

SZAKDOLGOZAT

Hagyományos és újszerű technológiák az utak karbantartása során

OE-YBL
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Hrabovszki György





ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hrabovszki György László

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Települési

A dolgozat címe: Hagyományos és újszerű technológiák az utak karbantartása során

A dolgozat címe angolul: Traditional and new technologies during road maintenance

A feladat részletezése: Az útburkolatok leromlási folyamatai során keletkező hibák okai, megelőzési lehetőségei és a javításuk során alkalmazott hagyományos és újszerű lehetőségek.

Intézményi konzulens neve: Dr. Macsinka Klára Éva

A kiadott téma elévülési határideje: 2029. 12. 31.

Beadási határidő: 2024. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2024. 10. 21.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 74.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 12. 15.

[Signature]

belső konzulens

[Signature]

külső konzulens

Here Zsolt
Magyar Közút Nonprofit Zrt.

**SZAKDOLGOZAT
KONZULTÁCIÓS NAPLÓ**

Hallgató neve: Hrabovszki György

Dolgozat száma: [REDACTED]

Oktatási azonosítója: [REDACTED]

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: [REDACTED]

Építőmérnöki

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Települési

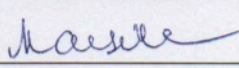
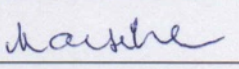
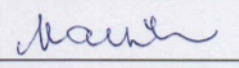
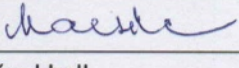
A dolgozat címe magyar nyelven: Hagyományos és újszerű technológiák az utak karbantartása során

A dolgozat címe angol nyelven: Conventional and innovative technologies in road maintenance

Belső (kari) konzulens neve: Dr. Macsinka Klára

Külső konzulens neve: Here Zsolt

Külső konzulens munkahelye: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

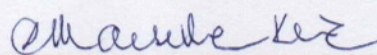
ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	2024.10.20.	A téma konkretizálása, a dolgozat szerkezeti vázának megbeszélése	
2.	2024.11.14.	A gyakorlati tapasztalatok, megtörtént javítási munkák és kivitelezések tapasztalatainak fontossága.	
3.	2024.11.29.	Ábrák és képek elhelyezésének fontossága, gyakorlati kivitelezési munkákról készült képek kiválasztása	
4.	2024.11.14	Irodalomjegyzék és a kötelező formai elemek megbeszélése	

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt: Budapest, 2024. december 15.



belső (kari) konzulens

* A megfelelő aláhúzendő.

**SZAKDOLGOZAT
KONZULTÁCIÓS NAPLÓ**

Hallgató neve:Hrabovszki György

Dolgozat száma: [REDACTED]

Oktatási azonosítója: [REDACTED]

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: [REDACTED]

Építőmérnöki

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Települési

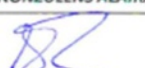
A dolgozat címe magyar nyelven: Hagyományos és újszerű technológiák az utak karbantartása során

A dolgozat címe angol nyelven: Conventional and innovative technologies in road maintenance

Belső (kari) konzulens neve: Dr. Macsinka Klára

Külső konzulens neve: Here Zsolt

Külső konzulens munkahelye: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	2024.09.05.	A téma konkretizálása, a dolgozat irányvonalának megbeszélése	
2.	2024.10.25	Az aszfaltrácsok témájának egyeztetése	
3.	2024.11.21.	A gyakorlati tapasztalatok és kísérleti projektek megbeszélése	
4.	2024.11.25.	A termékszabványok és vonatkozó kormányrendeletek hatályos változásainak megbeszélése	
5.	2024.12.03.	A térfogatváltozó agyagtalajok témájának megbeszélése	

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomatervezés/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt: Budapest, 2024. december 15.

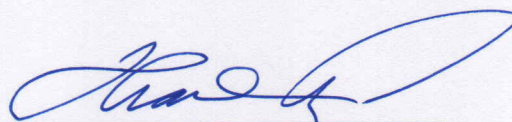

külső konzulens

* A megfelelő aláírással.

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Hrabovszki György hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Budapest, 2024. december 15.



hallgató

Apunak

TARTALMI KIVONAT

Hagyományos és újszerű technológiák az utak karbantartása során

Hrabovszki György

A közlekedés alapvető szerepet játszik a modern társadalmak életében. Elengedhetetlen a gazdasági fejlődéshez, a társadalmi mobilitáshoz és a mindennapi életünkhöz. Azonban a közlekedés növekvő volumene jelentős kihívások elé állítja a közlekedési infrastruktúrát, melynek egyik legszembetűnőbb következménye a burkolatromlás. A közlekedési eszközök okozta terhelés idővel repedéseket, gyűrődéseket és egyéb károsodásokat okoz, amelyek nemcsak esztétikai problémát jelentenek, hanem a közlekedés biztonságát is veszélyeztetik. A forgalom mellett természetesen a környezeti hatások, valamint a földműszerkezeti jellemzők is befolyással vannak az útpályaszerkezet állapotára. A burkolatromlás következtében nő a balesetek kockázata, valamint a javítási költségek is drasztikusan emelkednek.

A burkolatromlás ellensúlyozása érdekében számos fenntartási technológia alakult ki. Az utak rendeltetésszerű és biztonságos üzemeltetését biztosító karbantartási munkák – kátyúzás, marás, felületi bevonatok, lokális pályaszerkezetcserek stb. – mellett egyre fontosabbak a tervezett és ütemezett fenntartási technológiák, melyek a meglévő közút forgalmi igényeknek való megfelelést szolgálják. Ezek a felújítási eljárások – pályaszerkezet erősítések, pályaszerkezet cserek – már a fejlesztés előszobájának tekinthetők, de még a meglévő pályaszerkezet használati értékét növelik.

Az elmúlt évtizedben előtérbe került fenntarthatósági szempontok számos innovatív eljárást hívtak életre, melyek során korábban hulladékként kezelt anyagokat használnak fel a szakemberek a pályaszerkezetek tulajdonságainak javítására.

Dolgozatomban a hagyományos felújítási technológiákon keresztül szeretnék rávilágítani az újszerű anyagok létjogosultságára a közútfenntartási tevékenységben, különös tekintettel a békés megyei erősen térfogatváltozó agyagtalajok esetében. Amennyiben az olvasó elfogultságot érez a dolgozatban az aszfaltrácsok irányába, nem téved. A nemzetközi és hazai tapasztalatok azt mutatják, hogy ezek az anyagok a földmű illetve a teljes pályaszerkezet cseréje nélkül, gazdaságosan tudják javítani a pályaszerkezetek teherbírását.

ABSTRACT

Conventional and innovative technologies in road maintenance

György Hrabovszki

Transport plays a fundamental role in modern societies. It is essential for economic development, social mobility and our daily lives. However, the increasing volume of transport poses significant challenges to the transport infrastructure, one of the most striking consequences of which is pavement deterioration. Over time, the load caused by transport vehicles causes cracks, creases and other damage, which not only pose an aesthetic problem, but also endanger traffic safety. In addition to traffic, environmental effects and earthworks also naturally influence the condition of the road structure. As a result of pavement deterioration, the risk of accidents increases and repair costs also increase drastically.

Several maintenance technologies have been developed to counteract pavement deterioration. Maintenance work to ensure the proper and safe operation of roads – potholes, milling, surface coatings, local pavement replacements, etc. – in addition to planned and scheduled maintenance technologies, which serve to meet existing road traffic demands, are becoming increasingly important. These renovation procedures – pavement reinforcements, pavement replacements – can already be considered the antechamber of development, but they also increase the use value of the existing pavement.

The sustainability aspects that have come to the fore in the past decade have given rise to numerous innovative procedures, in which professionals use materials that were previously treated as waste to improve the properties of pavement structures.

In my thesis, I would like to highlight the reason of novel materials in road maintenance activities through traditional renovation technologies, with particular attention to the highly volume-changing clay soils of Békés County. If the reader feels a bias in the thesis towards asphalt grids, he is not mistaken. International and domestic experiences show that these materials can economically improve the load-bearing capacity of these pavement structures without replacing the earthworks or the entire pavement structure.

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALMI KIVONAT.....	1
ABSTRACT.....	2
TARTALOMJEGYZÉK	3
1. BEVEZETÉS.....	5
2. A MEGELŐZŐ FENNTARTÁSI TECHNOLOGIÁK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	7
2.1. KÖZLEKEDÉSGAZDÁLKODÁSI ALAPELVEK.....	7
2.2. AZ ÚTFENNTARTÁS PÉNZÜGYI MEGKÖZELÍTÉSE.....	10
2.3. A GAZDÁLKODÁSI RENDSZEREK SZEREPE A FINANSZÍROZÁSBAN	11
2.4. AZ ÚTFENNTARTÁS BEAVATKOZÁSI KRITÉRIUMAI	12
2.5. A BEAVATKOZÁSOK PROGRAMOZÁSA	13
3. ÚTBURKOLATFENNTARTÁSI BEAVATKOZÁSOK.....	15
3.1. FENNTARTÁSI TECHNOLOGIÁK SZEREPE ÉS ALKALMAZÁSA	15
3.2. A TEVÉKENYSÉGEK SZABÁLYOZÁSA.....	16
3.3. A MEGELŐZŐ FENNTARTÁSI TECHNOLOGIÁK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	18
4. HAGYOMÁNYOS BURKOLATFENNTARTÁSI ELJÁRÁSOK.....	20
4.1. HELYREÁLLÍTÁSI TECHNOLOGIÁK.....	21
4.1.1. Felületi bevonatok.....	21
4.1.2. Repedés- és hézagkiöntés	21
4.1.3. Profilmarás.....	22
4.1.4. Újrafelhasználás (recycling).....	23
4.1.5. Hidegrecovery eljárások	29
4.1.6. Új kopóréteg építése	32
4.1.7. Aszfaltmakadám burkokatok profiljavítása.....	33
4.2. A FELÜLETI BEVONAT PMS JELLEMZŐI.....	34
4.3. A TECHNOLOGIÁVAL ELÉRHETŐ ÉLETTARTAM.....	35
5. KORSZERŰ BURKOLATJAVÍTÁSI ELJÁRÁSOK	36
5.1. ENERGIATAKARÉKOS ÉS KEDVEZŐ SZÉNLÁBNYOMÚ PÁLYASZERKEZET VISSZANYERT ANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁVAL	43

5.2.	ASZFALTOK MARADANDÓ ALAKVÁLTOZÁSSAL SZEMBENI ELLENÁLLÁSÁNAK JAVÍTÁSA	43
5.3.	A MART ÉS BONTOTT ASZFALT ÚJRAFELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK NÖVELÉSE.....	44
5.4.	ÜVEGTARTALMÚ ASZFALT	46
5.5.	GUMIVAL MODIFIKÁLT BITUMEN ÉS EBBŐL GYÁRTOTT ASZFALT	46
5.6.	FORTA-FI 3D SZÁLERŐSÍTETT ASZFALT TECHNOLÓGIA.....	49
5.7.	AZ ASZFALTBURKOLATOK ÉLETTARTAMÁNAK NÖVELÉSÉRE IRÁNYULÓ MEGOLDÁSOK.....	49
5.8.	STABILIZÁLT VASTAG BEVONAT.....	50
5.9.	BAZALTBETON PÁLYATÁBLA CSERE	52
5.10.	CONCRETECANVAS BETONPAPLAN ALKALMAZÁSA TÖLTÉSTEST STABILIZÁLÁSÁRA	53
6.	ASZFALTRÁCSOK	55
6.1.	FOGALOM MEGHATÁROZÁS.....	56
6.2.	MŰSZAKI JELLEMZŐK	57
6.3.	AZ ASZFALTRÁCSOK ALKALMAZÁSI KÖVETELMÉNYEI	59
6.4.	ÖSSZEGZÉS.....	62
6.5.	MEGTÉRÜLÉS.....	64
6.6.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	65
7.	AGYAGTALAJRA ÉPÜLT PÁLYASZERKEZETEK MEGERŐSÍTÉSE	66
7.1.	AGYAGOS TALAJOK JELLEMZŐI	66
7.2.	A KÁROSODÁSOK KIALAKULÁSA AZ AGYAGOS FÖLDMŰVEKEN	68
7.3.	A BURKOLATLEROMLÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	81
7.4.	A BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK ÉRTÉKELÉSE ÉS JAVÍTÁSI ELVEK	81
7.5.	BEAVATKOZÁS A FÖLDMŰTESTBE.....	88
7.6.	BEAVATKOZÁS A KÖRNYEZETI HATÁSOK BEFOLYÁSOLÁSÁVAL	88
7.7.	BEAVATKOZÁS AZ ÚTBURKOLAT RENDSZERÉBE	89
7.8.	VÉGKÖVETKEZTETÉS.....	91
8.	ÖSSZEFOGLALÁS	95
9.	IRODALOMJEGYZÉK	97
10.	ÁBRAJEGYZÉK	102
	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	103

1. BEVEZETÉS

Az utak karbantartása alapvető fontosságú infrastruktúránk szempontjából, hiszen nagymértékben hozzájárul a közlekedés hatékonyságához és biztonságához. A jól karbantartott utak nem csupán a járművek, hanem a közlekedők, kerékpárosok és gyalogosok biztonságát is szolgálják.

A közúthálózat leginkább szem előtt lévő, minőségét és megfelelőségét elsődlegesen meghatározó eleme az útburkolat, a pályaszerkezet. Mindamelllett, hogy az úthasználók biztonságát és kényelmét befolyásolja az utak állapota, nem mellékes az üzemeltetési, fenntartási, karbantartási és felújítási tevékenységek költsége szempontjából sem. Az utak forgalmi terheléssel szembeni ellenállásának (és ezzel a karbantartási költségek, a felújítási ciklusok) növelése, az elhasználódott anyagok újrahasznosítási lehetőségeinek fejlesztése, a talaj- és időjárási adottságok okozta leromlások megakadályozása, egyes hulladékok útszerkezetekben való felhasználási lehetőségének megteremtése – mind releváns kutatási irányok, melyek által növelhető a közutak biztonsága, a környezet védelme, az utakkal kapcsolatos költségek csökkentése.

Az utak rendszeres karbantartása elengedhetetlen a balesetek megelőzése érdekében. A repedezett, kátyús vagy egyéb hibás útfelületek növelhetik a balesetek kockázatát, mivel csökkentik a járművek tapadását, és megnehezítik a járművek irányíthatóságát. A járdák és gyalogátkelők karbantartása szintén létfontosságú, hogy a gyalogosok biztonságosan közlekedhessenek a városi és vidéki környezetben.

A megfelelő útfelületek karbantartása nemcsak a közlekedés biztonságát szolgálja, hanem gazdasági előnyöket is nyújt. A jól karbantartott utak csökkentik a járművek karbantartási költségeit, mivel a gépjárművek kevesebb időt töltenek káros utakon. Ezen kívül a gyorsabb és biztonságosabb közlekedés elősegíti a gazdasági fejlődést.

Az utak karbantartása szoros összefüggésben áll a környezetvédelemmel is. Egyrészt a jól karbantartott utak esetében csökken a járművek üzemanyag-fogyasztása és a károsanyag-kibocsátás, másrészt az elmúlt évtizedben előtérbe került fenntarthatósági szempontok számos innovatív eljárást hívtak életre, melyek során korábban hulladékként

kezelt anyagokat használnak fel a szakemberek a pályaszerkezetek tulajdonságainak javítására.

Összességében az utak karbantartásának fontossága nem kérdéses. A közlekedés biztonsága, a gazdasági hatások és a környezetvédelmi szempontok mind arra ösztönöznek bennünket, hogy megfelelő figyelmet és forrást fordítsunk az úthálózat fenntartására. Infrastruktúránk megerősítése érdekében elengedhetetlen a rendszeres karbantartás és innovatív megoldások alkalmazása, melyek egyaránt szolgálják a közlekedők és a társadalom érdekeit.

Dolgozatomban az utak karbantartásának jelentőségét, a megfelelő karbantartási gyakorlatok előnyeit továbbá az innovatív megoldások fontosságát fogom bemutatni a környezetvédelem, a fenntarthatóság és a gazdaságosság hármásának egyensúlyában.

A konvencionális eljárásokon keresztül néhány, a nemzetközi és hazai gyakorlatban kipróbált, újszerűnek ható technológiát szeretnék bemutatni. Az egyes technológiák előnyeinek és hátrányainak bemutatása alapján az aszfaltrácsok alkalmazhatóságát próbálom igazolni a békés megyei erősen térfogatváltozó agyagtalajokra épült pályaszerkezetek esetében.

2. A MEGELŐZŐ FENNTARTÁSI TECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

2.1. Közlekedésgazdálkodási alapelvek

A közúti közlekedésről szóló 1988. évi 1. tv 8.§ (1) szerint a közút kezelőjének feladata a közúthálózat fejlesztése, fenntartása és üzemeltetése. A közutak tervezése, fejlesztése során úgy kell eljárni, hogy a biztonságos közlekedési feltételek valamennyi, a közúton közlekedni jogosult számára biztosítottak legyenek. Ennek alapján az útfenntartás alapvető feladata a létesítmények – útpályák és tartozékaik – leghosszabb használhatóságának és a teljes élettartama alatti biztonságos és leggazdaságosabb használatának a biztosítása.

A teljes élettartam alatti használhatóság fogalmát jól jellemzi az építési termékek alkalmazhatóságáról szóló 275/2013. kormányrendelet fogalmazása: az **építmény** a gyártó utasításainak-, műszaki terveknek megfelelő szakszerű beépítést követően, a termék teljes élettartama alatt rendeltetésszerű használat, **előírt karbantartás mellett kielégíti az alapvető követelményeket**. Az Európai Tanács 2024. november 5-én jóváhagyta a 305/2011/EU (Construction Products Regulation, CPR) korszerűsítését jelentő új rendeletet, amelyet az Európai Parlament 2024. április 10-én fogadott el. Így a közzétételt követően hamarosan hatályba lép az új jogszabály.

Az építési termékekről szóló rendeletet (CPR) a várakozások szerint többek között csökkenti az adminisztratív terheket, valamint elősegíti a körforgásos gazdaság megteremtését és a technológiai fejlődést az ágazatban. Az „Új európai iparstratégia” című, 2020. március 10-i közleményében a Bizottság hangsúlyozta, hogy foglalkozni kell az építési termékek fenntarthatóságával, és kiemelte, hogy a fenntarthatóbb épített környezet elengedhetetlen Európa klímasemlegességre való átállásához. „A 2020. évi új iparstratégia frissítése: Erősebb egységes piac kiépítése Európa fellendülése érdekében” című, 2021. május 5-i közleményében a Bizottság leszögezte, hogy az építőipar az olyan kiemelt ökoszisztémák közé tartozik, amelyek a legfontosabb kihívásokkal néznek

szembe az éghajlati és fenntarthatósági célok elérése, illetve a digitális transzformáció megvalósítása terén, és hogy az építőipari ágazat versenyképessége ettől függ.¹

A karbantartási – a továbbiakban fenntartási – tevékenység műszaki mélysége/költsége/gyakorisága alapvetően a pályaszerkezet – de természetesen az igénybevétel és a környezeti feltételek – függvényében eltérő.

Az útfenntartással megvalósítandó célokat országonként eltérően ítélik meg az útfenntartás fogalomkörébe tartozó feladatokat is. Első feladat tehát az elérendő célok, az értékrendszer értelmezése. Az út forgalomnak történő átadását követően szerteágazó tevékenység folyik: forgalomszabályozás és irányítás, elemi károk elhárítása, tisztántartás, javítás, gondozás, helyreállítás, korszerűsítés. Az egyes tevékenységeket megjelölő elnevezések formailag hasonlóak, tartalmi megkülönböztetésükhöz definiálni kell azokat.

Az útgazdálkodás alapvető céljai közé tartozik:

- Az utak állapotának megőrzése: a rendszeres karbantartás és felújítás elengedhetetlen az utak élettartamának maximalizálása érdekében.
- A közlekedés biztonságának növelése: a balesetek megelőzése érdekében szükséges a közlekedési infrastruktúra minőségének javítása.
- A forgalom optimalizálása: az útgazdálkodás révén lehetőség nyílik a forgalom irányítására és a torlódások minimalizálására.
- A környezetvédelem támogatása: a fenntarthatósági szempontok figyelembevétele hozzájárul a környezeti hatások csökkentéséhez.
- Az útfenntartás feladata a biztonságos és zavartalan közlekedés biztosítása és az útnak, mint tárgyi eszköznek az állagmegóvása és a környezeti terhelés minimalizálása. Ide sorolják az útüzemeltetést, a karbantartást és a fejlesztést. A karbantartás az út rendeltetésszerű, biztonságos használata érdekében végzett állagmegóvó javítási és tervszerű megelőző fenntartási munkálatokból áll.

Az útgazdálkodás bonyolult rendszert alkot, amely több szempontot ölel fel:

- Az **útüzemeltetés** a pálya és környezet műszaki jellemzőinek megváltoztatása nélkül biztosítja a járműforgalom biztonságos lebonyolítását.

¹ (Az EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS RENDELETE az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált szabályok megállapításáról és a 305/2011/EU rendelet hatályon kívül helyezéséről.)

- **Fenntartási tevékenység:** A járdák, hidak és egyéb közlekedési létesítmények rendszeres ellenőrzése, karbantartása, valamint a kátyúk és egyéb hibák javítása.
- **Forgalomirányítás:** Az útjelzések, lámpák és a forgalomirányító rendszerek megfelelő működése, amelyek elősegítik a biztonságosabb közlekedést.
- **Adatgyűjtés és elemzés:** Az útvonalak és forgalmi adatok gyűjtése segíti a közlekedési szakembereket abban, hogy azonosítsák a problémás területeket és javítsák a közlekedési rendszereket.
- **Fenntartható fejlesztés:** A környezetbarát anyagok alkalmazása és a zöld infrastruktúra kiépítése, mint például zajcsökkentő falak és zöldfelületek létesítése.

Fenntartási munka	Karbantartási munka	a burkolat állagvédelme
	Felújítási munka	eredeti műszaki állapot helyreállítása
		méretezett megerősítés (nem építési engedély-köteles)
Fejlesztési munka	Rekonstrukciós munka	méretezett megerősítés (építési engedély-köteles)
	Új építési munka	új, méretezett pályaszerkezet építése

1. táblázat

Az út teljes élettartama alatti fenntartási és fejlesztési tevékenységek

Forrás: e-ÚT 08.02.12:2022

A szűkebb értelemben vett **útfenntartáson** belül a **karbantartás** a meglévő közúton évente vagy évente több alkalommal végzett minden olyan beavatkozás, amelyet a folyamatos elhasználódás miatt a rendeltetésszerű, zavartalan, biztonságos üzemeltetés érdekében kell végezni. Alapvetően a forgalombiztonságot és az állagvédelmet szolgálják, az út használati értékét nem növelik. A **felújítás** az elhasználódott közúton végzett helyreállítási munkálatok összessége, amelyek a közút használati értékét növelik és az eredeti műszaki állapot helyreállítását illetve a forgalmi igénybevételnek történő megfelelést szolgálják. Ide tartoznak a pályaszerkezetet érintő felújítási munkák valamint az aszfaltrétegek cseréje.

A **fejlesztési munkák** a nagyobb időtávban ismétlődő, kiterjedt, az aktuális forgalmi igények kielégítését célzó, használati érték növelő munkák összefoglaló neve.

2.2. Az útfenntartás pénzügyi megközelítése

Az útállomány – mint tárgyi eszköz – vagyonelem, a közutak így a nemzeti vagyon részét képezik. Bár az egyes költségnemek és költségfajták elkülönülnek, a fenntartási intézkedések az optimális használatot és a vagyon értékmegőrzését szolgálják. Az üzemeltetés-fenntartás és az úthasználót terhelő költségek összefüggését továbbá az útállapotok és ráfordítások kapcsolatát és ezen keresztül a leromlás fokozott költségnövelő hatását nemzetgazdasági szinten összegezve az alábbi formában összegezzük (Almássy et al., 2008):

$$G = (\Sigma B + \Sigma U + \Sigma I + \Sigma E) + (\Delta N_{PP} + \Delta N, B \dots)$$

$$G = S + \Delta N$$

ahol:

G aktualizált összköltség,

S aktualizált útfenntartási költség,

ΔN aktualizált úthasználói többletköltség,

B építési költség,

U karbantartási költség,

I helyreállítási költség,

E felújítási költség,

ΔN_P baleseti többletköltség,

$\Delta N_{P,B}$ fenntartási beavatkozások alatti úthasználói többletköltség.

A fenntartási ráfordítások meghatározásának kiinduló pontjai:

- a ráfordítás alsó határa a törvényi kötelezettség, azaz a forgalombiztonság „minimális”, azaz elvárt fenntartása – ez alapvetően függ a gazdasági helyzettől, a politika döntéseitől
- a ráfordítás felső határa a közpénz gazdaságos felhasználási követelménye.

Amennyiben az utakkal kapcsolatos tevékenység várható és kedvezőnek ítélt hatásai a vizsgálat alá vont időszakon belül felülmúlják a becsült kedvezőtlen hatásokat, a tervezett kiadás gazdaságilag és társadalmilag indokolt.

2.3. A gazdálkodási rendszerek szerepe a finanszírozásban

„A közúti szolgáltatás hálózati szintű minőségét a nemzetközi tapasztalatok szerint akkor tekintik a kereslettel összhangban állónak, ha az állapotjellemzők szerinti osztályozásban az utak legalább 10-15 %-a tartozik a legjobb és legfeljebb 10-15 %-a a legrosszabb osztályzatba. (Gauss-eloszlás)” (Dr. Koren et al., 2011)

Az állapotjellemzők, illetve időbeli alakulásuk az útgazdálkodásnak – a fenntartási tevékenység optimalizálásának – bemenő adatai.

A **Pavement/Bridge Management System (PMS/BMS)** elméleti alapjait, belső összefüggéseit az utóbbi húsz évben minden fejlett utügyi kultúrával rendelkező ország szakirodalma ismerteti. Ma már számos magyar nyelvű publikáció is foglalkozik a PMS-el. Az alkalmazás alapja az a számítógépes program, amelyet 1993-tól adaptált a hazai közúti igazgatás a Világbank **Highway Design and Maintenance (HDM-3)** és a finnországi közútfenntartás hálózat-gazdálkodási rendszeréből (HIPS). Az így kialakított eljárás ma már a hazai stratégiai tervezés fontos eszköze, segítséget nyújt a hálózati szintű útgazdálkodási döntésekhez és a hatásvizsgálatokhoz.

A gazdálkodási rendszer matematikai modellje hálózati -, projekt -, vagy feladat szintű eredményeket ad.

A **hálózati szintű modell** az útszakaszokat az állapotjellemzők szerinti halmazokba sorolja. A javasolt megoldás vagy a minimális ráfordításokkal (rendszeroptimalás), vagy az egyes csoportokhoz rendelhető még elfogadható megoldásokkal (egyedi optimalás) dolgozik.

A **létesítmény (projekt) szintű modell** a hálózati szintű adatokat útszakaszokra bontja.

A **feladat szintű modell** a létesítmény szintű modell tényleges ütemezése és konkrét kidolgozása.

A legutóbbi teljeskörű koncepció a 2008. évben készült **Nemzeti Útfelújítási Program (NÚP)** megalapozását szolgálta. A PMS alkalmazásnál figyelembe veendő:

- Az állapotváltozás időben nem lineáris (hanem gyorsuló vagy lassuló) folyamat.
- Az állapotmegtartás költségei az állapottal arányosak.
- A beavatkozás költségei és hasznai nem ugyanazon időpontban jelentkeznek.
- A jelen állapot alapján a jövőbeni állapotra kitekintve létezik olyan kedvező időpont, amikor a legkedvezőbbek a költségek.
- Műszaki és pénzügyi-gazdasági vonatkozásokat együtt, azonos időhorizonton kell vizsgálni.

A burkolat, illetve pályaszerkezet állapotát négy állapotjellemzővel (felületállapot, egyenetlenség, nyomvályúsodás, teherbírás,) jellemzik, és a két burkolattípuson (merev és hajlékony) belül osztályközökbe sorolva vizsgálják. Tekintettel arra, hogy nem minden állapotmérést végeznek el minden évben, az adatokat előzetesen, egy (ún. idősoros) számítógépes program segítségével közös időhorizontra hozzák. Az állapotkategóriák számát – a teherbírás kivételével – csökkentették, ötről háromra. Ennek oka, hogy fenntartás tervezési – útmenedzselési szempontból csak azoknak az állapotjellemzőknek és állapotkategóriáknak van értelmük, amelyekhez beavatkozásokat lehet rendelni.

A fenntartási beavatkozások hatása lehet: lokális, csak felületi vagy szerkezeti.

Vannak tehát olyan beavatkozások, amelyek csak egy-egy állapotjellemzőt, míg mások többet, esetleg mindegyiket javítják. A javítóhatás jelentkezhet csupán az első egy-két évben, vagy huzamosabb ideig tarthat, tartósan komfortosabb közlekedési felületet nyújtva az úthasználónak és tartósan kisebb fenntartási-üzemeltetési költségeket az út kezelőjének.

