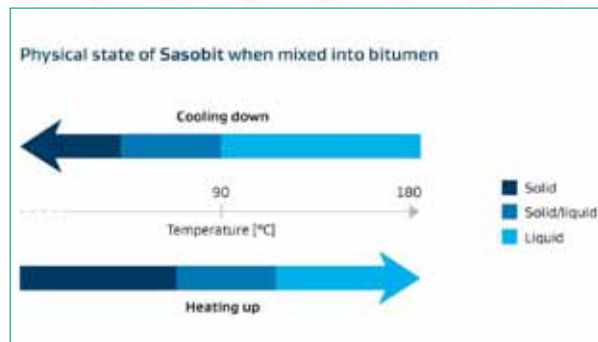
2009: A Német Aszfaltszövetség közzétette a meleg aszfaltkeverékek kézikönyvét.

FT-viasz

A Sasobit® egy szintetikus keményviasz, amely nem tartalmaz kén és egyéb szennyeződések. 1997. óta világszerte sikeresen alkalmazzák.

Konvencionális és Sasobit®-tal modifikált bitumen viszkozitási görbéi





Működési elv: a Sasobit hatása a bitumen viszkozitására

A keverési és beépítési hőmérsékletek Sasobit® alkalmazásával több mint 30°C-kal csökkenthetők, mivel a Sasobit® 115°C fölött teljesen feloldódik a bitumenben és szignifikánsan csökkenti a viszkozitást.

Az alacsony viszkozitás standard hőmérsékleten növeli az aszfaltkeverék feldolgozhatóságát. A Sasobit® növeli a folyamatbiztonságot és szignifikánsan csökkenti a helytelen beépítési műveletek kockázatát.

A Sasobit® a lehűlési folyamat során 90°C-on kezd kristályosodni és egy rácsos szerkezetet képez a bitumenben, amely egy megszilárdulási efféktust gyakorol (a sokat idézett 100 és 105°C között fellépő szilárdulás a tiszta Sasobit®-ra vonatkozik).

Megfelelő mennyiségű Sasobit® hozzáadásával szignifikánsan növekedik a deformálódással szembeni ellenállás,



anélkül, hogy az negatívan befolyásolná az alacsony hőmérsékleten való teljesítményt.

Bitumennel kevert Sasobit fizikai állapota

Coolong down: Lehűtés

Solid: Szilárd

Temperature: Hőmérséklet [°C]

Solid/liquid: Szilárd/folyékony

Heating up: Felhevítés

Liquid: Folyékony

A bitumen paramétere

A Sasobit® a hozzáadott mennyiség és az alapbitumen függvényében befolyásolja a bitumen paramétereit.

A Sasobit® hozzáadása nem gyakorol értékelhető befolyást az alacsony hőmérsékleten való teljesítményre és magas hőmérsékleten növeli a deformálódással szembeni ellenállást. Ez a kombináció növeli a plaszticitás tartományát és szélesebb hőmérsékleti intervallumon való alkalmazást tesz lehetővé.

Jellemzők összehasonlítása Nem modifikált bitumen és Sasobit®-tal modifikált útépítési bitumen¹

		70/100	SmB ¹ 45 70/100+Sasobit®	50/70	SmB ¹ 35 50/70+Sasobit®	30/45	SmB ¹ 25 30/45+Sasobit®
Penetráció p ₁ 25 °C	1/10 mm	70 – 100	35 – 55	50 – 70	30 – 50	30 – 45	20 – 35
Lágyulási pont	°C	43 – 49	70 – 80	48 – 54	75 – 85	53 – 59	80 – 90
Lágyulási pont	°C	≤ -10	≤ -10	≤ -8	≤ -8	≤ -5	≤ -5

Jellemzők összehasonlítása Polimer modifikált bitumen és polimer modifikált bitumen Sasobit®-tal¹

		45/80 – 50 A	NV ² 45/80 – 50 A	25/55 – 55 A	NV ² 25/55 – 55 A	10/40 – 65 A	NV ² 10/40 – 65 A
Penetráció p ₁ 25 °C	1/10 mm	45 – 80	≥ 30	25 – 55	≥ 20	10 – 40	≥ 10
Lágyulási pont	°C	≥ 50	≥ 65	≥ 55	≥ 70	≥ 65	≥ 75
Lágyulási pont	°C	≤ -15	≤ -15	≤ -10	≤ -10	≤ -5	≤ -5

¹ A Németországban hatályos műszaki bitumen szabvány szerint.

² 2.5 – 3.0 % Sasobit® az alapbitumen műszaki jellemzőinek függvényében

³ Standard PmB jellemzői

		70/100			Specifikáció 70/100	Specifikáció 50/70
Sasobit®	M.-%	0,0	1,0	1,5	–	–
Penetráció p ₁ 25 °C	1/10 mm	67 – 85	53 – 70	47 – 64	70 – 100	50 – 70
Lágyulási pont	°C	45 – 49	48 – 56	50 – 62	43 – 51	46 – 54

Forrás: 6 beszállítótól származó 8 különböző 70/100-as bitumen elemzése

A Sasobit®-tal modifikált bitumen jellegzetességei figyelembe veendő az aszfaltkeverékek megtervezése során. Lágyabb alapbitumen alkalmazása elsősorban kemény rendszereknél műszaki és hatékonysági megfontolásból célszerűbb.

Labortesztek bizonyítják, hogy egy Sasobit®-tal modifikált lágyabb alapú bitumen hasonló teljesítményt nyújt, mint az eredetileg specifikált alapbitumen.

Az alábbi táblázat nyolc különböző 70/100-as bitumen bitumen paramétereit szemlélteti. A paraméterek mérésére laboratóriumban került sor, tiszta bitumen és Sasobit®-tal modifikált bitumen felhasználásával. Az egyszerűség kedvéért a táblázat csak min. és max. értékeket tüntet fel.

1.0–1.5 % Sasobit hozzáadásával 70/100-as súly mellett elérhetők a gyűrűs-golyós (R&B) **lágyuláspont és a penetráció paramétere**.

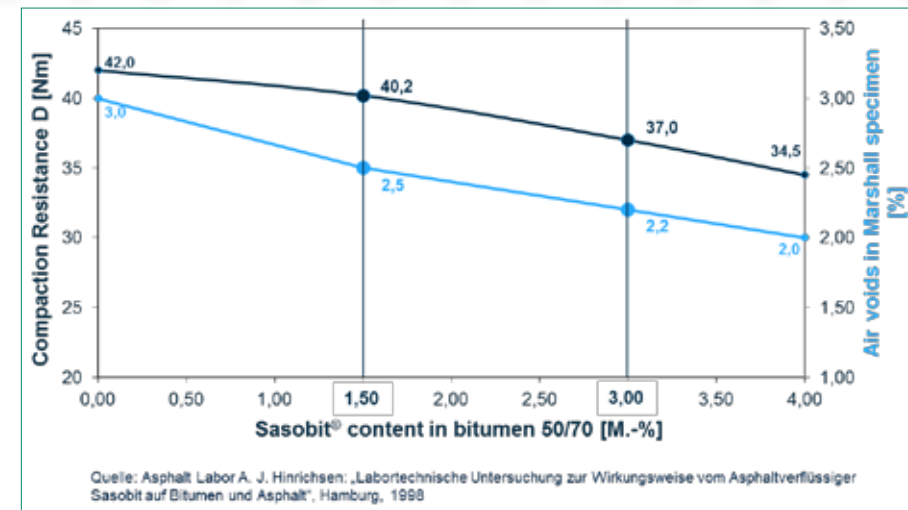
Ez az alábbi előnyökkel jár:

- Szélesebb plaszticitás-tartomány és ennél fogva szélesebb hőmérsékleti intervallum
- Jobb költséghatékonyság a lágyabb alapbitumen használata folytán
- Tartósabb utak

Folyamatbiztonság / jobb feldolgozhatóság

A folyamatbiztonság már 1.5 % mennyiségű Sasobit® hozzáadásával megnövekedik.

A műszaki szabályok előírják az aszfaltkeverékek beépítése során betartandó minimális környezeti hőmérsékletet. Ezek a követelmények tavasszal és ősszel nem mindig tartathatók be. Kedvezőtlen időjárási viszonyok esetén a következő ajánljuk: használják ki a Sasobit viszkozitás-csökkentő



hatását és építsék be az aszfaltkeveréket standard keverési hőmérsékleten.

A Sasobit® javítja a feldolgozhatóságot és az alábbi előnyökkel jár:

- Csökkenti a tömörítési hibák kockázatát, elsősorban nagyon kemény és magas viszkozitású bitumen használata során.
- Jó feldolgozhatóság akár kedvezőtlen időjárási viszonyok között is, addicionális kompaktálódás nélkül / megnövekedett keverési hőmérsékletek nélkül
- Tényleges kompaktálódás egészen a kritikus hőmérsékleti határig
- Az építési szezon meghosszabbodása, mivel azt az időjárási viszonyok kevésbé befolyásolják
- Manuálisan könnyebben kezelhető

Bal: Tömörítési rezisztencia D [Nm]; Jobb: Légbuborékok a Marshall próbatestben; Lent: Sasobit® tartalom a bitumenben 50/70 [M.-%]

Forrás: J. Hinrichsen aszfaltlabor: „Labortechnische Untersuchung zur Wirkungsweise vom Asphaltflüssiger Sasobit auf Bitumen und Asphalt“, Hamburg, 1998

A gyakorlatban a jobb feldolgozhatóság hatása megduplázódik!

A Sasol Wax gyár kapuja

- AC 16 B S 30/45 + Sasobit®
- SMA 8 S 30/45 + Sasobit®

Levegő hőmérséklete: -3 és -7°C között

Épült 2003-ban

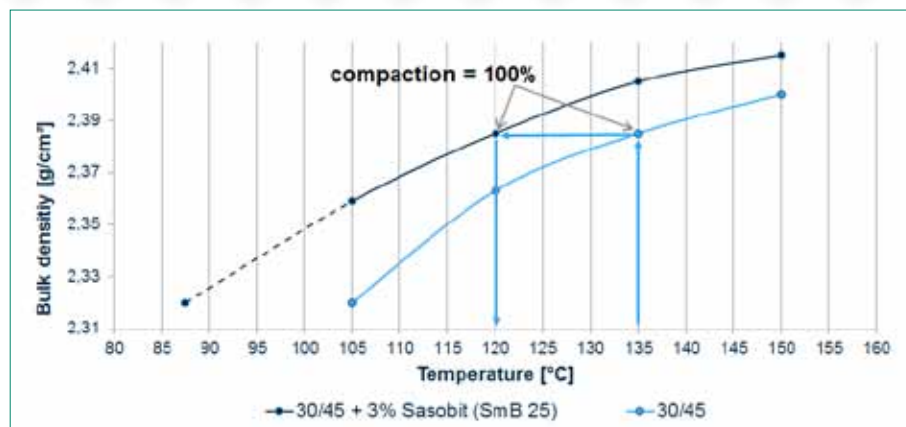
Állapota mindmáig (2016. február) kiváló

Hőmérsékletcsökkenés/Meleg aszfaltkeverék

A folyékony aszfaltot már egy ideje és alacsony hőmérsékleten gyártották és alkalmazták útépítésre. Ezt a módszert azonban Európában alig alkalmazták a többi aszfaltkeveréknél, jóllehet számos előnyt kínál:

- Alacsonyabb CO₂ kibocsátás
- Alacsonyabb energiafogyasztás
- Kevesebb füst és aeroszol
- A bitumen lassabb öregedése
- A gépek és a források alacsonyabb kopása





	Operator	Paver	Screed	Roller
Fumes and Aerosol / bitumen [mg/m³]		6,6	3,2	3,0
Conventional asphalt [mg/m³]		18,6	18,5	7,2
Exposure reducing by [%]		65	83	58

Az európai törvényhozók most joggal összpontosítanak a meleg aszfaltkeverékek technológiáira.

Fent: Kompaktálódás = 100%; Lent: Hőmérséklet [°C]; Bal: Testsűrűség [g/cm³]

A laboratóriumi körülmények közötti kompaktálódás potenciálisan 10-15°C hőmérsékletcsökkenést mutat az azonos kompaktálódás eléréséhez. A tapasztalatok szerint ez terepen történő burkolásnál megduplázható.

BAB A7 AS HH-Bahrenfeld

2014 március

MA 11 S 10/45-65 A + Sasobit®
Keverési hőmérséklet < 230 °C

Wallringtunnel Hamburg: 2015 augusztus

- SMA 8 Hmb 25/55-55 + Sasobit®
- Keverési hőmérséklet kb. 162°C



- AC 16 B Hmb 10/40-65 + Sasobit®
- Keverési hőmérséklet kb. 157°C

A megfigyelést és a dokumentációt a megbízó felelősségbiztosítási társasága végezte.

E projekt keretében a konvencionális burkolási technikával szemben 1.413 l fűtőolaj és 4.409 kg CO2 kibocsátás megtakarítására került sor.

Fent: Kezelő; Finisher; Finisher pad; Henger

Bal: Füst és aeroszol/ bitumen; Konvencionális aszfalt; Expozíció csökkenésének mértéke

30 K maximális hőmérsékletcsökkenés **Sasobit®** 3 százalékos hozzáadagolásával érhető el legjobban.

Energiamegtakarítás / tonna aszfaltkeverék:

Hőmérsékletcsökkenés = 30 K

→ Üzemanyag és CO2 megtakarítás 18 – 22 %

Ahhoz, hogy a Sasobit® ezenkívül a folyamatbiztonság növekedését is biztosítsa, a hőmérséklet-csökkenés potenciálját nem kell teljes egészében ki-meríteni.

A bitumen 50%-ának fáradása már az aszfaltkeverék előállítása és beépítése során bekövetkezik. A csökkentett hőmérsékletű aszfaltkeverék (WMA)-technológiák szignifikánsan csökkenthetik a rövidtávú fáradást és növelhetik az aszfaltburkolat élettartamát (Straße und Autobahn, 8.2014).

Csökkent termális fáradás – laborteszt
Rövidtávú fáradás: RTFOT at 163 °C-on (szabvány)
Ugyanaz a teszt 20°C-kal csökkentett hőmérsékleten: RTFOT 143 °C-on

Tesztteredmények: 50/70 + 3 % Sasobit®:



- Tű penetrációjának mélysége: 33 dmm
 - Maradék penetráció RTFOT után 163 °C-on: 60 %
 - Maradék penetráció RTFOT után 143 °C-on: 70 %
- Ez az eredmény azt mutatja, hogy 20°C-os hőmérsékletcsökkenés 10%-kal magasabb tűvel való maradék penetrációt eredményez, ami a tartósabb aszfaltburkolatok igen jó indikátora.

Az aszfaltkeverék teljesítménye – Deformálódással szembeni magasabb ellenállás

Az aszfaltkeverék teljesítményét rendszerint a deformálódással szembeni, valamint a hideg miatti repedésekkel és a fáradás miatti repedésekkel szembeni ellenállásként definiálják. Az optimális kompaktálódás növeli a teljesítményt.

A Sasobit®-tal való 3 %-os modifikálás növeli a folyamatbiztonságot és biztosítja az optimális tömörítést. A felhasználási hőmérséklet tartományában fellépő megszilárdító effektussal kombinálva a Sasobit® jelentős mértékben javítja a burkolat teljesítményét – az út tartóssága a burkolat teljesítményével arányosan növekedik.

- A Sasobit® 90°C és 70°C között szilárdul meg a bitumenben.
- Elektronmikroszkópia (SEM)
- 4 % FT-viasz az 50/70-es bitumenben
- Az FT-viasz rácsos szerkezete szignifikánsan növeli a magas hőmérsékleten való deformálódással szembeni ellenállást.

A Sasobit® alkalmazása – gyakran a PmB kommodifikációjaként – magas szilárdságú aszfaltburkolatoknál is kiválóan bevált. Az ilyen aszfaltkeverékek alkalmazására magas dinamikus és statikus igénybevételű felületeken kerül sor.



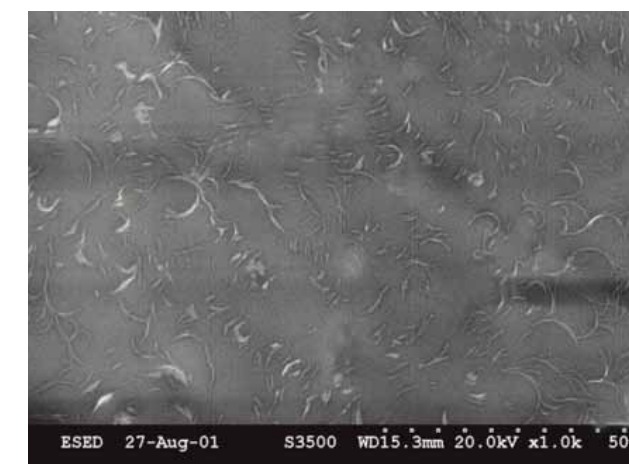
Hamburg Tollerort konténer-terminál

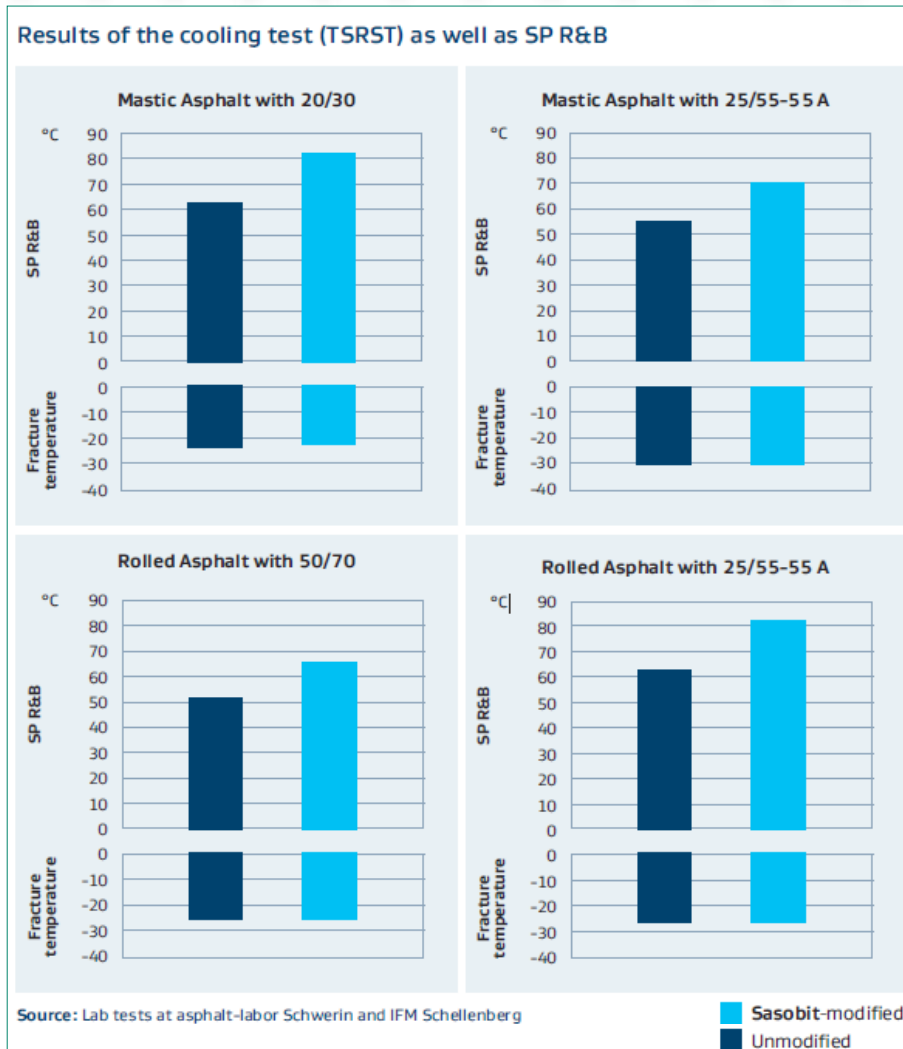
- (70.000 m²) épült 2004-ben
- állapota mindmáig (2016 február) kiváló.
- 8 cm AC 16 B S 10/40-65 A RC + 4.0 M.-% Sasobit®
- 6 cm SMA 16 D S Nynas Endura Z2 (beleértve Sasobit®)

Deformálódással szembeni magasabb ellenállás / alacsony hőmérsékleten való viselkedés

A bitumen Sasobit®-tal való modifikációja általában a gyűrűs-golyós lágyuláspont (SP R&B) növekedését és a penetráció csökkenését eredményezi. Ezek a változások gyakran arra a következtetésre vezetnek, hogy az alacsony hőmérsékleten való teljesítmény károkat okoz.

E következtetésnek a Sasobit®-tal modifikált aszfaltkeverékek vonatkozásában való eloszlása érdekében, bizonyos aszfaltkeverékek elvégeztek a hűtéstesztet (TSRST). Ezenkívül külön-külön megmérték a felhasznált kötőanyagok gyűrűs-golyós lágyuláspontját.





A hűtésteszt és a gyűrűs-golyós lágyuláspont mérésének eredményei

Fenti kockákban fent: 20/30-as bitumenes öntött aszfalt; 25/55 - 55 A modifikált bitumenes öntött aszfalt

Fenti kockákban: bal: Töréspont hőmérséklete; Gyűrűs-golyós lágyuláspont

Alsó kockákban fent: 50/70-es hengerelt aszfalt; 25/55 - 55 A hengerelt aszfalt

Alsó kockákban: bal: Töréspont hőmérséklete; Gyűrűs-golyós lágyuláspont

Jobbra fent, kockákon kívül: Nem modifikált; **Sasobit**-tal modifikált

Forrás: A Schwerin és az IFM Schellenberg aszfaltlabo-



roknál végzett tesztek eredményei

Az alábbi ábra a 20/30-as bitumen gyűrűs-golyós lágyuláspontját és törési hőmérsékletét szemlélteti, összehasonlítva azt a 30/45-ös bitumennel, feltételezve a következő lágyabb bitumenfokozatot + Sasobit®. Egy lágyabb bitumenfokozat használata általában javítja az alacsony hőmérsékleten való teljesítményt, de befolyásolja a deformálódással szembeni ellenállást.

Fent: Öntött **aszfalt**; Bal: Töréspont hőmérséklete, Gyűrűs-golyós lágyuláspont;

Jobbra fent: Nem modifikált; **Sasobit**-tal modifikált

Lent: Forrás: IFM Schellenberg laborban végzett teszt

Egy lágyabb bitumenfokozat + Sasobit® legalább olyan keverékaszfalt teljesítménnyel rendelkezik, mint az eredetileg választott keményebb és nem modifikált bitumenfokozat.

A Sasobit® javítja a deformálódással szembeni ellenállást, anélkül, hogy rontaná az alacsony hőmérsékleten való teljesítményt; a Sasobit®-tal modifikált kötőanyag plaszticitásának tartománya szélesebbé válik.

A plaszticitás mértékének modifikáció okozta mennyiségi változása

Tiszta bitumen

Sasobit®-tal modifikált bitumen

Polimérrel modifikált bitumen (PmB)

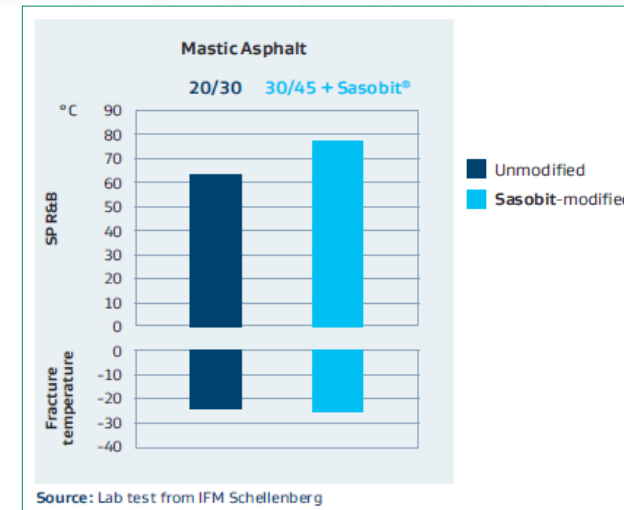
Sasobit®-tal modifikált PmB

Működési hőmérséklet

Forró

Egy-egy projekt sikeres kivitelezéséhez több vonatkozást kell figyelembe venni: Költséghatékony és környezetbarát az aszfaltkeverék előállítása? Jól feldolgozható? Tartós és ellenálló a különböző behatásokkal szemben? Jellemzőinek köszönhetően a Sasobit® az ideális, sokoldalú additív a projektek sokasága számára és a gyakorlatban számos előnyt kínál.

Az FT-viasz modifikációval járó előnyök mellett, mindez további előnyökkel jár.



A forgalom számára való korábbi átadás

Az útépitésekkel összefüggő közlekedési fejlesztések hatást gyakorolnak a gazdaságra és minden évben több milliárd eurós nagyságrendű összegbe kerülnek a költségvetésnek (ADAC Staudbilanz 2014 – a német-orosz közúti torlódások statisztikáját monitorizáló egyesület).

A cél az útlezárások minimálisra csökkentése és ezzel egyidejűleg jó minőségű utak biztosítása.

Pontosan ez az, amit a Sasobit® lehetővé tesz, mivel az aszfaltkeverék alacsony hőmérsékleten beépíthető. Sőt, a szilárdító effektus már viszonylag magas hőmérsékleten is biztosítja a kezdeti stabilitás növelését.

A bitumen tapadása

Az aszfaltburkolatok tartóssága szempontjából igen fontos az aszfalt és az adalékanyagok tapadása.

A Sasobit®-tal modifikált kötőanyag alkalmazása további vegyi adalékanyagok nélkül biztosítja a jó tapadó-teljesítményt – még akkor is, ha az adalékanyag tapadása nem megfelelő. Ez növeli a leválás elleni ellenállást, valamint a jégmentesítő szerekkel szembeni ellenállást.

A Rolling-Bottle-teszt (EN 12697-11) segítségével többszörösen sikerült bizonyítani, hogy a Sasobit®-tal modifikált bitumen javítja a tapadó-teljesítményt. A német közlekedési minisztérium szerint a tapadás akkor elégséges, ha a kötőanyaggal való lefedettség 14 óra elteltével legalább 60%.

Fent: Gneisz; Diabáz kőzet

Bal: Kötőanyaggal való lefedettség

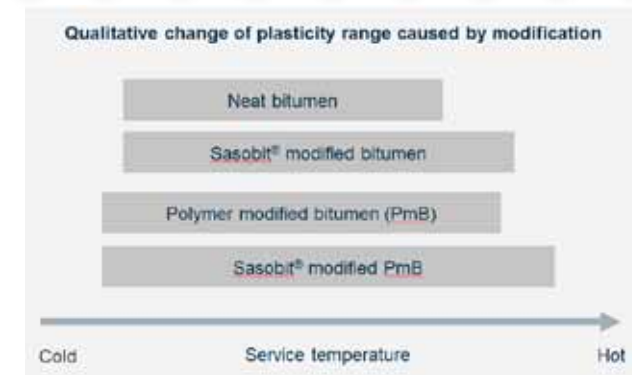
Lent: nem modifikált; + 3 % Sasobit; elégséges tapadás

Üzemanyagokkal szembeni ellenállóképesség

A burkolat üzemanyagokkal szembeni ellenállóképessége több alkalmazásnál is igen releváns:

- Manőverezési felületek
- Benzinkutak
- Buszmegállók
- Parkolók
- Ipari területek
- Mezőgazdasági területek

Gyakorlati példák bizonyították, hogy a Sasobit®-tal modifikált aszfaltkeverékek nagy teherbírási alkalmazásokra használhatók, a bitumen azonban nem poláris oldószerekben oldható, ezért az üzemanyagok könnyen megtámad-



hatják a bitument. A Sasobit® nem poláris oldószerekben, mint az üzemanyagok, majdnem oldhatatlan.

