

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**

**ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR**

**ÚT ÉS VASÚTÉPÍTÉSI TANSZÉK**

**Hideg remix eljárások hazai alkalmazása  
a külföldi gyakorlat tükrében**

**DIPLOMAMUNKA**

*Készítette:*

**Balázs Júlia**

*Infrastruktúra-  
építőmérnök MSc*

*Konzulens:*

**Dr. Kisgyörgy Lajos**

*Egyetemi docens*

*Társ-konzulensek:*

**Dr. Ambrus Kálmán**

*Ny. egyetemi adjunktus*

**Bebők Gábor**

*3R Magyar Remix  
Egyesület*

- Budapest, 2014 -

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**

**ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR**

**ÚT ÉS VASÚTÉPÍTÉSI TANSZÉK**

**Hideg remix eljárások hazai alkalmazása  
a külföldi gyakorlat tükrében**

Készítette: Balázs Júlia

Diplomamunka kódja: MSC-G-010-13/14/2

Konzulensek: Dr. Ambrus Kálmán, Dr. Kisgyörgy Lajos, Bebők Gábor

**Összefoglaló**

A XXI. században ez erősödő környezettudatos szemléletmódnak köszönhetően a természeti erőforrásokkal való takarékoskodás és az anyagok újrahasznosítása az útépítés területén is egyre nagyobb teret hódít. Jelen diplomamunka keretén belül az egyik legjelentősebb felújítási eljárás, a helyszíni hideg remix technológia kerül bemutatásra.

A célkitűzések megfogalmazása, valamint az újrahasznosítási eljárások technológiai és történeti fejlődésének áttekintését követően ismertetésre kerülnek a különböző útfelújítási lehetőségek, úgymint a keverőtelepi, a helyszíni és a mobil technológiák. Ezt követően a helyszíni hideg remix eljárás változatainak, a hidraulikus, a bitumenes és a vegyes kötőanyagú technológiák bemutatására kerül sor.

A különböző technológiai változatok közötti döntés előkészítése során elvégzendő vizsgálatok áttekintése után a hideg remix eljárás során alkalmazandó gépláncok ismertetése következik.

A hazai szabályozási környezet bemutatását követően ismertetésre kerülnek a magyar és német gyakorlat sajátosságai, valamint az aktuális külföldi technológiai újítások. Végül a hazai gyakorlat értékelésére és annak módosítására való javaslattételre kerül sor.

**KULCSSZAVAK:** hideg remix eljárás, mobil újrahasznosítás, újrahasznosító géplánc, szabályozási környezet

**BUDAPESTI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF HIGHWAY AND RAILWAY ENGINEERING**

**The application of cold recycling technology  
in the light of international practice**

Written by: Balázs Júlia

Code of the thesis: MSC-G-010-13/14/2

Consultants: Dr. Ambrus Kálmán, Dr. Kisgyörgy Lajos, Bebók Gábor

**ABSTRACT**

In the 21st century thanks to the increasingly cover of environmentally friendly approach, the saving of natural resources and recycling of materials play bigger part of road construction. In this thesis one of the most significant recycling process, the cold in place recycling technology will be presented.

After the wording of objects and the review of the technological and historical development of recycling procedures, the different road reconstruction options will be described, as the in-plant, the in-place and the mobile technologies. Then the versions of cold in-place recycling process, the hydraulic, the bituminous and the mixed binder technologies, will be presented.

After the review of the investigations which help the choice between the technological versions, the machine chains of the cold in-place recycling will be demonstrated.

After the presentation of the domestic regulation, the specificities of the hungarian and german practice and the actual foreign innovations will be presented. Finally the domestic practice will be evaluated, and some suggestions will given for its modification.

**KEYWORDS:** cold recycling, mobile process, recycler machine chain, regulation

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**

**ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR**

**ÚT ÉS VASÚTÉPÍTÉSI TANSZÉK**

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Köszönetemet fejezem ki Dr. Ambrus Kálmán ny. egyetemi adjunktusnak, tanszéki konzulensemnek és Bebők Gábor úrnak, külső konzulensemnek, a 3R Magyar Remix Egyesület titkárának, szakmai segítségükért.

**HIDEG REMIX ELJÁRÁSOK HAZAI ALKALMAZÁSA  
A KÜLFÖLDI GYAKORLAT TÜKRÉBEN**

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS.....</b>	<b>1</b>
<b>2. AZ ÚTFELÚJÍTÁSI TECHNOLÓGIÁKRÓL ÁLTALÁNOSAN .....</b>	<b>3</b>
2.1. Az aszfalt recycling története.....	5
2.1.1. A technológia fejlődése.....	5
2.1.2. A szabályozási stratégiai fejlődése .....	7
2.2. Gazdasági, műszaki és környezeti feltételrendszer.....	8
2.2.1. Gazdasági szempontok.....	8
2.2.2. Műszaki szempontok .....	9
2.2.3. Környezetvédelmi szempontok.....	11
<b>3. ÚJRAHASZNOSÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK .....</b>	<b>12</b>
3.1. Keverőtelepi újrahasznosítás .....	13
3.1.1. Pályaszerkezet bontási technológiák.....	13
3.1.2. Bontott anyag tárolása.....	14
3.1.3. Meleg eljárásos keverőtelepi technológia.....	15
3.1.4. Hideg eljárásos keverőtelepi technológia .....	16
3.2. Helyszíni újrahasznosítás .....	16
3.2.1. Meleg eljárásos technológiák.....	17
3.2.2. Hideg eljárásos technológiák .....	22
3.3. Mobil újrahasznosítás .....	25
<b>4. HIDEG HELYSZÍNI ELJÁRÁSOK TECHNOLÓGIA VÁLTOZATAI.....</b>	<b>28</b>
4.1. Hidraulikus kötőanyagú alapréteg .....	28
4.1.1. Cement kötőanyagú alapréteg.....	28
4.1.2. Cementtej kötőanyagú alapréteg.....	29
4.2. Bitumenes kötőanyagú alapréteg .....	30
4.2.1. Bitumenemulzió kötőanyagú alapréteg.....	30
4.2.2. Habosított bitumen kötőanyagú alapréteg .....	32
4.2.3. Az emulziós és habosított bitumen kötőanyag összehasonlítása .....	36
4.3. Vegyes kötőanyagú alapréteg .....	37
4.4. Változatok közötti döntés .....	38
<b>5. A TERVEZÉST MEGELŐZŐ VIZSGÁLATOK.....</b>	<b>42</b>
5.1. Adatgyűjtés, rendelkezésre álló információk.....	42
5.1.1. Történeti adatok .....	42
5.1.2. Tervezési forgalom .....	43
5.2. Előzetes vizsgálatok.....	44
5.2.1. Vizuális állapotfelvétel .....	44
5.2.2. Homogén szakaszokra bontás .....	45
5.3. Részletes vizsgálatok .....	46

---

---

<b>6. A HIDEG REMIX GÉPEI .....</b>	<b>48</b>
6.1. Kötőanyag terítő és adagoló gépek .....	49
6.1.1. Szilárd halmazállapotú kötőanyagot terítő gépek .....	49
6.1.2. Folyékony halmazállapotú kötőanyagot adagoló gépek .....	50
6.2. Recycler egységek .....	51
6.2.1. Marókeverő .....	51
6.2.2. Kényszerkeverő.....	54
6.3. Mobil vontatott törő .....	56
6.4. Mobil újrahasznosítás keverő egysége.....	57
<b>7. HAZAI SZABÁLYOZÁS BEMUTATÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE .....</b>	<b>60</b>
7.1. Az alkalmazás feltételei .....	61
7.2. A tervezés menete .....	63
7.2.1. Állapotfelvétel.....	63
7.2.2. A beavatkozás típusának kiválasztása, az alapréteg megtervezése.....	63
7.3. Építési előírások.....	68
7.3.1. Általános építési előírások .....	69
7.3.2. A kivitelezés eszközei.....	70
7.3.3. A kivitelezés és burkolatépítés.....	70
7.4. Minőségi követelmények .....	71
<b>8. HAZAI ÉS KÜLFÖLDI EREDMÉNYEK, TAPASZTALATOK .....</b>	<b>73</b>
8.1. Hazai közúthálózat helyzete .....	73
8.2. Hazai alkalmazások .....	74
8.3. Hazai eredmények.....	77
8.4. Hazai tapasztalatok .....	79
8.5. A német és magyar gyakorlat összehasonlítása .....	80
8.5.1. Előkészítő munkák.....	80
8.5.2. Kivitelezés menete .....	81
8.5.3. Alkalmazott kötőanyag .....	82
8.5.4. Alkalmazott rétegrend.....	82
8.6. Technológiai újdonságok .....	84
8.6.1. NovoCrete .....	85
8.6.2. NovoFlex.....	87
<b>9. ÉRTÉKELÉS ÉS JAVASLAT.....</b>	<b>89</b>
<b>10. ZÁRSZÓ.....</b>	<b>91</b>
<b>11. IRODALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>92</b>

## ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Kimutatás a közlekedési munkamegosztás helyzetéről.....	3
2. ábra: Pályaszerkezet újrahasonosítási technológiák .....	12
3. ábra: A burkolati rétegek hőmérséklet-változása meleg újrahasonosítási eljárás során .....	18
4. ábra: Burkolatprofil az ADMIX eljárás előtt és után.....	19
5. ábra: Burkolatprofil a REMIX PLUSZ eljárás előtt és után.....	20
6. ábra: Bitumenemulzió kötőanyagú alapréteg építése .....	31
7. ábra: Bitumen habosítási eljárás elvi sémája.....	33
9. ábra: Marókeverő és a hozzá tartozó adagoló rendszer vázlatrajza.....	52
10. ábra: Kényszerkeverő és a hozzá tartozó adagoló rendszer vázlatrajza .....	55
11. ábra: Kényszerkeverő változtatható munkaszélességgel .....	55
12. ábra: Mobil keverő alapegységei.....	58
13. ábra: A mobil keverő és a hozzá tartozó egységek elhelyezkedése.....	59
14. ábra: A magyar és német gyakorlat által alkalmazott típuspályaszerkezetek.....	83
15. ábra: Hideg remixszel felújított pályaszerkezetek.....	84
16. ábra: Hagyományos és NovoCrete technológiával épített pályaszerkezetek.....	86
17. ábra: Leromlott állapotú pályaszerkezet felújítása NovoFlex technológiával.....	88

## KÉPJEGYZÉK

1. kép: Mobil újrahasonosítási eljárás.....	26
2. kép: SW 19 SC típusú száraz kötőanyag terítő gép.....	49
3. kép: SW 3 FC típusú terítőgép .....	50
4. kép: WR 2000 típusú remixer.....	53
5. kép: Nagyméretű burkolatdarabok felszínre fordítása.....	56
6. kép: Burkolat törése vontatott mobil törőgéppel .....	57
7. kép: Hideg remixszel épült pályaszerkezetből származó fűrt minta.....	83
8. kép: A NovoFlex technológia építésére alkalmas célgép .....	87

## DIAGRAM JEGYZÉK

1. diagram: A pályaszerkezet állapotának alakulása az élettartam függvényében .....	10
2. diagram: Energiafelhasználás újrahasonosítás és hagyományos építés esetén.....	24
3. diagram: Habosított bitumen expanziója és felezési ideje a víztartalom függvényében .....	34
4. diagram: Homogén szakaszokra bontás .....	45
5. diagram: Újrahasonosított felületek nagysága évenkénti bontásban .....	74
6. diagram: Felújítási munkák úthálózati elemek közötti megoszlása .....	75



## **TÁBLÁZAT JEGYZÉK**

1. táblázat: A habosított bitumennel megerősített réteg jellemző paraméterei.....	36
2. táblázat: Bitumenes kötőanyagú eljárások és meleg remix eljárás összehasonlító táblázata .....	37
3. táblázat: Vizuális állapotfelvétel során vizsgálendő hibák hibacsoportonként .....	44
4. táblázat: Tervezési forgalom szerinti forgalmi terhelési osztályok .....	62
5. táblázat: Az egyes szilárdsági osztályok nyomószilárdsági értékei.....	65
6. táblázat: Minimális teherbírési értékek az alapréteg kora szerint.....	67
7. táblázat: Próbaszakaszok kísérleti eredményei.....	78

## 1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A személyek és tárgyak mozgatásának igénye már az őskorban fennállt, az elmúlt két évszázadban pedig a mobilitás a technika nagyarányú fejlődésével természetessé is vált.

A mobilitással párhuzamosan folyamatosan fejlődött a közlekedési infrastruktúra, mind mennyiségi, mind pedig minőségi értelemben. Annak ellenére, hogy a közlekedés és áruszállítás az évszázadok folyamán állandó szerepet játszott a civilizációk működésében, a társadalom csak az elmúlt évtizedekben vált érzékenyé annak környezeti hatásaira.

A közlekedés során nemcsak a káros anyagok és a zaj kibocsátása jelent környezeti terhelést, maga a közlekedési infrastruktúra is jelentős hatást gyakorol anyag- és energiaigény szempontjából a természetre. Így a fejlett országokban a közlekedési létesítmények építésénél, fenntartásánál, üzemeltetésénél kiemelt figyelmet kap a környezetvédelem.

A XXI. században az Európai Unió egyik legfőbb célkitűzése a fenntartható fejlődés megvalósítása. Cél, hogy az emberiség jelen szükségleteinek kielégítése, a környezeti és a természeti erőforrások jövő generációk számára történő megőrzésével egyidejűleg menjen végbe.

Ennek az erősödő környezettudatos szemléletmódnak köszönhetően a modern gazdaságokban megnövekedett a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás jelentősége, melynek keretén belül elterjedt ezen erőforrások újrahasznosításának lehetősége.

Mivel az útépitési anyagok 100%-ban újra felhasználhatók, ezen a területen az újrahasznosítás nemcsak gazdasági és műszaki, hanem környezeti szempontból is indokolt.

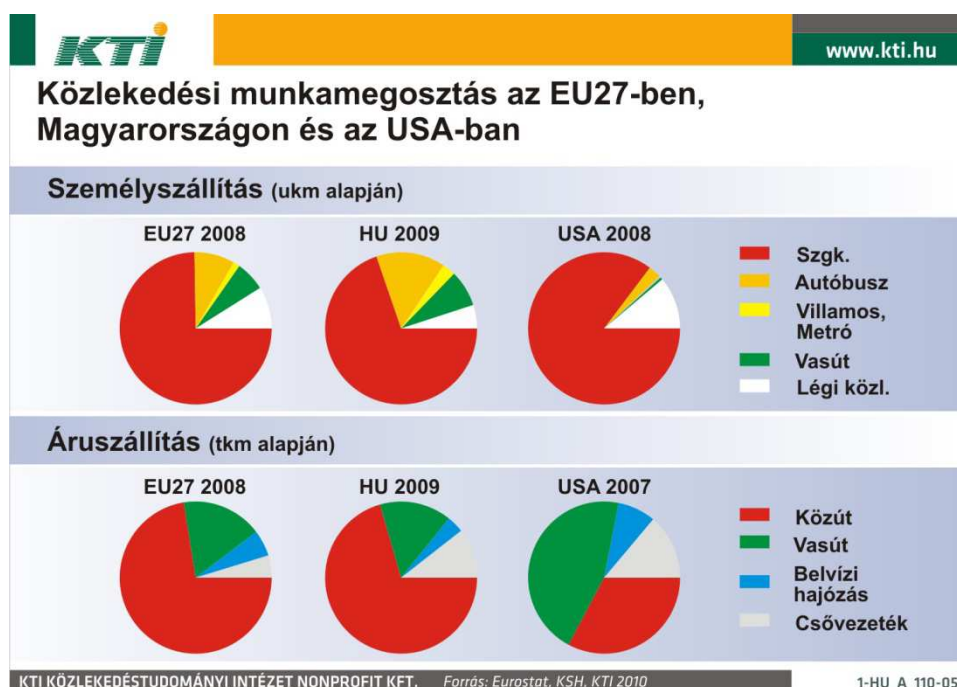
Ma már számos technológia áll rendelkezésre az útburkolatok újrahasznosítására. A technológiák elsődleges célja az aszfalt, mint értékes építőanyag újrahasznosítása, ami történhet helyszíni és telepi körülmények között, hideg és meleg technológia alkalmazásával egyaránt.

Jelen diplomamunka célja, az egyik legjelentősebb újrahasznosítási eljárás, a helyszíni hideg remix technológia hazai alkalmazásának bemutatása és értékelése a külföldi gyakorlat tükrében. Továbbá cél az érvényben lévő hazai műszaki szabályozás ismertetése és értékelése, illetve javaslattétel annak ellentmondásainak feloldására.

## 2. AZ ÚTFELÚJÍTÁSI TECHNOLOGIÁKRÓL ÁLTALÁNOSAN

A nagy teljesítőképességű és hatékony közlekedési infrastruktúra nemzetgazdasági szempontból az egyik legjelentősebb szektor. Hazánkban a személy- és áruszállítási igény kielégítésének legnagyobb hányada a közút felhasználásával megy végbe.

Az első ábrán látható egy a Közlekedéstudományi Intézet által készített kimutatás a közlekedési munkamegosztás arányairól az Európai Unió államaiban, Magyarországon és az Egyesült Államokban.



**1. ábra: Kimutatás a közlekedési munkamegosztás helyzetéről**

(Forrás: [www.kti.hu](http://www.kti.hu))

Ebből adódóan elmondható, hogy döntő jelentősége van az úthálózat megfelelő állapotának, amelyet az időben végrehajtott, szakszerű útfenntartás és útfelújítás biztosíthat.

Az útburkolatok állapota, a járműforgalom okozta terhelés és egyes környezeti tényezők hatására, fokozatosan romlik. Ezért a biztonsági, gazdasági és utazáskényelmi elvárások teljesülése érdekében különböző fenntartási és felújítási

technológiákkal az utak romlását lassítani, illetve azokat bizonyos időközönként a kiinduló helyzethez hasonló állapotra szükséges hozni.

A burkolatok méretezése során tervezett elhasználódás felgyorsulását megelőzendő, úgynevezett rutinszerű fenntartási tevékenységek végrehajtása szükséges, melyek közül a legfontosabb a vízelvezető rendszerek karbantartása, valamint a burkolatokon megjelenő repedések, felületi hámlások és kátyúk megfelelő kezelése.

A nagyobb felületre kiterjedő felújítások elvégzésére számos technológia áll rendelkezésre.

Azokban az esetekben, amikor az aszfaltburkolat teherbírása még megfelelő, azonban annak felülete tükrössé vált, vagy ha azon kisebb felületi hibák jelentek meg, a felületi bevonatok alkalmazhatóak. Ha ez az állagmegóvó fenntartási beavatkozás megfelelő időben történik a burkolat leromlási ideje meghosszabbítható.

Teherbírási elégtelenség, burkolatjavítások, burkolat korszerűsítések és megerősítések esetén azonban nem elegendő felületi bevonat készítése, ilyen esetekben az aszfaltrétegek felújítása válik szükségessé.

Magyarországon jellemzően a megnövekedett tengelyterhelés, az intenzív forgalom és a nyári magas hőmérséklet hatására kialakuló keréknyomvályúk megszüntetése teszi szükségessé a burkolatbontást. Erre sor kerülhet nagymértékben deformálódott útpálya, repedezett, kátyús burkolat és a megerősítést megelőző profilkiigazítás miatt is.

Az aszfaltok előnyös tulajdonsága, hogy pályaszerkezetben való felhasználás után is értékes marad és újra felhasználható, hiszen a bitumen kötőanyag kémiaiilag nem alakul át és nem végez visszafordíthatatlan kémiai reakciót az ásványi anyagokkal. A bitumen ugyan kémiaiilag módosul (öregedik, keményedik, oxidálódik) azonban az aszfaltanyag bizonyos kezeléssel újra felhasználhatóvá tehető. *(Nemesdy, 1989)*

Az elmúlt évtizedekben az aszfaltok újrafelhasználása folyamatosan fejlődött, így ma már több újrafelhasználási, idegen szóval recycling, technológia is rendelkezésre áll. A következő fejezetben az újrahasznosítási technológiák fejlődésének és azok szabályozási folyamatainak történeti áttekintése kerül bemutatásra.

## **2.1. Az aszfalt recycling története**

### **2.1.1. A technológia fejlődése**

A motorizáció fejlődésével a XX. században egyre nagyobb igény mutatkozott a jobb minőségű és gyors közlekedést lehetővé tevő úthálózatok iránt. Ez magával vonta a II. Világháború utáni nagyarányú útépitéseket, elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban és Németországban.

A hálózatok bővülése, új aszfaltburkolatú utak építése az 1973-ban bekövetkezett első olajválságig folyamatosan emelkedett. A válság negatív hatásai nem csak a benzin és gázolajárakon érződött, hanem más kőolajtermékek, elsősorban a bitumen árán is, melyre az úthálózatok használhatóság fenntartása érdekében továbbra is szükség volt. A válságot megelőzően az elbontott értékes útépitési anyagok nem kerültek újrahasznosításra, legtöbbször csak töltés építés során hasznosították azokat.

Az olajválság hatására az Amerikai Egyesült Államokban felismerték, hogy a felbontott aszfaltanyag nem csak földmű építés során, hanem burkolati rétegek építéséhez is megfelelő lehet.

Ezen felismerést követően az amerikai útépitési gyakorlat azon eljárást alkalmazta, amely során a felbontott aszfalttörmelékot hagyományos keverőtelepekre szállították, ott felmelegítették majd új aszfalt adagolása mellett átkeverték azt. Tulajdonképpen ettől fogva beszélhetünk keverőtelepi újrahasznosításról.

Az első próbaszakaszok eredményeinek kiértékelése után világossá vált, hogy a módszer életképes és gazdaságosan, környezetbarát módon képes az elhasználdott aszfaltburkolatok helyreállítására. Ezt követően a technológia folyamatosan tovább finomodott és 1979-re Németországban is elfogadott felújítási módszerré vált.

Az útépitésben élen járó országokban az 1980-es évek elejétől speciális célgépek kidolgozásával megkezdődött az újrahasznosítási technológiák fejlesztése. Ebben a német Wirtgen cég járt az élen, melynek mérnökei 1985-ben kifejlesztették az RX 4500 jelű berendezést, amely olyan önjáró, maró-, keverő- és terítő egységgel egybeépített célgép, mely képes az önjáró, melegítő egységekkel, előre felmelegített burkolat felmarására, anyagának átkeverésére új folyékony kötőanyag, vagy

aszfaltkeverék hozzáadását követően, a felújított keverék elterítésére és előtömörítésére.

A németországi elterjedést követően a helyszíni meleg újrahasznosítási technológia rohamosan kezdett terjedni Európa szerte. Ezen eljárások Magyarországon német és holland közvetítéssel az 1980-as évek végén jelentek meg a hazai vállalatok gyakorlatában, kezdetben csak kísérleti, később üzemi szinten.

Azonban fontos megemlíteni, hogy a magyarországi meleg újrahasznosítás az 1920-as évekig nyúlik vissza, amikor is már a Magyar Asphalt Vállalat Illatos úti keverőtelepén állítottak elő úgy öntött aszfaltot, hogy ahhoz régi öntött aszfalt burkolat bontásából származó anyagot adagoltak vissza.

A helyszíni meleg remix technológia magyarországi első megjelenése 1992-re tehető, amikor a Strabag Hungária Rt. a 4. sz. és 44. sz. főutak egy-egy szakaszán elkészítette első kísérleti szakaszait.

Hazánkban a mai napig mintegy 2 millió négyzetméteren készült helyszíni meleg újrahasznosítási technológiával burkolat felújítás. Ennek 60 %-a autópályán, 35 %-a első vagy másodrendű főúton, míg a maradék 5 %-a alsóbb rendű úthálózati elemeken végzett beavatkozás volt.

A másik jelentős újrahasznosítási eljárás, a hideg remix technológia pedig Európában három-négy évtizedes múltra tekint vissza. A tengeren túl és Európában is az építőgép gyártók fejlesztették ki a célgépeket és az ahhoz szükséges technológiát, valamint készítettek technológiai leírásokat, minőségi követelményrendszert.

Az ázsiai országokban a nagy multinacionális társaságok vezették be ezt a takarékos, nagy hatékonyságú gyors eljárást, ahol a nagy távolságok miatt helyi anyagokat kellett helyben hasznosítani.

Németország egyesítésekor a hideg remix eljárás volt a vezértechnológia az autópályák felújításakor. Franciaországban a kisebb forgalmú utakon, míg Németországban az autópályákon is az egyik vezető technológia volt és ma is gyakorlat.

Hazánkban a technológia több mint két évtizede jelent meg. A nagyobb vállalatok a technológiai ismeretek elsajátításával felkészültek a teljes vastagságban történő pályaszerkezet felújításra.

Magyarországon speciális célgépet aszfalt újrahasznosításra először 1996-ban alkalmaztak, mely során a 86-os út 3+000 és 5+000 szelvények közötti szakaszán, egy közel 15 000 m<sup>2</sup>-es felületen helyszíni hideg újrahasznosítást végeztek el. Azóta hazánkban mintegy 300 km burkolat-felújítás készült helyszíni hideg remixes technológiával. *(Fenntartható utak. Fenntartható útügy nemzetgazdasági szintű optimalizálása, 2013)*

### **2.1.2. A szabályozási stratégiai fejlődése**

Az elmúlt évtizedekben a fenntartható fejlődés érdekében a technológiai fejlődéssel egy időben megszületett több, az újrahasznosításra vonatkozó irányelv és szabályozás is.

2005. december 21-én az Európai Közösségek Bizottsága kiadta COM (2005) 666. számú közleményét „Az erőforrások fenntartható felhasználásának előtérbe helyezése: a hulladékkeletkezés megelőzésére és a hulladékok újrafeldolgozására irányuló tematikus stratégia” címmel. A stratégia szerint a hulladék lehetőséget jelent, hiszen az az ipar számára értékes erőforrásnak tekinthető.

Jelenleg az Európai Unió hulladékgazdálkodási politikájának alapja a hulladékgazdálkodási hierarchia koncepciója. Eszerint az ideális eset a hulladék keletkezésének megelőzése, és ha ez nem lehetséges, akkor a lehető legtöbb keletkező hulladék esetében alkalmazni kell az újrahasználatot, az újrafeldolgozást vagy az energetikai hasznosítást.

A stratégia továbbá kimondja, hogy az Európai Unió tagállamainak feladata ennek jogi háttérének kialakítása, a szervezeti feltételek létrehozása, a szabványosítás, a gazdasági ösztönzők alkalmazása és a feladatok tervezése.