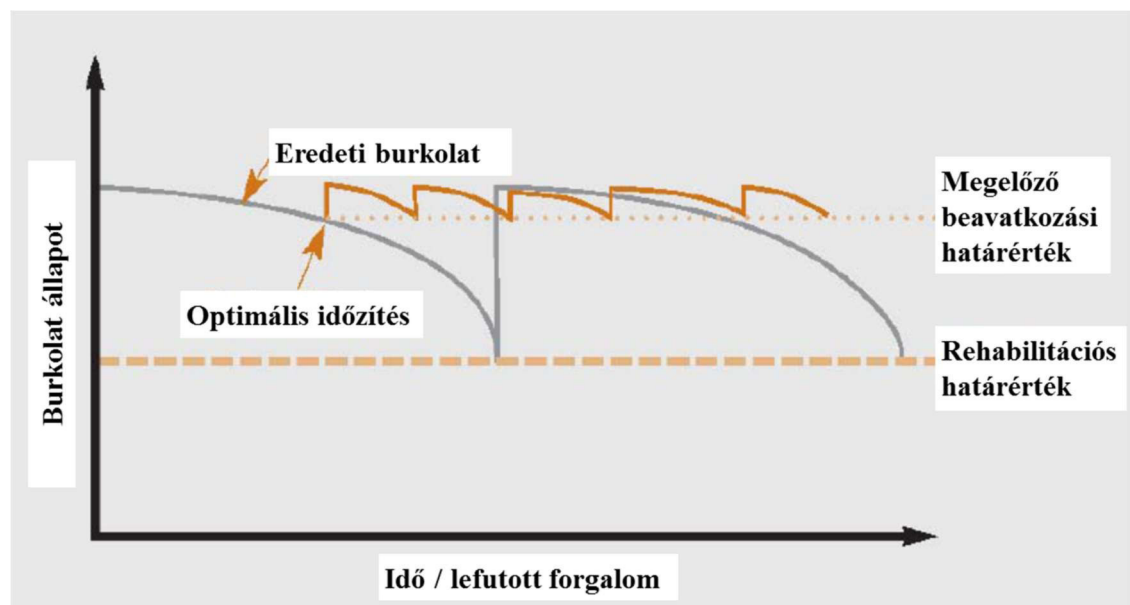
A beavatkozásra rendelkezésre álló éves költségkeretet az érvényes stratégia jelöli meg. A keret nagysága és a lehetséges beavatkozások fajlagos átlagos költségei alapján meghatározhatók az elvégezhető beavatkozások, beavatkozások által elérhető útállapot - változások. Az elvégzett munkálatok a ráfordítástól függően erőteljesebb, vagy kevésbé jelentős állapotjavulást idéznek elő. Eközben az úthálózat azon részére, ahol nem végezhető beavatkozás, az igénybevételek hatására tovább használnak, romlanak. A burkolatállapot tehát minden évben változik, az útállapot összetétele minden évben más és más lesz.

A NÚP vizsgált beavatkozási változatai: „rutin” fenntartás; költségkorlát nélküli gazdaságos beavatkozások; a jelenlegi forrásnagyság felhasználásának az optimalizálása; a jelenlegi állapotok fenntartásához szükséges források mértékének megállapítása; az EU színvonalának eléréséhez szükséges forrásnagyság meghatározása.

2.4. Az útfenntartás beavatkozási kritériumai

Az utak állapota a biztonsággal, a kényelemmel, a szerkezettel, a környezettel összefüggő *állapotmutatókkal* leírható. Az állapotmutatók műszakilag meghatározott tulajdonságokkal közelíthetők, melyek egyenként, vagy célszerű csoportosításban (kombinált teljesítmény mérőszámok - **Combined Performance Indicator**)) használatosak

Az állapotmutatók mérhető paraméterekkel – *mérőszámok* - jellemezhetők. Az így számszerűsített érték meghatározott értékhatárai az iskolai osztályzatokhoz hasonlóan *osztályzatokkal* helyettesíthetők - az egyes mutatókat osztályközökbe sorolják. Az állapotérték osztályközökbe rendelésénél, kiemelten a határértékek megállapításánál a forgalmi jellemzőkön túl az adott út(kategória) forgalmi jelentősége, forgalmi jellemzői, de alapvetően a gazdasági lehetőségek is szerepet játszanak. Az osztályközök mérőszámának értékei ennek megfelelően útkategóriánként is változhatnak. Fenntartási beavatkozás szükséges, ha az útállapot egy, vagy több mutatója egy, a használati komfort szempontjából jellemző, meghatározott értéket meghalad.



1. ábra

A megelőző jellegű fenntartás elvi ábrája

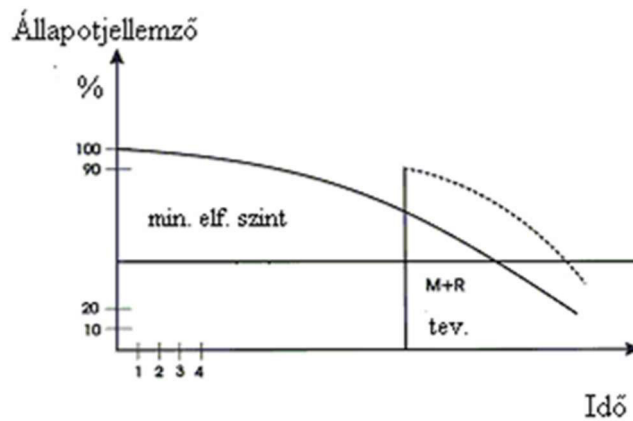
Forrás: Maintenance Technical Advisory Guide Volume I – Flexible Pavement Preservation Second Edition. CALTRANS State of California Department of Transportation, Sacramento, 2008.

A vonatkozó utügyi műszaki előírás hiányossága, hogy csak az úttesten megjelenő hibákra koncentrálnak, a műszaki megoldások mellett a gazdaságossági számításokkal nem foglalkozik.

2.5. A beavatkozások programozása

A döntések elősegítésére az állapotmutatókat ún. döntési mátrixokba rendezik. A beavatkozási időpontjának meghatározásához szükség van az adott állapotmutatók változási jellemzőinek – trendjének - a becslésére, hiszen a tervezés és a megvalósítás

közt is idő telik el, valamint beavatkozási sorozatokat is tervezünk. Az előrebecslési modellekhez megfelelő adatbázis, az összes lényeges változófigyelembe vétele, a valóságot minél jobban közelítő ún. *leromlási-modell*, a közelítés pontosságának ismerete szükséges. (Ambrusné, Phd)



2. ábra

Leromlási görbe állapotjellelmező beavatkozás esetén

Forrás: Ambrusné Somogyi Kornélia – Útburkolat-gazdálkodás változó feltételek mellett optimalizációs modelljei (Doktori értekezés)

A kezdeti állapot és a hozzá tartozó minőség közel van a skála tetejéhez, ez az érték közel 100 %-os (azaz tökéletes állapot). A minimális elfogadási szintet (ún. beavatkozási határt) számos tényező – például pénzügyi lehetőségek, beavatkozási politika, biztonság, gazdaságosság – befolyásolja. Az állapotjavító beavatkozás meghosszabbítja a szerkezet élettartamát és annak teljesítőképességét.

Optimális esetben észrevehető az összhang a megelőző jellegű fenntartás elvi ábrájával [1. sz. ábra]

3. ÚTBURKOLATFENNTARTÁSI BEAVATKOZÁSOK

3.1. Fenntartási technológiák szerepe és alkalmazása

Minden évben kihívás jelent a szűkös anyagi erőforrások elosztása az országos közutak karbantartására és állagmegóvására. A reális igényekhez képest folyamatosan csökkenő anyagi erőforrások mellett, miközben a közúti forgalomra vonatkozó társadalmi elvárások növekednek, egyre fontosabbá válik a rendelkezésre álló összegek gazdaságos felhasználása.

A burkolatot érő forgalmi terhelés, a környezeti hatások és egyéb romlást okozó tényezők feszültségeket, alakváltozásokat, repedéseket és egyenetlenségeket idéznek elő, aminek következtében a burkolat romlik, előregszik. A legtöbb ma használatos burkolatméretezési módszer ezt a viselkedést akarja előre kiszámítani. Amikor a viselkedés elér egy előre meghatározott korlátig, (ezt nevezzük megfelelőségi küszöbszintnek) megkezdődik a burkolat rohamos mértékű romlása. Idővel kifejlődnek az egymást is fokozó különféle romlás-típusok és végül a burkolat fenntartási beavatkozás nélkül alkalmatlanná válik a forgalom megfelelő lebonyolítására.

A klímaváltozás hatásai további jelentős kihívások elé állítják az utak üzemeltetését és fenntartását. A szélsőséges időjárási jelenségek, mint például a heves esőzések és árvizek, az aszályos időszakok gyakori károkat okoznak az úthálózatban. Az aszfalt és beton anyagok hőmérséklet-változásokra érzékenyek, ami a repedések és deformációk kialakulásához vezet. A megnövekedett hőmérsékletek miatt a hőtágulás miatt az utak felületei is megsérülhetnek.

Az olvadó hó és jég, valamint a fagyási és olvadási ciklusok gyakori ismétlődése szintén hozzájárul az útfelületek gyorsabb romlásához. Az éghajlatváltozás miatt az utakon használatos anyagok tartóssága is csökkenhet, így a karbantartási költségek növekedhetnek. Az új környezeti feltételekhez való alkalmazkodás érdekében a tervezés során figyelembe kell venni a klímaváltozás hatásait, például a vízelvezető rendszerek fejlesztésével.

A közlekedési infrastruktúra fejlesztése során fontos a fenntartható anyagok használata is, hogy csökkentsük a környezeti lábnyomunkat. A klímaváltozás miatt a közlekedési forgalom is változhat, ami új kihívásokat jelent az úthálózat terhelhetősége

szempontjából. Mindezek a tényezők arra ösztönöznek bennünket, hogy innovatív megoldásokat keressünk az utak fenntartására és üzemeltetésére.

A közúti forgalom növekedése és a környezeti terhelések együttese hangsúlyossá teszi olyan hatékony állapotjavító technológiák fejlesztését és alkalmazását, amelyek gazdaságos állagmegőrzést is lehetővé tesznek. Az útfejlesztési vagy felújítási variánsok összehasonlításakor világszerte egyre inkább előtérbe kerül a teljes életciklus költségeinek figyelembevételének módszere (Whole Life Costing). Ez a megközelítés tovább lép az egyes variánsok jelenben felmerülő létesítési költségeinek egyszerű összehasonlításán, és – mint fontos tényezőt - a beavatkozás hatásosságát, élettartamát, jövőbeli fenntartási igényét és a felmerülő úthasználói költségeket is figyelembe veszi.

A HDM a Világbank által kifejlesztett program, amely az egyes útfenntartási javítási technológiák alkalmazása révén elérhető útállapot-javulásoknak a közlekedés-üzemi költségekre gyakorolt hatását vizsgálja adott időszakon át. A fenntartási ráfordítás által elért közlekedésüzemi megtakarítások nagysága alapján - magas szintű matematikával, optimalizációval segítve - javaslatokat tud adni a rendelkezésre álló burkolat-fenntartási összeg leghasznosabb felhasználására, a munkák fontossági sorrendjének meghatározására.

Az úthálózat meglévő állapotát különböző költségvetésű, de eltérő munka- és technológiakombinációkkal megvalósítható, eltérő minőségű burkolatállapotok lehetségesek az idő függvényében. E változatok vizsgálata révén a leginkább gazdaságos, technikailag elfogadható és reális burkolatfenntartási megoldások végezhetők el a rendelkezésre álló pénzügyi kereteken belül.

3.2. A tevékenységek szabályozása

Az útállapot felvételek mérési és vizsgálati technikáit, az adatszolgáltatásokat és a felületi bevonatok készítését utügyi műszaki előírások szabályozzák.

Az utügyi műszaki előírások kidolgozásának és alkalmazásának célja az utügyi tevékenység eredményességének és biztonságának egységes szakmai alapelvek mentén történő, országosan egyenletes színvonalú biztosítása.

A jelenleg érvényben lévő utügyi műszaki előírások rendszerének naprakésztsége az elmúlt évtizedben megkérdőjeleződött. A technológiai fejlődés folyamatos volt, amelyet a szabályozás nem követett, a közben készült tervezetek nem kerültek kiadásra.

Kötelezően alkalmazandó magatartást csak jogszabályban lehet megkövetelni. Mivel az üti műszaki előírások elkészítése és kiadása 2017-ig nem volt jogilag szabályozva, ezért a manapság használatos előírások modernizációja, újragondolása, felülvizsgálata, illetve új üti műszaki előírások elkészítése a közúti ágazati szakma azonnali megoldást jelentő problémája (Szerencsi, G. 2018)

Az üti műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról szóló 16/2017. (V. 25.) NFM rendelet – összhangban a közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény (a továbbiakban: Kkt.) 48. § (3) bekezdés b) pont 38. alpontja szerinti felhatalmazással – megalkotása és érvénybelépése segítségével ez a régóta húzódozó probléma megoldhatóvá válik.

Az üti műszaki előírások kidolgozására irányuló tevékenység ellátására a 1183/2017. (IV. 10.) kormányhatározat előírja az Üti Műszaki Szabályozási Bizottság (a továbbiakban: Bizottság) létrehozását, az üti tevékenység, feladatok ellátásában jelenlévő szervezetek (vezetői vagy általuk kijelölt képviselők, személyek) kötelező bevonásával működik. A Bizottság a Magyar Közút Nonprofit Zrt., mint koordináló szervezet útján látja el a feladatait.

Az üti műszaki előírások alkalmazása az országos közutak kezelői számára – a közhasznú tevékenység ellátására kötött szerződés szerint – mind megrendelőként, mind saját tevékenységükre nézve kötelező. Az ennek alapján végzett fenntartási feladataik ellátása során az üti műszaki előírásban foglaltakat meg kell tartani.

Az üti műszaki előírásban foglaltaktól az országos közutak esetében csak az előírások alóli felmentés alapján szabad eltérni.

Az útállapot felvételek mérési és vizsgálati technikáit, az adatszolgáltatásokat és a felületi bevonatok készítését szabályozó főbb üti műszaki előírások:

- e-UT 05.01.15:2018 Útépítési kőanyaghalmozok
- e-UT 05.01.21:2018 Kationaktív bitumenemulziók
- e-UT 05.01.26:2018 Bitumenes kötőanyagok az útpályaszerkezetek aszfaltburkolati keverékeinek gyártásához
- e-UT 05.02.11:2018/M1:2021 Útpályaszerkezeti aszfaltburkolatok keverékeinek követelményei
- e-UT 05.02.15:2008 Útépítési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt
- e-UT 05.02.16:2004 Kationaktív bitumenemulzió kötőanyagú alaprétegek, útburkolatok és kátyúzókéverékek

- e-UT 05.02.42:2008 Útburkolatok hézagkitöltő anyagai
- e-UT 05.02.55:2008 Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek helyszíni újrafelhasználása melegremix eljárással
- e-UT 05.02.56:2019 Hideg remix
- e-UT 06.03.13:2005 Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése
- e-UT 06.03.21:2018/M1:2021 Útpályaszerkezetek aszfaltburkolati rétegeinek követelményei
- e-UT 06.03.22:1989 Hígított bitumenes aszfaltmakadám pályaszerkezeti rétegek
- e-UT 06.03.26:2020 Rugalmas kötőanyagú burkolatalapok
- e-UT 06.03.63:2019 Útpályaszerkezetek bevonatai
- e-UT 08.02.12:2022 Aszfaltburkolatok fenntartása

3.3. A megelőző fenntartási technológiák alkalmazásának lehetőségei

Az országos főút és mellékút hálózat átlagéletkora 30 év feletti, hossza körülbelül 30.000 km, melynek közel 30 %-án szükség lenne azonnali beavatkozásra. A rendelkezésre álló adatok előre vetítik a szakma és a döntéshozók számára, hogy évente minimum 2.000 km út felújításra szükség ahhoz, hogy 15 évente a teljes úthálózatunk megújuljon. Abban az esetben, ha nem kerül sor évről-évre a szükséges mennyiségben az utak felújítására, akkor az úthálózat felújítását érintő beruházások késedelemmel valósulnak meg. A késleltetett beavatkozás pedig gazdaságtalan, mert üzemeltetési és karbantartási többletköltséget jelent, amire megoldást jelenthet a nagyfelületen alkalmazott megelőző jellegű fenntartási technológiák használata, mint pl. szórt, kevert bevonatok.

Az út vagyон gazdálkodás a közúti vagyontárgyak fenntartásának, felújításának és üzemeltetésének rendszer-szemléletű folyamata. A vagyongazdálkodási rendszer rész eleme az útburkolat gazdálkodási rendszer (PMS = Pavement Management System), melynek célja a lehető legjobb útállapotok biztosítása a lehető legkisebb társadalmi összköltségen, része minden olyan tevékenység, amelynek tárgya az útburkolat.

Különösen kiterjedt úthálózat esetében ezek a döntések hagyományos ("manuális") módszerekkel az optimálishoz közelítően nem hozhatók meg. Ezért szükségesek azok a számítógéppel segített és viszonylag bonyolult matematikai háttérű gazdálkodási

rendszerek, amelyek a hosszabb távon is optimális (hatékony) döntések alátámasztására szolgálhatnak.

Az útburkolat-gazdálkodási rendszerek inputjait a hálózat műszaki adatai, állapotadatai, forgalma, egyes beavatkozások költségei és leromlási jellemzői, az állapothoz kapcsolódó közlekedésüzemi költségek, különböző kapcsolódó szabványok és előírások, rendelkezésre álló forrásmennyiség stb. képezik.

A rendszer magját ("közbenső magját") azaz optimalizáló (vagy legalábbis elsőbbségi sorrendet megállapító) program szolgáltatja, amely az adott esetben szóba jövő sok ezer (esetenként több millió) lehetséges beavatkozási stratégia közül az előírt optimum kritériumot kielégítő variáns kiválasztását lehetővé teszi. A PMS outputja pedig a döntéshozók számára ajánlott konkrét beavatkozási stratégia, annak műszaki, pénzügyi, gazdasági (esetleg környezetvédelmi, politikai stb.) jellemzőivel együtt.

A PMS fontos részét képezi az ún. beavatkozási választék, azaz az adott esetben egyáltalán szóba jövő állapotjavító technológiák listája. Ehhez azonban az egyes technológiai variánsoknak számos műszaki, leromlási, környezeti, pénzügyi stb. jellemzője is csatlakozik.

4. HAGYOMÁNYOS BURKOLATFENNTARTÁSI ELJÁRÁSOK

Az Aszfaltburkolatok fenntartása című e-ÚT 08.02.12:2022 számú utügyi műszaki előírás is megkülönbözteti a fenntartási és felújítási technológiákat. Az előbbiek forgalmi igénybevételből és az időjárási hatásokból származó leromlás ellensúlyozásához szükséges javítási technológiákat jelenti. Ezen belül is megkülönböztethetjük a megelőző jellegű technológiákat. *Megelőző jellegű fenntartásnak* nevezzük a meglévő utak és tartozékaik tervezett költség-hatékony fenntartási beavatkozásait, melyek késleltetik a leromlást, és megtartják vagy javítják az állapotjellemzőket. Ez az élettartam meghosszabbítására irányuló tevékenység a még megfelelő állapotú pályaszerkezetek felületének vagy felső rétegeinek kezelésére irányul:

- felületi bevonat kis felületen
- repedések, hézagok kitöltése, lezárása
- profilmarás, profiljavítás
- felület kiegyenlítése visszanyert aszfalttal és lezárása
- új kopóréteg építése
- lokális pályaszerkezet csere
- nagyfelületű pályaszerkezet csere aszfaltrács beépítésével,

Az országos közúthálózat fenntartási stratégiája alaphelyzetben a megelőző jellegű fenntartási tevékenységeket és technológiákat helyezi előtérbe.

Ezen technológiák egy része viszonylag alacsony költséggel gyorsan képes orvosolni a kialakult problémát, így az adott évben a feladat elvégezhető, viszont a költségesebb nagyobb anyag és gép igényes feladatok elvégzését akár több évre előre is tervezni kell.

4.1. Helyreállítási technológiák

Technológiai változatok	Hiba típusa						
	Repedeztettség nagyobb felületen	Kipergés nagyobb felületen	Munkahézag, repedés nagyobb hosszban	Deformáció, profilhiba	Keréknyomvályú	Előregedett kopóréteg	Pályaszerkezetet érintő alakváltozási hibák
Felületi bevonat							
Repedés- és hézagkitöltés							
Profilmarás							
Profiljavítás							
Újrafelhasználás							
Új kopóréteg építése							
Pályaszerkezet-csere							

2. táblázat
Helyreállítási technológiák a hiba típusa alapján

4.1.1. Felületi bevonatok

Szemrevételezéssel megállapítható kezdődő hibák javítására célszerű alkalmazni:

- hajszáltrepedeztettség lezárására
- felületi hámlások, kipergések javítására
- sekély kátyúk megszüntetésére
- izzadások megszüntetésére (zúzalék-, homokszórás)

Felhasználható anyagok:

- kötőanyagok: az e-ÚT 05.01.21 szerinti FB jelzetű - kationaktív bitumenemulziók, vagy hígított bitumen
- zúzalékok: e-ÚT 05.01.15 szerint

Két szemcseméretű zúzalékot lehet használni: a nagyobb frakciót (8-11 mm) mélyebb úthibák alsó részének a kitöltésére, míg a kisebb szemcseméretet (2-4 mm) az útburkolat felületén lehet alkalmazni a gyártó előírásainak megfelelően

4.1.2. Repedés- és hézagkiöntés

A technológia a hengerelt és öntöttaszfalt burkolatokban keletkező repedések, hézagok, csatlakozások vízzáró anyaggal történő kitöltését és lezárását jelentik. Nem alkalmazhatóak mozaikos repedések esetén, különleges burkolatok repedéseinél,

kiselemes- és betonburkolatoknál valamint vízepítési létesítmények esetében. Többféle alkalmazási technológiát neve meg a vonatkozó e-ÚT előírás:

- melegen beépíthető hézagkitöltő anyagok közé tartoznak a termoplasztikus, nagy nyúlású N1 és N2 típusú hézagkitöltő anyagok
- bitumenes hézagkitöltő szalagok, melyek az aszfalt beépítését követő lehűlés következtében jelentkező zsugorodásból eredő kisméretű mozgások kiegyenlítésére alkalmas
- bitumenes repedéslezáró szalagok elsősorban vízbehatolás elleni védelem céljára

A hézagokat tervezetten kell kialakítani, a vonatkozó előírások szerint. A hézagrés mind a hossz-, mind a keresztirányú hézagok esetén legalább 10 mm széles és 15-20 mm mélynek kell lennie.

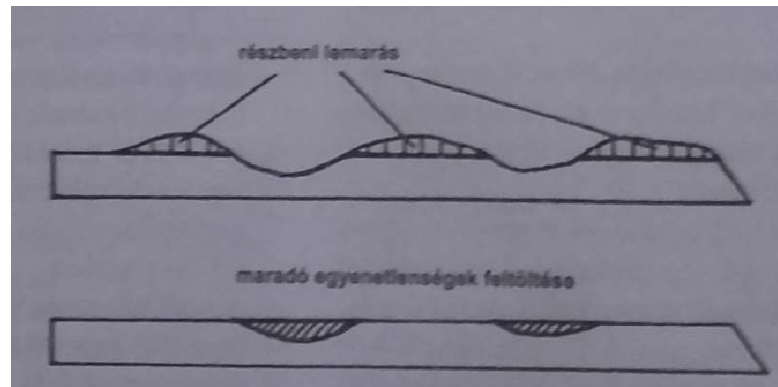
4.1.3. Profilmarás

A burkolaton kialakult hosszirányú nyomvályúk, erős deformációk, kigyűrődések miatt kialakult egyenetlen pályafelületek profiljavítására, továbbá kereszteződések, csomópontok előtti keresztirányú bordák csökkentésére az alábbi eljárások alkalmazhatók:

- a meglévő burkolat felületén alkalmazott, a pálya egyenetlenségeinek, deformációinak továbbá a keresztbordáknak a részleges vagy teljes eltávolítását szolgáló hideg marás
- profiljavítás meglévő réteg újrakeverés nélküli meleg eljárásos helyszíni felületkezelési eljárásokkal
- meleg újraprofilozás (reforming eljárás)
- meleg újraprofilozásos ráburkolás (repaving eljárás)
- felmelegítéses ráburkolás (reshaping eljárás)
- új aszfaltrétegek építése profilmarást követően

Technológiai műveletek: a helyi jellegű kigyűrődések és a nagyobb hosszúságokban keletkezett nyomvályúvállak lemarása, illetve a keréknyom sávok alatti keresztmetszeti rész marásával úgy, hogy a deformálódott kerék- nyomsvályókba 10-20 mm-es össz vastagságú, egy vagy két menetben felvitt KFB típusú felületi bevonatot lehessen beépíteni.

A kitöltést úgy kell elvégezni, hogy annak szintje nem lehet mélyebben a csatlakozó felület szintjénél, illetve annál legfeljebb 3 mm-rel magasabb szinten helyezkedhet el. A teljes felületen történő profiljavítás alkalmazása akkor indokolt, ha meghatározóan összefüggő hosszakban keréknyom képződés következett be, és a megfelelő szolgáltatási szint biztosítása indokolja a teljes felület (de legalább a forgalmi sáv) zárását felületi bevonat építésével.



3. ábra

Nyomvályú megszüntetése marással és feltöltéssel

4.1.4. Újrafelhasználás (recycling)

Speciális célgépek alkalmazását igénylő, újrakeveréses technológia, melynek alkalmazása akkor indokolt, ha a pályaszerkezet teherbírása, homogenitása, a meglévő kopóréteg plasztikus deformációs ellenállása és/vagy a felület textúrája nem megfelelő és/vagy a kopóréteg előregedett. Tulajdonképpen a profilmarás során is felhasználásra kerül a felmárt aszfalt, az újrakeveréses (remix) eljárások esetén is fontos alkotórésze a technológiának.

A ténylegesen alkalmazandó technológiát (helyszíni, keverőtelepi; hideg; meleg; bitumenes, hidraulikus kötőanyagú) a helyszíni körülmények és a technikai lehetőségek függvényében, részletes laborvizsgálatokkal alátámasztva kell megválasztani.

A remix eljárások alkalmazási lehetőségei

A meglévő burkolat állapotának, tönkremenetelének függvényében a remix eljárás alkalmazása során különböző, a kialakult állapot okait megszüntető anyagok hozzáadása lehetséges. A károsodási jelenségekből következtetni lehet a tönkremenetel okára, ami

meghatározza a remixáláshoz használandó új bitumen, - kőanyag, új (de nem feltétlenül szabványos összetételű) aszfaltkeverék tulajdonságait az alábbiak szerint:

- Az egyenetlen, deformálódott, nehézgépjármű forgalom alatt nyomvályúsodott burkolat az aszfaltréteg nem megfelelő stabilitására utal, aminek kiváltó oka a túl lágy bitumen, a túl nagy kötőanyag-tartalom, illetve a szilárd ásványi váz, az adalékanyag durva szemcsefrakciójának hiánya, a nem megfelelő szemeloszlás lehet. A remixálás során a hozzáadagolandó új keverékkel a tulajdonságok javíthatók. Olyan új aszfaltkeverékkel történő remixálásra van szükség, amely kemény kötőanyaggal készült, vagy nagy hányadban tartalmaz durva szemcséket.
- A bitumendús, elzsírosodott, nem kellően érdes felület kialakulásának oka a nagy kötőanyag-tartalom, a nagy töltőanyag-tartalom, az adalékanyag homokrészének kis zúzott homok aránya és az adalékanyag nem kellően kopásálló kőanyaga lehet. A tulajdonságok feljavítása céljából a remixálás során olyan új aszfaltkeverék használata szükséges, amelynek adalékanyaga kopásálló kőanyagot, homok része pedig kizárólag zúzott homokot tartalmaz.
- A burkolaton lévő felületi bomlások, kopások az aszfalt homoktartalmának és a kisebb szemcseméretű frakcióknak a forgalmi igénybevételek okozta kipergésére utal. A remixálás során ebben az esetben az új aszfaltkeverék hozzáadásával a hiányok pótolhatók.
- A meglévő kopórétegen található repedések kiváltó oka a kötőanyag előregedése, keményedése, a kopóréteg nem megfelelő rétegvastagsága, a kopóréteg és a kötőréteg nem megfelelő együttdolgozása, rossz tapadása lehet. A remixálás során lágy bitumen kötőanyaggal gyártott új aszfaltkeverék hozzáadagolása szükséges.
- A remixált rétegre szükség szerint új kopóréteg is építhető (hot in hot).

1. Hideg remix eljárások

A meglévő, felújítandó pályaszerkezeti rétegek anyagának hidraulikus, rugalmas vagy vegyes kötőanyaggal, helyszínen, normál környezeti hőmérsékleten készülő kötőanyag

stabilizációja. A helyszíni hideg remix technológiát az e-ÚT 05.02.56 útügyi műszaki előírás szerint kell tervezni és kivitelezni.

2. Meleg remix eljárások

A meleg remix eljárások alkalmasak az aszfaltburkolat felső rétege összetételi okokból, öregedésből vagy a köanyag polírozódásából eredő hibáinak megszüntetésére, azaz:

- deformált, keréknyomos felületek javítására,
- előregedett, repedezett felületek javítására,
- csökkent csúszás-ellenállási tulajdonsággal rendelkező felületek javítására.