3,0 M.-% Sasobit®-nak a bitumenhez való hozzáadásával szignifikánsan javul a létrejövő aszfaltkeverék üzemanyagokkal szembeni ellenállása, tekintet nélkül a kötőanyagra vagy a porózusságra. Ez a Sasobit® oldhatatlanságának tulajdonítható.

A Sasobit® a keverés és a burkolás során javítja a feldolgozhatóságot. Ez biztosítja az optimális kompaktálódást és nagy sűrűségű aszfaltburkolatokat eredményez. Minél sűrűbb az aszfaltkeverék, annál jobb az üzemanyagokkal szembeni ellenállás.

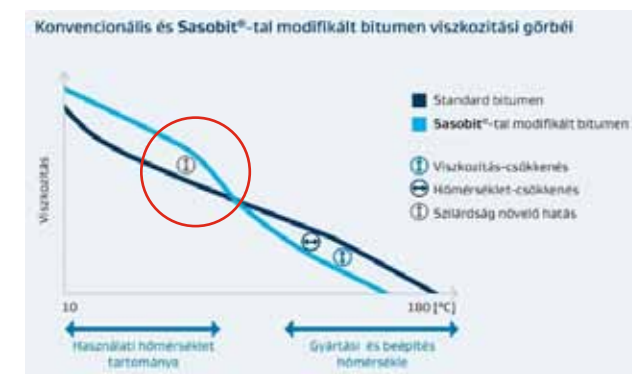
Gumimodifikációval való feljavítás rendes hőmérsékleten

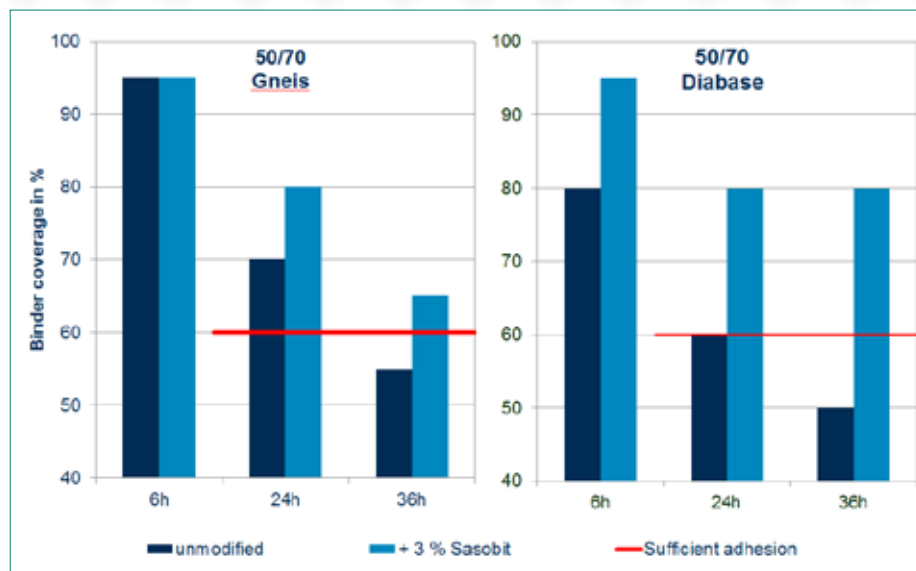
Az aszfalt gumival való modifikációja javítja a teljesítményjellemzőket. Ez a magas viszkozitású keverék azonban előállításánál magas hőmérsékletet igényel.

A Sasobit® lehetővé teszi a gumival modifikált aszfaltkeverékek rendes hőmérsékleten való előállítását. Ez azt jelenti, hogy megelőzhető a hőmérséklet-növekedés. Így az emissziók szignifikánsan csökkennek – ami jelentősen hozzájárul a környezetvédelemhez és a munkahelyi egészséghez és biztonsághoz. Mindezek fölött a Sasobit® javítja a feldolgozhatóságot és a gumival modifikált aszfaltkeverékek kompaktáló jellemzőit.

Több újrafelhasználási lehetőség

Az aszfaltkeverés során hozzáadagolt újrafelhasznált aszfalt (RAP = Recycled Asphalt Pavement) mennyisége növekedett, mivel az újrafelhasznált aszfalt alkalmazása erőforrások és költségek megtakarításával jár. A termelési folyamat szempontjából ez azt jelenti, hogy minél több újrafelhasznált aszfaltot adagolnak a keverékhez, annál jobban fel kell





ahol trágyalé vagy szilárd trágya tárolására szolgáló raktár-épületek, silók lefolyói találhatók, olyan épületek, ahol a vízre veszélyes anyagokat tárolnak, palackoznak vagy dolgoznak fel, vagy olyan épületek, ahol a vízre veszélyes anyagokat kezelnek vagy használnak (Asphalt 3.2008).

A hengerelt és öntött aszfaltkeverékek Sasobit®-tal való módifikációja javítja a vízhatlan burkolással ellátott felületeket a következő jellemzők vonatkozásában:

- Feldolgozhatóság
- Sűrűség
- Üzemanyagokkal, folyadékokkal és egyéb vegyi anyagokkal szembeni ellenállás

- Deformálódással szembeni ellenállás
- Tartósság

hevíteni a friss ásványi anyagokat. Ez nemcsak magasabb energiafogyasztáshoz vezet, hanem több kibocsátáshoz is – és ezzel elsősorban a bitumént károsítja.

A Sasobit® alkalmazásával több újrafelhasznált aszfalt adagolható a hőmérséklet növelése nélkül, függetlenül attól, hogy újrafelhasznált aszfalt hozzáadása hidegen vagy melegen történik.

Az aszfaltkeverékek speciális követelményei

Jellemzőinek köszönhetően az aszfalt kiválóan alkalmas vízhatlan felületek burkolására. Olyan övezetekről van szó,

A Sasobit®-ot 1997. óta világszerte sikerrel alkalmazzák. Egyedi tulajdonságainak köszönhetően a Sasobit® minden bizonnyal bármely aszfaltnál sokoldalú adalékanyagként alkalmazható.

Egy termék – több előny Sasobit

Következtetés

- jobb feldolgozhatóság
- bizonyított folyamatbiztonság
- hőmérsékletcsökkenés (Warm Mix)
- nagyobb stabilitás
- hosszabb élettartam



Adatgyűjtés és állapotértékelés eredményei a fővárosi utakon

Németh Márk



Budapest Közút Zrt.

Pusztai Gábor



Budapest Közút Zrt.

1. Bevezetés

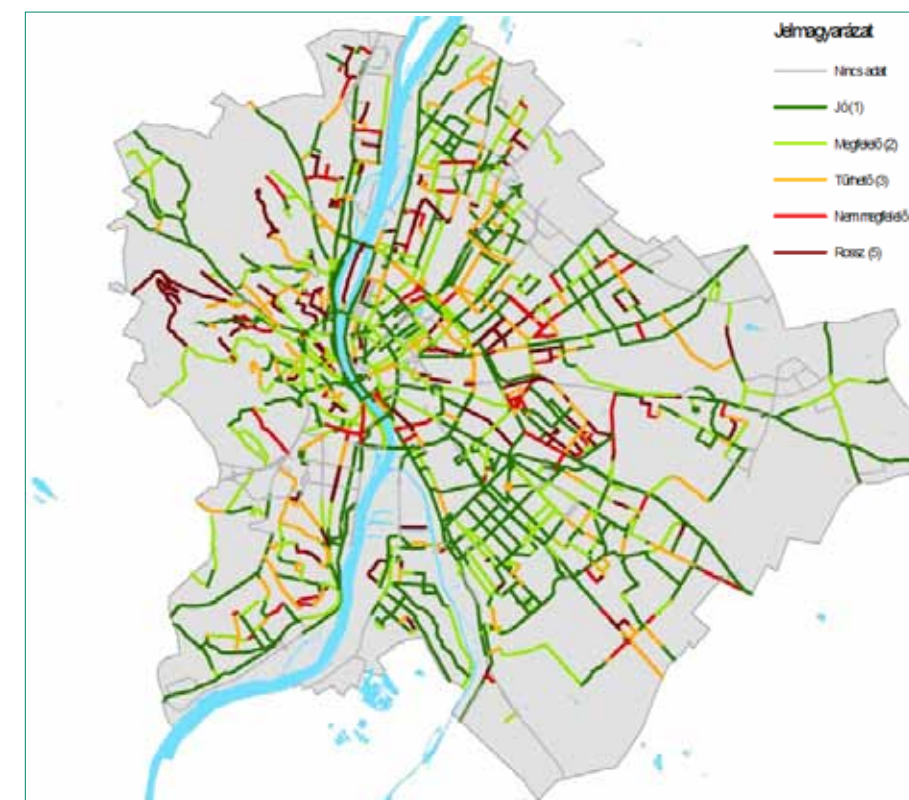
A Budapest Közútnak, mint a fővárosi utak üzemeltetőjének, eltökélt célja, hogy a mai kor elvárásainak megfelelő hatékonysággal lássa el a feladatát. Ennek érdekében mindig is komoly erőfeszítéseket tett a legmodernebb technológiák bevezetésére, és a munkavégzés minősége folyamatos fejlesztésére. Ebbe a szemléletbe illik bele, hogy a Társaság a burkolatüzemeltetéssel kapcsolatos döntéseket minél inkább a közúti nyilvántartásban szereplő friss és hiteles adatok alapján kívánja meghozni. Ehhez azonban a korszerű adatgyűjtéseken kívül szükség van az adatelemzés fejlesztésére is. A Budapest Közút a PMS kapcsán elmúlt években elvégzett feladatai lehetővé teszik, hogy a meglévő információk alapján a PMS rendszer elemzése hatékonyan segítsék a több éves burkolat fenntartási tervek készítését.

A Közúti Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) felmérése nyomán a Budapest Közútnál előállt a Főváros teljes úthálózatára az a pontfelhő térkép, amely alapján az útfelületek geometriája és állapotparaméterei már automatikus módszerekkel elemezhetők. Ezen kívül 2015-ben a Budapest Közút által kezelt úthálózatra, a pontfelhő alapján vektorizálásra került a forgalomtechnikai vázterkép, mely alapján az utak szélessége, felülete meghatározható. (A teljes fővárosi úthálózatra várhatóan 2016 nyarán készül el a vektoros vázterkép).

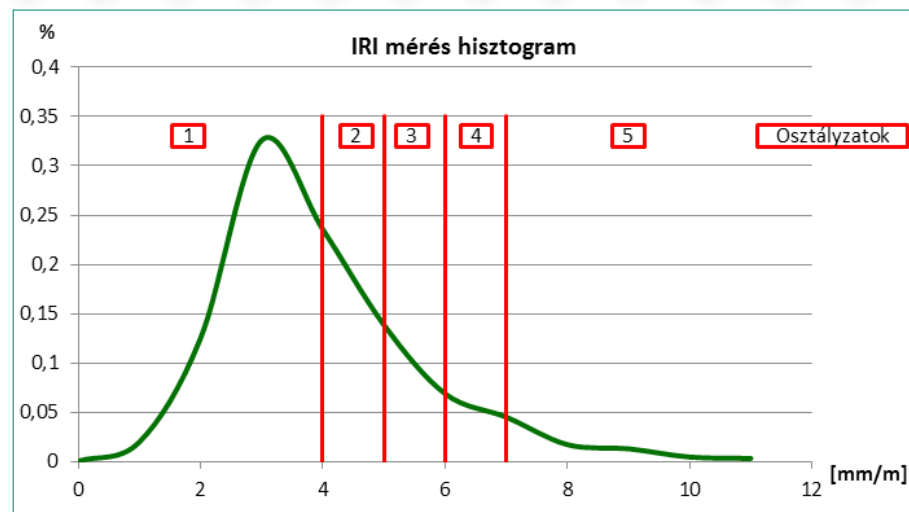
Ha a KARESZ adatfeldolgozáshoz, és az elemzések eredményeihez hozzávesszük az évek óta végzett teherbírás mérések

adatait, illetve a vizuális állapotértékeléseket, akkor kijelenthetjük, hogy elegendő adat áll rendelkezésre egy burkolatgazdálkodási rendszer használatához.

Az alábbiakban szeretnénk bemutatni a Budapest Közútnál fejlesztett PMS főbb paramétereit, osztályozásukat, a paraméterek alakulását a Fővárosban. Kitérünk a fizikai leromlási tendenciák alakulására és az ezek mentén levezetett beavatkozási javaslatokra, valamint a PMS fejlesztési lehetőségeire.



1. ábra Az IRI alakulása a Fővárosi utakon



2. ábra

2. A PMS rendszerben felhasznált paraméterek

Jelenleg a Budapest Közút burkolatgazdálkodási rendszere három állapotparamétert alkalmaz. A hosszirányú egyenetlenség és a behajlás mint objektív paraméterek, a felületi épség pedig mint szubjektív elem segíti a legoptimálisabb stratégia kialakítását.

2.1. Hosszirányú egyenetlenség

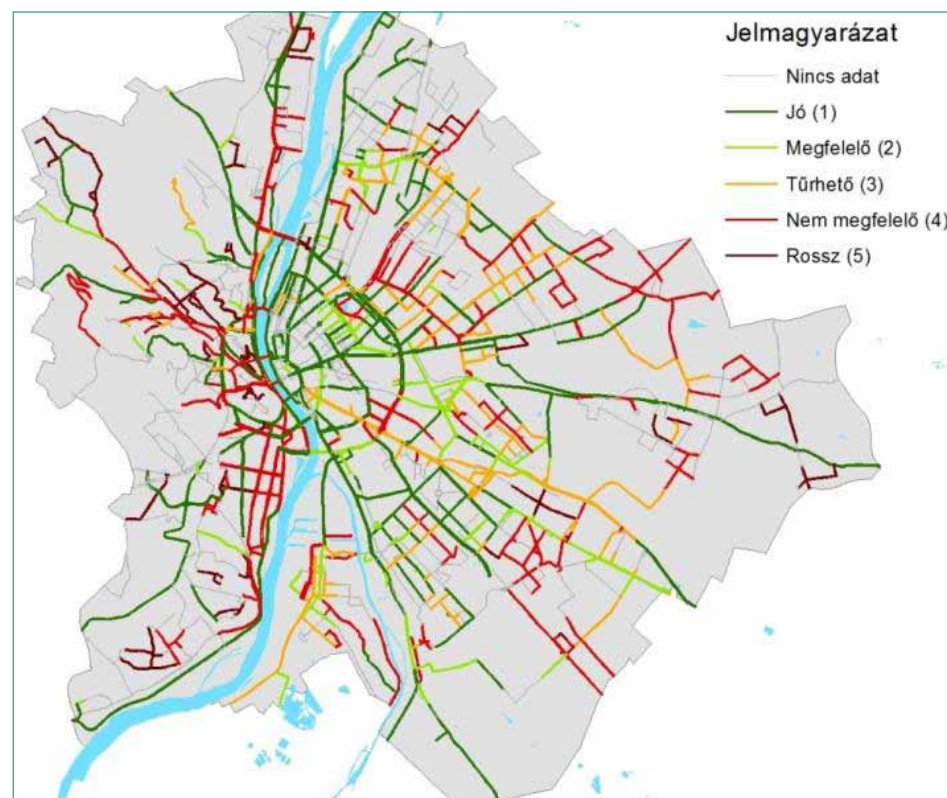
A Budapest Közút burkolatgazdálkodási rendszerében felhasznált hosszirányú felületi egyenetlenség (IRI) értékek teljes mértékben saját terepmodellen alapuló számított adatok. A terepmodell elkészítéséhez szükséges lézerpontfelhőt

a KARESZ mérő- és feldolgozó rendszer szolgáltatja, ami a kiegyenlítési és az osztályozási munkák után a burkolatgazdálkodási rendszernek elérhető lesz. A számítás alapját a Világbank által kiadott számítási algoritmus adja, amely különböző térinformatikai megoldásokat integráló feldolgozó munkafolyamatba illeszkedve az IRI értékeket tetszőleges számú nyomvonalra parametrizálható szakaszhosszal kiszámítja.

Ahogy a fenti ábrából is kiderül, a hosszirányú egyenetlenség átlagos értéke Budapest fő közlekedési hálózatán 3-4 körül mozog. Ez magasnak tűnhet, ám meg kell jegyezni, hogy az IRI az út magassági vonalvezetésére is érzékeny. Belátható, hogy városi körülmények között aligha befolyásolható a magassági vonalvezetés és a nagyobb kereszteződések szintbeli különbségeit nincs mód hosszabban kifuttatni, a szintkülönbségek tehát viszonylag kis sugarú lekerekítésekkel vannak áthidalva. Emellett a rengeteg közműszelvény, amelyek a pályatestben a kopóréteg homogenitását megszakítják jelentősen befolyásolják az IRI értékeket. Mindezt egybevéve az IRI értékekre célszerűnek láttuk új osztályközők meghatározását, ami a fenti táblázatban látható.

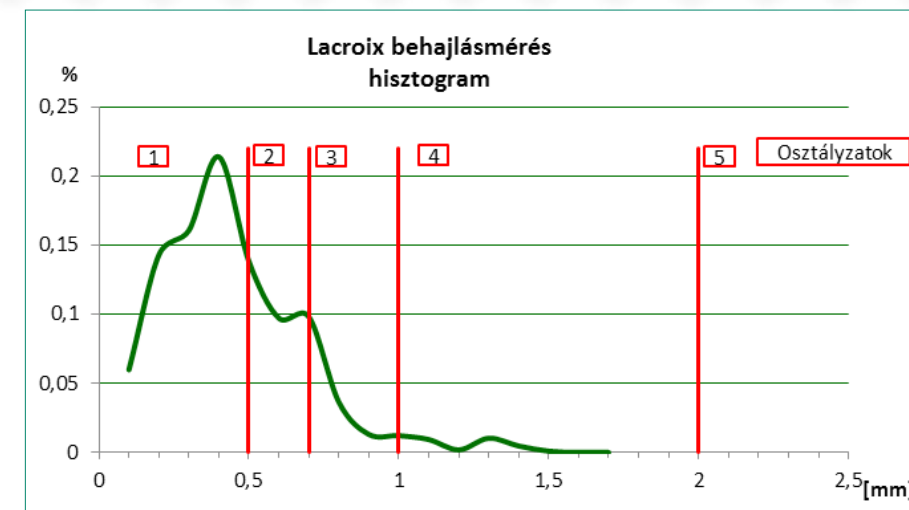
2.2. Behajlás

A Budapest Közútnál 2009 óta rendszeresen történik teherbírásmérés Lacroix mérőautóval. Azért esett a választás a Lacroix mérőautóra, mert a városi környezetben tapasztalható erősen inhomogén pályaszerkezetet célszerű minél sűrűbben vizsgálni. A jelenleg Magyarországon elérhető mérési technológiák közül a Lacroix mérőautó 4 méterenkénti dupla mérése biztosítja a legsűrűbb mérési eredményeket.



3. ábra A Lacroix behajlás alakulása a Fővárosban

IRI osztályzat	IRI	
	min	max
1	0	4
2	4,01	5
3	5,01	6
4	6,01	7
5	7,01	



4. ábra

A 2013-2015-ben mért adatok már pontszerűen EOV koordinátákkal állnak rendelkezésre. Ezeken a területeken statisztikailag kiértékelhetők a behajlás-értékek. A 2015-ös évben 260 km útszakasz teherbírási állapotát vizsgáltuk meg két irányban. Reményeink szerint a következő években is tudjuk tartani ezt az arányt és akkor nagyjából 5 évente minden szakaszra sor kerül.

2.3. Felületi épség

A felületi épség adatokat a létesítményfelelősök által rögzített állapotértékelés adja. A létesítményfelelősök olyan összetett, szakmai tapasztalatokon alapuló értékelést adnak, amely az adott útszakasz forgalmával, kihasználtságá-

val és egyéb nehezen számszerűsíthető paraméterekkel súlyozott minősítés. Ez azért alakult így, mert a fenntartásra rendelkezésre álló forrás elosztásánál a nagyobb forgalmú utak előnyt élveznek. A felületi egyenetlenség mérésünkkel (IRI) végzett korrelációs vizsgálatok azonban bizonyítják, hogy a létesítményfelelősök által megadott értékelések az IRI mérés eredményeivel is összhangban vannak.

3. Leromlási görbék

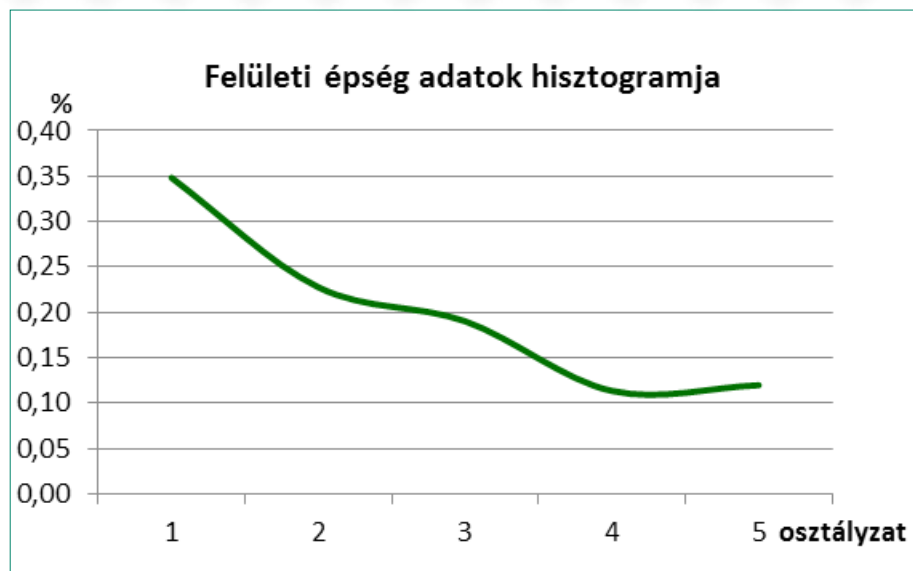
A 2015. évben a leromlási tendenciáink újragondolását láttuk szükségesnek, amelyben Dr. Ambrus Kálmán volt segítségünkre.



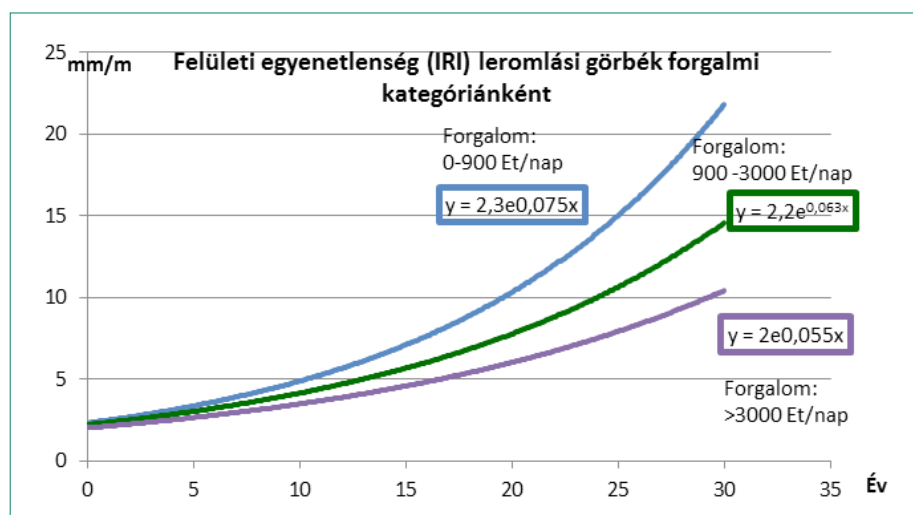
5. ábra A felületi épség alakulása a Fővárosban

Mivel a Magyar Közút NZrt. több mint 20 éve méri és gyűjti az országos úthálózat állapot jellemzőinek adatait, amelyeket az Országos Közúti Adatbank (OKA) adatbázisban tárol. Ezért kézenfekvőnek látszott, hogy az országos úthálózat átkelési szakaszain mért időszoros adatainak kiértékelése alapján kapjunk információt a városi útszakaszok leromlási folyamatairól. Ennek megfelelően első lépésként az országos közutak forgalomszámálási adatbázisából leválogattuk az átkelési szakaszokat, azokat a napi átlagos egységnyi áthaladásnak megfelelően forgalmi kategóriákba csoportosítottuk.

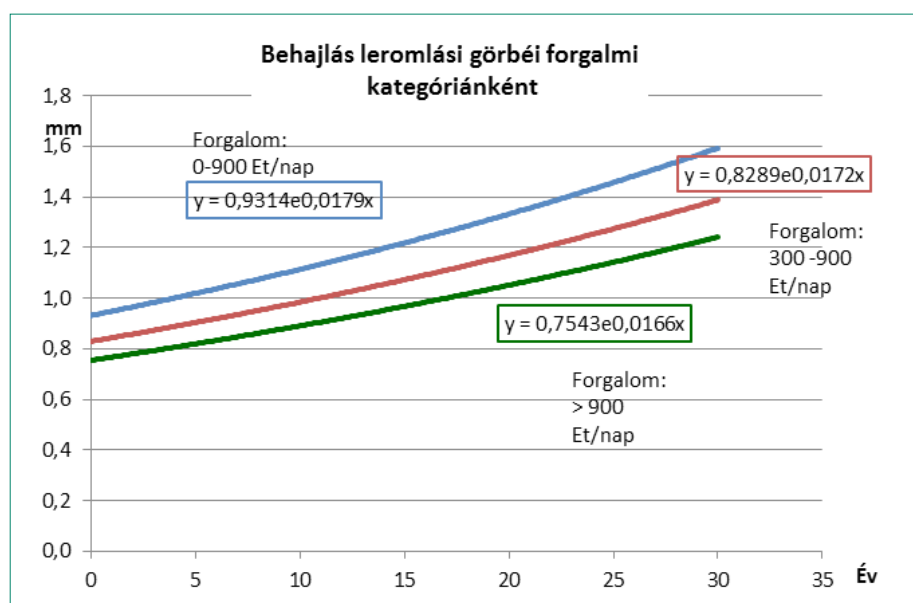
A feldolgozással kapcsolatban sajnos azt is meg kell jegyezni, hogy az adatokban sok bizonytalan és nehezen értelmezhető érték adódott. Ilyennek kell tekinteni azt, amikor a teherbírás – a mérési bizonytalanság tartományánál nagyobb



6. ábra



7. ábra



8. ábra

mértékben – úgy javul, hogy a nyilvántartás szerint nem volt semmilyen beavatkozás vagy a jelzett beavatkozást követően nem javult, hanem romlott az állapotjellemző. A Budapest Közút behajlásmérési adatainak feldolgozásakor hasonló anomáliákat fedeztünk fel. Ez azzal magyarázható, hogy a mérések különböző hőmérsékleti és csapadékviz viszonyok között történtek, a korrekciós tényezők azonban nem feltétlenül biztosítják a pontos átszámítást. Feltétlenül szükségesnek látjuk tehát valamilyen szakmai munkacsoport, vagy egyeztetéssorozat elindítását, hogy a mérést megelőző időjárási körülmények befolyásoló hatását széleskörűen fel lehessen tárni annak érdekében, hogy a behajlásmérést, mint igen fontos állapot- és méretezési adatot ne terheljen ilyen bizonytalanság.