Magyarország 2004-es Európai Uniós csatlakozásával vállalta, hogy igazodik annak egységes környezetvédelmi stratégiájához. Eszerint a tagállamoknak a természeti tőke védelmét kell szolgálniuk, és arra ösztönözniük a vállalatokat és a



vállalkozásokat, hogy helyezték környezetbarát alapokra az uniós gazdaságot, továbbá védelmezzék az Európai Unióban élő emberek egészségét és jóllétét.

Ezen vállalást előkészítve megszületett az útburkolatok újrahasznosítására vonatkozó szabályozás, melyet a következő Útügyi Műszaki Előírások tartalmaznak:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| e-UT 05.02.51 (ÚT 2-3.706):   | Bontott útépitési anyagok újrahasználata és hasznosítása. Általános feltételek.                  |
| e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707):   | Bontott útépitési anyagok újrahasználata I<br>Pályaszerkezet helyszíni hideg<br>újrahasznosítása |
| e-UT 05.02.53 (ÚT 2-3.708):   | Bontott útépitési anyagok újrahasználata II.<br>Telepen történő hideg újrahasznosítás            |
| e-UT 05.02.55 (ÚT 2-3.709):   | Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek helyszíni<br>újrafelhasználása melegmix eljárással             |
| e-UT 05.02.31 (ÚT 2-3.710):   | Útbeton betonhulladék újrahasznosításával  |
| e-UT 05.02.15 (ÚT 2-3.301-8): | Útépitési aszfaltkeverékek. Visszanyert<br>aszfalt.  |

Azonban ezen előírások az újrahasznosítási technológiák gyors fejlődése miatt mára már nem felelnek meg az elvárásoknak, hiszen nem követték az elmúlt 6 évben történt technológiai változásokat, ezért ezek korszerűsítését mielőbb el kell végezni.

## **2.2. Gazdasági, műszaki és környezeti feltételrendszer**

Mint már az előzőekben is említésre került, az útépitési anyagok újrahasznosítása a környezeti előnyök mellett gazdasági és műszaki szempontból is előnyös.

### **2.2.1. Gazdasági szempontok**

Gazdasági szempontból azon újrahasznosítási módszerek indokolhatók, amelyek az építető és a kivitelező szempontjából kisebb költséget jelentenek, mint a

pályaszerkezet felújításának vagy megerősítésének hagyományos módszerei, melyek új aszfaltréteg ráépítéssel adnak megoldást a problémákra.

Európai tapasztalatok szerint, az eddig végzett felújítási munkák alapján megállapítható, hogy a hagyományos felújítási munkákhoz képest 20-25 %-os költségmegtakarítás érhető el a helyszíni meleg remixes technológia alkalmazásával.

A számításokból egyértelműen levonható, hogy a meleg remixes technológiának a hagyományos technológiákkal szemben több gazdasági előnye is van, hiszen a remix technológia alkalmazása során a szállítási igények csökkenése mellett az anyagköltségek is mérséklődnek.

A hideg remix technológiát tekintve elmondható, hogy ha a kivitelezésre kijelölt útszakaszon 7-8 cm vagy ennél nagyobb vastagságú aszfaltrétegre van szükség, akkor egy réteg 4-5 cm vastagságú aszfaltburkolat áráért, minden árviszony mellett gazdaságos az átlag 20-25 cm vastagságban épített hideg remixelt burkolat. (*Fenntartható utak, Fenntartható útügy nemzetgazdasági szintű optimalizálása, 2013*)

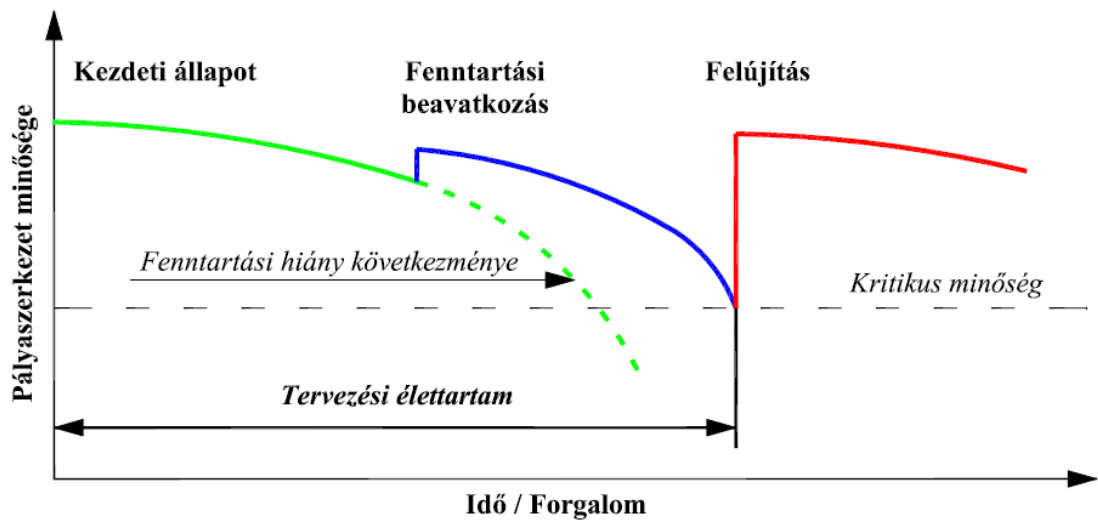
Tehát nemzetgazdasági szinten vizsgálva az újrahasznosítás fogalmkörét megállapítható, hogy az útépitési anyagok újrahasznosítása költségkímélő, felszabadítja a forrásokat más útépitésekre, rehabilitációra vagy állagmegóvásra. Így a régi aszfalt felhasználása az állam és egyéb tulajdonosok érdeke és kötelessége is. Azonban a kivitelezők érdekeltté tétele is fontos feladat, hogy hatékonyan és magas színvonalon teremtsék meg az újrahasznosítási technológiák műszaki feltételrendszerét.

### **2.2.2. Műszaki szempontok**

Burkolatok újrahasznosítása esetén műszaki szempontból alapkövetelmény, hogy a beépített újrahasznosított rétegek megfeleljenek a műszaki szabályozásnak, és a kialakított burkolati rétegek legalább olyan tartósságúak legyenek, mint egy újépítésű pályaszerkezet.

Műszaki szempontból vizsgálva az újrahasznosítás témakörét elmondható, hogy a megfelelő időben elvégzett karbantartási és fenntartási munkák a pályaszerkezet használhatóságának időtartamát növelhetik, azonban a tervezési időtartam eltelte után sok esetben csak a teljes burkolat felújítás ad megfelelő megoldást a pályaszerkezetben jelentkező hibákra.

A következő diagramon a pályaszerkezet leromlásának alakulása látható az élettartam függvényében.



**1. diagram: A pályaszerkezet állapotának alakulása az élettartam függvényében**

*(Forrás: Wirtgen GmbH.: Cold recycling. Wirtgen Cold Recycling Technology, 2012)*

A diagramon látható, hogy az élettartam folyamán áthaladó forgalom hatására a pályaszerkezet állapota folyamatosan romlik. A nem megfelelően végzett, vagy elhanyagolt fenntartási beavatkozás hatására a burkolat állapota elér egy kritikus szintet, amely után használhatatlanná válik. Azonban a megfelelően végzett fenntartási beavatkozások ellenére is, a tervezési élettartam végére, a pályaszerkezet ugyancsak használhatatlanná válhat. Ekkor a jól megválasztott felújítási technológia alkalmazásával a burkolat a továbbiakban is megfelelően teljesítheti funkcióját.

### **2.2.3. Környezetvédelmi szempontok**

A burkolatok újrahasznosítása több szempontból előnyös környezetvédelmi oldalról is. A már korábban említett természeti erőforrásokkal való takarékoskodás mellett fontos szempont, hogy a hulladék keletkezése is megelőzhető ezen technológiákkal. Annak ellenére, hogy az aszfalt nem veszélyes anyag, a nagy depókban történő tárolása amellet, hogy nem esztétikus, jelentős területet igényel, amellyel nő az ipar által elfoglalt természeti területek nagysága.

A helyszíni eljárások további előnye, hogy a szállítási igény csökkenésével annak környezetkárosító hatásai, valamint az alapanyagot termelő kőbányák és bitumengyártók szerepének csökkenésével az élő és épített környezet terhelése is csökkent.

Ma már elmondható, hogy a jelentős technikai tudásnak és a folyamatosan fejlődő gépesítésnek köszönhetően az újrahasznosítási technológiák teljes egészében eleget tesznek a műszaki, gazdasági és környezetvédelmi követelményeknek.

A széleskörű technológiai fejlesztéseknek köszönhetően, a beruházások körülményeinek megfelelően kiválasztható az arra legalkalmasabb felújítási technológia. A következő fejezetekben ezen újrahasznosítási technológiák kerülnek részletes bemutatásra.

### 3. ÚJRAHASZNOSÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK

A technológiai fejlettségnek köszönhetően az aszfaltok újrahasznosítására mára már több módszer is rendelkezésre áll. Az aszfalt felmarását követően az újrahasznosítandó anyag felhasználható a helyszínen, vagy telepre depóniába szállítható, ahol az, megfelelő előkészítést követően, újra alkalmassá tehető a beépítésre. Emellett létezik egy harmadik újrahasznosítási módszer is, a mobil újrahasznosítás, amely ötvözi a telepi és a helyszíni újrahasznosítás előnyeit.

Ezen túlmenően a visszanyert aszfaltok újrafelhasználására alapvetően két technológia típus áll rendelkezésre, a hideg- és a meleg-eljárásos technológia, melyek végezhetők helyszíni illetve telepi körülmények között is.

A következő ábra ezen technológiai változatok áttekintésére szolgál.



2. ábra: Pályaszerkezet újrahasznosítási technológiák

Jelen fejezetben a burkolatok újrahasznosításának mind a három típusa, a keverőtelepi újrahasznosítás, a helyszíni újrahasznosítás és a mobil újrahasznosítás különböző változatai is bemutatásra kerülnek.

### **3.1. Keverőtelepi újrahasznosítás**

Keverőtelepen történő újrahasznosítás, esetében először a leromlott állapotú, előregedett aszfaltréteg eltávolítását kell elvégezni.

Az újrahasznosítandó aszfalt feldolgozása elsősorban az előkészítő műveletek során kialakult aszfaltdarabok méretétől függ, az aszfaltdarabok méretei pedig nagyban függenek az alkalmazott bontási technológiától. Így e szempontból kétféle aszfalt visszanyerési technológiát különböztethetünk meg, ezek a marás és a bontás vagy aprítás.

#### **3.1.1. Pályaszerkezet bontási technológiák**

Aszfaltmarógépek használatakor a felmart apró szemcsés aszfalt, törés és osztályozás után juttatható be a keverőtelepi folyamatba, vagy helyszíni burkolatfelújító gép alkalmazása esetén, átkeverés és javítás után visszaépíthető a burkolatba.

A marási művelet kétféle módszerrel, hideg és meleg marással, hajtható végre.

Meleg marás esetében a gépalkatrészek igénybevétele jóval kisebb, a felmart aszfalt pedig nem aprózódik el. Hátránya, hogy a melegítési folyamat nagy energiaigényű. Emiatt a meleg marást szinte kizárólag csak helyszíni újrafelhasználásra alkalmazzák.

A hidegmarás előnye a kisebb energiaigény mellett, hogy az aszfaltanyag nem károsodik, valamint a művelet bármilyen időjárási körülmények között végezhető. Hátránya azonban, hogy a kőváz jelentősen aprózódik, a marófej folyamatosan nagymértékben kopik, illetve maga az eljárás nagy zajjal és porterheléssel jár.

Az aszfalt visszanyerésének másik módszere a bontás vagy aprítás, ami végezhető bármilyen megfelelő teljesítményű földmunkagép alkalmazásával.

A bontási eljárás nagy előnye, hogy a folyamatnak nincs öregítő hatása, azonban a különböző anyagok bontás közben nem választhatók szét.

A bontókalapács alkalmazásakor a felbontott anyag kb. 100 - 500 mm-es darabokból áll. Az ilyen méretű anyag helyszíni burkolat-felújításra nem alkalmas, de nem lehet azt közvetlenül sem a keverőgépbe, sem a szárítódobba rakni. A nagy darabok felmelegedése ugyanis lényegesen hosszabb időt, vagy magasabb hőfokot igényelne, mint a kis szemcsés zúzaléké, emiatt egyrészt aránytalanul megnövekedne a keverési ciklusidő, másrészt a nagy darabok felszíni rétegeiben a bitumen könnyebben túlmelegedhet, ami a keverék minőség-romlását eredményezheti. (Rácz, 2011)

Így a bontás során nyert durva törmeléket aprítógéppel fel kell dolgozni, ügyelve arra, hogy a 2 mm-nél kisebb szemcsék részaránya, ne legyen nagyobb, mint 45%.

### 3.1.2. Bontott anyag tárolása

Abban az esetben, ha a visszanyert anyag nem kerül közvetlenül a helyszínen újrahasznosításra, akkor annak tárolását keverőtelepen célszerű végezni. Legfontosabb szempont a keverőtelepi tárolás esetén, hogy a tárolótér burkolatát esséssel kell megépíteni, hogy a vízelvezetés minden esetben biztosított legyen.

További kikötés, hogy az aszfalt-granulátum összetapadásának megelőzése érdekében 3 m-nél magasabb depónia nem építhető. Továbbá hosszabb idejű tárolás esetén az aszfalt-granulátumhoz mészkölisztet, vagy homokot kell hozzákeverni a csomósodás és összetapadás elkerülése érdekében.

Tárolásra vonatkozó további követelmény, hogy a bontott és mart aszfaltot külön kell tárolni, ugyanúgy, mint a kopó-, kötő- és az alaprétegből nyert aszfaltot.

Célszerű az aszfalt-granulátumot tető vagy fólia alatt tárolni, megakadályozva a csapadék behatolását az anyagba. Ugyanis az aszfalt-granulátum nedvességtartalma a visszaadagolhatóság mennyiségi arányát nagyban befolyásolja, így az anyag elnedvesedésének megakadályozásával annak későbbi szárítása kisebb energiát igényel. (Infrastruktúra létesítmények kivitelezése, 2004)

Közvetlenül az újrafelhasználás előtt a bontott aszfaltkeveréket a szennyeződésektől megtisztítják, majd törőberendezéssel felaprítják. A törést követően 0/60 mm szemnagyságú aszfalttörmelék áll rendelkezésre, amit egy osztályozó segítségével az

igényeknek megfelelő frakciókra bontanak. A 0/8-as és a 8/25-ös frakciók már újrafelhasználásra alkalmas, a fennmaradó anyag pedig újabb törési folyamaton megy keresztül. Ezt követően a visszanyert aszfalt az érvényben lévő Útügyi Műszaki Előírásnak megfelelő arányban adagolható az új aszfaltkeverékhez.

### **3.1.3. Meleg eljárásos keverőtelepi technológia**

A meleg eljárásos keverőtelepi eljárás során az újrahasznosítás történhet adagos aszfaltkeverő géppel vagy dobkeverővel.

Adagos keverő használata esetén az újrahasznosítás során hideg és meleg aszfaltgranulátum egyaránt felhasználható. A meleg visszaadagolás jóval nagyobb volumenben történhet, mint a hideg, hiszen hideg visszaadagolás esetén erős gőzképződés megy végbe, valamint ilyen esetekben a szükséges állandó hőmérséklet biztosítása is nehezebb. A granulátum felmelegítésével ezek a folyamatok kiküszöbölhetők. A beadagolást követően a keverőteknőben a granulátum a szükséges adalékanyagokkal összekeveredik és aszfaltot képez.

Dobkeverő esetén nagyobb mennyiségű aszfalt használható fel. A keverés során a dobkeverő jobban homogenizálja az anyagot és eközben egyenletes hőmérsékletet is biztosít. Azonban a képződő keverék tulajdonságai jobban függenek a régi aszfalt minőségétől, mint az adagos keverő használata esetén. Azonban a dobkeverőben a régi aszfalt bitumenje a közvetlen láng hatására károsodhat. Ennek kiküszöbölésére a dob közepén, valamint harmadánál elhelyezett beadagoló recycling-gyűrűt alkalmaznak.

A dobkeverő egy alternatívája a dupladobos keverő, ami két koncentrikus kör keresztmetszetű keverődobból áll. Ezen keverőkben az újrahasznosított anyag adagolási aránya akár az 50-60 tömeg %-ot is elérheti, mivel ebben az esetben, a keverődobban egyenletes a hőmérséklet eloszlás és az anyag is jól homogenizálódik.



### 3.1.4. Hideg eljárásos keverőtelepi technológia

A telepi hideg eljárásos technológia alkalmazásakor a hideg marást követően a burkolat anyagát keverőtelepre szállítják, ahol az feljavításra, vagy a beépítésig depóniába kerül.

A telepen történő hideg újrahasznosítást indokolhatja a pályaszerkezet elégtelen teherbírása, a 100 mm-nél nagyobb kiterjedésű deformációk, a szélesítések és javítások következtében kialakult inhomogén pályaszerkezet, a talaj teherbírási, víztelenítési és összetételi elégtelensége, valamint a fagyvédelem hiánya is, melynek javítása a burkolati rétegek építése előtt meg kell történjen. *(Szakos, 2010)*

A visszanyert anyag alapréteg kialakítására alkalmassá tehető. Különböző technológiai változatok állnak rendelkezésre az alkalmazott kötőanyag fajtája szerint. Hidraulikus kötőanyagként cement, ritkább esetekben mész, bitumenes kötőanyagként emulzió vagy habosított bitumen, valamint hidraulikus és bitumenes kötőanyagok együttesen is alkalmazhatók. Emellett általában ásványi anyag pótlásra is szükség lehet.

A kialakított keveréket a helyszínen, hagyományos módon alapréteggként építik be. Ebből fakadóan ezen eljárás előnye, hogy az eltávolított pályaszerkezet alatt elvégezhető a szükséges földmű erősítés, javítás, valamint a vízelvezetési problémák is megoldhatók.

## 3.2. Helyszíni újrahasznosítás

A helyszíni újrahasznosítás, a külföldi szakirodalom szerint in-place recycling, a telepi újrahasznosításhoz hasonlóan, egyaránt végezhető meleg és hideg eljárásos módszerekkel.

A meleg remix eljárás alkalmazható az e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202) Útügyi Műszaki Előírás szerinti valamennyi forgalmi terhelési osztályban, elsősorban a D, E, K és R forgalmi terhelési osztályokba tartozó utak aszfaltburkolatának felújítására, ezzel szemben a hideg remix technológia az e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Útügyi Műszaki Előírás szerint csak A, B, C, D és E forgalmi terhelési osztályokban használható. Kísérleti jelleggel készültek már Magyarországon próbaszakaszok 2005-

ben az M0-M1 autópálya csomópont H ágán, és 2012-ben az M1-es autópálya bal pályáján, a Bicskei szakaszon, 1000 m hosszón.

### 3.2.1. Meleg eljárásos technológiák

A közúti aszfaltburkolatok kopórétegei az állandó és egyre növekvő nehézforgalom hatására károsan deformálódnak. A bekövetkező deformációk, nyomvályúk, általános felületi elhasználódások, repedések egyre kiterjedtebben okoznak balesetveszélyt és igényelnek költséges felújításokat.

A meleg eljárásos módszerek alapja a burkolat felső rétegének marása, melyet a könnyebb fellazíthatóság érdekében melegítés előz meg.

A módszer előnye, hogy a meleg marás következtében az eredeti szemszerkezet nem roncsolódik, valamint a ráépítés, az összekeverés és az újra tömörítés is megoldható a technológia alkalmazásával.

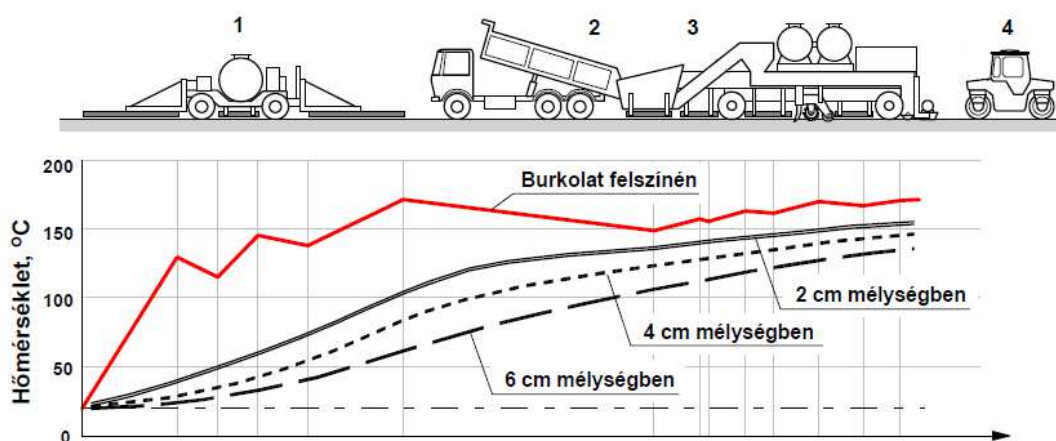
A burkolat felmelegítése történhet gázlángos, infraégős fűtőelemekkel, amelyek a pályaszerkezet felső 3-4 cm vastag rétegét melegítik fel, vagy történhet elektromágneses nagyfrekvenciás hullámokkal működő melegítő egységgel is.

A helyszíni meleg-eljárásos újrahasznosítási technológiák alkalmazásakor megfelelő eredményt csak egyenletes hőmérsékletű réteggel lehet elérni. Az optimális fellazítási hőmérséklet 120-150°C. A melegítőelem teljesítménye és a melegítés időtartama határozza meg, hogy ezt a hőmérsékletet a burkolatban milyen mélységig lehet biztosítani.

Az eljárás során a burkolat felső 4-6 centiméterét előmelegítő gép felmelegíti. A felmelegített, felpuhult kopó réteg a remix gép rotációs marójával fellazításra kerül, majd a fellazított anyag a gép keverőteknőjébe kerül, ahol friss aszfaltkeverék, vagy bitumen hozzákeverésével rejuvenáció következik be. Az új keverék a keverőegységből kikerülve elterítésre kerül a gép szintvezérelt vibrációs terítőpadja által. A frissen terített réteg végleges tömörítése statikus és vibrációs hengerekkel történik. *(Inreco Hungary Kft.: Helyszíni meleg aszfalt újrahasznosítás, 2011)*

Így tehát a technológiát megvalósító géplánc burkolat előmelegítő gépből, helyszíni újrahasznosító gépből, valamint a burkolat fajtájától, vastagságától függően vibro-, gumi- vagy kombihengerekből áll. A következő ábrán ezen technológiai géplánc, valamint a burkolat, melegítés hatására bekövetkező, hőmérséklet-változását bemutató grafikon látható.

A géplánc számozott elemei a következők: 1: mobil inframelegítő, 2: szállítójármű, 3: burkolatfelújító berendezés, 4: tömörítő henger



**3. ábra: A burkolati rétegek hőmérséklet-változása meleg újrahasznosítási eljárás során**

(Forrás: Rácz Kornélia: *Betontechnológiai gépek II.*, 2011)

Az aszfaltok meleg helyszíni újrahasznosítására több technológia is rendelkezésre áll, melyek a következők:

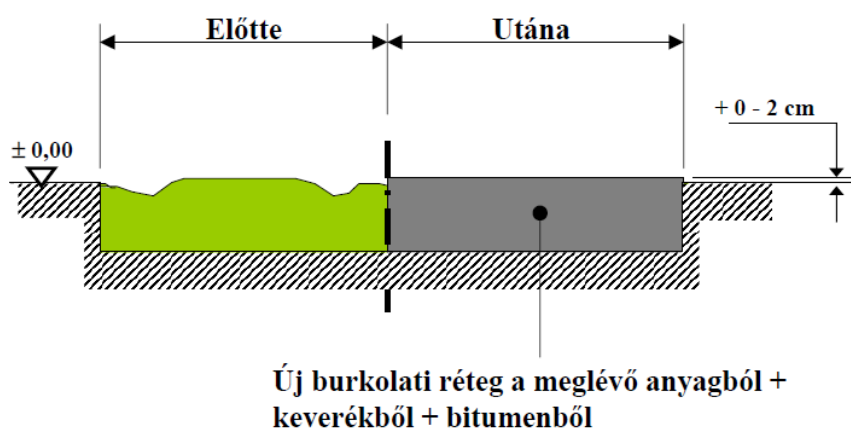
- ADMIX technológia
- REMIX PLUSZ technológia
- kisebb beavatkozást igénylő eljárások:
  - regripping eljárás
  - reshaping eljárás
  - repaveing eljárás

A következőkben ezen technológiák bemutatására kerül sor.

### ADMIX technológia:

A meleg remix eljáráson belül az egyik legszélesebb körben alkalmazott technológia az ADMIX eljárás. A folyamat során a felmelegített, fellazított és keverőegységbe továbbított régi aszfaltkeverék kiegészítésre kerül olyan anyagokkal, amelyek hatására előállítható egy megfelelő, előírt paraméterekkel rendelkező új aszfaltkeverék, amely visszaterítés és tömörítés után egy új építésű aszfaltréteg tulajdonságaival rendelkezik.

A következő ábra az ADMIX technológia alkalmazása előtti és utáni burkolatprofil mutatja.



#### 4. ábra: Burkolatprofil az ADMIX eljárás előtt és után

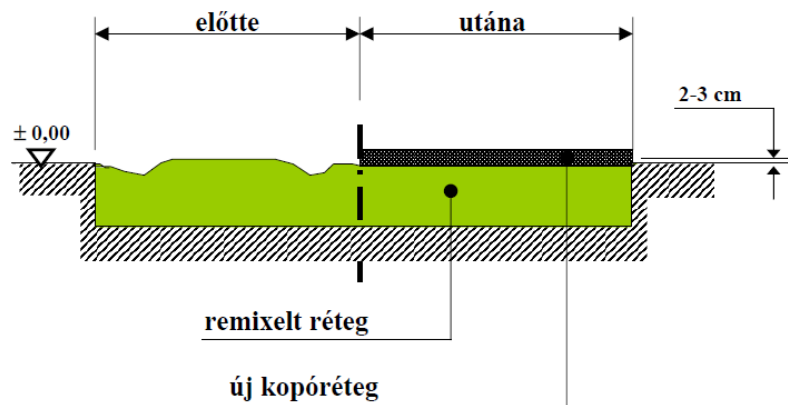
(Forrás: Dr. Pallos Imre: *Aszfaltok újrahasznosításának meleg eljárásos technológiái*, 2011)

Az ADMIX technológia alkalmazható ha, az eredeti keverék összetételi hibája miatt a burkolat deformált, nyomvályús. Alkalmazható továbbá a kötőanyagában leöregedett, felületi hámlást, kipergést mutató rétegek esetében, valamint pályaszerkezet erősítéskor, vagy azokban az esetekben, amikor a leöregedett kopóréteget a burkolaterősítés során kötőréteggént kívánjuk alkalmazni. (*Inreco Hungary Kft.: Helyszíni meleg aszfalt újrahasznosítás*, 2011)

**REMIX PLUSZ technológia:**

A REMIX PLUSZ eljárás során a felmelegített, fellazított aszfalt bitumen vagy rejuvenáló szer hozzáadásával kerül visszaterítésre és ezzel egyidejűleg a felületre egy új 1,5-3,0 cm vastag réteg kerül terítésre. Az újrahasznosított és az új aszfaltrétegek tömörítésére együtt kerül sor, ezzel biztosítva a két réteg megfelelő kötését és együttdolgozását.

