

# **SZAKDOLGOZAT**

**Vigh Emese**

**2024.**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**szakot gesztoráló intézet neve**

**Hulladékkezelési és -hasznosítási szakmérnök szakirányú  
továbbképzési<sup>1</sup> szak**

**Az aszfaltban rejlő másodnyersanyag (martaszfalt) lehetőségek**

**Belső konzulens:** Prof. Dr. Mucsi Gábor  
dékán, egyetemi tanár

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Miskolci Egyetem / Műszaki  
Föld- és Környezettudományi  
Kar

**Külső konzulens:** Név  
beosztás

**Készítette:** Vigh Emese

**Gödöllő**

**2024**

---

## Tartalomjegyzék

Bevezetés .....	2
Az aszfalt felhasználás áttekintés .....	3
Útügyi Műszaki Előírások .....	8
Aszfalt visszanyerés.....	10
Mart aszfalt vizsgálata.....	12
A mart aszfalt (RAP) vissza-adagolása és arányai.....	16
A mart aszfalt vissza-adagolás formái.....	16
A mart aszfalt vissza-adagolás arányai.....	21
Meghatározó tényezők a különböző arányban vissza-adagolt martaszfalt tulajdonságai az aszfaltkeverékben .....	21
RAP fiatalítás- Rejuvenáló.....	25
Az aszfaltépítés során felhasználható másod nyersanyagok (hulladékok).....	27
Konklúziók/ Javaslatok.....	29
Felhasznált irodalom.....	30
Ábrajegyzék.....	32

## Bevezetés

Szakedolgozatommal az aszfalt másodlagos nyersanyagában, a mart aszfaltban rejlő lehetőségeket szeretném megvizsgálni.

Célom a téma feldolgozásával az, hogy választ találjak arra, hogy a 100 % -ban újra felhasználható mart aszfalt miért csak elenyésző mennyiségben kerül a megfelelő rendeltetési helyére.

A témában minél jobban elmélyülve nem válaszokat, hanem egyre több kérdést és vizsgálandó témákat találtam. Annak ellenére, hogy negyven évvel ezelőtt az aszfalt még veszélyes hulladékként volt nyilvántartva a bitumen tartalom miatt, ma már a másodlagos nyersanyagot, a lehetőséget látjuk benne. A szakirodalom olvasása és a szakemberekkel való beszélgetések alkalmával kiderült, hogy a mart aszfalt újrahasznosítás már legalább ötven éves múlttal rendelkezik, kezdve a települési utak portalanításától, az itatott aszfalt utakon keresztül az új aszfalt keverékekbe történő adalékoláson át.

Szakedolgozatom során laborvizsgálatokkal szeretném bemutatni a mart aszfalt alapanyag, alap kémiai, fizikai tulajdonságaiban rejlő hasznosítási lehetőségeket. Valamint szeretném megvizsgálni, a segédanyagok hozzáadásával történő tulajdonság javítási lehetőségeket.

A szakedolgozatom végén szeretném összefoglalni és elemezni azokat a laborvizsgálati eredményeket, amiket a mart aszfalt alap és adalékolt tulajdonságaiból sikerül megállapítani. Különös tekintettel arra, hogy a mart aszfalt kezelés nélküli vagy feljavított adalékolása milyen hatással lesz az új aszfaltra, nem csak a jelenben, hanem 10, 20, 30 év elteltével a jövőben. Vajon a mart aszfalttal előállított keverék felhasználása milyen burkolati rétegbe építhető, vagy milyen terhelésű utak építésére alkalmazható. A keverékek beépítése későbbiekben milyen technológiai kihívásokat hoz magával, az üzemeltetésben és a későbbi újrahasznosításban.

## **Az aszfalt felhasználás áttekintés**

A mai kor elengedhetetlen része, hogy ne termeljünk hulladékot, ha mégis sor kerül rá akkor mennyiségét minimalizáljuk és lehetőség szerint anyagában hasznosítsuk. A keletkezett hulladékból pedig terméket állítsunk elő = Újrahasznosítás.

A kimerülőben lévő nyersanyagkészletek és a körforgásos gazdaság indokolja, hogy az infrastruktúra felújítás kapcsán keletkező mart aszfaltra ne hulladékként tekintsük, hanem mint ásványi nyersanyagot helyettesítő alapanyagra/ termékre.

Ma Magyarországon lévő kivitelező útépítő cégek politikájában egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezettudatosság, a mart aszfalt újra bedolgozása, újra felhasználása. Sokszor a tervezők a beruházókkal (önkormányzatok, közútkezelők) közösen úgy írják ki a felújításokat, hogy a keletkező pályaszerkezeti hulladékok, mint a mart aszfalt a helyszínen, vagy keverőtelepeken, de hasznosítva legyenek. Még a leggyengébb minőségű, minimális bitumen tartalmú mart aszfalt is alkalmas lehet egy alsóbb rendű út, utca portalanítására, vagy a felújított útszakasz új burkolata melletti padka építésére. Ezért is igyekszik mindegyik nagy útépítő társaság, hogy naprakész legyen az új irányzatok technológiák terén és azokat lehetőleg be tudják építeni a saját tevékenységükbe. Sajnos ezen technológiák fejlesztések alkalmazását az Útügyi műszaki előírások korlátozzák.

Az aszfaltban a bitumenen kívül ásványi anyag (kő) és jó néhány adalék is megtalálható. Ezért a mart aszfalt felhasználással az aszfalt jól beilleszthető a fenntartható körforgásos gazdaságba. Mivel 100% -ban újrahasznosítható, újra felhasználható az új építési vagy felújítási projekteknél, csökkentve az új anyagok beépítésének igényét, minimalizálva az új ásványi eredetű anyagok használatát és egyidejűleg keletkező hulladék mennyiségét.

Ha a beruházó, tervező is akarja akkor az infrastrukturális fejlesztések alkalmával az új aszfalt technológiákban jelentős mennyiségű hulladék kerülhet felhasználásra, mint üveg, gumi és persze a mart aszfalt. Ezzel a típusú hulladékhasznosítással és környezettudatossággal jelentős mértékben hozzájárulhatunk a körforgásos gazdaság megvalósításához és nem mellékesen az utak ilyen módon történő felújításához.

A görög eredetű aszfalt szó jelentése állandó, változatlan. Az első utak eredetileg a természetes körülmények között bányászott bitumenből és kő zúzalékból készített, öntömörödő, főzött aszfalt utak voltak. Az aszfalt felhasználás az ipari forradalomtól kezdődően folyamatos, technológiáját egyre nagyobb mértékben alkalmazták, a megnövekedett közúti szállítási igények, közútfejlesztések miatt.

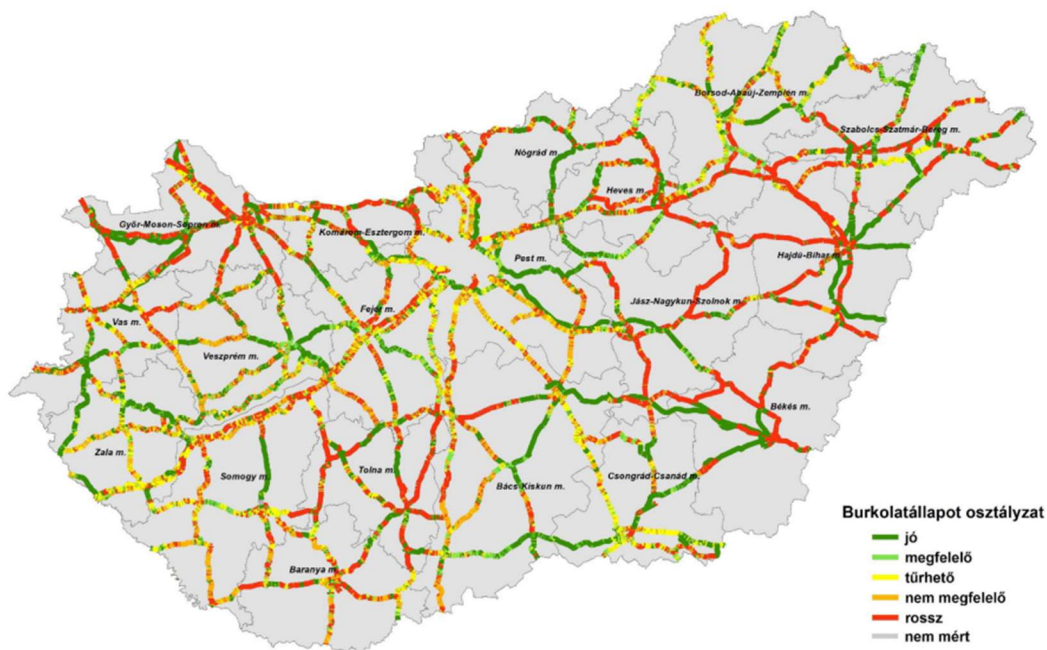
Hazánkban az 1848-49-es szabadságharcot megelőzően az Országgyűlés határozott is arról, hogy 13 főútvonal megépítése szükséges. Ezek a fejlesztések nagyrészt a kiegyezésig elmaradtak. A kiegyezést követően a nagy vasútfejlesztések mellett a közútfejlesztések is megindultak. Építésük jobbjára John Loudon MacAdam által kifejlesztett, és az ő nevét viselő útburkolatból történt. A makadámút nagyon hasonlított a római utakhoz, alul nagy kövek, majd kisebbek, még kisebbek, majd zúzott kő és végül zúzott homok a tetején. A makadámút igazi különlegessége, hogy kötőanyag nélkül készült, csak locsolással, iszapolással tömörítették, tették vízzáróvá. Ezért nevezték vízzel kötött makadámnak.

Az országos utak makadám burkolatán kívül a nagyobb települések belső úthálózatában a kis-, nagykockakő, és a klinker téglaburkolat mellett megjelenik az aszfalt burkolat is, a kontinentális Európában először Magyarországon, ahogy a kisérdalatti esetében a metró építés területén is. Ezek az aszfalt utak még nem mai értelemben vett hengerelt aszfalt burkoltok. Ezt az építési formát, ezen technológiára és bányászati forrásra felfűzött az 1864-ben bejegyzett Magyar Asphalt Rt. bejegyzésének időpontjához kötik. Azonban az aszfalt utak elterjedéséig még viszonylag sokat kellett várni, a trianoni országvesztés következtében a forrásaitól, ásvány vagyonától megfosztott országban az útépitések csak korlátozottan haladtak, azok többsége is inkább beton burkolattal készült. Az újabb vesztes háború után a jelentős létszámú és tudású műszaki szakemberekkel 1974-től ipari méretben elkezdődtek a hazai útépitések. Nem volt ritka az évi 8 millió tonna aszfalt beépítése sem, ezt a számot napjainkban sem érjük el. Ebben az időszakban alakult ki az országos főútvonalak és az üzemeltetésükre létesült közútkezelői mérnökségek hálózata, ami a mai napig ellátja az utak fenntartását üzemeltetését.

A dinamikusan fejlődő hazai gyorsforgalmi úthálózat és a meglévő közúthálózat (országos és önkormányzati utak), mivel nagy többségük aszfalt burkolatú, megkívánják az aszfalt gyártási építési kapacitás fenntartását, fejlesztését, új technológiák bevezetését. Ebben nyújt kimeríthetetlen forrást az üzemeltetésből, felújításokból származó mart aszfalt felhasználása.

A gépjárművek elterjedése az igény, az egyre komfortosabb közlekedésre, még oda is szilárd burkolatot kíván, ahol korábban sohasem volt, még csak szórt út sem, ezáltal egyre több aszfalt burkolatú út kialakítása válik szükségessé. Az aszfalt széles körű felhasználhatósága, hosszú élettartama miatt (míg a kőolaj lepárlásból nyert bitumen elérhető) a jövőben is kedvelt alap- és burkolati réteg lesz.