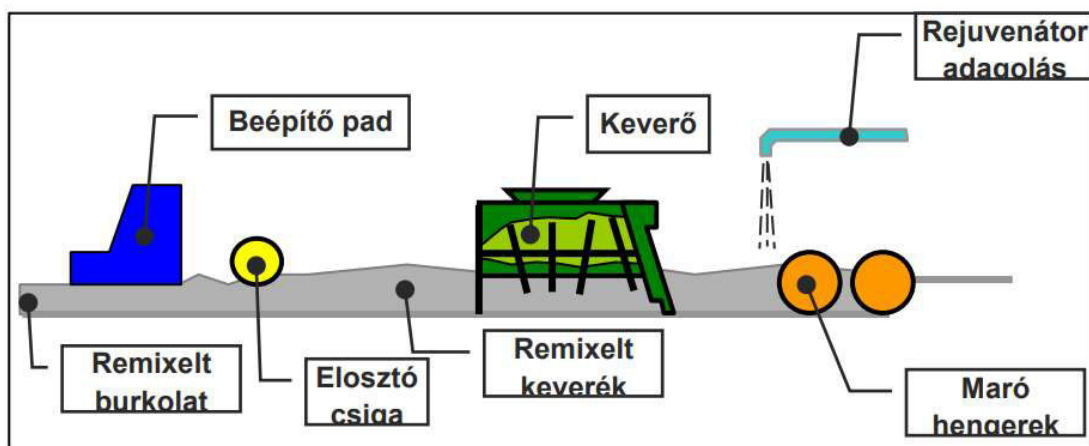
Meleg remix eljárás -öntöttaszfalt kivételével- valamennyi típusú aszfalt kopóréteg esetén minden forgalmi kategóriájú utakon alkalmazható. A technológia végrehajtásához kialakított géplánc egy vagy több előmelegítőből, a remixerből és a burkolat tömörítésére szolgáló vibrációs hengerekből áll. A remixer -az eljáráshoz kifejlesztett célberendezés magában foglalja a meglévő burkolat fellazítására, felszedésére, homogenizálására és visszaterítésére, az új aszfaltréteg készítésére alkalmas egységeket kiegészítve a rejuvenátor (kötőanyagot feljavító szer) adagolására illetve a kiegészítő aszfaltkeverék keverőegységbe juttatására alkalmas berendezésekkel.

A meleg remix eljárások az aszfaltburkolat felső 0-5 cm vastag rétegének felújítására alkalmazhatók. Az eljárás a helyszínen melegen, a technológiához kifejlesztett célberendezéssel végzi az aszfaltburkolat felmelegítését, fellazítását, felszedését, átkeverését és visszaterítését. Az eljárás során a régi keverék összetételi hibája kiegészítő keverék hozzáadásával javítható, az előregedett kötőanyag, rejuvenálószer adagolásával regenerálható, illetve amennyiben összetételi korrekcióra nincs szükség, a visszaterített aszfaltrétegre új aszfaltkeverékből egyidejűleg egy vékony új kopóréteg építhető. Az eljárás alkalmas a burkolat felületének javítására is. Ez akkor ajánlható, amikor nagyobb mértékű beavatkozásra műszaki vagy gazdasági okokból nincs szükség. Ilyenkor csak a burkolat legfelső, mintegy 2 cm vastag rétegét érinti a beavatkozás, mely ebben az esetben csak átkeverést és visszaterítést, esetleg kis mennyiségű új aszfaltkeverék adagolását jelenti.

A régi aszfaltkeverék összetételének javítása kiegészítő az Admix eljárás. A változatlan összetételű, de szükség esetén regenerált kötőanyagú visszaterített réteg és a felületére helyezett új réteg kombinációját alkalmazó eljárás a Remix Plusz. A felület javítására vonatkozó beavatkozás a Reshape eljárás.

3. A Reshape eljárás

Az eljárás lényege, hogy a felújítandó aszfaltréteget az infra hőszugárzókkal ellátott előmelegítő egységek egyenletesen felmelegítik, majd a célgép maróegysége felmarja és a keverőtérbe továbbítja. Itt új aszfaltanyagot nem, esetleg csak folyékony rejuvenáló szert, vagy meleg bitument kevernek hozzá. Ezt követően a keverőtérből kikerülő anyagot az elosztó csigával szétterítik, majd a beépítő pad előtömörítetten beépíti és hagyományos módon aszfalt hengerekkel betömörítik. Ezzel a módszerrel tehát a felújítás előtti és a felújítás utáni burkolatszint nem változik meg. A reshape eljárást elsősorban akkor célszerű alkalmazni, ha a hagyományos aszfalt szőnyegezést követően közvetlenül minőségi problémák merültek fel, pl. a tömörség, felületi egyenetlenség, burkolatérdesség miatt. Hasonló okokból kifolyólag elvégezhető a beavatkozás régebben készült aszfaltburkolatok esetén, azonban ezekben az esetekben biztosan szükséges új bitumen adagolása, melynek mennyiségét és minőségét laboratóriumban kell megtervezni.



4. ábra

A Reshape eljárás

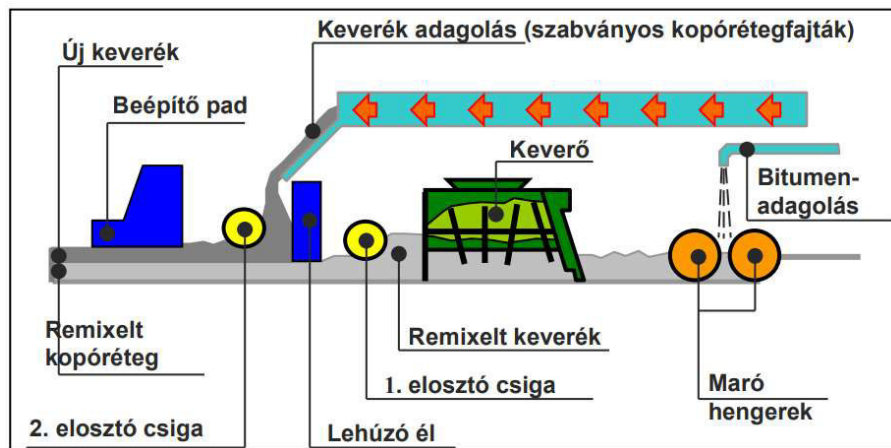
Forrás: Roszik Gábor: Visszanyert aszfalt újrahasznosítási lehetőségei (MMK továbbképzés 2018.)

4. A Remix Plusz eljárás

Az eljárás során a felmelegített, fellazított meglévő aszfalt friss bitumen, vagy rejuvenáló szer bevitelével, esetleg változatlan összetétellel homogenizálás után kerül visszaterítésre és a felületére egyidejűleg egy új 2,0 cm vastag réteget terítenek, majd a visszaterített és az új aszfaltréteget együtt tömörítik, így biztosítva a két réteg megfelelő kötését és együttoldozását. A technológia csak két elosztó csigával, külön lehúzóval, öldöngölővel és vibropallóval rendelkező célberendezéssel alkalmazható, a külön elosztó

csiga és lehúzó a remixelt réteget, a második egység (egy tulajdonképpeni finiser) pedig az új kopóréteg aszfaltját dolgozza be. A REMIX PLUSZ technológia alkalmazási területei:

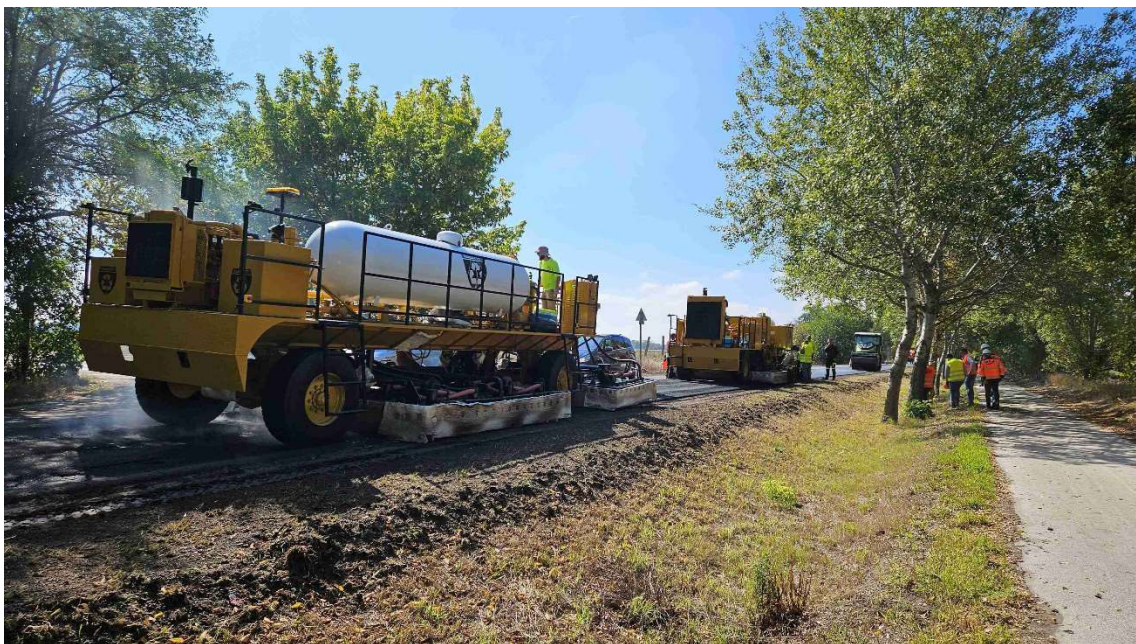
- leöregedett, gyűrődésektől mentes kopóréteg felújítása,
- csúszós, kifényesedett felületek javítása,
- a felület típusának megváltoztatása,
- a pályaszerkezet kismértékű - legfeljebb 2 cm vastag - megerősítése.



5. ábra

A Remix Plus eljárás

Forrás: Roszik Gábor: Visszanyert aszfalt újrahasznosítási lehetőségei (MMK továbbképzés 2018.)



6. ábra

Benedetti RE-HEAT technológiai géplánc a 4519. jelű Csongrád - Szeged összekötő úton

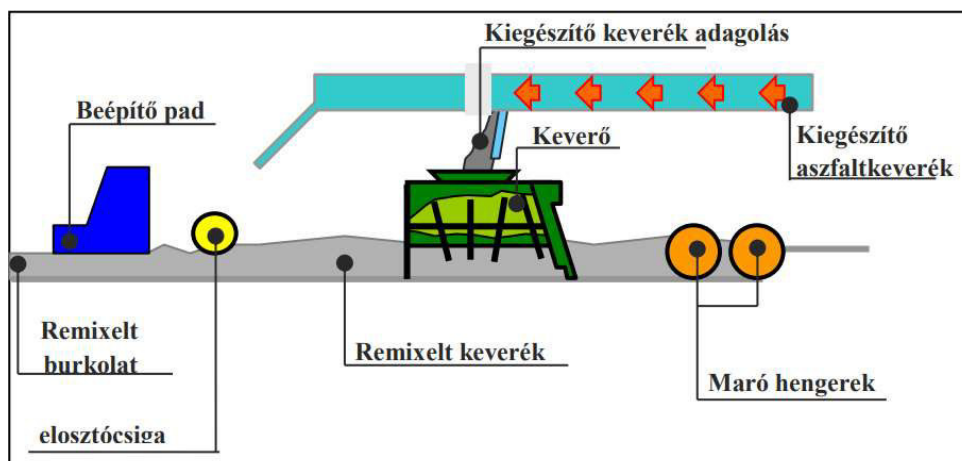
Forrás: Saját fotó

5. Admix eljárás

Az eljárás során a felmelegített, fellazított és keverőegységbe továbbított régi aszfaltkeverék kiegészítésre kerül olyan anyagokkal, amelyek hatására előállítható egy megfelelő, előírt paraméterekkel rendelkező új aszfaltkeverék, mely visszaterítés és tömörítés után egy új építésű aszfaltréteg tulajdonságaival rendelkezik. Az ADMIX technológia célirányos alkalmazási területei:

az eredeti keverék összetételi hibája miatt deformált, keréknyomos szakaszok javítása, a kötőanyagában leöregedett, felületi hámlást, kipergést mutató rétegek megújítása
típusváltás - például ha a burkolaterősítés során a meglévő - esetleg deformált vagy leöregedett - kopóréteget a pályaszerkezetben az újonnan épülő kopóréteg alatt kötőréteggé kívánják alkalmazni. Ilyenkor a felújítás során a meglévő, például AC 11 típusú kopóréteget AC 22 kötőréteggé, vagy a felújítás során kötőréteggé is építhető AC 16 típusú alakítják át.

Az ADMIX technológia során az adagolandó kiegészítő keverék összetételét és mennyiségét a felújításra kerülő aszfaltréteg összetételének ismeretében és a tervezett keverék kívánt paramétereinek megfelelően laboratóriumi vizsgálat alapján kell meghatározni.



7. ábra

Az Admix eljárás

Forrás: Roszik Gábor: Visszanyert aszfalt újrahasznosítási lehetőségei (MMK továbbképzés 2018.)

4.1.5. Hidegre cycling eljárások

A hidegre cycling eljárás olyan pályaszerkezetek felújítására alkalmas, melyeknél a pályaszerkezet, vagy annak egy része a forgalmi terhelésnek elhasználódás, alkalmatlan összetétel, vagy nem az igénybevételnek megfelelő felépítés miatt erősítő rétegek ráépítése esetén sem tud burkolatalapként megfelelni.

A hidegre cycling eljárás alkalmazható a következőképpen épített pályaszerkezetek útalapként való újrahasznosítására:

- itatott és vizes makadám alap
- szórt alap
- stabilizációs -mechanikai, cementes, bitumenes- alap
- bitumenes alapréteg
- aszfaltburkolat

A meglévő pályaszerkezetnek a tervezett mélységig beépített anyagának összetételét a marásos mintavételt követő vizsgálatokkal kell megismerni.

Javító kőanyag adagolásának célja a felmart pályaszerkezet anyagának szemmegoszlási javítása, illetve ha a burkolatalap tervezett vastagságának kialakításához a régi pályaszerkezetből hasznosítható anyag nem elegendő, ennek megfelelő mértékű kiegészítése.

Az útalap keverékének előállításához felhasznált kötőanyag a forgalmi terhelésnek, és felmart anyag jellegének megfelelően: cement, bitumen, bitumenemulzió és ezek keveréke lehet.

A hidegre cycling eljárás a pályaszerkezet tervezett vastagságú -legfeljebb 50 cm- rétegének felújítására alkalmas. A technológiára kifejlesztett géplánc a pályaszerkezet felújításra kijelölt részét felmarja és javító kőanyaggal és kötőanyaggal összekeverve szétteríti a mart felületre, ahol tömörítés után előáll a pályaszerkezet megújított alaprétege. Az új pályaszerkezet kialakításához az alapréteg megfelelő zárására, aszfalt rétegek építésére, vagy ha a forgalmi terhelés mértéke az aszfaltréteg építését nem igényli, felületi bevonat elhelyezésére van szükség.

1. Javítás víz és bitumenemulzió adagolással

A meglevő aszfaltburkolatot (a kopó és az alapréteget együtt) a recycler (maró-keverő gép) fellazítja, azt alaposan átkeveri, homogenizálja a mikroprocesszorokkal vezérelt szivattyúk által - tartály gépkocsiból adagolt - bitumenemulzióval és (ha az emulzió víztartalma kisebb az optimumnál) vízzel. Tájékoztató bitumenemulzió szükséglet 5-10 %. A helyszínen így megkevert keveréket (feljavított, új útalapot) a célgép elteríti és a gréder kialakítja a kívánt profilt.



8. ábra

tömörítés, profil kialakítás, előtömörítés, recycling, vízadagolás, bitumenemulzió, zúzalékterítés
Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület: Remix kézikönyv

2. Javítás cementterítéssel

A meglevő pályára (az átkeverendő mennyiségtől függően gépi úton) a cementet előre el kell teríteni, a fellazított burkolati anyag és az esetleg hozzáadott közúsalék együttes tömegéhez viszonyítva mintegy 2-5% mennyiségben. A recycler a megfelelő mélységig az útpályát fellazítja, a marótérben az előre elterített cementtel és zúzalékkal, valamint a mikroprocesszoros vezérlésű szivattyúval adagolt víz hozzáadásával azt homogenizálja és elteríti. A gréder kialakítja a kívánt profilt.



9. ábra

tömörítés, profil kialakítás, tömörítés, recycling, vízadagolás, zúzalékterítés, cementterítés
Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület: Remix kézikönyv

3. Javítás előkevert cementtej adagolással

Az eljárás megegyezik az 1. pont alatt ismertetettel, azzal a különbséggel, hogy a recycler által fellazított régi burkolat anyagához, a keverőegységbe közvetlenül - mikroprocesszorral vezérelt szivattyúval - az előzetes vizsgálatok alapján megtervezett és előkevert cementtejet adagolnak. A homogenizálást a marótérben a fellazítással egy időben végzi, majd azt elteríti és a gréder kialakítja a kívánt profilt.



10. ábra

tömörítés, profil kialakítás, tömörítés, recycling, cementtej adagolás, vízadagolás, zúzalékterítés

Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület: Remix kézikönyv

4. Javítás előkevert cementtej és bitumenemulzió adagolással

A recycler által fellazított régi burkolat anyagához előzetes zúzalékterítés után mikroprocesszorok által vezérelt szivattyúkkal gépben előkevert cementtejet és külön szállító-tartálykocsiból bitumenemulziót adagolnak, előzetes vizsgálatok alapján megtervezett receptúra szerinti mennyiségben.



11. ábra

tömörítés, profil kialakítás, tömörítés, recycling, cementtej adagolás, bitumenemulzió, vízadagolás, zúzalékterítés

Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület: Remix kézikönyv

5. Javítás habosított bitumenadagolással

A meglevő pályaszerkezetet megfelelő mélységben a recycler fellazítja, azt alaposan átkeveri, homogenizálja - a mikroprocesszorokkal vezérelt szivattyúk által szállítótartálygépkocsiból 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 (feljavított, új útalapot) a gép elteríti és a gréder kialakítja a kívánt profilt.



12. ábra

tömörítés, profil kialakítás, tömörítés, recycling, bitumenadagolás, vízadagolás, zúzalékterítés

Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület: Remix kézikönyv

6. Javítás cement és habosított bitumenadagolással

A meglevő pályaszerkezetet megfelelő mélységben a recycler fellazítja, homogenizálja az előzetesen a felületre terített cementtel és zúzalékkal, valamint a mikroprocesszorokkal vezérelt szivattyúk által a szállító-tartálygépkocsiból adagolt

vízzel és habosított bitumennel. A célgép az így előállított keveréket elteríti a felületre, majd a gréder kialakítja a kívánt profilt.



13. ábra

tömörítés, profil kialakítás, tömörítés, recycling, bitumenadagolás, vízadagolás, zúzalékterítés, cementterítés

Forrás: 3R Magyar Remix Egyesület: Remix kézikönyv

4.1.6. Új kopóréteg építése

Új aszfalt kopóréteg építése indokolt, ha:

- az útszakasz burkolata láthatóan előregedett (repedt, bomlik),
- az útszakasz kopórétegének geometriai jellemzőit (profiltarzulásait, esésviszonyait) javítani kell,
- több hibatípus fordul elő a kérdéses útszakaszon.

Külön kiegyenlítő réteg építését lehetőség szerint kerülni kell. Külön kiegyenlítő réteg építésére akkor van szükség, ha a keresztmetszetben olyan torzulások vannak, amelyek egy réteg beépítésével nem szüntethetők meg. A kiegyenlítő réteg külön rétegben való építésének előfeltétele, hogy az méret- és mennyiségszámításon alapuljon. Építését csak melegjárásos aszfalt beépítésével szabad előírni.

Az előkészítési műveletek során a helyi jellegű kigyűrődések és a nagyobb hosszakban keletkezett nyomvályúvállak lemarása, a repedések, hézagok kitöltése, a kátyúk javítása, szükség szerint lokális pályaszerkezet-csere történik. Ezt követi az új aszfalt kopóréteg építése.

Az alapréteget vagy régi burkolatot minden szennyeződéstől meg kell tisztítani. Az aszfaltpályaszerkezeti réteg építése előtt az alapot vagy régi burkolatot bitumen emulzióval le kell permetezni a réteg megfelelő ragasztása érdekében. A kipermetezendő kötőanyag típusát és annak mennyiségét úgy kell megválasztani, hogy az ne legyen káros az épített burkolati rétegre. Nagy kötőanyag tartalmú régi burkolatoknál vagy öntött aszfaltreteg építése előtt ill. infravörös sugarakkal előmelegített régi kopóréteg esetén nincs szükség alápermetezésre. Az emulzió kipermetezését annyihamarabb kell elvégezni, hogy az új aszfaltreteg építése előtt az emulzió megtörése és a felszabaduló víz

elpárolgása végbe menjen. A hengereltaszfalt a beépítés előtt a terméknek megfelelően, de legfeljebb 10 órán keresztül tárolható hőszigetelt készanyag tárolóban.

4.1.7. Aszfaltmakadám burkolatok profiljavítása

Az aszfaltmakadám fellazítása - ha szükséges előmelegítés után - gréderes nyesés, anyagpótlás, tömörítés, majd záróréteg, vagy hígított bitumen kötőanyagú felületi bevonat építése.

Az erősen deformálódott felületrész (például a burkolatszél) eltávolítása mechanikus úton majd profilhelyesen új (itatott vagy kevert) aszfaltmakadám, arra záróréteg vagy felületi bevonat, vagy speciális kötőanyaggal gyártott, $D = 22$ mm, vagy $D = 32$ mm névleges szemnagyságú, folytonos szemmegeloszlású, hideg-, vagy félmelegeljárásos aszfaltkeverék beépítése.



14. ábra
Kétrétegű, szórt emulziós felületi bevonat készítése a 44105. jelű úton
Forrás: Saját fotó

A következőkben a felületi bevonat esetében vizsgáljuk meg a technológia alkalmazási lehetőségeit, kitérve a hazai helyzet specialitásaira is Dr. Gáspár László szakmai anyaga alapján (Dr. Gáspár, 1998).

4.2. A felületi bevonat pms jellemzői

Világszerte tendencia, hogy a felületi bevonat építése mellett elsősorban akkor döntenek, ha az útburkolat a forgalmi és környezeti tényezők hatására balesetveszélyesen síkossá válik és/vagy kisebb mértékű repedések, kezdődő kipergés, illetve más kisebb felületi hibák jelentkeznek rajta, azonban a pályaszerkezet teherbírása még megfelelő.

A felületi bevonattal ugyanis a teherbírást csak kis mértékben, közvetve lehet javítani, azáltal, hogy az útpálya lezárása révén a korábban némileg repedezett burkolaton át a csapadékvíz többé már nem tud a szerkezet belsejébe, esetleg a földműbe hatolni, így annak teherbírását csökkenteni. A felületi bevonat gyakorlatilag alkalmatlan az esetleges keréknyomvályúk vagy hosszirányú hullámok eltüntetésére is. Feladatát a pálya felületépségének helyreállítása, érdességének jelentős mértékű megjavítása képezi. A hagyományos változat, építéstechnológiájából adódóan (hiszen itt csupán egy kétrétegű, rendszerint száraz zúzaléknak a régi pályához való ragasztásáról van szó) általában hosszú élettartamot nem biztosít.

Tudomásul kell venni, hogy elsősorban meleg időszakban a zúzalékszemek lassanként elsüllyednek, benyomódnak a pályába, nagy tengelyterhelésű forgalom esetében pedig gyakoribbá válik a zúzalékszemek kipergése, de azok fokozatos lekopása is viszonylag gyorsan következik be. Ennek a fenntartási technológiának a hatásossága (élettartama) azonban nem könnyen definiálható, illetve annak vége nem teljesen egyértelműen határozható meg.

Talán az a leginkább elfogadható konvenció, hogy a beavatkozást megelőző súrlódási viszonyoknak (pl. SRT értéknek) az újra történő elérése tekinthető a felületi bevonat üzemi élettartama végének.

Hazai gyakorlatban a hagyományos (modifikálatlan hígított bitumennel vagy bitumenemulzióval készült) felületi bevonatoknál - a szakasz nehéz forgalmi terhelésének függvényében 3 - 6 éves élettartammal számolhatunk.

Újabban - a modifikált kötőanyagok megjelenésével - már reális igény a 8 - 10 éves élettartam elvárása, még nagyobb forgalom esetében is.

4.3. A technológiával elérhető élettartam

A kötőanyagok alkalmazási skálája az utóbbi évtizedekben erősen kiszélesedett, gyakorlattá vált az útépitési bitumen, modifikált bitumen, modifikált bitumenemulzió stb. alkalmazása is. Ezen kötőanyagok használatának azonban jelentős pénzügyi vonzatai is vannak.

Még fontosabb azonban említést tenni a korábban egyeduralkodó permetezésez technológia alkalmazása mellett a keverésez-terítésez eljárások térhódításáról is. Ez utóbbiak olyan vékony rétegek, amelyeknek teherbírási szerepe változatlanul szinte elhanyagolható, de az érdes és egyenletes minőségű pálya létrehozását a hagyományos eljárásnál sokkal nagyobb forgalomnagyság mellett is jóval hatékonyabban és jelentősen megnövekedett időtartamra biztosítják az alkalmazott korszerű, nagy teljesítményű gépek, valamint a jobb minőségű alapanyagok felhasználásával.

Függetlenül attól, hogy hagyományos vagy keverésez-terítésez bevonat technológiát alkalmaznak, a felhasznált köanyag tulajdonságai is nagymértékben képesek a várható élettartamot, illetve a leromlási folyamatot befolyásolni.

Az alkalmazott zúzaléknak elsősorban a következő tulajdonságairól van szó: szemalak, frakcióélesség (a nominális frakcióhatárokon kívül eső anyaghányad), a közet polírozási ellenállása, a szemek porosságának mértéke (esetleges mosás alkalmazása), a közet tapadóképessége (adhéziója) az alkalmazott kötőanyaghoz stb.

Meglehetősen komplex döntést igényel adott esetben a felületi bevonat egyes technológiatípusai közötti választás. A döntéshozatal során fontos kérdés, hogy milyen távra kívánunk optimalizálni. Nyilvánvaló ugyanis, hogy rövid távú optimalizáláskor az alacsony árú, ugyanakkor szerényebb élettartamú változatok kerülnek előtérbe.

5. KORSZERŰ BURKOLATJAVÍTÁSI ELJÁRÁSOK

Az utak tervezése során a geometriai tervezés lényeges szerepet kap, a részletes szabályozás alkalmazása mellett hosszas egyeztetések történnek helyi és országos kormányzati szervekkel, hatóságokkal, lakossági képviselőkkel. Számos változat egyeztetése történik meg, költség-haszon elemzések, többkritériumú elemzések készülnek a változatok értékelésére. A geometriai tervezés mellett számos egyéb tervfázis valósul meg (pl.: kapcsolódó közművek kezelése, hídtervek, vízepítési tervek stb.), amelyek egyenként szintén nagyon fontos elemei a tervcsomagoknak.

Ezekhez képest a tervezési folyamatokban teljességgel másodlagos szerepet kap, sőt többnyire néhány mondatban kerül kezelésre a pályaszerkezetek technológiai tervezése. Amellett, hogy a pályaszerkezetek a teljes kivitelezési költség 10-30 %-át, sőt burkolat megerősítési munkák esetében ennél lényegesen magasabb részét (akár 80 %!) képezik, feltétlenül szükségesnek látszik a folyamat szabályozottabbá tétele a pályaszerkezetek előkészítésével, tervezésével kapcsolatban.

Az előkészítés fázisában számos esetben – tervezői elbeszélések alapján – nem történik más, mint néhány perc alatt a fent említett Útügyi műszaki előírás alapján meghatározásra kerül egy pályaszerkezet. Korábban a tervezőnek sem ismerete, sem ideje nem volt a tervezett pályaszerkezet költség optimalására (igaz a szabályozás szerint erre nem is kötelezte), arról már nem is beszélve, hogy a pályaszerkezeti anyagokat igazítsa a tervezett szerkezet környezetében legegyszerűbben, leggazdaságosabban elérhető anyagokhoz, technológiákhoz.

Az előkészítés, tervezés folyamatában új utak esetében a műszaki előírások alapján még ma típus-pályaszerkezet tervezés lehetséges. A típus-pályaszerkezetek tervezésekor a tervező az alaprétegek, illetve azok változatai mellett az aszfalt rétegek vastagságát adja meg. A tervezés során a forgalmi adatokból kiindulva, ahhoz rendelve adhatóak meg a típus pályaszerkezetek, illetve a különböző pályaszerkezeti rétegeket vastagságai. A jelenlegi tervezési gyakorlat szerint a földmunka és földmű teherbírás értékeit adja meg a geotechnikai szakvélemény, de magával a pályaszerkezettel kapcsolatosan a pályaszerkezet kimeneti jellemzőit nem illetve erősen részlegesen tartalmazzák az előírások, így azok tervezése és műszaki követelmény rendszerének felállítása nem gyakorlat. Ahogy az sem, hogy a tervezés során történő burkolatfeltárás eredményeivel

korrigálják az OKA adatbázisban szereplő adatokat. Kivitelezés közben az adalékanyagok ismeretében bizonyos szűk keretek között van lehetőség magára a pályaszerkezet tervezésre, de ez esetben is a tervező (nem technológia tervező) által megadott pályaszerkezet típusok a mérvadók, természetesen a vonatkozó előírások betartása mellett.

A 2013-ban megtartott Pályaszerkezeti konferencia² stratégiai fordulópontként jelent meg az útépitési, felújítási és üzemeltetési szakterületek jövőképének meghatározásában. Egyértelművé tette, hogy választanunk kell a jelenlegi helyzet fenntartása és a változás szükségességének elfogadása között. Az előbbi elfogadása a forgalmi torlódások és a környezetszennyezés jelentős növekedéséhez, a balesetek kedvezőtlen alakulásához vezet, és veszélyeztetheti hazai léptékben Európa gazdaságának versenyképességét. A második választása a közlekedési kereslet az EU által is kijelölt irányokba terelésére szolgáló és egész Európa gazdaságának fenntartható módon való fejlődését biztosító új eljárások bevezetésével jár.