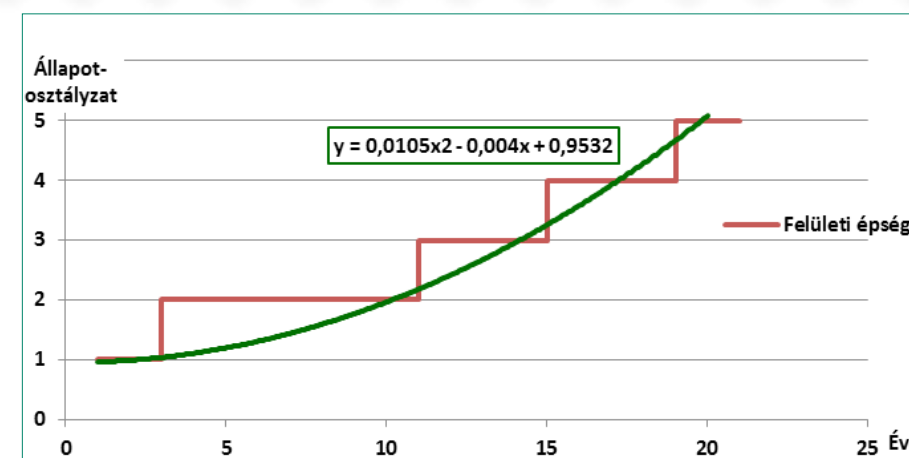
A kutatás eredményeként előállt, és a PMS-ben használt leromlási görbéket az alábbi ábrákban foglaljuk össze:

4. A PMS rendszer futtatásának eredményei

A PMS futtatását két időtávra végeztük el. Az egyik a következő évre vonatkozó konkrét beavatkozási javaslat, ami létesítmény-szinten definiálja az optimális beavatkozást, a másik pedig a közép és hosszútávú előrejelzések sorozata. Ez utóbbi nyilván már létesítmény szinten olyan bizonytalanságokkal terhelt, ami megfelelő szemlélettel kezelendő, azonban stratégiai döntésekhez és távlati forráselosztási tervezésre kiválóan alkalmas.

4.1. Egy éves előrejelzés

Az adataink alapján a PMS rendszer javaslatot tesz a következő évben felújítani szükséges utakra. A javaslat pusztán a mért műszaki paraméterekre támaszkodik, ezért nem vesz figyelembe számos olyan szempontot, ami meghatározhatja a felújítási lista alakulását. Ilyen lehet például a közmű rekonstrukciók helyszínei, a nem fenntartási szempontú felújítások,



9. ábra

illetve a nem mért állapotparaméterek okozta problémák (vízevezetés). Ezek alapján tehát a javaslat alapul szolgálhat a személyes szakmai döntéseknek, de nem helyettesítheti azokat.

A következő évben javasolt beavatkozások és azok megoszlása a kezelt hossz szerint.

A PMS futtatásának eredményeként a következő évre vonatkozó beavatkozásokat típusok szerint tudjuk megadni.

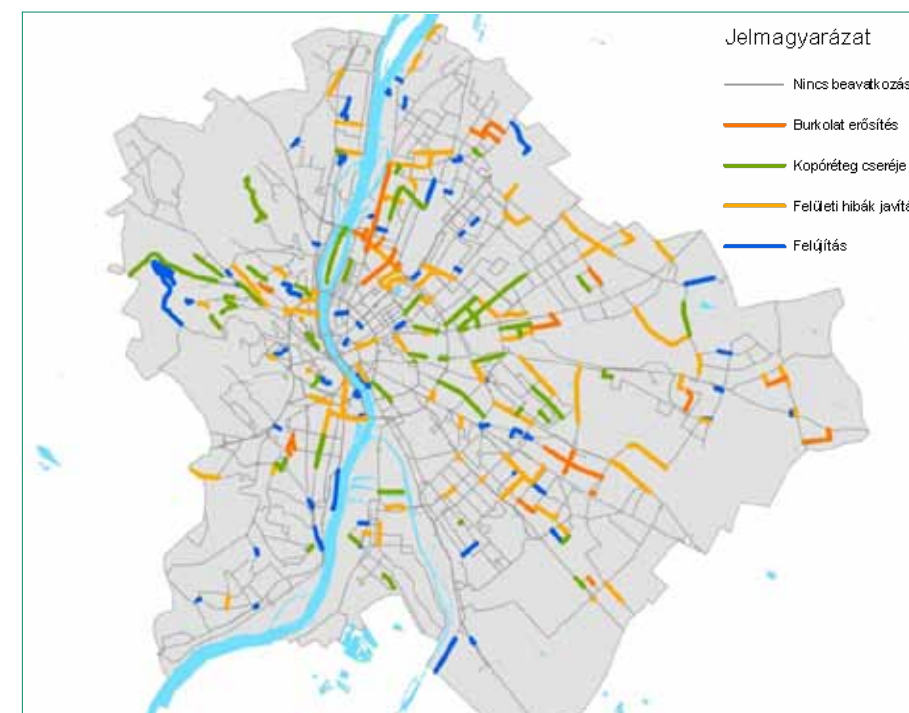
Az egyes beavatkozások műszaki tartalmát az alábbiak szerint javasoljuk.

(3) Burkolat megerősítés

Burkolat megerősítés javasolt, ha a pályaszerkezet teherbírása javításra szorul, de nem szükséges a teljes pályaszerkezet cserélése. A felső 7 cm lemarása után 7 cm AC-22 kötőréteg, zárásként 4 cm AC-11F kopóréteg kerül beépítésre.

(4) Kopóréteg csere

Kopóréteg csere javasolt, ha a teherbírás elfogadható, de felületi hibák, illetve a felületi egyenetlenség rossz állapotú. Ez esetben csak a felső 4 cm kerül lecserélésre AC-11F kopórétegre.



10. ábra A következő évben javasolt beavatkozások

(6) Felületi hibák javítása

A felületi hibák javítása akkor kerül előtérbe, ha az út állapota még nem éri el a komolyabb beavatkozásokhoz szükséges szintet, de már rendszeres rutin javításra szorul. A beavatkozás keretében javasolt a repedések kiöntése (0,2 fm/m²) illetve a kátyúk javítása (0,02 t/m²).

(10) Felújításra javasolt

A felújításra javasolt szakaszokon várhatóan szükség lesz valamilyen felújításra, de adatok hiányában a Burkolatgazdálkodási rendszer nem tudott felújítási javaslat műszaki tartalmát

megadni. A szakaszok jellemzően azon szakaszok, amit a létesítményfelelősök beavatkozásra javasolnak, de egyéb adatgyűjtés nem történt.

4.2. Hosszú távú előrejelzés

Az alábbi ábrásor modellezi az elkövetkező 5,10,15 év leromlási folyamatát. Amennyiben a javasolt beavatkozásokat nem végezzük el, az utak állapota a leromlásnak megfelelően újabb beavatkozásokat tesz majd szükségessé.

5. PMS jövője

Az idei évben elvégzett kutatás és fejlesztés rámutatott néhány területre, amelyben érdemesnek látjuk a további munkát. Ezeket néhány pontban összefoglaltuk.

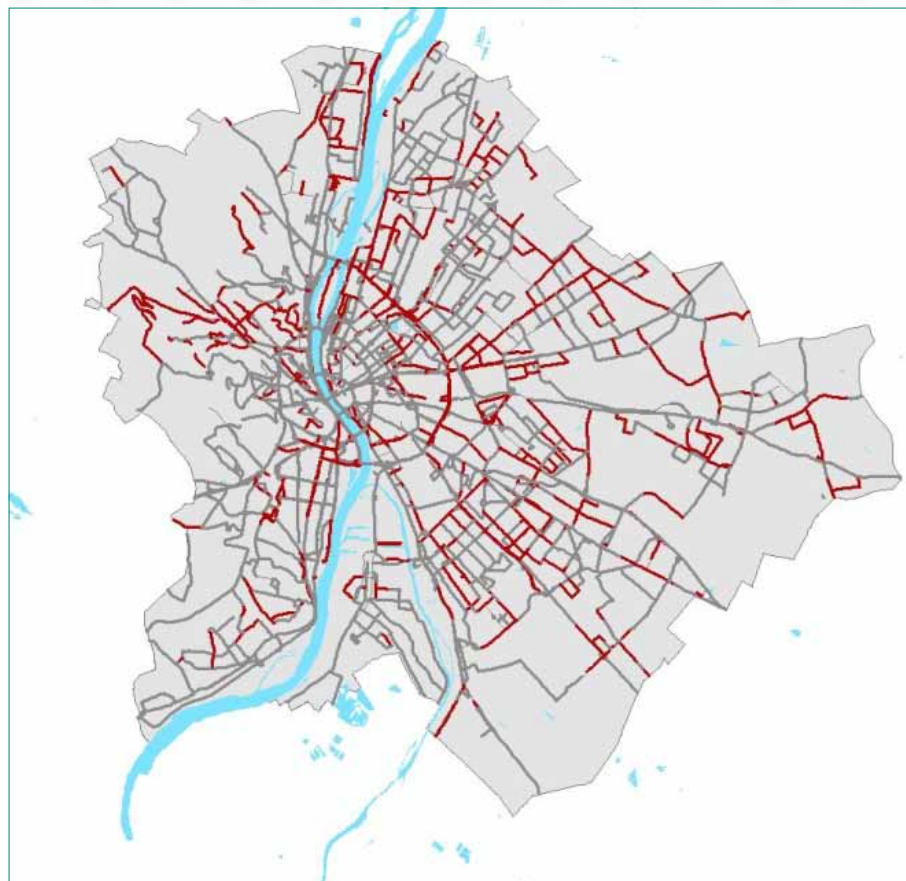
5.1. PMS eredményeinek gyakorlati alkalmazása, integrálása az útfelújítások folyamatába

2015 végére a Budapest Közút PMS rendszer képes megfelelő pontosságú előrebecsléseket készíteni, és a felújítások költségét megbecsülni. A modell eredményei ugyanakkor csak akkor érik el a céljukat, ha beépülnek a Budapest Közút út-üzemeltetési, és útfelújítási ügymenetébe.

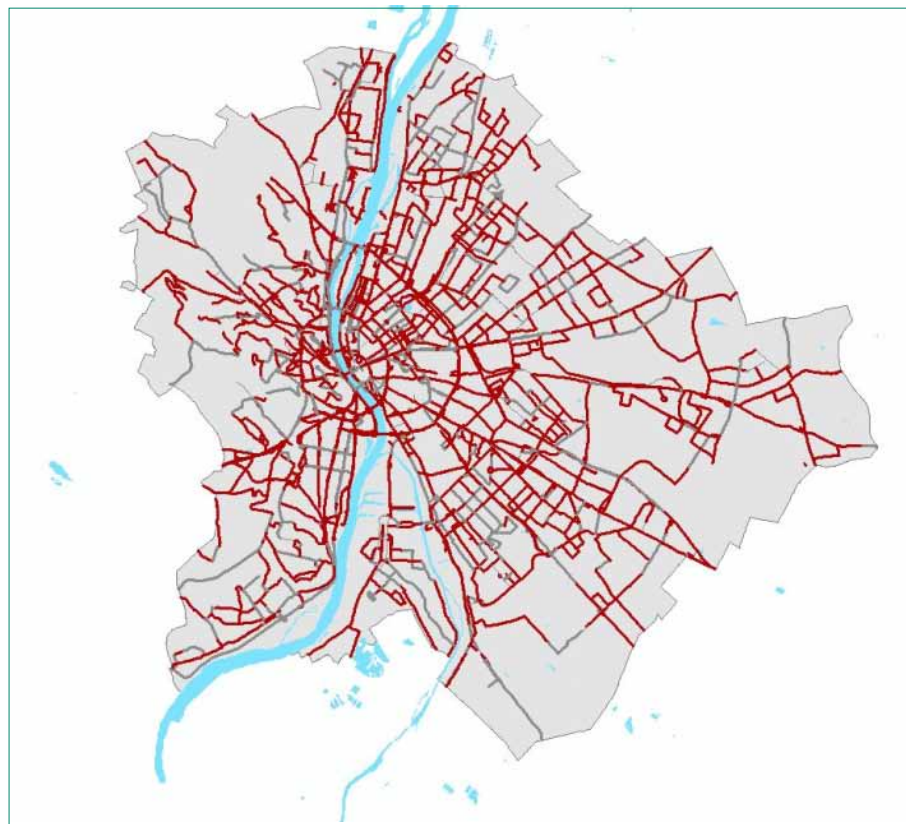
A 2016-os év kiemelt feladata, hogy PMS rendszer eredményeit az Út-, híd- műtárgyfenntartási igazgatóság mindennapi feladataihoz igazítsuk, és megkezdődjön a rendszer üzemszerré használata az útfelújítások tervezésénél.

5.2. A PMS modell felülvizsgálata a teherbírásmérés szempontjából

Beavatkozás	%
Burkolat megerősítés	1,9
Kopóréteg cseréje	4,1
Felületi hibák javítása	6,2
Nincs beavatkozás	81,4
Felújítás javasolt	2,5



11. ábra A következő 5 évben szükséges beavatkozások várható helyszínei.
A beavatkozások az üzemeltetett úthálózat 27,7 %-át érintik.



12. ábra A következő 10 évben szükséges beavatkozások várható helyszínei.
A beavatkozások az üzemeltetett úthálózat 70,9 %-át érintik.

A meglévő többéves mérési eredmények alapján kiderült, hogy az utak teherbírása nehezen előrebecsülhető, és ez nagyban befolyásolja a PMS rendszer megbízhatóságát. A Budapestre jellemző félmerev pályaszerkezetek nem egyenletes fáradási tulajdonsága, és a teherbírást befolyásoló számos méretlen paraméter (altalaj víztartalma, betonréteg vastagsága, altalaj tömörsége, stb.) azt eredményezi, hogy az előrebecslések pontossága csekély. Indokoltnak látjuk ezért a Főváros területén működő talajvíz-kút hálózat adatainak beszerzését, monitorozását, valamint az OMSZ üzemeltetésében lévő csapadékradar adatainak lekérdezését és feldolgozását.

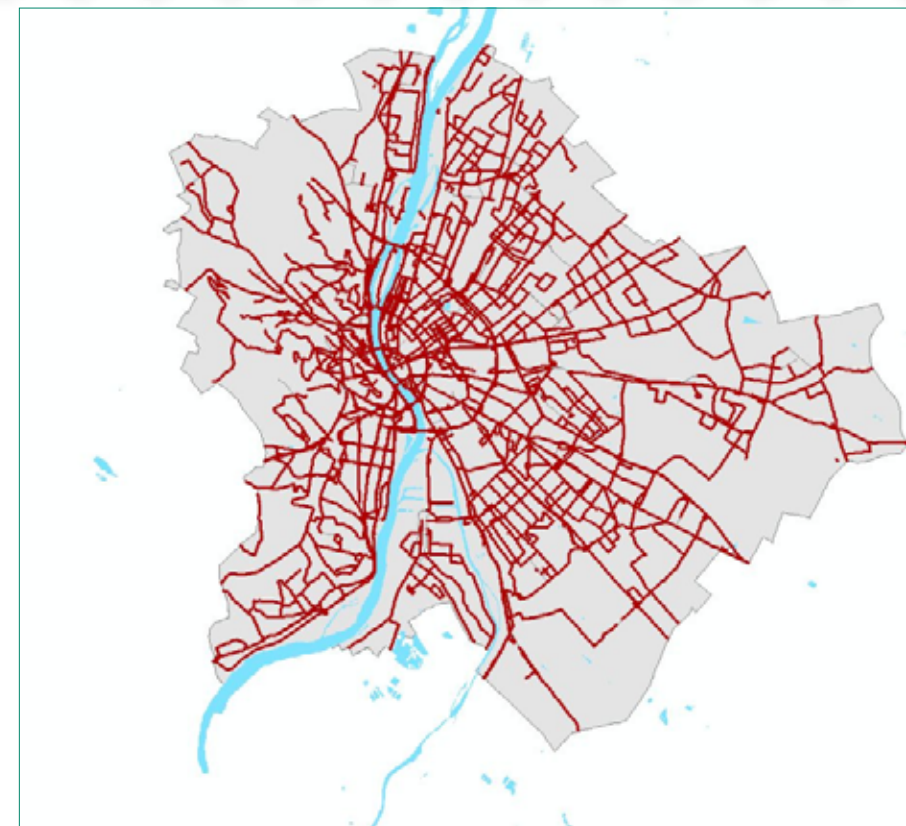
Mindent egybevéve azonban célszerű a jelenlegi teherbírás központú modellt úgy átalakítani, hogy a többi, jobban előrebecsülhető paramétert nagyobb súllyal vegye figyelembe.

5.3. Felületi épség adatok objektív kiértékelése

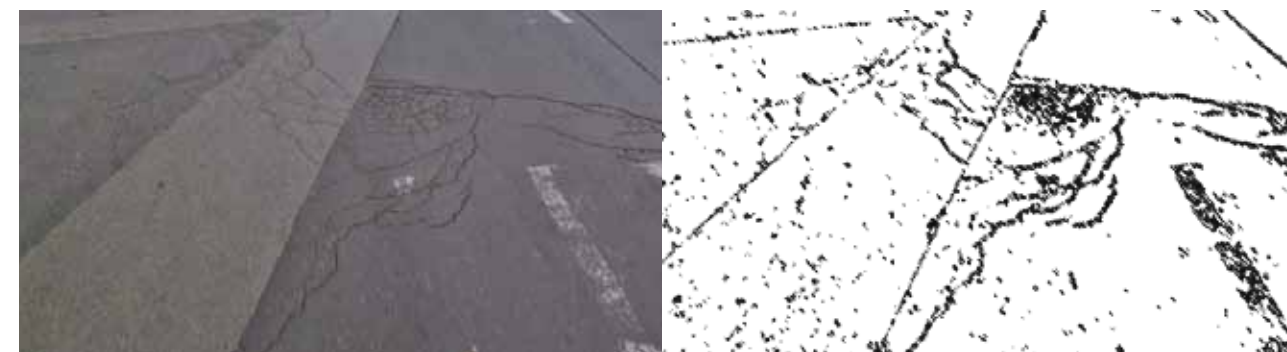
A felületi épség adatok jelenleg egy összetett osztályzatban érkeznek, amit minden létesítményfelelős ad 1-5 skálán. Az eddigi tapasztalat szerint a PMS futtatásához előnyös lenne ezen állapotadat szubjektivitásának csökkentése.

Elsőként a létesítményfelelősök osztályozási gyakorlatát lehetne különböző oktatásokkal és próba-osztályzásokkal egymáshoz hangolni. Ezután javasolt lenne egy több fokozatú skálát (pl 1-10) bevezetni valamint, az állapotosztályzatot megbontva a repedezettséget, a lefolyástalanságot, a burkolat egyéb egyenetlenségeit külön osztályzatban kiértékelve alkalmazni. A szubjektív értékelés nagyon fontos és annak éppen szubjektív mivolta teszi igen értékessé. A következő módszer tehát semmiképp nem tud a szubjektív értékelés helyettesítője lenni inkább kiegészítené azt.

A KARESZ felmérésből igen sok viszonylag nagy felbontású kép áll rendelkezésre az útburkolat felületéről háromdimenziós koordinátákkal. Az alábbi ábrapáron jól látszik,



13. ábra A következő 15 évben szükséges beavatkozások várható helyszínei.
A beavatkozások az üzemeltetett úthálózat 96,2 %-át érintik.



14. ábra



15. ábra

hogy közismert élkeresési algoritmust alkalmazva bízható eredménnyel lehet a repedéseket digitalizálni. Az így megtalált élek elméletileg transzformálhatók a valóságos helyzetükbe. Ennek a transzformációs eljárásnak a megalkotása egy nagyon fontos fejlesztési feladata lehet a jövő évnek.

5.4. Mintaszakaszok hosszúléjárátú vizsgálata

A hosszúléjárátú kísérletek sikeressége a folyamatos és dokumentált adatgyűjtésben rejlik. Amennyiben ez teljesül a kiválasztott mintaszakaszokon a Főváros burkolatgazdálkodási rendszere egyedi, a városhoz leginkább illeszkedő leromlási és költségbecslési eljárásokkal bővíthet.

Az „elfelejtett” bitumenemulzió

Lancsák Ildikó

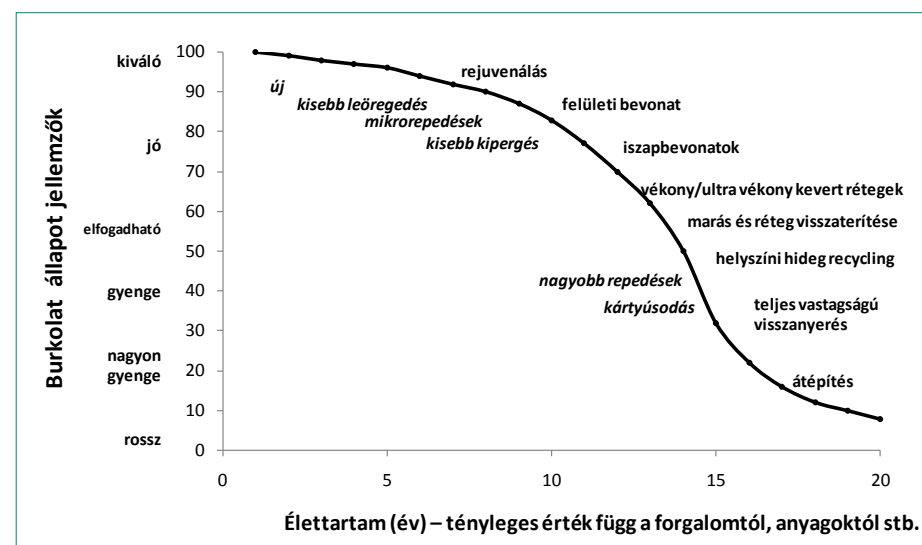


üzletfejlesztési vezető,
COLAS Út Zrt.

1. Nemzetközi kitekintés

A bitumenemulzió fontosságát mutatja, hogy világszerte számos nemzetközi szervezet foglalkozik a témával. A bitumenemulzió területén működő legfontosabb nemzetközi szervezetek:

- IBEF
International Bitumen Emulsion Federation/Nemzetközi Bitumenemulzió Szövetség.
Teljes jogú tagjai: a bitumenemulzió gyártók, társult tagjai: berendezés és alapanyaggyártók, bitumenemulzió felhasználók. Célkitűzése az emulzióhasználat népszerűsítése, az emulziós technológiák fejlesztése, szabványosítás, biztonság, termelési statisztikák, információcsera biztosítása a tagok között. Két évente világkonferenciát szervez.
- AEMA
Asphalt Emulsion Manufacturers Association /Aszfalt és Emulzió Gyártók Szövetsége



1. ábra Burkolat állapot – élettartam összefüggés

1973-as alapítása óta proaktív szervezatként támogatja a hatékonyabb aszfalt és emulzió felhasználást. (USA-Maryland)

- ARRA
Asphalt Recycling & Reclaiming Association's /Aszfalt Újrahasznosítás és Visszanyerési Szövetség
Amerikai központú, független szervezatként elsődleges feladata, hogy elősegítse a meglévő útpályák újrahasznosítását különböző építési módszereken keresztül. Megőrizzé a természeti erőforrásokat és csökkentse a költségeket.

- ISSA
International Slurry Surfacing Association/Nemzetközi Iszapbevonat Szövetség
1963-as alapítású nonprofit szervezet elsődleges feladata az iszapbevonatok népszerűsítése az ezzel kapcsolatos oktatás, minőségi kérdések, szabványosítás, információ átadás, műszaki segítségnyújtás.

- PPRA
Pavement Preservation & Recycling Alliance/Burkolatmegőrzés és Újrahasznosítási Szövetség

Az AEMA, ARRA, ISA által létrehozott szervezet, amely egyre inkább előtérbe helyezi a burkolatmegőrzés fontosságát. Ennek kapcsán fél évente közösen világkonferenciát szerveznek.

A burkolat megőrzés (Pavement Preservation) lényegét a következőkben foglalmazták meg:

A burkolat életciklusának meghosszabbítása a cél, hogy a teljes felújítás időben kitolható legyen.

A burkolatmegőrzés olyan költséghatékony és környezetvédelmi szempontból fenntartható stratégiák összessége, amelyek meghosszabbítják a meglévő burkolatok élettartamát mielőtt azok lényegesen leromlanak, elkerülve a jövőbeni magas újraépítési vagy helyreállítási költségeket a burkolat életének kritikus pontjaiban ráfordított kisebb összegeken keresztül. A burkolat megőrzés kifizetődik mind rövid-, mind hosszútávon.

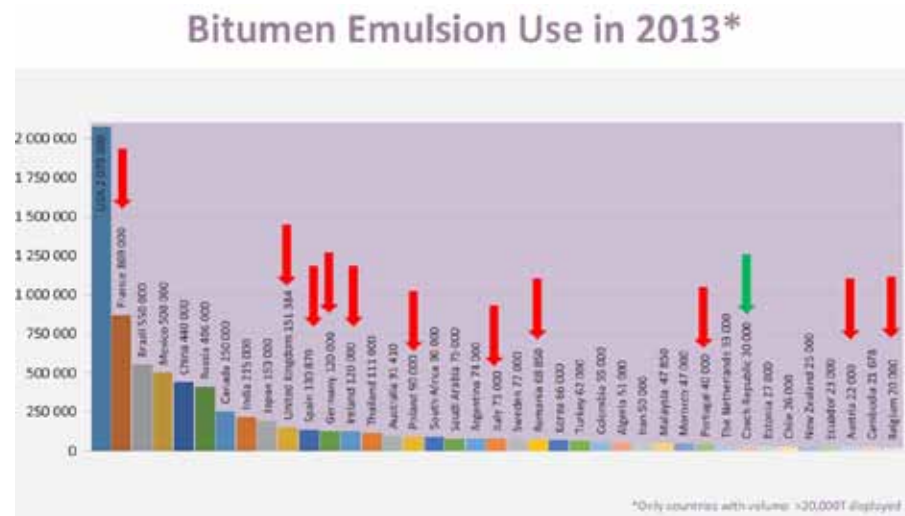
Az 1. ábra azt szemlélteti, hogy a burkolat élettartamának előrehaladásával a burkolati hibák javítására milyen technológiákat lehet javasolni.