### II.13. Országos főúthálózat burkolatállapot osztályzata (a Magyar Közút NZrt. kezelésében lévő utakra vonatkozólag)



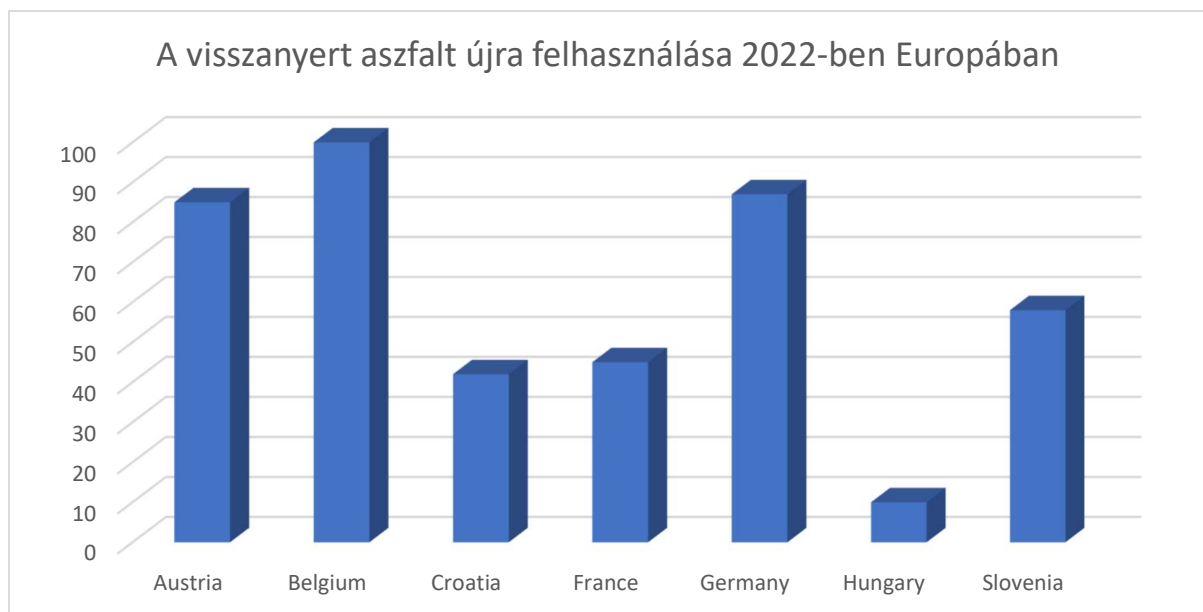
1. ábra Országos közúthálózat információs eredménytáblái, 2023. február (forrás: Magyar Közút NZrt.)

A 2023 februárban a Magyar Közút kezelésében lévő utak állaptáról készült (1.ábra) állapotfelmérés szerint az úthálózat jelentős része felújításra szorul. Az egyes ábrán látható pirossal a rossz állapotban lévő burkolat. Az ábra nem tükrözi teljes mértékben a valóságot, mivel az önkormányzati utakat nem tartalmazza. A magasabb rendű utak rekonstrukciójából kikerülő mart aszfalt bitumen tartalma és tulajdonságai még évekkel később is megfelelő eredményeket hoz, hogy az alsóbb rendű utak felújításában felhasználva jelentősen hozzájárulna az Országos Hulladék-gazdálkodási Tervben kitűzött újra felhasználási célértékek elérését.

Az új technológiáknak köszönhetően az utak elhasználódása körülbelül 10 év, de magasabb rendű út esetében ez akár 20 év is lehet. Ez azt jelenti, hogy tíz évente válik szükségesé az újra aszfaltozása az utaknak. Van olyan eset, amikor az út állapota szerkezete nem feltétlen indokolja a marást és újra aszfaltozást, de a szerződések az adott útszakasz üzemeltetésbe való átadása előtt kiírják, hogy új kopóréteggel kell az új üzemeltetőnek átadni.

Az M1 és az M3 Autópályák rekonstrukciója kapcsán további jelentős mennyiségű mart aszfalt keletkezik. Csak ezen pályaszakaszok felújítása során kikerülő jelentős mennyiségű RAP (mart aszfalt) vissza forgatása hozzájárul a körforgásos gazdaság felállításában/ fenntartásában.

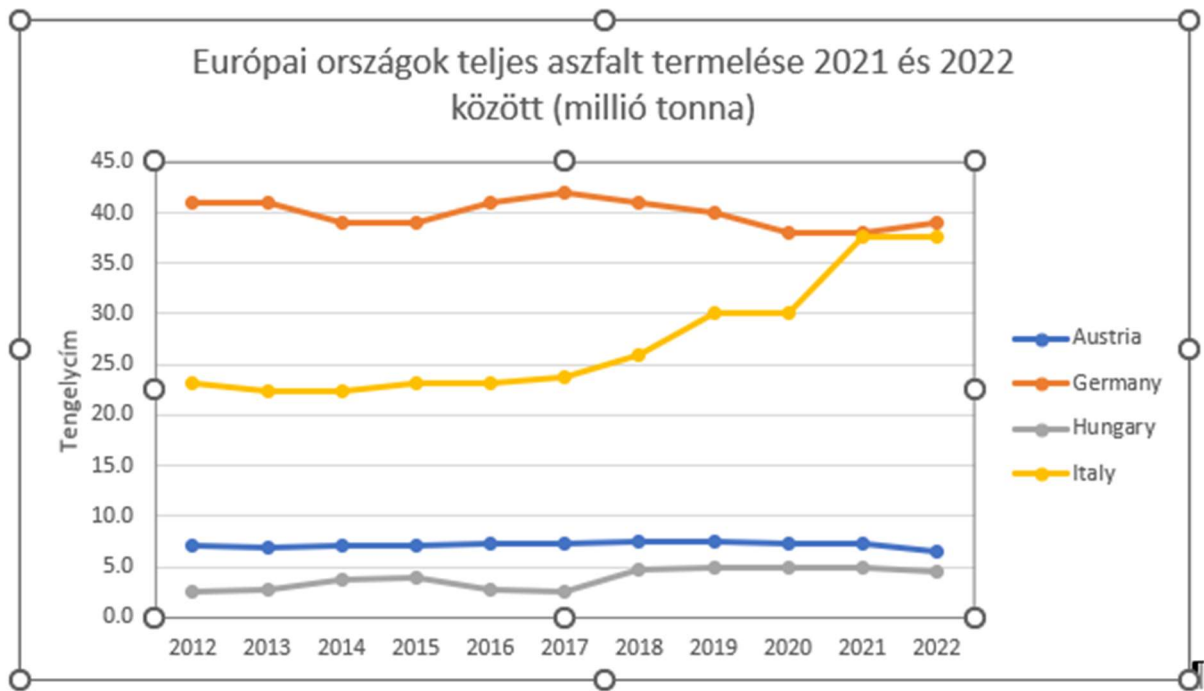
A világban több mint 750 millió tonna RAP (mart aszfalt), melyből a EU-ban 32 millió tonna és Magyarországon 180 ezer tonna keletkezik. A regenerált aszfaltburkolat mintegy 10 %-át hasznosítják újra Magyarországon. A 2-es ábrán látható, hogy az Európai országokban ez az arány sokkal nagyobb. Ezt a számot lehetne és szükséges is növelni, mivel a népesség növekedéssel és a felgyorsult étellel az úthálózat bővítése szükséges.



2 ábra. Visszanyert aszfalt (RAP) újra felhasználása, (saját szerkesztés EAPA adat alapján)

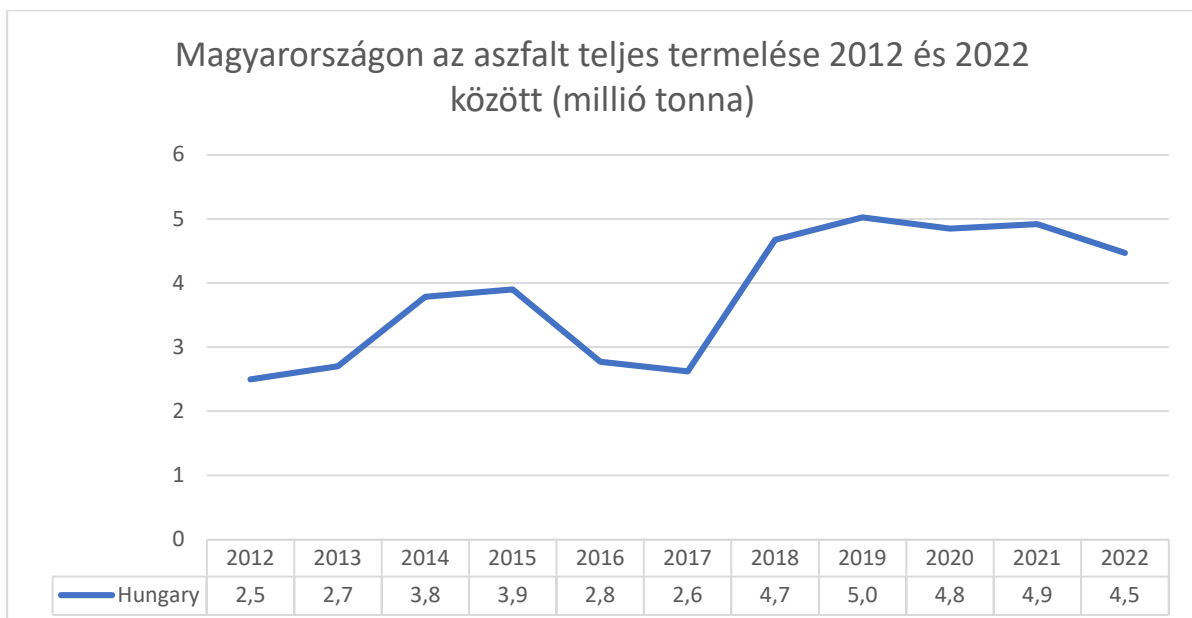
Az infrastruktúra bővítéséhez aszfalt szükséges. Az aszfalthoz szükséges ásványi anyag „raktárunk” kimerülőben van. A mart aszfalt felehasználás nem csak a körforgásos gazdaságot támogatja, esetleg a rejuvenátor és/ vagy habosított bitumen alkalmazásával az üvegház hatású gázok kibocsátása is mérsékelhető.





3. ábra Európai országok teljes aszfalt termelése 2021 és 2022 között (millió tonna) (saját szerkesztés EAPA adat alapján)

Az Európa egyes országaiban az aszfalt termelés jelentősen meghaladja a Magyarországi termelést (3. ábra) Az „új” aszfalt előállítás mellett az újrahasznosított aszfalt is nagyobb mennyiségben történik felhasználásra, mint hazánkban.



4. ábra Magyarország teljes aszfalt termelése 2012 és 2022 között (millió tonna) (saját szerkesztés EAPA adat alapján)

A négyes ábrán látható, hogy hazánkban 2017-es és 2018-as évben jelentősen megugrott az aszfalt termelés, melyet egy stagnálást követően enyhe csökkenésbe fordult. A nagy úthálózat fejlesztések, amik az aszfalt termelést megemelik az autópálya fejlesztéseknek tudható. A jelenleg érvényben lévő szabványok értelmében ezen fejlesztések alkalmával nincs lehetőség martaszfalt visszaadagolására. A martaszfalt felhasználásunkat az országos közút hálózat rehabilitációjával lehetne növelni.

## **Ütügyi Műszaki Előírások**

Elsőként III. Károly épített utat műszaki előírások és követelmények alapján. Régre nyúlik vissza a szabványok alkalmazása hiszen III. Károly 1711 és 1740 között uralkodott.

Magyarországon jelenleg érvényben lévő Szabvány kis százaléku visszaadagolást engedélyez. A Szabvány szerint hidegen adagolás során 0-20%. A melegen történő hozzáadás esetén pedig 15-40% os arány a megengedett.

Az MSZ EN 13108-8 szabvány (2006) Aszfaltkeverékek. Anyagelőírások 8. rész: visszanyert aszfalt. Ez a szabvány foglalkozik részletesen a visszanyert aszfalt alapanyagként felhasználhatóságával. A szabvány részleteiben taglalja az „új” aszfalthoz hozzáadagolható visszanyert aszfalttal szemben támasztott két követelményt szükséges vizsgálni. Az egyik az idegenanyag tartalom, bármilyen idegen anyag jelenlétét ki kell mutatni és osztályozni kell. Idegen anyag ként kell tekinteni az alsó alapréteg anyagát (kőanyaghalmoz kivételével). Az idegen anyag tartalom egyszázaléknál kisebbnek kell lennie. A másik a kötőanyag típusa, tulajdonsága, szemeloszlása, szemnagysága és a kötőanyag-tartalma.