A konferencia a második út választását javasolta.

A Pályaszerkezeti konferencián - illeszkedve az Európa 2020 és az NKS stratégiákhoz – meghatározásra kerültek az alágazati célkitűzések, amelyek biztosítják a műszaki és gazdasági szempontból optimálisan fenntartható úthálózati fejlesztéseket, a biztonságos, fenntartható, akadálymentes közlekedési infrastruktúra üzemeltetését, fenntartását („Fenntartható utak”).

Az előzőek szerint meghatározott célkitűzések és a kapcsolódó, a javasolt intézkedések között megfogalmazott főbb feladatok az alábbiak:

- **A közbeszerzési kiírások és a műszaki szabályozás korszerűsítésének előkészítése** a fenntartható fejlődés, az energia hatékonyság és a környezetvédelem szempontjainak figyelembevételével

A közbeszerzési eljárások közel 100 %-a esetében az ajánlatok értékelési szempontja egyedül a legalacsonyabb összegű ellenszolgáltatás. Ezzel egyéb fontos szempontok - gazdaságosság, környezetvédelem és fenntarthatóság - háttérbe kerülhetnek, vagy nem kapnak elegendő hangsúlyt, a közbeszerzési eljárás árversennyé egyszerűsödik.

² Fenntartható utak – MAÚT munkabizottsági jelentés (Budapest, 2013)

A közbeszerzési eljárások során a legalacsonyabb összegű ellenszolgáltatás, mint értékelési szempont mellett más, a környezetvédelem, fenntarthatóság figyelembevételével meghatározott értékelési szempontoknak is helyet kell kapniuk a megfelelő műszaki előkészítő munkák elvégzését követően (energiafelhasználás, teljes élettartamra vonatkozó összehasonlító elemzések stb.).

Az alternatív pályaszerkezetekre történő ajánlatadás lehetőségének a megteremtésével is segíteni kell az új technológiák, építőanyagok elterjedését, amelyek hozzájárulhatnak a környezetbarát és fenntartható utak megvalósításához.

Az útiügyi műszaki szabályozási tevékenység átalakításához, az állami érdek érvényesítése érdekében, a megrendelői, építetői oldalon szükség van a műszaki szabályozás szakmai irányításának kialakítására, megszervezésére.

Az útiügyi műszaki előírások korszerűsítésére tett erőfeszítések során figyelemmel kell lenni a nemrég elfogadott, az építményinformációs modell (BIM) alapú tervezés és műszaki megvalósítás feltételrendszeréről szóló 31/2024. (VIII. 22.) ÉKM rendeletben előírt építmény életciklus elemzéseket. Ezek magukban foglalják az üzemeltetés és bontási életszakaszok költségeit is.

- **Gazdasági hatékonyság** javítása a fenntartható fejlődés, az energia hatékonyság és a környezetvédelem szempontjainak figyelembevételével, a megfelelő technológiák kiválasztásával.

A 2024. nyarán megjelent 2024/1781 EU rendelet is olyan jogalkotási keret létrehozásával fogja támogatni az Unió általános fenntarthatósági céljaival – többek között az éghajlattal, a környezettel, az energiával, az erőforrás-felhasználással és a biológiai sokféleséggel kapcsolatos céljaival – összhangban lévő termelési és fogyasztási mintázatokat – miközben bolygónk tűrőképességének határain belül marad –, amely hozzájárul annak lehetővé tételéhez, hogy a termékek megfeleljenek a klímasemleges, erőforrás-hatékony és körforgásos gazdaság követelményeinek, hogy csökkenjen a hulladék mennyisége, és hogy a fenntarthatóság terén élen járók teljesítménye fokozatosan általánossá váljon.

A közlekedésépítési iparág által termelődő CO₂ és energiaigény radikális csökkentésének, ezzel a gazdasági hatékonyság növelésének egyik kiemelt eszköze a

helyszíni újrahasznosítás és az aszfaltgyártás során a mérsékelt meleg aszfaltok (WMA) bevezetése.

- Az útépitési, felújítási projektek tervezésénél a **technológiai tervezés** szerepének kiemelése

A meglévő pályaszerkezetek megerősítésénél, új pályaszerkezetek tervezésénél a jelenlegi szabályozás számos hibát és költségtöbbletet jelentő egyszerűsítést tartalmaz, illetve nem biztosít lehetőséget a modern technológiák alkalmazására (pl. helyszíni újrahasznosítási – remix – eljárások), továbbá nem különbözteti meg az egyes aszfalttípusok közötti különbséget. A technológiai tervezés alkalmazásának bevezetése és a kapcsolódó útügyi műszaki előírások kiadása áttörést hoz az eddigi gazdaságtalan, esetenként pazarló tervezési eljárásokkal szemben.

- **Környezetvédelem és a környezetbarát technológiák** kiemelt szerepének érvényesítése

Aggregát-gazdálkodási menedzsment bevezetésével a feltételek megteremtésével az infrastruktúra fejlesztés egyik alappillérenek tekinthető ásványi alapanyag (primer és szekunder előfordulásból) fenntartható felhasználására energia-hatékony módon, a környezet lehető legkisebb terhelésével, az alapanyaggyártás során keletkező CO₂ kibocsátás minimalizálásával kerülhet sor.

Az útépitések és –felújítások során az utak felszíni és felszín alatti vízelvezetését úgy kell kialakítani, hogy az útkörnyezet hidrológiai viszonyai eleget tegyenek az alábbi követelményeknek:

a pályaszerkezetek élettartamát növelje

a közútról lefolyó, a természetes vizekbe bekerülő csapadékvizek minősége javuljon

a terület vízháztartását javítsa illeszkedve a meglévő természeti környezetbe

A Horizon 2020 Munkaprogram szerint Európa szembesül az ellenállóbb infrastruktúra iránti növekvő igénnyel. Ugyanakkor a közlekedési infrastruktúra fenntartására és bővítésére szolgáló források csökkennek, következésképpen a felszíni közlekedési infrastruktúra számos eleme leromlik. Okosabb tervezés, építés, fenntartás és üzemeltetés szükséges, ezen belül fontos szerepet kapnak az újrahasznosítási és

újrafelhasználási módszerek a kisebb energiaigényű építés és fenntartás érdekében, valamint az olyan új építési és fenntartási technológiák, melyek növelik az infrastruktúra teljesítményét és megbízhatóságát.

A Nemzeti Közlekedési Stratégia (NKS) célrendszerében már említett, a közlekedés fizikai rendszerelemeinek javítását szolgáló célon belül indokolt a fizikai rendszerelemek folyamatos állapotromlásának megállítása, ahol a társadalmi hasznosság, költség-hatékonyság igazolható. A közlekedési hálózatok építése és fenntartása során elő kell segíteni a környezetbarát és energiatakarékos technológiák egyre szélesebb körű alkalmazását.

A bizottsági munkák során megállapítást nyert, hogy a tervezési folyamat során a technológiai tervezés szerepe jelenleg igen alacsony, sok esetben nem történik érdemben technológiai tervezés. Ez kihatással van a projekt végrehajtásának költségére és átfutási idejére is. Számtalan esetben a kivitelezési folyamatban kell több koncepcionális, illetve a létesítmény élettartamát, üzemeltethetőségét meghatározó mértékben befolyásoló kérdésben döntést hozni, sőt egyes korábbi, alapvető döntésen is célszerű lehet, célszerű lenne változtatni sok esetben, amely már a lezárt engedélyezési és közbeszerzési eljárásból eredően nem, vagy csak jelentős idő és költségráfordítás mellett lenne lehetséges.

A korábbi szemlélet megváltozását erősíti a nemrég megjelent az országos vagy helyi közúton végzett állami beruházások kapcsán, valamint az országos vasúti pályahálózaton és a térségi, elővárosi vasúti pályahálózaton végzett építési tevékenységekhez kapcsolódó hulladékképződés megelőzésével kapcsolatos tevékenységek részletes szabályairól szóló 149/2024 (VI.28) kormányrendelet, amely az útból kikerülő anyagot nem építési-bontási hulladéknak, hanem építési-bontási alapanyagnak nevezi. A kormányrendelet 3. §-a megfogalmazza, hogy minél több anyagot kell újrahasznosítani és ezt a tervezőnek kell meghatároznia.

A pályaszerkezet megerősítés konkrét méretezés eljárását a vonatkozó (lehetőség szerint mielőbb megújuló) utügyi műszaki előírás szerint kell elvégezni. A méretezési eljárásban olyan elvet célszerű alkalmazni, amely egyszerre lehetővé teszi a „hagyományos” aszfalt ráépítéssel megerősítés mellett a különböző újrahasznosítással járó eljárások alkalmazását, továbbá kezeli az eltávolított rétegek helyett beépítésre

kerülő új rétegek paramétereit. Erre egy javaslatot tartalmaz a bizottsági jelentés megerősítés tervezéséről szóló fejezete.

Egy átlagos, szokásos méretű projekt technológiai tervezésének időigénye akár 3-5 hónap is lehet, amely részben párhuzamosan tud haladni a geometriai és egyéb (pl. közművek) tervezéssel, de várhatóan a korábbi tervezési időket sok esetben 1-2 hónappal hosszabbá teszi. Bizonyos vizsgálatok elvégzését nem szabad megtakarítani, mivel ezek eredménye (pl. a mart aszfalt összetétel a remixelhetőség vizsgálatára) lényegesen befolyásolja a kiválasztható technológiákat.

A jelentés olyan állami támogatási rendszer bevezetését javasolja a környezetbarát technológiák alkalmazására, ami ellensúlyozná, különösen a kezdeti időszakban a bizonytalansággal és bevezetéssel járó többletköltségeket, és a gyártó és a kivitelező számára is vonzóvá tenné például a melegaszfaltok (WMA) alkalmazását anyagilag is. Mert nagyon kevesen vannak, akikben a környezettudatosság, a munkaegészségügyi szempontok felülírják a pillanatnyi haszon reményét.

A megállapítások tartalmazzák, hogy az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek megerősítése a jelenlegi szabályozásban korszerűtlen, nem használja fel a dinamikus teherbírásmérésből adódó többletinformációkat, további teret kell engedni a modern technológiák alkalmazására (pl. helyszíni újrahasznosítási – remix – eljárások) illetve a biztosítani kell a megváltozott forgalmi igények kielégítését (például az útburkolatok akusztikai követelményei)

Az alternatív pályaszerkezetekre történő ajánlatadás lehetőségének a megteremtésével segíthetjük az új technológiák, építőanyagok elterjedését és így hozzájárulhatunk a környezetbarát és fenntartható utak megvalósításához.

Az előző fejezetekben ismertetett karbantartási és felújítási technológiák közös ismérve, hogy a meglévő pályaszerkezet „újraépítésével”, esetleg a vastagság növelésével próbálják az eredeti állapotot visszaállítani. A felületi bevonatok javítják ugyan a felület vízzáróságát, növelik az érdességet, kiegészítő beavatkozásokkal csökkentik a nyomvályút elősegítve a további burkolatromlások megelőzését. A pályaszerkezethez azonban nem nyúlnak, az abban jelentkező hibák okait nem szüntetik meg. A teherbíráshiány miatt deformálódott, repedezett, sűrűn kátyús burkolaton a méretezett,

szükség szerinti rétegszámú felújítás a helyes fenntartási beavatkozás. Ezek a technológiák a karbantartási tevékenységből már a felújítási munkák területére vezetnek. A szintén tárgyalt hideg- és melegremix eljárások már az újrahasznosítás és újrahasználat kérdéskörét is érintik, de nem távolodnak el messzire a hagyományos gondolkodásmódtól. A meglévő pályaszerkezet anyagát használják fel és építik újra, annak tulajdonságait feljavítva, de a szerkezet alapvetően változatlan marad.

A Magyar Közút Nzrt. a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium elrendelő levele alapján 2018-ban hirdette meg kísérleti építési programját, melynek célja olyan anyagok, technológiák, kísérleti alkalmazása, melyek kellő kidolgozottsággal és tudományos megalapozottsággal bírnak, de rendszerbe állításukhoz még „éles környezetben” szerzett tapasztalatokra van szükség, jóváhagyással egyáltalán nem, vagy nem a kísérlettel érintett funkcióra rendelkeznek. Következésképp ütiügyi műszaki előírásokban foglaltaknak sem felelnek meg, ezáltal a közúthálózaton még nem alkalmazhatóak szabadon.

A program egy folyamatos pályázati rendszerben valósult meg, a beérkező témajavaslatokat a Társaság felsővezetőiből, valamint minisztériumi szakemberekből álló Kísérleti Építési Bizottság (KÉB) bírálta el. A KÉB által támogatott projektekre a Magyar Közút Nzrt. szerződést köt a javaslattevővel, vagy az általa megjelölt kivitelezővel. A monitoring időszak után a sikeresnek bizonyuló témajavaslatok - a kísérlet tapasztalatainak feldolgozása után – felterjesztésre kerülnek az Ütiügyi Műszaki Szabályozási Bizottság felé, ütiügyi műszaki előírásba való beillesztés céljából.

A következő fejezetben a kísérleti programban megvalósult technológiákat szeretném ismertetni.³

³ Kísérleti építési projektek a Magyar Közút Nonprofit Zrt.-nél (Beszámoló 2022.)

5.1. Energiatakarékos és kedvező szénlábnyomú pályaszerkezet visszanyert anyagok felhasználásával

Kísérleti építés éve: 2019.

Kísérleti építés helyszíne: 8403. sz. ök. út 26+530 -37+530 kmsz között

Kivitelező: Colas Út Zrt.

Kísérleti munka értéke: 53.383.755 Ft (nettó)

A kísérleti építés a Valorcol eljárás magyarországi alkalmazását hivatott elősegíteni. A felújítandó útszakaszon az új kötőréteg 100%-ban a helyszínen felmart aszfaltból, adalékanyag hozzáadásával készül. Már önmagában a helyben felmart aszfalt újrahasznosítása jelentős közúti forgalmat szabadít fel (felmart anyag el-, új anyag odaszállítása), de további energiamegtakarítást és károsanyag-kibocsátás csökkentést jelent, hogy a kötőréteget hideg eljárással készítik, helyszínen telepített mobil keverővel. A Valorcol réteg – az aktuális anyagáraktól is függően – legalább 35%-kal olcsóbb egy hagyományos, melegaszfalthoz képest, az eljárásnak köszönhetően pedig negyedannyi energiaigénnyel bír, míg a szén-dioxid kibocsátás 73%-kal alacsonyabb. A kísérleti építés első, két év elteltével esedékes monitoring-mérései 2021-ben lezajlottak. A referencia-szakasszal is összehasonlítva a kísérleti útszakasz minden paraméterben megfelelő.

5.2. Aszfaltok maradandó alakváltozással szembeni ellenállásának javítása

Kivitelezés éve: 2020.

Kísérleti építés helyszíne: 1. sz. főút jobb oldal 51+251 + 51+607 kmsz között.

Kivitelező: Strabag Építő Kft. (Témajavaslat benyújtója: dr. Gajári György)

Kísérleti munka értéke: 20.860.848 Ft (nettó)

A témajavaslat alapvetése, hogy az aszfalt burkolatok deformációs hajlamának csökkenthetősége a kövázon belüli hézag minimalizálásával van összefüggésben. A kísérlet egyfelől az optimális bitumentartalom beállításából, másfelől egy különösen nagy tömörséget adó beépítési technológia együtteséből áll. A nagy forgalmi terhelésű útburkolatok élettartamának növelése a karbantartási költségek szempontjából kulcsfontosságú. A technológia a szokásosnál 0,5-1%-kal alacsonyabb bitumentartalmat ír elő. A beépítés során pedig egy, 9 cm vastagságú AC 11 (F) 50/70, kötő és kopóréteg

funkciót is ellátó réteget építettek. A terítést követően előfűtött gumihengerrel végeztek előtömörítést, majd aprózúzalékos szórás után vízűtés nélküli, acélköpenyes hengerléssel tömörítettek több menetben. Az aprózúzaléket 200°C-os hőmérsékletre hevítve szállították a helyszínre, a gumihengereket is ezzel melegítették a tömörítés előtt. Ezzel sikerült elérni a tömörítendő felület minél lassabb hűlését, jó tömöríthetőségét.

Az eddig legzajlott monitoring vizsgálatok a vártnál is jobb eredményeket mutattak, a felület mikro- és makroérdessége kifogástalan, nyomvályúsodási hajlama igen alacsony. A felületi egyenetlenség is megfelelő.

Meg kell jegyezni, hogy a kivitelezés igen magas fokú technológiai fegyelmet és pontos végrehajtást igényel.

5.3. A mart és bontott aszfalt újrafelhasználási lehetőségeinek növelése

Kivitelezés éve: 2020.

Kísérleti építés helyszíne: 1. sz. főút bal oldal 51+251 + 51+621 kmsz között.

Kivitelező: Strabag Építő Kft. (Témajavaslat benyújtója: KTI Nonprofit Kft., Prof. Dr. habil Gáspár László)

Kísérleti munka értéke: 23.985.000 Ft (nettó)

Nagy forgalmi terhelésű utakon igen alacsony százalékban, vagy egyáltalán nem alkalmazható útburkolatokban mart és bontott aszfalt. Az útfelújítások során keletkező mart aszfaltot nagy mennyiségben legfeljebb a padka anyagában használják fel, esetleg kátyúzó keveréket készítenek belőle. A főleg gyorsforgalmi utakon alkalmazott SMA keverékek esetén a hatályos útügyi műszaki előírások nem engedik meg a hozzáadagolást. Nemzetközi és hazai kutatások és kísérletek azt mutatják, hogy nagy forgalmi terhelésű AC aszfaltoknál, de akár SMA keverékekben is egészen magas százalékban lehetséges (megfelelő előkészítés után) mart és bontott aszfaltok bekeverése az új útfelülettel szemben támasztott minőségi követelmények romlása nélkül.

E kísérlet egyidőben az előző pontban tárgyalttal, az 1. sz. főúton történt. Az SMA keverékbe 10%, illetve 20%-os arányban került bekeverésre mart aszfalt, zúzás és osztályozás után, hideg recycling eljárás útján. A monitoring mérések eredményei – hasonlóan az előző témához – ezen a szakaszon is kiválóan bizonyultak.

A kedvező kísérleti projektek ellenére a mart aszfaltot egyelőre útalapként visszadolgozva használják fel alacsony forgalmú mellékutakon. A profilkiegyenlítést követően mart aszfalttal elvégzett profilkialakítás után kétrétegű emulziós felületi bevonattal viszonylag egyenletes felületet lehet képezni az alacsonyabb rendű mezőgazdasági utakon.



15. ábra
Profilkiegyenlítést követően mart aszfalt alapréteg terítés a 42151. jelű úton
Forrás: Saját fotó

5.4. Üvegtartalmú aszfalt

Kivitelezés éve: 2019.

Kísérleti építés helyszíne: 7.sz. főút 33+550 – 34+235 kmsz között.

Kivitelező: Euroaszfalt Kft.

Kísérleti munka értéke: 45.645.022 Ft (nettó)

Az üveg gyakorlatilag nem elbomló anyag, hulladékként való kezelése nehézkes, nagy költséggel, környezeti terheléssel jár. Hasonlóan a gumihulladékhoz, felmerült az üveghulladék útépítésben való alkalmazása is, nem csak a burkolatalapban, földművekben, hanem az útburkolatban is.

Az üvegtörmeléket gyakorlatilag a kőanyag egy részét kiváltandó keverték aszfaltkeverékbe, ezzel kapcsolatos laborvizsgálatok jóval a kísérleti építési témajavaslat benyújtása előtt már lezajlottak. A kőanyag százalékában 10, 15 és 20%-os üvegtartalmú AC11 kopó keverékeket vizsgáltak. Miután a 20%-os keveréknél már kifejezetten rossz nyomvályúsodási hajlamot tapasztaltak, a kísérleti építést a 10 és a 15%-os keverékkel valósították meg.

A felületek az elvárt érdességet a beépítéskor és azóta is produkálták, deformáció, romlás nem tapasztalható. A forgalom felületkoptató hatására a felszínen lévő üvegszemcsék eloszlásuknak és méretüknek köszönhetően napfényes időszakban is némi csillogást mutatnak, de vakító hatás nélkül.

5.5. Gumival modifikált bitumen és ebből gyártott aszfalt

Sok vélemény szerint forradalmasíthatja az útépítést a MOL és a Pannon Egyetem által kifejlesztett gumibitumen, amelynek élettartama a gyártó szerint duplája, karbantartási költsége pedig jóval kevesebb, mint a most használt bitumenek. A problémás gumiabroncsok újrahasznosításával pedig a környezet is csak nyerhet. Ilyen gumibitumenes aszfalt borítja a 3121. jelű út Jánoshida és Jászboldogháza közötti 8,4 km-es szakaszát.

A gumibitument már évtizedek óta használják. Útépítésre először az Egyesült Államokban alkalmazták, de Ázsiában és Európában is felismerték az előnyeit. Portugáliában például 2007-óta kormányrendelettel támogatják a gumiőrlemények bitumennel történő modifikálását. Az elterjedését egyelőre az előállításának és

felhasználásának korlátai akadályozták. Az eddig ismert eljárás szerint ugyanis a gumibitument az építés helyszínén készítik, ami azzal jár, hogy néhány órán belül fel kell használni a gumiszemcsék kiülepedése miatt. A Pannon Egyetemmel közös kutatás révén erre a problémára sikerült megoldást találni úgy, hogy egy speciális kötőanyag felhasználásával kémiaiilag stabilizálták a terméket, ami lehetővé tette a korábban helyszíni keverés helyett a szállíthatóságot, illetve a hagyományos gépekkel történő felhasználását is.

A gumibitumen 2008-ban Építőipari Műszaki Engedélyt kapott közlekedésépítési célú felhasználásra (ÉME 13/2008). A termék és az előállítási eljárás 2009-ben szabadalmi oltalmat nyert. A gumibitumen előnyei:

- hulladék gumiabroncsok környezetbarát hasznosítása,
- kiváló tapadás, ami jelentős, 5-10 százalékos fékútsökkentő hatást eredményez, ami pedig javítja a közlekedés biztonságát
- a régi bitumenhez képest hosszabb élettartam jobb fáradási tulajdonságok, ezért kevésbé repedezik az aszfalt,
- Nagyobb terhelhetőség, kisebb nyomvályúsodás, lényegesen kisebb menet zaj,
- jobb ellenálló-képesség a környezeti hatásokkal szemben,
- alacsonyabb fenntartási költségek,
- alacsonyabb vízfelhasználás a gyártás során.

A gumibitumenes technológiát az Új Széchenyi Terv Regionális Operatív Programok teljes körű útfelújítási projektjeinél már több helyen is alkalmazták. A Királyegyháza-Sellye összekötő út 0,65, a Cigánd-Pácin összekötő út 3,95 és az Újszilvás-Tápiógyörgye-Jánoshida összekötő út 8,4 kilométeres szakaszánál is alkalmazták a gumibitumenes technológiát, illetve más program keretében a 81-es főút mintegy 0,9 kilométeres szakaszán. Bár az anyag megfelel az érvényben lévő magyar útépitési szabványoknak, egyes vélemények még türelemre intenek a széles körű alkalmazás megvalósulását illetően.

A gumival modifikált bitumen minőségét és felhasználását szabályozó e-UT 05.01.25:2013 előírás hiányzó minisztériumi jóváhagyása miatt 2015 elején a MOL a gumival modifikált bitumentermék szabványosítási folyamatát kezdeményezte. Ehhez az e-UT 05.01.25:2013 előírás (Tervezési Útmutató) kiváló „alapot” jelentett, ennek felhasználásával 2015 végére elkészült és a Magyar Szabványügyi Testület által kiadásra

került az új szabvány: *MSZ 930 Bitumen és bitumenes kötőanyagok. Gumival modifikált bitumenek. Követelmények*, valamint az e-UT 05.01.26:2018 útügyi műszaki előírás a bitumenes kötőanyagok az útpályaszerkezetek aszfaltburkolati keverékeinek gyártásáról. Az ebben foglaltak alapján a gumival modifikált bitumen (GmB) gyártásához felhasznált gumiőrleményt gépjárművek gumiabroncsainak környezeti hőmérsékleten történő aprításával vagy kriogén őrlési eljárással előállított, legfeljebb 1,25 mm szemcseméretű gumi- és szilícium-alkotják. A gumival modifikált bitumen gyártásához alapbitumenként az előírás szerinti 20/70, 70/100 és 160/220 útépitési bitumenek alkalmazhatók.



16. ábra
A felhasznált gumiőrlemény
Forrás hvg.hu

Az GmB-vel gyártott keverékek teljesítménye a normál bitumennel gyártott keverékek teljesítményét felülmúlja. Az RA-t tartalmazó GmB 45/80-55 kötőanyagú keverékek teljesítménye meghaladja, vagy csak minimális mértékben marad el a PmB 25/55-65 kötőanyagú keverékek teljesítményétől. Energiafelhasználás szempontjából - a jelenlegi ismeretek alapján - nem jelent plusz energiaigényt az RA-t tartalmazó gumibitumenes kötőanyaggal történő aszfaltkeverék gyártása az 50/70-es kötőanyagú keverékek előállításához képest. (Tallósi, 1997)

5.6. FORTA-FI 3D szálerősített aszfalt technológia

Kivitelezés éve: 2020.

Kísérleti építés helyszíne:

3. sz. főút 14+632 – 15+332 kmsz között.

Kivitelező: He-Do Kft.

Kísérleti munka értéke: 49.850.042 Ft (nettó)



A kísérlet célja a Forta-Fi 3D szálerősítés magyarországi alkalmazásának elősegítése és az így előállított burkolat üzemeltetési tapasztalatainak megszerzése. Az adalék a keverőtelepen kézzel (5kg/tonna a keverék arányában), nagyobb mennyiségben akár automatikusan is adagolható. A burkolat kihúlése közepette az adalék polimerhálót képez a keveréken belül, ezzel annak ellenállóságát, tartósságát növeli.

Különösen a nagy nyíró igénybevételnek kitett szakaszokon (pl. buszmegállók, kereszteződések és körforgalmak felállási szakaszai és körpályái) célszerű a használata. A kísérlet során 500 méter hosszon 4 cm kopórétegben, 200 m hosszon pedig 4 cm kopó- valamint 6 cm kötőrétegben alkalmazták az adalékot.

5.7. Az aszfaltburkolatok élettartamának növelésére irányuló megoldások

Kivitelezés éve: 2022.

Kísérleti építés helyszíne: 2106. j. ök. út 29+530 – 29+880 kmsz. között.

Kivitelező: Colas Út Zrt.

Kísérleti munka értéke: 49.994.956 Ft (nettó)

A kísérleti építés tulajdonképp három különböző, az útburkolat élettartamának megnövelését célzó megoldás egymás utáni szakaszokon való kipróbálását tartalmazza az alábbiak szerint.

SMA 11(mF) B 50/70 + Viatop plus FEP kopóréteg

A Viatop plus FEP egy cellulózrost alapú, funkcionális elasztomer adalékot tartalmazó (20, illetve 80 m/m %-ban) pellet adalékanyag, amely az aszfaltkeverék merevségét javítja, e mellett jótékony hatással van annak az alacsony hőmérsékletű viselkedésére is. Az adalék alkalmazásával B 50/70 bitumenekkel legalább PmB 25/55-65 minőségű bitumennel készült keverékjellemzők érhetők el, miközben a

hidegviselkedési jellemzők kedvezőbbek. Utóbbi a hegyvidéki kopórétegek esetében kifejezetten fontos. A Viatop plus FEP tehát kedvezőbb áron elérhető magas minőséget képes adni az aszfaltkeveréknek. A kísérletben SMA kopórétegben készülnek alkalmazni az adalékot, a jelenlegi jóváhagyás még csak AC keverékekben engedélyezi azt.

Selenizza SLN természetes aszfalt tartalmú adalékszer alkalmazása kötőrétegekben

A Selenizza SLN természetes aszfalt tartalmú adalékszer alkalmazása lehetővé teszi, hogy gazdaságos módon kerüljön növelésre a hagyományos bitumennel készült aszfaltkeverék merevsége és fáradási tulajdonságai javuljanak. Ezzel párhuzamosan az élettartama is növekszik. A Selenizza kötőrétegben fejti ki legjobban a hatását, a kísérlet során AC 11 (F) kötőrétegbe kerül bekeverésre, B 50/70 bitumennel.

Cidex (Rotaflex) 830 aszfaltrács alkalmazása pályaszerkezetben

A Cidex aszfaltrácsot kifejezetten kifáradt burkolatok megerősítéséhez javasolt alkalmazni. Használatával megakadályozhatók a fáradási repedések áttükröződései az új burkolatra.

Telepítése a kötőréteg alá történik. A fentebb írtakon túl a rács előnye, hogy azonos teherbírás eléréséhez vékonyabb pályaszerkezet is elegendő. A mellékúti felújítások költségeit ezáltal jelentősen lehet csökkenteni.

A kísérleti építés referencia-szakaszán 7 cm vastagságban AC 22 kötő (mF) aszfaltréteg került beépítésre, a Cidex-szel érintett kísérleti szakaszon 5 cm AC 11 kötő (mF), utóbbi így is – várhatóan – jobb teljesítményt fog nyújtani.