Az ábrából látható, hogy a burkolat élettartamának elején keletkező burkolat romlások javításában az bitumenemulziós technológiák a célra vezetők.

2. Bitumenemulzió felhasználás a világban

Magyarországon nincsenek hivatalos adataink a bitumenemulzió gyártásról és felhasználásról, de becslést mennyiségként 2014-ben 10 000 t, 2015-ben 12 000 t körüli volt a gyártás és felhasználás összessége.

A 2. ábra a világ bitumenemulzió felhasználást mutatja 2013-ban. A piros színű nyílal jelöltek az európai országok. A Magyarországgal közel azonos nagyságú úthálózattal rendelkező Csehországban is a bitumenemulzió felhasználás 30 000 tonna volt 2013-ban, mintegy háromszorososa a magyarországiaknak.



2. ábra Bitumenemulzió felhasználás a világon 2013-ban

3. Bitumenemulziós technológiák

A burkolatok időtállóságának egyik alapvető, kihagyhatatlan és szükséges összetevője a bitumenemulzió, amint az az 1. ábráról is látható.

A magyarországi gyakorlatra jellemző, hogy a bitumenemulziót szinte csak ragasztásra használjuk, ennek okán szeretnék egy tágabb képet adni az emulzióhasználat sokszínűségéről.

A következők egy rövid összefoglalót adnak az emulziós technológiákról.

3.1. Ragasztás (tack-coat)

Az e-UT 06.03.21:2010 Ütügyi Műszaki Előírás 2.2.2. pont szerint az aszfaltrétegek ragasztására C40B1 és C60B1 típusú emulzió használható a következők szerint:

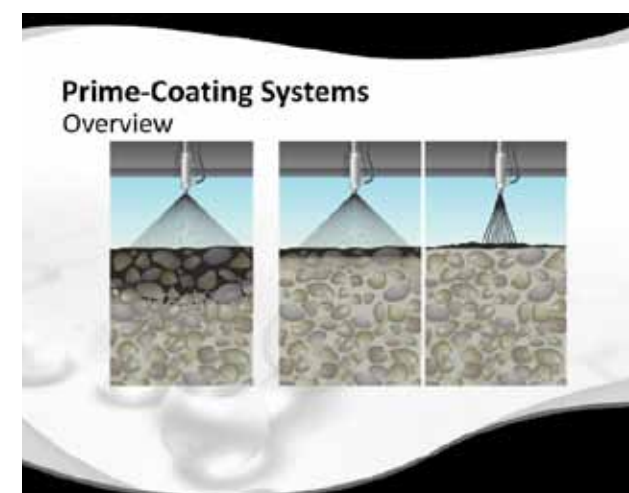
„Az emulzió törését követően az esetek többségében a maradó bitumen mennyisége **0,20-0,35 kg/m²**”, amelyhez tartozó megfelelő kiszórandó bitumenemulzió mennyiség 0,4-0,6 kg/m² közötti érték.

3.2. Elsődleges ragasztás (prime-coat)

A francia gyakorlatban kizárólag hidraulikus kötőanyag nélküli pályaszerkezetekben alkalmazzák, ahol a kötőanyag nélküli alaprétegek esetén különböző mélységű, speciális



Bitumenemulzió szórás



3. ábra Különböző mélységű itatások

emulziós itatásokkal biztosítják ennek a rétegnek az együtt dolgozását a pályaszerkezet felsőbb rétegeivel (3. ábra).

3.3. Felületi bevonatok

Az útkarbantartás költséghatékony megoldása. Ezzel a technológiával a teljes pályaszerkezet cseréje időben kitol-



Egyrétegű felületi bevonat



+

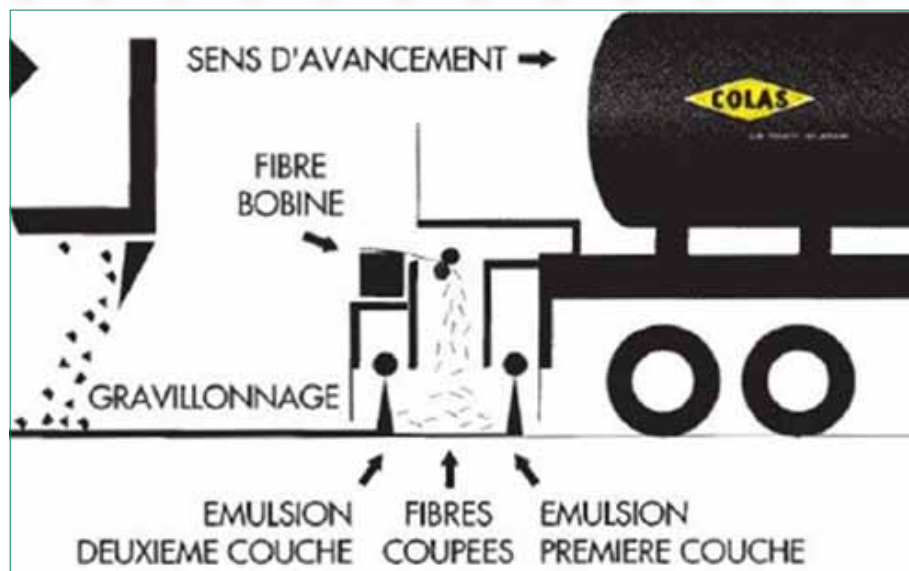


+



===





5. ábra Colfibre bevonatot terítő célgép

ható. A felületi bevonatokat abban az esetben célszerű alkalmazni, ha az útburkolaton csak felületi károsodás van, de profilhelyes és a teherbírása megfelelő. A kőfelverődés miatt alkalmazása kisebb forgalmú utak esetén javasolt.

A felületi bevonat permetezési technológia, legalább egy réteg kötőanyagból és egy réteg zúzott kőanyagból áll.

Több változata ismert. Ezek a következők: egyrétegű, egyrétegű, kettős zúzalékolású, kétrétegű, kétrétegű inverz, szendvics, feszültségelnyelő membrán.

A bevonatra vonatkozó követelményeket európai szabvány rögzíti, amelyből nemzeti alkalmazási dokumentum készült (e-UT 06.03.61).

A 4. ábra a bitumenemulzió szórását és egyrétegű felületi bevonatot mutat be.

A felületi bevonat egyik típusa az üvegszál erősítésű felületi bevonat, amely Colas szabadalom Colfibre néven. Ez a fajta felületi bevonat nemcsak lezárja a nyitott, repedezett

felületet, hanem erősítő szerepe is van. A bevonatot az 5. ábra szerinti speciális célgép teríti. A 6. ábra az üvegszál vágást és terítést szemlélteti.

3.4. Iszapbevonatok

Felület megóvási technológia, profilhelyes, nagyforgalmú utakon használható. A keveréket egy célgép állítja elő.

A nemzetközi gyakorlat megkülönböztet:

- mikro Seal: 0/3 - 0/5 szem-nagyságú ásványi keverék
- makro Seal: 0/5 - 0/11 szem-nagyságú ásványi keverék

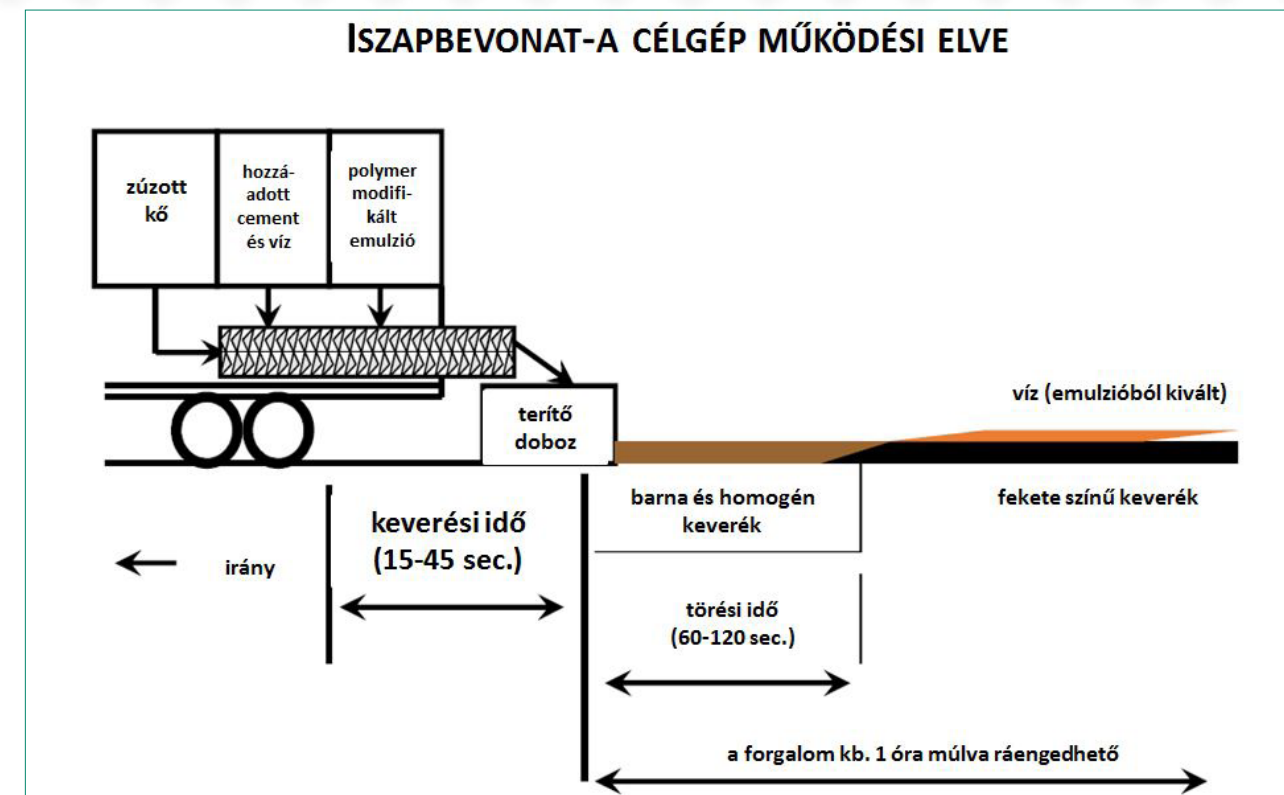
A 7. ábra az iszapbevonat előállítását és terítését mutatja be. Az iszapbevonatokat ma már kizárólag modifikált bitumenemulzióval készítik. Az iszap-

bevonatokra vonatkozó követelményeket európai szabvány rögzíti, amelynek a nemzeti alkalmazási dokumentuma az e UT 06.03.62 számú útügyi műszaki előírás.

Az iszapbevonatok egy speciális csoportját képezik a színes bevonatok. Ezek a bevonatok nemcsak állagmegővő, hanem figyelemfelkeltő, forgalomtechnikai célt (pl. kerékpárút) is szolgálnak. Ezek a fajta bevonatok speciális, világos színű kötőanyagot és színezőanyagként különféle pigmenteket tartalmaznak. A leggyakrabban használt színek – piros, zöld, narancs, fehér. A 8. ábra különböző színű iszapbevonatokat mutat be.

3.5. Novacol- hideg helyszíni recycling bitumenemulzió kötőanyaggal

Az eljárás során a meglévő burkolat marása vagy összetörése történik max. 20 cm mélységig. Ezután az összetört anyagot bitumenemulzióval összekeverik a bitumenes



7. ábra Iszapbevonat előállítása és terítése

kötés biztosítása érdekében. A keveréket visszahelyezik a burkolatra és tömörítik. A Novacol technológia lépéseit és gépeit a 9. ábra szemlélteti.

A Novacol technológiával elsősorban bitumenes kötő- és alaprétegeket lehet előállítani.

Előnyei:

- Új anyagok megtakarítása, az összes helyszíni burkolat, mint alapanyag újrahasznosításával
- Jelentősen csökken a felhasznált energia és az anyagszállítás
- 30% költségmegtakarítás a hagyományos technológiákhoz képest
- Környezetvédelem: jelentősen kisebb a széndioxid lábnyom
- Azonnal átadható a forgalomnak, a forgalom folyamatosan fenntartható
- Egyszerűbb a forgalomterelés tervezése és kivitelezése

3.6. Valorcol- mart aszfaltot tartalmazó aszfaltkeverék bitumenemulzió kötőanyaggal

100 % mart aszfaltot tartalmazó aszfaltkeverék bitumenemulzió kötőanyaggal.

Magyarországi előállítása WIRTGEN KMA 150 folytonkeverővel történik, amelynek max. kapacitása 70-80 tonna/óra

Előnyei:

- Új anyag megtakarítása, a rendelkezésre álló mart aszfaltok keverőtelepi felhasználásával
- Csökken a felhasznált energia és részben az anyagszállítás
- Lehetőség a mart anyagból készülő újrahasznosított szerkezet kővázának javítására
- Környezetvédelem: jelentősen kisebb széndioxid lábnyom
- Költséghatékony új alap / kötőréteg kialakítása már meglévő alapokra
- Beépítésénél nincs nagyobb kötöttség, mint a hagyományos módszer esetén
- Kombinálható a cementes hideg remix eljárással

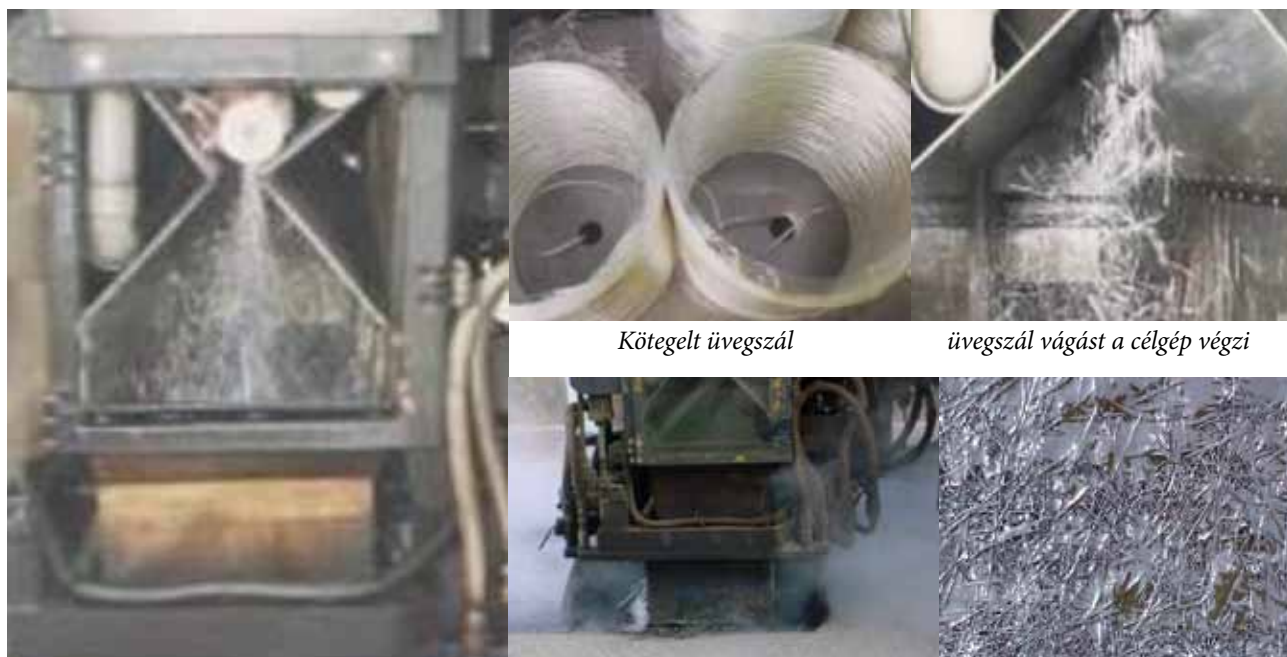
A 10. ábra a VALORCOL aszfaltkeverék gyártását mutatja be KMA 150 keverőgéppel

3.7. Hidegkátyúzó keverékek- Compomac, Tatracol

A hideg kátyúzókeverékek speciális bitumenemulziós



8. ábra Különböző színű iszapbevonatok



Kötegelt üvegszál

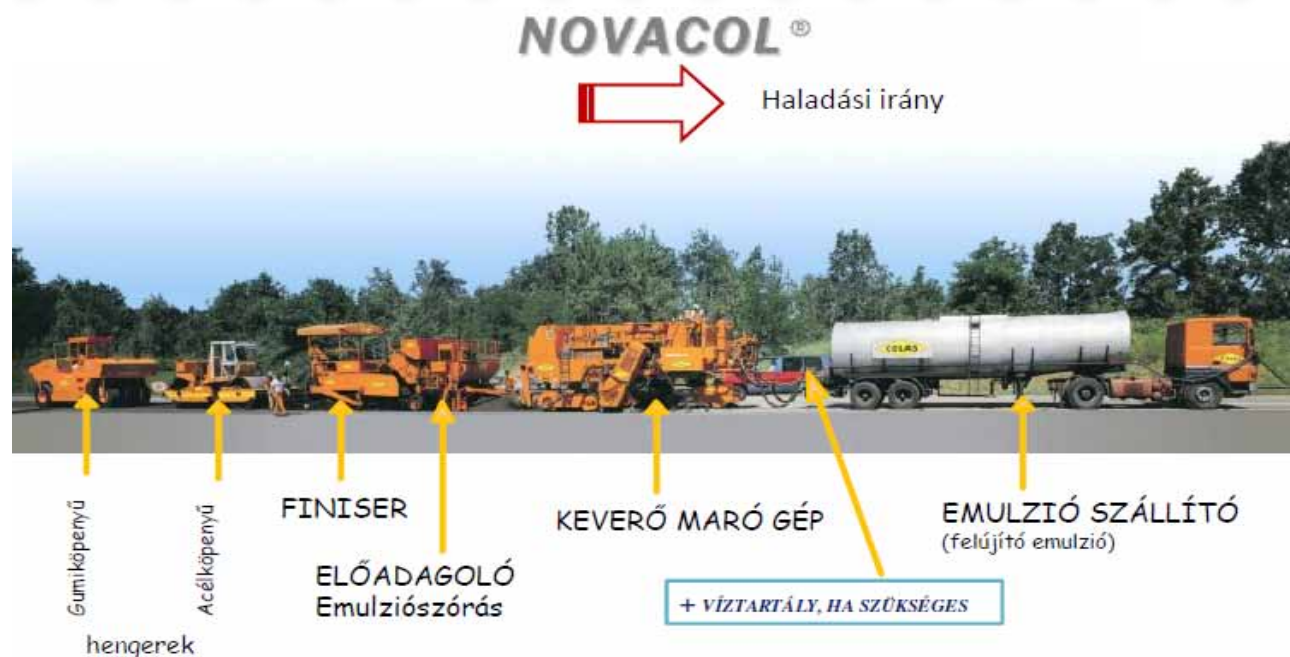
üvegszál vágást a célgép végzi

üvegszál kiszórása

emulzió szórás

elkészült bevonat

6. ábra Az üvegszál erősítésű felületi bevonat készítésének lépései



9. ábra Novacol technológia lépései és gépei

kötőanyaggal készülnek. Ezek a keverékek nemcsak kátyúzási célra, hanem rétegek kialakítására is használhatók. Vödörös, zsákos kiszerezésük illetve ömlesztett formában érhetők el. Hazánkban ezeket az anyagokat nem gyártjuk, Ausztriában illetve Szlovákiában érhetők el legközelebb. A 11. ábra a kétfajta kiszerezésű (zsákos és ömlesztett) kátyúzókveréket mutatja be.

4. A Colas Út Zrt. bitumenemulziós üzletága

Magyarországon a bitumenemulzió-üzemek építése 1983-ban kezdődött, a Colas Út Zrt. gyöngyösi üzeme is ekkor épült. Az üzemben található kolloidmalom francia gyártmányú, teljesítménye 25 tonna/óra. A gyöngyösi telephe-

lyen összesen 250 tonna emulzió tárolására van lehetőség, melyet 5 db 50 tonnás tartályban biztosítunk, de hat további telephelyünkön is elérhetők a bitumenemulzió-termékek. A Colas Út Zrt. bitumenemulzió kiszolgálóhelyei a következők (12. ábra):

1. Debrecen-Apafa
2. Dunaharaszti
3. Felsőzsolca
4. Gyöngyös
5. Győr-Töltéstava
6. Jánosháza
7. Kiskunfélegyháza
8. Kéthely (várhatóan 2016 év második felétől)

A felsorolásban található helyszíneken az aszfaltértékesítés mellett a bitumenemulzió értékesítés is megtalálható



10. ábra VALORCOL aszfaltkeverés



Compomac

Compomac

11. ábra Hideg kátyúzókverékek

A Colas Út Zrt. a következő típusú bitumenemulziókat gyártja:

- **C40B1** kationaktív emulzió, aszfaltfelületek ragasztásához
- **C60B1** kationaktív emulzió, aszfaltfelületek ragasztásához
- **C60BF4** közepesen törő kationaktív emulzió kátyúzáshoz
- **C65B4** bitumenemulzió, szórt felületi bevonathoz
- **C69B4** bitumenemulzió, szórt felületi bevonathoz
- **Colacid H60** lassan törő bitumenemulzió

Kannás kiszerezésben is kínálunk bitumenemulziót (C60B1). Ezt a lehetőséget elsősorban azon partnereinknek ajánljuk, akiknek munkáik méretéből kifolyólag nincs szükségük nagy mennyiségű emulzióra. A kannás kiszerezés (10 l-es és 20 l-es kannák) könnyű szállítást és kezelhetőséget tesz lehetővé.

Ezen kívül az egész ország területén bitumenemulzió szóró gépeinkkel vállaljuk partnereink munkaterületein az emulziószórást/permetezést, valamint felületi bevonat készítését is.

5. Összefoglalás, ajánlás

Összességében elmondható, hogy a magyarországi gyakorlattal szemben világviszonylatban sokkal nagyobb hangsúlyt kap a bitumenemulzió és az emulziós technológiák megjelenése.

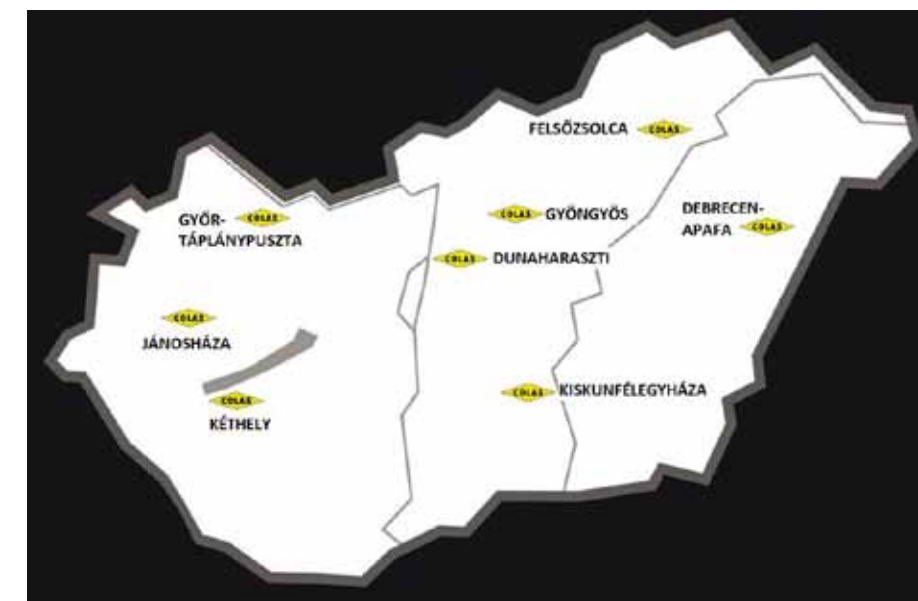
A nemzetközi felsorolásból kitűnik, hogy milyen sok szervezet öleli át a bitumenemulziót és az alkalmazott technológiákat. Sajnos Magyarországon jelen pillanatban nincs olyan szakmai szervezet, amely ennek fontosságát kihangsúlyozva a szakmai közönség elé tárna a benne rejlő lehetőségek sokszínűségét.

Kijelenthetjük, hogy világ szinten is a gyártott és felhasznált emulzió mennyisége Magyarországon csekély mennyiségű.

A burkolatok időtállóságának egyik alapvető, kihagyhatatlan és szükséges összetevője maga a bitumenemulzió, de ennek ellenére látni lehet, hogy a ragasztáson és a felületi bevonatokon kívül milyen sokrétű alkalmazási területei vannak a bitumenemulzióknak. A Colas cégcsoportnál a fenti felsorolásban bemutatott technológiák nemzetközi szinten alkalmazott és elérhető technológiák, így ezek megjelenése a magyar gyakorlatban is tökéletesen alkalmazható lenne.

Felhasznált irodalom

- [1] Bastien, Guillaume: Monitoring, Evaluating & Improving Roads Using Innovation Technologies, Colas
- [2] McKelvey, Siobhan: Market Trend & Marketing Opportunities for Bitumen Emulsions. Source: IBEF Survey 2014. PPRS Paris 2015 February 22-25.
- [3] Chaignon, Francois; Gerbel Breining-Secmair, Yvon: Industries Interaction: a Success Story. PPRS Paris 2015 February 22-25.
- [4] Charmot, Stephane at all: Measurement of the Effectiveness of Fiber Reinforced Micro Surfacing Mixtures. PPRS Paris 2015 February 22-25.
- [5] Zsiga, György: Hideg recycling bitumenes kötőanyaggal. XV. HAPA aszfaltkonferencia. Balatonalmádi 2014. február 25. ...



12. ábra Colas Út Zrt. aszfalt keverőtelepek és emulzió kiszolgálóhelyek

Budapest 4. sz. metróvonal I. szakasz – kapcsolódó beruházások – Kelenföldi pályaudvar térsége, nyugati kijárat, M1-M7 autópálya bevezetés módosított csomópontja.

Hegy Zoltán



Swietelsky Magyarország Kft.
Útépítési ágazati igazgató

1964-ben lett forgalomba helyezve az M1-M7 autópályák bevezető szakaszán a 2x2 forgalmi sáv melyek 1978-ban 1-1 forgalmi sávval bővültek.

Napjainkra eltűnt a gyalogátkelőhely és a visszafordító ív is és Osztapenkó úr is elköltözött a ténylegi Szoborparkba (1992-ben).

A Budaörsi úton keresztül az M1-M7 autópályák, a Balatoni út, és a Budaörsi út forgalma együttesen érik el Budapestet. A fővárosba ezen az útvonalon keresztül közel annyi gépjármű érkezik, mint az összes többi bevezető szakaszon együttesen. Ez több mint 100 ezer gépjárművet jelent naponta.