A technológia alkalmazása csak két terítőpaddal rendelkező célberendezéssel valósítható meg, az első terítőpad a remixált réteget, a második pedig az új réteget dolgozza be.



**5. ábra: Burkolatprofil a REMIX PLUSZ eljárás előtt és után**

(Forrás: Dr. Pallos Imre: *Aszfaltok újrahasznosításának meleg eljárásos technológiái*, 2011)

Ezen technológia előregedett, plasztikusan nem deformált kopórétegek felújítására, polírozódott felületek javítására, a felület típusának megváltoztatására, valamint a pályaszerkezet kismértékű (maximum 2 cm) megerősítésére alkalmazható. (Kubányi, 2014)

A REMIX PLUSZ eljárás előnye, hogy lehetővé teszi olyan speciális keverékek alkalmazását a kopóréteg felső zónájában, amelyek a kopóréteg teljes vastagságában költségük miatt gazdaságilag nem lenne megtérülő. További előnye, hogy ezen technológia lehetővé tesz olyan aszfaltrétegek helyszíni újrafelhasználását is, amelyek egyébként erre nem alkalmasak.

### **Regripping eljárás:**

Az eljárás során a burkolatfelület érdessége jelentősen fokozható. A folyamat során a felmelegített aszfalt felületre érdesítő zúzalékot szórnak, majd azt a régi burkolat anyagába hengerlik.

### **Reshaping eljárás:**

A reshaping eljárás új anyag hozzáadása nélkül alkalmas a kisebb nyomvályúk helyreállítására. Ebben az esetben a régi burkolat összetétele megfelelő, de nyomosodott felületű. Ezért a reshape-célgép felmelegíti a felületet, forrón felmarja, keveri, majd egyenletesen elteríti a régi aszfaltanyagot. A folyamat során a bitumen javítható rejuvenátor anyag hozzáadásával. Ezt követően az elterített anyagot gumihengerekkel tömörítik.

### **Repaving eljárás:**

A repave eljárás lényege, hogy a meglévő kopóréteg felületének felmelegítését követően a célgép a burkolat felületét fellazítja, a laza keveréket elteríti, és kialakítja az új profilt. A laza, meleg rétegre új keveréket terít, majd azt előtömöríti. Tehát ennél az eljárásnál a meglévő réteg aszfaltját nem keverik át, nem „remixálják”.

A két réteg végleges betömörítése egyszerre, hengerekkel történik. A meleg marás és profilozás, valamint az új kopóréteg ráépítése egyetlen célgéppel történik. (*Szakos et al, 2011*)

Az eljárás egyszerűsített formája az ún. infradominó eljárás. A technológia alkalmazása során csak felmelegítésre kerül az aszfalt, a régi burkolat nem kerül felbontásra. Ezt követően a teljes burkolatszélességben finisherrel 2-3 cm vastagságú új réteget terítenek. A hengerlés hatására a felmelegített régi és új aszfaltréteg összedolgozódik.

Összefoglalva elmondható, hogy a meleg eljárások előnye, hogy a forgalmat csak korlátozottan zavarják, a régi burkolatfelület és az új kopóréteg között jó együttműködést biztosítanak, nagy felületeken tömegesen jelentkező hibák, mint például a nyomvályúk, felületi egyenetlenségek, repedések, előregedett felületek javítására alkalmasak, emellett a burkolatok utazáskényelmi és közlekedés-biztonsági

tulajdonságait javítják, valamint a felület vízbehatolás és olvadási károkkal szembeni ellenállását is javítják.

A meleg eljárások hátránya viszont, hogy csak korlátozott mélységig teszik lehetővé a pályaszerkezet javítását a költséges felmelegítés miatt, továbbá a burkolat bitumenjében meghatározatlan mértékben öregedés mehet végbe, így annak ragasztóképessége is romolhat. Továbbá a burkolat melegítése során felszabaduló gázok légszennyező tulajdonságokkal bírnak.

A meleg eljárásos technológiák kivitelezése során a minőség-ellenőrzés nehéz, annak eredményei alapján való visszacsatolás korlátozott, így a művelet során létrejött kopóréteg minősége a szokásosnál is bizonytalanabb. (*Pallos, 2011*)

Tehát elmondható, hogy a technológia legnagyobb hiányossága, hogy az nem képes a pályaszerkezet teljes újrahasznosítására, ezáltal jelentős teherbírás növekedést nem érhetünk el alkalmazásával.

### 3.2.2. Hideg eljárásos technológiák

A hideg remix technológia alkalmazása a teherbírásukat veszített pályaszerkezetek valamint szélesített burkolatok esetében a leggyakoribb.

A hideg recycling eljárások alkalmasak az útpályaburkolat kötőanyagának előregedéséből, túlsúlyos nehézgépjárművel által okozott burkolatsüllyedések, erősen kátyúsodott burkolatok, vagy az adalékanyag polírozódásából eredő burkolati hibák helyszíni megszüntetésére, így jellemzően

- a megsüllyedt burkolatszélék, burkolatsávok szintre emeléses javítására
- teljesen előregedett, repedezett, kátyúsodott hengerelt aszfaltburkolatok javítására
- itatott, portalanított makadámburkolatok javítására
- stabilizált utak, makadámburkolatok feljavítására, teherbírásának növelésére
- helyszíni stabilizáció készítésére. (*Inreco Hungary Kft.: Hideg remix útrehabilitáció, 2011*)

Továbbá a hideg remix technológia különösen alkalmas akár több ízben szélesített burkolatok felújítására is.

A közúthálózat legtöbb elemén megfigyelhető, hogy a folyamatos fejlesztések során az utak szélesítése utólag épült meg, ami emiatt a meglévő útpályával nem dolgozik együtt. A két szerkezet között hosszrepedés jelenik meg a kopórétegen, ráadásul a meghibásodás veszélye az út terhelésével arányosan nő. Így az útkorszerűsítés hagyományos menete a későbbiekben nehezen orvosolható hibalehetőséget épít be, amely az útalap értékét csökkenti. Azonban ezek az inhomogenitásból származó hibák a hideg remix eljárás alkalmazásával kiküszöbölhetőek. (*Besse et al, 2009*)

A technológia lényege, hogy a leromlott pályaszerkezet a kívánt, illetve a szükséges mélységben fellazításra kerül, majd – az előzetes vizsgálatokkal megállapított mennyiségű – új kötőanyag és esetleg szükséges kiegészítő ásványi anyag hozzáadásával egy új homogén útburkolatalap-keverék áll elő, amelyet a megfelelő szintre történő elterítést követően előtömörítenek. Az így előállított új burkolatalap felületét a forgalmi igénynek megfelelően kétrétegű felületi bevonattal vagy hengerelt aszfalt réteggel szükséges lezárni. (*Inreco Hungary Kft.: Hideg remix útrehabilitáció, 2011*)

A helyszíni hideg eljárások típusai a kötőanyag felhasználás szerint különböztethetők meg. Eszerint alkalmazható cementes, cementtejes, bitumenemulziós, habosított bitumenes vagy vegyes kötőanyagú hideg újrahasznosítási eljárás. Ezen eljárások részletes bemutatására a 4. fejezetben kerül sor.

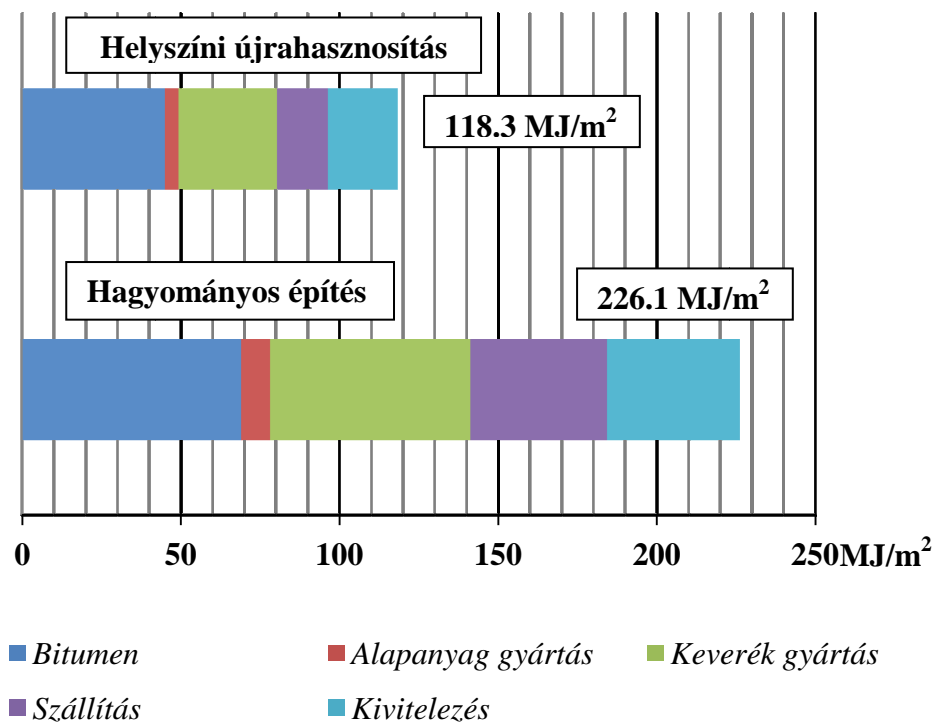
A helyszíni hideg újrahasznosítás egy speciális fajtája, a külföldi szakirodalomban FDR - Full Depth Reclamation elnevezésű, a teljes mélységű visszaépítési eljárás. Az eljárás során a bitumenes pályaszerkezeti rétegek mellett megtörténik a kötőanyag nélküli rétegek felmarása is. Ezt követően töréssel, osztályozással és keveréssel homogén keveréket állítanak elő, amelyhez stabilizáló anyagként bitumenemulziót, habosított bitument, vagy cementet adagolnak. Ezt követően az anyag visszaterítésére és tömörítésére kerül sor.



Az FDR módszer specialitása, hogy ez az egyetlen olyan technológia, ami segítségével kiküszöbölhetőek az alsó rétegek hibái és deformációi, valamint a hozzáadott kötőanyagok segítségével jelentős szerkezeti erősítés érhető el.

A helyszíni hideg eljárások előnye tehát, hogy lehetővé válik a leromlott pályaszerkezetek anyagának maradéktalan felhasználása, csökkentve ezzel a hagyományos eljárású átépítésekhez viszonyított költségeket. Emellett környezetkímélő hatással is bír, hiszen alkalmazása során nem keletkezik környezetkárosító hulladék.

A következő ábrán látható a Colas Út Zrt. energiafelhasználást bemutató diagramja a francia RD911-es számú, Livadre várost elkerülő, út építése során.



**2. diagram: Energiafelhasználás újrahasznosítás és hagyományos építés esetén**

(Zsiga György: *Hideg recycling bitumenes kötőanyaggal*, 2014)

A diagramon feltüntetett értékekből látszik, hogy a helyszíni eljárással kialakított 1 m<sup>2</sup> pályaszerkezet kiépítéséhez 118.3 MJ, míg a hagyományos eljárással kialakított 1 m<sup>2</sup> burkolat esetén 226.1 MJ az energiaszükséglet. A diagram alapján az is

elmondható, hogy a helyszíni eljárás esetén a szállítás és a kivitelezés az a két tényező, amely jelentősen csökkenti az energiaszükségletet.

### 3.3. Mobil újrahasznosítás

A mobil újrahasznosítás, a külföldi szakirodalom szerint in-plant recycling, alkalmazása esetén a telepi és helyszíni hideg újrahasznosítás előnyei egyaránt érvényesülnek.

A technológia alapja a mobil hideg-recycling keverő, amely hideg keverékek előállítására képes különböző kötőanyagok hozzáadásával. A technológia legfőbb előnye, hogy alkalmazásával az újrahasznosítandó pályaszerkezet anyaga mellett más terület bontott útépitési anyagai is felhasználhatóak.

A technológia alapja egy, az építési terület közelében, egy arra alkalmas helyen, elhelyezett mobil keverőegység. Ez a mobil koncepció lehetővé teszi a gyors áthelyezést a különböző alkalmazási helyszínek között, valamint a berendezés gyors felállítását. Ezzel a technológia jelentős szállítási idő-és költségmegtakarítást is eredményez, hiszen az úgynevezett telephely az építési terület közelében található.

A technológia lényege, hogy az alkalmazott keverőegységhez a bontott anyagot teherautó szállítja, ahol azt egy homlokrakodó a keverőegységbe tölti. Ezt követően a keverőegységen belül megtörténik a megfelelő szemszerkezet kialakítása, valamint az anyag szükséges kötőanyagokkal, és esetenként hozzáadott kőanyagokkal történő homogenizálása. Ezután a gép szállítószalagja segítségével az új anyag teherautóra kerül, ami elszállítja azt a beépítés helyszínére, ahol az, a hagyományos útépitési eszközök felhasználásával, beépítésre kerül.

Ebből adódóan további előnye, hogy az újrahasznosított pályaszerkezet teljes szélességben építhető, így biztosítva a burkolat teljes szélességben történő megfelelő együttdolgozását.

A következő ábrán egy mobil újrahasznosító telep látható működés közben. A keverőegységhez egy cementsiló és egy vizet adagoló tartályautó csatlakozik.



### 1. kép: Mobil újrahasznosítási eljárás

(Forrás: [www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de))

A műszaki és gazdasági előnyök mellett további előnye, hogy nagy kapacitása ellenére nincs nagy munkaerőigénye. A német gyakorlat szerint a mobil újrahasznosítás során a keverőegységhez egyetlen szakember is elegendő, aki elvégzi az anyag gépbe adagolását, a gép beállítását valamint annak működés közbeni folyamatos ellenőrzését.

A mobil újrahasznosítás legnagyobb hátránya, ami miatt Magyarországon nem kerül alkalmazásra, az az újrahasznosító egység ára, ami körülbelül 80 millió euróra tehető. Magas ára miatt annak bérleti költségei is magasak, így az csak nagyobb mennyiségű munka esetén térül meg. Azonban jelenleg hazánkban csak 1-3 km hosszú útszakaszokon folynak felújítások, emiatt a géppel sokszor, rövid időn belül kell áttelepülni.

Azonban az pozitívumként említhető, hogy Magyarországon nem szükséges környezetvédelmi engedély a gép használatba helyezéséhez. Ennek oka, hogy hazánk az Európai Parlamentben vállalta, hogy a keletkező építési hulladékok 70 %-át újrahasznosítja. Mivel ezen hulladékok 90 %-a az útéptésből származik, így különösen nagy hangsúlyt kell fordítani annak újrahasznosíthatóságának biztosítására. Így, míg más jellegű építési munkák esetében a környezetvédelmi engedély megszerzése hosszadalmas procedúra, addig a mobil újrahasznosítási

eljárással végzett útfelújítás során nem szükséges a környezetvédelmi engedély megszerzése.

A technológia részletes bemutatására, és az eljárás során alkalmazott gépek bővebb bemutatására jelen diplomamunka 6. fejezetében kerül sor.

## **4. HIDEG HELYSZÍNI ELJÁRÁSOK TECHNOLÓGIA VÁLTOZATAI**

Mint már az az előzőekben bemutatásra került, a helyszíni hideg remix eljárásnak több technológiai változata létezik, melyek között az alapvető különbséget a hozzáadott adalékanyag típusa jelenti.

Eszerint hideg helyszíni újrahasznosítás során hidraulikus kötőanyag, bitumenes kötőanyag vagy a kettő együttesen is alkalmazható, továbbá használható érvényes Építőipari Műszaki Engedély, vagy Európai Műszaki Engedély szerinti egyéb technológia is.

Az e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Útügyi Műszaki Előírás alapján empirikus adatok szerint a kötőanyag nélküli újrafelhasználás nem biztosítja a szükséges minőséget, ezáltal az nem gazdaságos. Így kötőanyag nélküli újrafelhasználást csak akkor célszerű előírni, ha a 100 kN egység tengelyek napi száma nem több mint 50, valamint a felbontandó rétegek szemeloszlása kedvező, és az kevés pótlással javítható. (*Gulyás et al, 2006*)

Mivel az alapréteg feladata a megfelelő teherbírás biztosítása, így a kötőanyag fajtájától függetlenül, minden eljárás alkalmazásakor alapkövetelmény, hogy a burkolatalap megfeleljen a vele szemben támasztott minőségi követelményeknek.

### **4.1. Hidraulikus kötőanyagú alapréteg**

Hidraulikus kötőanyagú alapréteg építése akkor ajánlott, ha a felújítandó pályaszerkezet teherbírása alacsony (4-es, 5-ös teherbírású osztályú), vagy ha a bontásra szánt anyagkeverék kedvezőtlen szemeloszlású, valamint ha a megmunkálendő anyag mind kereszt-, mind hosszirányban változó. (*e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.207) Útügyi Műszaki Előírás*)

#### **4.1.1. Cement kötőanyagú alapréteg**

Hazai viszonylatban a hideg újrahasznosítási eljárások során leggyakrabban használt hidraulikus kötőanyag a cement. Ennek oka, hogy a cement egy könnyen hozzáférhető jó minőségű építőanyag, amellyel kapcsolatban rengeteg kutatási és építési adat áll rendelkezésre. A cement mellett hidraulikus kötőanyagként egyaránt

alkalmazható mész vagy pernye, azonban a teherbírás növelésére a legalkalmasabb kötőanyag a cement.

A cementes kötőanyagú alaprétegek jellemzője, hogy a kötőanyag adagolásával a teherbírás és szilárdság növekedése mellett a réteg rugalmassága egyre csökken, ridegebbé válik. Ez reflexiós repedések kialakulásához vezet, amelyek következtében nemcsak az alapréteg, de a felette lévő aszfaltrétegek is átrepedhetnek. (*Ambrus - Pallos, 2004*)

Mivel az eljárás elsődleges célja a pályaszerkezet teherbírásának növelése, így a fő tervezési paraméterként a nyomószilárdság értéke a meghatározó, emellett a szakítószilárdság, a repedési hajlam valamint a tartósság is figyelembe veendő. A szilárdsági érték a hozzáadott cement mennyiségétől, annak típusától és sűrűségétől függ. A szilárdság a cementtartalom növekedésével lineárisan növekszik, de függ annak szilárdságától is. (*Nemesdy, 1989*)

A cement kötőanyagú keverékek nyomószilárdsági követelményeit szilárdsági osztályok szerint az e-UT 06.03.52 (ÚT 2-3.207) Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei - Tervezési előírások című Útügyi Műszaki Előírás tartalmazza.

A cement kötőanyagú alapréteg építése során a meglévő pályára, az átkeverendő mennyiségtől függően, a cement előre elterítésre kerül, a fellazított burkolati anyag és az esetleg hozzáadott közúzalék együttes tömegéhez viszonyítva 2-5 % mennyiségben. Ezt követően a recycler gép az útpályát megfelelő mélységig fellazítja, így a burkolat anyagával együtt az előre elterített cement és közúzalék is a marótérbe kerül, ahol a hozzáadagolt vízzel homogenizálásra majd elterítésre kerül. Ezt követően megtörténik a profil kialakítása és a réteg tömörítése. (*Szakos et al, 2011*)

### **4.1.2. Cementtej kötőanyagú alapréteg**

Hidraulikus kötőanyagként a cement mellett leggyakrabban alkalmazott kötőanyag a cementtej. Az építési területen a folyamatosan ellenőrzött cementterítési folyamatok során is többször képződik, a környezetre káros hatásokat jelentő,

cementfelhő. A kötőanyagként cementtejet alkalmazó technológia ezen felhőképződést előzi meg.

Ebben az esetben az előzetes vizsgálatok alapján a cementtej zárt rendszerben kerül előkeverésre, amit ezután közvetlenül a recycler gép keverőegységébe juttatnak. A homogenizálás a marótérben a fellazítással egy időben megy végbe, majd az előzőekhez hasonlóan kialakításra kerül a profil és megtörténik a tömörítés. (*Szakos et al, 2011*)

### **4.2. Bitumenes kötőanyagú alapréteg**

Az e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Útügyi Műszaki Előírás szerint bitumenes kötőanyagú beépítést akkor célszerű előírányozni, ha a pályaszerkezet teherbírása megfelelő, azaz legalább 3-as teherbírású osztályú, továbbá azokban az esetekben, ahol a megmunkálandó pályaszerkezet aszfaltanyag-tartalma magas (több mint 50 %), a bontásra szánt anyagkeverék szemmegoszlása egyenletes, valamint ahol a hajlékony pályaszerkezet megtartása a cél.

Bitumenes kötőanyagú alaprétegek esetében a kötőanyagként alkalmazható bitumenemulzió, habosított bitumen vagy Építőipari Műszaki Engedéllyel vagy Európai Műszaki Engedéllyel rendelkező kötőanyag.

A bitumenes kötőanyag előnye, hogy, ellentétben a cementes kötőanyagokkal, zsugorodási repedés nem alakul ki alkalmazása során, továbbá ezen technológiával történő építés után a pályaszerkezet rögtön átadható a forgalomnak.

#### **4.2.1. Bitumenemulzió kötőanyagú alapréteg**

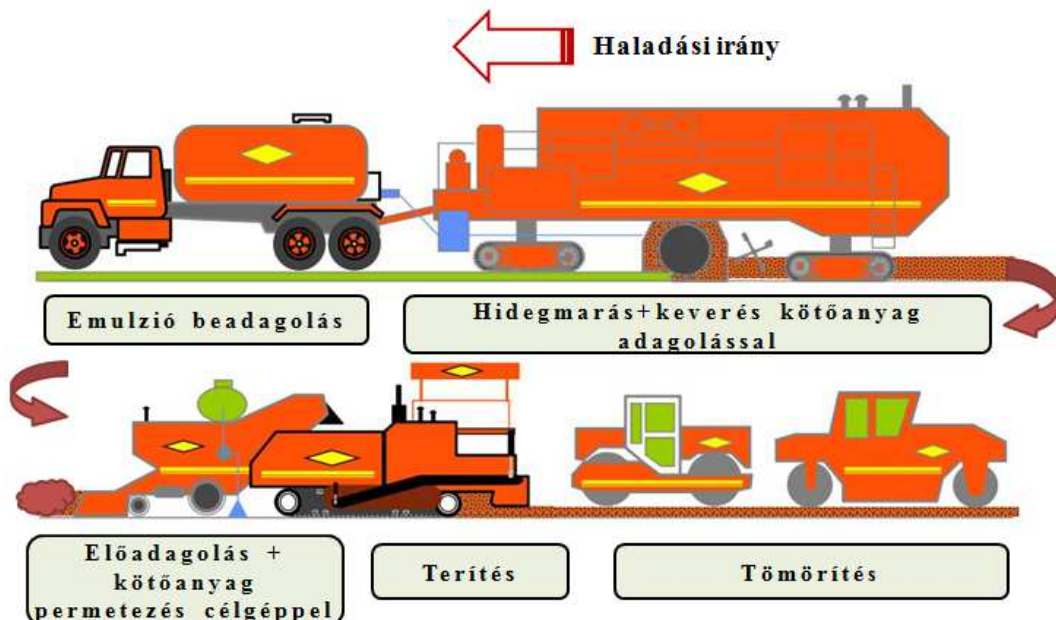
A bitumenemulziós eljárás során az egyik meghatározó tényező a bitumen optimális mennyisége. A vonatkozó előírás kimondja, hogy az emulziók bitumentartalma 60-65 % közötti, pH értéke pedig 3 és 9 közötti legyen. (*e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Útügyi Műszaki Előírás*)

Az optimálisan szükséges bitumenmennyiség sávja elsősorban az ásványi adalékanyag szemeloszlásától és fajtájától függ, annak meghatározása laboratóriumi vizsgálatokat igényel. (Nemesdy, 1989)

Így tehát a megfelelő teherbírás eléréséhez megfelelő mennyiségű és minőségű bitumenemulzió adagolása szükséges.

A bitumenemulziós alapréteg építése során a meglévő aszfaltburkolatot a recycler egység az alaprétegegig fellazítja, majd az anyagot, a bitumenemulziót tároló tartálykocsiból származó emulzióval és ha szükséges vízzel, alaposan átkeveri és homogenizálja. A bitumenemulzió szükséglet általában 5-10 tömeg % közé tehető. Az átkeverést követően az emulzióban a bitumen elválk a víz fázistól, a bitumen koagulál és bevonatot képez az ásványi anyag szemcséin. A helyszínen így megkevert, feljavított új útalapot a célgép elteríti, ezt követően a gréder kialakítja a profilt, a hengerek pedig betömörítik a réteget. Ezt követően megkezdődik a száradási folyamat, amely során a víz elpárolog a rétegből, ezzel növelve annak merevségét.

A következő ábrán a bitumenemulzió kötőanyaggal történő hideg helyszíni remix eljárás folyamata látható.



**6. ábra: Bitumenemulzió kötőanyagú alapréteg építése**

(Forrás: Zsiga Gy.: *Hideg recycling bitumenes kötőanyaggal*, 2014)



Az építés során fontos szempont, hogy a bitumenemulzió törése után annak viszkozitása hirtelen megnövekszik, ezért az újrahasznosítási folyamatot úgy kell megtervezni, hogy a bedolgozás még a törési folyamat befejeződése előtt végbe menjen. A vonatkozó Útügyi Műszaki Előírás szerint a bitumenemulzió törési folyamata a keverék kiürítését követően legkorábban 1 óra elteltével fejeződjön be, és a szemek legyenek tartósan bevonva. A törési folyamat kezdetét arról lehet felismerni, hogy a keverék ömleszthetővé válik, illetve a hideg újrahasznosított keverék színe barnáról feketévé változik. Minél korábban következik be ez az állapot, annál nagyobb tömörítési munkára van szükség a beépítés során, azaz annál gyorsabban kell tömöríteni. (*e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Útügyi Műszaki Előírás*)

Ebből következik, hogy az újrahasznosítási eljárás során lassantörő, kationaktív bitumenemulzió alkalmazása a célravezető. Emellett követelmény, hogy bitumenemulziós keverék esetén a kivitelezés csak nyári időszakban végezhető.

