

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ÉPÍTÉS-, ÉPÍTŐ-ÉS
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR



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

Készítette:
Troják Csaba
HFCGLL
Építőmérnök hallgató

Belső konzulens:
Dr. Nagy Richárd
Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék

Győr, 2025

Absztrakt

Az aszfaltnak, mint útépitési alapanyagának számos követelménynek, minőségi és műszaki vizsgálatnak kell megfelelnie ahhoz, hogy az útburkolat biztonságos, tartós, gazdaságos és hosszú távon is fenntartható legyen. Az „MSZ EN 12697-11:2020 Bitumen tapadóképségének meghatározása kőanyagalmazon” című szabvány részletesen leírja azt az eljárást, amely során meghatározható, hogy a bitumen a kőanyagalmaz szemcséire milyen mértékben tapad, illetve a koptató vizsgálat után mekkora részben marad meg a bevonat. A szabvány három fő vizsgálati módszert különböztet meg, melyek közül kettő esetében a laboratóriumi eljárás után az eredmény értékelése vizuális, vagyis szubjektív szemrevételezéssel történik. Ez a szubjektív értékelés azonban nagy szórást és bizonytalanságot eredményezhet, mivel az értékelő személy tapasztalata, megítélése és a megvilágítási körülmények is befolyásolhatják az eredményt. Kutatásomban az egyik szabványosított vizsgálati eljárást alkalmaztam, majd elemeztem a szemrevételezésből adódó szórás mértékét. Ezt követően egy objektív, képi alapú vizsgálati rendszer kidolgozásával olyan módszert hoztam létre, amely a korábbiaknál pontosabb, reprodukálhatóbb és megbízhatóbb eredményeket szolgáltat, ezáltal hozzájárul a bitumenes keverékek minőségének egységes és hiteles értékeléséhez.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	4
2	MSZ EN 12697-11:2020 szabvány célja, módszerei.....	5
2.1	Célja	5
2.2	Eljárások.....	5
2.2.1	Gördülő palackos módszer	5
3	Probléma az MSZ EN 12697-11:2020 szabvánnyal.....	6
3.1	Probléma gyökere.....	6
3.2	Probléma kihatása mindennapjainkra	8
3.2.1	Kopás	8
3.2.2	Kipergés	8
3.2.3	Repedési hibák.....	9
3.2.4	Fagyási – olvadási ciklusok.....	9
4	Vizsgálat objektívá tétele	10
5	Irodalomjegyzék.....	12
6	Táblázatjegyzék.....	13
7	Ábrajegyzék	14

1 Bevezetés

Mindennapi életünkben számtalanszor találkozunk aszfalttal: járunk rajta gyalogosan, közlekedünk rajta autóval, biciklivel, vagy éppen buszon ülve haladunk végig rajta. Ismerjük az aszfalt jellegzetes, kissé érdes felületét, tudjuk, hogyan reagál különböző időjárási körülmények között, legyen szó hőségről, esőről vagy fagyos téli napokról. Mégis kevesen gondolunk bele abba, hogy milyen összetett vizsgálatok és kísérletek előzik meg egy-egy útszakasz megépítését. Az aszfalt és annak alkotóelemei a bitumen, a kőanyag és adalékanyagok különféle vizsgálatokon esnek át annak érdekében, hogy megfeleljenek a minőségi követelményeknek. Ezek a vizsgálati eljárások lehetnek hagyományos, régóta használt módszerek, de akár modern, digitális technológián alapuló megoldások is. Sajnos léteznek olyan vizsgálatok, amelyek szubjektív értékelésen alapulnak, így nem adnak pontos, ismételhető eredményt. Dolgozatomban az MSZ EN 12697:11-2020 szabvány alapján tanulmányoztam a bitumen tapadókéességének vizsgálatát, ahol egy ilyen szubjektív eljárás szerepel. Ennek kiváltására egy objektív, mérhető és megbízható vizsgálati módszert dolgoztam ki, amely pontosabb képet adhat az anyag minőségéről és viselkedéséről.