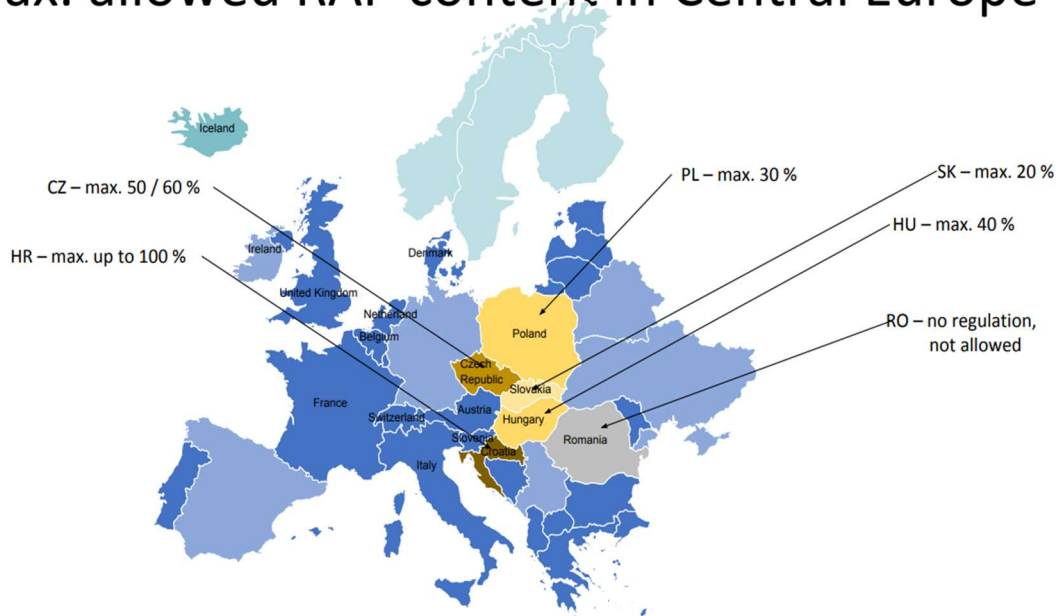
Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv Cselekvési irányként célkitűzései között szerepel. A feldolgozási arány folyamatos növelése, melyet a „helyszíni hasznosítást elősegítő beruházások fokozott támogatása szükséges” (forrás: Országos Hulladékgazdálkodási Terv)

További célkitűzések közé tartozik az építési-bontási hulladék a lehető legnagyobb mennyiségben kerüljön újra felhasználásra a lerakó kapacitásainak megóvása érdekében.

„A másodnyersanyag felhasználásának erőteljes ösztönzése szükséges, valamint az üzügyi műszaki előírások felülvizsgálata az újrahasznosított anyagok és másodlagos építési anyagok széles körű felhasználhatósága érdekében” (forrás: Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-

2027) Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT) 2027 évig előirányozott cselekvés tervében az Útügyi Műszaki Előírások, szabványok felülvizsgálatát is megjelölte.

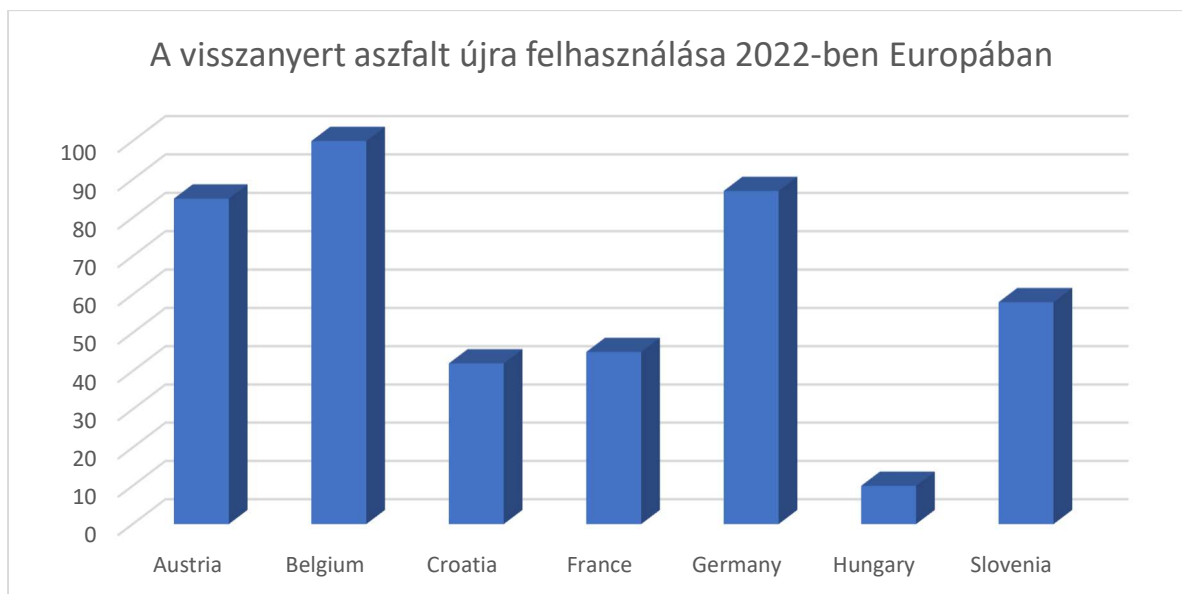
## Max. allowed RAP content in Central Europe



COLAS COLAS BLACK INDUSTRIES, 2022.06.15.

5. ábra megengedett RAP tartalom Közép-Európában (forrás: Colas Hungária Kft.)

A ötös ábrán látható, hogy Közép-Európai viszonylatban Magyarország RAP visszaadagolás tekintetében közép mezőnyben vagyunk. De Horvátok 100%-os felhasználásához képest és nyugat európai viszonylatban van lemaradásunk. A hazai 40%-os RAP tartalom, csak melegen visszaadagolási eljárás esetén engedélyezett, de ezt a technológiát kevés (jelenleg az országban csak egy) keverőtelep tudja kivitelezni.



6. ábra Visszanyert aszfalt újra felhasználásának aránya Európában (saját szerkeztés EAPA adat alapján)

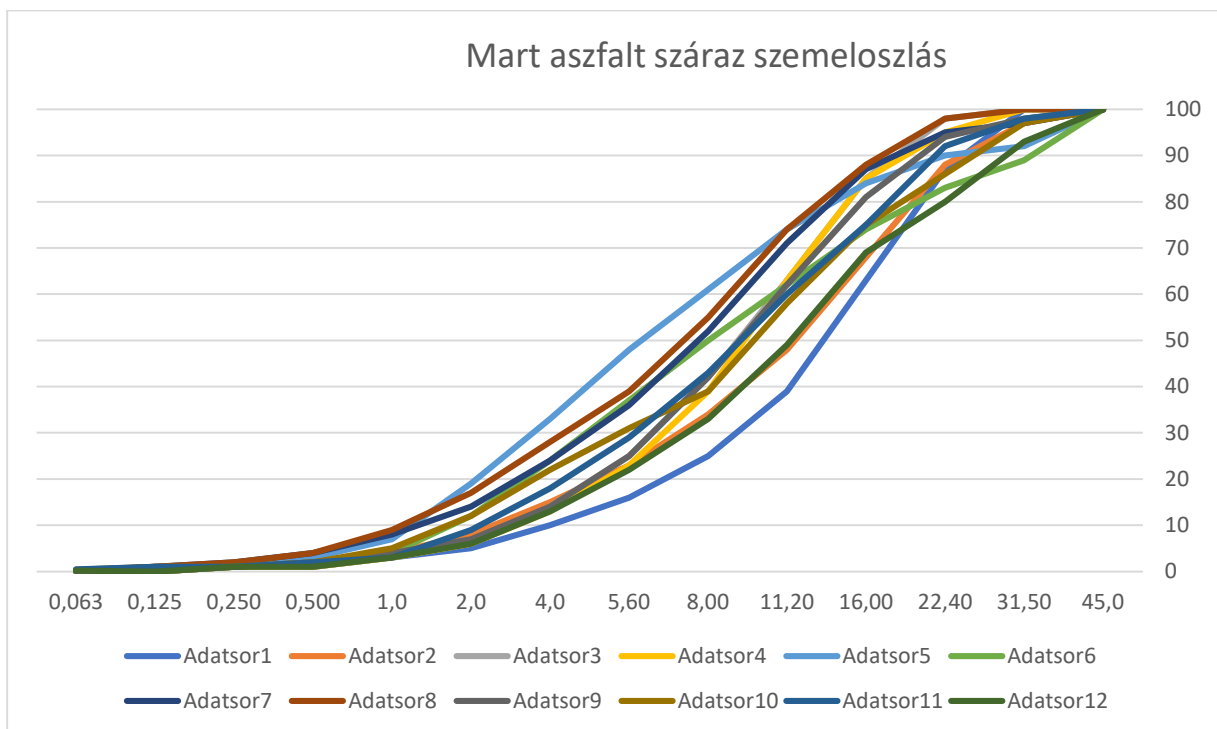
Az hatos ábrán látható, hogy Magyarország a többi tagállamhoz képest jelentős lemaradásan van a mart aszfalt visszaadagolás, újra felhasználás tekintetében. Ha az Országos Hulladékgazdálkodási Tervben előirányozottakat szeretnénk hozni, betartani akkor a szabványok újra gondolását, felülvizsgálatát és a módosításához szükséges vizsgálatokat el kell küzdenünk.

## Aszfalt visszanyerés

AZ MSZ EN 13108-8 szabvány szerint „Útpályaszerkezeti aszfaltrétegek lemarásából, az aszfalt pályákból feltört táblák, vagy aszfalt tábladarabok töréséből, illetve át nem vett vagy megmaradt aszfaltból származó aszfalt a visszanyert aszfalt” (forrás: MSZ EN 13108-8 szabvány) A visszanyerés módja szerint lehet bontással vagy marással visszanyerni aszfaltot. A „hulladék” optimális visszaforgatás szempontjából kevésbé ideális a bontás, de szükséges közművek környezetében. Az ideálisabb eljárás a marás. Mivel a mai korszerű technológiák (marógépek) lehetővé teszik az aszfalt burkolat egyes rétegenkénti marását, és kevesebb, vagy akár nulla idegen anyag tartalommal kerül a martaszfalba. A marás során kikerülő mart aszfalt akár előkezelés nélkül (törés, osztályozás) felhasználható az új aszfalt keverék gyártáshoz. Ez azért is jó, hogy nem „táblásan” bontják, mert így az egyes rétegek külön kezelhetőek és kevésbé kerül idegen anyag a RAP-ba. A megfelelő marási szinttel biztosítható, hogy a RAP

(martaszfalt) ne tartalmazzon burkolatalaprétegből származó egyéb anyagot. A körforgásos gazdaságot elősegítő martaszfalt visszaadagolás szempontjából fontos, hogy csak az aszfalt-rétegből származzon a martaszfalt (RAP). Amennyiben kivitelezhető, hogy a magas műszaki és gazdasági értékkel rendelkező felső aszfaltrétegekből (kopó rétegből) származzon a RAP úgy a vissza-adagolás aránya is nőhet.

A hetes ábrán látható, a vizsgálat során felhasznált martaszfalt szemeloszlása nagy homogenitást mutat, attól függetlenül, hogy a minták más-más útszakaszról származnak. Itt is látható, hogy a kellően beállított maró (és kezelő rutinja) megfelelő szemeloszlást tud biztosítani. És a megfelelő depónia kezelés is fontos a megfelelő homogén szemeloszláshoz.



7.ábra. Vizsgálat során felhasznált martaszfalt száraz szemeloszlása (forrás Eulab Kft.)

## Martaszfalt vizsgálata

A visszanyert aszfalt, melyet a projekt során felhasználunk körülbelül 18 éve beépült magasabb rendű út kopó réteg marásából származik. A martaszfaltból visszanyert bitumen vizsgálat több hasznos információval szolgálhat. Ilyen fontos adatok a víztartalom, a szemeloszlás, a lágyuláspont és a penetráció értékek.

A mintavétel az MSZ EN 932-1 szabvány szerint végeztük. A minták a laborba kerülésekor nedves szemeloszlás vizsgálatot követően, 50c<sup>0</sup> os szárítószekrényben történő szárítás után is szemeloszlást vizsgálunk, majd a vízmentes (száraz) mintát a 8. ábrán látható dobba helyezük. A dobot a mintával együtt az extraháló analizátorban helyezve diklór segítségével kivonjuk a kőanyagról az oldható kötőanyagot. Ez a kivonás, „le mosás” kb. 1 órát vesz igénybe. A bitumen az oldószeres oldatban maximum huszonnégy órát lehet. A kővárról lemosott oldószeres bitument a bepárlás kezdetéig maximum húsz órát sötét helyen tárolhatjuk. Ezt követően a bitumen oldható, extrahálható részét szétválasztjuk forgó bepárló segítségével (9. ábra).



8. ábra mintatartó edény (dob)

Vákuumdesztillálóval, forgó bepárló (9.fotó) segítségével történik az extrahálás, ekkor választjuk szét a bitument az oldószertől. Az eljárást az MSZ EN 12697-3 szabványnak megfelelően végeztük, mely szabvány az oldható bitumen további vizsgálatok céljára visszanyerésének a módszerét írja le.



9.ábra Forgó bepárló készülék (saját fotó Eulab Kft. telephelyén)

Forgó bepárló (9.fotó) segítségével az oldószert, a mi esetünkben diklórt és a kötőanyagot elválasztjuk egymástól. Vákuum alatt működő függőleges hűtővel ellátott modellt használtunk. Az eszköz szabályozható sebességű forgásra képes, ahol a nyomás az oldószer típusához választható. A megfelelő nyomás, és a lombik forgatása mellett alkalmas az oldószer elpárologtatására. A forgó bepárló további fontos részei a nyomásálló bepárló lombik, mely egy szabályozott hőmérsékletű olajfürdőben helyezkedik el. A légmentesen zárt rendszeren egy vakum-szivattyú biztosítja az oldószer leválasztásához a megfelelő nyomást. A berendezés részét képezi a nanométer, mely segítségével a bepárlóban a nyomás szint mérésére alkalmas. Nem utolsó sorban a berendezés rendelkezik egy hőmérővel, mely plusz mínusz öt tized pontossággal mutatja a hőmérsékleti tartományt.