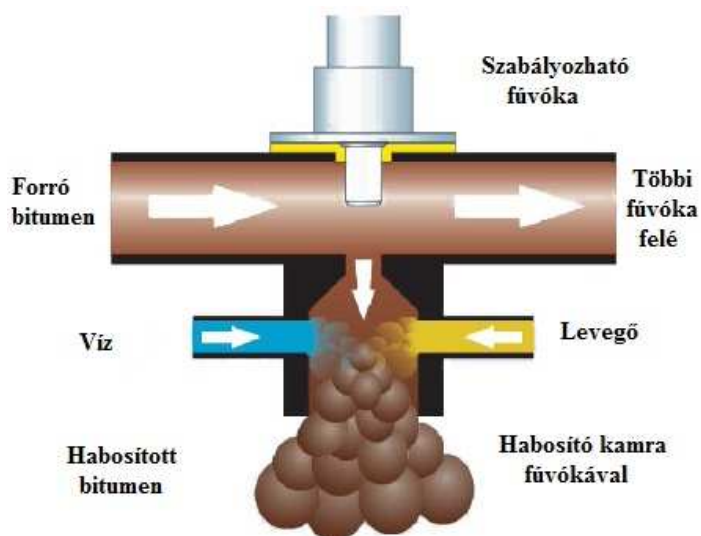
### **4.2.2. Habosított bitumen kötőanyagú alapréteg**

A habosított bitumen használata a hideg keverékekkel történő újrahasznosításban világszerte egyre népszerűbb technológia.

A habosított bitumen forró, B60-B200 osztályú, útpályák burkolására alkalmazott bitumen és 2-3 tömeg % mennyiségű víz felhasználásával állítható elő. A víz a forró bitumenhez hozzáadva hirtelen elpárolog, a vízgőz a bitumenben pedig robbanásszerű habképződést eredményez. Így néhány másodperc alatt a bitumenben 15-20-szoros térfogat növekedés következik be.

A habosodás intenzitása és határfoka a nyomás és hőmérséklet beállításával szabályozható. A habosítási technológia útépitő gépek segítségével vagy laboratóriumi expanziós kamrában kivitelezhető, ahol az 5 bar nyomású víz beporlasztásra kerül a 180 °C-os bitumenbe. Az expanziós kamrából a habbitumen egy fúvókán át távozik, majd az bekeverésre kerül a pályaszerkezet felmárt anyagába.

A következő ábrán ezen habosítási eljárás elvi sémája látható.



**7. ábra: Bitumen habosítási eljárás elvi sémája**

(Forrás: Witgen GmbH.: *Preliminary testing for determining the mix quality - Laboratory-scale foamed bitumen plant WLB 10S, 2009*)

A habosított bitumen alkalmazásával javul az anyag tulajdonsága, annak kötőanyagként történő alkalmazhatósága, ugyanis a habnak nagyobb a felülete, mint a folyékony bitumené, ezért a hideg, nedves ásványianyag-keverék jobban feldolgozható. Továbbá a habosítás során a bitumen viszkozitása csökken, a folyási tulajdonságai pedig javulnak, így az anyag jobban teríthető, valamint a habosított bitumen hőmérséklete csak 50-60 °C.

A habosított bitumen minőségét jelentősen két tényező befolyásolja.

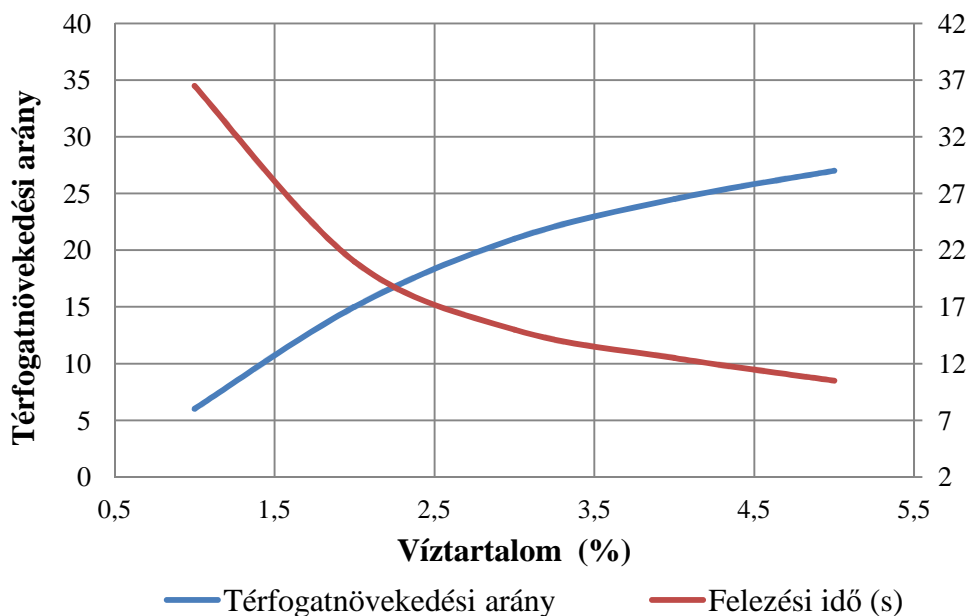
Egyrészt az expanzió, azaz a habosított bitumen maximálisan elérhető térfogatának és a habosítás előtti bitumen térfogatának aránya, melynek értéke jó minőségű habosított bitumen esetén nagyobb, mint 15.

Másrészt a felezési idő, amely alatt a habbitumen térfogata a habosodás után a felére csökken, melynek értéke jó minőségű habbitumen esetén 10–15 másodperc.

A habbitumen a bepermetezett vízgőz kondenzációja miatt egy idő után összeesik. Minél nagyobb az expanzió és a felezési idő értéke, annál jobb minőségű a habbitumen. A két paramétert a forró bitumen hőmérséklete, annak típusa, a

beadagolt víz mennyisége, a habosítási folyamat nyomásértéke, valamint a hozzáadott aditívek befolyásolják. (Veith, 2001)

A következő grafikonon a habosított bitumen térfogat növekedése és annak felezési ideje látható a hozzáadott víztartalom függvényében.



### 3. diagram: Habosított bitumen expanziója és felezési ideje a víztartalom függvényében

(Forrás: Wirtgen GmbH.: Preliminary testing for determining the mix quality - Laboratory-scale foamed bitumen plant WLB 10S, 2009)

A grafikonból látszik, hogy a hozzáadott víz mennyiségének növelésével a térfogat nő, a felezési idő pedig csökken. Ennek magyarázata, hogy a víz mennyiségének növelése a hab térfogatát hatékonyan növeli, mivel nőnek a bitumenbuborékok. Azonban ezek növekedésével azok vastagsága csökken és kisebb a szilárdságuk, ami a felezési idő rövidülését eredményezi.

Így a grafikon alapján elmondható, hogy a víztartalom a két görbe metszéspontjában veszi fel az optimális értéket, ami 2-2,5 % közötti.

További, a paramétereket jelentősen befolyásoló tényező a bitumen hőmérséklete. A bitumen hőmérsékletének növekedésével annak viszkozitása csökken, aminek következtében nagyobb buborékok képződnek a víz elpárolgásakor. A folyamat a bitumen hőenergiáját hasznosítja, így a habbitumen minősége annál jobb, minél magasabb a bitumen habosítás előtti hőmérséklete.

A habosítási nyomás szintén jelentős befolyásoló tényező. A víz és bitumen habosító kamrába történő benyomása minél nagyobb nyomásérték mellett történik, annál jobban diszpergálódik az anyag, ezzel növelve az egyes részecskék felületét. Ezáltal a hab egységesebbé válik.

Egyéb befolyásoló tényező a különböző aditívek alkalmazása. Az egyes aditívek adagolásával befolyásolható a habosodás folyamata. (*Cold recycling technology. Wirtgen Cold Recycling Technology, 2012*)

Magyarországon a vonatkozó Útügyi Műszaki Előírás szerint a habosított bitumen kötőanyagú stabilizálásra az olyan anyag alkalmas, melynek 0,063 mm alatti része 5 és 20% között van. Ha a finomrész hiányzik, akkor legfeljebb 2% cement vagy mész hozzáadásával lehet a kívánt stabilitást elérni. (*e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Útügyi Műszaki Előírás*) A hiányzó szemcsetartomány pótlása mellett a cement növeli a réteg szilárdságát és plasztikus indexét is.

A következő táblázat a habosított bitumennel megerősített rétegek jellemző paramétereit mutatják 1-2% cement beadagolása mellett. A táblázatban szereplő hasító-szilárdsági értékek 25 °C-on Marshall próbatesteken végzett vizsgálatok eredményei.

<b>Anyag</b>	<b>Beadagolt bitumen mennyisége</b>	<b>Hasító-szilárdság</b>	<b>Rugalmassági modulus</b>
<b>Felmart aszfalt/összetört anyag</b>	1,5 - 3,0 %	350 - 800 kPa	2500 - 5000 MPa
<b>Összetört kőzet</b>	2,5 - 4,0 %	400 - 900 kPa	3000 - 6000 Mpa
<b>Természetes kő</b>	3,0 - 4,5 %	250 - 500 kPa	2000 - 4000 Mpa

**1. táblázat: A habosított bitumennel megerősített réteg jellemző paraméterei**

(Forrás: Wirtgen GmbH.: *Foamed Bitumen -*

*The innovative bindig agent for road construcion, 2009)*

A vonatkozó Ütügyi Műszaki Előírás továbbá azt is kimondja, hogy a habosított bitumennel történő stabilizálás esetében a bedolgozási idő nincs korlátozva.

A technológia építése során a meglévő pályaszerkezetet megfelelő mélységben a recycler fellazítja, azt alaposan átkeveri, homogenizálja a mikroprocesszorokkal vezérelt szivattyúk által szállító-tartálykocsiból adagolt vízzel és a habosított bitumennel. A habosított bitument a bitumenszállító tartálykocsiból nyert forró bitumenből a célgép állítja elő, mely így alkalmas az ásványi anyagszemcsék vékony rétegben és igen hatékonyan való bevonására. A homogenizált keveréket, azaz a feljavított új útalapot, a gép elteríti és a gréder kialakítja a kívánt profilt. (Szakos et al, 2011)

**4.2.3. Az emulziós és habosított bitumen kötőanyag összehasonlítása**

A bitumenes kötőanyagú technológia építése előtt a kötőanyag típusának kiválasztása során több szempontot is figyelembe kell venni.

A következő táblázatban az egyes eljárások összehasonlítása látható különböző szempontok szerint. A bitumenemulziós és habosított bitumenes hideg újrahasznosítás mellett a táblázatban megtalálhatók a meleg remix alkalmazásának feltételei is.

	Bitumen kötőanyagú hideg remix eljárás		Meleg remix eljárás
	Bitumenemulzió	Habosított bitumen	
<b>Alkalmazható kőváz</b>	zúzottkő; természetes kavics; újrahasznosított pályaszerkezeti rétegek, stabilizációk	zúzottkő; természetes kavics; újrahasznosított pályaszerkezeti rétegek, stabilizációk; homok	zúzottkő; maximum 50 %-ban újrahasznosított pályaszerkezeti rétegek
<b>Bitumen keverési hőmérséklete</b>	20 - 70 °C	160 - 180 °C (habosítás előtt)	140 - 180 °C
<b>Kőváz hőmérséklete a keverés alatt</b>	Környezeti léghőmérséklet (> 10°C)	Környezeti léghőmérséklet (> 15°C)	Forró (140 - 200°C)
<b>Keverés alatti víztartalom</b>	Optimális víztartalom plusz 1 % mínusz a hozzáadott emulzió víztartalma	"Habosodási pont" Optimális víztartalom 70 - 90 %-a	Száraz keverés
<b>Kőváz bitumennel bevont felülete</b>	Finomrész bevonása; Durva szemcsék egy részének bevonása; Kohézió növelő hatás	Csak finomszemcsék bevonása; Kohézió növelő hatás	Minden szemcsén egyenletes bevonatot képez (kontrolált bevonatvastagság)
<b>Építési és tömörítési hőmérséklet</b>	Környezeti léghőmérséklet (> 5°C)	Környezeti léghőmérséklet (> 10°C)	140 - 160 °C
<b>Hézagtartalom</b>	10 - 15 %	10 - 15 %	3 - 7 %
<b>Teherbíróképesség javulása</b>	Lassú (párolgás)	Közepes (párolgás)	Gyors (lehülés)
<b>Modifikált bitumen alkalmazhatósága</b>	Alkalmazható	Nem alkalmazható. (A modifikált bitumenek nem habosíthatók)	Alkalmazható
<b>Fontos bitumen paraméterek</b>	Emulzió típusa; Visszamaradó bitumen minősége; Törési idő	Térfogatnövekedés; Felezési-idej	Penetráció; Lágyuláspont; Viszkozitás

**2. táblázat: Bitumenes kötőanyagú eljárások és meleg remix eljárás összehasonlító táblázata**

*(Forrás: Wirtgen GmbH.: Cold recycling. Wirtgen Cold Recycling Technology, 2012)*

### 4.3. Vegyes kötőanyagú alapréteg

Vegyes kötőanyagú alaprétegek esetében a keverék beépítése egyesíti a hidraulikus és a bitumen kötésű alaprétegek előnyeit. A teherbírás megnő, de a hidraulikus kötőanyagú alaprétegeknél kialakuló repedések előfordulása csökken.

A vonatkozó Útügyi Műszaki Előírás szerint a kötőanyag szükséges mennyisége bitumenemulzió esetében 2-6 %, cement esetében pedig 3-6%.

A német gyakorlatban ezek az értékek hasonlóan alakulnak, azonban az alkalmazás célja eltérő. Németországban általánosan 2,5 % a cement, 5% a bitumenemulzió felhasználás, azonban a cementre a német utak esetében ténylegesen nem kötőanyagként van szükség, hanem a régi pályaszerkezetekben megtalálható kátrány közömbösítésére. Ezzel ellentétben Magyarországon a körülbelüli 5%-os cementfelhasználás gazdaságossági indokokra vezethető vissza, hiszen a nagyobb mennyiségű bitumenemulzió alkalmazása nagyban megnöveli a költségeket.

#### **4.4. Változatok közötti döntés**

Az újrahasznosítás során alkalmazandó változat kiválasztása körültekintő, minden szempontot figyelembe vevő vizsgálatot kíván. Minden beruházás esetében figyelembe kell venni annak környezeti és építési körülményeit, valamint a megbízó által elvárt szempontokat is.

A vonatkozó Útügyi Műszaki Előírás szerint az építés megkezdésének feltétele az előzetes laboratóriumi vizsgálatok mellett az alkalmazandó kötőanyag alkalmasságának elemzése is.

Az egyes változatok közötti döntést megkönnyíti azok előnyeinek, hátrányainak valamint alkalmazhatósági szempontjainak komplex áttekintése. A következőkben erre kerül sor.

#### **Kötőanyag nélküli újrahasznosítás:**

A kötőanyag nélküli újrahasznosítás abban az esetben alkalmazható, ha a forgalmi terhelés kicsi, valamint az Útügyi Műszaki Előírás szerinti szemeloszlás keveréssel előállítható.

### **Hidraulikus kötőanyagú újrahasznosítás:**

A hidraulikus kötőanyagokat alkalmazó újrahasznosítás a remixálandó réteg kedvezőtlen szemeloszlása, szennyezettsége, valamint annak magas agyagtartalma esetén ajánlott. Emellett hidraulikus kötőanyag alkalmazása előirányzott inhomogén pályaszerkezet és túlzott teherbírás hiány esetében is. A hidraulikus kötőanyagok alkalmazásának előnyei és hátrányai a következők:

1. A hidraulikus kötőanyagként cementet alkalmazó eljárás egyik előnye, annak jó elérhetősége, hiszen ez nagy tömegben is egyszerűen beszerezhető anyag. Emellett, annak alkalmazása a bitumenes kötőanyaghoz viszonyítva árban is kedvezőbb.
2. Pályaszerkezet újrahasznosítás során jelentősen növelhető a burkolat teherbírása és nyomószilárdsága is.
3. További előnye, hogy alkalmazása egyszerű, kötőanyag-terítő gép hiánya esetén a cement akár kézzel is teríthető.
4. Előnyei közé sorolható az is, hogy ezen építőanyag az építőipar más szakágaiban is gyakran alkalmazásra kerül. Ezért nagyon sok kutatási eredmény és specifikáció áll rendelkezésre a témában.
5. Az értékelés szempontjából a cement kötőanyag legnagyobb hátránya, hogy alkalmazása során a zsugorodási repedések nem kerülhetők el, csak minimalizálhatók. Emellett ezen kötőanyag növeli a pályaszerkezet merevségét is.
6. Az építést követően a pályaszerkezet nem adható át a rögtön a forgalomnak, valamint az átadás után is korlátozni kell a nehéz gépjármű forgalmat.



### Bitumenes kötőanyagú újrhasználás:

Bitumenes kötőanyagok alkalmazását célszerű előirányozni, ha a pályaszerkezet teherbírása megfelelő, anyaga egyenletes szemeloszlású és magas aszfaltarányú. Továbbá hajlékony pályaszerkezetre irányuló beruházói igény esetében is ezen eljárás alkalmazása a célravezető. Az eljárás előnyei és hátrányai a következők:

1. A bitumenes kötőanyagú alaprétegek esetében, legyen a kötőanyag bitumenemulzió vagy habosított bitumen, a legnagyobb előny annak rugalmassága. A bitumennel stabilizált alapréteg viszkózus viselkedésű, így a kötőanyag javítja a pályaszerkezet nyírési tulajdonságait, kohézióját, deformációkkal szembeni ellenálló képességét.
2. Építési eljárása egyszerű. Az anyag a tartálykocsiból közvetlenül injektálható a recycler egységbe. Azonban, a hidraulikus kötőanyagokkal ellentétben, a bitumenes kötőanyag adagolása emberi erővel nem, csak speciális eszközök segítségével oldható meg.
3. A cementhez hasonlóan a bitumennel kapcsolatban is rengeteg kutatási eredmény áll rendelkezésre, hiszen az az építőipar más területein is alkalmazásra kerül.
4. Az értékelés szempontjából fontos kérdés a tartósság. Mivel a bitumen vékony réteget képez a szilárd szemcséken, így azoknak védelmet nyújt a víz és nyomás okozta terhelésekkel szemben.
5. A hidraulikus kötőanyagokkal ellentétben a bitumennel épített alaprétegek az építést követően rögtön átadhatók a forgalomnak, különösen habosított bitumen alkalmazása esetében.
6. Gazdasági szempontból a bitumen kötőanyag alkalmazása költséges, hiszen a bitumen relatívan drága.
7. Az alkalmazás egyik legnagyobb hátránya, hogy a bitumen előállítása nem az építés helyszínén történik, mivel a gyártási folyamat során elvárt a folyamatos minőség-ellenőrzés. Emellett az emulgeáló szerek, valamint az anyag építési területre történő szállítása jelentősen megnövelik az építési költséget.
8. A habosított bitumenek előállítása során előirányzott 160 °C-os bitumenhőmérséklet biztosítása érdekében gyakran van szükség speciális melegítő egységekre, melyek alkalmazása nagy körültekintést és szakértelmet igényel.

9. További hátrány a habosított bitumennel történő építés esetében a bontott burkolattal szemben támasztott szigorú szemeloszlási elvárások, különösen a 0,075 mm-nél kisebb szemcsék mennyiségének esetében.
10. Abban az esetben, ha a meglévő burkolat anyagának nedvességtartalma az optimális víztartalommal közel azonos, az emulzió adagolásával az könnyen telítetté válhat.
11. Hátrány továbbá, hogy a bitumenemulziós réteg beépítését követően a teherbírás még nem maximális, ugyanis az a pályaszerkezetben lévő víz elpárolgásával folyamatosan növekszik, ami hosszabb időt vesz igénybe. A víz párolgásának biztosítása miatt, ezen típusú kötőanyag alkalmazása csak a tavaszi/nyári időszakban megengedett. (*Cold recycling. Wirtgen Cold Recycling Technology, 2012*)

### **Vegyes kötőanyagú újrahasznosítás:**

Vegyes kötőanyagú eljárás alkalmazása a fentiekől nagyobb teherbírás igény és kisebb repedési hajlamra való törekvés esetén ajánlott.

Ezen eljárások ötvözik a fent említett hidraulikus és bitumenes kötőanyagú eljárások előnyeit. A vegyes kötőanyag alkalmazása minden esetben előzetes laboratóriumi vizsgálatokat igényel, mely során vizsgálandó a keverék alkalmassága a támasztott megbízói, műszaki és gazdasági követelményekkel szemben.

## **5. A TERVEZÉST MEGELŐZŐ VIZSGÁLATOK**

Az előző fejezetben tárgyalt hideg újrahasznosítási technológiák közötti választás megalapozásához elengedhetetlen, a technológiai tervezést megelőző, előzetes vizsgálatok végrehajtása.

### **5.1. Adatgyűjtés, rendelkezésre álló információk**

A burkolat felújítási munkákat megelőzően, minden esetben szükséges azon három, tervezés szempontjából alap paraméter meghatározása, melyek alapvetően befolyásolják a technológia megválasztását.

Az első ilyen paraméter a tervezési élettartam, aminek függvényében meghatározható a beavatkozás javító hatásának elvárt időtartama.

Második paraméter a felújítandó út hálózati funkciója, amely befolyásolhatja a speciális követelmények, úgymint a zajszint csökkentés vagy teherbírás javítás, iránti igényeket.

A harmadik paraméter a rendelkezésre álló anyagi forrás, amely a kivitelezési költségek mellett az élettartam során elvégzett fenntartási munkákhoz szükséges költségeket is magában foglalja.

#### **5.1.1. Történeti adatok**

A tervezés megkezdése előtt fontos minden rendelkezésre álló adat összegyűjtése az útszakasz felújítás előtti történetéről, amely segítségével jól megbecsülhető, hogy mi várható a területen az előzetes vizsgálatok megkezdése előtt.

Ha a kivitelezési és fenntartási információk a beavatkozást megelőzően jól dokumentáltak voltak, akkor értékes információk állhatnak a tervező rendelkezésre az eredeti pályaszerkezet kivitelezési módját, összetételét, a rétegek vastagságát, az ellenőrző vizsgálatok eredményét és a terület geológiai adottságait tekintve.

Emellett szükséges a tervezési terület közelében lévő nyersanyag források helyére, minőségére és mennyiségére vonatkozó adatok begyűjtése is.

Továbbá fontos a felújítandó útszakasz közelében lévő aszfaltkeverő telepek és depók adatainak, valamint a terület meteorológiai adottságaira vonatkozó adatok megszerzése is.

Ezen adatok megszerzéséhez, előzetesen, tájékoztató jelleggel adatbanki adatok és az útszakasz kezelője által szolgáltatott információk használhatók. Hazánkban az Országos Közúti Adatbank használható erre a célra, amelyben tárolva vannak az egyes útszakaszok pályaszerkezeti adatai, az építési-beavatkozási évek valamint az egyes szakaszokhoz tartozó állapotjellemzők.

### **5.1.2. Tervezési forgalom**

A burkolat tervezés során a forgalmi statisztika is szükséges információ, amely tartalmazza a forgalom összetételének, nagyságának és tengelyterhelésének adatait. Ennek felhasználásával a tervezéshez szükséges forgalmi terhelési osztály meghatározható.

Hazánkban az országos úthálózat forgalmi adatait, az előzőekhez hasonlóan, az Országos Közúti Adatban tárolja, amely segítségével a forgalmi értékek a remix tervezést megelőzően abból kinyerhetők.

Abban az esetben, ha nem áll rendelkezésre elegendő adat a forgalmi terhelésre vonatkozóan, a tervezést megelőzően, forgalomszámlálást kell végezni. A vizsgálat ki kell térjen az áthaladó járművek számlálása mellett, a nehézgépjárművek tengelyterhelésének mérésére is.

A meglévő forgalmi adatokat a vonatkozó Útügyi Műszaki Előírásban meghatározott forgalomfejlődési szorzó értékével megszorozva kell figyelembe venni. Emellett érdemes hálózati modellezést is végezni, amely során vizsgálandó a tervezett beavatkozás hálózatra gyakorolt hatása.

## **5.2. Előzetes vizsgálatok**

A meglévő állapot pontos megismerését, a jellemző útállapot felmérését minden esetben helyszíni bejárás során kell elvégezni.

### **5.2.1. Vizuális állapotfelvétel**

A vizuális állapotfelvétel során a burkolat, a padka, valamint a vízelvezető rendszerek állapotának felmérése mellett célszerű fotókat készíteni a jellemző hibákról. A felmért hibák csoportosíthatók, így az egyes hibacsoportok mennyiségi kimutatása is lehetséges.

A helyszíni bejárás során geodéziai felméréseket is szükséges végezni. A burkolatok pontos szélességi méreteit és az egyes burkolattípusok hosszát kell rögzíteni. Emellett a tervezéshez elengedhetetlen a meglévő keresztszelvények és hossz-szelvények felvétele.

A következő táblázatban a vizuális állapotfelvétel során vizsgálandó károsodások csoportosítása látható az egyes hibacsoportok függvényében.