A projekt célja az autópálya zavartalan 2x3 forgalmi sáv budapesti bevezető szakasz megtartása mellett, új for-

galmi kapcsolat létrehozása az autópálya és elővárosok felől a metró végállomással. Tömegközlekedés és P+R megközelítése, melynek keretében 2015 novemberig 950 férőhely **létesült**. Kelenföldön új forgalmi kapcsolat létrehozása a Sasad hegyvidék és a metró közt, valamint a belváros felé. A metró végállomás környezetében található ingatlanok megközelíthetőségének biztosítása.

A projekt geometriai kialakítására több sikertelen koncepció terv után a DBR Metró Projekt Igazgatóságának megbízásából a Főmterv Zrt. tervezői 2011-ben alakították ki az alábbi programot:

A csomópontban két íves, egynyomú közúti aluljáró épül, a kettő között gyalogos-kerékpáros aluljáró létesül a hegy felőli oldal és az M4 Órmezei kijárat közötti forgalom számára. Az Órmezei kijárat felől induló és a várost elhagyni szándékozó buszok az ún. „A” jelű műtárgyon át tudnak „balra nagy ívben” kanyarodni, a centrum felől érkezők az ún. „B” jelű műtárgyon tudnak szintén „balra nagy ívben” a metró kijáratához jutni. A műtárgyak monolit vasbeton szerkezetűek, a zárt keretekhez nyitott U keretek és támfalak csatlakoznak.

A műtárgyakon az útpályák mintegy 650 m hosszon új nyomvonalevezetéssel készülnek el. A jelenlegi jobb pálya magassági szempontból nagyjából a helyén marad, a bal pálya jelentősen, 2-2,5 m-el emelkedik meg a jelenlegi szinthez képest.



Beavatkozási terület



A terület közművel sűrűn ellátott!

2014-ben 89,3%-os KÖZOP és 10,7%-os Budapest Főváros Önkormányzati forrásból létrejött a projekt pénzügyi háttere, mely alapján 2014 márciusában a DBR Metro Projekt Igazgatóság kiírta a tendert és 2014 őszétől elindult a tervezési, építési tevékenység.

A kivitelezési munkák az elengedhetetlen közmű kiváltásokkal kezdődnek, és a különböző építési fázisokban szükséges kiváltásokkal folytatódnak. A változatos közművek nagy száma, a szűk felvonulási terület, és a közeli járműforgalom jelentősen nehezíti a munkavégzést.

A forgalom folyamatos 2 x 3 sáv fenntartása és a bonyolult organizáció kialakítása érdekében a forgalomtechnikai tervezés a projekt egyik kulcsfontosságú tényezője lett.

Az Ajánlati kiírási dokumentáció a csomópont kiépítéséhez szádfal-as ideiglenes munkagödör megtámasztást irányozott elő, majd a Megrendelő által szolgáltatott kiviteli tervek cölöpözött munkatér határolást tartalmaztak.

A fenti eseményekkel párhuzamosan a Megrendelő által megváltoztatott organizációs feltételek, a munkaterületek

rendelkezésre állásának késedelme és más tényezők a munkák megkezdését jelentősen hátráltatták.

A Swietelsky javaslatot tett arra, hogy a csomópont építése lentől felfelé való építés helyett felülről lefelé az ún. „Milánói módszer” alkalmazásával készüljön. A megoldás lényegi eleme a munkagödört határoló ideiglenes cölöpfal módosítása résfalas megoldásra, így a résfal, mint végleges szerkezet készül el. E függőleges főfalak biztosítják, hogy rajtuk a főpályát alátámasztó födémelek elkészüljenek, és azon a forgalom az előtt helyreállítható legyen, hogy a földalatti műtárgyak építési befejeződnek. A csomóponti műtárgy szerkezetei födém alatti építéssel készülnek.

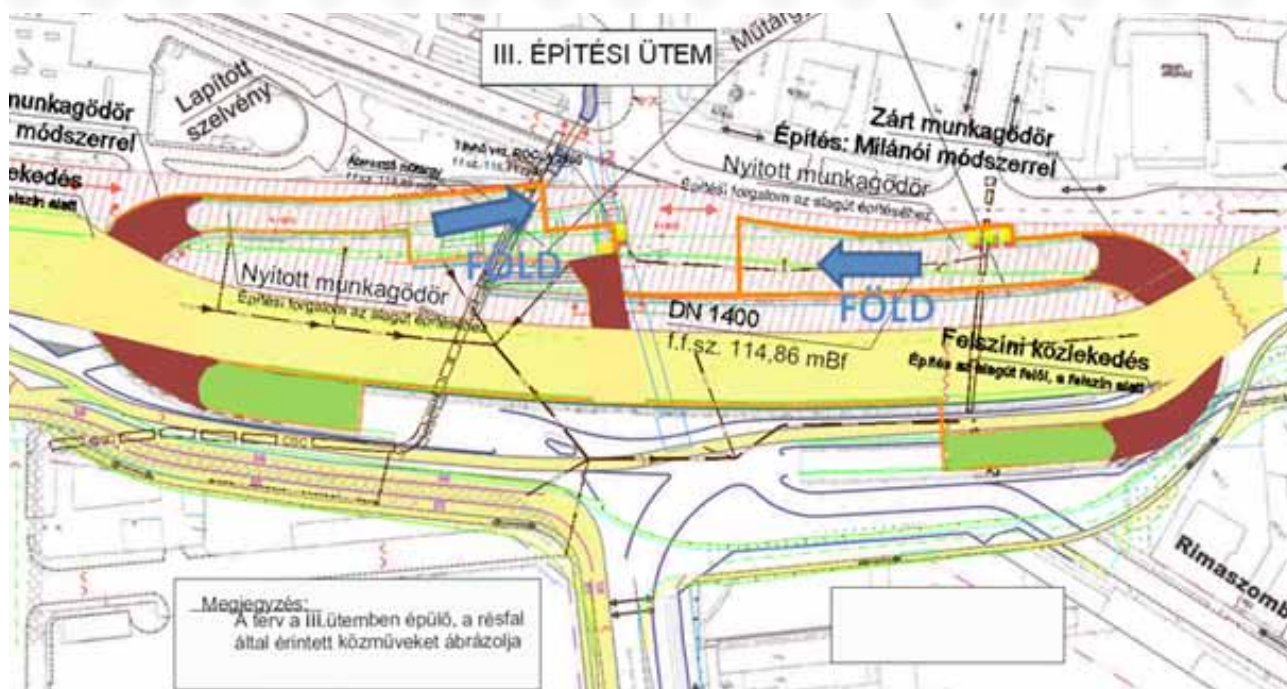
A megoldás a kiviteli tervben szereplő műszaki megoldáshoz viszonyítva, csökkenti a műszaki kockázatokat, valamint jelentősen hamarabb bocsájtható a közúti főpálya a forgalom rendelkezésére Magyarország legnagyobb forgalmú közúti keresztmetszetében.

A műtárgyépítés 3 ütemben készült.

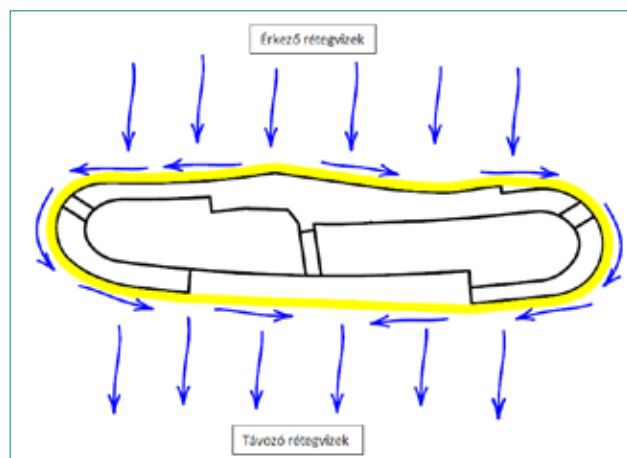
Az 1. tereleési ütem során először egy ideiglenes út épült az M1M7 bevezető ÖMV benzinkút – Március utca közötti



Munkatér határolás vázlatja



szakaszon a teljes építési terület hosszában, mely lehetővé tette az I. ütemű műtárgyépítést. A gépjármű forgalom a hegy felőli oldalra „tolva” haladt 2*3 sávon, míg a közösségi közlekedés, és a Balatoni út forgalma az ideiglenes úton ha-



Hidrológiai egyensúlyt fenntartó szigetelési rendszer



„B” ág földmvasalása

ladt. A kivitelezés, illetve a közművek folyamatos szolgáltatása érdekében több ideiglenes közmű is épült.

A munkaterület hozzáférhetőségét követően megkezdődik a résfal építési munka. A milánói módszer mielőbbi megkezdhetősége céljából, a zárt földmrészek alatti résfalak készülnek első körben. Ezt követően a földmépítéssel, később a földkitermeléssel párhuzamosan folyhat a további résfalszakaszok építése. A résfalak egységesen 65 cm-es vastagsággal, valamint a műtárgy geometriai adottságaihoz, illetve a statikai számításokhoz igazodó geometriával épülhetnek.

A 2. építési ütem, az autópálya jobb pálya alatt épülő, az alagút által összegyűjtött csapadékvizeket befogadó, 2 darab közel 200 m³-es aknájának építését és a gyalogos aluljáró meghosszabbítását foglalja magába.

Erről a területről, a milánói módszerrel elkészített földm alól, az I. ütemben megépített alagútszakaszon keresztül zajlik a földkitermelés, mely idő alatt az autópálya átépítése már készülhet. Ily módon a 2. építési ütemben az autópálya hamarabb visszaadható a felszíni forgalomnak, a cölöpözött megoldáshoz viszonyítva.

A 3. ütemben, a közel végleges helyén futó autópálya



„B” ág aluljáró belső falazata

forgalom mellett történik a résfal építés, azaz az autópálya visszaadásának időpontját ez az ütem már nem befolyásolja. Az építési metódus az előző ütemekhez hasonlóan történik.

Az építés során különös figyelmet kell fordítani a Sasadi domb felől érkező vizekre.

A rétegvizek áramlását a műtárgyépítés közben és azt követően sem célszerű gátolni, ezért az áramlási iránnyal párhuzamosan, az ábrán bemutatott szivárgó galéria került kialakításra.

Jellemző paraméterek a projekten:

- végleges útpálya szerkezet 45.000 m²
- 20.020 m² ideiglenes útépités-bontás
- átlagban 120 dolgozó
- 26.700 m² régi útpálya bontás
- 70.000 m³ földkiemelés, elszállítás
- 20.000 m³ töltésepítés hozott anyagból
- 8.000 m³ homokos kavics fagyvédő réteg

- 9.500 m³ CKT
- 19 000 tonna aszfalt

A végleges pályaszerkezet :
5 cm SMA 11 (mF) 25/55-65
7 cm AC 22 kötő (F) 50/70
9 cm AC 32 alap (F) 50/70
25 cm CKT-4

A csomópont megépítésével új közlekedési kapcsolat jön létre az M4 Metró Órmezei kijárat intermodális csomópontja, és a hegyvidék között. A becsatlakozó útvonalak jobb vonalvezetése következtében az utak áteresztőképessége javulni fog. A közösségi közlekedés lehetőségei lényegesen javulnak. A gyalogos és kerékpáros közlekedés új, akadálymentes átjutási lehetőséget teremt a Budaörsi út alatt, könnyebben elérhetővé teszi az Órmezőt csomópontot. A zajvédő fal telepítése következtében a környezeti terhelés csökken.

Tisztelt ifjú Kollégák!

Megelőző őszi konferenciánk fiatal díjazottjainak előadásairól egyre elismerőbb visszajelzések érkeznek a szakmából. Számos példa igazolja, hogy innovatív gondolkodásuk, szakmai pragmatizmusuk, és fiatalos dinamizmusuk együttese olyan ajánló levél, amellyel megtalálják helyüket az élet „aszfaltján”.

Idén a **X. HAPA Fiatal mérnökök Fórumát** (amelyre 35 év alatti mérnökök jelentkezését is várjuk) **október 25-én** rendezzük meg **Budapesten a Hotel Griff konferencia termében**. (1113 Budapest, Bartók Béla út 152. „F” ép.)

Várjuk mindazon ifjú kollégák jelentkezését, akik a szakma aktuális problémáira, eredményeire, kihívásaira tudnak és kívánnak reflektálni.

Szeptember első napjaiban eljuttatjuk az Önök címére a várható előadók és előadások, valamint a megítélhető értékes díjak listáját, valamint a szükséges jelentkezési és előadói dokumentumokat.

A találkozás és viszontlátás reményében megjelenésére számítva üdvözl Önt

Veress Tibor
igazgató

HAPA XVIII. Nemzetközi Konferencia

Időpontja: 2017. Február 21-22.

Helyszín: egyeztetés alatt

Témajavaslatok:

- Európai trendek az aszfalt vizsgálati módszerekben
- Várható változások az európai és magyar szabályozásban
- Energia takarékoság és újrahasznosítás.
- Magyarországi helyzetkép
- EAPA Kongresszuson elhangzott előadások érdekességei
- HAPA munkacsoportok beszámoló
- Neves külföldi előadók, két napos szinkron tolmácsolás, kiállítási lehetőség.

Gumival modifikált bitumen és felhasználásával gyártott aszfaltok új tapasztalatai

Balogh Lajos

COLAS Hungária
Techn. Ig.



Dr. Geiger András

MOL Nyrt.



1. Tartalmi összefoglaló

A 2012. év első fele óta az útépitési szabályozásokban fennálló bürokratikus nehézségek a mai napig ellehetetlenítik a gumival modifikált bitumenre (GmB 45/80-55) kidolgozott e-UT 05.01.25:2013 előírás minisztériumi jóváhagyását. Emiatt a MOL 2015 első felében a gumival modifikált bitumen szabványosításának javaslatát jelezte a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) felé. A szakmai munka eredményeként 2015. decemberében az MSZT ki is adta az MSZ 930 Bitumen és bitumenes kötőanyagok. Gumival modifikált bitumenek. Követelmények c. szabványt.

A szabályozási hiányosságok ellenére a múlt évben tovább folytatódott a GmB 45/80-55 termék felhasználása, köszönhetően a termék eddigi eredményeinek illetve a kivitelezői és megrendelői oldal pozitív hozzáállásának. 2015-ben COLAS Budapesten és Zalaegerszegen használta a GmB kötőanyagot. Budapesten az M1-M7 autópályák be- illetve kive-

zető szakaszához kapcsolódó Budaörsi út közel 2 km hosszú útszakaszát újították fel. A kopó- és kötőrétegek cseréjéhez GmB-vel kevert AC 11 kopó (F) és AC 22 kötő (F) aszfaltot használtak. Zalaegerszegen az északi tehermentesítő elkerülő út II. ütemének kopó- és kötőrétegének aszfaltozása történt szintén GmB 45/80-55 felhasználásával gyártott AC 11 kopó (F) és AC 22 kötő (F) aszfalttal. A GmB-vel végrehajtott aszfaltozási munkák esetében az említett budapesti és zalaegerszegi munkák során alkalmaztak először felmárt és újrahasznosított aszfaltot (recycled asphalt, RA). A projektek tapasztalatai pozitívak, az RA-val kevert és beépített GmB-aszfaltok eredményei kiválóak, a PmB-vel azonos vagy jobb minőségi szinttel jellemezhetőek.

2. Gumival modifikált bitumen (GmB) szabvány

A gumival modifikált bitumen minőségét és felhasználását szabályozó e-UT 05.01.25:2013 előírás hiányzó minisztériumi jóváhagyása miatt 2015 elején a MOL a gumival modifikált bitumen termék szabványosítási folyamatát kezdeményezte. Ehhez az e-UT 05.01.25:2013 előírás (Tervezési Útmutató) kiváló „alapot” jelentett, ennek felhasználásával 2015 végére elkészült és a Magyar Szabványügyi Testület által kiadásra került az új szabvány: MSZ 930 Bitumen és bitumenes kötőanyagok. Gumival modifikált bitumenek. Követelmények. Az MSZ 930 szerinti GmB termék minőségi paraméterei pontosan megegyeznek az e-UT 05.01.25:2013 előírásban megkövetelt minőségi paraméterekkel. Ezeket a minőségi követelményeket mutatja be az 1. táblázat.

1. táblázat A GmB 45/80-55 minőségi követelménye az MSZ 930 szerint

Jellemző	Mértékegység	Követelmény	Vizsgálati módszer
Penetráció 25°C-on	0,1 mm	45-80	MSZ EN 1426
Lágyuláspont	°C	≥ 55	MSZ EN 1427
Keménnyedéssel szembeni ellenállóképesség (Rolling Thin Film Oven Test, RTFOT)	Tömegváltozás	%	MSZ EN 12607-1
	Maradó penetráció	%	MSZ EN 1426
	Lágyuláspont növekedés	°C	MSZ EN 1427
Rugalmas visszaalakulás 25°C-on	%	≥ 50 ¹⁾	MSZ EN 13398
Fraass töréspont	°C	≤ -16	MSZ EN 12593
Tárolási stabilitás, lágyuláspont különbség	°C	≤ 8 ²⁾	MSZ EN 13399 MSZ EN 1427
Lobbanáspont	°C	≥ 235	MSZ EN ISO 2592
Dinamikai viszkozitás 180°C-on	mPa·s	≤ 500	MSZ EN 13302

Megjegyzések:

- (1) 10 cm hosszúságúra nyújtott bitumenszál vizsgálatával
(2) 24 órás tárolás után vizsgálat

2. táblázat A budaörsi út építéséhez gyártott GmB sarzsonkénti minősége és összehasonlítása az MSZ 930 követelményeivel

Jellemző	Követelmény	1. sarzs	2. sarzs	3. sarzs	4. sarzs	5. sarzs	6. sarzs	7. sarzs	Átlag
Penetráció 25°C-on, 0,1mm	45-80	49	49	48	48	48	52	47	49
Lágyuláspont, °C	≥ 55	59,4	57,6	58,2	59,8	58,8	57,0	60,6	58,7
Keménnyedéssel szembeni ellenálló-képesség (RTFOT)									
Tömegváltozás, %	≤ 0,5	-0,09	-0,02	-0,02	-0,05	0,06	-0,05	0,05	-0,02
Maradó penetráció, %	≥ 50	76	76	75	82	77	69	75	76
Lágyuláspont növekedés, °C	≤ 8	3,0	4,5	3,4	3,2	1,2	3,0	2,2	2,9
Rugalmas visszaalakulás 25°C-on, %	≥ 50	69	63	63	69	66	64	68	66
Fraass töréspont, °C	≤ -16	-19	-22	-18	-18	-24	-19	-20	-20
Tárolási stabilitás, lágyuláspont különbség °C,	≤ 8	5,8	5,0	6,0	3,8	3,7	5,1	4,9	4,9
Dinamikai viszkozitás 180°C-on, mPas	≤ 500	488	490	451	479	420	395	475	456

3. A Budaörsi út építéséhez felhasznált GmB 45/80-55 minősége

A budapesti Budaörsi út (XI. kerület) kopó- és kötőréteg aszfaltjának felújításához, illetve az aszfaltkeverésekhez 240 tonna GmB kötőanyagra volt szükség. Ezt a mennyiséget hét sarzban gyártotta le a MOL Zalai Finomítója, amihez összesen 6500 db elhasznált személygépkocsi gumiabroncsból gyártható gumiörlemény került felhasználásra.

3.1. Az MSZ 930 szabványban előírt vizsgálatok

A legyártott GmB termék sarzsonként vizsgálatra került, ennek MSZ 930 szabványban előírt vizsgálati eredményeit a 2. táblázat mutatja be.

A korábbi évek GmB gyártási tapasztalatai szerint a gyártott termékek lágyuláspont értéke több esetben is a minimálisan előírt értéken volt, vagy alig haladta meg azt. Emiatt kismértékű receptváltoztatást történt, ami a lágyuláspontok 2-3°C-os növekedését eredményezte. A budaörsi út építéséhez felhasznált GmB sarzsok esetében a lágyuláspontok átlagértéke megközelítette az 59°C-ot (2. táblázat). Ezzel párhuzamosan a penetráció a korábbi évekhez képest 5-7 egységgel csökkent, kb. 49x0,1 mm értéken volt.

A gyártott GmB sarzsok kiváló öregedésállósága összhangban van a gumibitumen termékek nemzetközi szakirodalomban is leírt viselkedésével [Huang 2004]. Az elvégzett forgó palackos vé-

kony filmes (RTFOT) öregítési vizsgálat után mért lágyuláspont növekedés átlagos értéke 3°C-nál kisebb volt, a maradó penetráció pedig meghaladta a 75%-ot, messze felülmúlva a követelményt, ami egyébként a PmB 25/55-65 modifikált bitumenekre jellemző előírásszerű követi.

A hidegoldali viselkedést jellemző Fraass töréspont a korábbi tapasztalatokkal azonos: minden esetben kiváló értékeket mértünk, átlagosan -20°C-ot. A GmB tárolási stabilitása hétből öt esetben a PmB-kre előírt, maximálisan megengedett 5°C lágyuláspont különbséget is teljesítette. Hangsúlyozni kell, hogy ezek a vizsgálatok 24 órnyi tárolás után történtek, míg PmB-k esetében 72 órát ír elő a

vonatkozó mérési szabvány, azonban a tapasztalatunk az, hogy ha fázisátváltásra hajlamos a termék, akkor az már 24 óra után is szignifikánsan jelentkezik. A felhasználhatóságot (szivattyúzás, porlasztás) jellemző viszkozitás követelményt szintén minden esetben teljesítette GmB (2. táblázat).

3.2. Viselkedésvizsgálatok (SHRP) vizsgálatok

A legyártott GmB sarzsok teljesítményelvű vizsgálatát is elvégeztük. A vizsgálati eredmények alapján az empirikus bitumenvizsgálati módszerekkel és eredményekkel szemben az aszfaltviselkedéssel szorosabb összefüggést mutató magas-, közepes- és kis hőmérsékletű kötőanyag minőségi paramétereket határozhatunk meg:

1) Kötőanyag viselkedés magas burkolat hőmérsékleten

a) Eredeti kötőanyag

A bitumenes kötőanyagok SHRP (Strategic Highway Research Program, Stratégiai Ütőgyi Kutatási Program – USA) szerinti magas burkolat hőmérsékletű viselkedés vizsgálatát a hazai éghajlati körülmények alapján 58°C hőmérsékleten kell elvégezni az MSZ EN 14770 vizsgálati szabvány szerint. A SHRP szerinti követelmény a komplex modulus és a fázislagos szinuszanak hányadosára: $G^*/\sin\delta \geq 1 \text{ kPa}$. Az 58°C-on elvégzett mérések eredményei a korábbi tapasztalatainkkal [Geiger 2014] azonosak voltak: a mért $G^*/\sin\delta$ értékek minden esetben jelentősen felülmúlták

3. táblázat Eredeti kötőanyagokra meghatározott határhőmérséklet (az a hőmérséklet, ahol a $G^*/\sin\delta = 1 \text{ kPa}$)

	1. sarzs	2. sarzs	3. sarzs	4. sarzs	5. sarzs	6. sarzs	7. sarzs	Átlag
Határhőmérséklet, °C	82,9	86,4	84,4	83,8	86,4	86,1	83,8	84,8

4. táblázat Öregített kötőanyagokra meghatározott határhőmérséklet (az a hőmérséklet, ahol a $G^*/\sin\delta = 2,2 \text{ kPa}$)

	1. sarzs	2. sarzs	3. sarzs	4. sarzs	5. sarzs	6. sarzs	7. sarzs	Átlag
Határhőmérséklet, °C	76,8	77,3	78,5	77,9	78,0	81,3	79,8	78,5

5. táblázat Fáradási határhőmérséklet (az a hőmérséklet, ahol $G^* \cdot \sin\delta = 5000 \text{ kPa}$)

	1. sarzs	2. sarzs	3. sarzs	4. sarzs	5. sarzs	6. sarzs	7. sarzs	Átlag
Határhőmérséklet, °C	16,9	17,6	17,8	18,1	17,8	18,6	18,4	17,9

6. táblázat Kötőanyag hidegoldali viselkedés

	Előírás	1. sarzs	2. sarzs	3. sarzs	4. sarzs	5. sarzs	6. sarzs	7. sarzs	Átlag
Merevség (S) 12°C-on, MPa	max. 300	93	101	101	107	97	112	105	102
m-érték 12°C-on	min. 0,300	0,327	0,327	0,342	0,314	0,333	0,319	0,332	0,328

7. táblázat Az aszfaltkeverésekhez felhasznált ásványi anyagok

Ásványi anyagok, AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55		Ásványi anyagok, AC 22 kötő (F) GmB 45/80-55	
Megnevezés	Származási hely	Megnevezés	Származási hely
Mészköliszt	Tatabánya	Mészköliszt	Tatabánya
NZ 0/2	Gánt	NZ 0/4	Gánt
NZ 0/4	Gánt	NZ 4/11	Gánt
KZ 4/8	Nógrádkövesd	NZ 11/22	Gánt
KZ 8/11	Nógrádkövesd		
22 RA 0/11	Dunaharaszti keverőtelep	22 RA 0/11	Dunaharaszti keverőtelep

a követelményt. Ezért az 58°C-os vizsgálat után a vizsgálati hőmérséklet emelésével kerestük azt az un. határhőmérsékletet, ahol a kötőanyag még teljesíti az előírt 1 kPa értéket. A sarzsonkénti határhőmérsékletek értékét és átlagértéküket a 3. táblázat mutatja be. Az eredmények alapján a hazai éghajlati követelményekhez képest (58°C) lényegesen magasabb, azaz kedvezőbb határhőmérséklettel jellemezhető az eredeti (nem öregített) GmB kötőanyag.

b) Öregített kötőanyag

A SHRP szerinti $G^*/\sin\delta$ értékre előírt követelmény az MSZ EN 12607-1 szerint (RTFOT) öregített kötőanyagra: $G^*/\sin\delta \geq 2,2$ kPa. A hazai klimatikus viszonyok szerint 58°C-on elvégzett vizsgálatok az eredeti kötőanyaghoz hasonlóan jelentősen felülmúlták a megkövetelt 2,2 kPa értéket, ezért az öregített kötőanyagoknál szintén meghatároztuk a határhőmérsékleteket. A sarzsonkénti határhőmérsékletek értékét és átlagértéküket a 4. táblázat mutatja be.

A 4. táblázatban bemutatott határhőmérsékletek alapján az eredeti kötőanyaghoz hasonlóan az öregített kötőanyagok 58°C-nál szintén lényegesen magasabb hőmérsékleten is teljesítik a $G^*/\sin\delta$ értékre megkövetelt előírást. Ezek az eredmények a GmB-vel gyártott aszfaltok jó nyári viselkedésre, azaz terheléssel szembeni jó ellenállásra, alacsony plasztikus deformációs hajlamra utalnak. (Összehasonlításként megemlítjük, hogy a Magyarországon legnagyobb mennyiségben

felhasznált 50/70 bitumen esetén ezek a határhőmérsékletek lényegesen alacsonyabbak, mind az eredeti, mind az öregített kötőanyag esetén, értékük jellemzően 65-68°C körüli.)