5.8. Stabilizált vastag bevonat

Kísérleti építés éve: 2019.

Kísérleti építés helyszíne: 2511. sz. ök. út 15+643 – 15+835 kmsz. között.

Kivitelező: Bitunova Kft.

Kísérleti munka értéke: 16.400.000 Ft (nettó)

A kísérleti munka célja a jelenlegi 10 évnél jelentősen (20-30- év) hosszabb élettartamú, olcsó, portalanított, vízzáró burkolat készítése, ami lakóutakra ideális megoldás lehet. A nehéz forgalommal nem, vagy csak alig (szemétszállító autó) érintett lakóutak esetében a meglévő, kellő tömörségű és teherbírású, többnyire kavicssal szórt út kitűnő fogadófelületet adhat (profilozás és impregnálás után) felületi bevonattal való záráshoz.

A javasolt technológia szerint a profilozott, impregnált felületre GG20/20 kN/m szőtt georács, majd erre 30/60-as tört/darált beton (RC) került 10 cm laza vastagságban, tömörítése után kiékelő zúzalék, majd kétrétegű különleges BZbz emulziós felületi bevonat készül, közbenső hengerléssel.

5.9. Bazaltbeton pályatábla csere

Kivitelezés éve: 2022.

Kísérleti építés helyszíne: 5204. sz. út

Kivitelező: Ferrobeton Zrt.

Kísérleti munka értéke: 46.800.000 Ft
(nettó)



A bazaltbeton táblákkal készült pályatestek karbantartásában leginkább jelentkező probléma a pályatáblák

szélének töredezése, valamint a tábla kettőtörése. A letöredezések javítása viszonylag egyszerűen megoldható, azonban a kettőtört pályatábla cseréje a jelenleg alkalmazható technológiával meglehetősen időigényes, mivel a kiszedett régi tábla helyén helyszíni betonozással állítják elő az újat.



A kísérlet keretében a pályatáblát tervezés után előre legyártják és a helyszínen csak behelyezni kell, injektálással színtezni, valamint rögzíteni a szomszédos táblákhoz. Ez által a forgalomkorlátozás minimális időtartamra csökkenthető. A

kísérletre kijelölt szakaszt nagy volumenű, a délegyházi bányát érintő forgalom terheli. Sikeres kísérlet esetén az eljárás nagyban megkönnyítheti az M0 autópályát betonpanelek szakaszainak a karbantartását.

5.10. CONCRETECANVAS betonpaplan alkalmazása töltéstartabilizálására

Kivitelezés éve: 2020.

Kísérleti építés helyszíne: 4127.j. út, Csegöldi elágazás.

Kivitelező: Szomor Kft.

Kísérleti munka értéke: 49.879.609 Ft (nettó)



Hazánkban jelentős területen jellemző az agyagos altalaj, amely anyagnak az útépités szempontjából kellemetlen tulajdonsága, hogy nedvesség hatására megnő a térfogata (kiszáradáskor pedig csökken), valamint teherbírását is elveszíti. Ilyen földművön a

pályaszerkezetben olyan feszültségek keletkeznek, melyek hatására gyors romlásnak indul, jellemzően hosszirányú repedések és deformációk keletkeznek.

A ConcreteCanvas olyan, útszerkezetben eddig sehol nem alkalmazott, cementtartalmú anyag, amely nyers állapotában paplan módjára fektethető, felveszi a felület alakját, majd hidratálás (belocsolás) után megszilárdul, az egyik oldalára felvitt PVC-rétegnek köszönhetően pedig vízzáró tulajdonsággal is bír. Ily módon az



alatta fekvő földművet elzárja a víz elől, annak jelentős térfogat- és teherbírás-változását megszünteti. A kísérlet során egy szakaszon a pálya teljes szélességében, többi részén csak a pályatest szélein fektették le a paplant, feltételezve, hogy a pálya tengelyében, a burkolaton keresztül nem juthat be víz a pályaszerkezetbe.

A termék ára egyelőre nem támogatja a széles körű elterjedést, de érkeztek már jelzések a gyártó irányából, hogy az útszerkezetekben nem szükséges anyagokat (pl. saválló cement) olcsóbb, e célra megfelelő anyagokra cserélve csökkenthető.

6. ASZFALTRÁCSOK

Az aszfaltburkolatok élettartamának növelése, a pályaszerkezet teherbírásának javítása, nyomvályúsodással szembeni ellenállásának fokozása, valamint a hidraulikus és fáradási repedések késleltetése érdekében javasolt lehet az aszfaltrácsok alkalmazása. Az e-ÚT 08.02.12:2022 Aszfaltburkolatok fenntartása útügyi műszaki előírás függeléke szerint a fő funkciói:

- erősítés
- feszültségcsökkentés
- elválasztás

Az aszfaltrácsok szakítószilárdsága növeli az aszfalt pályaszerkezetek húzófeszültséggel szembeni ellenállását, a leragasztáshoz felvitt bitumen hordozóréteg vízzáró réteget képezve megakadályozza a burkolati csapadékvíz lejutását az alsó szerkezeti rétegekbe. Az aszfaltrácsokkal szembeni követelményeket az MSZ EN 15 381:2008 számú termékszabvány részletezi.

Az aszfaltrétegek közé építhető aszfaltrácsok alkalmazása megosztja a szakmát. Az aszfaltrács műszaki jellemzőiből fakadó pozitív hatásait jellemzően a rossz kivitelezésből fakadó negatív tapasztalatok árnyékolják be, annak ellenére, hogy a világ számos országában alkalmazzák sikeresen – betartva a gyártói előírásokat.

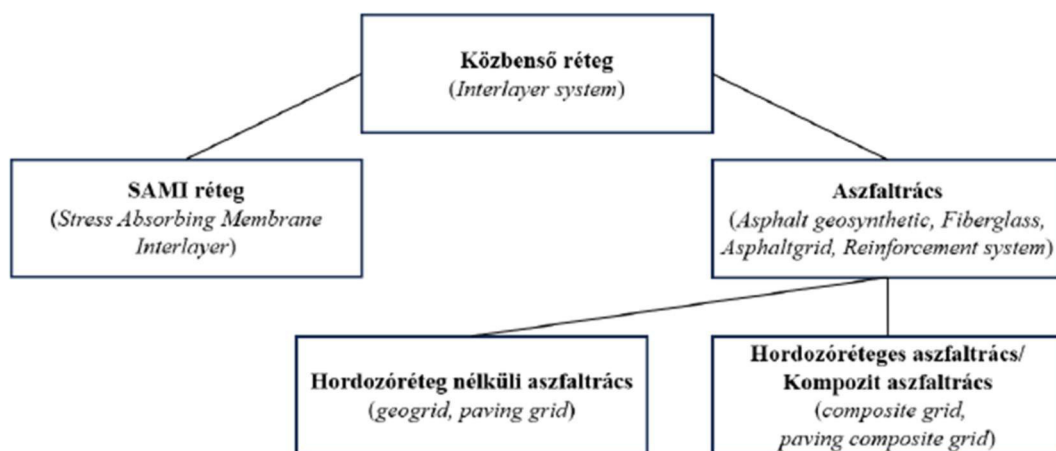
A mérnökök számára ismert, hogy az útpályaszerkezetek rétegei közé beépített teherelosztó réteg javítja a pályaszerkezet teherbírását. Így például az aszfaltok gyenge húzófeszültséggel szembeni ellenállását javítja a rétegek közé épített aszfalterősítő háló vagy – egyszerűbb elnevezéssel – aszfaltrács.

Az aszfaltrácsok, mint innovatív építési megoldások, az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapnak az útépítés és karbantartás területén. Ezek a speciális geotextíliák segítenek a meglévő útfelületek megerősítésében, a repedések elkerülésében, és növelik az aszfalt élettartamát. A hazai szakmai közegben a 2010-es évek előtti a kopóréteg alá épített aszfaltrácsokkal kapcsolatos negatív tapasztalatok miatt kialakult egy távolságtartás a közbenső rétegek aszfaltrétegek közti alkalmazása kapcsán és megállapítást nyert, hogy leginkább csak a pályaszerkezet alsóbb rétegeiben célszerű beépíteni azokat. A külföldi szakmai körökben – felismerve az aszfaltrács pályaszerkezet jelentős élettartam növelő hatását – azonban szakadatlanul vizsgálják mai napig is az

aszfaltrács aszfaltrétegek közti alkalmazásának, valamint az aszfaltrács által okozott negatív hatások orvoslásának lehetőségeit.

6.1. Fogalom meghatározás

Hazánkban alkalmazott összegző kifejezés az **aszfaltrács**, mely alatt az útpályaszerkezetek aszfaltrétegei között- vagy alatt közbenső réteggként alkalmazott, geotextíliák családjába tartozó építési terméket értjük. Az anyagukat tekintve aszfaltrácsok fő egysége egy teherviselő rácsháló és opcionálisan alkalmazott másodlagos eleme a rácsháléhoz rögzített hordozóréteg.



17. ábra

Fogalmi meghatározás

Forrás: Kelemen László – Aszfaltrácsok alkalmazásának komplex elemzése nemzetközi és hazai tapasztalatok összegzése alapján (Diplomamunka 2023, SZIE)

A **rácsháló** „szintetikus, vagy természetes, vagy mindkét anyag egymásra merőleges szálaiból, szálkötegeiből, szalagjaiból vagy csomóponti kiképzéssel, különféle kötésekkel, különféle lyukbősséggel gyártott termékek” (Almássy, 2010). A geotextília nélküli rácshálókat nevezik itthon **hordozóréteg nélküli aszfaltrácsnak**.

A **geotextília**, vagy – **rácshálóval együttes alkalmazás esetén** – **hordozóréteg** egy „egymásra rétegelt, szabálytalanul elrendezett (végtelen hosszú) szálakból, vagy 3-15 cm hosszú pászmákból álló szőnyegek szilárdításával és varrással, szövással, tűnemzéssel, ragasztással, vagy hőkezeléses-ragasztással létrehozott textília” (Almássy, 2010). A geotextíliával rendelkező rácshálókat **kompozit aszfaltrácsnak**, vagy **hordozóréteges aszfaltrácsnak** is hívják, valamint hazánkban korábban „aszfalthálónak” is nevezték.

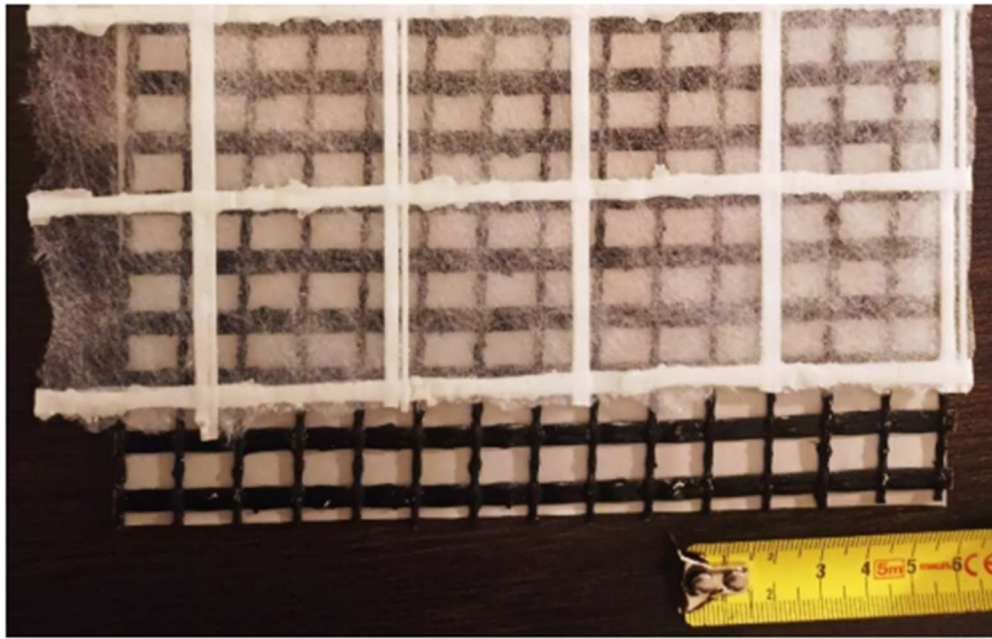
6.2. Műszaki jellemzők

A rácsszerkezet többnyire egymáshoz rögzített szálakból épül fel, melyet vékony pászmák alkotnak. A rácsszerkezet méretét a kötési csomópontok közti hossz- és keresztirányú – milliméterben mért – távolság alapján határozzuk meg. A rács méretétől is függ a fogadó- és a takaróréteg közti kohézió valamint a rácsháló szakítószilárdsága.

A rács mérettartomány kontinensenként és országonként eltérhet. Leggyakrabban alkalmazott rácsméret a 25x25 mm rácsszerkezet, A 12,5 mm rácsméret miatt az elválasztó jelentősebb hatása hazánkban is ki lett mutatva⁴, ezért Magyarországon minimum 25x25 és maximum 50x50 mm rácsméret alkalmazható (e-UT 08.02.12:2022). Értelmszerűen minél nagyobb a lyukbőség, úgy arányosan csökken a rácsszerkezet merevsége. Az anyagok fejlesztésével azonban lehetőség nyílt a lyukbőség növelésére és emiatt Európából indulva egyre több gyártó készíti a termékeit 40x40 mm rácsmérettel. Fontos szempont, hogy mindig nagyobb legyen a lyukbőség, mint a takaróréteg kövaza.

A **rácsok** elsődleges feladata az aszfalt húzószilárdságának növelése. Anyaga lehet üvegszál, szén, poliészter, polipropilén, de kísérletek folynak elsősorban a műanyagok terén az újrahasznosított anyagokkal is: PET palackok, acél, bazaltszálak, polivinil-alkohol (PVA), netlonháló stb. A leggyakrabban használt azonban az üvegszál. Ennek oka, hogy viszonylag rideg anyag, a rugalmassági modulusa és szakítószilárdsága az egyik legmagasabb, olvadáspontja 200 °C feletti. A szénszál ugyan a legnagyobb rugalmassági modulussal a legalkalmasabb lenne a funkció betöltésére, azonban jelentősen drágább az üvegszálnál.

⁴ Almássy Kornél – Aszfalt pályaszerkezeti rácsok viselkedése (PhD értekezés 2010 – BMGE)



18. ábra

*A 12,5x12,5mm és 40x40 mm-es rácsméret**Forrás: Kelemen László – Aszfaltrácsok alkalmazásának komplex elemzése nemzetközi és hazai tapasztalatok összegzése alapján (Diplomamunka 2023, SZIE)*

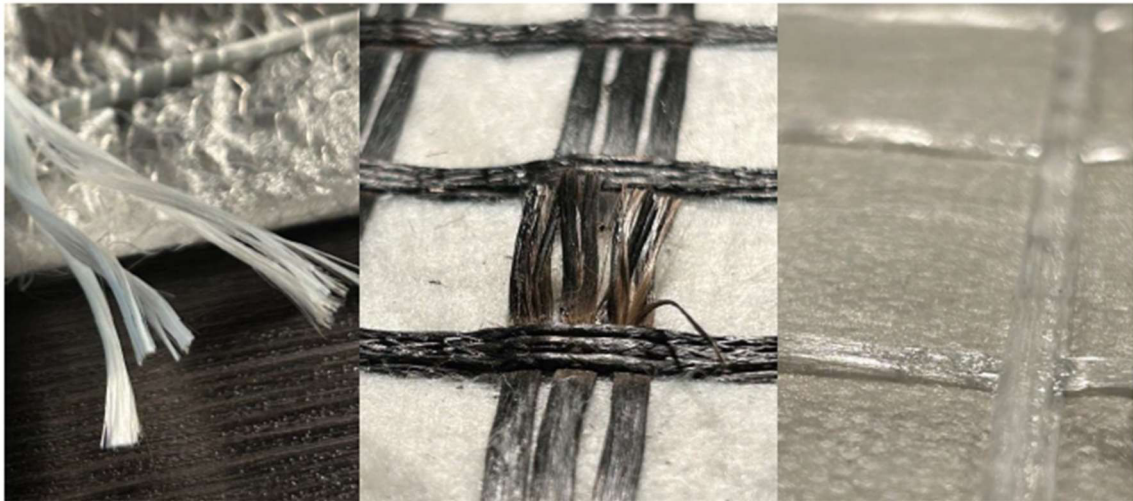
A rács tulajdonságainak javításában, valamint a fogadóréteghez történő ragasztásban játszik szerepet a rács szálainak **bevonata**, nem mellékesen védi a rácsot a beépítés során. Létezik ugyan bevonat nélküli aszfaltrács is, azonban nemzetközi kísérletek (J. H. Lee. at al., 2019) bebizonyították, hogy ha nincs bevonat az üvegszálon akkor beépítés után kibontott aszfaltrács szakítószilárdsága a gyári adathoz képest 80 %-kal, bitumennel bevont rácsnál 50 %-kal míg műgyanta bevonatnál 5 %-kal csökken a szakítószilárdság. Amennyiben nincs bevonat a rácshálón, úgy javasolt a maximális bitumenemulziót kiszórni és ezzel biztosítani minimális védelmet a szálaknak. Például egy bevonat nélküli 17 g/m² hordozórétegű bevonattal rendelkező aszfaltrácsnál 600 g/m²-, míg bevonat nélküli aszfaltrácsnál 700 g/m² maradót bitumenemulzió kiszórása javasolt.

A bitumenes bevonat előnye, hogy az aszfaltkeveréket kevésbé szennyezi, azonban aszfaltozáskor megolvadhat és kevésbé védi a rácsot a hőhatásokkal szemben.

A műgyanta bevonat előnye, hogy olvadáspontjuk a bitumeneknél jóval magasabb, ezért jelentősen nagyobb védelmet adhat a rácshálónak.

Az MSZ EN 15381 szabványban előírt MSZ EN ISO 3146 szabvány szerinti módszerrel vizsgálva a szálak illetve pászmák bevonata hőállósága legalább 200 °C fok.

A szálak megengedett nyúlásának mértéke legfeljebb 3 %. A hidraulikus kötőanyagú alaprétegekre építés technológiáját az e-ÚT 06.06.53 útügyi műszaki előírás határozza meg.



19. ábra

Bevonat nélküli, bitumenes bevonatú, latex műgyanta bevonatú kompozit aszfaltrács
Forrás: Kelemen László – Aszfaltrácsok alkalmazásának komplex elemzése nemzetközi és hazai tapasztalatok összegzése alapján (Diplomamunka 2023, SZIE)

6.3. Az aszfaltrácsok alkalmazási követelményei

A típus pályaszerkezeten belül sok évtizede már több réteg közé is építenek be aszfaltrácsot. Két fő csoportja a hidraulikus burkolatalapra (CKt) épített aszfaltrácsok, valamint az aszfaltrétegek közé épített aszfaltrács. A beépítés helye szerinti két típus számos jellemzőben eltér, ezért fontos kihangsúlyozni, hogy jellemzően vagy egyik, vagy másik pályaszerkezeti réteg közé alkalmas rácsról beszélhetünk. Más rétegre, tehát például kötőanyag nélküli burkolatalapra aszfaltrácsot beépíteni tilos (e-ÚT 08.02.12:2022). Emellett szükséges rögzíteni, hogy milyen burkoltra és milyen pályaszerkezeti probléma javítására alkalmasak az aszfaltrácsok

Beépítés helye	Hordozórét tulajdonsága	Rács mechanikai tulajdonsága	Minimális maradó bitumen ajánlott mennyisége g/m ²
	Testsűrűség g/m ³	Szakítószilárdság kN/m	
Felújítás során aszfaltrétegek közé	10–50*	50/50–200/200**	500–900***
Hidraulikus kötőanyagú alaprétre (SAM réteg) e-UT 06.03.53 ÜME 6.2.4.3. pontja szerint	min. 100	min. 100/100	1000

Jelmagyarázat:

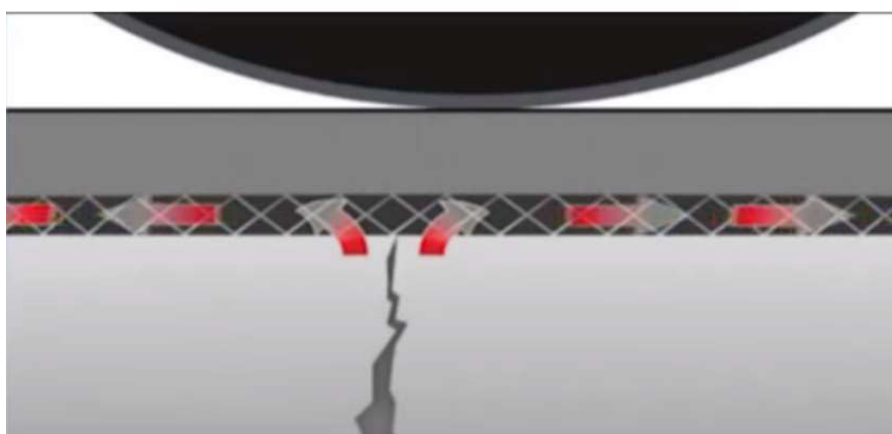
* – Bizonyos esetekben hordozórét nélküli aszfaltrács alkalmazása is megengedett az F.5.3. pont szerint.

** – Félmerev pályaszerkezet esetében javasolt 100/100 kN/m, hajlékony és különösen hajlékony pályaszerkezet esetében javasolt 50/50 kN/m szakítószilárdságú rács alkalmazása.

*** – A 15 g/m² testsűrűségű textília esetén 500 g/m², az 50 g/m² testsűrűségű textília esetén 900 g/m² maradó bitumenemulzió alkalmazása ajánlott. A köztes értékeket interpolálni kell. Hordozórét nélküli aszfaltrács esetén a gyártó utasítása szerinti mennyiségű bitumenemulzió alkalmazása szükséges.

20. ábra
Az aszfaltrácsok alkalmazásának követelményei
Forrás: e-UT 08.02.12:2022

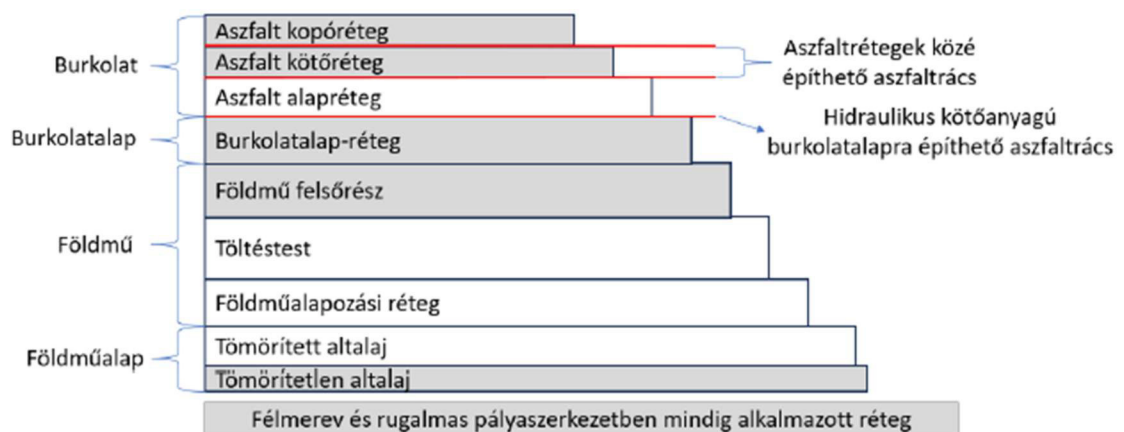
Hidraulikus kötőanyagú réteg esetében – függetlenül a fedőréteg anyagától (aszfalt vagy beton) – a rétegek közti feszültségmentesítés történhet a két réteg elválasztásával, vagy a pászmák húzófeszültség felvétele által. Emiatt szükséges a technológiát úgy megválasztani, hogy az a hidraulikus kötőanyagú burkolatalap feletti réteghez (aszfalt, vagy beton) erősebben tapadjon, mint a burkolatalaphoz.



21. ábra
Az aszfaltrács megakadályozza a repedések terjedését
Forrás: Here Zsolt - Kötött talajoknál megjelenő zsugorodási repedések okai és javítási technológiái (MK előadás)

Ennek köszönhetően a burkolatalap dilatálásából eredő feszültség és repedés nem tükröződik át a pályaszerkezet felső rétegeibe. Feszültségmentesítés céljából hazánkban régóta alkalmazott technológia, mely megfelelő építési fegyelem betartása mellett beváltotta a hozzá fűzött reményeket.

Amennyiben aszfaltrétegek közé építjük be, épülhet az aszfalt kopó- és a kötőréteg, vagy a kötő- és az alapréteg közé. Cél többféle lehet, mivel megerősítés, feszültségmentesítés és vízzárás céljából is alkalmazható. Hazánkban elsődleges célja a repedés áttükröződésének csökkentése, tehát a feszültségmentesítő funkció, vagyis a repedések áttükröződésének késleltetése úgy, hogy mellette a rétegek közti együttlapolozást a lehető legkisebb mértékben csökkentse. Aszfaltrétegek közé jellemzően burkolatfelújítás során célszerű beépíteni.



22. ábra

Aszfaltrácsok helye a rugalmas és félmerev pályaszerkezetben

Forrás: Kelemen László – Aszfaltrácsok alkalmazásának komplex elemzése nemzetközi és hazai tapasztalatok összegzése alapján (Diplomamunka 2023, SZIE)

Hazánkban az e-UT.08.02.12:2022 előírás szerint E és az alatti forgalmi terhelési osztályú útszakaszon lehet kopóréteg alá beépíteni.

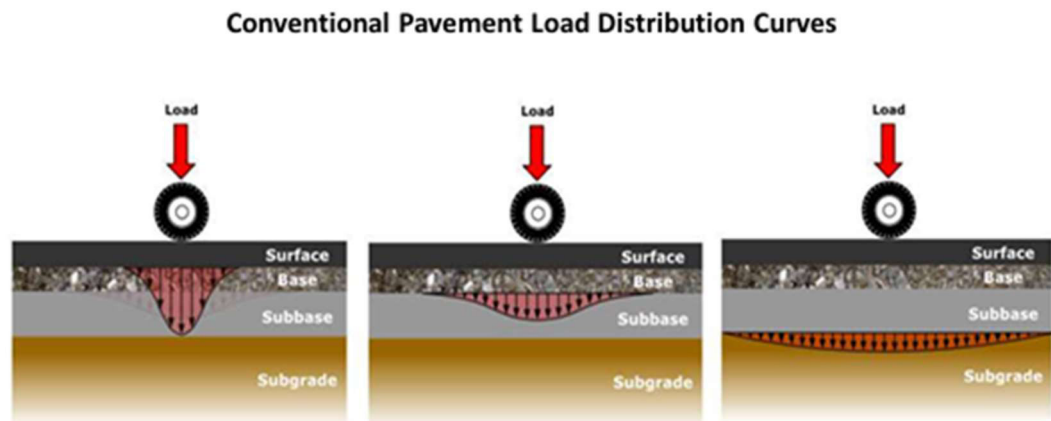
6.4. Összegzés

Az aszfaltrácsok célja, hogy csökkentsék a repedések kialakulását, ezáltal csökkentve a karbantartási költségeket és növelve az útfelületek tartósságát. Az aszfaltrács kedvező tulajdonságai:

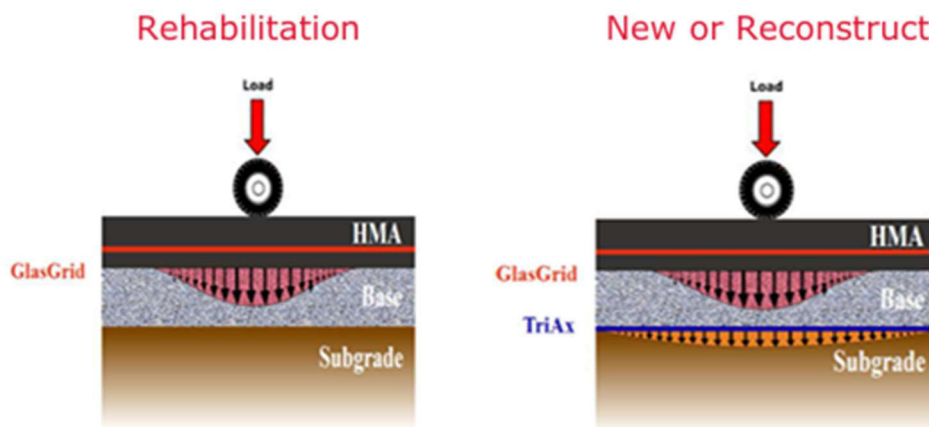
- az aszfaltrács merevségi modulusa a hőmérsékletváltozás hatására kis mértékben változik, ellentétben az aszfaltéval
- meleg időben a hengerelt aszfalt merevsége csökken, az aszfaltrács csökkenti az ebből fakadó plasztikus deformációk kialakulását
- hideg időben a hengerelt aszfalt merevsége nő, az aszfaltrács segíti felvenni a keletkező húzóerőket és megakadályozza a repedések kialakulását

Előnyök

1. felveszi a burkolatban ébredő húzó- és nyíróerőket
 2. erősíti a rács fölé épített aszfaltrétegeket
 3. növeli a pályaszerkezet merevségét, amely különösen a nyári kánikulában fontos
 4. gátolja a repedések kialakulását
 5. késlelteti a hidraulikus burkolatalapok reflexiós repedéseinek kialakulását
 6. csökkenti a plasztikus deformáció kialakulását
 7. vízzáró réteget képezve megakadályozza a burkolatra jutó víz alsóbb rétegekbe való bejutását
 8. növeli az aszfaltburkolatok élettartamát
- Az alkalmazás során végzett vizsgálatok alapján az útfelületek élettartama akár 30-50%-kal is növelhető.
9. költséghatékony Bár az aszfaltrácsok kezdeti költsége magasabb lehet, a hosszú távú alacsonyabb karbantartási igények ellensúlyozzák ezt a különbséget.