<b>Károsodás módja</b>	<b>Károsodás Típusa</b>	<b>Vizsgálandó hibák</b>
Felületi károsodás	Környezeti hatás okozta Forgalom okozta	Kipergés, zúzalék veszteség; Hőmérsékleti repedés; Nyomvájúképződés; Leválás, felizzadás, polírozódás
Szerkezeti károsodás	Maradó alakváltozás Repedések Összetett hibák	Kipergés keréknyomban; Keresztirányú gyűrődés; Hosszirányú repedések keréknyomban; Kátyúk, foltok, stb.
Funkcionális állapotváltozás	Vízelvezetés Utazáskényelem	Erózió, kimosódás, stb. Burkolatszél letörés Egyenetlenség, hullám képződés

### **3. táblázat: Vizuális állapotfelvétel során vizsgálandó hibák hibacsoportonként**

*(Forrás: Wirtgen GmbH.: Cold recycling. Wirtgen Cold  
Recycling Technology, 2012)*

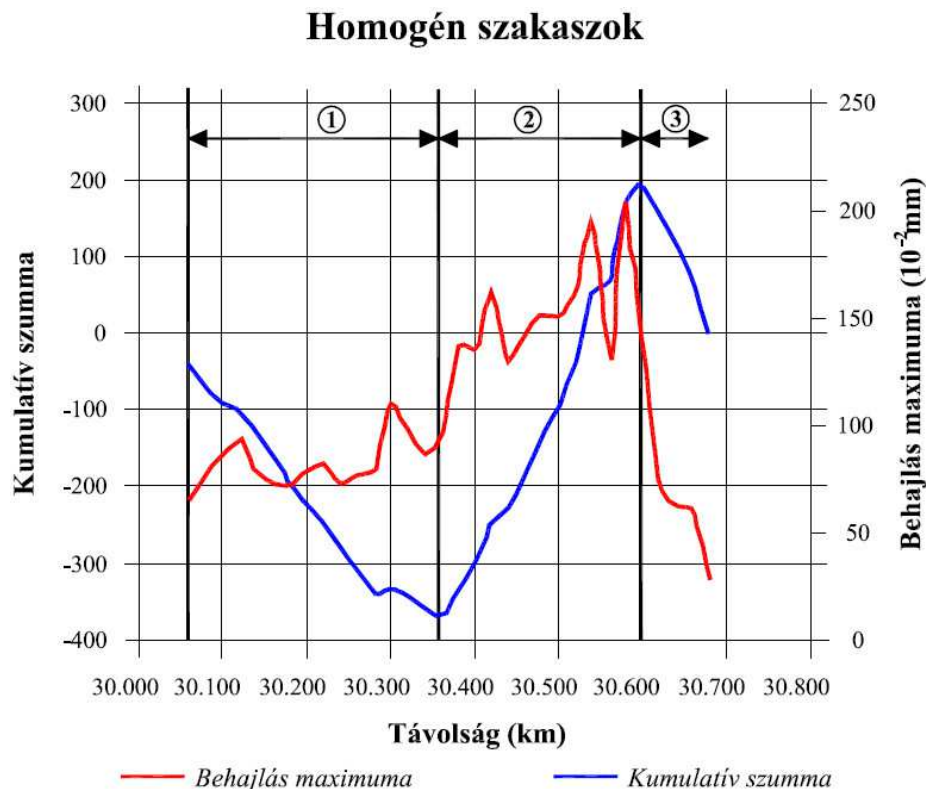
### 5.2.2. Homogén szakaszokra bontás

Az előzetes vizsgálatok legfontosabb célja, hogy a vizsgált útszakasz a rendelkezésre álló kivitelezési adatok, vizsgálatok és behajlásmérési adatok alapján homogén szakaszokra bontható legyen.

A homogén szakaszokra bontás során a tervezési terület olyan tervezési szakaszokra kerül felosztásra, amelyen a pályaszerkezet minden pontja hasonló tulajdonságokkal rendelkezik. Így a különböző pályaszerkezet típusok közötti váltások helyei beazonosíthatóvá válnak.

A homogén szakaszok a behajlásmérési adatokból, vagy más releváns mérési adatokból, mint például CBR mérési eredményekből, kumulatív szumma módszer segítségével határozhatók meg.

A következő diagramon egy útszakasz, behajlásmérési adatok alapján történő, homogén szakaszokra bontásának grafikonja látható.



#### 4. diagram: Homogén szakaszokra bontás

(Forrás: Wirtgen GmbH.: *Cold recycling. Wirtgen Cold Recycling Technology*, 2012)

### **5.3. Részletes vizsgálatok**

Minden homogén szakasz esetében szükséges laborvizsgálatokat végezni a pályaszerkezet összetételének és az altalaj típusának meghatározása érdekében.

A meglévő pályaszerkezet rétegrendjének meghatározásának legjobb módszere, a feltáró gödrök létesítése.

A gödrök segítségével a pályaszerkezeti rétegek vastagsága mellett, vizsgálható a burkolat állapota is, valamint a laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges minta is beszerezhető. Emellett a feltárás segítségével a helyszínen meghatározható az egyes rétegek víztartalma és anyagsűrűsége is.

Feltáró gödröt minden homogén szakasz esetében minimum két helyen kell kialakítani. Egyet olyan területen ahol a burkolaton látható hibák vannak, egyet pedig károsodásmentes felületen. A feltárást célszerű a forgalmi sávban a keréknyomban, illetve a forgalmi sávok szélén is elvégezni. A feltáró gödrök minimum 1 méter mélyek, általában 1 m szélesek és 0.75 m hosszúak. Biztonsági okokból a vizsgálatot követően a burkolatot minden esetben, azonnal helyre kell állítani.

Ezt követően a laboratóriumi vizsgálatok során megtörténik a feltáró gödörből kinyert anyagok vizsgálata, az egyes rétegek minősítése. Emellett meghatározásra kerül a minta szemeloszlása, valamint a szemcsék mérete.

A feltáró gödrök mellett, vizsgálható fűrt zavartalan minta is, amely gyorsabb mintavételi folyamattal és kisebb pályaszerkezet bontással jár, mint a fent említett módszer. Azonban ezen eljárás hátránya, hogy a mintavétel speciális eszközöket igényel és a minta zavartalansága érdekében nagyon precíz munkavégzést követel. A mintavételt követően laboratóriumban vizsgálható a fűrt minta összetétele, az egyes összetevők térfogatarányai valamint a nyomószilárdság értéke is.

A rétegrend meghatározására használható még dinamikus penetrométer is, ami egy kúpos kialakítású, edzett acél fejből és egy acél rúdból álló szerkezet. A vizsgálat lényege, hogy egy konstans magasságból az acél fejet a burkolatra ejtik, és mérik a penetrációs arányt, vagyis a fej ütésenkénti burkolatba hatolási mélységét. A mérési eredmények kiértékelésével megadható az egyes rétegek teherbíró képessége,

valamint a penetráció változását vizsgálva meghatározhatóak az egyes rétegek közötti határfelületek helyei is.

A rétegrend vizsgálatát követően célszerű elvégezni a laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges próbamarást is, amely során a marási mélység is megtervezhető.

A helyszíni vizsgálatok során teherbírás mérést is kell végezni a külső- és belső keréknyomban, valamint a burkolat szélén egyaránt. Hazai gyakorlat szerint a teherbírásmérés történhet az MSZ 2509/4-1989 Magyar Szabvány szerinti statikus méréssel, vagy dinamikus teherbírásméréssel, melynek követelményeit a e-UT 09.02.31 (ÚT 2-2.117) „Dinamikus teherbírásmérés” című Útügyi Műszaki Előírás rögzíti. A dinamikus teherbírásmérés ejtősúlyos berendezés felhasználásával végezhető.

Egyes útszakaszok esetében előfordulhat, hogy az útpálya két oldalának szélesítése nem azonos anyagokkal, nem azonos technológiával, vagy nem ugyanabban az időpontban történt. Ezért ilyen esetekben a mintavételt és a teherbírásmérést mindkét oldalon el kell végezni. Erről előzetes információk a közútkezelői adatszolgáltatásból állhatnak rendelkezésre. (*Fi et al, 2012*)

A helyszíni vizsgálatok során a keréknyom mélység vizsgálata is elvégezhető. A mérés végrehajtható egyszerű kézi mérőeszközökkel vagy akár speciális, lézeres technológiát alkalmazó mérőautókkal is. A keréknyom mélységéből és a felületen kialakuló hibák típusából kikövetkeztethető, hogy a pályaszerkezet felső vagy alsó rétegei okozzák-e a deformációkat. (*Cold recycling. Wirtgen Cold Recycling Technology, 2012*)

A mérések kiértékelését követően megtörténik az egyes homogén szakaszok jellemzőinek összegző lapon történő összefoglalása. Ezen dokumentum tartalmazza az összes, tervezéshez szükséges adatot, amely segítségével lehetővé válik a különböző kötőanyagú hideg újrahasznosítási technológiák közötti döntés, és meghatározhatóvá válnak a szükséges adalékanyag- és kötőanyag-adagolás arányai is.



## 6. A HIDEG REMIX GÉPEI

A hideg helyszíni újrahaznosítás során hatékony technológiai eszközök, gépek kerülnek alkalmazásra. A hideg újrahaznosításhoz többféle berendezés használható, melyek eltérőek lehetnek a keverési módszereikben, illetve abban hogy csak a helyszíni anyagok feldolgozására, vagy előkevert aszfaltból új réteg terítésére is alkalmasak-e.

A gépláncok egyes elemei nyomó- és húzórudak segítségével kapcsolódnak egymáshoz., melyek alapvető egységei a következők:

- bitumenemulzió, habosított bitumen vagy hidraulikus kötőanyag szállítását és adagolását biztosító tartálykocsik
- a burkolat felmarására, aprítására, összekeverésére és elterítésére szolgáló berendezés, amely egyes kisebb teljesítményű gépsoroknál egy gépegységként, míg nagyobbaknál több, egy-, vagy két-funkciós célgépként kerül kialakításra
- a burkolat végleges tömörségét biztosító tömörítő hengerek

A hideg helyszíni újrahaznosítás során az összeállított géplánc első eleme a finisher, amely a kiegészítő kőanyagot a meglévő burkolatra teríti. Ezt követi a kötőanyag adagolását biztosító egység, amely lehet szilárd halmazállapotú kötőanyagot szóró és folyadék halmazállapotú kötőanyagot adagoló gép.

A géplánc harmadik egysége a recycler gép, amely elvégzi a burkolat felbontását, az elbontott anyag hozzáadott kötőanyagokkal történő homogenizálását és az új anyag terítését. Ezt követi a gumihenger, amely elvégzi a burkolat előtömörítését. Erre legfőképpen a recycler egység nyomainak megszüntetése miatt van szükség.

Az előtömörítést követően a gréder segítségével megtörténik a profil kialakítása, majd a pályaszerkezet végső tömörítése.

Ezen gépegységek mellett a gépláncban alkalmazhatók még olyan hagyományos útépitési munkagépek is, mint a marógépek, kotrók, tartálykocsik illetve szállító kocsik.

Jelen fejezetben a helyszíni hideg recycling során alkalmazott egységek, valamint a mobil újrahasznosítás során használt újrahasznosító egység kerül részletes bemutatásra.

### 6.1. Kötőanyag terítő és adagoló gépek

A kötőanyagot terítő és adagoló gépek a recycling technológia legfontosabb kiegészítő gépei.

#### 6.1.1. Szilárd halmazállapotú kötőanyagot terítő gépek

A szilárd halmazállapotú kötőanyagot terítő gépek a recycler egység előtt haladva, a burkolat felületére, előre meghatározott mennyiségben, terítik a kötőanyagot. A kiszórt mennyiség beállítását számítógépes fedélzeti egység vezérli, amely modern gépek esetében független a haladási sebességtől.

Az ilyen típusú kötőanyag terítő gépek nincsenek fizikai kapcsolatban a géplánc többi elemével, azokkal vonórudak segítségével sem csatlakoznak.

A kötőanyag terítő gépek lehetnek vontatottak, önjáróak, vagy traktorra szerettek. A következő képen egy ilyen, önjáró SW 19 SC típusú, száraz kötőanyag terítőgép látható.



**2. kép: SW 19 SC típusú száraz kötőanyag terítő gép**

(Forrás: [www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de))

Egyszerű terítógép alkalmazása esetében fontos, hogy a megfelelő mennyiség kiszórását folyamatosan ellenőrizni kell valamint a kiszórt anyag egyenletes elterítését is biztosítani kell. Modern gépek esetében már ez is biztosítható fedélzeti egység segítségével. Egy ilyen, traktorra szerelt terítógépet mutat a következő kép.



**3. kép: SW 3 FC típusú terítógép**

*(Forrás: [www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de))*

### **6.1.2. Folyékony halmazállapotú kötőanyagot adagoló gépek**

A folyékony halmazállapotú kötőanyagot adagoló gépek lehetnek egyszerű tartályok, amelyből mikroprocesszorral vezérelt szivattyúk segítségével a recycler gép keverőegységbe kerül a szükséges mennyiségű kötőanyag illetve víz.

Cementejet alkalmazó technológiák esetében azonban speciális célgép alkalmazása javasolt. A gép a megfelelő cement- és vízmennyiséget előkeveri, majd zárt térben továbbjuttatja a recycler egység keverőterébe. Mivel a folyamat zárt térben megy végbe, a szuszpenzió pormentesen, így környezetbarát módon jut a keverőegységbe, ezzel lehetővé téve annak alkalmazását szeles időjárási körülmény esetében is.

A következő ábrán egy ilyen, zárt rendszerű cementtej keverő gép látható.



**8. ábra: Slurry Mixer WM 1000 cementtejkeverő gép**

*(Forrás: [www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de))*

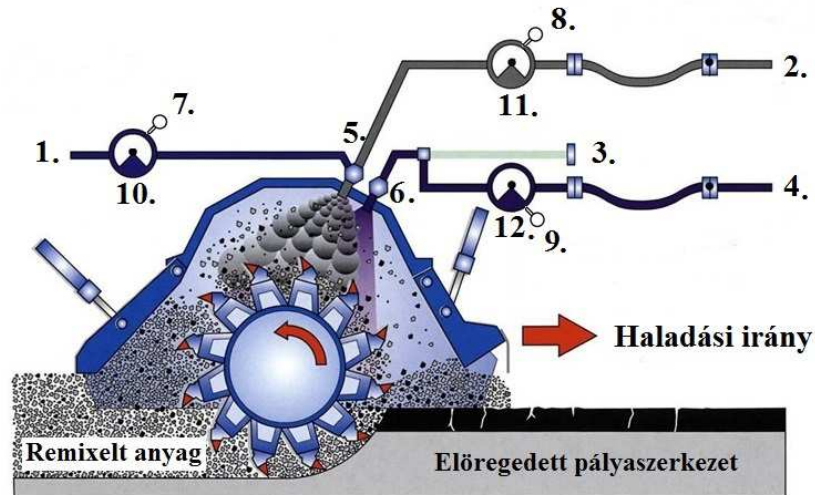
## **6.2. Recycler egységek**

A hideg eljárás során a recycler egységek két típusa, a marókeverő és a kényszerkeverő, alkalmazható.

### **6.2.1. Marókeverő**

Magyarországon a hideg helyszíni újrahasznosítás során leggyakrabban alkalmazott recycler egység a gumikerekeken mozgó marókeverő.

A marókeverő gépek a marógépek és talajstabilizáló gépek ötvözésével fejlődtek ki. A marókeverő egység alapja, hogy a burkolat marása és annak vízzel valamint kötőanyaggal történő homogenizálása egy térben, a maródobban történik. A következő ábrán a marókeverő vázlatrajza látható a hozzá tartozó adagoló rendszer elemeivel.



**9. ábra: Marókeverő és a hozzá tartozó adagoló rendszer vázlatrajza**

(Forrás: *Bebők Gábor: Bontott építési anyagok hideg helyszíni újrahasznosítása. Remix eljárások, eszközök és építési módok, 2012*)

Az ábrán feltüntetett jelölések a következők: 1: saját víztartály a habosított bitumen előállításához szükséges víz biztosítására; 2: forró bitumen vagy bitumenemulzió adagoló; 3: cementtej adagoló; 4: vízadagoló az optimális víztartalom eléréséhez szükséges víz biztosítására; 5.,6.: fúvókatisztító rendszer szabályozása; 7.,8.,9.: bitumen és vízszivattyúk szabályozása; 10.,11.,12.: bitumen és vízmennyiség ellenőrzése.

A gép előrehaladásával, a mikroprocesszorok által vezérelt szivattyú rendszeren keresztül, a keverőtérbe kerül a megfelelő nedvességtartalomhoz szükséges víz, valamint a kiválasztott folyékony vagy hab halmazállapotú kötőanyag. Mint ahogyan az már az előzőekben bemutatásra került, a porított stabilizáló szerek bedolgozására akkor van lehetőség, ha azok már a marókeverő egység előtt a burkolat felületére kiszórásra kerültek. Habosított bitumen kötőanyag alkalmazása esetében pedig a bitumen egy speciális, habosítást végző fúvókáson keresztül jut a marókeverőtérbe.

A víz és különböző stabilizáló szerek megfelelő arányú adagolását számítógépes vezérlőrendszer biztosítja. Ezen rendszer feladata, hogy a gép haladási sebességének, és az időegység alatt felmart és átkevert mennyiségnek megfelelően, mindenkor biztosítsa a keverőtérbe beadagolt kötőanyag előírt mennyiségét. Ehhez folyamatosan

méri a gép haladási sebességét, és a felmárt anyag rétegvastagságát, majd ezen adatoktól függően adagolja a számítógépbe előzetesen beprogramozott arányoknak megfelelő összetevőket, illetve habosított bitumen kötőanyag esetében a habosításához szükséges levegő mennyiségét. (Rácz, 2011)

Mivel a marókeverő gépek nem rendelkeznek szintvezérléssel, ezért ezek alkalmazásakor a pályaszerkezet megfelelő kereszt- és hosszirányú esését gréderrel kell kialakítani, a megfelelő tömörséget pedig hengerléssel lehet előállítani.

A marókeverő egységek félpályás építésre alkalmasak, melynek előnye, hogy a forgalom az fennmaradó sávokat használhatja. Azonban ezen építés hátránya, hogy az egyes épített sávok csatlakozásánál az együttdolgozás nehezebben biztosítható, mint teljes szélességben történő építés esetén.

Európában a leggyakrabban alkalmazott marókeverő típusok a WR 2000, WR 2400, WR 2500 S, valamint a WR 2500 SK ([www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de)). Az egyes gépek elnevezésében szereplő szám a gép munkaszélességét jelzi milliméterben. A következő képen egy WR 2000 típusú recycler gép és egy, előtömörítést végző, acélköpenyes henger látható.



**4. kép: WR 2000 típusú remixer**

(Forrás: *Bebők Gábor: Bontott építési anyagok hideg helyszíni újrahasznosítása. Remix eljárások, eszközök és építési módok, 2012*)

### 6.2.2. Kényszerkeverő

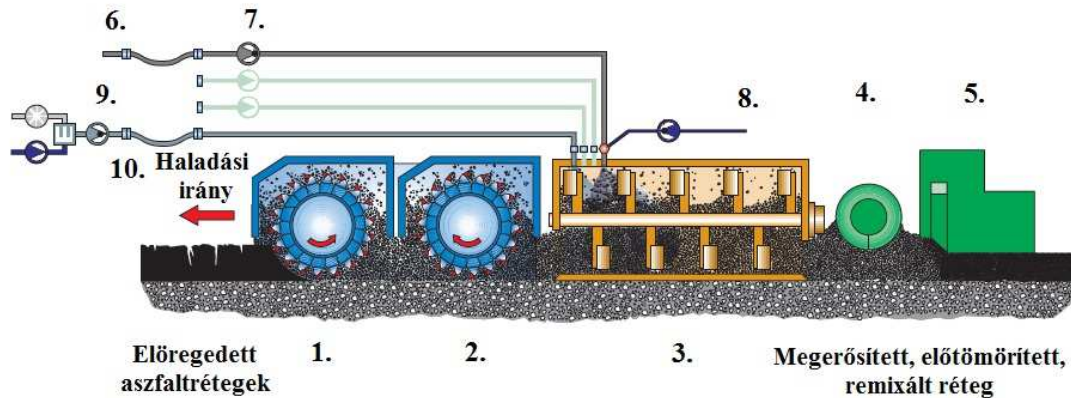
Hideg újrahasznosítás során a felújítást végző gépláncban recycling egységként kényszerkeverő is alkalmazható.

A kényszerkeverőben, a marókeverővel ellentétben a marási folyamat és az anyag keverése fizikailag elválasztottan, külön térben történik. Első fázisban megtörténik a burkolat marása, ezt követően az anyag a keverő térbe jut, ahol számítógépes vezérlés segítségével víz és különböző kötőanyagok hozzáadásával megtörténik az új keverék homogenizálása. Ezt követően a gép terítőpadjának és tömörítő egységének segítségével megtörténik az új pályaszerkezet anyagának elterítése és előtömörítése. A gép terítőpadja szintvezérelt, amely a kereszt- és hosszirányú magasságokat GPS koordináták, ultrahang, lézer vagy drót felhasználásával alakítja ki.

A kényszerkeverős remixerek alkalmazása Magyarországon még nem terjedt el. Európában a lánctalpakon haladó WR 4200 típusú remixer alkalmazása jellemző. A gép hátránya, hogy alap munkaszélessége 2800 mm, így ez ennél kisebb szélességben nem képes dolgozni. Alkalmazásának további hátránya, hogy a 24.5 m hosszú és közel 80 t tömegű gépet 11 tengelyes trélerrel lehet a munkaterületre szállítani, ami minden esetben útvonalengedély köteles szállítást jelent.

A WR 4200 típusú gép alkalmazásának előnye, hogy munkaszélessége az alap munkaszélességről 4200 mm-ig változtatható, ami egyes esetekben lehetővé tesz félpályás építést is. A gép további előnye, hogy nemcsak hosszirányban, hanem keresztirányban is keveri a burkolat anyagát, ezzel nagyobb homogenitást biztosítva a pályaszerkezetnek.

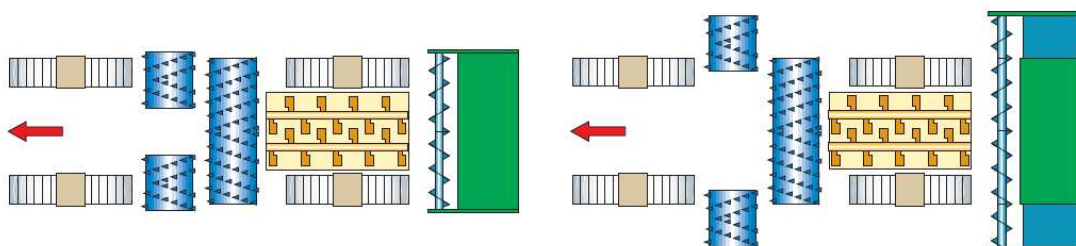
A következő ábrán a kényszerkeverő vázlatrajza látható a hozzá tartozó adagoló rendszer elemeivel.



**10. ábra: Kényszerkeverő és a hozzá tartozó adagoló rendszer vázlatrajza**  
 (Forrás: Wirtgen GmbH.: High-performance technology for road rehabilitation.  
 Cold Recycler WR 4200, 2011)

Az ábrán feltüntetett elemek a következők: 1.: változtatható szélességű maróhenger; 2.: fix szélességű maróhenger; 3.: kéttengelyű kényszerkeverő; 4.: elosztó csiga, 5.: tömörítő egység; 6.: bitumen adagoló tömlő; 7.: mikroprocesszor által vezérelt fűvókák habosított bitumen előállításához, 8.: mikroprocesszor által vezérelt vízadagoló tömlő habosított bitumen előállításához; 9.: mikroprocesszor által vezérelt cementtej adagoló tömlő; 10.: bitumenemulzió adagoló tömlő

A következő ábrán pedig a gép változtatható munkaszélességének elvi sémája látható.



**11. ábra: Kényszerkeverő változtatható munkaszélességgel**  
 (Forrás: Wirtgen GmbH.: High-performance technology for road rehabilitation.  
 Cold Recycler WR 4200, 2011)



### 6.3. Mobil vontatott törő

Az elmúlt évszázadban a mobilitási igény növekedésének következtében kialakult forgalom igényelte a szélesebb útfelületeket. Ennek megoldására általában a régi, nagy teherbírású rakott alapokra újabb rétegeket építettek, vagy azokat szélesítették. Így amikor ezen útszakaszok felújítására kerül sor, sok esetben előfordul, hogy a felújító géplánc recycler egysége nem képes a nagyméretű köveket keverni. Ezen probléma áthidalására a gépláncba törőgép kerül beiktatásra. A törőgépet általában traktor vontatja, amely előtt egy gréder halad, melynek villái a nagyméretű köveket a felszínre forgatják.

A vontatott törőgépek esetében a törőtengely fordulatszáma állandó, a szemszerkezet a haladási sebességgel szabályozható, tehát az adott szemszerkezet a megfelelő sebesség megválasztásával érhető el.

Vontatott törőgépek a magyar útépitési gyakorlatban csak ritkán kerülnek alkalmazásra.

A következő két képen a fent említett kivitelezési módszer látható. Mint ahogyan az a törés előtti és utáni állapotból látható, a mobil vontatott törőgépek kis energiaigény mellett hatékonyan alkalmazhatók a nagy burkolatdarabok aprítására.



**5. kép: Nagyméretű burkolatdarabok felszínre fordítása**

*(Forrás: Bebők Gábor: Bontott építési anyagok hideg helyszíni újrahasznosítása. Remix eljárások, eszközök és építési módok, 2012)*



**6. kép: Burkolat törése vontatott mobil törőgéppel**

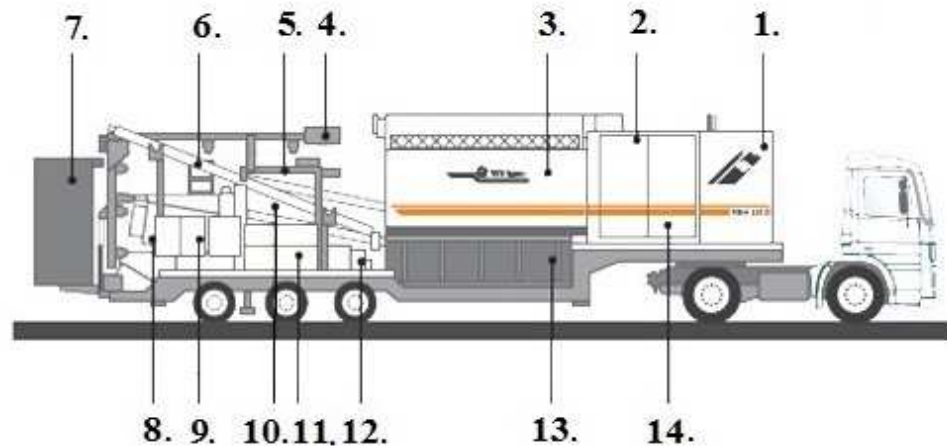
*(Forrás: Bebők Gábor: Bontott építési anyagok hideg helyszíni újrahasznosítása. Remix eljárások, eszközök és építési módok, 2012)*

#### **6.4. Mobil újrahasznosítás keverő egysége**

A mobil újrahasznosítás során egy alkalmazott keverőegység a KMA 220 típusú mobil hideg recycler egység. A gép cement, bitumenemulzió, habosított bitumen, vagy vegyes kötőanyagú keverékek előállításra egyaránt alkalmas.

A mobil keverőegység energiatakarékos dízelmotorral rendelkezik, aminek köszönhetően egy tank üzemanyag felhasználásával két napig képes dolgozni. Valamint a dízelmotornak köszönhetően az egység teljesen független a közösségi energiaellátástól is.

A következő ábrán a mobil keverő alapegységei láthatók.