2) Kötőanyag viselkedés közepes burkolat hőmérsékleten
A bitumenes kötőanyagok SHRP szerinti közepes hőmérsékletű viselkedésének vizsgálatát a hazai éghajlati körülmények alapján 22°C hőmérsékleten kell el-

végezni szintén az MSZ EN 14770 vizsgálati szabvány szerint. A SHRP szerinti követelmény a $G^*\sin\delta$ értékre: $G^*\sin\delta \leq 5000$ kPa. A vizsgálatot az RTFOT után PAV (Pressure Aging Vessel) berendezéssel öregített mintákon kell végrehajtani. A PAV berendezéssel történő öregítés az MSZ EN 14769 vizsgálati szabvány szerint történik. (Megjegyzés: Ez az öregítési mód a bitumenek aszfaltburkolatban bekövetkező, hosszú távú öregedését modellezi, szemben az Európában alkalmazott előírással, ahol a megkövetelt RTFOT vizsgálat csupán az aszfaltkeverés közben bekövetkező öregedést szimulálja.) A 22°C-on elvégzett vizsgálatok a korábbi vizsgálati eredményekhez hasonlóan [Geiger 2014] minden esetben teljesítették a követelményt (3000 kPa alatti eredményeket mértünk). Emiatt csökkentettük a vizsgálati hőmérsékletet, hogy meghatározzuk azt az értéket (határhőmérsékletet), ahol még éppen teljesül a max. 5000 kPa előírás. A megállapított határhőmérséklet értékeket az 5. táblázat mutatja be. Az adott klimatikus viszonyok alapján előírt hőmérsékletnél kisebb fáradási határhőmérséklet azt jelzi, hogy a kötőanyag fáradási ellenállása a megkövetelnél jobb, ez pedig jobb aszfaltfáradási karakterre utal. Magyarországon 22°C-on kell teljesíteni a $G^*\sin\delta \leq 5000$ kPa előírást. A 3°C-onként történő SHRP közepes hőmérsékletű osztályozási rendszer alapján a GmB minták az egy fokozattal szigorúbb, azaz a -19°C-on elvégzett vizsgálatnak is megfelelnek.

3. Kötőanyag viselkedés alacsony burkolat hőmérsékleten
A bitumenes kötőanyagok SHRP szerinti alacsony hőmérsékletű viselkedés vizsgálatát a hazai éghajlati körülmények alapján -12°C hőmérsékleten kell elvégezni az MSZ EN 14771 vizsgálati szabvány szerint. A SHRP szerinti követelmény a bitumen merevségére (S): $S \leq 300$ MPa, illetve m-értékre: $m \geq 0,300$. A -12°C-on végrehajtott vizsgálatok eredményeit a 6. táblázat mutatja be. A SHRP szerinti követelményt mind a hét minta teljesítette. A korábbi eredmények alapján a GmB hidegoldali viselkedése lényegesen jobb, mint a hazai klimatikus viszonyok alapján elvárt [Geiger 2014]. Ezt erősítik meg a 6. táblázat kiértékelési eredményei is. Ezek alapján a -18°C-os vizsgálatok illetve a hideg oldali határhőmérsékletek meghatározása jelenleg is folyamatban van.

4. A budapesti Budaörsi út aszfaltozási tapasztalatai

A COLAS 2013. őszén már alkalmazta a GmB 45/80-55 kötőanyagot aszfaltok keveréséhez. A felsőszolcai aszfaltkeverő telepen AC 11 kopó (F) és AC 22 kötő (F) aszfaltot gyártott összesen mintegy 1200 tonna mennyiségben. Ezek 4 cm (AC 11) és 8 cm (AC 22) rétegvastagságban kerültek beépítésre Cigánd és Pácin között a 3835 j. önkormányzati úton. Az ott szerzett pozitív tapasztalatokat a Budaörsi út-építéshez és az azt megelőző dunaharaszti aszfaltkeveréshez is felhasználták.

A 2015. novemberi kopó- és kötőréteg aszfaltok gyártáshoz felhasznált ásványi anyagok összetételét a 7. táblázat mutatja be. Az aszfaltkeverékek ásványi anyag összetétele megegyezett az 50/70 bitumenre tervezett ásványi vázzal.

A MOL zalaegerszegi finomítójából Dunaharasztiiba érkező GmB szállítmányok keverővel ellátott tárolótartályba lettek lefejtve a keverőtelepen. Az aszfaltkeverés a polimerrel módifikált bitumeneknél (PmB-knél) alkalmazott hőmérsékleten, 180–190°C-on történt. Az 50/70-nél alkalmazottnál képest magasabb aszfaltkeverési hőmérsékletet a PmB-khez hasonlóan a GmB-nél is a nagyobb viszkozitás indokolta (2. táblázat). Az aszfaltkeverések leg-

nagyobb újdonságát az jelentette, hogy mindkét aszfalttípus gyártásánál újrahasznosított aszfalt (recycled asphalt, RA) is felhasználásra került. Az 5 cm rétegvastagságú AC 11 kopó (F) aszfaltból összesen 4800 tonna került beépítésre, ennek 10%-a volt RA. Az AC 22 kötő (F) aszfalt 7 cm rétegvastagságban készült, összes mennyisége 1300 tonna, RA tartalma 15% volt. A Budaörsi úton bonyolított nagy forgalom miatt az aszfaltozás egy része éjszakai bedolgozással történt, forgalom mellett. A gyártott és bedolgozott keverékek minősége minden minőségi paraméterben megfelelt az előírásoknak.

A 8. táblázat a GmB 45/80-55 kötőanyaggal gyártott AC 11 kopó (F) aszfalt vizsgálati eredményeit hasonlítja össze a PmB 25/55-65 és 50/70 kötőanyagokkal gyártott aszfaltokkal. Az eredmények a GmB-vel gyártott aszfalt kiváló vízérzékenységi (ITSR) eredményét igazolják. Ez összefüggésben van a GmB ásványi anyaghoz való kiváló tapadásával [Geiger 2010]. Az adott vizsgálati hőmérsékleten a GmB-vel gyártott aszfalt rendelkezett a legkisebb merevséggel, ennek ellenére a maradó alakváltozással szembeni ellenállása azonos volt a másik két aszfaltéval. A kisebb merevség érték az 50/70 bitumennel gyártott aszfaltnál jobb fáradási karaktert eredményezett (a PmB-vel gyártott aszfaltnál ez a vizsgálat hiányzik). Ez alapján feltehetjük a kérdést, hogy ha a GmB alkalmazásával kisebb merevség ellenére azonos vagy akár jobb ellenállás érhető el a maradó alakváltozással szemben, a fáradási karakter pedig javul, akkor valóban szükséges a nagyobb modulus irányába elmozdulni? A kedvező eredmény és annak gyakorlati alkalmazási előnye mindenestre arra hívja fel a figyelmet, hogy az ilyen irányú aszfaltvizsgálatokat célszerű lenne nagyobb számban ismételni (esetleg más típusú ásványi anyaggal is), hogy a biztos következtetések levonásához megfelelő számú mérési eredmény álljon rendelkezésre.

A 9. táblázat GmB 45/80-55 kötőanyaggal gyártott AC 22 kötő (F) aszfalt vizsgálati eredményeit hasonlítja össze két különböző PmB kötőanyagokkal gyártott aszfaltéval. Hasonlóan az AC 11 eredményekhez megállapítható, hogy a GmB-vel gyártott aszfalt vízérzékenységi értéke és maradó alakváltozással szemben mutatott eredménye kiváló.

8. táblázat AC 11 (F, mF, F) kopóréteg aszfaltok összehasonlítása – különböző kötőanyagok

Tulajdonság		Vizsgálati módszer		Előírás	GmB 45/80-55	PmB 25/55-65	50/70
Kötőanyag-tartalom	%				5,2	5,0	5,0
Próbatestek tömörítési módszere szabadhézagtartalom meghatározáshoz		MSZ EN 13108-20 C.1.2. szerint (EN 12697-30 szerinti döngölés 2x50 ütés tömörítési energiával)					
Próbatest testűrűsége	kg/m ³	MSZ EN 12697-6	B eljárás: SSD	-	2448	2432	2445
Hézagmentes testsűrűség	kg/m ³	MSZ EN 12697-5	"A" módszer (vízzel)	-	2555	2546	2558
Szabadhézag-tartalom	%	MSZ EN 12697-8		V _{min} 3 V _{max} 5,5	4,2	4,5	4,4
Vízérzékenység	%	MSZ EN 12697-12		ITSR min 80	95,2	90,0	84,0
Maradó alakváltozással szembeni ellenállás (max. tengelyterhelés <13 t)	%	MSZ EN 12697-22	Kiskerekes "B" módszer	PRD _{AIR} max 7	4,1	4,3	4,1
Merevség	MPa	MSZ EN 12697-26	C mell.: IT-CY	S _{min} NR	3698	6149	8036
Fáradás		mikrostrain MSZ EN 12697-24	A mell.: 2PB-TR	e ₀ NR	144	-	111

9. táblázat AC 22 (F, mF, mNM) kötőréteg aszfaltok összehasonlítása – különböző kötőanyagok

Tulajdonság		Vizsgálati módszer		Előírás	GmB 45/80-55	PmB 25/55-65	PmB 10/40-65
Kötőanyag-tartalom	%				4,0	4,2	4,2
Próbatestek tömörítési módszere szabadhézagtartalom meghatározáshoz		MSZ EN 13108-20 C.1.2. szerint (EN 12697-30 szerinti döngölés 2x50 ütés tömörítési energiával)					
Próbatest testűrűsége	kg/m ³	MSZ EN 12697-6	B eljárás: SSD	-	2480	2513	2503
Hézagmentes testsűrűség	kg/m ³	MSZ EN 12697-5	"A" módszer (vízzel)	-	2619	2642	2640
Szabadhézag-tartalom	%	MSZ EN 12697-8		V _{min} 3 V _{max} 5,5	5,3	4,9	5,2
Vízérzékenység	%	MSZ EN 12697-12		ITSR min 80	89,8	84,7	86,2
Maradó alakváltozással szembeni ellenállás (max. tengelyterhelés <13 t)	%	MSZ EN 12697-22	Kiskerekes "B" módszer	PRD _{AIR} max 7	2,6	4,8	1,7
Merevség	MPa	MSZ EN 12697-26	C mell.: IT-CY	S _{min} NR	4 518	-	11 793

5. A zalaegerszegi északi tehermentesítő út építése (II. ütem)

A 2015. őszi zalaegerszegi útépitéshez a baki aszfaltkeverő gyártotta le az AC 11 kopó (F) és AC 22 kötő (F) aszfaltokat GmB 45/80-55 felhasználásával. A kopóréteg ásványi anyaga Uzsáról, a kötőrétege Kádártáról származott. Mindkét aszfalttípusnál 10% újrahasznosított aszfalt (RA) került bekeverésre. Az aszfaltkeverési és útépitési eredmények itt is pozitívak voltak. Az 1. ábra a Zalaegerszegen megépített útszakasz egy részét és a GmB kötőanyagra utaló táblát mutatja.

6. Összefoglalás

A GmB kötőanyag vizsgálati eredményei és a COLAS által 2015. évben végrehajtott aszfaltkeverések, útépitések és aszfaltvizsgálati eredmények alapján az alábbi megállapítások tehetők:

- A gyártott GmB sarzsok minősége minden esetben megfelelt az MSZ 930 szabvány előírásainak, a gyártott sarzsok minősége szűk intervallumban mozgott.
- A SHRP követelmény rendszeren alapuló (teljesítményelvű) kötőanyag értékeléssel szemben megfogalmazott kritikák [Binard 2004, Dongre 2004, Read 2003, Vonk 2004] mellett elmondható hogy a teljesítményelvű kötőanyag értékelés jobban visszatükrözi a GmB valós minőségét és aszfaltban nyújtott teljesítményét, mint az empirikus vizsgálati módszereken (lágyulásponton és penetráción) alapuló hazai és EU kötőanyag szabványok/e-ÚT előírások követelmény-rendszere:
- Ez arra hívja fel a figyelmet, hogy a bitument vásárló aszfaltkeverő/útépitő cég eltérő típus kötőanyagok (mint pl, GmB, PmB vagy normál útépitési bitumen) esetén a mai minőségi előírások alapján nem kaphat egyértelmű előrejelzést, hogy az adott terméktől pontosan milyen aszfaltminőséget várhat.
- Erre egy kézenfekvő példa az, hogy a GmB 45/80-55 lágyuláspontja lényegesen közelebb van az 50/70-hez, mint a PmB-khez, magas hőmérsékletű aszfaltviselkedése mégis teljesítheti a PmB-aszfaltokét.
- A cikkben ismertetett GmB minták átlagos penetrációja kisebb volt 50 x 0,1 mm-nél (nem érte el az 50/70 bitumen minőségi követelményt), azaz a GmB „keményebb” volt az 50/70-nél. Ennek ellenére teljesítményelvű fáradási paramétere túlteljesíti a hazai klimatikus követelményeket (az 50/70 és PmB 25/55-65 termékek fáradási ellenállásánál is lényegesen jobb értéket mutat). Ezzel összhangban volt a GmB-vel gyártott AC 11 kopó (F) aszfalt kiváló fáradási karaktere is.
- A GmB-vel történő AC aszfaltgyártásoknál a 10-15%-nyi újrahasznosított aszfalt (RA) felhasználása technológiailag és aszfalt minőséget tekintve is sikeresen megvalósítható.
- Az aszfaltgyártás hőmérséklete a PmB-vel való aszfaltkeverés hőmérsékletén történik. A GmB termék tartályautóból való lefejtése az aszfaltkeverő telepen keverővel ellátott tartályba történik.
- A GmB fokozott tapadása miatt a GmB-vel való aszfaltkeverés után, de még a keverőegység leállása előtt 50/70 bitumennel való átöblítéssel megakadályozható a GmB kötőanyag csővezetékek és berendezések belső falára való feltapadása és lerakódása.

- A GmB-vel gyártott aszfalt bedolgozási technológiája megegyezik a PmB-aszfaltokéval.
- A GmB-vel gyártott aszfaltok minősége minden esetben és minden minőségi paramétert tekintve jobb, mint az 50/70 bitumennel gyártott aszfaltok minősége.
- Az előző ponton túlmenően a GmB-vel gyártott aszfaltok minősége eléri vagy jobb, mint a PmB 25/55-65-tel kevert aszfaltok minősége.
- A GmB-vel kevert aszfaltoknál kisebb merevség érték érhető el, mint az 50/70-nel vagy PmB-vel kevert aszfaltoknál. Ennek ellenére a GmB-aszfaltok terheléssel szemben való ellenállása eléri vagy jobb, mint a másik két kötőanyagnál. A kisebb merevség fáradási szempontból viszont előnyösebb. Ezen minőségi paraméterek (fáradás, merevség, plasztikus deformációval szembeni ellenállás) részletesebb, statisztikus vizsgálata javasolt a jövőben GmB-aszfaltok esetében is.

7. Felhasznált irodalom

- [Binard 2004] – C. Binard, D. Anderson, L. Lapalu, J. P. Planché: *Zero shear viscosity of modified and unmodified binders*, 3rd Euraspalt & Eurobitume Congress Vienna 2004 – Paper 236, 1721-1733, 2004
- [Dongre 2004] – R. Dongre, J. D. Angelo: *Development of a performance based binder specifications in the United States*, 3rd Euroaspalt & Eurobitumen Congress, 12-14 May, Wien, Austria, 2004
- [Huang 2004] – S. C. Huang: *Effect of the crumb rubber on the rheological properties of asphalts after long term oxidative aging*, Western Research Institute Symposium on Prediction of Pavement Performance, Laramie, Wyoming, USA, June 23-25, 2004
- [Geiger 2010] – Geiger A., Holló A.: *A bitumen és közet közötti tapadás – Fejlesztési törekvések a bitumen minőségének javítása érdekében*, Az Aszfalt, XV. évf., 2010.
- [Geiger 2014] v Geiger A., Holló A., Lehel Z., Csontos Gy., Perlaki R.: *Gumival modifikált bitumen (GmB) gyártása és a felhasználásával készült aszfaltok beépítési tapasztalatai*, Az Aszfalt, XIX. évf., 1. szám, 2014. június
- [Read 2003] – A. Read, D. Whiteoak: *The Shell Bitumen Handbook*, Fifth Edition, 2003
- [Vonk 2004] – W. Vonk, R. Hartemink: *SBS-modified binders, also cost effective in hot climates*, Proceedings of the 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, ISBN Number: 1-920-01718-6, 2004



1. ábra A GmB-vel épített zalaegerszegi útszakasz egy része és az azt bemutató tábla



ÚJ GENERÁCIÓS ASZFALT MOL GUMIBITUMENBŐL

MÁR BUDAPESTEN IS KIPRÓBÁLHATJA!

- Budaörsi út M1-M7 bevezető
- 2 km hosszú pályaszerkezet
- Környezetvédelmi Innovációs Díjas MOL Gumibitumenből
- 6500 személygépkocsi gumiabroncs újrahasznosításával!
- Hosszabb élettartam, nagyobb teherbírás, kisebb fenntartási költség

Anyagok újrafelhasználása az útéépítésben

Petr Svoboda



Cseh Ütgyi vállalkozók Szövetsége Prága

Az útéépítés olyan szektor, amely közreműködik a gazdasági növekedésben a rendkívül fontos közlekedési infrastruktúra építése által. Olyan szektor is egyben, amelynek célja a hulladékmentes gazdaság támogatása. A Cseh Köztársaságban folyamatosan nő az újrafelhasznált aszfalt, ill. beton felhasználása burkolatépítési ill. -rekonstrukciós munkálatok során, de ennek mértéke még mindig alacsonyabb, mint néhány másik európai országban. Az újrafelhasznált anyagok volumene tovább nőhetne. A Road Contractors Association Praha támogatja a recycling szélesebb alkalmazását. Mindamellett van néhány akadály, amelyeket röviden bemutatok az alábbiakban.

A következő faktorokat nevezhetjük akadályoknak:

- Szigorú küszöbértékek a veszélyes anyagok vonatkozásában bizonyos törvényi, ill. jogszabályi szabályozásokban, amelyek nem veszik figyelembe, hogyan kerülhet ki veszélyes anyag valós körülmények között az építési termékekből.
- Megalapozatlan kétségek a minőséggel kapcsolatban és idegenkedés a műszaki szabványokkal szemben, amelyek lehetővé teszik, hogy mesterségesen létrehozott minőségi különbséget véljenek a hagyományos és recycling technológiák között.
- Bonyolult és zavaró szabályozás az újrafelhasználást illetően. Ezek egy részét már előírás szintre emelték. (A Közlekedési Minisztérium műszaki specifikációi TP 208 és TP 209 a helyszíni újrafelhasználásra vonatkozóan, valamint a cseh szabvány ČSN 73 6123-1 Útépités – Betonburkolatok – 1.rész: Építés és megfelelőség-értékelés)

- Az újrafelhasználás nem megfelelő végrehajtása hulladékkezelés során.
- Eltűzött félelmek a környezetre gyakorolt hatással kapcsolatban anélkül, hogy figyelembe vennénk az előnyöket.
- Nem megfelelő árpolitika (állami tulajdonú szervezetek eladják ezeket az anyagokat, ahelyett hogy elősegítenék azok újrafelhasználását az útéépítésben, amennyiben megfelelnek a specifikus paramétereknek).
- Elégtelen, nem megfelelő felszereltség és eszközök (mivel a vállalkozók nem motiváltak).
- A környezetvédelmi hatóságok eltérő hozzáállása a régiókban az újrafelhasznált anyagok értékelésével kapcsolatban.
- Alacsony befektetői érdeklődés azon tekintetben, hogy megváltoztassák irányelveiket és a pályázati feltételeket.

Csak ha ezeket az akadályokat elhárítjuk, akkor leszünk képesek teljesen megfelelni annak az Európai Unió egyezménynek, amely az építőiparban az anyagok 70%-ának újrafelhasználását írja elő a Hulladékgazdálkodási hierarchia piramis (Waste Management Hierarchy Pyramid) értelmében.

A European Construction Products No. 305/2011 (CPR) szabályozás I. mellékletében „Alapvető követelmények az építési munkálatoknál” (Basic requirements for constructions works), (Sustainable use of natural resources) „Természeti erőforrások fenntartható felhasználása” című 7. pontjában előírja, hogy az építési munkálatokat oly módon kell megtervezni, megvalósítani és lebontani, hogy a természeti erőforrások felhasználása fenntartható legyen, különös tekintettel az alábbiak biztosítására:

- a, újrafelhasználása vagy újrafelhasználhatósága az építmények anyagának, ill. azok részeinek a lebontás után;
- b, az építési munkálatok tartóssága;
- c, környezet-kompatibilis nyersanyagok és másodlagos nyersanyagok használata az építés során.

Sok módja van az útrekonstrukció során nyert anyag kezelésének. A legdrágább és legjobb minőségű anyagok általában a burkolat felső rétegeiben vannak. A burkolat ezen rétegeinek újrafelhasználása a legjobb felhasználási módja a megmaradó tulajdonságoknak és ez vezet a legnagyobb mértékű költségmegtakarításhoz.

RECPAVE projekt aszfaltanyagok újrafelhasználásáért

Az újrafelhasznált aszfaltkeverékek teljes mennyisége – a gyártók által megadott adatok alapján – mintegy 1,6 millió tonna. Mindamellett a Road Contractors Association Praha rendelkezésére álló adatok megmutatják, hogy az össz-

aszfaltmennyiségből csak kb. 200.000 tonnát kezelnek aszfaltkeverő gépekben, ami egyébként a leghatékonyabb mód.

Ezért valósult meg a RECPAVE kutatási projekt a Cseh Köztársaság Technological Agency (Technológiai Intézet) Alfa Programjának keretein belül. Célja az volt, hogy megerősítse a magasabb RA-tartalom (RA = Recycled Asphalt Material) használatának lehetőségét az aszfaltkeverékekben, amely a vonatkozó műszaki specifikációk későbbi módosításához vezethet.

Laboratóriumi körülmények között teszteltek különböző RA-tartalommal előállított aszfaltkeverékeket kopóréteg (AC surf) és kötőréteg (AC bind) számára. Ezeket aztán felhasználták / beépítették a Pilsen régió másodosztályú útján lévő tesztszakaszba Mrtník és Kaznějov között. A tesztszakaszt 4 alszakaszra osztották fel, eltérő RA-tartalommal készült aszfaltkeverékekkel. Ennek elrendezése az 1. ábrán látható. Nemrég megvalósított út látható a 2. ábrán. A tesztszakasz 2013-ban készült el és minden évben ellenőrzik.

Példák külföldi pályázati feltételekről

A természeti erőforrások gazdaságos felhasználása, valamint a környezetvédelmi tudatosság tükröződik az RA használatát előíró útéépítésre vonatkozó szerződéses iratokban egyes európai országokban (különösen Hollandiában és Németországban), de az osztrák állami beruházó vállalat, az ASFINAG is, amely tervezi, finanszírozza, építi és kezeli az autópálya és a gyorsforgalmi úthálózatot, támogatja a jó minőségű útéépítési anyagok újrafelhasználását. Ezért döntöttek úgy bizonyos projektek esetében, hogy a kezde-



2.ábra: Fénykép a Mrtník és Kaznějov között elkészült új útról Pilsen régióban

tektől használnak újrafelhasznált aszfaltot (RA = Recycled Asphalt Material). Az elsámlási mennyiségek tartalmaznak például információkat RA20 megjegyzéssel, ami azt jelenti, hogy az adott aszfaltkeverék tömegarányosan 20 %-nyi RA-tartalommal rendelkezik.

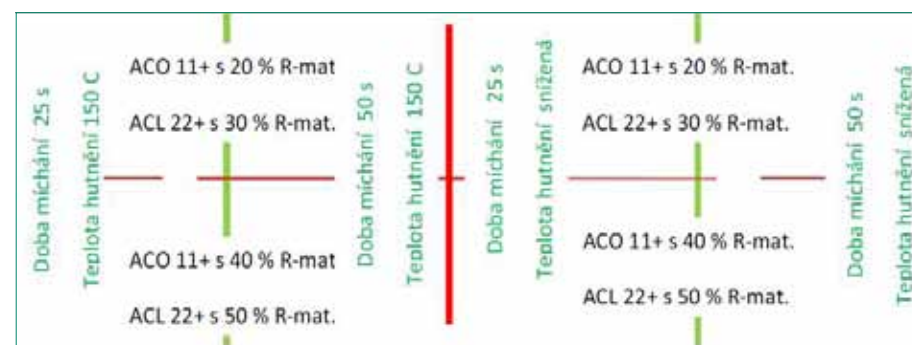
Ezzel szemben a Cseh Köztársaságbeli Road and Motorway Directorate (Út- és autópálya igazgatóság) diszkriminálja az RA használatát, belső irányelvei szerint eladva a recycling aszfaltot az útgyi vállalkozóknak.

A hulladék tárolásáról és felhasználásáról szóló irányelv alkalmazása

Létezik a Cseh Köztársaságban egy irányelv a hulladék tárolásáról és felhasználásáról, No. 294/2005 Coll. Ennek az irányelvnek egyes elemei megnehezítik a hulladék újrafelhasználását. Kérdéses például az irányelv 10.1 cikkelye szerinti veszélyes anyag tartalom igazolása. Az aszfaltkeverékből – kötött anyag lévén – minimális mértékű a kioldódás. Az irányelvben lévő, a policiklikus aromás szénhidrogénekre (PAH) vonatkozó maximális határérték alacsony az anyag természetéhez viszonyítva.

Ami a C₁₀-C₄₀ szénhidrogénekre vonatkozó határértékkel, a határértéket lehetetlen betartani még új keverék esetén is.

Itt érdemes idézni az Európai Bizottság által 2007-ben kiadott, hulladékról és melléktermékekről szóló Interpretative Communication-ból (Értelmező Közlemény). „A hulladék definíciójának túlságosan széles értelmezése szükségtelen költségeket ró az érintett vállalkozásokra, valamint csökkentheti azon anyagok vonzerejét, amelyek egyébként visszatérnének a gazdaságba.”



1.ábra: A tesztszakasz elrendezése

Hasonlóképpen a tört betont sem tekinthetjük hulladéknak, mivel az egy melléktermék, ill. további felhasználás alapanyaga. Felhasználható kötőanyag nélküli rétegekhez, vagy adalékanyagként betonburkolatokhoz adható hozzá.

A No. 294/2005 Coll. irányelv a talajról is rendelkezik. A kitermelt földet főként egy munkaterületen, ill. egyazon projekten belül használják (az építési engedélynek megfelelően). Ekkor kívül esik a hulladékra vonatkozó irányelv hatáskörén. Ha a kitermelt anyagot az építési engedély területén kívülre szállítják, akkor az abban az esetben minősül mellékterméknek, ha ártalmatlanságát bizonyítják az irányelv 10.1 és 10.2 mellékletében foglaltak szerint.