Az MSZ EN 12697-3 szabványban lévő táblázat (10. ábra) nyújt segítséget, hogy az egyes oldószerek esetében milyen hőmérsékleten és milyen nyomáson biztosítottak a desztillálás feltételei.

### Desztillálási feltételek

Oldószer		Első fázis		második fázis		Extra
Leírás	Forráspont °C	Hőmérséklet T <sub>1</sub> °C	Nyomás P <sub>1</sub> kPa	Hőmérséklet T <sub>2</sub> °C	Nyomás P <sub>2</sub> kPa	Hőmérséklet T <sub>3</sub> °C
Diklór- metán	40	85	85	150	2	175
1,1,1-triklór-etán	74,1	80	30	160	2	185
Benzol	80,1	80	30	160	2	185
Triklór-etilén	87	90	40	160	2	185
Xylol	140	120	30	180	2	205
Toluol	110,6	110	40	160	2	185
Tetraklór-etilén	121	110	40	160	2	180

10. ábra Desztillálási feltételek (saját táblázat az forrás: MSZ EN 12697-3 szabvány)

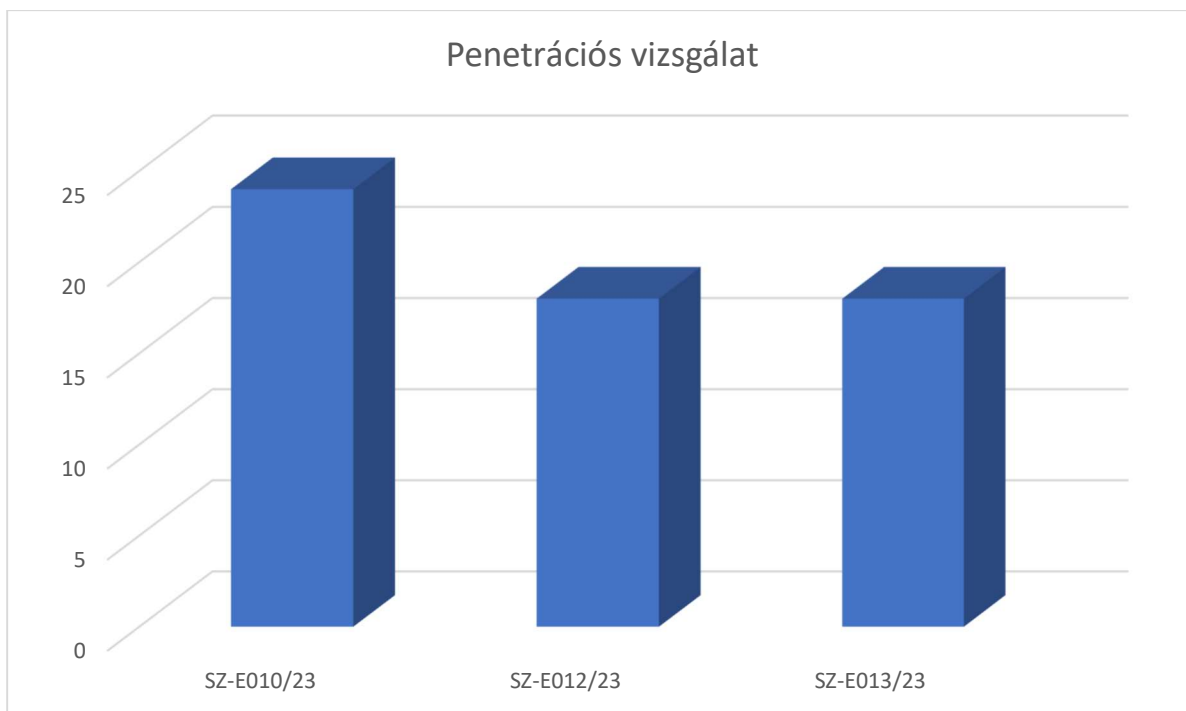
A bepárló segítségével nyert kötőanyagban empirikus bitumen minősítő vizsgálatot alkalmaztunk:

- penetráció
- lágyuláspont

Tüpenetráció: A vizsgálatot az MSZ EN 1426:2016 szabvány tartalmazza. A vizsgálat elve, hogy egy szabályos tű behatolási mélységét mérjük meg a vizsgált mintába. A vizsgálatot 25 Celsiusfokon végezzük. Egy 100 g tömegű tűt öt másodperc terhelési idejéig engedünk a 25 °C-os bitumenbe, majd mérjük, hogy hány tized millimétert hatol be a tű. A vizsgálatot penetrométerrel végezzük. Ez egy olyan eszköz mely lehetővé teszi a tű (tűtartó) függőleges irányú, mérhető súrlódás nélküli elmozdulását, és tized milliméter pontossággal meghatározza, hogy a tű behatolása a mintába milyen mértékű. A penetrációs vizsgálat előtt a mintát víz fürdőbe helyezük, ahol a minta állandó huszonöt Celsius fokra beállítható. A víz fürdőnek tizenöt század pontossággal szükséges tartani a hőmérsékletet. A penetrációs vizsgálatot meghatározható, hogy a martaszfaltból visszanyert bitumen mennyire „öreg”.

Jelen esetben a 18 éves aszfaltból visszanyert bitumen 3 bitumen mintán végeztünk vizsgálatot. Ez esetben a minták 24-18-18 értéket hoztak, de nincs szabályozás, hogy a 18 vagy az alatti penetrációjú bitument tartalmazó martaszfalt nem visszaforgatható.



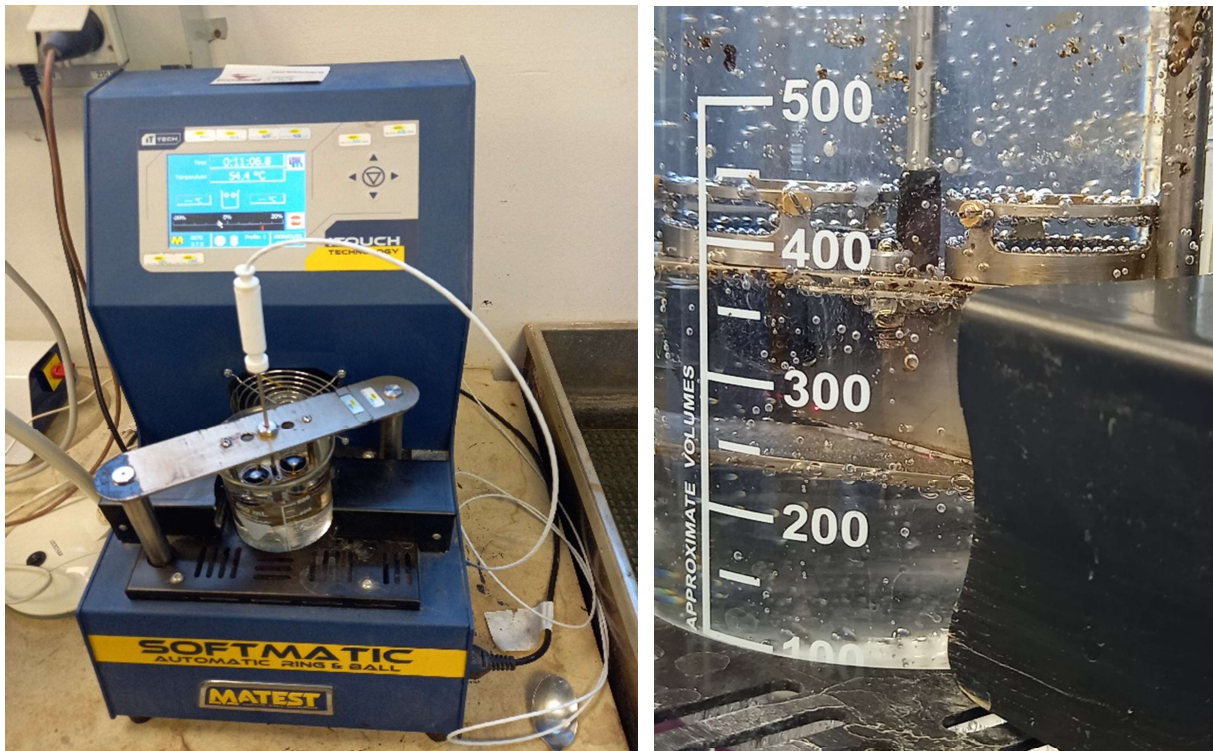


11 ábra. Túpenetrációs vizsgálat eredménye (Eulab Kft. adat, saját diagramm)

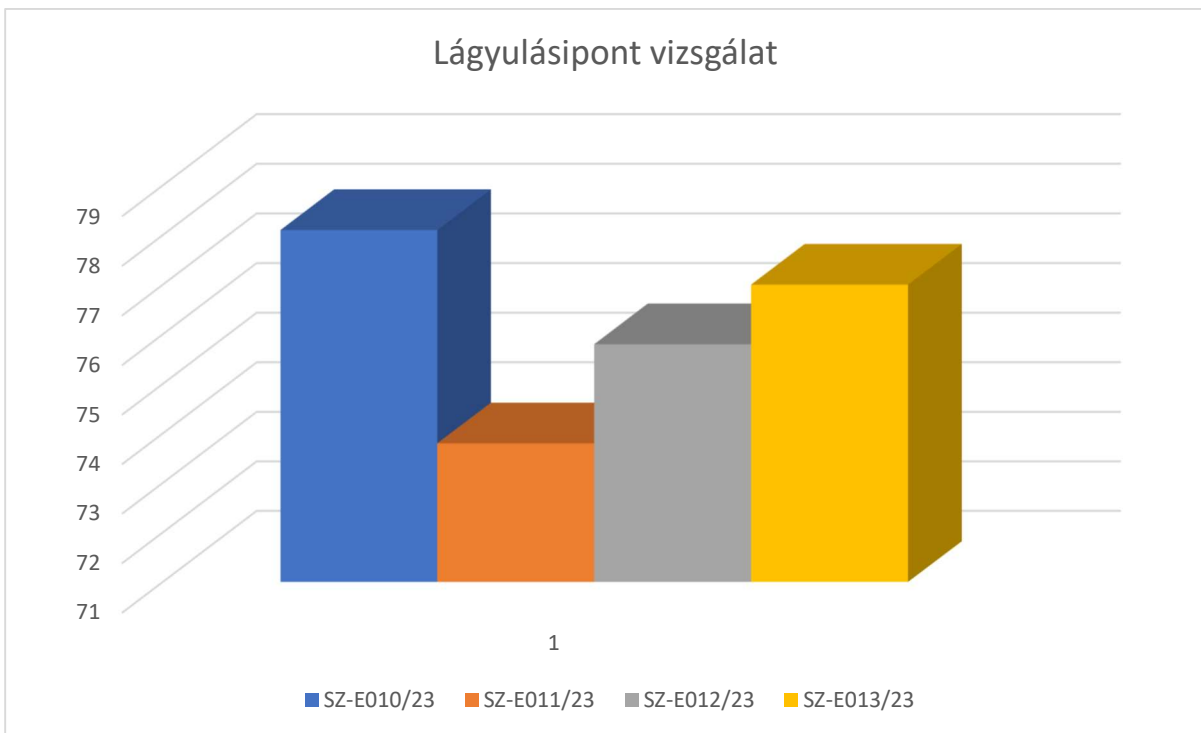
A lágyuláspont vizsgálat: Az MSZ EN 1427:2016 szabvány szerint végezhető. Az eljárásban két forró két peremes gyűrűbe bitument púposra öntünk, szobahőmérsékletre hűlését követően a „púpot egy kellően felhevített spaklival levágjuk. Majd a golyóközpontosítóba egy-egy szabványos tömegű acélgolyót helyezünk. A golyóközpontosítót egy állandó öt Celsiusfok hőmérsékletű mérőközegbe helyezzük (ami jellemzően desztilláltvíz, de modifikált bitumen esetében glicerinen vizsgálunk). Az 5c<sup>0</sup> -os „fürdőt” elkezdjük melegíteni. Amikor a golyó a bitumennel a minta alatti lemezt eléri, azt a hőmérsékletet tekintjük a bitumen lágyuláspontjának. Egy vizsgálat alkalmával a golyóközpontosítóban két minta található, a két minta átlaga adja a lágyulás eredményét.

Mintaszám	Visszanyert bitumen	
	penetráció	lágyuláspont
SZ-E010/23	24	78,1
SZ-E011/23		73,8
SZ-E012/23	18	75,8
SZ-E013/23	18	77,0

12. ábra. Visszanyert bitumen penetrációs és lágyuláspont vizsgálata (forrás Eulab Kft. saját táblázat.)