23. ábra

*Hagyományos burkolatterhelés-eloszlási görbék**Forrás: Rabin - Pavement Reinforcement Products for Improved Pavement Performance (2019)*

24. ábra

*Az aszfaltrácsok hatékonyabb terhelés-eloszlást eredményez**Forrás: Rabin - Pavement Reinforcement Products for Improved Pavement Performance (2019)*

Hátrányok

1. Kezdeti költségek: Az aszfaltrácsok telepítése költségesebb lehet, mint a hagyományos útfelújítási módszerek. Ezt a költséget sok esetben a projekt költségvetésének figyelembevételével kell mérlegelni.
2. Technikai kihívások: A rácsok helyes telepítése és beágyazása technikai kihívásokat jelenthet, és a nem megfelelő kivitelezés csökkentheti a rács hatékonyságát. Szükség van tapasztalt szakemberekre a telepítéshez.
3. Környezetvédelmi szempontok: Bár az aszfaltrácsok tartósságuk révén csökkenthetik az útfelújítások gyakoriságát, a gyártásuk környezeti hatásait is figyelembe kell venni, különösen a műanyag alapú rácsok esetében.

6.5. Megtérülés

A műszaki tartalmak alapján kérdés, hogy ezen technológia milyen mértékben képesek növelni az útpályaszerkezet élettartamát. A következő fejezetben néhány jelentősebb kutatás bemutatásán keresztül szeretnék rávilágítani az aszfaltrács élettartam növelő hatására.

Hazánkban ez idáig hosszabb távú „in situ” vizsgálatot nem végeztek, azonban Dr. Almássy Kornél is kimutatta, hogy „a hordozóanyag típusától és a beépítési technikától függően 5-25%-kal nagyobb feszültséget vagy alakváltozást képesek elviselni a ráccsal erősített aszfalt szerkezetek”

Dél-Koreában az állam támogatásával végeztek életciklus költségelemzést is (LCCA), melynek keretében vizsgálták a szénszálas és üvegszálas aszfaltráccsal erősített pályaszerkezet teljesítményét a referencia mintához képest. Egy korábbi tanulmányban már megállapították, hogy a szálrács erősítésű burkolat hajlítási ellenállása valamint repedésállósága 85 %-kal illetve 150 %-kal nőtt a hagyományos aszfaltburkolathoz képest. Az életciklus-költségek elemzési eredménye azt mutatta, hogy az üvegszálas hálóval megerősített burkolat kezdeti építési költsége 10 %-kal haladta meg a hagyományos aszfalt pályaszerkezetét, a karbantartási és üzemeltetési költségek azonban 19 %-kal illetve 74 %-kal csökkentek. Az életciklus költségelemzés megállapította, hogy a hagyományos aszfalt pályaszerkezethez képest a rácserősítés évente 2-4 szeresére növeli a pályaszerkezet ellenállóképességét, valamint költségelemzés alapján rögzítették, hogy 20 éves időszak alatt kb. 43%-kal csökkentheti a teljes ráfordítást (Jong-Hoon Lee et al., ScienceDirect 2022)

Példaként mutatom be Angliában a West Yorkshire megyei közútkezelő (Kirkees Council) és az ABG Geosynthetics Ltd. cég által végzett vizsgálatot, mely során egy ipari bekötő út aszfaltráccsal megerősített útszakaszának összehasonlító vizsgálaton alapuló költségelemzését végezték el. A szakaszra jellemző, hogy közel 200 kamion és kb. 6000 személygépjármű halad át naponta rajta és az aszfaltráccsal megerősített szakaszon 2019-ben, a felújítás után 9 évvel sem jelentek meg repedések, azonban az aszfaltrács nélküli szakaszokon már sűrű repedéshálók is megjelentek. Ezen szakasz és egy hasonló szerkezetű és forgalmi terhelésű, hasonló aszfaltráccsal megerősített, de 2004-ben felújított szakasz üzemeltetési költségeit elemezték. A költségelemzés során 2019 évi árak alapján 35 £/m² felújítási költséggel, 5 £/m² aszfaltrács építési költséggel számoltak,

valamint az üzemeltetés során az összfelülethez viszonyítva 10-30%-os kátyúzási és repedés kiöntési költséget (3,5-10,5 £/m²) és felületi bevonat képzési költséget (4,75 £/m²) számoltak. A számítás során egységesen 5000 m² felület költségeit vették figyelembe. Megjegyzem, hogy az érdesség csökkenése miatt a felületi bevonatot az aszfaltráccsal érintett szakaszra is tervezék, így annak költsége nem befolyásolja a költségelemzést. Ezen összegek ráfordítását figyelembe véve 9 és 15 év üzemeltetési tapasztalat alapján prognosztizálva megállapították, hogy 22 éves életciklus viszonylatban 21%-os költségcsökkenés érhető el az aszfaltrács beépítési költségeit és az üzemeltetés során szükséges beavatkozások költségeit figyelembe véve. Fenti számítást természetesen csak példaként tekintendő és a költségek hazai vonatkozásban csak az arányok szemléltetésére alkalmasak (ABG Geosynthetics, n.d). Hollandiában is felismerték a reflexiós repedések elleni küzdelem fontosságát. Többszöri próbálkozás után 1990-ben kezdték el rendszeresen alkalmazni autópályákon és a mellékúthálózat felújításakor is az aszfaltrácsot. 2012-ben készült tanulmányban a szerző összefoglalta a megelőző 20 év tapasztalatait és megállapítást nyert, hogy a legtöbb helyszínen, ahol aszfaltrácsot építettek be, ott a technológiának köszönhetően sikerült késleltetni a repedések áttükröződését és ezáltal a jelentős költséghatékonyság is kimutatható (De Bondt, 2012).

6.6. Következtetések

Az aszfaltrácsok alkalmazása a modern útépítésben és karbantartásban számos előnnyel jár. A repedések csökkentése, az útfelületek élettartamának növelése és a költséghatékonyság a legfontosabb szempontok, amelyek indokolják használatukat.

A fentiek alapján mechanikai szempontból az aszfaltrács olyan, mint vasbetonban a betonacél. Míg a beton gyenge húzószilárdságát a betonacél kompenzálja, addig az aszfaltok hőmérsékletváltozás hatására változó merevségét ellensúlyozza az alig változó merevségű aszfaltrács.

Ugyanakkor a kezdeti költségek és a telepítési nehézségek figyelembevételével fontos, hogy a döntéshozók alaposan mérlegeljék a rácsok alkalmazását a különböző projektek során. A jövőbeni kutatások és fejlesztések irányulhatnak a rácsok anyagainak továbbfejlesztésére, hogy még inkább környezetbarát és költséghatékony megoldások születhessenek az útépítésben.

7. AGYAGTALAJRA ÉPÜLT PÁLYASZERKEZETEK MEGERŐSÍTÉSE

7.1. Agyagos talajok jellemzői

A duzzadó agyagásványokat tartalmazó agyagtalajok térfogatváltozó tulajdonsággal rendelkeznek. Az agyagos talajok, aszályok idején erősen összezsugorodnak és a nedvességhiány miatt megrepedeznek, amikor viszont esősre fordul az időjárás, akkor jelentősen megduzzadnak. Sok területen jellemző az évente előforduló számos zsugorodás-duzzadás ciklus. Minden egyes ilyen ciklus mélyebb és mélyebb repedéseket eredményez a talajon belül, alépítmények esetében idővel mind nagyobb károkat okozva ezzel.



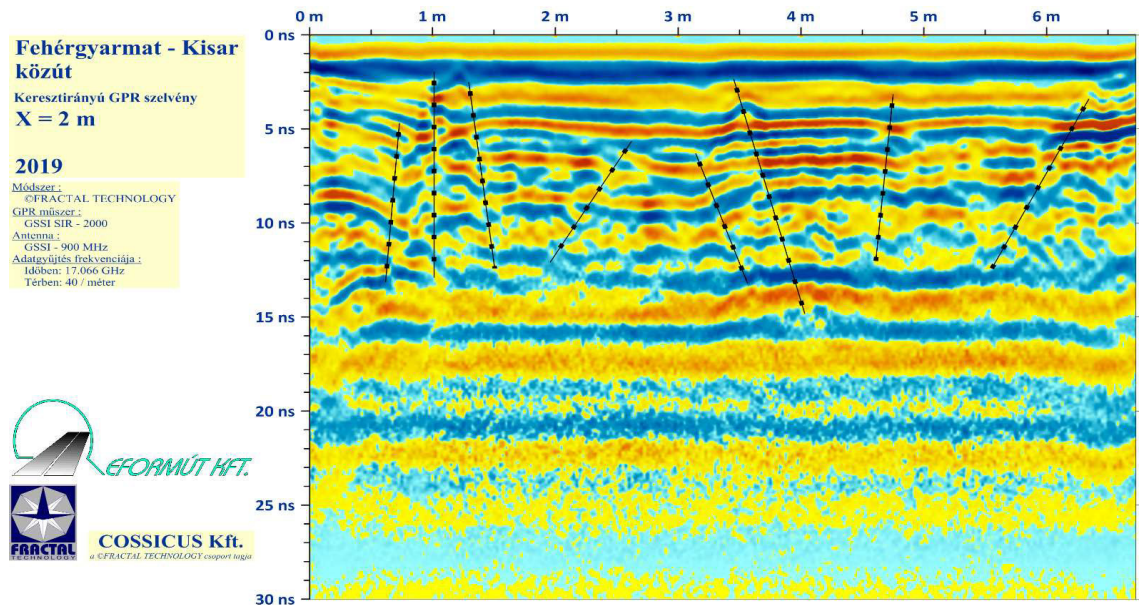
25. ábra

Zsugorodási repedések az útburkolatban

Forrás: Here Zsolt - Kötétt talajoknál megjelenő zsugorodási repedések okai és javítási technológiai (MK előadás)

A térfogatváltozás, amely lineárisan elérheti a $\pm 30\%$ -ot is, repedéseket és szerkezeti hibákat okozva. Az ilyenkor kialakuló 30-300 kPa közötti duzzadási nyomás jelentős terhelést ad át a szerkezetekre, melyek különböző módon vezethetnek a rájuk épített

burkolat károsodásához. Ugyanez az erőhatás érvényesül az agyagtalajok száradása esetén is, amely a klímaviszonyok megváltozása miatt akár 1000 MPa feszültséget is eredményezhet a pályaszerkezetben. Ennek hatására kialakuló repedések a földmű 1,5 méteres mélységében is keletkeznek, melyet a 22. ábrán látható georadaros kép mutat. A fekete vonalak jelentik a vetemedéseket.



26. ábra

Az altalajban jelentkező repedések irányvonalai

Forrás: Here Zsolt - Kötélt talajoknál megjelenő zsugorodási repedések okai és javítási technológiai (MK előadás)

Mindezen gondolatok után és alapján tekintsük át a vizsgált földműveken bekövetkező károsodás lehetséges mechanizmusait a táblázat alapján:

7.2. A károsodások kialakulása az agyagos földműveken

a károsodás általános jellemzői				
a probléma jellege			teherbírásvesztés	részűcsúszás
a károsodás fészke	magasságilag	a földmű teteje		földmű belseje
	alaprajzilag	burkolat alatt		padka alatt
a talajmozgás fő iránya			függőleges	oldalirányú
a burkolatkárt okozó igénybevétel			hajlítás	nyírás
a károsodás talajmechanikai tartalma				
a talajban lezajló állapotváltozás	zsugorodás kiszáradás miatt	egyenlőtlen térfogat- csökkenés	a) a burkolatszél alátámasztásának megszűnése	b) kohéziócsökkenés mozaikosodás, morzsalékosodás miatt
		függőleges hossz- repedés	c) burkolatrepedés a függőleges talajrepedés felett	d) oldalirányú talajmozgás a repedésfalra ható nyomás miatt
	duzzadás elnedvesedés miatt	duzzadási nyomás kifejlődése	e) burkolatdeformáció egyenlőtlen függőleges duzzadási nyomás okán	f) oldalirányú mozgás a vízszintes duzzadási nyomás miatt
		lazulás, konzisztencia- romlás	g) teherbírás- csökkenés az állapotromlás miatt	h) oldalirányú mozgás a nyírószilárdság csökkenése miatt

3. táblázat
A burkolatkárosodások általános jellemzői
Forrás: Szepesházy, 2003

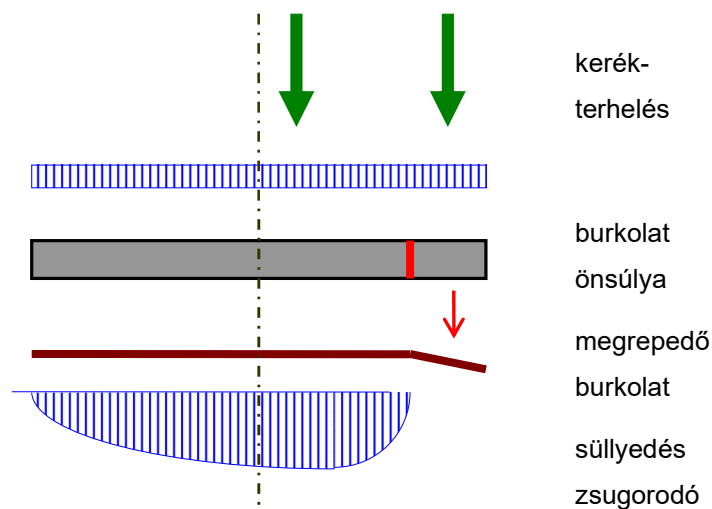
Tekintsük át részletesebben a táblázatban levő nyolcféle lehetőséget (Szepesházy, 2003).

1) A burkolatszél alátámasztásának megszűnése zsugorodás miatt

A felmelegedő külső hőmérséklet hatására a burkolat széle alatt előbb száradhat ki a talaj, mint a burkolat belső része alatt, mivel a burkolat hőszigetelő és páraszigetelő hatása késlelteti a vízleadást.

Így előállhat olyan eset, hogy a burkolat széle alatt a zsugorodás bekövetkezik, a földmű felszíne itt kissé, néhány mm-rel lesüllyed. Ezzel a burkolat itt elveszti alátámasztását. Ha van szemcsés védőréteg akkor az ennek „utánamenve” kis lazulással kiegyenlíti ez a mozgást, sőt a valóban hajlékony pályaszerkezet is képes ezt követni. A merev burkolat azonban, főleg, ha a szélén gerendaszerű szélesítés van, akkor nyilván a szélesítés és a régi burkolat határán szögelfordulással követi a burkolat a földmű lefelé irányuló mozgását, így ott kialakulhat a repedés. Kiszámítható, hogy – mivel az aszfaltbeton pályaszerkezetek hajlítási merevsége és húzószilárdsága csekély – a húzási repedés már a konzolszerűen lehajló burkolat önsúlya alatt is bekövetkezhet. Valószínűbb azonban, hogy a járműterhelés miatt következik be a lehajlás és ezzel a törés.

A békési utak esetében a védőréteg hiánya miatt ez a veszély fokozott, s elsősorban a merev szélesítésen épített merev aszfaltbeton esetében következhet be ez a jelenség.

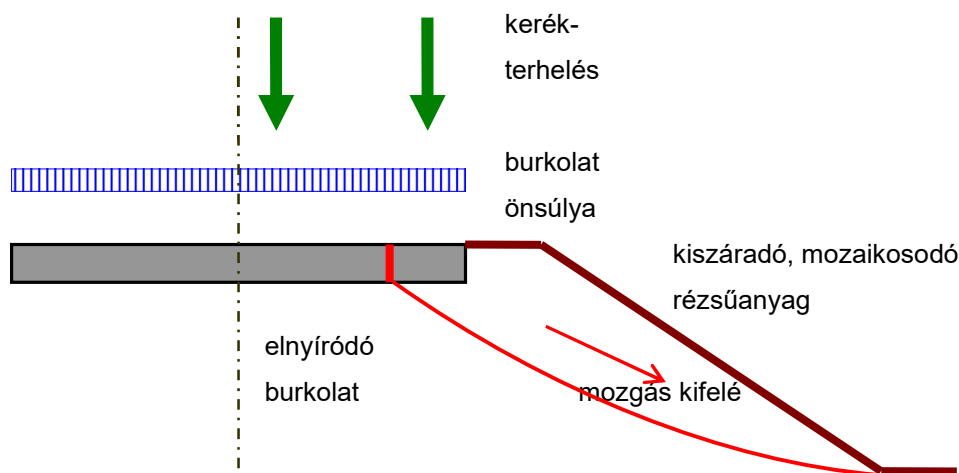


A burkolatszél alátámasztásának megszűnése a földműfelszín zsugorodása miatt

2) A rézsúmozgás a zsugorodás miatti kohéziócsökkenés következtében

A benapozásnak kitett vagy a növényzet által erősen párologtatott rézsűk anyaga a kiszáradás következtében mozaikosodhat, vagy ha inhomogén az anyaga, akkor morzsalékossá válhat. Míg az egyes agyagkockák szilárdsága nagy lesz, a földtömeg egésze elveszti kohézióját. A szilárdságvesztést még tovább fokozza az ilyen rézsűre hulló csapadék, mert a talajmozaikokat szétfeszíti, illetve felületüket felpuhítja, s még a kockák közötti súrlódás is elveszik. Ez a szilárdságvesztés ahhoz vezethet, hogy a földmű rézsűjének csúszás elleni biztonsága lecsökken, s a burkolat szélén haladó nehézjárművek kerekei alatt kifelé (oldalt és lefelé) irányuló mozgások következnek be.

A békési utak esetében ez a jelenség a magasabb „kvázitöltések” esetében alakulhatott ki, melyeket a felső 1,0 m-től valójában az egykori terepszint alatti gyenge öntéstalajok képezik, abban nyitva meg a meliorációs árkokat. Ráadásul a rézsű széle valószínűleg tömörítés nélkül oldaldöntéssel készült, amikor a burkolatot szélesítették.



Rézsúmozgás a zsugorodás miatti kohéziócsökkenés következtében

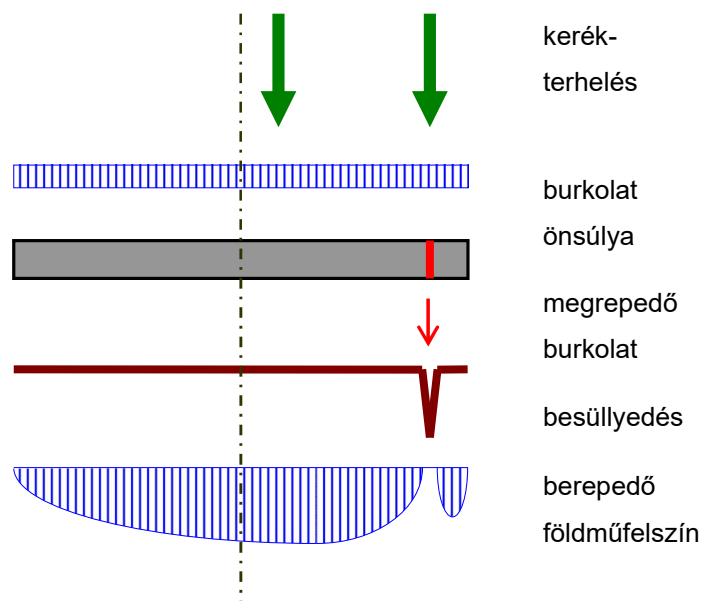
3) A burkolatszél romlása a burkolat alatti függőleges zsugorodási hosszrepedés felett

Azt sok megfigyelés tanúsítja, hogy a padkán függőleges repedések alakulnak ki a térfogatváltozó talajokban a nyári kiszáradás miatt. Ilyen repedések akkor alakulnak ki, ha oldalirányban gyorsan különösen nagy hőmérsékletkülönbség alakul ki a töltések széle és belseje között a benapozás vagy az út menti növényzet vízelszívó hatása miatt. A megfigyelések szerint hazánk éghajlati adottságai között a felszíntől számított kb. 2,5-3,0

m mélységig van erős hatása a hőmérsékletkülönbségnek. Ilyen állapotban a párolgás miatt a külső szemcsék elvesztik vízburkukat és belülről akarják azt pótolni. A talajszemcsék között a vízmolekulákért folyó küzdelem vízszintes húzófeszültségként értelmezhető, ami miatt függőleges repedések alakulnak ki.

A földműben keletkező repedés felett azután a burkolat a forgalmi terhelés hatására átreped, ill. a repedés, mint anyagihiány teherbíráscsökkenést jelent, a burkolaton a repedés felett nyomvályú, majd mozaikos repedezés alakul ki. Az is lehetséges, hogy a hosszrepedés nem is a burkolat alatt van, hanem annak szélén, esetleg a padkán, viszont a hosszrepedés miatt a burkolat alatti talajzóna elveszti oldalirányú megtámasztását, s ez a felszínen teherbíráscsökkenésként érzékelhető.

Ez a jelenség elsősorban a szárazon beépített és jól tömörített anyagból töltésben levő burkolat szélén jelentkezhet. A merevebb burkolatok esetében itt is inkább a határozott szélel hosszrepedés lesz jellemző, az utántömörődő burkolatok esetében inkább a nyomvályúsodás, a mozaikos repedés.

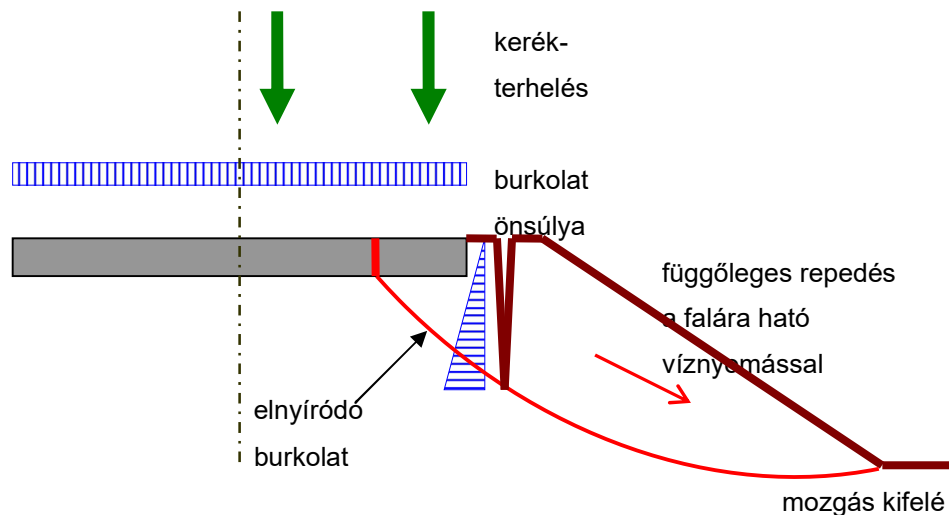


A burkolatszél romlása a burkolat alatti függőleges zsugorodási hosszrepedés felett

4) Oldalirányú mozgás a padka alatti függőleges zsugorodási hosszrepedések miatt

A c) pontban leírtam, miként és miért alakulnak ki hosszrepedések elsősorban a padka és a burkolat alatt. Tegyük hozzá, a repedéseket a felszínen nem is mindig lehet észlelni, mert a növényzet vagy a felszíni szemcsésebb padkaanyag összefolyva elfedi.

Az ilyen repedések azután oldalirányú mozgások előidézője lehet többféle módon is, s tulajdonképpen ide sorolható a c) pontban már említett egyik lehetőség is. A rézsúmozgás jellegű jelenséggé azonban elsősorban azt lehet elgondolni, hogy a függőleges repedésbe víz jut, s annak nyomása okozza az oldalirányú elmozdulást. Ezt követően a repedésekbe bemosódhat agyagtalaj is, de az már nem kapcsolódik a repedésfalhoz, hanem megduzzadva még inkább szétfeszíti a repedést. E jelenségek a rézsú oldalirányú mozgását indítják el, ami a geometriától és a rézsú anyagának szilárdságától függően lefelé irányuló mozgáskomponenst is eredményez. E csúszási folyamat következtében azután a burkolat is a rézsú után mozdul, a c) pontban leírt mechanizmus révén.



Rézsúmozgás a padka alatti zsugorodási hosszrepedés miatt

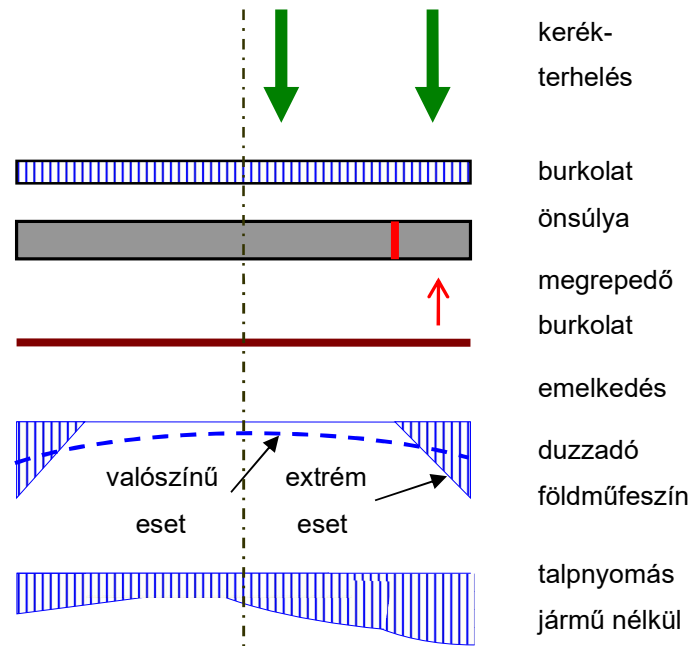
E jelenség veszélyességének mértéke is természetesen elsősorban a töltésmagasságtól és a berepedés mélységétől függ és a b) pontban leírt körülmények befolyásolják ennek kifejlődését is.

5) Burkolatrepedés a burkolat alatt egyenlőtlenül kifejlődő duzzadási nyomás miatt

A burkolat alatti földmű elnedvesedése is általában a szélek felől indul meg a padkán beszivárgó vizek miatt. A vízfelvétel hatására az agyag duzzadni akar, ám amíg a felette levő terhelés ezt megakadályozza, addig ez nem következik be, hanem az agyag duzzadási nyomása terheli a szerkezetet. A széleken kezdődő elnedvesedés során kialakulhat egy olyan állapot, amikor a széleken, egy rövid szakaszon működő, befelé csökkenő duzzadási nyomások éppen kiegyenlítik a burkolat súlyát, így a burkolat csaknem olyan, mint a két szélén feltámaszkodó önsúlyával terhelt kéttámaszú tartó. Hogy a széleken mekkora szakaszon és mekkora szélső értékkel működik a duzzadási nyomás, az a víztartalomnak a keresztirányban kialakuló változásától függ. A duzzadási vizsgálatokból az állapítható meg, hogy 1 % víztartalomkülönbség 10 kPa különbséget mindenképpen eredményezhet. A kb. 40 cm vastag 6 m széles burkolatok súlya kb. $0,4 \cdot 6,0 \cdot 22 = 50$ kN/m, amit a burkolat két szélén pl. 1,0 m sávon működő 25 kPa átlagos nyomás kiegyenlít, ami pl. lineáris változás esetén azt jelenti, hogy a burkolat szélén 50 kPa duzzadási nyomásnak kell kifejlődnie, míg 1,0 m-re a szélétől már 0 duzzadási nyomásnak kell lennie. Ez kb. 5 % víztartalomkülönbségnél alakulhat ki. Ez viszonylag sok, inkább az képzelhető el, hogy a duzzadás miatt a széleken nagyobb a nyomás, de belül is felfekszik a burkolat.

A burkolatra alulról ható nyomás azonban az elnedvesedéskor mindenképpen a széleken lesz nagyobb, így a burkolatra ebből nyomaték hat. Ez repedést okozhat a burkolat alsó szálában ami aztán más mechanizmusokkal összeadódva teljes átrepedést, deformációkat okozhat.

Ez a jelenség elsősorban a rendkívül kövér és száraz agyagok gyors elnedvesedésekor következhet be. Az ilyen mozgások után a burkolat széle kerül magasabbra, amit sok helyen meg is lehet figyelni, ugyanakkor az is lehet, hogy a következő változások hatására ez a deformáció már nem mindig lesz érzékelhető.



Burkolatrepedés a burkolat alatt egyenlőtlenül kifejlődő duzzadási nyomás miatt

A duzzadási nyomás nem feltétlenül a burkolat széle alatt lesz a legnagyobb, mert előfordulhat, hogy a felülről a kátyúkon át bejutó víz, vagy az alulról kapillárisan emelkedő vizek a burkolat belső zónája alatt okoznak a nyomáscsúcsokat, s okoznak deformációt. Az ilyen különböző nyomások egyenletes elnedvesedés mellett is előállhatnak, ha nem homogén a földmű felszíne. Ezzel itt az egykor így-úgy összehordott alacsony töltések, illetve a szélesítések bizonytalan kialakítása miatt szinte bizonyosan számolni kell, s meg lehet figyelni a már leromlott állapotú burkolatok esetében.