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

2.1 Célja

Az MSZ EN 12697-11:2020 szabvány célja, hogy pontosan meghatározza a bitumen és a kőhalmaz közötti bevonódás, vagyis a tapadás mértékét. Ez azt mutatja meg, hogy a kőszemcsék felülete milyen mértékben vonódik be bitumennel, illetve mennyire képes az anyag tapadni a kőfelülethez. A bevonódás mértékét százalékos formában fejezik ki, amely a bevont kőfelület és a teljes kőfelület arányából számítható ki. A szabvány alkalmazása nemcsak a keveréktervezés során fontos, hanem lehetőséget ad a nedvesség hatásának értékelésére is. Ennek segítségével megállapítható, hogy a víz milyen módon befolyásolja a kőhalmaz és a bitumen közötti tapadást. A vizsgálat kiterjedhet különféle tapadásfokozó anyagokra is, például folyadékokra, aminokra, hidratált mészre vagy cementre, amelyek javíthatják a tapadást és növelhetik az aszfaltkeverék tartósságát.

2.2 Eljárások

2.2.1 Gördülő palackos módszer

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

Ezt a mintát 12 és 64 óra közötti időtartamban szobahőmérsékleten tárolják, pormentes helyen, hogy a bevonat stabilizálódjon. A kondicionálási idő letelte után a mintát három részmintára osztják, amelyeket külön vizsgálati palackokba helyeznek. Minden palackba a szemcséket egyenként teszik be, majd desztillált vízzel félig feltöltik, és üvegpalcát is helyeznek bele, amely a vizsgálat során segíti a szemcsék koptatását, mozgását. Ezután a palackokat hengerlőgépen forgatják, ami a víz és a mozgás hatására elősegíti a tapadás értékelését.

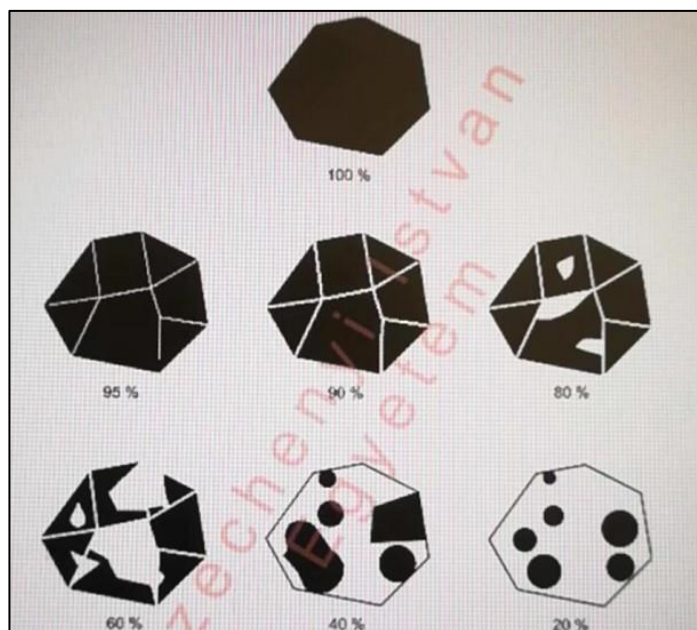
A bevonódás mértékét ezután szemrevételezéssel állapítják meg, amit két laboráns egymástól függetlenül végez, anélkül, hogy látnák egymás eredményeit. A kapott értékeket átlagolják, majd az eredményt a legközelebbi 5%-ra kerekítve határozzák meg. A szabvány „A” melléklete mintavizuális útmutatóként szolgál,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

3 Probléma az MSZ EN 12697-11:2020 szabvánnyal

3.1 Probléma gyökere

A palackhengerléses eljárás alapvetően pontos, megbízható és könnyen kivitelezhető vizsgálati módszer, amely lehetővé teszi a bitumen és a kőhalmaz közötti tapadás mértékének meghatározását. Maga a kísérleti folyamat egyszerű, azonban a minta értékelésének módja már sokkal összetettebb és kevésbé objektív. Az eredmények ugyanis nagymértékben a laboránsok személyes megítélésén és tapasztalatán alapulnak, mivel a szabvány az „A” mellékletében található vizuális útmutatót veszi alapul az értékeléshez. Ez a melléklet azonban nem pontos, hiszen az ábrán jelölt százalékok és a bevont területek nem egyeznek, ezenfelül értelmezése

különbözhet személyenként. A laboránsok ítélőképességét számos tényező befolyásolhatja: a fáradtság, a gyakorlat hiánya, a látás romlása, vagy akár a pillanatnyi hangulat is torzíthatja az észlelést. Bár a szabvány előírja, hogy a vizsgálatot két független laboráns végezze, és az eredményeket átlagolják, ez a megoldás sem zárja ki teljesen az emberi hibát. Az így keletkező eltérések akár jelentősen is különbözhetnek a valós tapadási értékektől, ami megkérdőjelezi a



1. ábra "A" melléklet

módszer objektivitását és reprodukálhatóságát.