**12. ábra: Mobil keverő alapegységei**

(Forrás: Wirtgen GmbH.: *A mixing plant that comes to the job site.*

*Mobile cold recycling mixing plant KMA 220, 2008)*

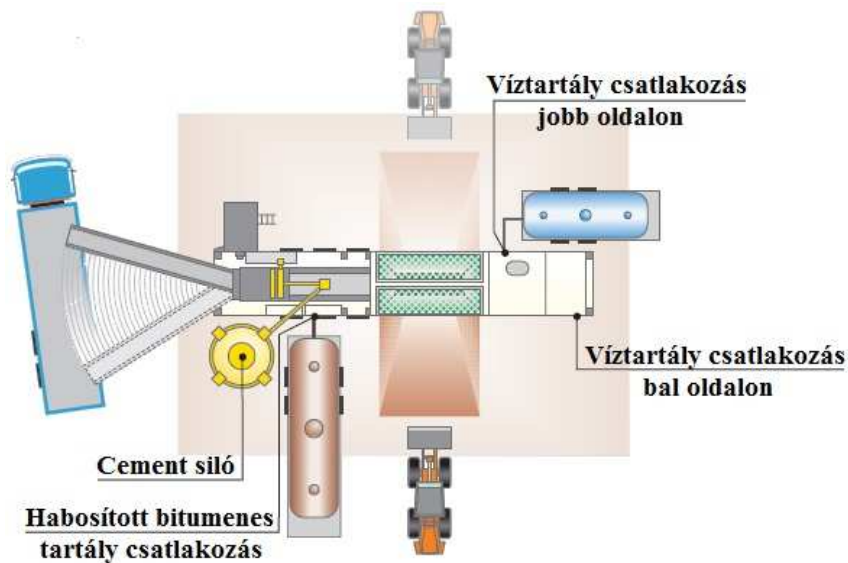
Az ábrán számmal jelölt egységek a következők: 1.: motor állomás; 2.: vizes tartály; 3.: anyagfeladó egység; 4.: szállítószalag (szállítási pozícióban); 5.: cement mennyiség ellenőrzése; 6.: cement adagoló szalag (szállítási pozícióban); 7.: kapcsolószekrény; 8.: keverődob; 9.: áramfejlesztő; 10.: betápláló szállítószalag; 11: bitumenemulziós pumpa; 12.:habosított bitumenes pumpa; 13.:lenyitható ajtó a rámpás megközelítéshez; 14.: vízadagoló rendszer

Ezen típusú gép kapacitása 200 t/h, ami azt jelenti, hogy egy 20 tonnás teherautó keveréssel való megtöltésére mindössze 6 percre van szüksége. Ez másképp kifejezve annyit tesz, hogy egy 150 m hosszú, 4 méter széles, 15 cm vastag pályaszerkezet alaprétégenek előállítását egy óra alatt elvégzi.

A gép nagy kapacitása mellett további előnye kis helyigénye, hiszen egy körülbelül 40x45 m-es területen elfér a hozzá tartozó cement, víz és bitumenadagoló egységekkel együtt.

A következő ábrán a keverőegység és a hozzá tartozó tartályok elhelyezésének vázlatja látható. A keverőegység 2,5 m széles, 19,20 m hosszú. A vizes, vagy emulziós tartályautó a keverőegység mindkét oldalán, a cementsiló pedig a gép jobb

illetve bal oldalán is elhelyezhető. A keverőegység szállítószalagjának helyzete változtatható, ezzel minden esetben biztosítva az anyag teherautóra juttatását.



### 13. ábra: A mobil keverő és a hozzá tartozó egységek elhelyezkedése

(Forrás: Wirtgen GmbH.: *A mixing plant that comes to the job site.*

*Mobile cold recycling mixing plant KMA 220, 2008)*

A mobil keverőegység alkalmazásának további előnye, hogy gyors beállíthatóságának köszönhetően, egy építési ütem során akár többszöri helyváltogatása is gazdaságosan megoldható. Valamint összeszerelése és szétbontása nem igényel különleges felszerelést.

A mobil keverők alkalmazása, a műszaki és gazdasági szempontok mellett környezetvédelmi szempontból is igen előnyös. Azzal, hogy a keverőegység az építési terület közvetlen közelében található, a szállító autók által kibocsátott széndioxid emisszió csökken. Emellett az újrahasznosítás maximális hatékonyságának köszönhetően, a pályaszerkezet teljes egészében újrahasznosítható, ami jelentős nyersanyag megtakarítást eredményez. (*A mixing plant that comes to the job site. Mobile cold recycling mixing plant KMA 220, 2008)*

## **7. HAZAI SZABÁLYOZÁS BEMUTATÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE**

Jelen fejezetben a pályaszerkezet hideg helyszíni újrahasznosításával foglalkozó Útügyi Műszaki Előírás kerül bemutatásra, kihangsúlyozva annak ellentmondásait, hiányosságait, és módosítási lehetőségeit.

A helyszíni hideg újrahasznosítás során alkalmazandó jelenleg érvényben lévő Útügyi Műszaki Előírás adatai a következők:

Címe: Bontott útépítési anyagok újrahasználata I.

Alcíme: Pályaszerkezet helyszíni hideg újrahasznosítása

Kódja: e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707:2008)

Kiadásának éve: 2008

Az útügyi előírás tárgya az útpályaszerkezetek felújítási technológiája az útpályaszerkezeti réteg felmarásával, szükség szerinti anyagpótlásával, homogenizálásával majd kötőanyaggal való átkeverésével, tömörítésével és lezárásával. A műszaki előírás megadja a tervezési, építési és minőségi követelményeket.

Az előírás tartalma a következő:

1. Alkalmazási feltételei
2. Fogalom meghatározások
3. Tervezés
  - 3.1. Állapotfelvétel
  - 3.2. A beavatkozás típusának kiválasztása, az alapréteg megtervezése
4. Építési előírások
  - 4.1. Általános építési előírások
  - 4.2. A kivitelezés eszközei
  - 4.3. A kivitelezés
  - 4.4. Burkolatépítés

- 5. Minőségi követelmények
    - 5.1. Általános követelmények
    - 5.2. Tömörség
    - 5.3. Teherbírás
    - 5.4. Geometriai követelmények
  - 6. A minőség ellenőrzése
    - 6.1. Az anyagok gyártásellenőrző vizsgálatai
    - 6.2. A stabilizáció gyártásellenőrző vizsgálatai
  - 7. Minősítés, a megfelelés igazolása
    - 7.1. Az alapréteg minősítése
    - 7.2. A burkolat minősítése
- Függelék
- F1. Méretezési példa

### **7.1. Az alkalmazás feltételei**

A műszaki előírás első fejezete, megadja a hideg helyszíni újrahasznosítási eljárás alkalmazási feltételeit. Ez alapján az eljárás az e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202.) szerinti A, B, C, D illetve E forgalmi terhelési osztályokban alkalmazható.

A forgalmi terhelési osztályok meghatározása a tervezési forgalom alapján történik, amely a tervezési élettartam során irányonként áthaladó egységtengelyek számát veszi figyelembe.

A tervezési forgalom alapján a következő terhelési osztályok különböztethetők meg:

<b>Jel</b>	<b>Forgalmi terhelési osztály</b>	<b>Tervezési forgalom (F100, millió egységtengely)</b>
A	Nagyon könnyű	0.03 - 0.1
B	Könnyű	0.1 - 0.3
C	Közepes	0.3 - 1
D	Nehéz	1 - 3
E	Nagyon nehéz	3 - 10
K	Különösen nehéz	10 - 30
R	Rendkívül nehéz	30 felett

**4. táblázat: Tervezési forgalom szerinti forgalmi terhelési osztályok**

*(Forrás: e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202.) Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése. Útügyi Műszaki Előírás)*

Ez alapján, Magyarországon a hideg remix technológia maximum 10 millió egységtengely tervezési forgalom esetén alkalmazható.

Ezzel szemben, számos külföldi építési eredmény bizonyítja, hogy a technológia a magyar előírásnál nagyobb forgalmi terhelés esetében is sikeresen alkalmazható. *(Cold recycling. Rehabilitation of a heavily trafficked road, 2005)*

Példaként említhető a kínai Jingshen Expressway, a Pekinget Sengjanggal összekötő autópálya egyes szakaszainak hideg remixszel történő felújítása, mely során a Wirtgen cég által forgalmazott WR4200-as recycler egység és a KMA 200 mobil keverő együttesen került alkalmazásra. *(www.wirtgen-group.com)*

Továbbá az előírás a hideg helyszíni újrahasznosítás alkalmazása során az e-UT 05.02.51 (ÚT 2-3.706) kódú, bontott útépitési anyagok újrahasználatára és hasznosítására vonatkozó Útügyi Műszaki Előírás követelményeinek betartása is kötelező. Az építés további feltétele az útszakasz állapotfelvétele, a próbamarás, a mintavétel, az alkalmassági vizsgálat és az előzőeken alapuló technológiai utasítás elkészítése, a pályaszerkezet és a földmű működő víztelenítése és a fagyvédelem.

Fontos követelmény, hogy az építés során alkalmazott kiegészítő anyagok meg kell feleljenek az érvényben lévő szabványoknak és műszaki előírásoknak. A beavatkozás

megtervezéséhez ismerni kell a forgalmat, a kiviteli terveket pedig a várható forgalomra és tervezett élettartamra kell elkészíteni.

## **7.2. A tervezés menete**

A fogalom meghatározásokat követően az útügyi előírás áttér a tervezés menetének meghatározására.

### **7.2.1. Állapotfelvétel**

A 3.1-es pontban meghatározásra kerülnek az állapotfelvétel során vizsgálandó adatok. Eszerint szükséges az útpálya geometriai méreteinek, forgalmának, teherbírásának, a pályaszerkezet rétegrendjének, vastagságának, anyagainak, az általaj fajtájának és a vízelvezető rendszer állapotának meghatározása, valamint az üzemeltetés során jelentkezett problémák megismerésére.

Előzetes tájékoztatásul az adatbanki adatokat is fel lehet használni, de a technológia megtervezéséhez minden esetben olyan feltárásra van szükség, amely megadja az egyes rétegek vastagságát és anyagát, továbbá kellő mennyiségű anyagot szolgáltat az alkalmassági vizsgálat elvégzéséhez.

A laboratóriumi vizsgálatához szükséges anyagmennyiséget célszerűen félszélességben, keresztirányban való próbamarással kell vételezni. Ennek során a marási mélység is megtervezhető. Tájékoztató mennyiség szakaszonként legalább 150 kg. A mintavételt követően a mar felületen tárcsás teherbírás mérést is kell végezni.

Egyes útszakaszokon előfordulhat a többszöri szélesítés miatt, hogy az útpálya két oldalának szélesítése nem azonos technológiával és különböző anyagokkal készült, így a mintavételt mindkét oldalon el kell végezni.

### **7.2.2. A beavatkozás típusának kiválasztása, az alapréteg megtervezése**

A műszaki előírás 3.2-es pontjában a beavatkozás típusának kiválasztása és az alapréteg megtervezése kerül részletezésre.

Az előírás szerint kötőanyag beépítés történhet hidraulikus, bitumenes vagy vegyes kötőanyag felhasználásával. Az egyes kötőanyagok alkalmazása a meglévő



pályaszerkezet teherbírásához kötött. A tervezés során a teherbírési osztályt kell figyelembe venni, mely az adott útszakasz behajlás értékeiből következik, melyek az Országos Közúti Adatbankból lekérdezhetőek. Eszerint hidraulikus kötőanyag alacsony (4-es, 5-ös teherbírési osztály), míg bitumenes kötőanyag csak megfelelő (3-as teherbírési osztály) teherbírás esetén alkalmazható.

A kötőanyag nélküli újrafelhasználás a tapasztalatok szerint nem biztosítja a szükséges minőséget így az nem is gazdaságos.

Az előírás kimondja, hogy a helyszíni hideg remix technológia nem alkalmazható abban az esetben, ha a felmarásra szánt réteg kockakövet, kiskövet, rakott követ, vagy betonréteget tartalmaz.

Ezzel szemben a technológiát több fejlett útépítésű ország, ilyen esetben is alkalmazza, hiszen annak technológiai korlátja nincs. Ma már villával ellátott gréderrel a nagyobb darabok kifordíthatók és azok a vontatott törőgépek segítségével a tervezett átmérőjűvé alakíthatók.

A kockakövek esetében az előírás inkább gazdasági, mint technológiai szempontokra épül, hiszen a kockakövel kialakított felületek építési költsége nagy és az építőanyag sok esetben újra felhasználható, akár más építési területen is.

Az előírás 3.2.2.-es fejezetében a hidraulikus kötőanyaggal történő stabilizálás feltételei kerülnek felsorolásra. Eszerint a hidraulikus kötőanyaggal való stabilizálás alkalmassági vizsgálatát az e-UT 06.03.52 (ÚT 2-3.207) Útügyi Műszaki Előírás C<sub>1,5/2</sub> szilárdsági osztálya szerint kell megtervezni és a vizsgálatot a módosított szemmegoszlású keverékkel kell végrehajtani. Az előírás itt ellentmondásos, hiszen a hivatkozott műszaki előírásban hidraulikus védőréteget kell az említett szilárdsági osztály szerint tervezni, burkolatalapok esetében azonban a C<sub>3/4</sub> szilárdsági osztály a követelmény.

Az említett szilárdsági osztályok nyomószilárdsági értékeit a következő táblázat tartalmazza:

Szilárdsági osztály jele	A nyomószilárdság jellemző értéke N/mm <sup>2</sup>		
	Kocka vagy henger H/D = 1	Henger	
		H/D = 1.5	H/D = 2.0
C <sub>1,5/2</sub>	2	1.7	1.5
C <sub>3/4</sub>	4	3.5	3.0

**5. táblázat: Az egyes szilárdsági osztályok nyomószilárdsági értékei**

*(Forrás: e-UT 06.03.52 (ÚT 2-3.207) Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Tervezési előírások. Útügyi Műszaki Előírás)*

A táblázatból jól látszik, hogy a vizsgált Útügyi Műszaki Előírás szilárdsági követelményei a hivatkozott előírás szerinti értékek felének felelnek meg, tehát a hidraulikus kötőanyaggal épülő hideg remix esetében kisebb szilárdság is elegendő. Azonban a mart aszfaltú adalékanyaggal készült hidraulikus keveréket is helyszínen kevert hidraulikus kötőanyagú szemcsés alapréteggként kell kezelni.

A következő, a 3.2.3.-as pontban a bitumenes kötőanyaggal történő keveréssel szemben támasztott követelmények kerülnek bemutatásra.

Eszerint a kötőanyag lehet bitumenemulzió vagy habosított bitumen, vagy más, építőipari műszaki engedéllyel (ÉME) vagy európai műszaki engedéllyel (ETA) rendelkező kötőanyag.

A bitumenemulzió nem tartalmazhat oldószert vagy fluxálószert, valamint az emulzió bitumentartalma 60-65 % között, a pH-érték pedig 3 és 9 között kell legyen.

Bitumenemulzió alkalmazása esetében a törési folyamat a keverék kiürítését követően legkorábban 1 óra elteltével fejeződjön be, és a szemek legyenek tartósan bevonva.

Az alkalmassági vizsgálatot különböző mennyiségű bitumenemulzió adagolással előállított Marshall-féle próbatestekkel kell megtervezni az e-UT 05.02.16 (ÚT 2-3.310) alaprétegre vonatkozó előírásai szerint azzal a különbséggel, hogy a Marshall-stabilitás helyett az MSZ EN 12 697-23 szabványnak megfelelő hasítószilárdságot kell meghatározni áztatás nélkül, az emulzió megtörése után egy órával.

A szemmegoszlás beállításánál ajánlott a mechanikai stabilizáció szemmegoszlását követni. A próbatesteket az MSZ EN 12 697-30 szerint kell elkészíteni. A vizsgálati léghőmérséklet a szabványtól eltérően 20-22 °C. A hasítószilárdság tájékoztató megkívánt legkisebb értéke 0,2 N/mm<sup>2</sup>.

Habosított bitumen kötőanyagú stabilizálásra az olyan anyag alkalmas, amelynek 0,063 mm alatti része 5 és 20 % között van. Ha a finomrész hiányzik, akkor legfeljebb 2 % cement vagy mész hozzáadásával lehet a kívánt stabilitást elérni. A habosított bitumenes stabilizáció alkalmassági vizsgálatát az e-UT 06.03.24 (ÚT 2-2.126) szerint kell elvégezni.

A habosított bitumennel történő stabilizálás esetében a bedolgozási idő nincs korlátozva.

A vizsgált előírás 3.2.4.-es pontja foglalkozik a vegyes kötőanyaggal történő újrahasznosítás követelményeivel.

A kötőanyagok mennyiségére tájékoztató értékeket ad meg, amely bitumenemulzió esetében 2-6 %, cement esetében pedig 3-6 %.

Mint ahogyan az már jelen diplomamunka 4.3-as pontjában is bemutatásra került, a német gyakorlatban a bitumenemulzió aránya általában 5 %. A körülbelül 2,5 %-ban jelenlévő cementnek pedig nem közvetlenül a stabilizálás a feladata, hanem annak a kémiai folyamatokban van szerepe. Magyarországon viszont a nagyarányú cementhasználat gazdasági okokra vezethető vissza, hiszen az jóval alacsonyabb költségű, mint a bitumenemulzió.

Az előírás 3.2.5.-ös pontjában a burkolat megtervezésének követelményei kerülnek bemutatásra. Eszerint a hideg helyszíni újrahasznosítás során minden esetben kiegyenlítőréteget kell tervezni a remixált alaprétetre. A burkolatot az e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202) Ütügyi Műszaki Előírásnak megfelelően a tervezési forgalom szerint kell megtervezni. Fokozatos kiépítés is megvalósítható az A, B és C forgalmi terhelési osztályokban. Ilyenkor az elkészült alaprétetet felületi bevonattal vagy hengereltaszfalttal lehet lezárni, majd 1-2 év után kerülhet rá a végleges burkolat.

Hidraulikus kötőanyagú alaprétetre legalább kétrétegű felületi bevonat vagy építőipari műszaki engedéllyel rendelkező, a forgalom nagyságának megfelelő más bevonat kerüljön.

Az aszfaltburkolatok vastagsága feleljen meg az e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202) előírás típus pályaszerkezetei közül a forgalmi terhelési osztálynak megfelelő vastagságnak azzal, hogy az alapréteg egyenértékűnek vehető a hidraulikus kötőanyagú stabilizáció 0,8-szeres vastagságával, ha a remixált alapréteg teherbírása kiegyenlíti a következő teherbírási értékeket:

Az alapréteg kora	Az alapréteg vastagsága (cm)			
	15	20	25	30
	Teherbírása (E <sub>2</sub> ) legalább, MPa			
3 nap	115	140	165	190
7 nap	140	180	220	260

**6. táblázat: Minimális teherbírási értékek az alapréteg kora szerint**

(Forrás: e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707) Bontott útépitési anyagok újrahasználata I. Pályaszerkezet helyszíni hideg újrahasznosítása. Útügyi Műszaki Előírás)

Az aszfaltréteg szükséges vastagsága a következő közelítő számítással tervezhető:

$$v = 1.2 * v_{\text{aszf}} * h_{\text{mérétezett}} / h_{\text{tényleges}}$$

ahol

- v: a szükséges vastagság
- v<sub>aszf</sub>: a méretezési utasításban a megfelelő forgalmi osztályban előírt aszfaltvastagság
- h<sub>mérétezett</sub>: a méretezési utasításban megadott alapréteg vastagság
- h<sub>tényleges</sub>: az alapréteg vastagsága (megmaradó + remixált)

Az előírás ezen része ismét ellentmondásos, hiszen az előírás 5.1.-es pontja szerint az újrahasznosított réteg minőségének meg kell felelnie az általános minőségi követelményeknek, azaz hidraulikus alapréteg esetében az e-UT 06.03.51 (ÚT 2-3.206), habosított bitumennel készült stabilizáció esetében pedig az e-UT 06.03.24 (ÚT 2-2.126) Útügyi Műszaki Előírás szerint előírtaknak.

Tehát az újrahasznosított hidraulikus alaprétegek minősége meg kell egyezzen az új építésű, hidraulikus kötőanyagú burkolatalapok minőségi követelményeivel.

Azonban ezen előírás szerint az újrahasznosított réteg vastagsága a teljesen új hidraulikus stabilizációs réteg vastagságának csak 80%-ának felel meg. Tehát a szabvány szerint 20 %-kal nagyobb vastagságban épített újrahasznosított réteg felel meg az előírásoknak, ami a minőségi követelmények teljesülése miatt nem érthető.

Ezen ellentmondást enyhíti, hogy a fent bemutatott képlet figyelembe veszi a maradó, azaz nem remixált réteg vastagságát, ezzel csökkentve a szükséges erősítő aszfaltréteg vastagságát.

Ezen ellentmondás valószínűleg arra a régi felfogásra épült, hogy a telepi újrahasznosítás során készített burkolat jobb minőséget biztosít, mint a helyszíni újrahasznosítás. Az előző évtizedben alkalmazott gépek építési vastagsága nem minden esetben volt ellenőrizhető, és építési pontosságukra adható biztonság 5-10 % volt.

Azonban elmondható, hogy ma már a hatékony, nagy pontossággal építő, újszerű gépeknek köszönhetően a helyszíni újrahasznosítással a telepi újrahasznosításnál jobb eredmények is elérhetők. Ezt bizonyítja, az M6-os autópályán épített próbaszakaszok esete is. Ott a laborvizsgálatok kimutatták, hogy a telepi újrahasznosítás során épített rétegek átlag nyomószilárdsága  $6.5 \text{ N/mm}^2$ , míg a helyszíni hideg eljárással épített rétegek átlag nyomószilárdsága  $8 \text{ N/mm}^2$  volt.

Az előírás következő, 3.2.6.os pontjában, meghatározásra kerülnek a fagyvédelemre történő ellenőrzés követelményei. Eszerint a tervezett pályaszerkezetet a talajfajta és a víztelenítés ismeretében az e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222) Útügyi Műszaki Előírás szerint ellenőrizni kell. Ha a pályaszerkezet fagyvédelem szempontjából nem felel meg, akkor azt át kell tervezni.

### **7.3. Építési előírások**

A vizsgált útügyi műszaki előírás 4. fejezetében az építési előírások kerülnek bemutatásra.

### **7.3.1. Általános építési előírások**

Az előírás Általános építési előírások című fejezetében meghatározásra kerülnek a megrendelő és vállalkozó feladatai, kötelezettségei.

Eszerint a megrendelő feladata az építés előtti állapotfelvétel, az építési munka technológiai leírása, amely magában foglalja az újrahasznosítás típusát, az útpályaszerkezet méretezését. A vállalkozó feladata az alkalmassági vizsgálat elvégzése, ez alapján a technológiai utasítás, a mintavétel és a minősítési terv elkészítése.

Itt megjegyzendő, hogy az építés előtti állapotfelvétel során a megbízó mellett az állapotfelvétel során, a tervezőnek is fontos lenne részt vennie a helyszíni bejáráson. Ezzel a tervező teljes képet kaphatna a fennálló körülményekről és így minden esetben biztosítható lenne a megbízó, a tervező és a vállalkozó közötti megfelelő kommunikáció is.

Továbbá az előírás kimondja, hogy abban az esetben, ha a megrendelő az előírásnak megfelelően tervezett munkák műveleteit nem írja elő és/vagy a keverékek összetételét előre nem adja meg, akkor a vállalkozó köteles az építési munkákra technológiai utasítást készíteni az általa alkalmazni tervezett anyagok, a létszám, az eszközök és a gépek megadásával, a munkaműveletek, a munkavédelmi intézkedések és a biztonsági szabályok leírásával. Ezeket a versenyfelhívásban a megrendelőnek tudatosítania kell a létszám, az eszközök és gépek megadásával, a munkaműveletek, a munkavédelmi intézkedések és a biztonsági szabályok leírásával.

Az anyagkeverék anyagait és annak összetételét keverék-összetételi utasításban kell a vállalkozónak előírnia. Az építéshez használandó anyagok és anyagkeverékek alkalmasságát a vállalkozónak azok beépítése előtt be kell mutatnia a megrendelőnek, a szállítóktól beszerzett megfelelőségi igazolások, vizsgálati eredmények, és ha szükséges, a vállalkozó által elvégzett vagy elvégeztetett laboratóriumi vizsgálatok eredményeivel együtt.

Továbbá a vállalkozó feladata a keverék előállítására vonatkozó keverési napló vezetése mellett a beépítésre vonatkozó adatok naponta történő feljegyzése, mint például az építési sáv szélessége vagy a naponta beépített keverék tömör térfogata.

A vállalkozónak az elvégzett munkák minőségi és megfelelőségi ellenőrzése is feladata, melyeket mintavételekkel, mérésekkel és vizsgálatokkal kell igazolni. Az anyagokra vonatkozó megfelelőségi nyilatkozatokat pedig a szállítóktól kell beszereznie.

### **7.3.2. A kivitelezés eszközei**

Az előírás 4.2.-es fejezetében a kivitelezés eszközei kerülnek meghatározásra.

Először a technológiai sorrend, majd azt követően a helyben készülő hideg remix technológiához szükséges gépek kerülnek felsorolásra.

Az előírás szerint a technológiai folyamatot a rendelkezésre álló géplánc műszaki paraméterei szerint kell megtervezni. Előnyös olyan célgép alkalmazása, amely a marást, a keverést, a kötőanyag és víz adagolását és átkeverését egy munkamenetben végzi.

### **7.3.3. A kivitelezés és burkolatépítés**

A következő, 4.3.-as és 4.4-es fejezetekben a kivitelezés és burkolatépítés szabályainak felsorolása található. Itt meghatározásra kerülnek a szélesítés, a hibajavítás, a marási művelet, a javítóanyag elterítés, a homogenizálás, a kötőanyag elterítés, a víz hozzáadás, a keverés, a tömörítés és az utókezelés követelményei is.

A kivitelezésre vonatkozóan az előírás megszabja, hogy az átmarási munkaterület egy időben az 500 métert nem haladhatja meg félpályás terelés mellett. Azonban a magyar gyakorlat tapasztalatai szerint az egyszerre munkába vehető útszakaszok hosszát fel kellene emelni 1 km-re, mert az 500 méterenkénti építés jelentősen megdrágítja a kivitelezést, hiszen a kezdő és befejező részeknél 10-10 métert kétszer kell átmarni, valamint az építés időtartama is a kétszeresére növekszik. Emellett a külföldi gyakorlati tapasztalatok szerint félpályás építés helyett teljes útzár alatt, jobb minőségi eredmények mellett, az építési költségek is jelentősen csökkennek.