Másik lehetőség a kitermelt talaj használata más vállalkozók munkaterületén. Ebben az esetben az átadás szintén egy módja a melléktermékké minősítésnek, vagy marad az anyag a hulladékrendszerben az Act. No. 185/2001 Coll. 2. paragrafus, 14. cikkely hulladékra vonatkozó módosított tartalma szerint. Végso lehetőség az elszállítás a hulladékfeldolgozó létesítménybe, vagy az ártalmatlanítás.

A jelen helyzet javítását célzó tevékenység

A Road Contractors Association Praha örömmel üdvözlí az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium, valamint a Környezetvédelmi Minisztérium új rendeletét, ami most készül. Ez a rendelet jobban meg fogja határozni, hogyan tekintünk azokra az anyagokra, amelyeket útépítési és -rekonstrukci-

ós munkálatok során nyerünk (talaj, aszfaltkeverékek, beton). Számos megbeszélés zajlott e témában, amiket a Cseh Köztársaság Parlamentjének egyik tagja, Miloš Babiš kezdeményezett, aki a Parlament Környezetvédelmi Bizottságának tagja. A javasolt határozat pontosan körülírja azokat a feltételeket, amelyek mellett hulladék keletkezik, és mely anyagáramlásokat definiálhatunk hulladékkezelésként. A visszanyert aszfaltkeveréket olyan anyagnak kellene tekinteni – összhangban a projektdokumentációval –, amelyet egyszer már felhasználtak.

Következtetés

Az útépítő vállalkozók megpróbálják a cikkben bemutatott anyagokat főként saját munkaterületükön felhasználni. Szerintünk nem célszerű ezeket hulladéknak tekinteni, még akkor sem, ha korrigálni kell a szemcsenagyságot. Ezen anyagok kémiai tulajdonságai nem változnak meg, későbbi használhatóságuk biztosított. Ez különösen olyan esetekre vonatkozik, amikor anyagtöbblet van az egyik területen és hiány a másikon, ahol azt újra fel lehet használni. Az „Act on waste”-tel kapcsolatban létrejövő új irányelv segítséget jelenthet. Ezen irányelv az építési hulladékra fókuszál és azon feltételekre, amely mellett megszűnhet hulladék lenni és nem-hulladéknak minősíthető. Ez elvezethet ahhoz – a fő befektetők műszaki standardjeinek ill. specifikációinak megváltoztatásával együtt –, hogy megelőzzük a hulladék keletkezését, és hogy az értékes anyagokat újra felhasználjuk az útépítések ill. -rekonstrukciók során.

Néhány Anekdota Karoliny Márton „Humor a Makadámon” című könyvéből

Az eltűnt buborék. Ma, az automata szintező műszerekkel dolgozó fiatalok tán nem hiszik, de így történt.

Rekkenő hőség volt a Nyírmada-Gyulaháza-Anarcsi út tervezésének külső munkálatainál. A tervező mérnök egy régi „Ertl & Sohn” gyártmányú univerzális műszerrel dolgozott. Érzékeny, hosszú libellája volt, a buborék normális méretű, reggel jól indult vele a munka.

Ám, emelkedett a nap, nőtt a forróság, a buborék pedig egyre kisebb lett. Dél tájra pedig teljesen eltűnt. A meleg miatt! A munka viszont, – mint

mindig – sürgős volt, nem lehetett megvárni az alkonyatot, mire valószínű, hogy a buborék ismét előkerül.

Kollégánk elugratta hát egy vödörrel a figuráns gyereket a nyírmadai állomáshoz, ami jó messze volt. A vödör friss kút víz azonban tartotta magát, le is hűtötte a libellát, úgy hogy előkerült a buborék, hogy az ájuldozó libellát „életben” tartsák.

Soós Zoltán, a HAPA Fiatal Mérnökök Fórumának 2015 évi nyertese előad az EAPA 6. Prágai Kongresszusán.

A bitumentartalom hatása a keverék teljesítményére és a burkolat tervezésére

Jiri Fiedler



Cseh Ütügyi Vállalkozók Szövetsége Prága

Tartalmi kivonat

A magasabb bitumentartalom javítja az aszfaltkeverék fáradási ellenállását, de egyes esetekben alacsonyabb merevséghez vezethet. A fáradásra gyakorolt hatás általában az alaprétegekben dominál és a burkolat kialakítása kevésbé költséges lehet. Ezért használták az utóbbi időben az USA-ban néhány munkaterületen az ún. „Rich Bottom Layer” (RBL) keverékeket. Az RBL tulajdonságait vizsgálják a cseh kutatási projekt, a CESTI keretein belül. Tesztek végeztek a CVUT, VUT és az Eurovia laboratóriumaiban. Az eddig kapott eredmények nyilvánosak. A burkolat kialakítására gyakorolt hatás elemzése még folyamatban van.

1. Bevezetés

Általános tendencia, hogy növelni szeretnénk a nagy forgalmi terhelésű utak burkolatának élettartamát. Az ilyen burkolatokat Európában általában „long life” (= hosszú élettartamú), az USA-ban „perpetual” (=örökös élettartamú) burkolatnak hívják. Az aszfaltkeverék fáradásának következtében kialakuló burkolathibákat csökkentették vagy kiküszöbölték. Két lehetőség van arra, hogy ezt a célt elérjük. A vastag burkolat csökkenti az alaprétegben a feszültséget és az igénybevételt. Ez növeli a terhelési ciklusok számát, amíg a fáradási hiba végül kialakul. A másik lehetőség az aszfaltkeverék fáradási ellenállásának javí-

tása. Ez megvalósítható modifikált bitumen használatával, vagy a keverék kötőanyag-tartalmának növelésével. Ezek a módszerek kombinálhatók a burkolat kialakításánál annak érdekében, hogy gazdaságos és tartós szerkezetet kapjunk.

Magasabb kötőanyag-tartalommal előállított alapréteg keverékeket már használtak az USA-ban és Kanadában egyes építési területeken. Ezeket „Rich Bottom Layer”-nek (RBL) vagy „Fatigue Resistant Layer”-nek (FRL) nevezik. Általánosságban véve ajánlott 0,5%-kal több bitument használni, mint a hagyományos keverékek esetében [1].

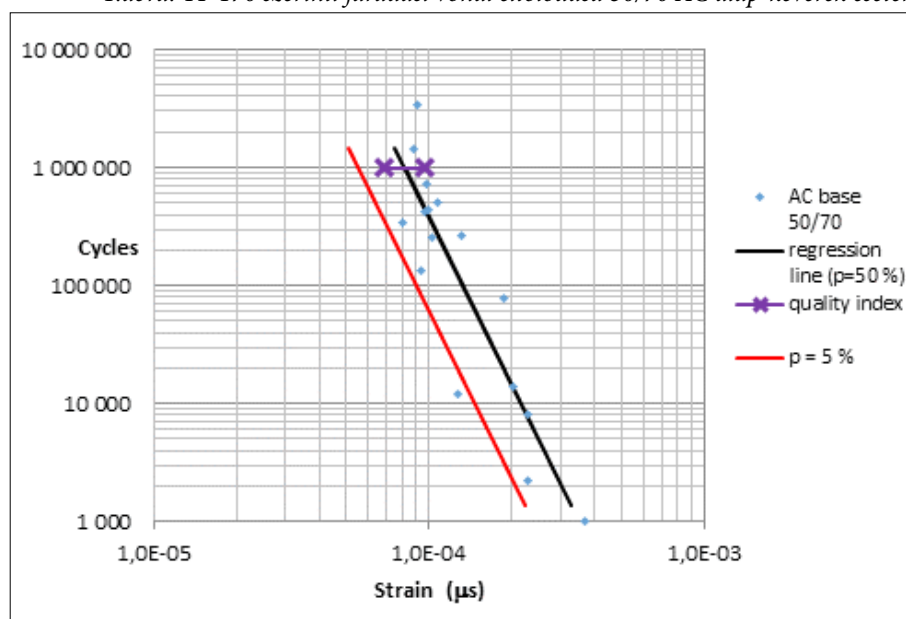
1.táblázat: A vizsgált keverékek térfogati tulajdonságai

Mix type			AC 16 base	AC 16 RBL	AC 16 base	AC RBL
Binder type			50/70		PMB 25/55-60	
Binder content	B_{mass}	%	4,1	4,6	4,1	4,6
Binder content	B_{vol}	%	9,7	11,1	9,7	11,0
Density	ρ_{bssd}	Mg/m ³	2,505	2,533	2,496	2,527
Maximum density	ρ_{max}	Mg/m ³	2,659	2,648	2,659	2,648
Void content	V_m	%	5,8	4,3	6,1	4,6
Bitumen filled voids	VFB	%	62,6	72,0	61,3	70,6

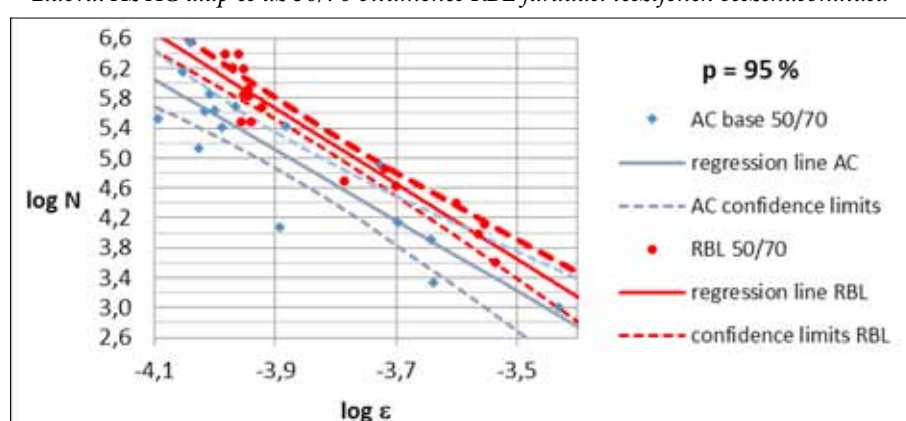
2.táblázat: 50/70 úti bitumennel előállított keverékek fáradási paraméterei

	AC base 50/70	RBL 50/70
Binder content (%)	4,1	4,6
Slope $B = -1/b$	4,7	5,0
ϵ_6 (μs)	81,5	107,9
$D\epsilon_6$ (μs)	14,3	8,5
$\epsilon_{6min} = \epsilon_6 - D\epsilon_6$ (μs)	67,2	99,4
Standard error $SN_{N/e}$	0,481	0,267
Coef. of determination R^2	0,796	0,918
Number of specimens	16	17
$Y_{up} = \epsilon_{6,50} / \epsilon_{6,5}$ (after TP 170)	1,47	1,22

1. ábra: TP 170 szerinti fáradási vonal eltolódása 50/70 AC alap-keverék esetén



2. ábra: Az AC alap és az 50/70 bitumenes RBL fáradási tesztjének összehasonlítása



RBL keverékeket teszteltek a Cseh Köztársaságban a CESTI kutatóprogram keretein belül, melyeket a prágai (CVUT) és a brnoi Műszaki Egyetem (VUT), az Eurovia és egyéb útépitő cégek végeztek. A CESTI projekt különböző tevékenységeivel kapcsolatban információk találhatók a http://www.cesti.cz/podklady/CESTI_activities.pdf oldalon.

A CESTI keretein belül tesztelt egyes hagyományos keverékek és az RBL keverékek minőségi jellemzőiről lesz szó ebben a cikkben, valamint ezen tulajdonságoknak a burkolat tervezésére gyakorolt hatásáról.

2. Vizsgált keverékek

Két, alapréteghez használatos keveréket vizsgáltak. Az egyik 50/70 úti bitumennel, a másik 25/55-60 PMB-vel készült. Mindegyik keveréket Marshall készülék 2x50 ütésevel tömörítették. Az úti bitumennel készített keveréket 150°C-on, a polimerrel modifikált keveréket (PMB) 160°C-on tömörítették. Ezen keverékek térfogati tulajdonságai az 1. táblázatban láthatók.

Az EN 12697-26 szerint közvetett merevség-vizsgálatokat végeztek hengeres próbatesten (IT-CY). Kis különbség volt a merevség tekintetében (< 10%) az AC és az RBL keverékek

között, ugyanazzal a kötőanyag-gal dolgozva, 0 és 30°C közötti hőmérséklettartományban. A keményebb bitumennel előállított keverékek határozottan magasabb merevségi értékeket mutattak. Az eredmények megtalálhatók [Fiedler et al, 2015]. A kötőanyag-tartalom további növelése valószínűleg a merevség csökkenéséhez vezetne. Ezt három másik, PMB 25/55-55-tel gyártott alapréteg-keveréken elvégzett vizsgálattal szemléltettük, amelyek szintén megtalálhatók [Fiedler et al, 2015]. A 4,8, 5,1 és 5,4% kötőanyag-tartalommal előállított keverék merevsége csökkent a bitumentartalom növelésével. Az 50/70 bitumenes keverékre vonatkozó általános kapcsolat a kötőanyag-tartalom, a szabad hézag tartalom és a merevség között jól illusztrálva fellelhető korábbi francia cikkekben [Travers 2005]. Ez a cikk a vizsgált keverékek fáradási teljesítményére fókuszál, amiről a következő részben lesz szó.

3. Fáradási tulajdonságok

Az EN 12697-24 szerint trapéz próbatesten (2 PB) végeztek fáradási tesztet 25 Hz frekvencián 10°C-os hőmérsékleten a brnoi VUT laboratóriumában. Az 50/70 bitumenes RBL fáradási tulajdonságai sokkal jobbak voltak, mint az AC alapréteg esetében, amint az a 2. ábrán és a 2. táblázatban látható.

Az ε_6 , $\Delta\varepsilon_6$, b paraméterek az EN 12697-24 szabványban vannak meghatározva az aszfaltkeverékek fáradásának jellemzéséhez. A B fáradási vonal meredeksége és a Y_{up} együttható használatosak a cseh burkolattervezési módszerben a TP 170 alapján. Az Y_{up} együttható mutatja az $\varepsilon_{6,50}$ eltolódását a fáradási vonalon – amit a teszteredmények regressziós elemzése során kaptunk (amely 50%-os valószínűségnek felel meg) – az $\varepsilon_{6,5}$ értékhez képest, amely 95%-os valószínűséggel biztosított (ε_6 alacsonyabb értékei 5%-os valószínűséggel bírnak). Ez a regressziós analízis terminológiájában egy predikciós intervallum (lásd például <http://www.real-statistics.com/regression/confidence-and-prediction-intervals/>). Ezt az eltolódást ábrázolja a piros vonal az 1. ábrán. Az $\varepsilon_6 \pm \Delta\varepsilon_6$ intervalluma is jelölve van az 1. ábrán (a keresztek jelölik).

Az RBL-keverék ε_6 -értéke egyértelműen magasabb, mint az AC alap értéke. Az RBL standard hibája alacsonyabb, a determinációs együttható magasabb. Ezért az ún. „minőségi index” $\Delta\varepsilon_6$ alacsonyabb (az EN 12697-24 szabványban használt kifejezés némiképpen félrevezető, mert az alacsonyabb „minőségi index” felel meg a keverék jobb homogenitásának).

Az AC és az RBL keverék összehasonlítása a 2. ábrán látható. A normál eloszlás 95%-os valószínűségét jelző regressziós vonal megbízhatósági intervalluma is látható az ábrán. A megbízhatósági intervallum szélessége határozottan nagyobb AC alap esetén.

Ahogy az az 1. táblázatból látható, az AC alap 10°C hőmérsékleten mért ε_6 értéke alacsonyabb, mint a TP 170 szerinti tervezett érték $\varepsilon_6 = 100 \mu s$, amit a 15°C ekvivalens hőmérsékleten történő burkolat-kialakításkor használunk. A hőmérséklet korrekciós együttható ε_6 -ra vonatkozóan a francia eljárás alapján [STAC 2014] a (2) képletből számítható ki

$$\varepsilon_6(\theta_{eq}, f) = k_{\theta f} \times \varepsilon_6 \quad (1)$$

$$k_{\theta f} = \sqrt{\frac{E(10^\circ C, 10 Hz)}{E(\theta_{eq}, f)}} \quad (2)$$

A 10 ill. 15°C-os hőmérsékleti modulusok hányadosa az NF P 98-086 G.7 táblázata szerint 1,33 az AC esetén. Így értéket. A vizsgált AC alap-keverék esetén a korrigált érték 15°C-os hőmérsékleten $\varepsilon_{6,15^\circ C} = 87 \times 1,15 = 100 \mu s$ lenne.

Az AC alap-keverékre vonatkozó cseh specifikáció szerint a minimális kötőanyag-tartalom 3,7%. Így erre a keverékre ezzel a kötőanyag-tartalommal a $\varepsilon_6 = 100 \mu s$ tervezési érték a TP 170-ben túlságosan optimista lehetne. Mindemellett a keverék kötőanyag-tartalma általában magasabb, mint az előírt minimum, mivel a keverék-tervezést és a kiindulási típusvizsgálat jóvá kell hagynia az üzemi hatóságnak, aztán a munkaterületen a kötőanyag-tartalomra kontrollméréseket végeznek. Az AC alap előírt minimum kötőanyag-tartalmának – ami kicsit alacsonyabb, mint Franciaországban, Szlovákiában és Németországban – növelése vita tárgyát képezi a cseh szakemberek körében, úgy mint az RBL bevezetésének lehetősége is a következő TP 170-verzióban, mint másik alapréteg-keverék.

A CESTI kutatóprojekt során mért, illetve a TP 170-ben előírt ε_6 -értékek alacsonynak tűnhetnek azok számára, akik jártasak a négy pontos fáradási teszt (4 PB) eredményeiben, amely Magyarországon használatos. Az EN 12697-24 sz. szabványnak megfelelően végzett különböző fáradási tesztek különböző eredményeket adnak. A terhelés ellenőrző vizsgálatokból adódó fáradási ellenállás általában nő, ha emeljük a teszt hőmérsékletét. Ez látható például néhány újabb keleti négy pontos (4 PB) tesztből [Witczak et al, 2013]. Az egyik tesztet szemléltetés céljából bemutatott itt a hármas ábrán (az ε_6 -értékek az eredeti grafikonhoz voltak megadva).

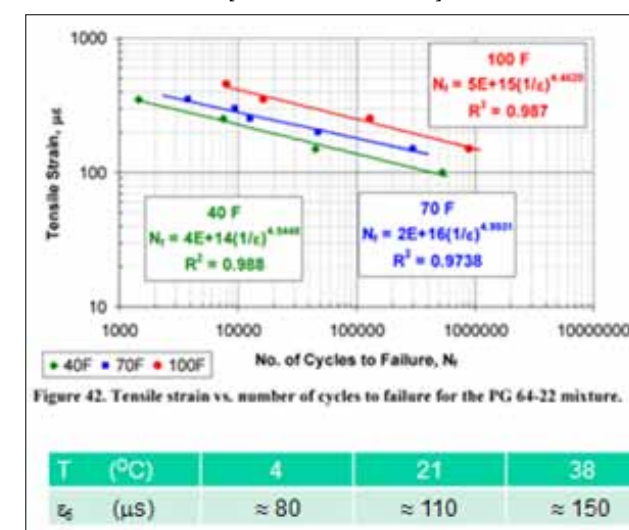
A 2 PB és a 4 PB közötti különbség EN szerint elvégzett tesztek esetén főként az eltérő hőmérséklet következtében alakul ki, mint az látható [Puchard et al, 2012]. PMB 25/55-60-nal gyártott keverékek fáradási tesztjeinek eredményei láthatók a 3. táblázatban TP 170 szerinti tervezési-értékekkel. Az RBL jobb fáradási tulajdonságokkal rendelkezik, mint az AC alap.

A PMB-vel előállított keverékek fáradási paraméterei jobbakk, mint a TP 170 sz. szabványban megfogalmazott tervezési-paraméterek (ami nem tesz különbséget az úti bitumennel, ill. PMB-vel előállított AC alap paraméterei között). Ez a megkülönböztetés jelenleg a 2010-ben kiadott „TP 170 kiegészítése”-ben van alkalmazva („Supplement of TP 170”), csak a HMAC, nagy modulusú aszfaltretek-re (High modulus asphalt concrete) vonatkozóan (a VMT rövidítés a cseh nyelvben használatos ezen keverékekre). A HMAC keverékeknek magasabb a kötőanya-tartalma, mint az AC alapnak. Emiatt a HMAC tervezett fáradási ellenállása a TP 170 alapján magasabb, mint az AC alap esetén. A tervezési értékek $\varepsilon_6 = 125 \mu s$ úti bitumennel gyártott HMAC esetén, és $\varepsilon_6 = 135 \mu s$ PMB-vel gyártott HMAC esetén. Tervbe van véve, hogy magasabb ε_6 tervezési értéket adjunk meg a TP 170 következő felülvizsgálatokor a PMB-vel előállított AC alapra vonatkozóan.

4. Az RBL használatának hatása a burkolattervezésre

Az RBL jobb fáradási tulajdonságai felhasználhatók a burkolat tervezésekor. Itt jelentős különbségek vannak a burkolattervezési módszerek között. Ezért az RBL jobb

3. ábra: A teszt-hőmérséklet hatása az AC fáradására (4 PB) [Witczak et al, 2013]



3. táblázat: PMB 25/55-60-nal előállított keverékek fáradási paraméterei

	AC base PMB	RBL PMB	AC base TP 170
Binder content (%)	4,1	4,6	≥ 3,7
Slope B = - 1/b	5,7	6,0	5,0
ε_6 (10 ⁻⁶)	112,6	119,1	100
$Y_{up} = \varepsilon_{6,50} / \varepsilon_{6,5}$	1,31	1,15	1,15
$\Delta\varepsilon_6$ (10 ⁻⁶)	11,4	6,4	
$\varepsilon_{6min} = \varepsilon_6 - \Delta\varepsilon_6$ (10 ⁻⁶)	101,2	112,7	
Standard error SN _{N/E}	0,399	0,227	
Coef. of determination R ²	0,878	0,885	
Number of specimens	20	18	

fáradási ellenállásának hatása függ a tervezési módszertől is. Elsőként a cseh módszer hatását mutatom be. Azután pedig az egyéb burkolattervezési módszerek rövid bemutatása következik.

A cseh burkolattervezési módszer a TP 170-ben hasonló, mint a francia (NF P 98-086 sz. szabványban). Általában a 15°C-os ekvivalens tervezési hőmérsékletet alkalmazzák. A cseh tervezési módszer előző verziójában három különböző hőmérséklet szerepelt: 0, 11 és 27°C, különböző fáradási paraméterekkel mindegyik hőmérsékletre. Ezeket a tervezési paramétereket néhány laboratóriumi teszt eredménye alapján hozták létre, amelyeket a kutatási munka keretein belül úti bitumenes keverékeken végeztek el. A fáradási teszt időigényes és drága. Ezért a három különböző hőmérsékletre vonatkozó fáradási tesztet a gyakorlatban nem valószínűsíthető meg. Ezért részesítették előnyben az ekvivalens hőmérséklet elvét a TP 170 tervezési módszerében. A laboratóriumi tesztek fáradási paramétereinek használata megengedett. De van egy felső ε_c -értékhatar. Csak 10%-kal lehet magasabb a TP 170-ben megadott tervezési értéknél és a B-görbe nem lehet magasabb, mint a TP 170-ben megadott érték ($B = 5,0$). A laboratóriumi fáradási paraméterek alkalmazására vonatkozó felső határ a francia NF P 98-086 szerinti tervezési módszerben is használatos, francia elnevezése: „l'approche fondamentale” (lásd F.6 és F.7 táblázat az F mellékletben a merevségi és fáradási paraméter-határértékek normáiról).

A TP 170-ben előírt tervezési módszerben N_{adm} terhelések elfogadható számára vonatkozó képlet:

$$N_{adm} = \frac{10^6}{Y_d C_2 C_4} \left(\frac{Y_u Y_D \varepsilon_s}{Y_{fp} \varepsilon} \right)^B \quad (3)$$

Ez egy átalakított formája az EN 12697-24 sz. szabvány szerinti fáradási képletnek, kiegészítve néhány korrekciós tényezővel. Ennek a formának az az előnye, hogy könnyen érthető az ε_s és a horizontális feszültség hatása az aszfalt alapjára, valamint az ε hatása a terhelési ciklusokra a fáradási hiba kialakulásáig. A feszültség értékeit microstrain-ben adjuk meg. Így a kalkuláció nagyon egyszerű. A részleges megbízhatósági együttható (partial reliability coefficient) Y_u , neve „coefficient of application of fatigue test” olyan eltolódási tényező, amely kifejezi a különbséget a laboratóriumban megvalósuló folyamatos terhelés, valamint a valóság között, ahol a nehéz járművek okozta terhelések között pihenési szakaszok is vannak ($Y_u = 1,6$ AC alap esetén, 1,3 HMAC esetén). A C-vel jelölt együtthatók a forgalomvizsgálattal függnek össze, Y_D a megengedett repedés szintjével (design level of cracking), ami függ az út besorolásától (több repedés engedélyezett helyi utakon), Y_d pedig az elméleti tervezési módszer megbízhatóságával. Ezek értéke rögzítve van a TP 170 sz. szabványban.

Ha az RBL modulusa megegyezik az AC alap modulusával, akkor az alapréteg feszültsége azonos lesz. Ekkor a tesztelt RBL ill. AC alap-keverékkel gyártott burkolaton a nehéz gépjárművek megengedett számának hányadosa $N_{RBL}/N_{AC} = (108/82)^5 \approx 4,0$. Ha az RBL modulusa nem jelentősen kisebb, akkor az ε igénybevétel növekedése elenyésző mértékű az aszfalt alaprétegekben. Ez csökkenti a terhelések megengedhető számát, de az RBL keverék magasabb ε_c értékének hatása még mindig fontosabb.

A német burkolattervezési módszer (RDO Asphalt 09) 13 különböző hőmérséklet-állapotot fontol meg külön-

böző hőmérsékleti eloszlásokkal az aszfaltrétegek egyes mélységeiben. Az aszfaltkeverék merevsége, megfelelően a figyelembe vett hőmérsékletnek minden réteg esetén ki van számolva. Aztán az aszfalt alaprétegekre vonatkozó terhelés mindegyik esetre ki van kalkulálva – különböző tengelyterhelésekre is, ami összesen 143 kiszámolt esetet eredményez. A megengedett forgalom minden esetben az AC alap fáradási ellenállási képletéből van kiszámítva, majd összesítve, hogy megkapjuk a teljes megengedett terhelést. Az ilyen részletes elemzés szükségessége kifogásolható, ha állandó fáradási paraméterekkel dolgozunk mind a 13 hőmérsékleti állapot esetén, még akkor is, ha tudjuk, hogy a fáradás függ a hőmérséklettől is.