Az „A” melléklet célja, hogy segítséget és vizuális támpontot adjon a laboránsoknak a bitumen bevonódásának megítéléséhez, azonban a gyakorlatban ez az ábra nem bizonyul elég pontosnak. Ennek igazolására AutoCAD program segítségével pontosan megrajzoltam az „A”

mellékletben szereplő körvonalakat, majd a program által kiszámított területek alapján meghatároztam a tényleges bevonódási százalékokat. Az így kapott adatokat egy Excel táblázatban rögzítettem és rendszereztem. Az 1. táblázat első oszlopa az ábrán feltüntetett, a szabvány szerinti bevonódási értéket mutatja, a második oszlopban a valós, számítással meghatározott érték szerepel, míg a harmadik oszlopban a két adat előjeles különbsége látható. Az összehasonlításból egyértelműen kiderült, hogy jelentős eltérések mutatkoznak a valós és a szabványosított ábrán közölt értékek között. Ez azt bizonyítja, hogy az „A” melléklet ábrája nem megbízható alap a vizsgálati eredmények értékeléséhez, hiszen torzíthatja a laboránsok megítélését és hibás következtetésekhez vezethet. Emiatt fontos lenne a melléklet pontosítása vagy modern, digitális, objektív mérési módszerek bevezetése a nagyobb pontosság érdekében.

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

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

1. táblázat Tényleges bevonódás

3.2 Probléma kihatása mindennapjainkra

A fentiekből adódóan, ha a keverék bevonódásának mértékét nem sikerül pontosan meghatározni, az komoly következményekkel járhat. A hibás értékelés aszfaltminőségi problémákhoz, tapadási hiányosságokhoz és idő előtti burkolatkárosodáshoz vezethet, ami végső soron a közlekedésbiztonságot is veszélyezteti.

3.2.1 Kopás

A palackhengerléses vizsgálat során a kezdetben 100%-os bevonódással rendelkező minta a koptatóhatás következtében fokozatosan veszít a tapadásából. Ez a folyamat jól szemlélteti, hogy a valós körülmények között, az aszfaltburkolat csúszásellenállása az idő előrehaladtával eltérően csökkenhet attól, mint amit a tervezési fázisban előzetesen feltételeztek. Amennyiben az útfelület tapadása jelentősen lecsökken, az komoly közlekedésbiztonsági kockázatokat jelent, különösen nedves, csapadékos vagy jeges időjárási viszonyok között, amikor a járművek tapadása kritikus szerepet játszik. A probléma még súlyosabbá válik mészkővázas aszfaltkeverékek esetében, mivel a mészkő természeténél fogva puhább és kopásra hajlamosabb kőzet, így gyorsabban veszít tapadóképeségéből. Ennek következtében, ha a bevonódás vagy a kopásállóság mértéke nem egyezik meg a tervezés során meghatározott értékekkel, az útburkolat vártnál hamarabb elveszítheti csúszásellenállását, ami balesetveszélyes helyzeteket idézhet elő és lerövidíti az út élettartamát.

3.2.2 Kipergés

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

3.2.3 Repedési hibák

A nem megfelelő bevonódás mértéke jelentős hatással van az aszfaltburkolat szerkezeti épségére, mivel elősegíti különböző repedéstípusok, például hajszálrepedések és csúszási repedések kialakulását. A hajszálrepedések apró, gyakran szabad szemmel alig észrevehető felületi hibák, amelyek a kőszemcsék közötti elégtelen tapadás következtében alakulnak ki. Kezdetben nem okoznak közvetlen problémát, azonban az idő előrehaladtával ezek a apró repedések lehetőséget adnak a víz és a fagy bejutására, ami nagyobb repedéseknek ad helyet. A csúszási repedések ezzel szemben főként olyan helyeken fordulnak elő, ahol a járművek fékeznek vagy gyorsítanak, például kereszteződésekben, stop tábláknál és emelkedőkön. Ezek a pontokon a járművek által közvetített horizontális erők fokozatosan „széthúzzák” az aszfaltot, ami a burkolat deformációjához vezet. Ha a bevonódás nem megfelelő, vagy a bitumen és a kőszemcsék közötti adhézió gyenge, a burkolat nem képes hatékonyan felvenni a feszültségeket, így az út gyorsabban elhasználódik, és korábban jelennek meg a súlyosabb szerkezeti hibák.