A burkolatépítésre vonatkozóan az előírás megszabja, hogy a tervezett burkolatot, minden esetben kiegyenlítőrétegre, a vonatkozó előírások szerint kell megépíteni. Fokozatos kiépítés esetén az alapréteget az első ütemben legalább kétrétegű felületi bevonattal vagy egyrétegű aszfalttal kell ideiglenesen lezárni.

A burkolatépítésre vonatkozóan az előírás hiányosnak mondható, hiszen hidraulikus kötésű alapréteggént a repedés áttükröződés ellenei védelmet is meg kell oldani, amire az előírás jelen esetben nem tér ki. A hidraulikus alapréteg viselkedése miatt mindenképp repesztést vagy hézagolást kell végezni. Ez abban az esetben hagyható el, ha a remixelt rétegre az építést követő 1-2 évben csak vékony aszfaltréteget vagy felületi bevonatot terítenek, így az a forgalom hatására tud összerepedezni.

### **7.4. Minőségi követelmények**

Az előírás 5. fejezetében a minőségi követelmények kerülnek bemutatásra.

Eszerint a minőségi követelményeket az e-UT 06.03.51 (ÚT 2-3.206) szerint kell előírni azzal az eltéréssel, hogy mivel fenntartási beavatkozásról van szó, a szilárdságra előírt érték (28 vagy 63 napos) csak tájékoztatásra szolgál, minősítésre nem. A hivatkozott előírásban a védőrétegekre megadott követelményeket kell biztosítani, kivéve a teherbírást. A habosított bitumennel készülő stabilizáció követelményei pedig az e-UT 06.03.24 (ÚT 2-2.126) szerint kell előírni.

Tömörséget tekintve a stabilizáció tömörségének ki kell elégítenie az e-UT 06.03.51 (ÚT 2.3.206) Útügyi Műszaki Előírás védőrétegekre megadott értékét. A tömörség az MSZ EN 13 282-2 szerinti módosított Proctor-vizsgálattal, vagy az e-UT 09.02.35 (ÚT 2-2.124) szerinti dinamikus tömörségméréssel is vizsgálható, azonban utóbbi esetben hidraulikus kötőanyagú stabilizáció esetében az csak friss állapotban végezhető.

Teherbírást tekintve az előírás megszabja, hogy a stabilizált réteg teherbírását legkorábban csak három napos korban lehet végezni az MSZ 2509-3 szerinti tárcsás méréssel. A mért értékeknek meg kell haladniuk a 6. táblázatban bemutatott értékeket. Abban az esetben, ha a három napos korban végzett vizsgálati eredmények nem felelnek meg az elvártnak, a mérést hét napos korban meg kell ismételni és a minősítést ezek figyelembevételével kell elkészíteni.

Geometriai követelményeket tekintve az előírás meghatározza az épített réteg vastagságának, keresztirányú esésének és a burkolat szélességének ellenőrzési folyamatait és gyakoriságát, valamint az eredmények megengedettől való eltérésének arányát.



A következő fejezetekben az előírás megadja az anyagok és az épített stabilizáció gyártásellenőrző vizsgálatainak vonatkozó előírásait, valamint a minősítés és megfelelés igazolás tekintetében az alapréteg és a burkolat minősítésére vonatkozó előírásokat.

Végül az előírás függelékében egy méretezési példa is található, melyben egy B forgalmi terhelési osztályba tartozó útszakasz esetében alkalmazandó rétegvastagságok számítása látható. Ezen példa azonban a teljes alapvastagságot tekintve nem egyértelmű, hiszen nem adja meg, hogy az átkevert és megmaradó réteg együttes vastagsága az előírás 3.2.5.-ös fejezetében meghatározott 0.8-szoros egyenértékűségi tényezővel felszorozott érték vagy a valódi építési vastagság. Így ezt az előírás felülvizsgálata során pontosítani kell.

Összességében elmondható, hogy a vizsgált útügyi műszaki előírás ma már nem felel meg a műszaki és gazdasági elvárásoknak, hiszen nem követte az elmúlt 6 évben történt technológiai változásokat, ezáltal az elavulttá vált.

Az előírás javításának legfontosabb feladata az építési vastagságok valamint az alkalmazhatóság korlátainak felülvizsgálata lenne, ami a technológiai fejlődés miatt egyre sürgetőbb feladattá vált.

## 8. HAZAI ÉS KÜLFÖLDI EREDMÉNYEK, TAPASZTALATOK

### 8.1. Hazai közúthálózat helyzete

Magyarországon a közúti infrastruktúra fenntartása, fejlesztése területén az utóbbi évtizedekben az anyagi lehetőségek szűkülése figyelhető meg.

A közúthálózat különböző szintű elemei, részben a források elégtelen volta miatt, eltérő mértékben kerültek fejlesztésre. A fejlesztés mellett a fenntartásra és felújításra rendelkezésre álló források sem elegendőek. Így az európai uniós csatlakozást követően, az elsődleges feladat a törzshálózat, ezen belül is legnagyobb mértékben a gyorsforgalmi utak fejlesztése, a nemzetközi tengelyek szakaszainak kiépítése, illetve a meglévő főúti burkolatok 11,5 tonna teherbírásra történő megerősítése volt az elsődleges cél.

Így a hálózat elosztó, ráhordó és regionális összekötő útjainak állapota folyamatosan romlott. A fenntartási beavatkozások elmulasztásának eredményeként, a magyar országos utak fele nem megfelelő állapotú és körülbelül egy harmada közepes minőségű. Ezen tendencia eredményeként az alsóbbrendű utak szolgáltatási színvonala nagyon leromlott.

Az elmúlt évtizedben az Európai Unió kohéziós politikájának célja az elmaradott térségek felzárkóztatása, valamint a regionális versenyképesség biztosítása volt.

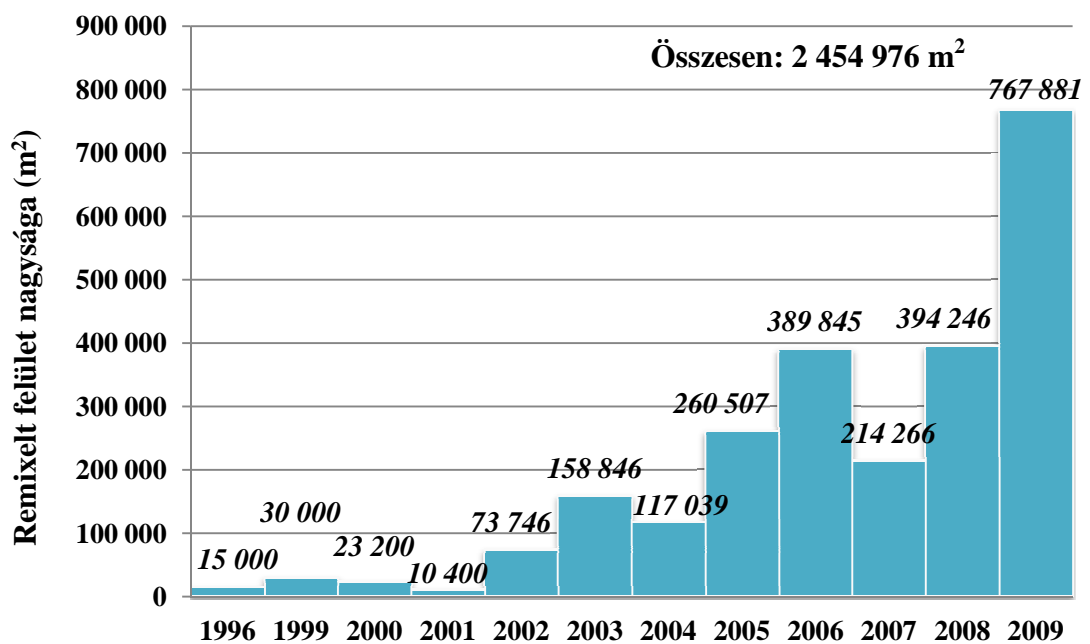
Ebben az időszakban, ahogyan erősödött a regionális szemlélet, a regionális fejlesztések szükségessége, úgy fokozódott az egyes régiók igénye a megfelelő minőségű közlekedési kapcsolatok iránt.

A 2007. december 21-én aláírt Schengeni Egyezmény a fejlesztés szükségességét még inkább erősítette, hiszen a megnyitott határok a közlekedési szokások változását eredményezték. Azonban ezen változásokat a közlekedési szolgáltatásnak is követnie kell, ezáltal a transzeurópai hálózatot alkotó gyorsforgalmi utak fejlesztése mellett a hiányzó új hálózati elemek kiépítésére, illetve a meglévő utak felújítására, teherbírásának növelésére van szükség, amelyhez a remix technológia kedvezően alkalmazható. (*Besse et al, 2009*)

## 8.2. Hazai alkalmazások

Magyarországon az igények növekedésének következtében az elmúlt évtizedben sorozatban készültek célgépekből álló géplánccal különböző forgalmú utakon és változatos összetételű burkolatokon, hideg helyszíni újrahasznosítással, útalap erősítések.

A következő diagram az 1996 és 2009 között végzett helyszíni újrahasznosítás során felújított felületek nagyságát mutatja be évenkénti bontásban.

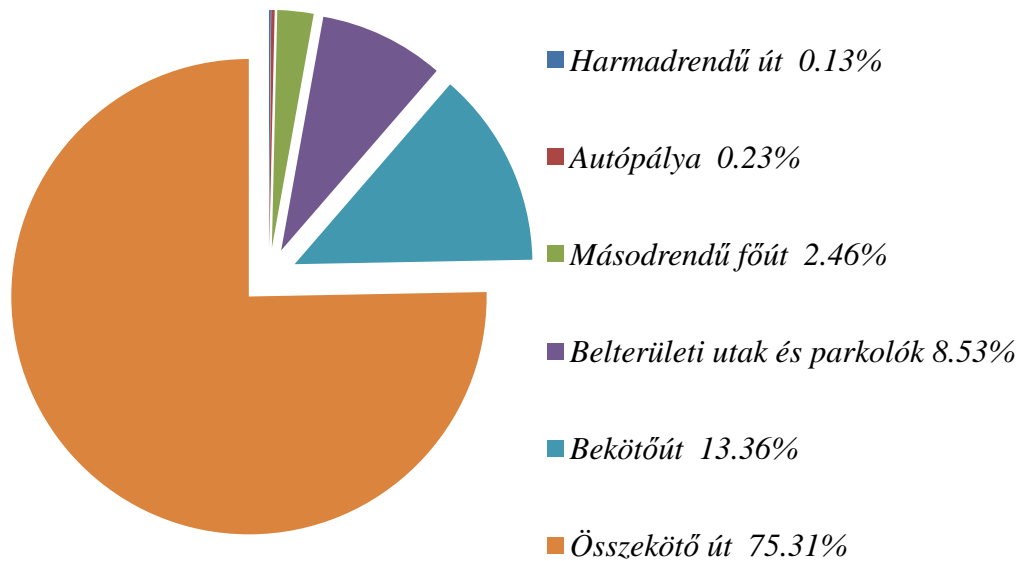


5. diagram: Újrahasznosított felületek nagysága évenkénti bontásban

(Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület, 2009)

A diagramról leolvasható, hogy 2009 végére a magyar úthálózaton összesen 2 454 976 m<sup>2</sup>-en történt hideg helyszíni újrahasznosítás. (3R Magyar Remix Egyesület, 2009) Ez a szám igen kevésnek mondható, hiszen Magyarországon, éves szinten lenne szükség körülbelül 2.5 millió m<sup>2</sup> remix technológiával készülő útfelújításra.

A következő diagramon az 1996 és 2009 között végzett felújítási munkák úthálózati elemek közötti megoszlása látható.



**6. diagram: Felújítási munkák úthálózati elemek közötti megoszlása**

(Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület, 2009)

A diagramból látszik, hogy a felújítási munkák 75 %-a negyedrendű, kisforgalmú, összekötő utakon, 13%-a pedig bekötőutakon történt. Az említett időszakban autópálya építés során a technológia egy esetben került alkalmazásra, az M0-M1 autópálya csomópont H ágán. (3R Magyar Remix Egyesület, 2009)

A rendelkezésre álló adatok és tapasztalatok alapján az elmúlt évtizedben Magyarországon végzett hideg helyszíni újrahasznosítási beavatkozások a szakirodalom szerint 4 csoportra oszthatók, melyek a következők:

1. Régi makadám burkolatok, tönkrement szélesítéssel, 1500-2500 jármű/nap forgalomnagyság esetén, cement kötőanyag alkalmazásával.
  - Általában 10-15 cm vastag 0/25-0/30 mechanikai stabilizáció terítése,
  - 20-25 cm vastag cementkötésű hideg helyszíni újrahasznosítás,
  - átlag 5-6 cm vastag lágy aszfalt vagy átlag 5 cm vastag melegaszfalt kopóréteg.

A burkolatok a forgalom hatására nem deformálódtak, teherbírásuk kielégítő, egyes esetekben az eredeti szélesítés nyomvonalában hosszanti repedések kezdeti jelei mutatkoznak. E hiba oka a szélesítés nem megfelelő minősége, ezért a teljes szélesítés kicserélése lenne indokolt.

2. Régi, tönkrement burkolatok, 2000-3000 jármű/nap forgalom nagyság esetén, vegyes kötőanyag alkalmazásával.

- A régi burkolatra 10-15 cm vastag mechanikai stabilizáció terítése,
- összességében 20-25 cm vastagságban átdarálás mellett vegyes kötés alkalmazása (cement, habosított bitumen),
- melegaszfalt kopóréteg készítése átlag 5 cm vastagságban.

A tapasztalatok szerint, forgalom alatti útépités esetében a bitumen kötés-késleltető hatása nem kedvező a forgalom zavarása miatt, azonban a tömörítési munka hatékonyabb. Ezzel az eljárással nehezebb körülmények között lehet a munkát elvégezni, az eljárás költségesebb, forgalom alatti útépitéskor nem indokolt az alkalmazása.

3. Régi, tönkrement burkolatok, mart aszfalttal történő vastagítása, 3000-5000 jármű/nap forgalom nagyság esetén, cement kötőanyag alkalmazásával.

- A pályaszerkezet vastagítását 10-15 cm vastagságban elterített mart aszfalt szolgálja,
- az aprítás, bekeverés hasonló az előbbiekhöz, a kötőanyag cement,
- a kopóréteg lágy vagy meleg, hengerelt aszfalt.

Az építési tapasztalatok igen kedvezőek, a tömörítési munka hatékony, a mart aszfalt minőségétől függően a kötőanyag nélküli útpálya a forgalmat jól viseli, hidraulikus kötőanyaggal, nyári körülmények között a vegyes kötés tapasztalataira utal.

4. 5000-8000 jármű/nap forgalom esetén erősen keréknyomvályús (5-10 cm-t is elérő) burkolatok homogenizálása.

- Eruptív kőváz hozzáadagolás terítőgéppel felhordva, a szemszerkezet kívánatos javításához tervezve,
- átdarálásos homogenizálás vegyes kötőanyaggal, illetve csak cement alkalmazásával,
- geotextília terítés után 1-2 réteg meleg hengerelt aszfalt beépítése.

A félpályás forgalomtereléssel végzett munkák után, a többéves tapasztalat szerint, a burkolat mindkét kötőanyaggal meghibásodás nélkül viseli a forgalmat. A kivitelezést nehéz körülmények között, 500 méteres félpályás terelésekkel végezték. Az eredmények igazolják, hogy ilyen körülmények között is lehet alkalmazni. (*Gulyás et al, 2006*)

### **8.3. Hazai eredmények**

Az előzőekben bemutatott adatokat elemezve elmondható, hogy hazánkban az elmúlt évtizedben a 183 esetben végzett hideg helyszíni remix beavatkozás során 163 esetben alkalmaztak cement, 1 esetben bitumen, 8 esetben vegyes kötőanyagot, a maradék 11 esetben pedig kötőanyagpótlás nélküli építés történt. (*3R Magyar Remix Egyesület, 2009*)

Ez azt jelenti, hogy hazánkban a hideg helyszíni újrahasznosítási beavatkozások 89%-ában hidraulikus kötőanyag alkalmazása történt. Azonban a hidraulikus kötőanyag mellett bitumenes kötőanyagot alkalmazva bizonyítottan jobb eredmény érhető el.

Eddig kizárólag bitumen kötőanyag adagolással készülő hideg remix egy esetben épült, a 3806 jelű, Bodroghalmot Tiszakaráddal összekötő út esetében, 300 méter hosszon, 1800 m<sup>2</sup>-es felületen.

Kísérleti jelleggel a Colas Út Zrt. gyöngyösi emulziógyártó telepén 2013 májusában 100%-ban mart aszfalttal és bitumen kötőanyaggal 4 próbaszakaszt épített. A kísérlet célja annak a bitumenemulzió adagolási aránynak a meghatározása volt, amelynek értékei helyszíni körülmények között a legjobban megközelítik a laborban előállított

keverék paramétereit, ezzel minimalizálva az adagolandó bitumen mennyiséget, így csökkentve az anyagköltséget.

A kísérlet során egy KMA-150 jelű mobilkeverő, egy finisher valamint a tömörítéshez szükséges hengerek kerültek felhasználásra.

Mind a négy próbaszakaszon az alapréteg régi betonburkolatú út volt, melyre 100 %-ban mart aszfalt, 3-4-5-6% bitumenemulzió, és 6% víztartalmú keveréket terítettek. A terítést 4 cm vastagságban finisher végezte.

A kísérlet eredményeit a következő táblázat tartalmazza:

Mért paraméterek	Laborkeverés	Próbagyártás			
Bitumenemulzió ( %)	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Teljes bitumentartalom (%)	<b>7.8</b>	6.9	8.3	8.4	9.4
Ebből emulzió (%)	<b>2.4</b>	1.8	2.4	3.0	3.6
A mart anyag bitumentartalma (%)	<b>5.4</b>	5.1	5.9	5.3	5.8
Marshall (v/v%)	<b>15.8</b>	16.3	15.9	16.1	16.7
Marhall stabilitás 1 napos korban 22°C (kN)	<b>7.1</b>				
Marhall stabilitás 7 napos korban 18°C (kN)	<b>19.6</b>	<b>14.2</b>	<b>16.3</b>	<b>15.0</b>	<b>12.3</b>
Vízérzékenység 1 napos korban (%)	<b>19.6</b>				
Vízérzékenység 7 napos korban (%)		25.2	31.6	38.7	44.7
Teljes víztartalom (%)		5.9	6.2	6.2	6.3
Ebből emulzió (%)		1.2	1.6	2.0	2.4
Víztartalom a mart aszfaltban (%)		4.7	4.6	4.2	3.9
Burkolati hézagtartalom (%)		<b>15.2</b>	<b>14.9</b>	<b>11.6</b>	<b>11.6</b>
Vastagság (cm)		3.9	3.8	4.8	6.6

**7. táblázat: Próbaszakaszok kísérleti eredményei**

*(Forrás: Zsiga György: Hideg recycling bitumenes kötőanyaggal, 2014)*

A táblázatból látszik, hogy a laborkeverés eredményeit legjobban a 4%-ban adagolt bitumenemulziós keverék közelíti meg.

A kísérleti szakaszok laboratóriumi vizsgálatainak következtetései pedig a következők voltak:

- A keverék jól bedolgozható, tömöríthető és homogén
- A munkavégzés tavasztól ősziig végezhető

- Ha a mart aszfaltban a finomrészt zúzalék hozzáadásával növelésre kerül, akkor a burkolati szabadhézag csökkenthető, azonban ez a bitumenemulzió tartalom növelését is jelenti. Ennek eredménye, hogy az előállított anyag akár kopóréteggént is alkalmazható.

Továbbá megállapítható, hogy a bitumenemulzióval kialakított felületek legnagyobb előnye a rétegek rugalmassága, ami a pályaszerkezetnek nagy ellenálló képességet biztosít a deformációkkal szemben. Azonban építésének az alapanyagok költsége szab határt:

- 1 liter bitumenemulzió ára körülbelül 500 Ft-ra, míg egy kilogramm cement ára 26 Ft-ra tehető.
- A technológiák költsége alapvetően három részből tevődik össze: keverékjavító adalékanyag kb 26%, kötőanyag kb 31%, építési munkák (marás, keverés, tömörítés) kb 43%.

Mivel a kivitelezési költségek közel harmada a kötőanyag költségétől függenek, és a bitumen kötőanyag árban nagyban felülmúlja a hidraulikus kötőanyagot, így annak alkalmazása Magyarországon nem terjedt el.

### 8.4. Hazai tapasztalatok

A hazánkban elvégzett, mintegy 300 km hideg helyszíni újrahasznosítás során felújított burkolat egyes szakaszain teljes körű utánminősítés készült, ami tapasztalati eredményekkel szolgált a helyszíni hideg remix építését illetően.

Ez a minősítés egységes rendszerben tárta fel a meghibásodások típusait és azok előfordulási arányát. A minősítés kitért a repedezettségre, az esetleges kátyúkra, a keréknyom kialakulására, a munkahézag meghibásodásokra, a kopóréteg izzadására, lesoványodására, a padka, az árok és a vízelvezetés állapotára.

Az utánminősítés eredményeként elmondható, azokban az esetekben, ahol a régi burkolat lokális meghibásodásai nem lettek az újrahasznosítás előtt kijavítva, a felújítást követő 2-3 évben a korábbi hibák megjelentek a remixelt burkolaton is.

Ezen tapasztalatokból az a következtetés vonható le, hogy ugyanúgy, mint az aszfaltréteg ráépítésével történő megerősítés esetén, a remix eljárás előtt is javítani szükséges a durva teherbírási és profilhibákat, tehát nem elegendő a kőpótlás és



kötőanyag hozzáadás. Továbbá ha szükséges, akkor a földművet is meg kell erősíteni és a vízelvezetési rendszert is megfelelő állapotra kell hozni. (*Fenntartható utak. Fenntartható útügy nemzetgazdasági szintű optimalizálása, 2013*)

## **8.5. A német és magyar gyakorlat összehasonlítása**

A német gyakorlat több szempontból is eltér a Magyarországon alkalmazott gyakorlattól. Mind az előkészítést, mind a kivitelezést illetően jelentős eltérések figyelhetők meg.

### **8.5.1. Előkészítő munkák**

Németországban a munka előkészítését tekintve az egyes folyamatok sokkal gyakorlatiasabban mennek végbe. Amikor felmerül egy útszakasz felújításának ötlete, a megbízó összehív egy kooperációt, amelynek célja, hogy a megjelent szervezetek előkészítő mérnökei teljes körűen megismerjék a beavatkozás helyszínét.

Az egyes cégek a felújítandó útszakaszon előzetes vizsgálatokat végeznek, melyek eredményeit egy felmérőlapon rögzítik.

A felmérőlap egy egyszerű táblázat, melynek első oszlopában a területen felmerült hibák, első sorában pedig az egyes cégek által kínált megoldások találhatók. A táblázat többi cellájában plusz, mínusz illetve nulla jelek láthatóak. Pluszjelet azok a cellák kapnak, ahol az egyes megoldások a hibákra javítási lehetőséget kínálnak. Mínuszjelek ott láthatóak, ahol az egyes megoldási lehetőségek nem képesek javítani a felmerült hibát, nulla jelek pedig abban az esetben fordulnak elő, ha a megoldás a hibák szempontjából semleges.

A cégek az előzetes vizsgálatokat követően előzetesen javaslatot tesznek a kivitelezés költségeire árazatlan költségvetés formájában.

Ezt követően megtörténik a felmérés kiértékelése, ami egy rendkívül egyszerű folyamat, hiszen azt a megoldást választják, amelynél a legtöbb pluszjel látható. Ezt követően a kiválasztott legjobb technológiával megtörténik a közbeszerzési eljárás kiírása, amely a technológia megnevezése mellett már az árazatlan költségvetési kiírást is tartalmazza. Ezt követően a legjobb árajánlatot adó cég végezheti a kivitelezési munkákat.

Ezzel szemben Magyarországon előzetes vizsgálatok nélkül, egy adott technológia megnevezésével kerül kiírásra a közbeszerzési eljárás. A magyar gyakorlat hiányossága, hogy a kiírások csak néhány esetben adnak lehetőséget remix eljárás alkalmazására.

A német gyakorlattal ellentétben elsőként csak ebben a fázisban készül költségbecslés. Ekkor a meghatározott árak alapján összevetésre kerülnek a beadott pályázatok. Ennek hátulütője, hogy általában az erősítő aszfaltréteggel készülő felújítási folyamatok kerülnek összehasonlításra a remix eljárással, aminek következtében a becsült költségek miatt az utóbbi technológia alul marad. Valójában pedig a két eljárás nem összehasonlítható, hiszen nem ugyanaz az eredmény érhető el a két technológiával. A remix eljárás során az alapréteg teherbíró képessége is javul, míg megerősítés esetén az alapréteg hibái megmaradnak, amelyek a terhelés hatására áttükröződnek az új rétegre is.

### **8.5.2. Kivitelezés menete**

Az előkészítő munkálatok mellett, a kivitelezésben is jelentős eltérések tapasztalhatók a magyar és német gyakorlat között.

Legfőbb különbség, hogy Németországban a hideg remix technológiát nagy forgalmú útszakaszok felújítására is használják. A gyakorlat szerint a tervezési forgalom függvényében kerül megválasztásra a konkrét technológia. Eszerint, ha a tervezési időtartam alatt 300 000 egységtengelynél nagyobb forgalom halad át az útszakaszon, lánctalpas kényszerkeverő, míg ennél kisebb forgalom esetén gumikerekes marókeverő kerül alkalmazásra.

A kivitelezés szervezésében is különbség figyelhető meg a két ország gyakorlatában. Magyarországon a hideg helyszíni újrahatszósítás félpályás lezárással történik, míg a német gyakorlat teljes útzárát alkalmaz. A teljes útzár előnye, hogy csökken a munkahelyi balesetek kockázata, az építés rövidebb idő alatt lezajlik, és végeredményben jobb minőség érhető el.

További jelentős eltérés a két ország gyakorlatában, hogy a felújítás során Németországban a padkát is cserélik. A leromlott állapotú padka anyagát 0/32-es köanyaggal feltöltik, ezzel kialakítva a megfelelő vízelvezetést. A tetejére pedig kisebb szemszerkezetű nemesített padkaanyagot terítenek.