Az úgynevezett kalibrált aszfaltra vonatkozó RDO Asphalt 09 szerinti tervezési fáradási paraméterek az $N = 2,8283 (\varepsilon)^{-4,194}$ képlettel fejezhetők ki. A terhelés ezrelékben van megadva (%). Így a terhelés $N = 1\,000\,000$ esetén eredményezi $\varepsilon_c = 0,0475$ %-et, amely $\varepsilon_c = 47,5 \mu s$. Ez az „alacsony” érték annak következménye, hogy Németországban közvetett módon (indirect tensile test = ITS) mérték a fáradási értéket, amely alacsonyabb eredményeket hoz, mint a 4 PB teszt. Ez látható például [Li N., 2013]. A terhelések megengedhető számának

$$N_{zul} = \frac{SF}{F} \times a \times (\varepsilon)^k$$

shift faktora (SF) az RDO Asphalt 09 alapképletében (A.6.15 képlet) magas ($SF = 1500$). Ennek két oka van. Az ITS fáradási teszt használata, valamint a tény, hogy SF nem az igénybevétellel áll összhangban, mint a cseh és a francia módszer esetén, hanem közvetlenül az N értékkel. Az F együttható az AC kopó alatti réteg típusától függ. Ennek értéke rögzítve vannak az RDO Asphalt 09 8.2 táblázatában. Érdemes megjegyezni, hogy az RDO éppen felülvizsgálat alatt áll.

Nincs megkötés az RDO Asphalt 09-ben a laboratóriumi körülmények között mért merevségi és fáradási paraméterek alkalmazásával kapcsolatban. Ezt használták egy [Stimmler, et al, 2014] németországi PPP-projekt burkolattervezéséhez, ahol az aszfaltrétegek teljes vastagsága – beleértve egy speciális HMAC-réteget – csak 180 mm volt, az 50 millió ESAL 100 kN össz-forgalomterhelés mellett. A burkolattervezésben meglévő különböző bizonytalanságok miatt ésszerű a laboratóriumi körülmények között mért minőségi jellemzők közvetlen alkalmazásának bizonyos fokú korlátozása, mint a cseh és a francia módszerben tapasztalható. Érdemes újra megjegyezni, hogy az RDO felülvizsgálata zajlik, de a jövőbeni változtatások még nem ismertek.

A laboratóriumi körülmények között nyert fáradási paraméterek alkalmazásának bizonyos fokú korlátozását fogják bevezetni az új osztrák tervezési módszerben is, amely az OBESTO kutatási projekten alapulva jön létre [Blab et al, 2014]. A terhelés megengedett mennyiségét a

$$N_{zul} = \frac{k_1}{F} \times (E/\sigma)^{k_2}$$

képletből nyerik, ahol k_1 és k_2 olyan fáradási együtthatók, amelyek a hőmérséklettől függenek. 24 különböző hőmérsékleti értéken történik a kalkuláció. A részleges károkat a „Miner hypothesis” alkalmazásával összegzik. Az F biztonsági együttható az ε_c mért értékétől függ, a tervezési módszerben megadott képletnek megfelelően. Az ε_c értékének

változása sokkal kisebb hatással van az N_{zul} értékre, mint a cseh, vagy a francia módszer esetén. Például az ε_c értékének növelése 100 μs -ról 110 μs -ra az F értékének 1,16-ról csak 1,08-ra változásához vezet. A francia és a cseh módszerben ez az ε_c -növekedés a megengedett összeterhelés 50%-os növekedéséhez vezet.

Mindemellett van néhány arra vonatkozó bizonyíték, hogy az AC és RBL fáradási paraméterei közötti különbségek nagyobbak lehetnek a 4 PB fáradási teszttel vizsgálva, mint a 2 PB esetén. A [Monismith et al, 2009] cikk az RBL használatát mutatja be egy kaliforniai autópálya-építési projekt folyamán, az alábbiakban látható az AC és RBL fáradási egyenlete 20°C-on:

AC 4,7% PG 64-16 úti bitumennel

$N = 5,142E-15 \times \varepsilon^{-5,602} (\varepsilon_c = 239 \mu s)$

RBL 5,2% ugyanazon kötőanyaggal

$N = 5,083E-15 \times \varepsilon^{-4,6014} (\varepsilon_c = 294 \mu s)$

A fáradási paraméterek burkolattervezésben történő alkalmazásával kapcsolatos problémák, valamint a különböző burkolattervezési módszerek közötti különbségek szélesebb körű leírása kívül esik ennek a cikknek a hatáskörén. Mindez megtalálható például a cseh útépitési folyóirat 4 cikkből álló sorozatában [Fiedler et al, 2013, 2014] és a Szlovák útügyi hatóság burkolattervezéséről szóló monográfiájában [Rikovský, Fiedler, 2015].

5. Következtetés

A szokásosnál 0,5%-kal magasabb kötőanyag-tartalommal előállított AC alapréteg sokkal jobb fáradási ellenállással rendelkezik. Ez lehetővé teszi az AC alapréteg vastagságának csökkentését, amely ellensúlyozhatja a keverék magasabb árát. Mindez függ a keverék alkotórészeinek aktuális áráról, valamint a burkolattervezés módszerétől. 2015 őszén megvalósult egy RBL-lel gyártott teszt-szakasz a Cseh Köztársaságban. A tervek szerint a CESTI projekt keretein belül vizsgált RBL-keverékekről szóló jövőre megjelenő záró beszámoló tartalmazni fog néhány tervezési értéket a teljesítménnyel kapcsolatos paraméterekre vonatkozóan, amelyek bevezethetők a TP 170-be, valamint az ezen kötőanyagok használatáról szóló ajánlásokba.

A szakirodalomból származó információk, valamint a CSETI projekt tapasztalatai egyaránt megerősítik, hogy az aszfaltkeverék tulajdonságainak megfelelő modellezése nagyon összetett terület. Az EN 12697-26 sz. szabványban megengedett különböző fáradási tesztek nagyon eltérő eredményeket adnak. Eltérések vannak a laboratóriumban előállított, illetve a burkolatból vett mintákon elvégzett tesztek eredményei között is. Mindezt a közelmúltban mutatták be a „Repräsentative Ermittlung der performancerelevanten Asphalteigenschaften als Grundlage neuer Vertragsbedingungen” (www.ise.kit.edu) nevű német kutatási projektben.

Nagy körültekintéssel kell tehát eljárni a laboratóriumi tesztekkel kapcsolatos szofisztikált tulajdonságok értelmezésekor és alkalmazásakor.

Felhasznált irodalom

Blab R., et al, Implementierung des GVO und LCCA-Ansatzes in die österreichische Bemessungsmethode für Straßenoberbauten, OBESTO, 2014

Fiedler J., Žák J., Mondschein P., Jarušková D., Statistical evaluation of fatigue tests of asphalt mixes and their application in the pavement design (In Czech), Journal “Silnice mosty” No 3 and 4 /2013, 1 and 2/2014

Fiedler, J., Bureš, P., Mondschein P., Hyzl P., Influence of bitumen content on the performance properties of asphalt mixes, (In Czech), XX. Seminar I. Poliačka, 2015

Fiedler, J., Bureš, P., Possibilities for extending asphalt pavement life, (In Czech), Conference Asphalt pavements AV 15, Č. Budějovice 2015,

Li N., Asphalt mixture fatigue testing, Influence of Test Type and Specimen Size, 2013

Méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples, STAC, January 2014 <http://en.calameo.com/books/000687261c1f19eafa460#>

Monismith, C.L., Harvey, J.T., Tsai B., Summary Report: The Phase 1 I-710 Freeway Rehabilitation Project: Initial Design (1999) to Performance after Five Years of Traffic (2009)

Newcomb, D. et al, Perpetual pavements synthesis, NAPA 2010,

Puchard Z., Gorgenyi A., Hungarian experience with different bending devices, 2 point and 4 point, 3rd 4PBB Conference 2012,

Simmleit N., Pahirangan S., DAsphalt Inovative asphalt for PPP projects with increased lifetime, Int. Conf. on Asphalt Pavements 2014

Řikovský V., Fiedler J., Detailed analysis of the basic principles of the asphalt pavements design (In Slovak), VUIS – CESTY* spol. sr.o., Bratislava 2015 http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/rozborove_ulohy/2015_ru_navrhovanie_vozoviek.pdf

Travers F., Effets de facteurs de formulation sur la fatigue et le module, Seminaire LCPC, 2005

Witczak M. et al., Validating an Endurance Limit for Hot-Mix Asphalt, NCHRP 762, 2013

Az Aszfalt szerepe a nemzeti úthálózat felújításban

dr. Törőcsik Frigyes



Az elmúlt évben emlékeztünk meg, konferenciánkon a hazai aszfaltépítés 150 éves jubileumáról. Az útépítő szakma másik két nagy konferenciáján a KTE Útügyi Napon és a Nemzetközi Közlekedési Napon is méltó megemlékezés volt.

1864-ben készült hazánkban, Pesten az első aszfalt burkolatú járda a Palatinus utcában. Innen számítjuk a hazai aszfalt útépítés eredetét. A száz éves évfordulóról egy cikkben emlékezett meg Balogh Lajos az aszfalt útépítő vállalat főmérnöke 1964-ben. 1989-ben a 125 éves jubileumon a közlekedési múzeumban volt egy emlékülés, és készült arra az alkalomra egy kétkötetes kiadvány.



Megalakulnak az útépítő vállalkozások. 34 vállalkozás volt bejegyezve a századforduló környékén.

1871-1884. között 255 ezer m² – 1902-ben 3,5 millió m² aszfalt burkolat készült.

1878. Párizsi Világkiállításon díjat nyert a „D ASPHALTE HONGROISE A BUDA-PEST”

Aszfaltburkolatok mennyisége a nagy fővárosokban és Budapesten.

Budapesten háromszor annyi aszfalt út volt, mint Bécs-

	Párizs	Berlin	Bécs	Budapest
Aszfalt	1,3 millió m ²	2,9 millió m ²	171,000 m ²	171,000 m ²
Teljes burkolat	9 millió	6,7 millió	7,7 millió	5,1 millió

ben az 1914-es fenti statisztika szerint.

A XX. század első éveiben, hazánkban az 1 km²-re eső aszfalt utak aránya Európában a legmagasabb. A két világháború között az aszfaltburkolatok építése visszaszorult, tért hódított a betonburkolat az új főutak építésében.

A II. világháború után a zömében makadám rendszerű úthálózat háborús kárainak helyreállítása azonos technológiával történt. Az utak pormentesítése és a permetezéses felületi bevonatok alkalmazása volt jellemző. Az akkor korszerű fekete burkolatok is után-tömörödő, makadám rendszerű itatásos eljárással készültek, hideg és meleg technológiával.

A II. Világháború után a hetvenes évtizedektől a szakma széleskörű műszaki fejlesztéssel reagált a közúti forgalom dinamikus növekedésére. A hideg- és meleg kötőzúzalékot felváltotta a melegaszfalt. 1970-es évtizedben a C25-ös keverőgépek mellett, megjelentek a TELTOMAT, majd a MARINI és más nyugati nagyteljesítményű keverőgépek. Megjelentek a beépítő és a nagyteljesítményű tömörítőgépek is.

Az aszfaltburkolat építéséhez is alkalmazásra került már a hetvenes évtizedekben az értékelemzés.

A motorizáció rohamos növekedésével az elmúlt évtizedekben megsokszorozódtak különböző aszfalttechnológiák:

Öntött aszfalt változatlanul szerepelt a kivitelezők gyakorlatában, de a közúti pályák burkolatában háttérbe szorult. (Pl.: Bp. Üllői út)

Egymást követték a legkülönbözőbb új eljárások U, JU, kavicsaszfalt, ÉH érdesített homokaszfalt, drain aszfalt, (-100 km-en épült! – a tapasztalatok vegyesek voltak) különböző vékony aszfaltok, Infradominó melegítéses eljárások, modifikált aszfaltok, – különböző anyagú modifikáló szerek alkalmazása., (M7, 1984-től) meleg remix burkolat felújítások, félmeleg aszfaltok, (gumiőrlemények, műanyagok, stb.)

Minden útépítő társaság foglalkozott valamilyen új aszfaltféléssel bevezetésével (salak, gumiőrlemény, üvegaszfalt, bitugél, műanyag szövetek, rácsok, stb.)

Első hazai (II. világháború után) nemzetközi versenytárgyalás M7 betonpálya felújítására 1980-as évek elején

történt. Négy ajánlat érkezett: „Olexobit” technológia, VDW technológia, Flüster-aszfalt, Wirtgen-Szabados modifikált vékony aszfaltszőnyegre érkezett javaslat és próbamunkákra. A fenti próbamunkák közül a VDW-technológia és a Flüster-aszfalt vált be a gyakorlatban.

Nyertes ajánlat a VDW eljárás lett. Modifikált bitumen Németországból „lábon” érkezett. Az ország egyik legnagyobb forgalmú autópálya szakasza volt, ezért miniszteri követelmény volt a minimum 5 év jó minőség. Forgalom alatt több mint 15 évig szolgált a burkolat. Mi tette lehetővé ezt az akkor szokatlan eljárást? (a Tárca vezetése, szakmai önállóság, bátorság)

Az aszfalt gyártás-beépítés kívánatos mennyisége az európai gyakorlat szerint 1 tonna/1 fő/1év.

Hazánkban ezt egyszer közelítettük meg az 1970-es években (6,5 millió tonna/év).Jelenlegi években 2,5–3,5 millió tonna készült az intenzív autópálya építés és az Európai Unió támogatása ellenére.

Következmény a nemzeti úthálózat 31.000 km-ből a Magyar Közút N.Zrt. adatai szerint

40–50%-a hálózatnak, 15.000 km sürgős felújításra szorulna.

A lakosság értékítéletében a melegaszfalt helye, szerepe, túl van értékelve. (Szociológiai felmérés 1-10 skálán értékelte a különböző szolgáltatásokat! Az út fontossága megelőzte az egészség, a kultúra, az információ és a többi infrastruktúrát.)

Hazánk a technikai és kulturális élet széles területén Európa, sőt egyes esetekben a világ élvonalába tartozott, többek között az aszfaltútépítésben is.

Nem ünnepontás, de az aszfaltjaink élettartama rohamosan csökken, a bitumenek mennyisége soha ilyen kevés nem volt a keverékekben.

Csökkenő kezdeményezés tapasztalható az aszfaltok fejlesztésére, a betonburkolat ismét tért hódított. A közúti szakmában a személyes közreműködést nyújtó fejlesztő technológusok szerepe csökken, az irányítást kezdi felváltani az automatizmus.

Burkolat felújítás stratégiához javaslatok, lehetséges változatok.

A jelenlegi egyre romló burkolatállapot megállítására és az intenzív felújításra az egyszer már alkalmazott, jól bevált eljárásokat kell alkalmazni differenciáltan az értékelemzés módszerével: a szükséges és elégséges feltételek kielégítésével.

A nemzeti úthálózaton 15.000 km sürgősen felújításra szorul. A 31.000 km-es nemzeti úthálózathoz 15.000 km még makadám rendszerű, után-tömörödő, nem meleg hengereltaszfalt burkolat! Az autópályákon már 5 éves burkolatokat javítani kell, mintegy 500 km-en. (Még az új betonburkolatokat is)

A közelmúlt Útügyi napokon ismertetésre került, hogy: 2007–2015 között 11,5 to burkolaterősítés 1080 km gyorsforgalmi út 570 km négy nyom, elkerülő út 300 km készült 8 év alatt. Összes beavatkozás kerekítve 2000 km. Évente

I. változat	csak meleg aszfalt burkolat felújítás 1000km készülhetne évente	15 év a teljes felújítás
II. változat	50% meleg aszfalt 500km 5–8.000 jármű/nap forgalomra 50% hideg remix + aszfalt 1000km 5.000 jármű/nap forgalomra össz: 1500km	10 év a teljes felújítás
III. változat	40% melegaszfalt 400km 8.000 jármű/nap forgalomra, 30% hideg remix + aszfalt 600km 30% hideg remix + feületi bev. 1200 km 3.000 jármű/nap forgalomra össz: 2200km	7 év a teljes felújítás
IV. változat	40% aszfalt 400 km 30% remix + aszfalt 600 km 15% remix + feületi bev. 600 km 15% feületi bev. 1500 km össz: 3100km	5 év a teljes felújítás

Megjegyzés: az idő közbeni burkolat leromlás hatása a teljes felújítás időtartamánál nincs figyelembe véve.

250 km (nem éri el az úthálózat 1%-át) készült. A burkolat felújítás szempontjából fajlagos eredmény még rosszabb: 1.080/7 év (0.5%-a sem az úthálózatnak) Az előzetes információk (sajtó, szakmai körök stb) szerint jelentősen növekedni fog a fenntartás, üzemeltetésre fordítható forrás és a burkolat felújításra 100 mrd forint/évvel számolnak a döntéshozók. Öröndetes, hogy ha nem is lesz újból útalap, de ötéves finanszírozási szerződésről szólnak az előzetes hírek.

Az utolsó évek burkolat felújítási technológiája a melegaszfaltra szűkült, ritkán hideg remix útalap erősítéssel, homogenizálással. Átlagos fajlagos költség 100 millió forint/km (autópályák kivételével) A felújításra szoruló 15.000 km összes költsége: 1500 md forint. A feltételezés szerint 100md/év támogatással 15 év alatt valósítható meg az összes szakasz felújítása. A számpélda szerint a felújítások éves becsült ütemét 1.000 km/év meghaladná az évenkénti leromlások mennyisége, 10 év élettartammal számolva: 1500 km burkolat válna azonnal felújítandóvá évente.

A hazánkban már iparszerűen bevezetett, hagyományokkal rendelkező eljárások és becsült költségei:

- Meleg aszfalt burkolaterősítés 100m forint/km
- Hideg remix burkolat alaphomogenizálás + 1 réteg aszfalt 50 m. forint/km
- Hideg remix burkolat alaphomogenizálás + fel.bev. 30 m. forint/km
- Felületi bevonat, bitumen emulzióval 10 m forint/km

A felsorolásból az egyszerűsítés kedvéért hiányzik a meleg remix eljárás, a kevert felületi bevonatok és más célszerű, már kipróbált technológia kimarad.

Értékelemzés már az 1970-es években gyakorlat volt az iparban. A szükséges és elégséges feltételek összhangját vizsgálni kell: – adott helyzetben; mi, mennyi szükséges, – adott helyen; mi, mennyi elégséges.

Az éves tervek készítése során az egyes útszakaszok műszaki minőségétől és a pénzügyi forrás nagyságától lehet a különböző technológiák arányát meghatározni. Például a 100 mrd. forint éves forrásból.

A fenti változatok egy száz mrd forintos éves forrás birtokában készült változatsor szerepelt. A tervezés során alkalmazott prioritások függvényében lehet a technológiai változatokat módosítani például:

- Ha az autópályák romlását kell megállítani (az autópályák díjfizetésűek) akkor a meleg aszfalt felújítás élvez elsőbbséget azonban a meleg remix eljárást és a kevert felületi bevonatokat is számításba kellhet venni.
- Ha a főutak kiemelésre kerülnek, akkor a meleg aszfalt

és a hideg és a meleg remix eljárás élvezhet elsőbbséget.
– Ha a teljesen tönkrement kisforgalmi utakat járhatóvá kell tenni, akkor a hideg remix és a forgalom nagyságától függően az aszfalt kopóréteg vagy a felületi bevonat élvezhet előnyt.

Természetesen mindhárom hálózati elemmel kell foglalkozni forgalom arányosan és a burkolat állapot függvényében.

A következő évek burkolat felújítási terveiben az időközi leromlási folyamatot törvényszerűen figyelembe kell venni, ezért meg kell emelni az évenkénti ráfordítás nagyságát.

Az előbb bemutatott teljes felújítási időtartam az időközi leromlások miatt megduplázódik tehát, vagy a számításba vett évenkénti 100 md. Ft.-ot kell megduplázni, vagy számolni kell a további rohamos burkolat tönkremenetellel.

Mi a további teendő:

- A politikai döntéshozók tájékoztatása, mert: szakemberképzés most nincs! (aszfaltozó szakmunkás és gépkezelő),
- a vasútépítés kőigénye miatt az eruptív kőigényt koordinálni kell! (külföld, stb.),
- az autópályák és a főutak burkolatinak felújítása során felmárt aszfaltok azonnali, közeli felhasználását tervezni kell a felújításokkal egyidőben.

Továbbá:

- a közúton közlekedők szakszerű alapos informálása mellett, a különböző szakmai szervezetek, Mérnök Kamara, KTE, Magyar Útügyi Társaság, Magyar Autó Klub, stb., megismertetése a gondokkal és a lehetőségekkel.
- A közúti szakmán belül a tervezők, a kutatók és a kivitelezők bevonásával ezt az igen nagyjelentőségű kérdést meg kell vitatni, mert még mindig nem egységes a szakma abban a tekintetben, hogy a különböző technológiák mennyire hasznosak és gazdaságosak és szükségesszerű az alkalmazásuk.
- A szakmai vezetésnek át kellene tekinteni, hogy a jelenlegi szabályozási, minősítési rendszere a burkolat fenntartásnak mennyiben okozója a jelenlegi burkolat állapotoknak.

Figyelemmel arra, hogy a 125 éves jubileumra a bemutatott szolid megjelenésű kiadvány készült, célszerű lenne jelen jubileumról is egy kiadványt, könyvet szerkeszteni, hiszen az utódoknak maradandó emléket kellene hagynunk magunk után, annál is inkább, mert bár a betonburkolatú utak, autópályák mennyisége országosan igen csekély, mégis két nívós betonburkolatokkal foglalkozó könyv is készült az elmúlt években. (Azóta a HAPA vezetése döntött, készül a szakkönyv.)



Soós Zoltán, a HAPA Fiatal Mérnökök Fórumának 2015 évi nyertese előad az EAPA 6. Prágai Kongresszusán

HAPA TAGVÁLLALATAI

Aszfalt Hungária Kft

H-2225 Üllő,
Belterület hrsz 3753.

Budapest Közút Zrt.

H-1115 Budapest, Bánk Bán u. 8-12.
Telefon: 1 464 8541
Fax: 1 323-5940

DÉLÚT Kft.

H-6750 Algyő, Kastélykert u. 171.
Pf: 4
Telefon/Fax: 62 517 727

Colas Hungaria Zrt.

H-1033 Budapest,
Kórház u. 6-12. 5 em.
Telefon: 1 883-1000
Fax: 1 883-1010

Colas Út Zrt.

H-1033 Budapest,
Kórház utca 6-12. 1. em.
Telefon: 1 883 1800
Fax: 883 1799

Duna Aszfalt Út és Mélyépítő Kft.

H-6060 Tiszakécske, Béke u. 150.
Telefon: 06 76 540 060
Fax: 06 76 540 061

He-Do Kft.

H-3261 Pálosvörösmart, Hagyóka u. 1.
Telefon/Fax: 06 37 560 090

KÖZGÉP Építő- és Fémszerkezetgyártó Zrt.

H-1239 Budapest,
Haraszi u. 44.
Telefon: 1 885-5430
Fax: 1 289-0495

MOL Nyrt.

H-1117 Budapest,
Október 23. u. 18.
Telefon: 1 209 0000

OMV Hungária Ásványolaj Kft.

H-1117 Budapest,
Október Huszonharmadika utca 6-10.
Telefon: 1 381-9700
Fax: 1 381-9899

Swietelsky Magyarország Kft.

H-1117 Budapest,
Irinyi J. u. 4-20.
Telefon: 1889-6300
Fax: 1 889 6350

Úteppark Útépítő és Mélyépítő Kft.

H-8000 Székesfehérvár,
Sóstói u. 7.
Telefon/Fax: 06 22 321 001

Vértessz Aszfalt Kft.

H-2890 Tata, Barina u. 9.
Telefon: 06 30 9921 537
Telefon: 06 34 309 219
Fax: 06 34 305 336

PENTA Kft.

H-2100 Gödöllő,
Kenyérgyártó út 1/E
Tel: 36 (28) 529-050

HAPA TÁRSULT TAGVÁLLALATAI

Amman Austria GmbH

Ausztria 4114 Donau, Neuhaus 9.
Tel.: +43 7232 29 9 44 0

AUMER Kft.

H-1112 Budapest, Reptéri út 2.
Telefon: 1 248 1931

BHG Bitumen Kft.

H-1117 Budapest,
Gábor Dénes utca 2. Infopark D épület
Telefon: 1 358 5061
E-mail: bhg.huauholding.com

BME Út és Vasútépítési Tanszék

H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
Telefon: 1 463 1151
Fax: 1 463 3799

Carmeuse Hungária Kft.

H-7827 Beremend, Pf: 40
Telefon: 06 72 574 949
Fax: 06 72 574 931

EuroAszfalt Kft

H-2225 Üllő, Belterület 3753 Hrsz.
Telefon: 06 29 522 200

INNOTESZT Kft.

H-2225 Üllő,
Zsarókahegy hrsz. 053/30.

KONSTRUKTÍV Kft.

H-1165 Budapest, Nyílvesztő u. 24.
Telefon: (1) 291 5389

Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság

H-1024 Budapest,
Fényes Elek u. 7-13.
Telefon: 1 336-8600
Fax: 1 336 8770

Omya Hungária Mészkefeldolgozó Kft.

H-3300 Eger, Lesrét út 71.
Telefon: 06 36 531-510

ÖKO-LOGIKA Kft.

H-1039 Budapest,
Batthyány u. 35/A.

Profi-Bagger Kft.

H-2051 Biatorbágy
Tormásirét u. 6.

Rec-Plus Kft.

H-3200 Gyöngyös, Felső-újvárosi út 2.
Telefon: 06 30 205 8490
Telefon/Fax: 06 37 318 233

Rettenmaier Austria GmbH & Co.KG

A-1230 Wien, Gesslgasse 7/1
Telefon: 43 1 886 0688

Tarnóca Kőbánya Kft.

H- 2045 Törökbálint, Torbágy u. 20.
Telefon: 23 332 074
Fax: 23 332 075

TPA HU Kft.

H-1116 Budapest, Építész u. 40-44.
Telefon: 1 371-5701
Fax: 1 3715799

ÚTLABOR Kft.

H-9151 Abda
Bécsi út 15.

VIA-PONTIS Mérnöki Tanácsadó Kft.

H-2092 Budakeszi, Barackvirág u. 8.
Telefon: 23 457 283, 1 205 3645, 30 475 2842

Wirtgen Budapest Kft.

H-2363 Felsőpakony, Erdőalja u. 1.
Telefon: (29) 517 300

Nem tagként

Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ

H-1024 Budapest, Lövvő ház u. 39.
Telefon: 1 3368 210
Fax: 1 3361 569



ASZFALT HUNGÁRIA KFT.
KÖZPONT: 2225 ÜLLŐ, BELTERÜLET, 3753 HRSZ.
ELÉRHETŐSÉG: TEL: 0036 29 522 200.

TELEPHELYEINK:

5561 Békésszentandrás, 0247/9-11 hrsz.
4029 Debrecen, Mikepércsi út 0530/27 hrsz
4900 Fehérgyarmat, 0134/7 hrsz (mobil keverő)*
6922 Földeák, 0177/77 hrsz.
2462 Martonvásár, 0152/1 hrsz
8800 Nagykanizsa, 0632 hrsz.
7100 Szekszárd, Palánki út 41.
2225 Üllő, Zsarókahegy 053/30 hrsz

*A mobil keverő az ország egész területére öt napon belül eljuttatható.