13. ábra Gyűrűs-golyós készülék (saját fotó Eulab Kft. telephelyén)



14. ábra lágyuláspont vizsgálat eredménye (saját diagramm, forrás Eulab Kft.)

Lágyuláspont vizsgálatot négy mintán végeztünk, melynek az értékeit a 14. ábrán láthatjuk. A szabványban vagy egyéb előírások nem rendelkeznek, hogy a martaszfalból visszanyert bitumennek milyen lágyuláspont értékűnek kell lennie. A mi esetünkben a 70 °C feletti lágyuláspont abból adódik, hogy a magasabb rendű útról felmart aszfalt modifikált bitumennel készült korábban. A modifikált bitumeneknek pedig magasabb a lágyulás pontja. Így a 70°C feletti lágyuláspont érték jónka mondható.

## A martaszfalt (RAP) vissza-adagolása és arányai

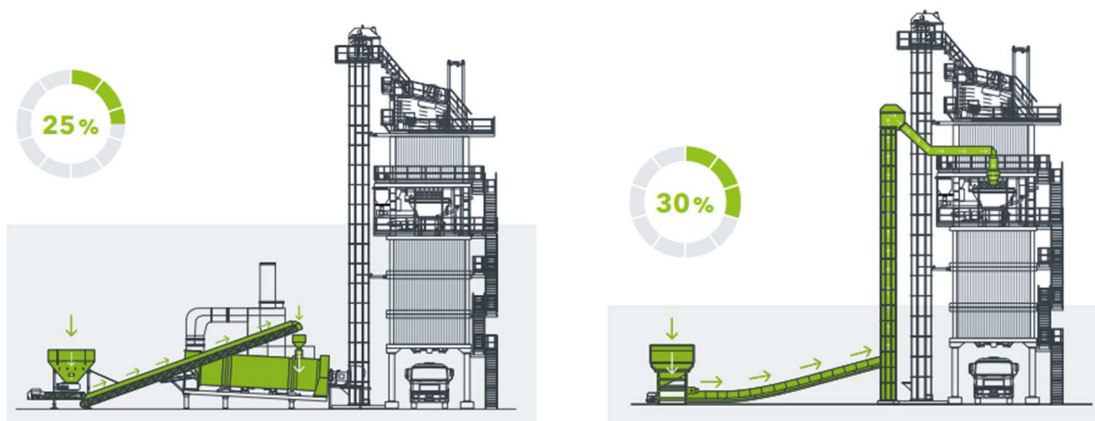
### A martaszfalt vissza-adagolás formái

A RAP visszaadagolása többféleképpen lehetséges hideg remix és meleg remix, helyszíni, illetve telepen való hidegen és melegen történő visszaadagolással.

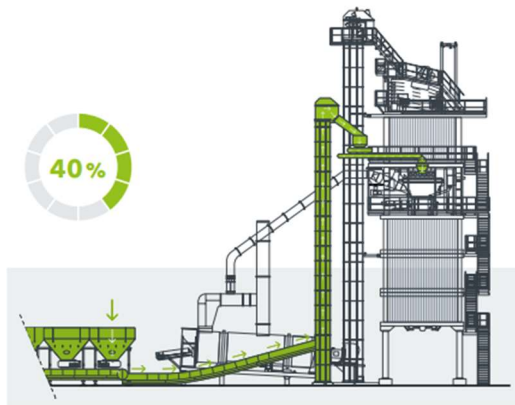
Magyarországon üzemelő 80-90 db aszfaltkeverő jelentős hányada tud hidegen adagolt újrahasznosításra, viszont elenyésző keverő tud melegen (nagyobb arányban engedélyezett) visszaadagolást. A legtöbb keverőtelepen a hideg remixet tudják alkalmazni. A telepen történő remixek előnye, hogy a keverési hőmérséklet és az arányok a mérlegelési technikákkal pontosan beállíthatóak. A keverőtelepen öt különböző módon lehet a martaszfaltot visszaadagolni. Négy féle hideg remix és egy a parallel dobos (meleg remix) adagolással.

a) RAP adagolás félmelegen szárítódobba

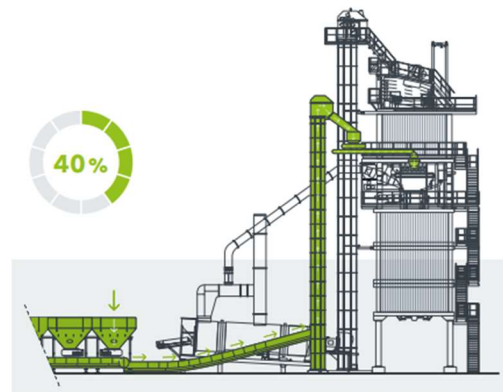
b) RAP adagolás hidegen a keverőbe



15. ábra Különböző módon hidegen adagolható martaszfalt (forrás: <https://www.wirtgen-group.com>)



c) RAP adagolás puffertárolón keresztül



d) RAP adagolás puffertárolóval és erőmérő cellával

15. ábra Különböző módon hidegen adagolható martaszfalt (forrás: <https://www.wirtgen-group.com>)

A 15. a ábrán látható a szárító dobba félmelegen történő adagolás maximum 25% -ban lehet, de hazánkban nem alkalmazott eljárás, a RAP beragadhat a rostába. A 15. b ábra az általános eljárás, hidegen a keverőbe maximum 30 %-ban lehet adagolni, de a gyakorlatban csak 10-20 % -al alkalmazzák. 4 %-nál kevesebb nedvesség tartalom mellett adagolható 30%-ban a RAP. 15. c ábra a keverő már rendelkezik egy öt tonnás puffertárolóval, ez esetben maximum 40% adagolás lehetséges. 15. d ábra két változó sebességű szalaggal egy puffertárolóba kerül a martaszfalt és mérő cellával történik a mérés. Ezen technológiával nem csak Rap adagolható, hanem Trinidad és gumigranulátum is.

A Műszaki előírások fejezetben említettem, hogy Magyarországon egyetlenegy olyan parallel dobos keverő üzemel (16. ábra), amely lehetővé teszi a keverőtelepi meleg remixet. Ilyen parallel dobos keverőt a Duna Csoporthoz tartozó Hódút Kft Táti telephelyén állítottak az országban. 2021 októberében próbaüzem keretei belül 50 %-os martaszfalt visszaadagolást 600 tonna keveréket gyártottak saját telephelyi beépítéssel. Jelenlegi szabvány meleg adagolással 40%-ot engedélyez, de a saját használatú út, telephelyre ezen szabványok nem érvényesek, így a saját ingatlanon engedélyek nélkül lehet a szabványtól eltérni.



16. ábra Parallel dobos aszfalt keverő a maximális újrahasznosítás érdekében (forrás: <https://www.wirtgen-group.com>)

A rehape eljárást abban az esetben alkalmazzák, amikor az aszfalt szerkezetével és tulajdonságával, összetételével semmilyen probléma nincs, de a beépítés nem megfelelő (rosszoldalesés, hullámos). Ezen eljárás során a meglévő kopóréteget felmelegítik és egy új aszfaltréteget húznak a tetejére. A meglévő aszfaltot nem keverik át.



17. ábra Wirtgen W380 CR i hideg recycling géplánc (forrás: <https://www.wirtgen-group.com>)

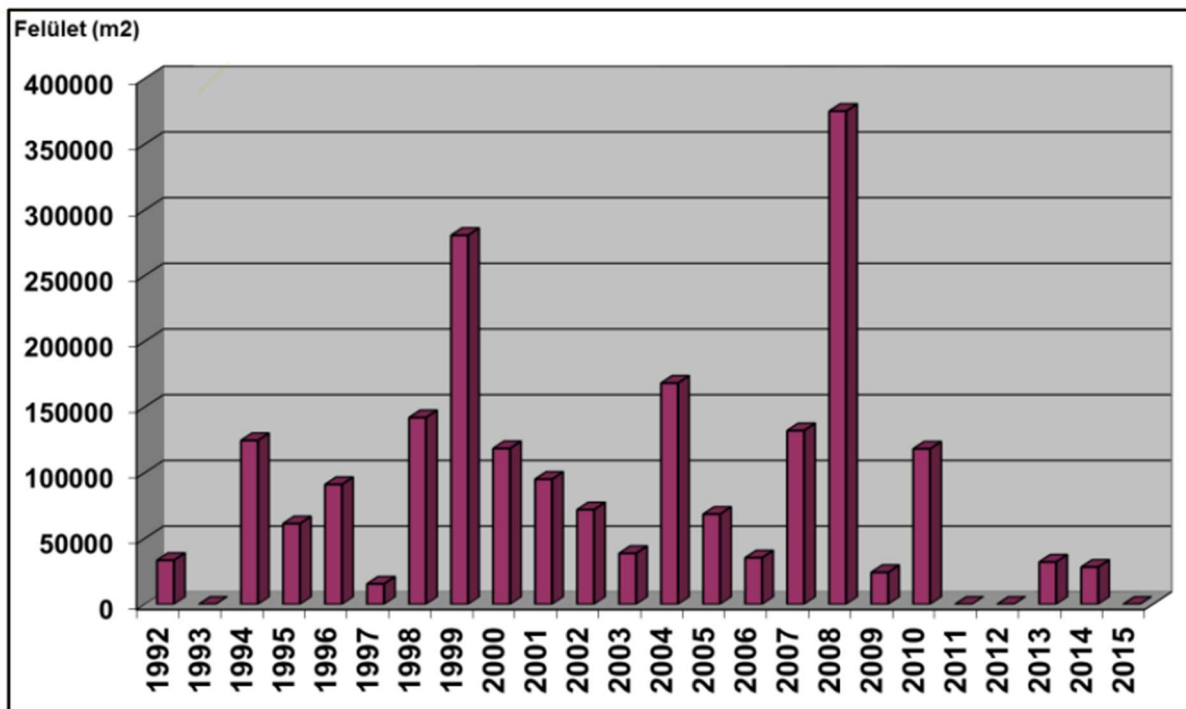
A Wirtgen GmbH. köszönhetően a tapasztalatok és igények figyelembevételével 1985-ben kifejlesztett egy gépet, mely önjáró, maró, keverő és terítő egységei egybeépítve képes a

burkolat marást követően keverni, új kötőanyag, és / vagy rejuvenáló szer hozzáadásával a felújított RAP elterítésére, előtömörítésére. Ezen a remix technológiával az aszfalt még hulladék státuszban sem kerülne. Szélesebb körű ismerete jelentősen növelhetné a RAP 100%-ban újrahasználatát. Ami a korlátját jelenti a technológiának, hogy szükséges a kellő vastagságú pályaszerkezeti réteg, mely alsóbb rendű (Önkormányzati) utak esetében nem feltétlenül adott. Pedig ez a technológiai eljárás az alsóbb rendű, illetve önkormányzati utak, ahol kevés vagy a zöld területen helyezkedik el a közmű ott a felújítását nagyban elősegítené.



18. ábra Meleg remix géplánc (forrás Inreco Kft.)

A meleg remix eljárás csökkenti a szállítási költséget, az anyagköltséget, környezetterhelést, ásványi anyag felhasználását, a bontott anyag lerakását és nem utolsósorban a meglévőúthálózat terhelését is csökkenti. A helyszíni meleg remixes eljárással 20-25 százalékos megtakarítás érhető el. A meleg remix elsősorban az alacsonyabb forgalom terhelésű utak felújítására alkalmas technológia. Az alkalmazását nagy mértékben befolyásolja a meglévő aszfalt réteg, legalább kétszer egy sávú útnak (6 méternek) kell lennie és közműmentes, mert a szakaszos működés nem megoldható. A remix technológiával a felújítás készülhet „helyi” anyagból ekkor, ha az állapot felmérés alkalmával az aszfalt összetétele és deformációs tulajdonságai megfelelőek nem kell plusz anyagot hozzá adagolni. Ekkor az aszfalt marása, átkeverése és terítése történik. Nincs hulladék, újrahasználat történik. Ha a vizsgálatok alkalmával az aszfalt túl merev, magas a lágyulási pontja akkor bitument, vagy rejuvenálót szükséges adagolni. Ha a szemeloszlás mutat rossz eredményt (nem homogén) akkor a zúzott kő adagolással lehet javítani.



19. ábra Meleg remix technológiával készült felújítások (Remix kézikönyv Kubányi Zoltán 2016)

19. ábrán látható, hogy hazánkban 2015 évig mennyi meleg remix felület épült, újult meg. A 2008-as év volt amikor elérte a meleg remix eljárással javított felület nagysága azt a nagyságot, hogy a gépláncot érdemes legyen üzemeltetni.