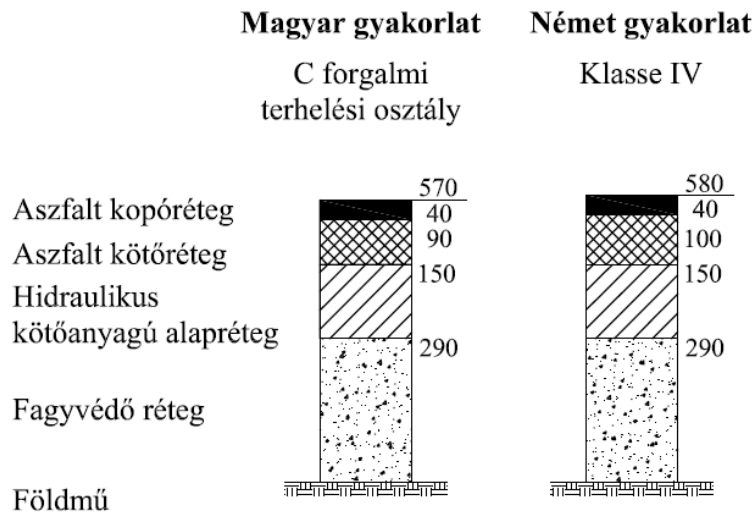
### 8.5.3. Alkalmazott kötőanyag

A német és magyar gyakorlat között az alkalmazott kötőanyagok arányaiban is jelentős eltérés figyelhető meg. A német gyakorlat szerint a cementre csak a kátrány és szurok semlegesítéséhez van szükség, így azt csak 2-2,5 %-ban, bitumenemulziót viszont 4-6 %-ban adagolnak a felmárt anyaghoz.

Továbbá míg Magyarországon a felújítások 89 %-ában cement kötőanyaggal, addig Németországban körülbelül 90%-ban bitumenemulziós kötőanyaggal történik az újrahasznosítás.

### 8.5.4. Alkalmazott rétegrend

A két ország gyakorlata az alkalmazott aszfalt mennyiségekben is eltérő. A következő ábrán a Magyarországon és Németországban alkalmazott hidraulikus pályaszerkezetek metszetei láthatóak. A magyar pályaszerkezet a vonatkozó (*e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202), e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222), e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302)*) Útügyi Műszaki Előírások szerinti hidraulikus pályaszerkezetre C forgalmi terhelési osztályban megadott típuspályaszerkezet. A német pályaszerkezet pedig a német szabvány szerint megadott típuspályaszerkezet, hidraulikus kötőanyagú alapréteg esetén, 4. tervezési osztályban, azaz 300 000 és 800 000 közötti tervezési forgalom mellett. (*Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. RStO 01, 2001*)



**14. ábra: A magyar és német gyakorlat által alkalmazott típuspályaszerkezetek**  
 (Forrás: e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202); e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222); e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302) Útügyi Műszaki Előírások; Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. RStO 01)

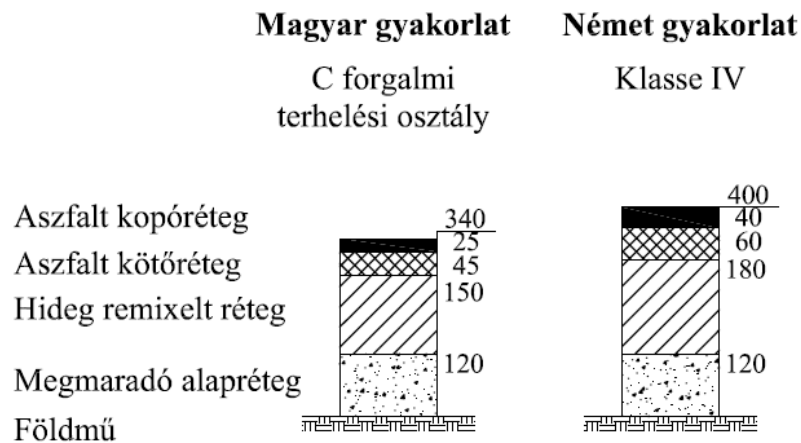
Az ábrából látható, hogy a német gyakorlat ugyanazon forgalmi tervezési kategóriában 1 cm-rel vastagabb aszfaltréteg tervezést ajánl új pályaszerkezet építés esetén.

A következő képen pedig egy, német gyakorlat szerinti, hideg remixszel épült pályaszerkezetből származó fűrt minta látható.



**7. kép: Hideg remixszel épült pályaszerkezetből származó fűrt minta**  
 (Forrás: Thomas Krause: Kaltrecycling: Erneuerung im Straßenoberbau, 2010)

A következő ábrán az említett magyar Útügyi Műszaki Előírás függelékében található méretezési példa alapján összeállított, hideg helyszíni eljárás során újrahasznosított pályaszerkezet és a német szabvány által ajánlott pályaszerkezet látható. A német gyakorlatban a hideg remixszel épülő pályaszerkezetek méretezésére, a hagyományos pályaszerkezet méretezéstől eltérő, tervezési osztály áll rendelkezésre.



**15. ábra: Hideg remixszel felújított pályaszerkezetek**

*(Forrás: e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202); e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222); e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302) Útügyi Műszaki Előírások; Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. RStO 01)*

Az ábrán látszik, hogy az azonos tervezési kategóriában alkalmazott hideg remixszel épített pályaszerkezetek aszfaltrétegeinek vastagsága között 3 cm eltérés van.

Ez a különbség alacsonyabb tervezési osztályokban még nagyobb mértékű, hiszen ezekben az esetekben a magyar gyakorlat szerint sokszor csak felületi bevonat kerül az újrahasznosított hidraulikus alaprégtegre.

**8.6. Technológiai újdonságok**

Németországban az elmúlt években a hideg helyszíni újrahasznosítás hatékonyságának növelése érdekében számos innovatív eljárás került kifejlesztésre. Ezek közül a legkiemelkedőbbek a NovoCrete és a NovoFlex hideg újrahasznosítási technológiák.

### **8.6.1. NovoCrete**

A NovoCrete egy porállagú, ásványi anyagokból álló keverék, melynek pontos receptúráját a gyártó kereskedelmi okok miatt nem hozta nyilvánosságra.

A keverék a hagyományos portlandcementhez 2%-ban kerül adagolásra, amely az optimális víztartalom mellett fokozza a cement hidratációs folyamat során létrejövő kristályszerkezet kialakulását. Ezáltal nagyobb teherbíróképességű, semleges pH értékű, vízzáró réteg alakul ki, amely nem igényel utókezelést sem.

Az így kialakult anyag előnye a normál hidraulikus kötőanyagokkal szemben, hogy nagy rugalmassággal bíró réteget képez.

További előnye, hogy széles körben alkalmazható, úgymint autópályák, ipartelepekhez vezető bekötőutak, repülőterek kifutópályái, alagutak, közműcsatornák, fa-és vastelepek, hulladéklerakók és általános alapozási feladatok esetében.

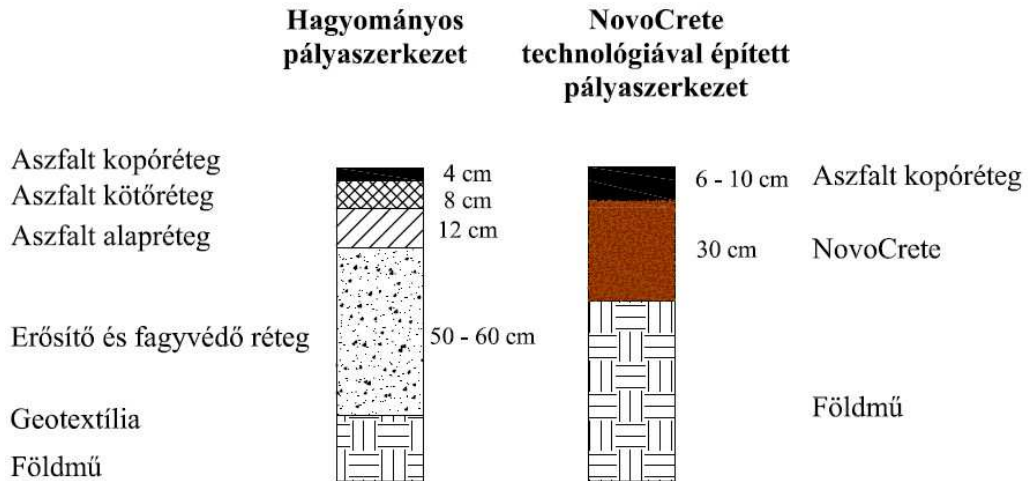
Az adalékanyag tesztelése során végzett statikus teherbírési vizsgálatok kimutatták, hogy a hagyományos módon épített pályaszerkezetek maximális teherbírása  $150 \text{ MN/m}^2$ , a NovoCrete technológiával épített pályaszerkezetek teherbírása pedig, az építést követő második napon már  $150 \text{ MN/m}^2$ -nél nagyobbra adódott.

A technológia további előnye, hogy a vízzáró felületnek köszönhetően a csapadékvíz nem tud a földműbe jutni, így azt nem tudja eláztatni. Emellett fokozottan ellenáll a savas kémhatású anyagoknak, valamint a téli fenntartás során alkalmazott sónak is.

Továbbá alkalmas szinte minden talajtípus stabilizálására, a kövér agyagtól, a homokon át, a magas szervesanyag tartalmú talajokig.

Nagy előnye alacsony javítási költsége is, hiszen alkalmazásával a repedések és kátyúk kialakulásának gyakorisága csökken.

Emellett alkalmazása idő- és költségtakarékos is, hiszen nincs szükség fagyvédő réteg építésére sem. A következő ábrán egy hagyományos módon épített, és egy, a NovoCrete technológiával épített, pályaszerkezet vázlatrajza látható, az egyes rétegek megnevezésével.



**16. ábra: Hagyományos és NovoCrete technológiával épített pályaszerkezetek**  
 (Forrás: e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202); e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222); e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302) *Útügyi Műszaki Előírás*; ibs GmbH.: *Überzeugende Argumente für den Einsatz der innovativen NovoCrete Technologie im Bereich der Bodenstabilisierung*)

A technológia további előnye, hogy a kivitelezéséhez, a hideg helyszíni újrahaznosítás során alkalmazott gépláncon kívül, nincs szükség speciális gépparkra, ezáltal építése egyszerű, speciális szaktudást nem igényel.

Az építési folyamat első lépéseként a régi aszfaltréteg felmarásra kerül. Ezt követően a gréder kifordítja a nagyobb burkolatdarabokat, majd vontatott törő segítségével beállításra kerül a megfelelő szemszerkezet. A következő munkafázisban gréder és gumikerekes henger segítségével megtörténik a profilozás. Majd a kötőanyagszóró gépek a cementet, illetve a NovoCrete adalékanyagot a felületre juttatják. Ezt követően a megfelelő mennyiségű víz adagolása mellett a gumikerekes recycler gép beépíti a burkolatot, amelynek hossz- és oldalirányú esései gréder segítségével kerülnek kialakításra. Majd megtörténik a hengerlés, a felület vízzel való kezelése és az aszfaltrétegek terítése. Azt aszfalt szilárdulását követően pedig a felület rögtön átadható forgalomnak. (*Überzeugende Argumente für den Einsatz der innovativen NovoCrete Technologie im Bereich der Bodenstabilisierung, 2012*)

### 8.6.2. NovoFlex

Egy másik, németek által kifejlesztett innovatív technológia, a NovoFlex hideg helyszíni újrahasznosítási eljárás.

Az eljárás lényege, hogy a NovoCrete-hez hasonló, vízzáró anyag alkalmazásával, a földművet minden irányból védik a szivárgó vizekkel szemben. Ezt úgy valósítják meg, hogy a vízzáró anyag felhasználásával a padka és a burkolatszél alatt 30-60 cm széles gerendát alakítanak ki, ezzel meggátolva az oldalról érkező vizek földmübe jutását. Ehhez speciális célgépre van szükség, amely képes gerenda kiképzésre a burkolat két szélén. A következő képen ez a speciális célgép látható, amely megtalálható a német Kutter GmbH. kínálatában.



**8. kép: A NovoFlex technológia építésére alkalmas célgép**

(Forrás: Kutter GmbH.: *Wirtschaftliche Erhaltungsbaupraktiken*, 2014)

A gerenda beépítését követően a meglévő burkolatot felmarják, a kötőanyaggal és a speciális adalékanyaggal, optimális víztartalom mellett átkeverik majd újból elterítik. Ezzel létrehozva egy keresztirányú vízzáró réteget is. Majd erre a rétegre vékony felületi bevonatot terítenek.



A következő ábrán egy NovoFlex technológiával felújított pályaszerkezet keresztmetszeti vázlatrajza látható.



**17. ábra: Leromlott állapotú pályaszerkezet felújítása NovoFlex technológiával**

(*Forrás: Kutter GmbH.: Wirtschaftliche Erhaltungsbauprüfungen, 2014*)

Az így előállított burkolat, megfelelő karbantartás mellett, 12-15 év múlva igényel újabb felújítási beavatkozást. (*Wirtschaftliche Erhaltungsbauprüfungen, 2014*)

Ezen innovatív technológiák egyre nagyobb szerepet töltenek be a világ útépitési gyakorlatában, azonban ezen eljárások hazai alkalmazása még várat magára. Holott magyarországi elterjedésével a hazai úthálózat alsóbb rendű elemei is maradéktalanul tölthetnék be funkciójukat.

## **9. ÉRTÉKELÉS ÉS JAVASLAT**

A hideg remix eljárás, valamint a hozzá kapcsolódó hazai szabályozás és külföldi eredmények megismerését követően megállapítható, hogy a technológia magyarországi alkalmazása a közel 15 éves gyakorlat ellenére, a szabályozás elavultsága miatt még mindig nem megfelelő.

A vonatkozó Útügyi Műszaki Előírás hiányosságainak és ellentmondásainak áttekintésére, illetve a hazai gyakorlat részletes bemutatására már a korábbi fejezetekben sor került. Jelen fejezetben, ezen tények ismeretében, a magyar gyakorlat értékelése látható, valamint annak hiányosságaival kapcsolatban javaslattételre is sor kerül.

A hazai gyakorlat első és egyik legnagyobb problémája, hogy a helyszíni hideg remix eljárások alkalmazásának sokszor már a közbeszerzési eljárások gátat szabnak. Mint ahogyan az már a 8.5.1-es fejezetben bemutatásra került, a magyar gyakorlat szerint a pályaszerkezet felújítási munkák során előzetes vizsgálatok nélkül kerülnek kiírásra a közbeszerzési eljárások. Ezekben legtöbbször az erősítőrétegek építése mellett nem szerepel alternatívaként a helyszíni hideg remix eljárás.

Azokban az esetekben, amikor ez a lehetőség mégis adott, a remix technológia költségei sokszor nem felelnek meg a beruházásra szánt keretösszegeknek. Ennek egyik oka, hogy a 2-3 km hosszú szakaszok felújításakor a géppark bérlése és annak felvonulása nem lehet költséghatékony megoldás.

További probléma a közbeszerzési eljárásoknál, hogy a hideg remixes felújítás, ami az új alaprétegnek köszönhetően jelentős teherbírás növekedést eredményez és a korábbi hibák okait is megszünteti, az egyszerű erősítőréteges megoldással kerül összehasonlításra, ami eredményeiben alulmúlja az említett eljárást, ezért tulajdonképpen nincs is értelme összevetni a két eljárás költségeit.

A közbeszerzési eljárásokkal kapcsolatos problémákra az előzetes vizsgálatok adhatnak jó megoldást. Így, a német gyakorlathoz hasonlóan, az eredmények függvényében előre meghatározható lenne a felmerült problémára legalkalmasabb megoldási módszer, és az eljárás során már az adott technológiák szerint lehetne versenyeztetni a vállalkozókat.

A hazai gyakorlattal kapcsolatos másik fontos problémakör a szabályozás. Hazánkban a vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások elavultsága miatt a helyszíni hideg remix technológiában rejlő lehetőségek nincsenek maximálisan kihasználva.

Az ezzel kapcsolatos legnagyobb probléma az előírás által rögzített használhatósági korlátok. Hiszen eszerint a technológia csak A, B, C, D és E forgalmi terhelési osztályokban alkalmazható. Tehát a szabályozás szerint csak kis- és közepes forgalmú utak felújítása során használható az eljárás, ezt azonban a külföldi gyakorlat eredményei megcáfolják. Hiszen Európa fejlett útépítésű országaiban alkalmazzák a technológiát autóutak és autópályák esetében is.

Egy újabb problémát jelentenek a remixelt pályaszerkezetre megadott rétegvastagságok is. A szabályozás itt ellentmondásos, hiszen a remixált alapréteg minőségi követelményei szerint meg kell feleljen az újépítésű rétegek minőségének, azonban a számítások során annak vastagságának csak 80%-ban vehető figyelembe.

Ezen problémák feloldása érdekében mielőbb végre kellene hajtani a műszaki előírások korszerűsítését. Így az alkalmazhatóságot ki kellene terjeszteni magasabb forgalmi terhelési osztályokra és a német szabványhoz hasonlóan új pályaszerkezet tervezési kategóriát kellene létrehozni a hideg remixel épült felújítások esetére, ezzel biztosítva az anyagok maximális kihasználását.

Fontos problémakör továbbá az alkalmazott kötőanyag kérdése is.

Magyarországon az útfelújítások során a leggyakrabban alkalmazott kötőanyag a cement. Ezen anyag legnagyobb hátránya, hogy jelentősen növeli a pályaszerkezet merevségét, és hidraulikus kötőanyag lévén alkalmazása során nem kerülhető el a zsugorodási repedések kialakulása sem. Emellett a burkolat utókezelése miatt az építést követően az nem adható át rögtön a forgalomnak.

A problémára megoldást adhat a bitumenemulzió vagy habosított bitumen kötőanyag nagyobb arányú alkalmazása, hiszen az rugalmasságot biztosít, valamint védelmet nyújt a pályaszerkezetnek a víz és nyomás okozta terhelésekkel szemben is. Ezen kötőanyag alkalmazásának Magyarországon jelenleg a költségek szabnak határt, azonban a szabályozás felülvizsgálatával ez is változhat.

## 10. ZÁRSZÓ

A XXI. században a fenntartható fejlődés értelmében egyre nagyobb szükség mutatkozik a környezetbarát, energiatakarékos és költséghatékony technológiák iránt. Az útépités területén a természeti erőforrásokkal való takarékoskodás egyik leghatékonyabb módja a helyszíni hideg remix technológia alkalmazása az útfelújítások során.

A korszerű munkagépeknek és a több évtizedes külföldi tapasztalatoknak köszönhetően ma már a hideg remix eljárás egy teljes értékű alternatívája lehet a hagyományos módon épített pályaszerkezet erősítéseknek.

A technológia sajátosságainak ismerete, az eljárás hatékonyságát legjobban támogató szabályozás és modern, környezettudatos gondolkodás mellett a helyszíni hideg remix technológia lehet a megoldás Magyarország közúthálózatának minőségi problémáira. Ezért elengedhetetlen hazánk útépitési gyakorlatában is szélesebb körben megismertetni és alkalmazni a technológiát. Továbbá fontos a hazai szabályozás külföldi tapasztalatok alapján való korszerűsítése is, ezzel biztosítva a hideg remix technológia megfelelő műszaki hátterét.

Az elmúlt 15 év tapasztalatai alapján összegezve elmondható, hogy a helyszíni hideg remix eljárás Magyarországon egy gazdaságilag, műszakilag és környezeti szempontból is megtérülő módja az útfelújításoknak, útkorszerűsítéseknek. Ezért a közeljövőben a hazai útépitési gyakorlat egyik legfontosabb feladata a helyszíni hideg remix technológia fejlesztése Magyarországon.

**11. IRODALOMJEGYZÉK**

1. 3R Magyar Remix Egyesület: Hideg remix technológiával végzett útalap felújítások Magyarországon a kezdetektől-napjainkig. Összesítő táblázat, 2009
2. Bebők G.: Bontott építési anyagok hideg helyszíni újrahasznosítása. Remix eljárások, eszközök és építési módok című előadásvázlat, Budapest, 2012
3. Besse L. - Hamarné Szabó M. - Szőke Gy.: Újrahasznosított technológiák helye és szerepe a hazai közúthálózaton, Közlekedésépítési Szemle 59. évfolyam 3. szám., Budapest, 2009
4. Dr. Ambrus K. - Dr. Pallos I.: Közlekedési létesítmények pályaszerkezetei című egyetemi jegyzet. Budapest, 2004
5. Dr. Fi I. - Dr. Bocz P. - Galuska J. - Dr. Kisgyörgy L. - Dr. Makula L. - Dr. Schuchmann G. - Vasvári G.: Úthálózatok méretezése és tervezése. TERC Kft., Budapest, 2012
6. Dr. Gulyás A. - Dr. Boromisza T. - Dr. Töröcsik F.: A hideg helyszíni újrahasznosítás tapasztalatai Magyarországon. Közúti és mélyépítési szemle. 56. évfolyam 5. szám, Budapest, 2006
7. Dr. Nemesdy E.: Útpályaszerkezetek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989
8. Dr. Pallos I.: Aszfaltok újrahasznosításának meleg eljárásos technológiái. Egyetemi előadásvázlat, Budapest, 2011
9. Dr. Szakos P., Dr. Pallos I, Dr. Pethő L., Almássy K., Nagy Á., Tomascsek T.: Útépités és fenntartás című egyetemi jegyzet, Budapest, 2011
10. Dr. Szakos P.: Közutak fenntartása. Útüzemeltetés és fenntartás. Egyetemi előadásvázlat, Budapest, 2010
11. Fenntartható utak. Fenntartható útügy nemzetgazdasági szintű optimalizálása. Munkabizottsági jelentés. Budapest, 2013

12. ibs GmbH.: Überzeugende Argumente für den Einsatz der innovativen NovoCrete Technologie im Bereich der Bodenstabilisierung című előadás, Stuttgart, 2012
13. Infrastruktúra létesítmények kivitelezése című egyetemi jegyzet, Budapest, 2004
14. Inreco Hungary Kft.: Helyszíni meleg aszfalt újrahasznosítás. - Az Inreco Hungary Kft. hivatalos kiadványa, Budapest, 2011
15. Inreco Hungary Kft.: Hideg remix útrehabilitáció. - Az Inreco Hungary Kft. hivatalos kiadványa, Budapest, 2011
16. Krause, T.: Kaltrecycling: Erneuerung im Straßenoberbau című előadás, Kassel, 2010
17. Kubányi Z.: Meleg újrahasznosítási eljárások című előadásvázlat, Budapest, 2014
18. Kutter GmbH.: Wirtschaftliche Erhaltungsbauweisen című előadás, Coesfeld, 2014
19. Rácz K.: Betontechnológiai gépek II. Egyetemi tananyag. Budapest, 2011
20. Regösné Knoska J.: Az aszfaltburkolatok újrafeldolgozása hidegen, habbitumen alkalmazásával.
21. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. RStO 01 - Németországi útépitési szabvány, Köln, 2001
22. Veith G.: Kaltrecycling mit Schaumbitumen. Strassen und Tief bau, 55. k. 7–8. sz, 2001.
23. Wirtgen GmbH.: A mixing plant that comes to the job site. Mobile cold recycling mixing plant KMA 220. - A Wirtgen GmbH. hivatalos kiadványa, Windhagen, 2008
24. Wirtgen GmbH.: Cold recycling. Rehabilitation of a heavily trafficked road. – A Wirtgen GmbH. hivatalos kiadványa, Windhagen, 2005

25. Wirtgen GmbH.: Cold recycling. Wirtgen Cold Recycling Technology. - A Wirtgen GmbH. hivatalos kiadványa, Windhagen, 2012
26. Wirtgen GmbH.: Foamed Bitumen - The innovative binding agent for road construction. - A Wirtgen GmbH. hivatalos kiadványa, Windhagen, 2009
27. Wirtgen GmbH.: High-performance technology for road rehabilitation. Cold Recycler WR 4200. - A Wirtgen GmbH. hivatalos kiadványa, Windhagen, 2011
28. Wirtgen GmbH.: Preliminary testing for determining the mix quality - Laboratory-scale foamed bitumen plant WLB 10S - A Wirtgen GmbH. hivatalos kiadványa, Windhagen, 2009
29. [www.kti.hu](http://www.kti.hu) - A Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. hivatalos honlapja
30. [www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de) - A Wirtgen GmbH. hivatalos honlapja
31. [www.wirtgen-group.com](http://www.wirtgen-group.com)
32. Zsiga Gy.: Hideg recycling bitumenes kötőanyaggal című előadásvezet, HAPA XV. Aszfaltkonferencia, Balatonalmádi, 2014

**A szövegben említett és használt útügyi műszaki előírások és magyar nemzeti szabványok:**

- e-UT 05.02.15 (ÚT 2-3.301-8): Útépitési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt.
- e-UT 05.02.16 (ÚT 2-3.310): Kationaktív bitumenemulzió kötőanyagú alaprétegek, útburkolatok és kátyúzókeverékek
- e-UT 05.02.31 (ÚT 2-3.710): Útbeton betonhulladék újrahasznosításával
- e-UT 05.02.51 (ÚT 2-3.706): Bontott útépitési anyagok újrahasználata és hasznosítása. Általános feltétele
- e-UT 05.02.52 (ÚT 2-3.707): Bontott útépitési anyagok újrahasználata I. Pályaszerkezet helyszíni hideg újrahasznosítása
- e-UT 05.02.53 (ÚT 2-3.708): Bontott útépitési anyagok újrahasználata II. Telepen történő hideg újrahasznosítás
- e-UT 05.02.55 (ÚT 2-3.709): Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek helyszíni újrafelhasználása melegremix eljárással
- e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222): Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai
- e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202): Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése
- e-UT 06.03.21 (ÚT 2-3.302): Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek. Építési feltételek és minőségi követelmények
- e-UT 06.03.24 (ÚT 2-2.126): Habosított bitumennel keverőtelepen készülő útpályaszerkezeti alapréteg
- e-UT 06.03.51 (ÚT 2-3.206): Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Építési előírások



- e-UT 06.03.52 (ÚT 2-3.207): Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei.  
Tervezési előírások
- e-UT 09.02.31 (ÚT 2-2.117): Dinamikus teherbírásmérés
- e-UT 09.02.35 (ÚT 2-2.124) Dinamikus tömörség- és teherbírásmérés kistárcsás könnyű ejtősúlyos berendezéssel
- MSZ 2509-3: Útpályaszerkezetek teherbíró képességének vizsgálata. 3. rész: Tárcsás vizsgálat
- MSZ EN 12 697-30: Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei. 30. rész: Próbatestek készítése döngölővel
- MSZ EN 12697-23: Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei. 23. rész: Aszfalt próbatestek hasító-húzó szilárdságának meghatározása
- MSZ EN 13 282-2: Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 2. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a vízadagolás vizsgálati módszerei. Proctor-tömörítés.