3.2.4 Fagyási – olvadási ciklusok

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

További problémát jelent a téli útüzemeltetés, különösen a sózás, amely során az útfelület folyamatosan ki van téve a só és a nedvesség kémiai roncsolóhatásának. A só nemcsak a bitument károsíthatja, hanem gyengíti a kőszemcsék közötti kötéseket, felgyorsítva az aszfalt öregedését és a tapadásvesztést. Bár Magyarországon az utóbbi években a sóhasználat csökkent, hiszen egyre kevesebb sózásra van szükség a kevesebb és kevesebb hó miatt, nem szabad megfeledkezni arról, hogy az MSZ EN 12697-11:2020 szabvány európai szabvány. Így más, hidegebb éghajlatú országokban, ahol a sózás gyakrabban és nagyobb mértékben történik ezek a kis pontatlanságok a bevonódás vizsgálatában sokkal súlyosabb károkat eredményezhetnek. Ez is rámutat arra, hogy a pontos tapadási értékelés kulcsfontosságú a burkolatok hosszú távú élettartama és biztonsága szempontjából.

4 Vizsgálat objektívvá tétele

Annak érdekében, hogy a bitumenborítottság meghatározása valóban objektív és megbízható legyen, elengedhetetlen az emberi tényező kizárása a vizsgálati folyamatból. Ezt leginkább szabványosított fotózással és digitális képfeldolgozással lehet elérni, hiszen ezek a módszerek pontos, ismételhető és emberi szubjektivitástól mentes eredményt biztosítanak. Ennek megvalósítására egy saját fejlesztésű programot készítettem, amely képes a mintáról készült fényképet elemezni. A folyamat során a mintát először megfelelő megvilágítás mellett, szabályos távolságból lefotózzuk, majd a képet feltöltjük a programba. Néhány apró kalibrálási lépés után a program kiszámítja a bevonódott és nem bevonódott felületek arányát százalékos formában. Az eredményt egy színesen jelölt képen jeleníti meg, ahol jól elkülöníthetők a bitumennel bevont és a nyers kőfelületek, így a felhasználó vizuálisan is ellenőrizheti az automatikus kiértékelés helyességét.



2. ábra Bemeneti adat



3. ábra Kimeneti adat

Az általam kidolgozott eljárás legnagyobb előnye, hogy teljes mértékben kizárja az emberi tényezőket, így az értékelés objektívvé, pontosabbá és ismételhetővé válik. Ennek köszönhetően a vizsgálat eredménye függetlenné válik a laboránstól, a helyszíntől vagy az országtól, vagyis minden laborban bárhol Európában, ahol az adott szabványt alkalmazzák azonos és összehasonlítható eredményeket lehet kapni. A módszer további előnye, hogy az adatok digitális formában kerülnek rögzítésre, ami lehetőséget teremt nagyméretű, központi adatbázis létrehozására. Ez az adatbázis a jövőben rendkívül értékes információforrást

biztosíthat az aszfaltburkolatok viselkedésének, hibáinak és tartósságának vizsgálatához, valamint hozzájárulhat új összefüggések és optimalizálási lehetőségek feltárásához

Hosszútávon ez az adatbázis a jövőben segítheti az aszfaltok hibáinak vizsgálatát, optimalizálását esetleges összefüggések felállítását. Emellett az utak élettartama növelhető a hibák minimalizálása, ismerése végett. Bár az összes problémát nem tudjuk megszüntetni, hiszen több tényezőtől erednek a gondok, de a javításuk jóval tervezhetőbb lesz, ami növeli a karbantartás költség és energiahatékonyágát.

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

5 Irodalomjegyzék

Internetes források:

<https://www.researchgate.net/publication/337752460> Evaluation of adhesion between bitumen and aggregate with the digital image processing method

<https://www.researchgate.net/publication/333824991> Determination of Bitumen Stone Coverage by Digital Image Processing

<https://www.researchgate.net/publication/282763942> A bitumen és kőzet közötti tapadás - Fejlesztési törekvések a bitumen minőségének javítása érdekében

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681416301043>

<https://medium.com/@dijdomv01/a-beginners-guide-to-understand-the-color-models-rgb-and-hsv-244226e4b3e3>

6 Táblázatjegyzék

1. táblázat Tényleges bevonódás.....	7
--------------------------------------	---

7 Ábrajegyzék

1. ábra "A" melléklet.....	6
2. ábra Bemeneti adat	10
3. ábra Kimeneti adat.....	10