Magyarországon jelenleg nincs ilyen géplánc, ami az Inreco Kft tulajdonában volt a sajnos a felújítandó szakaszok javításánál már nem tudjuk alkalmazni. A kevés meleg remix eljárással tervezett felújítandó felület és kihasználatlanság miatt a géplánc külföldre került.

## A martszfalt vissza-adagolás arányai

Az 56/1981.MT rendelet veszélyes hulladéknak minősítette a felbontott aszfaltot. Ezt követően holland szakemberek bevonásával 1982-ben sikerült 5%-os nedvességtartalom mellett 20%-ban megállapítani a RAP hidegen való visszaadagolását. Sajnos az érvényben lévő szabvány a mai napig csak a 20% visszaadagolást engedélyezi, így 42 év után is. Németországban már húsz éve is az átlag visszaadagolás 20% volt míg nálunk ez maximum 5%. A gyakorlatban viszont Magyarországon a visszaadagolás csak tíz százalékot ér el, ahogy ez az ötös ábrán is látható. Egy nagy szemlélet váltás lenne szükséges, melynek már látszódnak apró jelei. A nagyobb

aszfaltkeverő cégek próbálkoznak a szabványtól eltérően nagyobb arányú RAP visszaadagolással. Saját telephelyükön felhasználva és vizsgálva a minél nagyobb arányban felhasznált RAP- ból készült aszfalt réteg tulajdonságait vizsgálva. Hogy az Országos Hulladékgazdálkodási Tervben elő irányzott másodnyersanyagok felhasználásának elősegítéséhez szükséges a szabványok újra gondolását, felülvizsgálatát elősegítsék.

## **Meghatározó tényezők a különböző arányban vissza-adagolt martaszfalt tulajdonságai az aszfaltkeverékben**

Jelen vizsgálati projekt alkalmával ahogy már említettem, egy magasabb rendű út marásából származó martaszfaltot használtunk, mely aszfalt modifikált bitument tartalmaz. A magas arányban visszaadagolt martaszfaltnál (RAP) három alapvető dolgot szükséges figyelembe vennünk. Az egyik a kevert aszfalt keverékének a megtervezése. A másik a rendelkezésre álló gépészeti technológia és a harmadik a martaszfalt depóniakezelés.

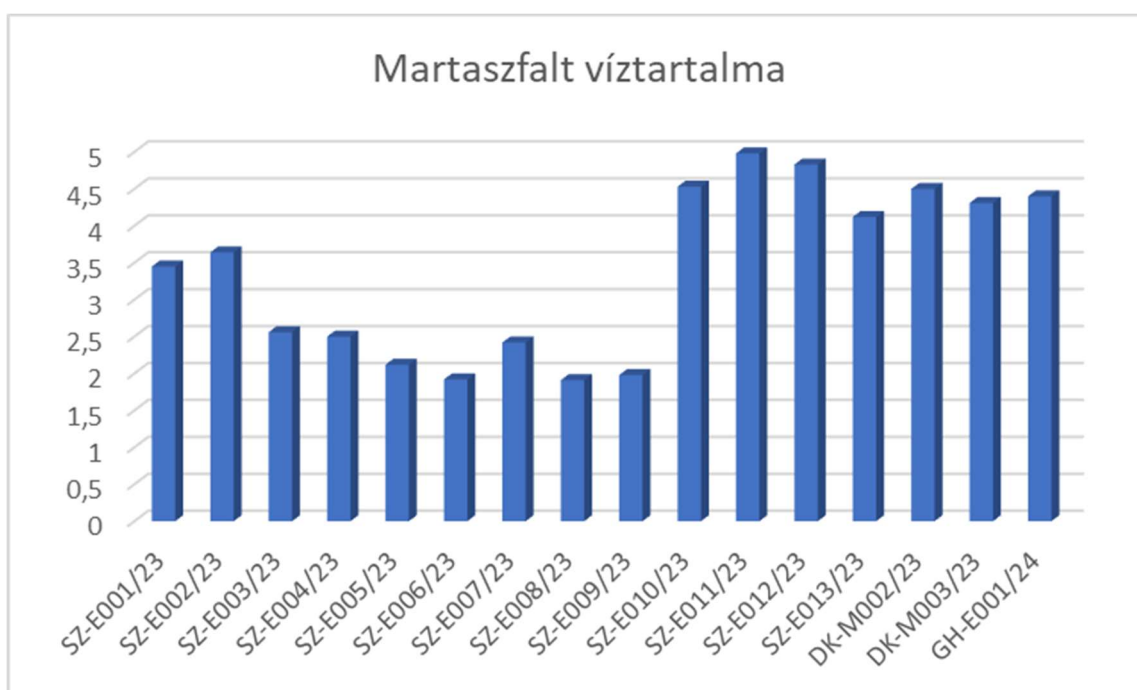
A keveréktervezés során figyelembe kell vennünk a martaszfaltból származó bitumenünket. Fontos szemelőt tartani, hogy a visszanyert bitumen milyen tulajdonságokkal rendelkezik (lágyuláspont, penetráció, víztartalom). A martaszfaltot tartalmazó keveréktervezésre nincs általános útmutató.



20. ábra A projekt során felhasznált martaszfalt törése és osztályozása (forrás: Swietelsky Magyarország Kft.)



A depóniakezelés talán az egyik legfontosabb. A megfelelő depónia kialakítással csökkenthető a martszfalt víztartalma. A martszfalt, (kő váz) víztartalma nagy mértékben befolyásolja a keverő teljesítményét, keverési kapacitását. A depó kialakításakor ügyelnünk kell, hogy a terület megfelelő lejtéssel bírjon, hogy a depó víztartalmát minimalizáljuk. Ha a depóban minimális a víztartalom akkor a gyártási teljesítmény is növelhető, kisebb energiafelhasználással. Az általunk vizsgált minták víztartalma 1,91 és 4,98 közötti értéket mutatnak. Ahogy a 21.ábrán is látható.



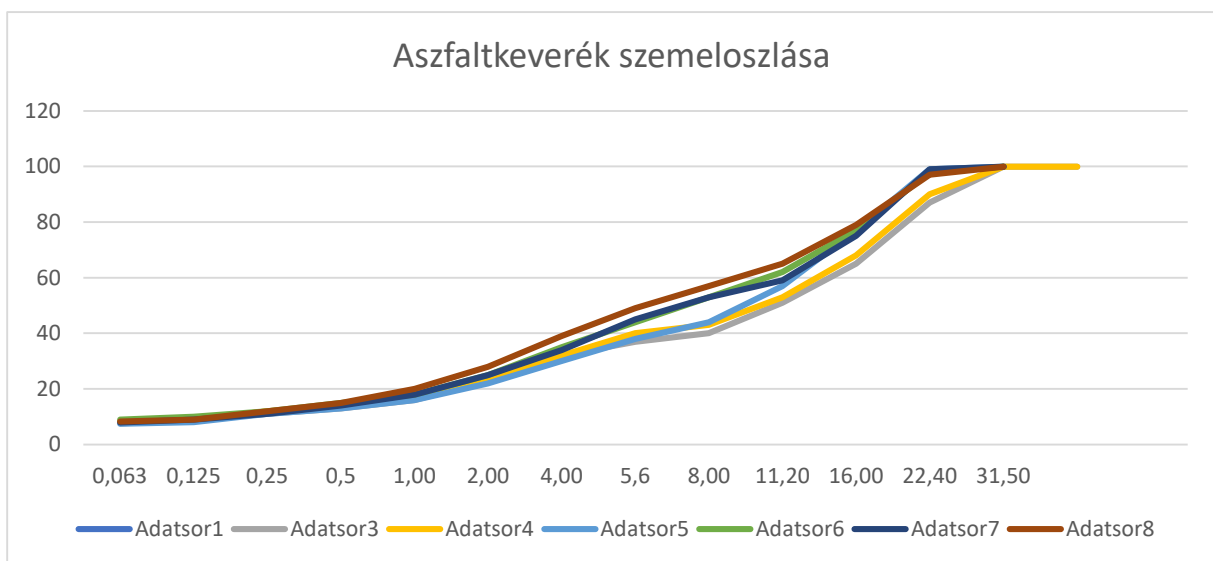
21. ábra. Felhasznált martszfalt víztartalma. (saját diagramm Forrás Eulab Kft.)

RA tartalom (%)	Az RA víztartalma (%)					
	1	2	3	4	5	6
	Hőmérséklet korrekció (°C)					
10	4	8	12	16	20	24
15	6	12	18	24	30	36
20	8	16	24	32	40	48
25	10	20	30	40	50	60
30	12	24	-	-	-	-

22. ábra martszfalt víztartalma (forrás:Tóth Csaba, Pethő László: Magas visszanyert aszfalt tartalmú aszfaltkeverékek műszaki feltételei, 2023, DOI: 10.36246/UL.2023.1.05)

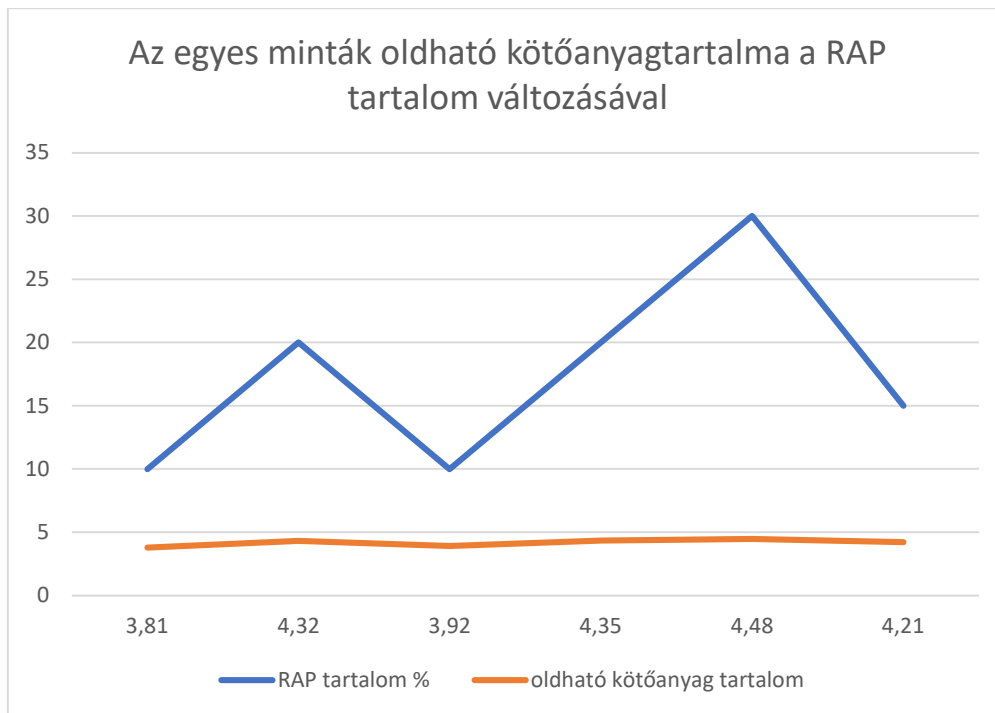
A martaszfalt adagolása során a szükséges figyelembe vennünk a 22. ábrán feltüntetett RAP víztartalmát. A táblázatban látható, hogy a víztartalom függvényében a kővázat mennyivel magasabb hőmérsékletre szüksége felmelegíteni. A túl magasra hevített kő váz nem szerencsés, mert a bitumen már a gyártás során öregedési folyamatokat vált ki és ez a beépített aszfalt teljesítményét csökkenti.

A most megvalósult próba beépítéshez a martaszfaltot a forró kő váz segítségével melegítjük fel. A martaszfalt a keverékhez folyamatos adagolással történik, így nem keletkezik nagy mennyiségű vízgőz.



23. ábra Martaszfaltot tartalmazó aszfalt keverék szemeloszlásos vizsgálata (saját diagramm forrás: Eulab Kft.)

23. ábrán látható a különböző arányban adagolt martaszfalt esetében a keverék szemeloszlása még mindig nagyfokú homogenitást mutat.