Az itt tárgyalt jelenség lényegileg azonos a téli fagykárhoz, mert az is az egyenlőtlen elnedvesedés miatti egyenlőtlen nyomások miatt következik be. Valójában a fagyás alatt is a víztartalom- és térfogatnövekedés következik be, csak az ahhoz szükséges vízmozgást nem az agyag szívóképesége, hanem a hőmérsékletkülönbség indukálja. Az ilyen kövér agyagok egyben fagyérzékenyek is, a téli fagykárok tehát az előbbieken e pontban leírtakhoz hasonló mechanizmussal fokozhatja télen a károsodást, hozzáadódva az egyéb időszakokban az agyagokban bekövetkező egyenlőtlen duzzadás miatti károsodásokhoz.

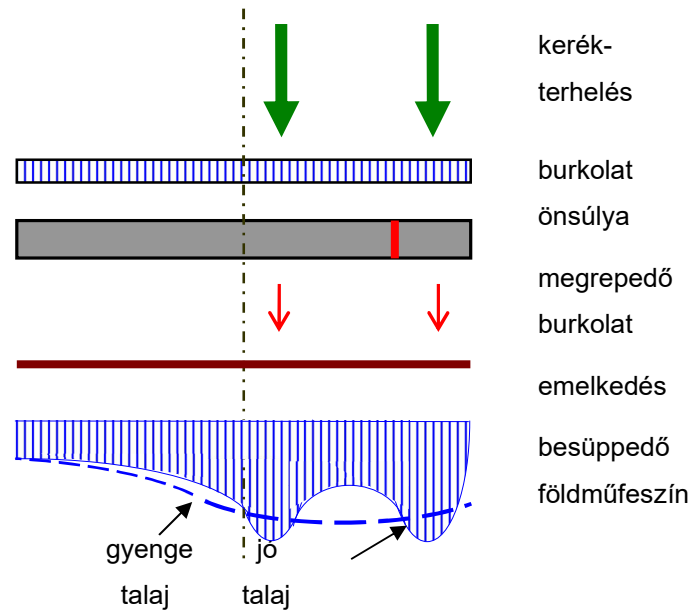
7) A földműfelszín teherbírásának csökkenése a duzzadás miatt

A duzzadás víztartalomnövekedés miatt bekövetkező térfogatnövekedés, melynek során az elnedvesedés és a lazulás egymást segíti, míg be nem áll egy a talajra ható nyomás és a környezet páratartalmától függő, ezek változását követő, dinamikusan egyensúlyi állapot. Tehát a duzzadás a tömörség csökkenését és a konzisztencia romlását, s ezek által a teherbírás gyengülést okozza. Az utóbbit a CBR-érték vagy az E_2 -modulus csökkenésében ragadhatjuk meg.

A térfogatváltozó talajokat tehát hiába építjük be nagyon tömörre és nagyon jó konzisztenciával, állapotuk óhatatlanul leromlik. Korábbi kutatások kimutatták, hogy a végső állapot annál rosszabb lesz, minél jobb konzisztenciájú állapotból indult a duzzadás. A kezdeti nagyobb tömörség is növeli a lazulás mértékét, de azért a kezdeti nagyobb tömörségből több marad meg. Ezért általánosságban azt az elvet helyes követni, hogy a "nedves oldalon" minél nagyobb tömörségre dolgozzuk be az agyagokat. Ez azonban nem könnyű, a telítettség közelében az agyag "gumizni" kezd. Ezért a gyakorlatban – ha beépítenek ilyen térfogatváltozó agyagokat – inkább kevéssel az optimális víztartalom felett dolgozzák be őket. Ilyenkor pedig óhatatlanul bekövetkezik az állapot- és a teherbírás leromlása.

A hazai útépitési gyakorlat ezt úgy veszi figyelembe, hogy a teherbírást a $w_m = w_{opt} + \Delta w$ mértékadó víztartalomhoz rendeli. Korábbi kutatások során tapasztalták már, hogy az ilyen agyagok esetében az elnedvesedés sokkal nagyobb mértékű, mint amit az előbbi képlet kiad. Így a teherbírás sokkal gyengébbé válik, jelen esetben $CBR = 3-4\%$ várható, ami másként kb. $E_2 = 15-20$ MPa modulusnak felel meg. Minthogy a burkolatokat korábban általában $CBR = 5\%$ -ra, ma $E_2 = 40$ MPa modulusra méretezik, az ilyen agyagok javító (védő) rétegek nélkül a szokásos követelményeket eleve nem elégítik ki.

Teljesen természetes tehát, hogy ezen utaknál alapvetően teherbíráshiánnyal is kell számolni, amit a behajlásmérések ki is mutattak, aminek azonban a pályaszerkezetek előregedése is oka volt. Ha a földmű teherbírása gyenge, a lenti ábrán vázolt egyenletesebb talpnyomás alakul ki, míg a jó földmű esetében a talpnyomások koncentrálnak a kerékterhelés alatt. Az előbbi nyilvánvalóan akkora nyomatékokat kelthet a burkolatban, hogy az károsodik.



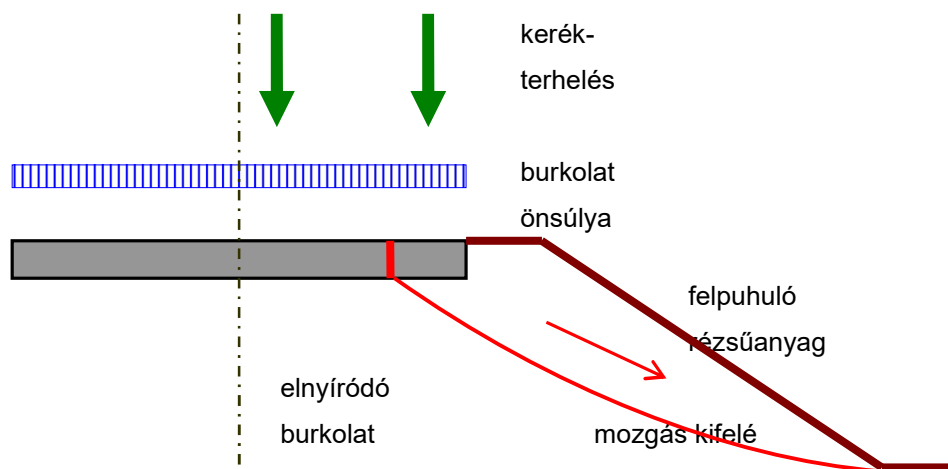
Burkolatkárosodás

a földműfelszín duzzadás okozta teherbíráscsökkenése miatt

8) Rézsűmozgás a duzzadás miatti szilárdságsökkenés következtében

A duzzadás g) pontban vázolt folyamata következtében a töltések anyagának nem csak a teherbírása, hanem a nyírószilárdsága is lecsökkenhet. Ez magasabb és meredekebb rézsűk esetében ugyanúgy vezethet csúszáshoz, mint ahogy azt a b) pontban vázoltam. A zsugorodás miatti szilárdságsökkenést többnyire tovább fokozza az elnedvesedés miatti szilárdságsökkenés, s valójában a töltésanyag szilárdságát leginkább a váltakozó duzzadás-zsugorodás rontja le.

A szilárdságvesztés a maximum. 3,5 m magas rézsűk esetében csak a burkolat szélén haladó nehézjárművek terhelésével okoz határállapotot, s ezért valódi suvadásszerű károsodás nem következik be. Valószínű, hogy a cserjés-bokros növényzet mentén azért gyakoribbak a mozgások, mert ott ez a váltakozás gyors és markáns.



Részűmozgás a duzzadás okozta szilárdságcsökkenés miatt

Az előbbieken – a világosabb tárgyalhatóság céljából – elkülönítetten írtam le a különböző károsodási mechanizmusokat, rámutatva arra, hogy ezek egyidejűleg és/vagy egymást követően, egymás hatását fokozva működhetnek, s amikor ilyen régi utakról van szó, gyakran megállapíthatatlan, milyen sorrendben következtek be a jelenségek. Egy újonnan épített út esetében ez még jobban nyomon követhető, de a szuperponálódás ilyenkor is sokszor elfedi a domináns hatást. A bekövetkezési sorrend önmagában nem is mindig lényeges, inkább a domináns hatás megállapítása fontos, hogy a beavatkozásokat megtervezhessük.

Érdemes azért átgondolni, hogy mi történik az általában elsőként megjelenő burkolatrepedés után. Bizonyos, hogy az elváló rész külön életet kezd élni, s attól függően viselkedik, hogy az alatta levő földmű és maga mennyire teherbíró, illetve milyen újabb víztartalom-változások lesznek a földműben. Lehetséges, hogy az elváló szélső sáv önmagában kellően stabil tud maradni, így a károsodás alig fokozódik, csak a repedés érzékelhető a felszínen. Lehetséges azonban, hogy a repedésvonalban a befolyó víz, a repedés mentén elmorzsolódó anyagok miatt meggyengül a földmű, illetve a burkolat, és fokozódik a romlás. Hosszabb távon általában az utóbbi következik be, a romlások eszkalálódnak.

A sokféle mechanizmus keveredése és lényegileg azonos következménye miatt jutunk általában arra, hogy globálisan az agyag tulajdonságait hibáztatjuk. Egyszerűen

fogalmazva, azt mondjuk, hogy az agyag „él” a földműben, a burkolat alatt, s emiatt a víztartalom változásai sokféle módon vezethetnek károsodáshoz, aminek megjelenési formája alapvetően azonos is lehet, illetve a burkolat tulajdonságaitól is függően alakul. Mivel pedig a víztartalom változásait szinte lehetetlen elkerülni, a leírt mechanizmusok kifejlődést is nehéz megakadályozni. Ezért jutunk végül is arra, hogy inkább az ilyen agyagok beépítésének, bennhagyásának elkerülésében találjuk meg a megoldást. Ugyanakkor mivel ezt az elvet szokás követni, nem is igen fejlődtek ki olyan megoldások, melyekkel az ilyen talajok esetében mégis célt érhetnénk.

Zsugorodásból származó repedések minden olyan területen kialakulnak, ahol a kötött agyagtalajok találhatóak: Békés, Nógrád vagy Jász-Nagykun-Szolnok vármegye. Esetükben azonban most aligha volna mód a probléma megkerülésére, mert alig van remény teljesen új utak építésére. Ezért volt célszerű átgondolni a károsodási folyamatokat, s ezt folytatva, a következőkben ezért vizsgálnám meg, miként befolyásolják a különböző körülmények, beavatkozások e mechanizmusokat. Így juthatunk el oda, hogy a reálisan megvalósítható beavatkozásokra javaslatokat tegyünk. Érdekes még megemlíteni, hogy a vázolt, a térfogatváltozó agyagtalajok miatt bekövetkező károsodások többségét kizárhatja, illetve kellő mértékben enyhítheti, ha a szilárd pályaszerkezet alá kellő vastagságú és oldalirányban jól kivezetett szemcsés védőréteg kerül. A védőréteg szerepe többféle:

- a felülről vagy alulról érkező vizek gyors elosztásával, elvezetésével illetve páratartalma révén kiegyenlítő hatást gyakorol az alatta levő agyag vízháztartására, csökkentve annak egyenlőtlen víztartalomváltozásait mind a helyi és időbeli különbségeket, mind a csúcsértékeket illetően,
- kissé tömörödve vagy lazulva kiegyenlíti az agyagréteg mégis előálló egyenlőtlen elnedvesedése vagy kiszáradása miatt bekövetkező mozgásokat, illetve felfelé szétteríti a duzzadási nyomásokat,
- lefelé szétteríti a burkolatról jövő járműterheléseket, így a gyengébb teherbírású agyagrétegre már kisebb feszültségek jutnak, ami már csak megengedhető alakváltozásokat okoz,
- nyomása hozzáadódva a burkolat nyomásához növeli az agyagra jutó feszültséget, ami csökkenti a duzzadás lehetőségét

- az öt átmetsző csúszólapszakaszon mobilizálódó nagyobb nyírószilárdságával csökkenti a töltésvállaknál fenyegető csúszás veszélyét,
- a töltés széléig kivezetve megakadályozhatja a függőleges repedések kialakulását megnövelve az agyagréteg felszíntől való távolságát, illetve alsó síkján ébredő nyírási ellenállásokkal felülről mintegy visszatartva a kifelé húzott (szívott) agyagot.

Mindezek a kedvező hatások teljes mértékben akkor érvényesülhetnek, ha a védőréteg vastagsága kb. 1,5 m. Minthogy azonban a mai elvek szerint $I_p > 40$ értékű, nagyon kövér agyagot már csak a bedolgozhatóság és tömöríthetőség nehézségei miatt sem szabad beépíteni, általában megelégedhetünk azzal, hogy a burkolat alatti felső 1,0 m-ben ne legyen $I_p > 30$ jellemzőjű kövér agyag. A hazai időjárási körülmények között a szabad felszín alatt kb. 2,5 m-ig változik a talaj víztartalma, de e mélységhez közelítve a változás mértéke már csekély. Így a „csak” $I_p < 40$ plaszticitású agyagok térfogatváltozásából eredő veszélyeket az 1,0 m vastag szemcsés réteg a vázolt kedvező kiegyenlítő hatásokkal, figyelembe véve a burkolat hőszigetelő hatását is, képes a burkolat számára elviselhető szintre csökkenteni.

Végezetül ki kell térni még egyszer a szervességre is. A szerves anyagok alapvetően kétféle módon járulhattak hozzá a rongálódáshoz:

- a szervesség csökkenti a nyírószilárdságot, ezért a csúszás jellegű mozgásnak nagyobb az esélye, s ez hozzájárulhat a kisebb magasságú rézsűk mozgásához,
- a szerves anyagok oxidációja miatt süllyedések következnek be, ami – ha egyenlőtlen – hasonló következményekkel járhat, mint a zsugorodás.

Feltételezhető, az új-holocén üledékek a közelmúlt meleg időszakban fokozottabban oxidálódtak, s ezért fokozódtak a károk. Ezt támasztja alá, hogy az ó-holocén (idősebb) talajok szerves anyagtartalma mindig kisebb, s azokon jobb a burkolat állapota.

7.3. A burkolatleromlást befolyásoló tényezők

A leromlást valamilyen módon befolyásolják a következők:

- az éghajlati viszonyok és változásai,
- a talajvízszint mélysége,
- a környező növényzet,
- a földmű geometriája,
- a földmű anyaga, térfogatváltozási hajlama,
- a pályaszerkezet anyagai, minősége,
- forgalmi terhelés.

Mielőtt az ezekkel kapcsolatos megfigyeléseket, következtetéseket külön-külön ismertetném, ki kell térni annak megfogalmazásra, hogy ezek a tényezők egyidejűleg hatnak, illetve együtt befolyásolják a földmű és a pályaszerkezet viselkedését. Sokféle kombinációjuk lehetséges, melyekben ráadásul egyes tényezők felerősítik a másik hatását, mások éppen ellenkezőleg kompenzálják a másik kedvező vagy kedvezőtlen befolyását. Nagyon sok esetben érezhető úgy, hogy lehetetlen átlátni az egyes tényezők hatását, különválasztani őket. Ehhez bizonyos kérdéseket szisztematikusan, sterilen modellezve kellene vizsgálni, arra azonban általában nincs lehetőség.

7.4. A befolyásoló tényezők értékelése és javítási elvek

- a) Az éghajlati adottságokat illetően azt lehet valószínűsíteni, hogy ezen a vidéken és az ilyen talajok esetében inkább a kiszáradás és a zsugorodás okozta veszélyekkel szemben kell védekezni. Erre olyan megoldásokat kell keresni, ami a földmű víztartalmát stabilizálja. Ilyen lehet fólia beépítése a padkába, vagy a padka kb. 1,0 m vastag rétegének átépítése pl. meszes kezeléssel.
- b) A talajvízszint mélységének hatása nem mutatkozik relevánsnak az agyagtalajokra épült pályaszerkezetek leromlásában. A tapasztalatok nem mutatnak ki különbséget a magasabb és mélyebb talajvízszintű helyek felső talajzónáinak állapotában, a 3,0 m körüli mélységben talán nagyobb a magas vízszintű helyeken a víztartalom, ám ezek szerepe már kevésbé lényeges. Nem lehetett észlelni azt sem, hogy lenne hatása a talajvíz mélységének a behajlások és a burkolatkárok mértékére.

Ez azzal magyarázható, hogy a kövér agyagok képesek akár 100 m-ről is felszívni a vizet, így annak a felső zóna szempontjából kevés jelentősége van, hogy a talajvíz 1,3 vagy 4,0 m mélyen van-e. A felső zóna víztartalmát sokkal inkább a párolgás befolyásolja, s ekként inkább a külső hőmérséklet és a növényzet szerepe fontos.

- c) Egyértelműen kijelenthető, hogy a fasorok (általában nyárfák) kedvező hatással vannak a burkolat állapotára, a közeli sűrű fasorok mentén egyértelműen kisebb mértékű a burkolatromlás, s többnyire még egy-egy kivágott fa hiánya is rögtön érzékelhető a burkolat állapotában. Ugyanakkor az is egyértelmű, hogy a cserjés, bozótos növényzet közelében sokkal durvább hibák keletkeznek a burkolatban.

E jelenségek legvalószínűbb oka az, hogy a fasorok árnyékoló és a légmozgásokat csökkentő hatása stabilizálja a víztartalmat, segít megőrizni a talajnedvességet. (A párolgás mértéke ugyanis függ a felszín feletti páratartalomtól. Ha van szél, akkor az elviszi a párákat, így fokozódhat a párolgás.) Az is kedvező, hogy a fák mélyebbre nyúló gyökerei gyakorlatilag közvetlenül a talajvízből szívják fel a vizet, nem a felső talajzónákból. A fák vízfelvétele – úgy véljük – folyamatosabb, egyenletesebb, kevésbé változik a külső hőmérséklettel, képesek jobban tárolni a vizet, hiszen hosszabb száraz időszak után sem száradnak el a levelek. Ezzel szemben a bozótosok, cserjések inkább a felső talajzóna vizét veszik fel, s a vízfelvételük sokkal hektikusabb, jobban függ a külső hőmérséklettől.

Alapvetően tehát a földmű vízháztartásának befolyásolása révén hatnak ellenkező módon a fák és a bozótosok, s ez összefüggésben van azzal az előbbiekben megfogalmazott jelenséggel, hogy inkább a kiszáradás, zsugorodás okozza itt a károkat. Valószínűleg hozzájárul még e hatásokhoz az is, hogy a fák gyökérzete stabilizálja a földműveket, mintegy megvasalva őket, míg a bozótosok vékony, gyenge gyökérzetének nincs ilyen hatása. Mindezekből következik, hogy elő kell irányozni újra az út menti fasorok telepítését, az egyes fák pótlását, ill. ki kell irtani az utat 3,0 m-nél jobban megközelítő cserjéseket, bozótosokat.

- d) A földmű geometriájának szerepét is egyértelműen meg lehet fogalmazni. A meliorációs árkok megnyitásával kialakult „kvázitöltések” burkolata a szélétől kb. 1,2 m-re megreped, majd a burkolat minőségétől függően tovább károsodik. Egyértelműen megállapítható, hogy a károsodás mértéke a rézsűmagassággal arányosan nő, a padka keskeny volta s a részű meredekebb hajlása is egyértelműen hátrányos. Mindezekből az következik, hogy a burkolatkár oka a rézsű csúszása, kifelé-lefelé irányuló mozgása, amit a nehézjárművek indítanak be, mert az egyébként nem magas töltés még a csekély szilárdság mellett is állékony lenne. Célszerű a földmű geometriáját úgy alakítani, hogy a burkolat mellett egy 5 % hajlású, legalább 3,0 m széles padka legyen. Amennyiben és ahol nincs lehetőség a meliorációs árkok felszámolására, ott újjá kell építeni a mozgás jeleit mutató rézsűket megfelelő kevésbé kötött talajból, vagy a helyi agyagok meszes kezelésével. A széles padka kialakítása javasolható azokra a szakaszokra is, ahol nincs meliorációs árok.

Ha az adott körülmények között, a pályaszerkezetet nem építik újjá, nincs szükség az útarokra sem. Minthogy nincsen védőréteg, melynek víztelenítése megkövetelné az árkot, s a nagyon kövér agyagba a víz alig szivárog be, a lejtős, széles padka önmagában elegendő lehet a felszíni vízelvezetésre.

- e) A földmű anyaga, térfogatváltozási hajlama az előbbieket szerint természetesen meghatározó jelentőségű.
- f) A pályaszerkezet anyagai és minősége is nagyban befolyásolja a károsodásokat.
- g) A forgalmi terhelés szerepe szintén meghatározó a károsodások kialakulásában.

Az földmű okozta burkolati hibák problémáinál mindig felvetődik az alábbi dilemma:

- tovább erősítsük-e a pályaszerkezetet, hogy az előbb-utóbb képessé váljon a rossz földmű hibáinak ellensúlyozásra is, vagy
- javítsuk ki a földmű hibáit, ha kell a teljes földmű és a pályaszerkezet teljes újjáépítésével.

A kérdés megválaszolásához az utas és geotechnikus mérnökök általában másként gondolkodnak, aminek lényegét a lenti táblázat foglalja össze. A döntéshozatalkor az utas mérnökök általában a pályaszerkezetben „már mégiscsak benn levő anyagot” sajnálják, a

geotechnikusok a jövőben, a hiba okának megszüntetése nélkül beépítendő új anyagokat. A döntés általában az aszfaltrétegekkel való erősítés mellett szól, s nem biztos, hogy ennek pusztán a szemléletbeli különbség az oka, hanem bizonyosan a pénzügyi korlátok is.

A kialakult arányok talán nem csak a műszaki-gazdasági optimumkeresés, a teljes élettartamra vonatkozó költség-haszon elemzések alakították ki, hanem az aszfaltos körök lobbizása, az útépítő cégek érdekei, felkészültsége, s az a jelenség, hogy a szerkezetben, anyagban, mechanikai igénybevételekben gondolkodó építőmérnöki szemlélet a közút területén háttérbe szorult a forgalmi, üzemeltetői, szolgáltatási szempontokban gondolkodó közlekedésmérnöki szemlélettel szemben.

	útmérnök	geotechnikus mérnök
a tönkremenetel értelmezése	forgalom okozta „szabályos” leromlás	földmű romlása miatt bekövetkezett hiba
szemléletmód jellemzői	rendszerek, szabványok, típusmegoldások	egyedi esetek, szakértői munka, speciális megoldások
a megoldás tartománya	szakaszokban, egy bizonyos időszakra	lokálisan, véglegesen
preferált technológia	erősítés aszfaltrétegekkel	víztelenítés, teljes újjáépítés
elsődleges követelmény	helyreállítás gyorsan, kis zavarással	helyreállítás tartós megoldással

A jelen esetben – azt gondolom – különösen érdemes megfontolni, hogy valójában mekkora értéket képviselnek jelenlegi állapotukban ezek az utak, illetve pályaszerkezeteik. A gyakorlati tapasztalatok alapján sok szakaszon valójában nagyon keveset. Az OKA 40-50 cm vastag „rétegrendről” is tud, benne aszfaltbetonokkal, valójában azonban egészen más az anyagok minősége, amint arra rámutattunk. A „folt hátán folt” pályaszerkezetek jól kifejezik a problémát: a hibák okának megszüntetése nélkül gyakran évente kell ugyanott kátyúzni. Ha most itt egy kicsit nagyobb szabású felújításra nyílik lehetőség, akkor talán érdemes kicsit módosítani a szokásokon.

Az új szerkezet megtervezésekor természetesen meg kell oldani, hogy az agyagtalaj térfogatváltozásából származó veszélyeket kizárjuk. Erre két hagyományos megoldást alkalmaznak általában: a megfelelően kialakított pályaszerkezet alatti 1,0 m-ben szemcsés anyaggal cserélik ki a termett agyagot, vagy meszes kezeléssel próbálják csökkenteni az altalaj térfogatváltozási hajlamát.

Már inkább utasként gondolkodva, hogy ha új erősítő réteg építésében gondolkodunk, akkor feltétlenül egyidőben vastagabb (15-20 cm-es) szerkezeteket készítsünk. Ha ugyanis a profilozás mellett csak a „technológiai minimum” készülne, akkor a meglévő rossz minőségű rétegekre és alattuk a földműre az erősítés után is nagy feszültségek jutnak, s deformációik gyorsan tönkreteszik az új réteget is. Ha vastagabbak az új rétegek, akkor a meglévők végeredményben útalapként funkcionálhatnak, s arra talán alkalmasak. Az így előálló vastag pályaszerkezet az altalaj térfogatváltozását, illetve a térfogatváltozásából eredő hatásokat is mérsékli, részben pótolva a hiányzó szemcsés védőrétegeket.

A pályaszerkezetben „már mégiscsak bennlévő anyagok” hasznosítására jó lehetőséget kínál a hidegremix-technológia, mely ezek minőségét feljavítva hozza létre a szükséges teherbírást.

Ezen alapvető beavatkozások mellett a 2000-es években az akkori Békés Megyei Állami Közútkezelő kivitelezésében próbaszakaszok épültek a sárréti agyagtalajon áthaladó 4232. jelű úton:

10+000 – 11+100 km szakasz

általános megoldás

- 25 cm vastagság réteg készítése hidegremix-technológiával,
- 3,5 cm K-12 kötő- és 3,5 cm AB-12 kopóréteg építése,

kiegészítő rövid megoldások

- az erősen deformálódott rövidebb szakaszokon
- felpályás burkolatcsere, szükség esetén talajcsere
- hajlékony új pályaszerkezet építése
 - geotextília + 20 cm HK védőréteg + 20 cm FZKA 0/35 + K-12 + AB-12,
- örölt mészbefújása a földmű repedéseibe,

- aszfaltrács terítése a burkolat hosszirányú repedései fölé az aszfaltozás előtt,
- vízzáró fólia rögzítése a bal oldali töltésvállba lépcsőzéssel a víztartalom stabilizálására,
- fatelepítés.

14+200 – 15+340 km szakasz

- a meglévő burkolatra 15 cm FZKA építése,
- It 70-es itatott aszfaltmakadám építése felületi bevonattal,
- fatelepítés.

15+340 – 15+930 km szakasz

- a burkolat teljes elbontása,
- a szakasz egyik felén az altalaj meszes kezelése, a másikon az altalaj cseréje 1,0 m vastagságban,
- az új földműfelszínre geotextília fektetése,
- HK védőréteg építése,
- 25 cm vastag FZKA 0/35 réteg készítése,
- It-70 itatott aszfaltmakadám kopóréteg építése felületi bevonattal,
- fatelepítés.

A közelmúltban a békés vármegyeihez hasonló talajtípussal bíró felső-tiszai területen zajlottak kísérletek. A 4127. jelű Fehérgyarmat – Csengersima út 40 km-es szakasza 2-4 méteres agyagtöltésre épült, 40 cm vastag rakott vagy zúzottkő alap és változó vastagságú aszfalt pályaszerkezettel. Első próbálkozások az általános technológiát követték, mely alapján az agyagtalajon meszes kezelést hajtottak végre.

A technológia lényege, hogy az agyagtalajra mészhidrátot szórnak, majd azt egy maróval minimum 30 cm vastagságon átkeverik. Így az agyagtalaj tulajdonságai megváltoznak, csökken a plasztikus indexe.



27. ábra

*Meszes kezelés a 4127. jelű úton**Forrás: Here Zsolt - Kötött talajoknál megjelenő zsugorodási repedések okai és javítási technológiai (MK előadás)*

Az útépités befejezését követő aszályos nyár után azonban a felújított úton újra repedések jelentek meg – a technológia nem működött.

Tehát megállapítható, hogy a hagyományosan alkalmazott karbantartási tevékenységeket meghaladó komolyabb mértékű helyreállítási vagy felújítási beavatkozások szükségesek. Ezek a fent megkezdett csoportba sorolva a következők:

7.5. Beavatkozás a földműtestbe

A földmű anyag részleges, vagy teljes cseréje

Az eljárás során gyakorlatilag egy új már nem térfogatváltozó földmű készül, amelynek tartóssága annak kivitelezésének, teljességének - csere mélységének - és a töltés alatti altalaj térfogatváltozó jellegének függvényében változó mértékű. Ugyanis az új vagy részben új földművet ugyan az a környezeti hatások, elnedvesedés, vízszint-változások és altalajmozgási hatások fogják befolyásolni. Nagymértékben meghatározza tűrőképességét az újonnan készült földmű tető és a környezeti nyugalmi vízszint távolsága az eredeti földmű ugyanezen távolságához viszonyítva.

Burkolat védőréteg beépítés

A védőréteg célja a burkolat állapotának megóvása azáltal, hogy megakadályozza a földmű elnedvesedését. Ezt a réteget a földmű és a burkolat rendszer közé kell elhelyezni úgy, hogy az képes legyen a bejutó vizek elvezetésére, így az utunkon fagykárak valamint olvadási károk ne jelentkeznek. A védőréteg általában nem fagyérzékeny, szemcsés, jó teherbírású, vízelvezető tulajdonságokkal bír.

Ilyen védőréteg az úgynevezett „minerálbeton” a vagy FZKA erre általában jellemző a folytonos szemcsés zúzottkő-zúzalék, vastagsága 10cm, amelyet célszerű felületi bevonattal védeni. Ez a védőréteg alkalmas a reflexiós repedések kialakulásának megakadályozására.

7.6. Beavatkozás a környezeti hatások befolyásolásával

A következő eljárások tehát a talajok térfogatváltozása következtében fellépő feszültségeket oly mértékben csökkentik le, hogy azokat a pályaszerkezet mechanikai tulajdonságaival károsodás nélkül képes elviselni.

Töltésoldal burkolása

A környezeti hatásokat kizáró, csökkentő módszer lehet a rézsűoldal burkolása. Ezzel az eljárással valamelyest stabilizálható a töltés test víztartalma. Természetesen ez nem egyenértékű a geomembrán alkalmazásával, mivel csak abban az esetben nyújthat biztos megoldást, ha az elnedvesedés, és kiszáradás iránya egyértelműen a burkolandó rész felől játszódik le. Az alkalmazás eredményességéhez fel kell mérni az adott töltéstest víztartalom változásának folyamatát. A nyugalmi talajvízszintet és annak változásának

mértékét. Valamint a már károsodott burkolat adott vízáteresztő állapotát és annak hatásainak várható súlyosságát. Az általánosan alkalmazott védőréteg beton burkolat.

Védő növényzet alkalmazása

Az úttöltés oldalon és annak közelében elhelyezett növényzet hatása két célt szolgálhat.

A földmű oldalában elhelyezett sűrű gyökérzetű védő növényzet, mint védő paplan lassítja a földmű kiszáradási folyamatát. Mind e mellett egy másodlagos szerepet betöltve, gyökérzetével a rézsűoldal stabilitásában is szerepet játszik.

A terepviszonyok és az útpadkára vonatkozó előírások betartása mellett, bizonyos fafajták telepítésével a földmű vízháztartása szabályozható. Ezek a fák a földművünket érő túlzott vízmennyiséget csökkentik a párologtató hatásuk segítségével.

7.7. Beavatkozás az útburkolat rendszerébe

Általános a már meglévő és kezelendő útszakaszok megmentése érdekében ezen eljárások azok, amelyeket elsősorban alkalmaznak. Ezen alkalmazások hatásosságát természetesen a burkolat leromlás súlyosbodása teszi kétségesse.

Burkolat megerősítés

A burkolat megerősítése időlegesen eredményes lehet, azonban ezzel az eljárással sem a földmű térfogatváltozó hajlamát, sem a vízháztartást előidéző környezeti hatások súlyosságát nem befolyásoljuk.

Feszültség mentesítő réteg beépítés

Ide sorolhatók a vékony műanyag, textil, fém, üvegszál alapanyagú rács, háló, és geotextília rendszerek. Ezek a rendszerek képességeinek kihasználhatósága jól megmutatkozik mindaddig, amíg a töltéstartékban kialakult változások annak süllyedéséhez nem vezetnek. A vékony kiegyenlítő réteg a teher átvételére csak minimális mértékben képes, így helyzetének megváltozása révén elveszti feszültség mentesítő képességét.

A repedezett aszfaltburkolat felújításánál a rácsoknak lehet kedvező hatásuk, alkalmazásuk nehézsége a lerögzítésükben rejlik. A pályaszerkezetben a rácsok és hálók a vízszintes mozgásokat fel tudják venni, de a repedéseknél, hézagoknál kialakult nyírást

nem. A textíliák használata esetén szintén a rögzítés, pontosabban a leragasztás a nehézkes, mégpedig a megfelelő mennyiségű kötőanyag megválasztása miatt.

A SAMI (Stress Absorbing Membran Interlayer) köztes feszültségelnyelő réteg alkalmas a termikus mozgásból eredő feszültségek eredményes kezelésére. Ezek a textilhordozó rétegű üvegszálal ráccsal erősített helyszínen bitumennel impregnált rétegek alkalmasak a szélesítéseknel a régi és az új pályaszerkezet közötti mozgáskülönbségek kezelésére is.

A burkolatot alátámasztó földmű víztartalmát a pálya alatti földmű teljes szélességében egyenletessé „homogénné” kell tenni, akkor a káros hatások nem jelentkeznek. Ezt a célt geomembrános lezárással lehet megvalósítani úgy, hogy a kritikus talajréteget, két réteg vízzáró geomembrán közé építjük be. Oldalról is elszigetelve és így kizárjuk a töltés szélességében bekövetkező egyenlőtlen víztartalom változást. Az eljárás használata lehetőséget nyújt a költségcsökkentésre, a beruházási hatékonyság növelésére, valamint a térfogatváltozó talajok beépíthetőségére és a pályaszerkezet alatti földmű teherbírásnak növelésére és így a hosszirányú repedések megelőzésére.

További költségcsökkentést eredményez, hogy az így létrehozott földmű méretezésénél alkalmazott teherbírás határértékek is megváltozhatnak így már annak méretezési időszakában megmutatkoznak a várható kedvező hatásai.

Az adott geomembrán alkalmazhatóságát az úgynevezett átszakadási állóságával határozzák meg, azaz a vizsgálat során nem szakadhat, át csak megnyúlik, így képes a beépítés után lezajló után tömörödés által keletkezett húzó igénybevételek elviselésére.

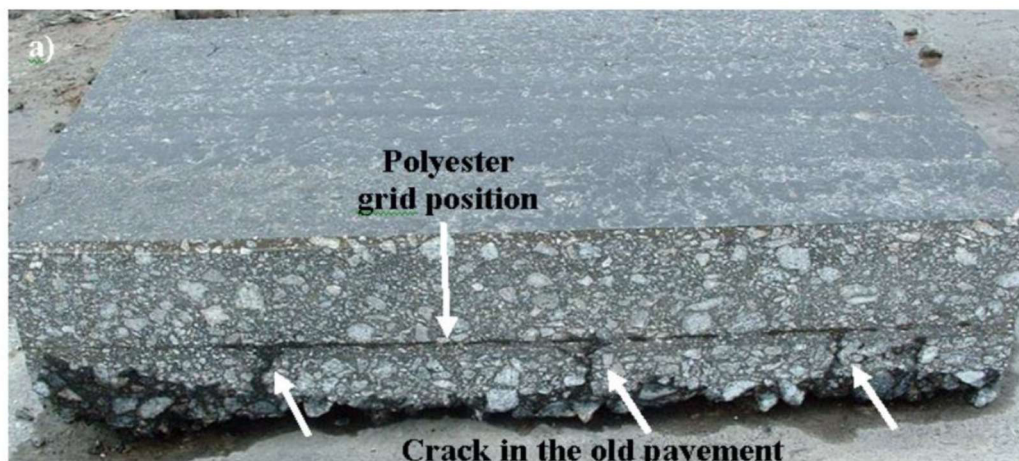
Gyakorlatilag ezen eljárással teljesen becsomagoljuk a földművünket, így függetleníttve azt a környezetből bármely irányból érkező vizes hatásoktól.

7.8. Végkövetkeztetés

A megváltozott időjárási viszonyok miatt a korábban bevált útfelújítási technológiák nem minden esetben alkalmazhatóak. A kötött agyag talajok esetén a zsugorodási repedések burkolaton történő megjelenésének megakadályozására, nem elég a meszes talajkezelés, hanem elválasztó réteget is be kell építeni. Ezek lehetnek:

- hordozórétegű aszfaltrács
- georács és geotextília
- betonpaplan

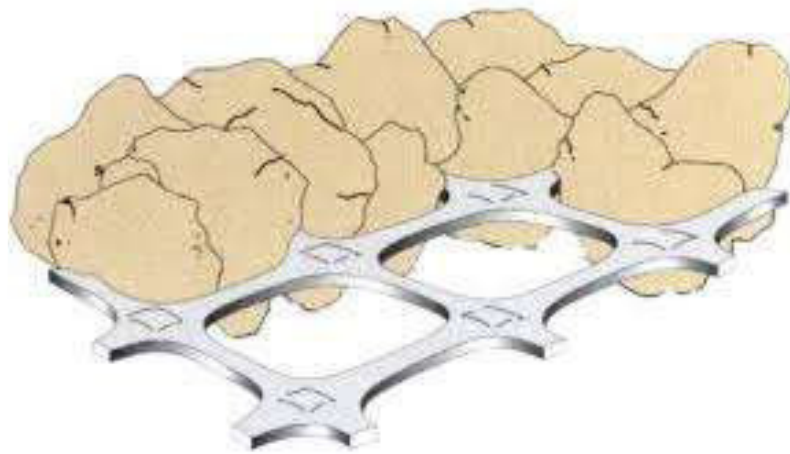
A hordozórétegű **aszfaltrácsnál** a hordozóréteg bitument szív magába, amely 400-500 g/m² lehet egy 50 g/m² területsűrűségű hordozórétegű aszfaltrács esetében. Ez a réteg fogja megakadályozni, hogy az aszfaltrács alatti rétegben keletkező feszültségek repedés formájában a felszínre jussanak. A lenti ábrán jól látszik a hatásmechanizmus.



28. ábra

Forrás: Stress Relief Asphalt Layer and Reinforcing Polyester Grid as Anti-reflective Cracking Composite Interlayer System in Pavement Rehabilitation (Montestruque et al)

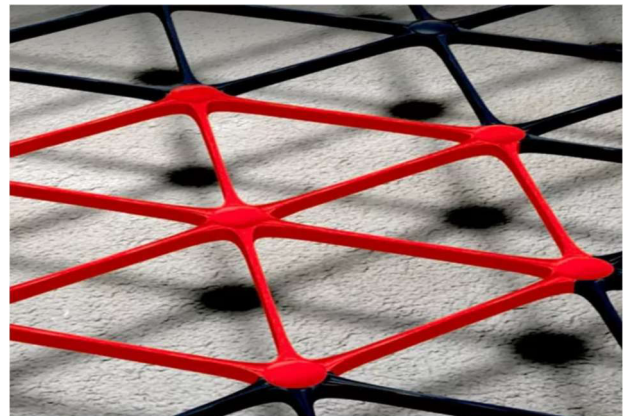
Hasonló elven – azaz az elválasztóréteg szerepén – működik a **geotextília – georács** kombináció. A geotextília nem engedi a repedések továbbterjedését, de mivel nem teherhordó réteg, a geotextíliára georácsot kell betervezni. Útépítésnél, gyenge teherbírású földmű esetén georács beépítésével lehet növelni a stabilitást. Javasolt árvíztöltéseknél is ennek alkalmazása



29. ábra
Georács szerkezete



30. ábra
Merev csomópontú georács
Szakítószilárdsága min. 30 kN/m²
(Z 0/63 vagy Z 0/90 zúzottkő használható)



31. ábra
Triaxiális georács
(Z 0/63 vagy Z 0/90 zúzottkő illetve HK
0/63 vagy HK 0/90 homokos kavics
használható)

Rétegrend javaslatok:

Új építésnél

- 300 g/m² geotextília
- georács
- 20 cm rétegvastagságú Z 0/63 vagy Z 0/90 (riaxiális geroácsnál HK 0/63 vagy HK 0/90)
- 15 cm rétegvastagságú Z 0/63
- egy vagy két réteg aszfalt

Felújításnál

- 300 g/m² geotextília
- georács
- 10 cm rétegvastagságú Z 0/63 és 2 cm Z 0/22 kiékelő
- egy vagy két réteg aszfalt

A **betonpaplant** (Concrete Canvas™) Nagy-Britanniában gyártják 5-8-10 cm-es vastagságban, CC5, CC8 és CCX minőségben. A flexibilis, speciális cementkeverékkel töltött geoműanyag terítése és vízkezelése után egy vékony, tartós, nagy terhelhetőségű kéregbetonná szilárdul. Lényegében egy feltekereselt nyers beton.



32. ábra

Forrás: <https://www.betonpaplant.hu>

Az anyagot főleg rézsűvédelemre, töltés- és átereszburkolásra alkalmazzák, de kedvező tulajdonságai – főleg a magas húzó-hajlító ellenállása valamint nyomószilárdsága miatt elválasztórétegnek is alkalmas a térfogatváltozó talajoknál kialakuló repedések felszínre jutásának megelőzésére.

A betonpaplan rétegrend javaslatok:

Új építésnél

- töltés tetejébe és a vízőldali részübe betonpaplan (lépcsőzetesen és földdel betakarva)
- 20 cm HK 0/63 vagy HK 0/90
- 15 cm KZ 0/63
- egy vagy két réteg aszfalt

Felújítás esetén

- meglévő aszfalt vagy töltésre betonpaplan
- 10 cm KZ 0/63 és 2 cm KZ 0/22
- egy vagy két réteg aszfalt



33. ábra

Betonpaplan beépítés a 4127. jelű úton

Forrás: Here Zsolt - Kötétt talajoknál megjelenő zsugorodási repedések okai és javítási technológiái (MK előadás)

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A burkolatromlások egyidősek a pályaszerkezetek kialakulásával. Az utak rendeltetésszerű és biztonságos üzemeltetését biztosító karbantartási munkák – kátyúzás, marás, felületi bevonatok, lokális pályaszerkezetcserek stb. – mellett egyre fontosabbak a tervezett és ütemezett fenntartási technológiák, melyek a meglévő közút forgalmi igényeknek való megfelelést szolgálják. Ezek a felújítási eljárások – pályaszerkezet erősítések, pályaszerkezet cserek – már a fejlesztés előszobájának tekinthetők, de még a meglévő pályaszerkezet használati értékét növelik.

A megfelelő útfelületek karbantartása nemcsak a közlekedés biztonságát szolgálja, hanem gazdasági előnyöket is nyújt, továbbá szoros összefüggésben áll a környezetvédelemmel is. Egyrészt a jól karbantartott utak esetében csökken a járművek üzemanyag-fogyasztása és a károsanyag-kibocsátás, másrészt az elmúlt évtizedben előtérbe került fenntarthatósági szempontok számos innovatív eljárást hívtak életre, melyek során korábban hulladékként kezelt anyagokat használnak fel a szakemberek a pályaszerkezetek tulajdonságainak javítására.

A karbantartási tevékenység műszaki mélysége/költsége/gyakorisága alapvetően a pályaszerkezet – de természetesen az igénybevétel és a környezeti feltételek – függvényében eltérő. E feltételrendszer kezelése már az útgazdálkodás témakörébe tartozik. Az útvagyongazdálkodás a közúti vagyontárgyak fenntartásának, felújításának és üzemeltetésének rendszer-szemléletű folyamata. A vagyongazdálkodási rendszer rész eleme az útburkolat gazdálkodási rendszer (PMS = Pavement Management System), melynek célja a lehető legjobb útállapotok biztosítása a lehető legkisebb társadalmi összköltségen, része minden olyan tevékenység, amelynek tárgya az útburkolat. Az útgazdálkodás nemcsak a kialakult hibák megszüntetésére koncentrál, hanem célja az utak élettartamának maximalizálása, a forgalom optimalizálása, a közlekedés biztonsága, a környezeti hatások csökkentése. Mindez egy nemzetgazdasági szintű optimum elérésére mutató cél, ahol a minimális elvárás a forgalombiztonság, a felső határ a közpénzek gazdaságos felhasználásának követelménye.

A hagyományos burkolatfenntartási eljárások a hibák megszüntetésére koncentrálnak. Az ütiügyi műszaki leírásokban leírt technológiák elsősorban a műszaki állapotjelzőket javítják. Bár ezekben már megjelennek bizonyos fenntartható elemek – pl. visszanyert aszfalt beépítés, hideg és meleg remixek – de gazdaságosság csupán költségmegtakarítást jelent.

A közúti forgalom növekedése és a környezeti terhelések együttese hangsúlyossá teszi olyan hatékony állapotjavító technológiák fejlesztését és alkalmazását, amelyek gazdaságos állagmegőrzést is lehetővé tesznek. Az útfejlesztési vagy felújítási variánsok összehasonlításakor világszerte egyre inkább előtérbe kerül a teljes életciklus költségeinek figyelembevételének módszere (Whole Life Costing). Ez a megközelítés tovább lép az egyes variánsok jelenben felmerülő létesítési költségeinek egyszerű összehasonlításán, és – mint fontos tényezőt - a beavatkozás hatásosságát, élettartamát, jövőbeli fenntartási igényét és a felmerülő úthasználoí költségeket is figyelembe veszi.

Az 5. fejezetben tárgyalt burkolatfelújítási eljárások már a fenti szemléletet követik. Az itt bemutatott – egyelőre kísérleti jellegű – technológiák kevesebb energiabefektetéssel és kisebb károsanyag-kibocsátással érik el legalább ugyanazt a műszaki állapotjellemző-javulást. Az újrahasznosítási szemlélet új értelmet próbál nyerni a korábban hulladéknak tekintett anyagok felhasználásával: üvegaszfalt, polimerek alkalmazása, gumibitumen. A betonpaplan és a különböző georácsok, aszfaltrács a problémás altalajra épített pályaszerkezetek megerősítésére alkalmasak a földmű költséges cseréje helyett. Ezek közül – a technológia megfelelő alkalmazása mellett – az aszfaltrács tűnik a legígéretesebbnek, melyet a 6. fejezetben igyekeztem bemutatni.

Az innovatív szemlélet térnyerését sürgetik a környezeti hatások is. Az évtizedes pályaszerkezetek leromlását nemcsak az egyre növekvő forgalom, de a klímaváltozás is gyorsítja. E hatások útburkolatra gyakorolt hatását „kicsiben” az erősen térfogatváltozó agyagtalajokra épült utak esetében már láthatjuk. Az ilyen utak felújításánál elért kedvező tapasztalatok segíthetik a szakmát, hogy az innovatív technológiák segítségével sikeresen vegyék fel a harcot az úthibákkal.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- 6D Solutions (2018). *Glass fibre grids for asphalt reinforcement against crack propagation*
- Almássy, K. (2010). *Aszfalt pályaszerkezeti rácsok viselkedése* (doktori disszertáció). Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítési Tanszék, Budapest.
- Almássy, K., Dr. Ambrus, K., Bocz, P., Dr. Fi, I (2011). Aszfalthálók útépítési tapasztalatai. *Közúti és Mélyépítési Szemle* 55. évf. 4. sz., 30-36.
- Almássy, K., Nagy, Á., Dr. Pallós, I., Dr. Pethő, L., Tomaschek, T., Dr. Szakos, P. (2011). *Útépítés és fenntartás* Budapest Forrás: <http://www.doksi.hu> (Utolsó letöltés dátuma: 2024. október 10.)
- Ambrusné Somogyi Kornélia. *Útburkolat-gazdálkodás változó feltételek melletti optimalizációs modelljei*. Doktori értekezés
- AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2024/1781 RENDELETE (2024. június 13.) a fenntartható termékek környezettudatos tervezésére vonatkozó követelmények megállapítási keretének létrehozásáról, az (EU) 2020/1828 irányelv és az (EU) 2023/1542 rendelet módosításáról, valamint a 2009/125/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről. Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1781> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.11.26.)
- Balázs, Júlia (2014). *Hideg remix eljárások hazai alkalmazása a külföldi gyakorlat tükrében* Diplomamunka Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Balogh, Lajos, Dr. Geiger, András (2016) Gumival modifikált bitumen és felhasználásával gyártott aszfaltok új tapasztalatai *Magyar Aszfalt* 2016. június 64-68.
- Bernáth, Csaba (2024.). Az Európai Tanács elfogadta a korszerűsített CPR-t *Magyar Szabványügyi Testület (2024.11)* Forrás: <https://www.mszt.hu/hu-hu/szabvanyositas/hirek/2024/11/az-europai-tanacs-elfogadta-a-korszerusített-cpr-t> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.11.26.)

- Bocz, P., Devecseri, G., Fi, I., Joó, A., Kovács D. & Pethő, L. (2009). Aszfaltrácsok szerepe megerősített és szélesített útpályaszerkezetekben. *Közlekedésépítési Szemle*. 2009. 2. sz.
- Borsos, Pál (2016). *A megelőző jellegű fenntartási technológiák alkalmazása konkrét forgalomnagyság és pályaszerkezet alapján* Diplomamunka Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- De Bondt, A. H. (2012). 20 Years of Research on Asphalt Reinforcement—Achievements and Future Needs. In *7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements: Mechanisms, Modeling, Testing, Detection and Prevention Case Histories* (pp. 327-335). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dr. Almássy, Kornél (2020). A hazai, GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedési értékelés *Magyar Aszfalt*. 2020. május 32-39.
- Dr. Gáspár, László (1998). A felületi bevonás az útburkolat-gazdálkodási rendszerben. *Útügyi szakmai továbbképzés 1998*
- Dr. Gáspár, László (2003). *Útgazdálkodás*. Akadémiai Kiadó Budapest
- Dr. Koren, Dr. Tánczos, Dr. Tímár (2011). A közúthálózat a nemzeti vagyon eleme, vagyongazdálkodás. *Közlekedésépítési Szemle 2011. január*
- Dr. Koren, Dr. Tánczos, Dr. Tímár (2011). A közúti kiadások forrásai *Közlekedésépítési Szemle 2011. február*
- Eng. Lorenzo Sangalli (2017). 100 % visszanyert aszfalt és ökológiailag fenntartható technológiák az útépítő ipar számára. *Magyar Aszfalt 2017. május 53-65*
- Fülöp, Pál (2024). *Aszfalt burkolatú útpályaszerkezeti rétegek követelményei*. Budapesti és Pest Vármegyei Mérnöki Kamara Budapest 2024.04.08.
- Fülöp, Pál és társszerzői (2013). *Fenntartható utak* Munkabizottsági jelentés Budapest
- Gáspár, L., Boromissza, T. & Pallós, I. (2007). *KTI által készített zárójelentés a Magyar Közút Zrt. számára: Szintetikus anyagokból készülő aszfaltrácsok szabályozása*. KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet.
- Görgényi Ágnes – Aszfalthálók a magyar útépítésben (MAÚT konferencia 2006.05.11.)
Forrás: <https://portal.maut.hu/Home/SelectPost/9> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.11.23.)
- Guillermo Montestruque1, Liedi Bernucci, Marcos Fritzen, and Laura Goretti da Motta. Stress Relief Asphalt Layer and Reinforcing Polyester Grid as Anti-reflective

Cracking Composite Interlayer System in Pavement Rehabilitation Forrás: (PDF) Stress Relief Asphalt Layer and Reinforcing Polyester Grid as Anti-reflective Cracking Composite Interlayer System in Pavement Rehabilitation (Utolsó letöltés dátuma: 2024.12.09.)

Here, Zs. (2022): *Aszfaltrácsok beépítésének műszaki követelményei és tapasztalatai*. Prezentáció. Aszfaltos nap a Magyar Közútnál

Here, Zs. Kísérleti útépitési munka betonpáplán beépítésével. Prezentáció *Magyar Közút Nzrt.*

Here, Zsolt (2023). Kötött talajoknál megjelenő zsugorodási repedések okai és javítási technológiái. *Magyar Közút Nzrt. előadás*

https://www.consilium.europa.eu/en/documents-publications/public-register/public-register-search/?AllLanguagesSearch=False&OnlyPublicDocuments=False&DocumentNumber=12%2F24%7C12%2F*%2F24&DocumentLanguage=FR (Utolsó letöltés dátuma: 2024.11.26.)

Jong-Hoon Lee, Seung-Beom Baek, Kang-Hoon Lee, Jo-Soon Kim, Jin-Hoon Jeong – Long-term performance of fiber-grid-reinforced asphalt overlay pavements: A case study of Korean national highways. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, (2019) 6(4), 366-382.

Jordan Rabine – Pavement Fabrics and Fibers to improve Pavement Performance

Kárpáti, L (2006). Aszfalt pályaszerkezetek megerősítése: SYTEC GlasGrid üvegszálás aszfaltrács. *Mélyépítő Tükörkép Magazin* 2006/5. sz., 24-25.

Kelemen, Erzsébet (2018). A klímaváltozás okán kialakuló extrém intenzitású nyári csapadék károkozó hatásai az útburkolatokra és azok környezetére. *Magyar Aszfalt* 2018. május 10-14

Kelemen, László (2023). *Aszfaltrácsok alkalmazásának komplex elemzése nemzetközi és hazai tapasztalatok összegzése alapján*. Diplomamunka Széchenyi István Egyetem

Magyar Mérnöki Kamara (2018). *Újrahasznosítás Szakmai Továbbképzés*

Pallós, Imre. (2006). *Az aszfalthálók alkalmazásának egyes kérdései*. Prezentáció. Útépités akadémia 4. Aszfalthálók a magyar útépitésben. Forrás: <https://portal.maut.hu/Home/SelectPost/9> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.11.23.)

- Papp, S. (2012). *Jelentés az állami közutak felújítását, javítását, karbantartását célzó intézkedések eredményességének és az állami közutak állapotára gyakorolt hatásának ellenőrzéséről*. Állami Számvevőszék
- Pavement Management System (PMS) Felhasználói Kézikönyv (Budapest, 1998, UKIG.)
- Philippe Chifflet (2017). A pályaszerkezet tervezése az élettartam értékelésével összefüggésben, valamint az újrahasznosított termékek aszfaltgyártásban történő felhasználásával kapcsolatos tapasztalatok *Magyar Aszfalt 2017. május* 74-77
- PMS: az úthálózat optimális fenntartásának eszköze, (Közúti Közlekedési Füzetek 21. Budapest, 1999)
- Rabin, J. (2019). Pavement Reinforcement Products for Improved Pavement Performance. *Idaho Asphalt Conference*.
- Remix kézikönyv 3R Magyar Remix Egyesület
- Roszik, Gábor (2018). *Visszanyert aszfalt újrahasznosítási lehetőségei* Magyar Mérnöki Kamara Szakmai továbbképzés
- Schváb Zoltán: *Korszerű útépitési technológiák* (BME Oktatási Segédlet 2003-2004)
- Sipos, L., Szengöföszky, O. & Lörincz, J. (2005). Az aszfaltburkolatok megerősítésének néhány kérdése. *Közúti és Mélyépítési Szemle*. 2005. (55. évf.) 5. sz. p. 25-29
- Szabados, Szabolcs (2024). Aszfaltburkolatok felújítási technológiáinak tapasztalatai a magyar közút úthálózatán Prezentáció. *VII. Magyar Közlekedési Konferencia – 48. Ütögyi Napok*
- Szengöföszky Oszkár – *Aszfalttrácsok működése és építése* (MAÚT)
- Szepesházy, R. (2003). Békés – agyagutak jelentés
- Szerencsi, G. (2018.) A műszaki szabályozás helyzete. *MMK szakmai képzés Székesfehérvár 2018*.
- Tallósi, Zoltán (1997). Mart aszfalt visszaadagolással készült gumibitumenes aszfaltkeverékek alkalmazása útépitési projekteken. *Magyar Aszfalt 2017. június* 81-83.
- Thoroczkay, Zsolt (2017). Útkeresés a közúti ágazatot érő kihívásokra. *Magyar Aszfalt 2017. május* 4-8
- Tóth-Nagy Terézia, Szigeti-Szászné Nagy Csilla (2020). *Útépités és -fenntartás*. Műszaki Könyvkiadó

Útügyi Műszaki Előírás - e-UT 04.05.14 – Ideiglenes forgalomkorlátozás, Magyar Út- és Vasútügyi Társaság

Útügyi Műszaki Előírás - e-UT 05.01.21:2018 – Kationaktív bitumenemulzió, Magyar Út- és Vasútügyi Társaság

Útügyi Műszaki Előírás - e-UT 05.02.15:2008 – Útépítési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt, Magyar Út- és Vasútügyi Társaság

Útügyi Műszaki Előírás - e-UT 06.03.21:2018/M1:2021 – Útpályaszerkezetek aszfaltburkolati rétegeinek követelményei, Magyar Út- és Vasútügyi Társaság

Útügyi Műszaki Előírás - e-UT 06.03.53:2018 – Kötőanyag Nélküli és Hidraulikus Kötőanyagú Burkolatalapok, Magyar Út- és Vasútügyi Társaság

Útügyi Műszaki Előírás - e-UT 08.02.12:2022 – Aszfaltburkolatok Fenntartása, Magyar Út- és Vasútügyi Társaság

Varga, Szabolcs. (2013) Itt a megoldás a kátyú ellen, csak az útépítő lobbinak nem tetszik. *HVG 2013. november 14.*

Viacon Hungary *Aszfalterősítés* www.viaconhungary.hu (Utolsó letöltés dátuma: 2024.11.23.)

Zsichla, László – Aszfalthálók követelményei és méretezésük alapelvei (MAÚT)

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. aszfaltrács témakörben fellelhető műszaki dokumentációit és információkat a diplomamunka készítéséhez a Társaság belső szabályzata szerint engedély birtokában használtam fel.

10. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra	13
2. ábra	14
3. ábra	23
4. ábra	26
5. ábra	27
6. ábra	27
7. ábra	28
8. ábra	30
9. ábra	30
10. ábra	31
11. ábra	31
12. ábra	31
13. ábra	32
14. ábra	33
15. ábra	45
16. ábra	48
17. ábra	56
18. ábra	58
19. ábra	59
20. ábra	60
21. ábra	60
22. ábra	61
23. ábra	63
24. ábra	63
25. ábra	66
26. ábra	67
27. ábra	87
28. ábra	91
29. ábra	92
30. ábra	92
31. ábra	92
32. ábra	93
33. ábra	94

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szakdolgozat végére érve szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik nélkül mindez nem jöhetett volna létre és nem értem volna idáig.

Köszönöm a belső konzulensemnek, Dr. Macsinka Klárának a témajavaslatot és az iránymutatásokat.

Köszönöm Here Zsoltnak, hogy vállalva a külső konzulensi felkérést, szakmai észrevételével és építő kritikáival segítette munkámat. Ezúton kívánok neki további szakmai sikereket a témakörben végzett úttörő munkájában.

Köszönöm a Magyar Közút Nonprofit Zrt. szakmai vezetésének az ösztönző környezetet és munkatársaimnak a szakmai támogatást.

Végül és talán kiemelten köszönöm a családomnak az eltelt 4 és fél évben türelemmel viselt kitartásukat és biztatásukat.