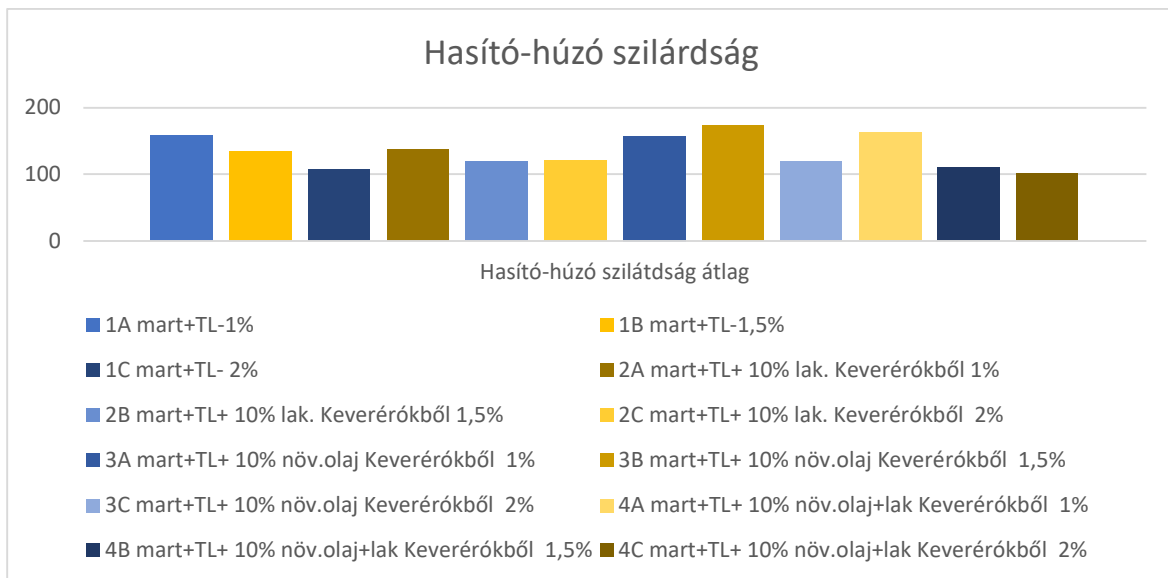
24. ábra Az egyes martszfaltot tartalmazó aszfaltkeverékek esetében kioldható kötőanyag tartalom. (saját diagramm forrás Eulab Kft.)

A kísérlet során sikerült úgy beállítani az aszfaltkeverék alkotó elemeit, hogy a különböző arányban tartalmazó martszfalt ellenére az aszfaltkeverékek hasonló oldható kötőanyag tartalommal rendelkeznek.

## **RAP fiatalítás-Rejuvenáló**

Az aszfalt egyik fő alkotó eleme a bitumen, mely az idő és az időjárási körülmények hatására öregszik. A bitumen öregedésének a jelei a repedéseket és fáradási hibákat eredményez. Az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb érdeklődés a martszfalt (RAP) „fiatalítására”. A rejuvenátorok alkalmazásával a cél, hogy az előregedett bitumen kémiai-fizikai struktúráját visszaállítsák. A bitumen öregedésével az illékony komponensek párolgással távoznak a bitumenből, megváltoztatva a komponensek arányát. Ezen komponens változást figyelembe véve a termékfejlesztők a bitumen „fiatalítására” fejlesztették ki a rejuvenáló szereket, melyek lehetnek növényi, vagy bitumen alapúak.

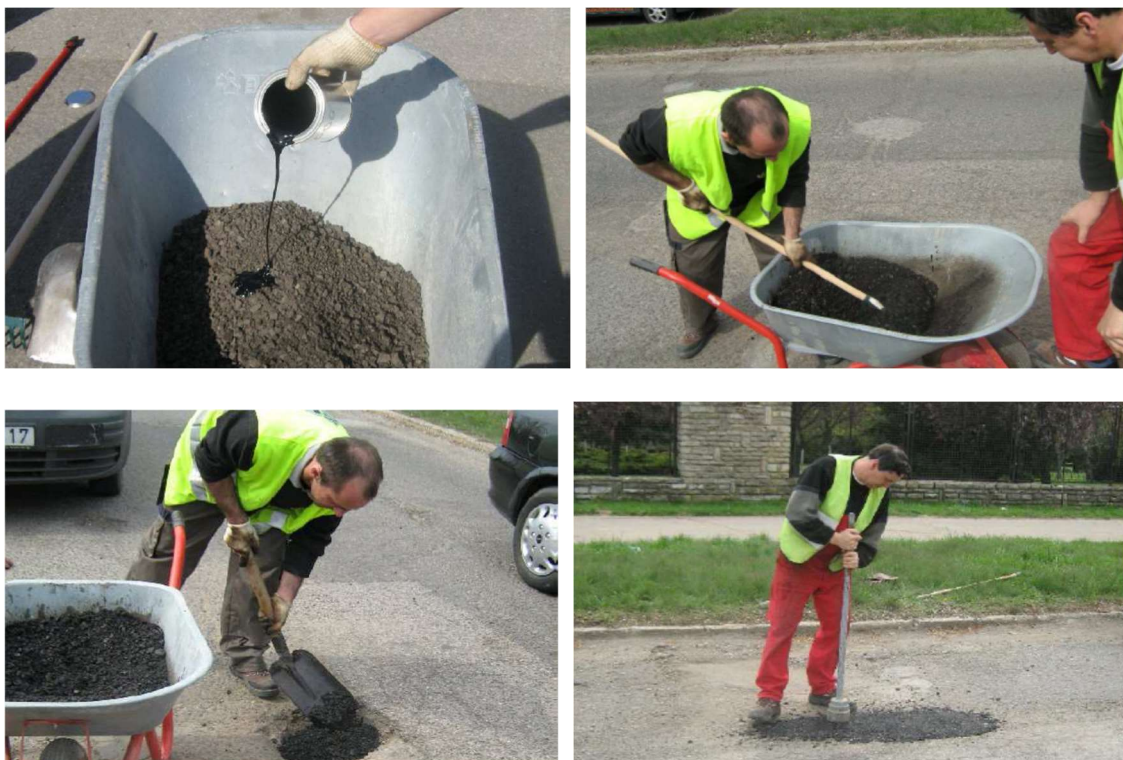
Japánban a martaszfalt újra hasznosításával már az 1970-es években kezdtek le foglalkozni. A martaszfaltnak közel a 100%-át hasznosítják, ebből 75 %ot „forró” aszfaltban RAP-ként. Japánban az előregedett kötőanyag az új aszfalt és a fiatalítók úgymond kapcsolatát mikroszkóppal figyelték. Ezen megfigyelések során megállapították, hogy a RAP-ban homogén kötőanyagot képező fiatalítók sokkal nagyobb hasító-húzó szilárdságot mutatnak és így a tartóssága is jobb. A megfelelő fiatalító kiválasztásával biztosítható a tartósság és a rugalmasság.



25. ábra. Egyes minták hasító- húzó szilárdsága az eltérő mennyiségben adagolt rejuvenáló szer alkalmazás esetén (saját diagramm, forrás Eulab Kft.)

Az 25. ábrán látható az Eulab Kft. által vizsgált különböző arányban kevert minták hasító- húzó szilárdsága. A hasító- húzószilárdság az aszfalt vízerzékenységét mutatja, a kísérleti keverékek hasító-húzószilárdsága megfelelőnek mondható.

Kosik Attila, Karoliny Márton, Vigh Gergő -Gondolatok a kátyúzásról – írásukban bemutatják, hogy a Magyar Közút tulajdonában lévő jelentős mennyiségű martaszfalt és 1-2 %-nyi rejuvenáló alkalmazásával, milyen könnyen készíthető a helyszínen kátyúzásra alkalmas aszfalt keverék (26. ábra).



26. ábra Rejuvenáló alkalmazása kézi keveréssel (forrás: Eulab Kft.)

Japánban már folytak kísérlet, hogy a különböző RAP tartalommal rendelkező aszfalt keverékeket hányszor lehet a körforgásba bevonni. A keverékeken gyorsított öregedési és fiatalítószeres újrahasznosítási ciklusoknak vetették alá. Minden ciklus alkalmával empirikus vizsgálatokkal megvizsgálták a keverékeket. A kísérletek eredménye, hogy a 30%-os RAP tartalom rugalmassága négy újrahasznosításig nem változott, addig az ötödik újrahasználatnál csökkent a rugalmasság. Az újrahasznosítás számának növelésével a bitumen hajlékonysága csökken. Az újrahasznosítási ciklusok növekedésével az újrahasznosított bitumen lágyuláspontja magasabb és a rugalmassága (penetrációja) alacsonyabb értékeket mutat. A magasabb RAP tartalomnál (50%) ez a tendencia nagyobb mértékben volt megfigyelhető.

Az építő iparban dolgozó szakemberek véleménye szélsőségesen megoszlik a fiatalító szerekkel kapcsolatosan. A megoszló vélemények miatt nincs kellő tapasztalat a rejuvenáló szerek alkalmazására. A „fiatalítók” alkalmazását többek között a kevés tapasztalat mellett, még az is hátráltatja a véleménykülönbségeken kívül, hogy ezek a szerek nem mondhatók a legolcsóbbnak.

## **Az aszfaltépítés során felhasználható másod nyersanyagok (hulladékok)**

„Döntő jelentőségű, hogy a nagy anyagigényes beruházások minél kevesebb természetes (primer) anyagot használjanak fel, ami az anyagtakarékos technológiákon túl a másodlagos nyersanyagok (hulladékok) felhasználásával valósítható meg.” (forrás: Dr. Gáspár László Másodlagos Nyersanyagok az Útépítésben)

Magyarországon szerencsére a nagy kivitelező cégek egyre környezettudatosabb gondolkodása, ezért vannak kísérletek másod nyersanyagok bevonásár az aszfalt építése során.

Ilyen másodlagos nyersanyagok például az üveg és a gumi.

### Üveghulladék felhasználása az aszfaltban „Üvegaszfalt”

Magyarországon az üveghulladék útépítési hasznosítása nem elterjedt, inkább csak kísérletek folynak. Az üveg és a bitumen közötti tapadást tapadásjavító szerekkel szükséges elősegíteni, modifikált bitumen és a gumibitumen esetében elfogadható a tapadás. Az üveg víz- és bitumenfelvétele jóval alacsonyabb, mint a kővázé, ezért a kevesebb szárítással és kevesebb bitumennel energia és nyersanyag felhasználás takarítható meg. Az üvegaszfalt fény visszaverő tulajdonságának köszönhetően az út vonalvezetése rossz látási viszonyok között is jól látható. Az eddigi kísérletek során használt keverékek nyomvályúsodásra hajlamosabbak, mint a „normál” aszfalt keverékek. Legnagyobb mennyiségben az Amerikai Egyesült Államokban gyártanak üvegaszfaltot. A Magyarországi kísérletek elindulását nagyban segítette, hogy az Európai Parlament és a Tanács 2018/852 EK irányelvben előírta a tagállamoknak az üveg hulladék 70%-os újra hasznosítását, mely nem csökkenhet 60% alá. Viszont a bevezetett visszaváltási rendszer (DRS) keretében összegyűjtött összes üveghulladékot nem lehet teljes mértékben üveg csomagolásként újra felhasználni.

### Gumihulladék felhasználása az aszfaltban

Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv a újrafeldolgozás-műszaki alkalmazásként említi a gumiőrlemény alkalmazását aszfaltmodifikáló szerként. Magyarországon tizenhárom éve ismerkedünk a gumibitumenes aszfalt keverékkel. Az Amerikai Egyesült Államokban és Európa egyes országaiban már öven éve alkalmazott technológia. Magyarországon a MOL Zalaegerszegi üzemében állítanak elő gumival modifikált bitument. A gyár éves húszezer tonna kapacitásához háromezer tonna gumi őrleményt használnak fel. Ez félmillió tonna használt

gumiabroncs felhasználását jelenti. A gumival modifikált aszfalt nagyobb ellenállást mutat az oxidációval szemben. A jelen tapasztalatok a nagyobb terhelhetőséget, a kisebb menetzajt, a jobb tapadást és hogy kevésbé nyomvályúsodik a gumival modifikált bitumennel készült aszfalt. Nincs olyan, hogy valaminek csak előnye legyen, így a gumibitumennek is vannak hátrányai. A gumibitumen szállítása és tárolása viszonylag bonyolult, a bitument melegen kell tartani és folyamatosan áramoltatni kell mivel a fajsúlyból eredő szeparáció viszonylag hamar megindulhat a keverékben. A gumibitumen (RMB) keverését követően 48 óra áll rendelkezésre, hogy beépítésre kerüljön. A beépítésnél érzékeny a hőmérsékletre, mivel a gumi magas hőmérsékleten merevíti meg a kötőanyagot. Ezért magasabb hőmérsékleten kell a gumival-modifikált keveréket tömöríteni, mint a nem gumibitument nem tartalmazó keveréket.

Az aszfaltozás során felhasznált másod nyersanyagok (hulladékok), mit az üveg és a gumi vagy polimer műanyagok, annak ellenére, hogy a kivitelezőket megosztja a kérdés, felvet egy következő kérdést is. Ez a kérdés inkább a távolabbi jövőbe mutató kérdés. Mikor a másod nyersanyag felhasználásával készült út, útszakasz eléri a „ciklusa” végét és a burkolat javítása, újbóli marása szükséges. Akkor a másod nyersanyagot tartalmazó aszfaltból származó martaszfalt milyen eljárásokkal lehet felhasználni, vagy egyáltalán lehetséges e az újbóli felhasználása?

A RAP fiatalítása Rejuvenáló fejezetben már írtam, hogy Japánban már folynak kísérletek, ugyan csak a martaszfalt és a rejuvenáló újtahasználati ciklusaira. Ami jelen kísérletek értékeit figyelve ez a körfogás végesnek tűnik.

Más jellegű kérdés nem a „termék” újbóli felhasználása, hanem inkább a jelenleg használt és bevált martaszfalt technológiát nem teszik e tönkre a martaszfaltból származó egyéb (gumi, üveg) adalékok? Gondolok itt a gumira, ha az újbóli felmelegítés során a keverő alkatrészeire olvad. Vagy az üveg esetében nem mindegy az üveg frakciója. A marás során nem biztos, hogy a megfelelő frakcióban tudjuk az üveget marni.

A másod nyersanyaggal készült aszfalt későbbi (10-20 éves) felhasználása mennyire lehetséges?

## Konklúziók/ Javaslatok

1980-as években a környezetvédelmi előírások hátráltatták a mart aszfalt újrahasznosítását. Az 56/1981. MT rendelet miatt a mart aszfalt inkább „kolonc” felesleges rossz volt, mindenki inkább szabadulni akart tőle. Az uniós csatlakozást követően változott a mart / bontott aszfalt besorolása, ma már nem veszélyes hulladék, de a bontott anyag dokumentálása a végső hasznosításig a továbbiakban is szükséges. A RAP (visszanyert aszfalt) aszfaltburkolatként történő újra hasznosításának műszaki akadályja nincs, a felhasználásának az „akadály” a jogszabályok különböző értelmezéséből adódnak és a szakmában nem mindig egyértelmű az elfogadottsága. A 2es ábrán is látható, hogy vannak országok (Horvátország) ahol nagy arányban használják a RAP visszaforgatását. Egyesült Államokban végzett vizsgálatok arról számoltak be, hogy a RAP 15%-ról 40%-ra növelésével a merevség jelentősen megnőtt és a maradandó alakváltozással szembeni ellenállás nőtt. Fagyásnak és felengedésnek kitett RAP keverékek ciklusok kedvező értékeket mutattak a RAP nélküli keverékekhez képest.

Annak ellenére, hogy a szakmában - és itt tág értelemben értem, nem csak a Hulladékos szakmára, hanem az Építőipari szakmára is gondolok- nagyon sok mindenkit és nagyon régóta foglalkoztat a martaszfalt visszaadagolása az „új” aszfaltba, ennek ellenére a kivitelezések során kevés helyen alkalmazzák, legalábbis csak a szabványban megengedett mennyiségben adagolják vissza. Ez többek között a rendelkezésre álló szabványok korlátozásából és a Megrendelők nem kellő tájékozottságára vezethető vissza. A mart aszfalt akár 100%-ban felhasználható lenne Önkormányzatok által üzemeltetett utakon, ahol a kukásautó jelenti a legnagyobb teherforgalmat. Ez akkor jelentene megoldást, ha az Önkormányzatokat a tervezők vagy esetleg a kivitelezők tájékoztatnák erről a lehetőségről.

Mindamellett, hogy a jelenben a lehető legnagyobb százalékban igyekszik az ipar az Országos Hulladékgazdálkodási Tervben előirányozott körfogás létrehozására, illetve fenntartására, de a távlati lehetőségek, következmények vizsgálatát ugyan ilyen gondossággal kellene figyelembe venni. Gondolok a RAP fiatalítása-Rejuvenáló fejezetben ismertetett japán kísérletre. Miszerint a martaszfaltot tartalmazó keveréket négyszer lehet hasznosítani, hogy a bitumen elfogadható értékeket mutasson. És az egyéb másodlagos nyersanyagok alkalmazásakor a jövőbe mutató vizsgálatok még hiányoznak. A 10-20 év múlva a másodnyersanyagból készült aszfaltút anyaga hányszor használható újra. És a többszöri felhasználást követően ha az aszfalt nem hozza az



elvárt eredményt akkor milyen módon szükséges kezelni, hogy esetleg felhasználható legyen, vagy a lerakás során ne okozzon környezet károsítást.

## Felhasznált irodalom

<https://eapa.org/asphalt-in-figures/> (letöltés:2024.03.20)

Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027

Dr. Gáspár László (2005) Másodlagos Nyersanyagok az Útépítésben, IHU Kht. ISBN: 963 218 976 0; 255p.

Dr Töröcsik Frigyes szerkesztésében (2017) 150 éves a MAGYAR aszfaltútépítés, hapa - Magyar Aszfaltipari Egyesület ISBN: 978 615 00 0333 7; 550p.

Tóth Csaba, Pethő László (2023) Magas visszanyert aszfalt tartalmú aszfaltkeverékek műszaki feltételei, DOI: 10.36246/UL.2023.1.05 (letöltés 2024.03.20)

<https://magyarepitok.hu/iparagi-hirek/2021/10/erre-nem-volt-meg-pelda-uj-technologia-t-vezetett-be-a-duna-csoport> (letöltés 2024.02.29.)

USE OF RECYCLED MATERIALS IN PAVEMENTS A PIARC CASE STUDIES COLLECTION TECHNICAL COMMITTEE 4.1 PAVEMENTS ([www.piarc.org](http://www.piarc.org) 2022 R03EN)

Bebők Gábor, Kubányi Zoltán, Remix kézikönyv (2019) 3R Magyar Remix Egyesület

Kosik Attila, Karoliny Márton, Vigh Gergő (2012) Gondolatok a kátyúzásról

Zvekán Fanni (2022), RA bitumen vizsgálatok a visszanyert aszfalt felhasználás részeként Az Aszfalt XXIX. évfolyam 2022/2. szám

Dr. Markus Spiegel (2020) Aszfalt újrahasznosítása-Tapasztalat az OMV Starfalt®PmB 45/80 RC-vel Ausztriában és a Cseh Köztársaságban, Az Aszfalt XXVII. évfolyam 2020/1. szám

Eng. Lorenzo Sangalli, 100% visszanyert aszfalt és ökológiailag fenntartható technológiák az útépítő ipar számára (2020) Az Aszfalt XXVII. évfolyam 2020/1. szám

Szarvady Csaba (2021) Keverőtelepi meleg aszfatrecovery Az Aszfalt XXVIII. évfolyam 2021/1. szám

VISSZANYERT ASZFALT FELHASZNÁLÁSA ASZFALTKEVERÉKEKBEN Útmutató Készítette:A Magyar Aszfaltipari Egyesülés (HAPA) Környezetvédelmi Munkacsoportja 2014. szeptember (letöltés: 2024.február)

<https://utugyilapok.hu/cikkek/visszanyert-aszfaltot-tartalmazo-aszfaltkeverek-tervezese-lagyabb-bitumen-felhasznalasaval/> (letöltés: 2024. március)

<https://magyarepitok.hu/egy-komoly-esely-hazai-utepitesben-gumibitumen-0> (2023. december)

<https://mol.hu/hu/vallalati-ugyfelek/bitumenek/gumibitumen/> (2024. március)

<https://www.wirtgen-group.com> (2024. március)

Az Aszfalt XXVI. évfolyam 2019/2. szám Martonvásári üvegaszfalt Lukács András (2019)

Az Aszfalt XXVI. évfolyam 2019/2. szám Zúzott hulladéküveg felhasználásának vizsgálata aszfaltbeton kopórétegben Rosta Szabolcs (2019)

Az Aszfalt XXVI. évfolyam 2019/1. szám VIATOP® Das Pellet Egy rejuvenátor hatékonyságának vizsgálata Bernd Abele (2019)

Magyar Szabványügyi testület, Aszfaltkeverékek. Anyagelőírások 8. rész Visszanyert aszfalt MSZ EN 13108-8

Magyar Szabványügyi testület Kőanyagalmazok általános tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Mintavételi módszerek MSZ EN 932-1

Magyar Szabványügyi testület MSZ EN 12697-3 Aszfaltkeverékek. Vizsgálati módszerek 3. rész A bitumen visszanyerése: forgó bepárló

Magyar Szabványügyi testület Bitumen és bitumenes kötőanyagok. A tüpenetráció meghatározása MSZ EN 1426

Magyar Szabványügyi testület, Bitumen és bitumenes kötőanyagok. A lágyuláspont meghatározása. Gyűrűsgolyós módszer MSZ EN 1427

Magyar Szabványügyi testület AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2018/852 IRÁNYELVE (2018. május 30.) a csomagolásról és a csomagolási hulladékról szóló 94/62/EK irányelv módosításáról

## Ábrajegyzék

1. ábra Országos közúthálózat információs eredménytáblái, 2023. február (forrás: Magyar Közút NZrt.)	5. oldal
2. ábra. Visszanyert aszfalt (RAP) újra felhasználása, (saját szerkesztés EAPA adat alapján)	6. oldal
3. ábra Európai országok teljes aszfalt termelése 2021 és 2022 között (millió tonna) (saját szerkesztés EAPA adat alapján)	7. oldal
4. ábra Magyarország teljes aszfalt termelése 2012 és 2022 között (millió tonna) (saját szerkesztés EAPA adat alapján)	7. oldal
5. ábra megengedett RAP tartalom Közép-Európában (forrás: Colas Hungária Kft.)	9. oldal
6. ábra Visszanyert aszfalt újra felhasználásának aránya Európában (saját szerkesztés EAPA adat alapján)	10. oldal
7. ábra. Vizsgálat során felhasznált martaszfalt száraz szemeloszlása (forrás Eulab Kft.)	11. oldal
8. ábra mintatartó edény (dob)	12. oldal
9. ábra Forgó bepárló készülék (saját fotó Eulab Kft. telephelyén)	13. oldal
10. ábra Desztillálási feltételek (saját táblázat az forrás: MSZ EN 12697-3 szabvány)	14. oldal
11. ábra. Túpenetrációs vizsgálat eredménye (Eulab Kft. adat, saját diagramm)	15. oldal
12. ábra. Visszanyert bitumen penetrációs és lágyuláspont vizsgálata (forrás Eulab Kft. saját táblázat.)	15. oldal
13. ábra Gyűrűs-golyós készülék (saját fotó Eulab Kft. telephelyén)	16. oldal
15. ábra Különböző módon hidegen adagolható martaszfalt (forrás: <a href="https://www.wirtgen-group.com">https://www.wirtgen-group.com</a> )	17-18 oldal
16. ábra Parallel dobos aszfalt keverő a maximális újrahasznosítás érdekében (forrás: <a href="https://www.wirtgen-group.com">https://www.wirtgen-group.com</a> )	19. oldal
17. ábra Wirtgen W380 CR i hideg recycling géplánc (forrás: <a href="https://www.wirtgen-group.com">https://www.wirtgen-group.com</a> )	19. oldal
18. ábra Meleg remix géplánc (forrás Inreco Kft.)	20. oldal
19. ábra Meleg remix technológiával készült felújítások (Remix kézikönyv Kubányi Zoltán 2016)	21. oldal
20. ábra A projekt során felhasznált martaszfalt törése és osztályozása (forrás: Swietelsky Magyarország Kft.)	22. oldal

21. ábra. Felhasznált martaszfalt víztartalma. (saját diagramm Forrás Eulab Kft.)	23. oldal
22. ábra martaszfalt víztartalma (forrás:Tóth Csaba, Pethő László: Magas visszanyert aszfalt tartalmú aszfaltkeverékek műszaki feltételei, 2023, DOI: 10.36246/UL.2023.1.05)	23. oldal
23. ábra Martaszfaltot tartalmazó aszfalt keverék szemeloszlásos vizsgálata (saját diagramm forrás: Eulab Kft.)	24. oldal
24. ábra Az egyes martaszfaltot tartalmazó aszfaltkeverékek esetében kioldható kötőanyag tartalom. (saját diagramm forrás Eulab Kft.)	25. oldal
25. ábra. Egyes minták hasító- húzó szilárdsága az eltérő mennyiségben adagolt rejuvenáló szer alkalmazás esetén (saját diagramm, forrás Eulab Kft.)	26. oldal
26. ábra Rejuvenáló alkalmazása kézi keveréssel (forrás: Eulab Kft.)	27. oldal

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Vigh Emese  
A Hallgató Neptun kódja: KSGEI9  
A dolgozat címe: Az aszfaltban rejlő másodnyersanyag (martaszfalt) lehetőségek  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: **Miskolci Egyetem**  
A konzulens tanszékének a neve: **Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar**

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat<sup>1</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Ráckeve, 2024. év április hó 29. nap



Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## NYILATKOZAT

\_\_\_\_\_Vigh Emese\_\_\_\_\_ (név) (hallgató Neptun azonosítója: \_\_KSGE19\_\_\_\_\_)  
konzulenseként \_\_\_\_\_nyilatkozom \_\_\_\_\_arról, \_\_\_\_\_hogy \_\_\_\_\_a  
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az  
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól  
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő  
védésre **javaslom** / **nem javaslom**<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: 2024 év április hó 29. nap



belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendó.