

ASZFALTBURKOLATÚ UTAK LEROMLÁSA ÉS ÉLETTARTAMA

IFJ. GÁSPÁR LÁSZLÓ*

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett: 1979. szeptember 1-én]

A közúthálózathól kijelölt útszakaszok több éves szubjektív állapotbecslésének idősorai alapján megbecsültük várható élettartamukat. Az élettartam-előrebecslésnél az útszakaszokat attól függően osztottuk csoportokba, hogy pályaszerkezetük tényleges vastagsága és a rajtuk haladó forgalom által igényelt vastagság között mi az arány. Külön foglalkoztunk a burkolatkopás kérdésével. Hatéves mérősorozat eredményei alapján a pályaszerkezet vékonyodásának sebességét több tényezővel összefüggésbe hoztuk. E vizsgálatok eredményei a közúti munkák műszakilag jobb tervezéséhez nyújtanak segítséget.

I. Bevezetés

Az egyre növekvő forgalmi terhelés miatt mind több igényt támasztanak a közutakkal szemben. Ezek közül is kiemelkedik az a kíváncsi, hogy az út viszonylag hosszú időn keresztül, kedvező használhatósággal rendelkezék. Az említett követelmény nemcsak műszaki és gazdasági szempontokkal indokolható, hanem — az úthasználók kielégítettségi szintje, valamint a komolyabb állapotjavító beavatkozások alkalmával elkerülhetetlen forgalomzavaró hatás miatt — jelentős mértékben politikai kérdés is.

Az út viszonylag lassú leromlási folyamata és megkívánt hosszúságú élettartama csak számos követelmény egyidejű biztosítása esetében érhető el. Már a tervezés időszakában ésszerűen kell a jelenlegi és a jövőbeni körülményeket alapul venni ahhoz, hogy a szerkezet valamilyen vonatkozásban ne legyen „aláméretezett”. Hasonlóképpen az építés és a fenntartás során is el lehet olyan hibákat követni, amelyek az útállapot gyors romlását okozzák. Ezenkívül váratlan, illetve előre nem látott igénybevételek (rendkívül nagy forgalmi terhelés vagy különleges időjárási hatások) következményeként is rövidülhet az út élettartama. Korszerű szemlélet szerint az útügynek az említett résztvevőkenységeit — azok hatékony, magas szintű művelése érdekében — egységükben, összefüggésükben kell vizsgálni [1].

A sok változó tényező miatt komoly nehézségekbe ütközik az utak várható élettartamának, akárcsak közelítő ismerete, bár ez, elsősorban a közúti munkák tervezésekor, rendkívül hasznos információ [2].

* Ifj. Dr. Gáspár László. 1158 Budapest Doktor Sándor u. 2

A következőkben néhány olyan kutatási eredményről számolunk be, amely a hazai aszfaltburkolatú utak élettartamával, ill. leromlási folyamatával függ össze.

2. Az utak élettartamának különböző értelmezései

Valamely út élettartamán — klasszikus értelemben és kissé leegyszerűsítve — azt az időszakot értjük, amíg az út a feladatát el tudja látni. Ebből a meghatározásból az következik, hogy az élettartam az út átadás-átvétele és a forgalomra alkalmatlanná válása közötti időszakot jelenti. A kérdés kissé részletesebb vizsgálata felvet néhány problémát, amelyek közül a legfontosabbakat a következőkben vázoljuk.

a) Az utak élettartamának hagyományosan, idő mértékegységben való kifejezése mellett (vagy inkább helyett), az utóbbi időben világszerte terjed a *forgalmi terhelés* dimenzióban történő számolás. Nyilvánvaló ugyanis, hogy az út tönkremenetelét általában elsősorban a rajta lebonyolódó forgalom — annak is főleg a nagy tengelysúlyú része — okozza. Ennek az újabb módszernek a hiányosságaként legfeljebb az a tény említhető, hogy az időnek (pl. az aszfaltrétegekben levő bitumen öregedésének), az időjárásnak (pl. a fagyás-felengedési ciklusok számának) és a rendszeres fenntartási munkának a hatását ez a rendszer nem veszi figyelembe. Az út leromlása szempontjából nem egészen mindegy tehát, hogy például adott nagyságú forgalmi terhelés három hónap alatt vagy pedig nyolc év alatt bonyolódik-e le rajta. Az előbbieket az a közismert megfigyelés is alátámasztja, hogy a forgalom nélküli — pl. ívkorrekció miatt felhagyott — útszakaszok is tönkremennek néhány évtized alatt.

b) Az út élettartamának *értelmezése* már nem teljesen egyértelmű, amióta a burkolaterősítés és az utólagos felületi érdesítés általánossá vált. Ebben a tekintetben alapvetően két megoldás kínálkozik. Egyik lehetőség, hogy a szokásos méretű útfenntartási munkát meghaladó minden tevékenység — így a pályaszerkezet erősítése vagy az elsíkosodott felületű kopóréteg csúszásviszonyainak javítása — szükségességének felmerülése az út élettartamának végét, illetve egy új időszak kezdetét jelenti. Korszerű szemlélet szerint azonban az említett közúti munkák egy út élettartamán belüli tevékenységek, amelyek arra hivatottak, hogy a teljes tönkremenetelt, az állapot időleges javítása révén, elodázzák. Az említett elképzelés alapján már valamely új út tervezésének időszakában célszerű a rendszeres fenntartási tevékenységen kívül, ezeket a „középszintű beavatkozásokat” is megtervezni. Az itt követendő stratégia meglehetősen sok tényezőtől függ [3].

c) Az élettartam *vége* tulajdonképpen az út leromlási folyamatának végső stádiuma. Ennek a folyamatnak a figyelemmel kísérése adhat lehetőséget a még várható élettartam előrebecsülésére [4, 5, 6]. Világszerte követett gyakor-

lat, hogy a pályaszerkezet teherbírását tekintik ebben a tekintetben mértékadó kritériumnak. A hazai pályaszerkezet-méretezési gyakorlatban is ennek a paraméternek van meghatározó jelentősége [7, 8].

Újabban azonban egyes aszfalttechnológiai paraméterek (pl. Hollandiában az ún. kúszási vizsgálat eredményei) is szolgálhatnak az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek tervezésekor alapul [9]. Az Amerikai Egyesült Államokból indult ki az a gyakorlat, hogy az utat használók szubjektív kielégítettségi szintjét tekintik mértékadónak az út leromlási folyamatának jellemzésekor [10].

d) Az út élettartamának végét nemcsak a tönkremenetel, a leromlás előrehaladott állapota válthatja ki, hanem a pályaszerkezeti réteg (illetve rétegek) *elkopása* is, bár ez a folyamat hazánkban csak ritkán válik mértékadóvá, miként azt már négy éve tartó kopásméréseink eredményei igazolják [11]. Elméletileg azonban a burkolatkopás jelentősége nem vitatható, hiszen a burkolatkopás esetében nemcsak arról van szó, hogy a szerkezet egy része fizikailag eltűnik és ily módon a teherbírás közvetlenül csökken, hanem a kopás a pályaszerkezetbe való vízbehatolás esélyét is megnöveli, és így közvetve gyorsítja a leromlás folyamatát. A burkolatkopás előrehaladtával két ok miatt is megnő a csapadékvíz szerkezetbe való behatolásának a lehetősége: egyrészt a kopóréteg vékonyodásával egyre kisebb lesz annak a kis hézagtartalmú pályaszerkezeti rétegnek a vastagsága, amely a vízbehatolással szemben „védőpáncél” szerepét tölti be, másrészt a keréknyomvályúk keletkezése miatt eső után a víz hosszabb ideig megáll a burkolaton, ezáltal megnő a beszivárgás veszélye.

e) A *tervezési és a gyakorlati útélettartam* általában jelentős mértékben eltér egymástól. A tervezés stádiumában átlagos építési technológiát, korlátozott mértékig ismert talajviszonyokat és előrebecsült forgalmi terhelést vesznek alapul. Az előbbieket alapján meghatározott élettartam értéke — a tényleges körülményeknek az előzetesen feltételezettől eltérő volta miatt — nagyon ritkán azonos a valóságos élettartammal. Nem ritka az az eset sem, hogy valamilyen különleges (gazdasági, honvédelmi stb.) indok alapján az út korszerűsítésére vagy a pályaszerkezet erősítésére még kevéssé leromlott állapotban sor kerül.

f) Az *élettartam-előrebecslés elméleti alapon* csak nagyon korlátozott pontossággal történhetik, még egyetlen út esetében is. Az élettartam előzetes meghatározására szolgáló általános érvényű módszer, amely minden méretezési eljárás előfeltétele, még kevésbé lehet pontos. Emellett az építési és a fenntartási technológia szakadatlan változása miatt néhány év alatt bármely pályaszerkezet-tervezési (élettartamot előrebecsülő) eljárás kiinduló adatainak helyessége kétséssé válhatik. Indokoltak éppen azért azok a törekvések, amelyek során az útszakaszok tényleges leromlási folyamatát kísérik figyelemmel, és ebből vonnak le gyakorlati hasznú következtetéseket. E cikk is, többek között, ilyen próbálkozásról számol be [12].

g) Az élettartam előrebecslését az a tény is nehezíti, hogy a már rossz állapotú utak *leromlásának sebessége* általában megnő, így a lineáris extrapoláció létjogosultsága vitatható.

h) Nyilvánvaló, hogy annak az útállapotszintnek a megválasztása, amelyet a forgalom számára már elviselhetetlennek tartunk, azaz az *élettartam végének a megállapítása*, többek között gazdasági kérdés is. Erősen korlátozott anyagi lehetőségek esetében természetesen csak igen leromlott állapotban kerülhet sor valamely út korszerűsítésére. (Közismert ugyanakkor, hogy a túlságosan késői beavatkozás milyen mértékű műszaki, gazdasági és társadalmi hátrányokkal jár.)

i) Az 1970-es évek eleje óta, főleg Nyugat-Európában, jellemző tönkremeneteli módnak számít az útburkolatok *maradó alakváltozása*. Ez keréknyomvályú vagy keresztirányú gyűrődések formáját öltheti [13].

Több országban (Hollandia, Nagybritannia, Finnország) a keréknyomvályú-mélység az üzemi élettartam önálló kritériuma.

3. Az élettartamot befolyásoló tényezők

Amint azt már az előzőekben is említettük, az utak (jelen vizsgálat szempontjából elsősorban az aszfaltburkolatú utak) élettartamát, leromlási folyamatának alakulását számos tényező befolyásolja. Teljes körű felsorolásuk helyett, röviden csak a legfontosabbakat vázoljuk.

a) A *tervezés időszakában* nemcsak a pályaszerkezet vastagsági méreteinek van az út élettartama szempontjából meghatározó jelentősége, hanem ebben a tekintetben a burkolat, a padkák szélessége, a víztelenítő rendszer kialakítása és az út geometriai jellemzői (pl. a hossz-szelvény és a helyszínrajz) is szerepet kapnak.

b) Az út *kivitelezésekor* kiemelkedően fontos a megfelelő minőségű munka annak érdekében, hogy az egyes pályaszerkezeti rétegek a tervezett mennyiségi és minőségi paraméterekkel készüljenek el. A felhasznált alapanyagok (ásványi és kötőanyagok) minőségén kívül, a keverőtelepen és a helyszínen végzett gondos munka előfeltétele annak, hogy az út élettartama kivitelezési okok miatt ne rövidüljön le. (Különösen a kopóréteg minőségi hibái — elégtelen kötőanyag-tartalma, túlzott hézagos volta, meg nem engedhető felületi egyenetlenségei stb. — gyorsíthatják meg az út leromlását.)

c) Az *útfenntartási* munkák színvonala szintén befolyással van a leromlás folyamatára. Így pl. a kezdődő burkolatrepedések kiöntésének vagy a padkákon és az árkokban levő növényzet idejében történő lekaszásának elmaradása a pályaszerkezet korai tönkremenetelét segítheti elő. Az út élettartama szempontjából — ha közvetve is — nagy szerepe van a megfelelő sűrűséggel és részletességgel végrehajtott állapotfelvételeknek, amelyek a szükséges jövő-

beni beavatkozások tervezését és a már elvégzett fenntartási tevékenység színvonalának elbírálását lehetővé teszik [14].

d) A *forgalmi terhelés* az egyik legfontosabb az út élettartamát befolyásoló tényezők közül. Elsősorban a nagy tengelysúlyú járművek számának van ebben a tekintetben meghatározó szerepe [15]. A forgalom élettartamot csökkentő hatása gyakran más tényezőkkel kombináltan jelentkezik. (Így pl. a nem elegendő burkolatszélesség következményeként a járműkerek az útfelületnek csak rendkívül szűk sávján járnak, és ezáltal megnő a pályaszerkezet „fajlagos terhelése.”)

Az úton közlekedő járműveknek a pályaszerkezetre gyakorolt káros hatása ugrásszerűen megnövekedhetik, ha a földmű teherbírása — pl. fagyveszélyes talajtípus esetében tavaszi olvadáskor — hirtelen lecsökken. Mechanikai szempontból az egyes járművek súlyából adódó függőleges nyomóerő és a haladáskor, de főleg fékezéskor, illetve gyorsításakor fellépő vízszintes irányú nyíróerő jelenti a pályaszerkezet igénybevételét.

Említést kell még tenni a forgalmi terhelés azon pozitív hatásáról is, hogy a rétegek utántömörítése révén ezek szilárdsági tulajdonságait — korlátozott mértékig — javítja.

e) Az *időjárási körülmények* is hatással vannak az út leromlási sebességére. Elsősorban a csapadék és a szélsőséges léghőmérséklet okozhat ebben a tekintetben problémákat. Az eső és a hólé ugyanis a túlságosan nagy hézagtartalmú burkolatba beszívároghat, sőt — vízelvezetési hiányosságok esetén — a földművet is elnedvesítheti. Nagy hidegben fennáll a burkolat kifagyásának veszélye, de ugyanígy állapotromlást idézhet elő a magas léghőmérséklet is, amikor — főleg a szükségesnél nagyobb bitumentartalom esetében — az aszfaltkopóréteg stabilitása olyan kis értékűvé válhatik, hogy az a forgalom hatására deformálódik. A hőmérséklet-változás ezenkívül az eltérő hőkitérjedésű együtthatójú pályaszerkezeti elemek (pl. aszfaltburkolat és cementbeton anyagú optikai vezetősáv) találkozásánál olyan hézagokat okozhat, amelyek a csapadékvíz behatolását lehetővé teszik és így módon az élettartamot hátrányosan befolyásolják. Egyes hóolvasztó sótipusok is kimutathatóan rövidítik az aszfaltburkolatok élettartamát.

f) Az *időnek* is szerepe van az aszfaltburkolatú utak leromlási folyamatának alakulásában. Az építéskor felhasznált bitumen az idők folyamán öregszik, keményedik. Ennek következtében az aszfaltrétegnek (elsősorban a levegővel közvetlenül érintkező kopórétegnek) egyre nagyobb lesz a rugalmassági modulusa, így repedésre is mind hajlamosabbá válik. Az egyes pályaszerkezeti rétegek kisebb-nagyobb mértékű utántömörödése, valamint a kötött talajú földmű konszolidációja is időben elhúzódnak játszódik le.

Végül megemlíjtük, hogy a *nem rendeltetésszerű használat* (pl. lánctalpas járműveknek az úton való közlekedtetése) is lehet gyors leromlás okozója.

4. Aszfaltburkolatú utak élettartamának előrebecslése

A KÖTUKI a KPM Közúti Főosztály megbízásából 1972 óta kutatja a hazai aszfaltburkolatú utak leromlási folyamatát. Ennek során a közúthálózathoz kijelölt 30–32 db, egyenként 500 fm hosszúságú útszakasz pillanatnyi állapotának évenként kétszeri jellemzésére kerül sor. Az eddigi eredményekről több cikkben, illetve kutatási jelentésben beszámoltunk már [5, 6, 11, 16].

A kijelölt útszakaszok állapotfelméréseinek egyik fontos része, amikor a helyszínen kiszállt mérnökcsoport az erre a célra összeállított táblázat kitöltésével, szubjektív alapon adott osztályzatok útján jellemzi az egyes útpálya-paraméterek pillanatnyi minőségi szintjét. Ugyanakkor az összállapotra is adnak 1 és 5 közötti, tizedes pontosságú minőségi osztályzatot. Megítélésünk szerint ezen osztályzat időbeli alakulásának számos útszakasznál való ismerete a következő okok miatt közelítő élettartam-előrebecslésre nyújt lehetőséget:

— a mérnökcsoport több éves gyakorlat alapján viszonylag „objektív” módon jellemzi az útállapotot;

— hat-hét év alatt kapott adatok mennyisége elegendő a megalapozott extrapolációhoz;

— a megfigyelt útszakaszok száma elegendő ahhoz, hogy az adatsoraikból általánosítható következtetéseket vonjunk le;

— több szakasz rendszeres megfigyelését azért kellett abbahagyni, mert leromlott állapota miatt pályaszerkezetét megerősítették; így ismeretes az is, hogy a jelenlegi hazai gyakorlatban megközelítőleg milyen minősítő osztályzattal jellemzett útállapot esetén kerül sor a szokásos fenntartási tevékenységet meghaladó beavatkozásra.

Az élettartam-előrebecsléshez olyan szakaszokon kapott adatokat használtunk fel, amelyeken a szubjektív állapotbecslésre folyamatosan legalább 3 éven keresztül (tehát legalább 6 alkalommal) sor került.

Az 1. táblázat ezeknek az 500 fm hosszúságú szakaszoknak a jegyzékét tünteti fel. Megjegyezzük, hogy azokon a szakaszokon, amelyeken a „rendszeres megfigyelés vége” oszlopban 1979. II. félév került, az állapotjellemezést az 1980. évben is folytatni kívánjuk.

Az útszakaszok leromlási folyamatának figyelemmel kísérése alapján végzett élettartam-előrebecsléshez a következő adattípusokat használtuk fel:

— az útszakasz pillanatnyi állapotára félévenként adott szubjektív minősítő osztályzatokat;

— az útszakasz építési (illetve utolsó korszerűsítési vagy megerősítési) időpontját;

— az útszakasz tényleges forgalmi adatait, illetve a következő években — az érvényes forgalomfejlődési viszonzyszámok segítségével számított — várható forgalmi terhelést;

— az útszakasz földművének teherbírását;

- az útszakasz pályaszerkezeti rétegeinek vastagsági adatait;
- azoknak a megerősítésre került útszakaszoknak az utolsó állapotminősítő osztályzatait, amelyeket előzőleg rendszeresen megfigyeltünk.

1. táblázat

Az élettartam-előrebecsléskor figyelembe vett, rendszeresen megfigyelt útszakaszok jegyzéke

Sorszám	Útszakasz helye	Építési (kor- szerűsítési) időpont	A rendszeres megfigyelés	
			kezdetre	vége
1. M-1 a. út	14+500—15+000	1970	1973. I. félév	1979. II. félév
2. M-1 a. út	48+750—49+250	1970	1973. I. félév	1979. II. félév
3. 1. út	126+500—127+000	1969	1972. II. félév	1976. II. félév
4. 2. út	77+800—78+300	1971	1972. II. félév	1979. II. félév
5. 3. út	23+000—23+500	1968	1973. I. félév	1976. I. félév
6. 3. út	95+360—95+860	1970	1973. II. félév	1979. II. félév
7. 4. út	23+025—23+525	1972	1973. I. félév	1978. II. félév
8. 4. út	23+525—24+025	1972	1972. II. félév	1979. II. félév
9. 4. út	50+650—51+150	1973	1973. I. félév	1979. II. félév
10. 4. út	54+650—55+150	1973	1973. I. félév	1979. II. félév
11. 4. út	113+900—114+400	1971	1973. I. félév	1979. II. félév
12. 4. út	321+800—322+300	1973	1973. I. félév	1978. II. félév
13. 4. út	334+300—334+800	1973	1973. I. félév	1978. II. félév
14. 5. út	28+000—28+500	1973	1973. II. félév	1976. I. félév
15. 5. út	50+500—51+000	1973	1974. I. félév	1979. II. félév
16. 5. út	53+000—53+500	1973	1974. I. félév	1979. II. félév
17. 6. út	67+000—67+500	1972	1973. I. félév	1979. II. félév
18. 70. út	90+000—90+500	1966	1973. I. félév	1979. II. félév
19. 70. út	95+000—95+500	1966	1973. I. félév	1979. II. félév
20. 7. út	116+000—116+500	1968	1972. II. félév	1977. II. félév
21. 8. út	30+500—31+000	1972	1972. II. félév	1979. II. félév
22. 8. út	31+000—31+500	1970	1972. II. félév	1979. II. félév
23. 8. út	59+000—59+500	1972	1973. I. félév	1979. II. félév
24. 15. út	13+000—13+500	1972	1973. I. félév	1979. II. félév
25. 31. út	73+500—74+000	1968	1972. II. félév	1977. I. félév
26. 44. út	127+120—127+620	1973	1973. II. félév	1979. II. félév
27. 44. út	141+750—142+250	1970	1973. I. félév	1979. II. félév
28. 85. út	32+500—33+000	1972	1973. I. félév	1979. II. félév
29. 85. út	36+150—36+650	1972	1973. I. félév	1979. II. félév
30. 87. út	2+800—3+300	1973	1975. I. félév	1979. II. félév
31. 87. út	7+400—7+900	1973	1975. I. félév	1979. II. félév
32. 2101. út	7+200—7+700	1973	1974. II. félév	1979. II. félév

Az elvégzett számítással célunk az volt, hogy a hazánkban követett pályaszerkezet-méretezési eljárás [7] alkalmazása alapján a megfigyelt útszakaszokat négy csoportba osztva, az éveken keresztül végzett megfigyelés során kapott adatok extrapolálása útján a várható élettartamhatárokat megállapítsuk.

A megfigyelt útszakaszok pályaszerkezeti adatai a fúrt magminta vizsgálati, illetve feltárás alapján ismereteseek, így összvastagságuk és ecm-ben kifejezett egyenérték-vastagságuk is meghatározható volt.

A földmű talajfajtájának függvényében a következő CBR-értékeket vettük fel:

— homoktalaj	12%,*
— közepesen kötött talaj	7%,
— vegyes talaj (az ország szárazabb vidékén)	6%,
— vegyes talaj (az ország nedvesebb vidékén)	5%.

Már a megfigyelt útszakaszok kiválasztásakor figyelemmel voltunk arra, hogy közelükben forgalomszámláló állomás legyen, így azok forgalmi terhelése építésük időpontjától kezdve ismeretes. Ezekre az évekre meghatároztuk az F_{10} forgalomnagyságot, azaz a különböző súlyú nehézgépjárműveknek 100 kN (10 Mp) tengelyterhelésre átszámított értékét [7]. Ezek az utak általában 8–12 évvel ezelőtt készültek; a 15 évesnek felvett tervezési élettartam további (1978. évet követő) időszakának várható forgalmi terhelését a jelenleg érvényes forgalomfejlődési viszonyszámok alapján becsültük előre [17].

Az egyes útszakaszok pályaszerkezetének szükséges egyenérték-vastagságát a 15 év alatt várható összegezett F_{10} forgalmi terhelés a földmű tervezési teherbírása (CBR értéke) alapján a HUMU-ban közölt méretezési diagram segítségével határoztuk meg [7]. Az így kapott szükséges egyenérték-vastagságot a pályaszerkezeti rétegek tényleges adataiból számított egyenérték-vastagsággal hasonlítottuk össze. Ennek az összehasonlításnak az eredménye alapján a rendszeresen megfigyelt útszakaszokat négy csoportra osztottuk, a következők szerint.

a) Túlméretezett útszakaszok

$$\frac{H_e \text{ tényl.}}{H_e \text{ szűks.}} > 1,5;$$

b) megfelelően méretezett útszakaszok

$$0,8 < \frac{H_e \text{ tényl.}}{H_e \text{ szűks.}} \leq 1,5;$$

c) aláméretezett útszakaszok

$$0,6 < \frac{H_e \text{ tényl.}}{H_e \text{ szűks.}} \leq 0,8;$$

d) erősen aláméretezett útszakaszok

$$0,6 \geq \frac{H_e \text{ tényl.}}{H_e \text{ szűks.}}.$$

* Megjegyezzük, hogy a közelmúlt országos teherbírásmérései ezt a CBR-értéket — amelyet a HUMU tartalmaz — túlzottan alacsony értékűnek mutatták.

Az elvégzett számítást példaként egyetlen útszakaszon, a 3. út 95 + 360 — 95 + 860 km szelvények közötti szakaszán mutatjuk be. A 2. táblázat a szakasznak az építéstől számított 15 éves időtartama alatt várható

2. táblázat

A 3. út 95+360—95+860 km szelvényei közötti szakaszának
15 éves időszakra vonatkozó F_{10} forgalma

Év	Autóbuszok	Nehéz tehergépkocsik	Pótkocsis nehéz tehergépkocsik	Nyerges vontatók, kamionok	F_{10}
1970	21 729	63 852	23 177	30 849	139 607
1971	16 343	63 344	15 743	22 386	117 816
1972	28 668	99 604	28 756	30 849	187 877
1973	48 115	128 982	31 304	53 235	261 643
1974	49 576	120 102	30 394	48 048	248 120
1975	65 462	140 526	28 392	31 668	266 048
1976	75 322	148 962	26 208	32 214	282 706
1977	82 416	157 677	29 757	40 404	310 254
1978—1984	653 559	1280 337	241 627	336 161	2 511 684
Az F_{10} értéke a 15 év alatt					4 325 755

Megjegyzések:

1. A táblázat első 8 sorában a 3. sz. út 81+480 km szelvényében felállított forgalomszám-láló állomás mérési adatai szerepelnek.

2. A második, a harmadik, a negyedik és az ötödik oszlopban a megjelölt típusból az útszakaszon egyirányban közlekedő járművek évi darabszámának és a HUMU-ban szereplő jármű-átszámítási szorzóknak a szorzatai szerepelnek.

3. Az 1978 és 1984 közötti forgalmi adatokat a jelenleg érvényes forgalomfejlődési viszony-számok alapulvételével számítottuk.

nehéz forgalmi terhelésének számítását szemlélteti. (Az F_{10} értékének meghatá-rozásakor az 1970 ÷ 1977. években az útszakaszokhoz közeli forgalomszám-láló állomás adataira támaszkodtunk, míg az 1978 ÷ 1984. években a jelen-leg érvényes forgalomfejlődési viszonyszámok segítségével becsültük előre a forgalmat.)

A 3. sz. út 95 + 360 — 95 + 860 km szelvényei között a pályaszerkezet tényleges egyenérték-vastagsága — a rétegvastagságoknak fűrt magminták alapján végzett méretezése alapján — a következő:

4,2 cm AB-12	× 2,2 ecm/cm = 9,24 ecm
4,9 cm K-20	× 2,2 ecm/cm = 10,78 ecm
5,9 cm JU-35	× 2,0 ecm/cm = 11,80 ecm
8,0 cm BAA	× 1,5 ecm/cm = 12,00 ecm
30,0 cm hom. kavics	× 0,5 ecm/cm = 15,00 ecm

Összesen: H_e tényl. = 58,82 ecm

A 15 éves tervezési időszakra az F_{10} értéke $4,3 \times 10^6$ egységtengely (2. táblázat).

A földmű anyaga sárga homokliszt, így a méretezésnél figyelembe vehető teherbírása: CBR = 7%.

A HUMU méretezési diagramjából, az előbbi adatok alapján, a szükséges pályaszerkezet-vastagság:

$$H_{e \text{ szűks.}} = 52,0 \text{ ecm.}$$

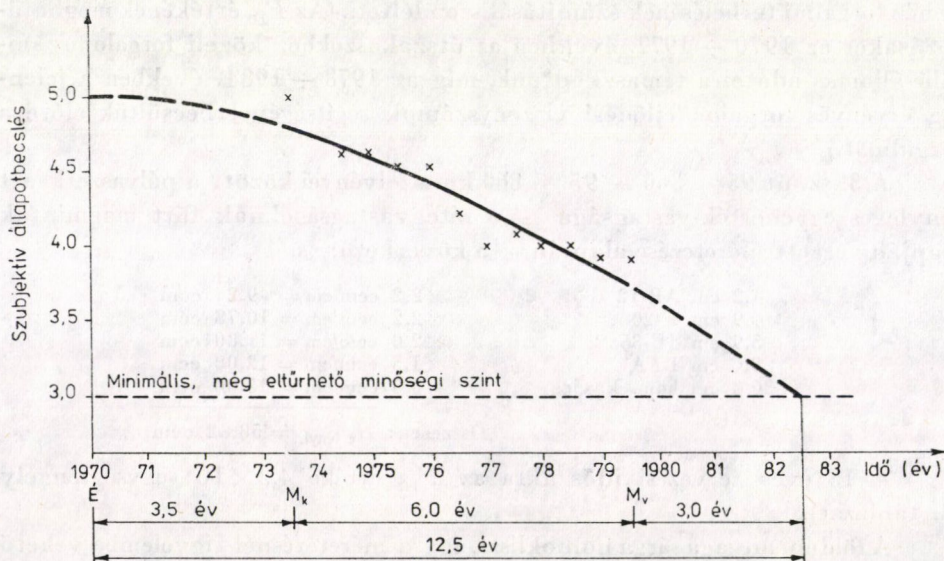
A pályaszerkezet méretezésének utólagos megítélése ezek után a két egyenérték-vastagság arányának kiszámítása alapján lehetséges:

$$\frac{H_{e \text{ tényl.}}}{H_{e \text{ szűks.}}} = \frac{58,82 \text{ ecm}}{52,00 \text{ ecm}} = 1,13.$$

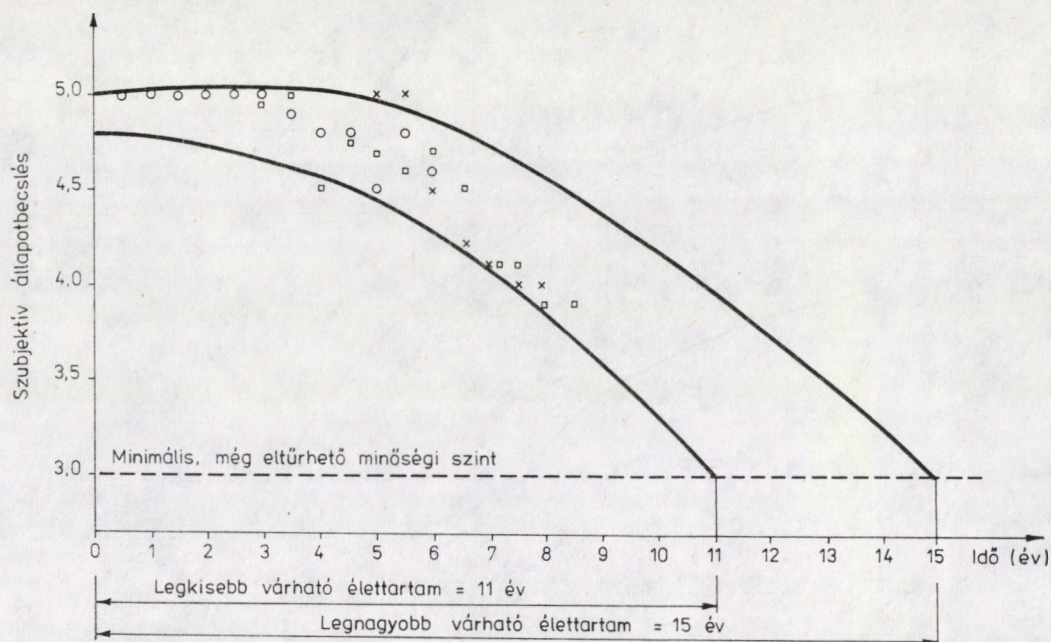
Tehát a 3. sz. út $95 + 360 - 95 + 860$ km szelvények közötti szakasza — az előbbieken közölt csoportosítás szerint — megfelelően méretezettnek tekinthető.

Az 1. ábra azt mutatja be, hogy a vizsgált útszakaszon a szubjektív állapotjellemzések során adott minősítő osztályzatok alapján a megfigyelés időszaka alatt hogyan alakult a leromlás folyamata. Ez utóbbi menetét követve, a még várható élettartam 3 évnek adódik. Így előreláthatólag az 1970. évi építést 12,5 évvel követően válik szükségessé az útszakasz pályaszerkezetének az erősítése. (A minimális elfogadható szintet 3,0 minősítő osztályzatnak annak alapján választottuk, hogy három megfigyelt szakaszunknak a megerősítését közvetlenül megelőző értékelő osztályzata megközelítőleg ezen a szinten volt.)

Fő célunk azonban nem az egyes szakaszok élettartamának előrebecslése, hanem a pályaszerkezet tényleges teherbírása és forgalmi terhelés aránya alapján kiválasztott útszakaszcsoporthoz leromlási folyamatának együttes figyelembevételével általánosabb érvényű élettartamhatárok megállapítása volt.

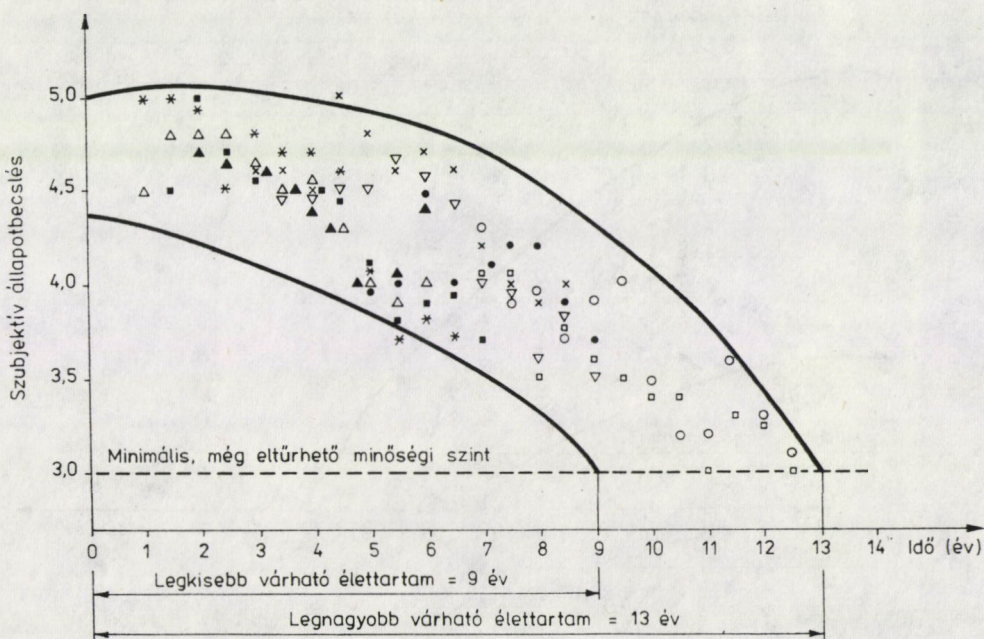


1. ábra

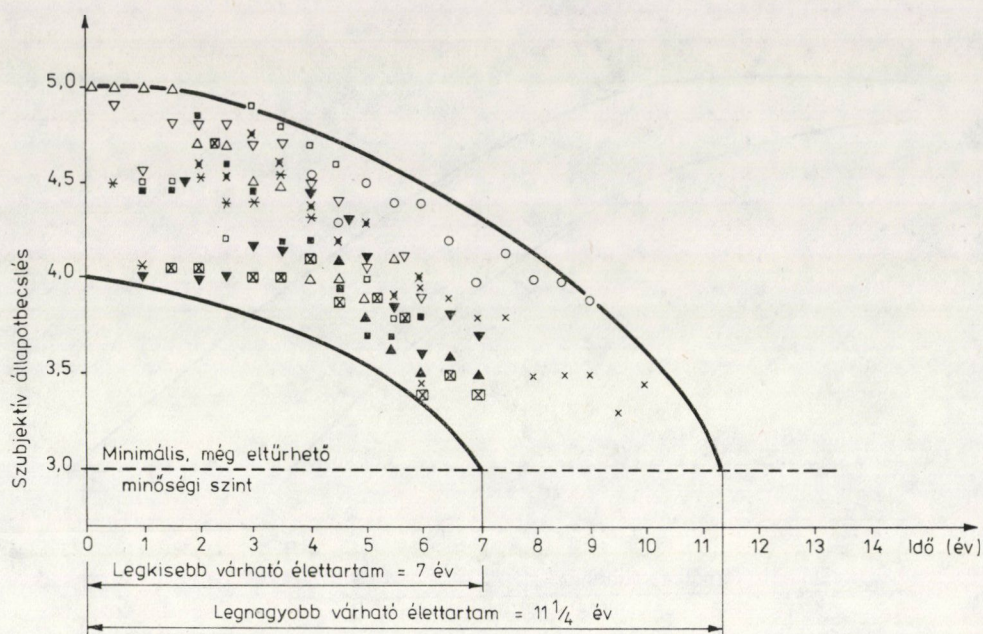


2. ábra.

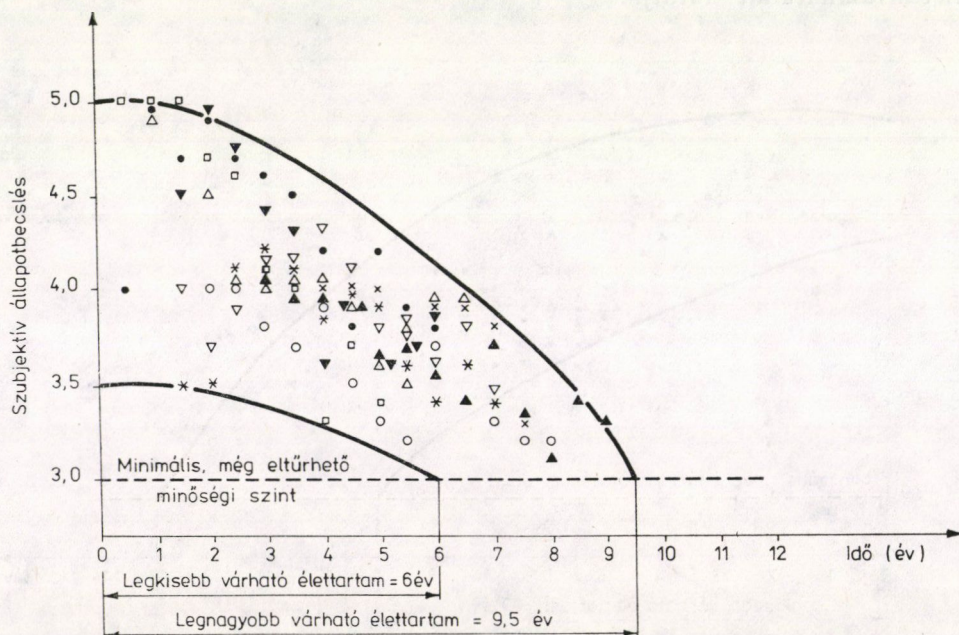
A 2. ábra a túlméretezett, a 3. ábra a megfelelően méretezett, a 4. ábra az aláméretezett és az 5. ábra az erősen aláméretezett útszakaszok várható élettartamhatárait mutatja.



3. ábra.



4. ábra



5. ábra

a) A megfigyelt útszakaszokat a négy kategória valamelyikébe az előbbieken bemutatott példához hasonló módon elvégzett számítás eredménye alapján soroltuk.

b) Az ábrák vízszintes tengelyén az útszakasz építésétől, illetve az utolsó burkolaterősítéstől számított időt tüntettük fel években. (Az esetek többségében a már egy-két éves burkolaton kezdtük meg a rendszeres állapotjellemzést, így az első szubjektív minősítő osztályzat is ezen időpont függőlegesébe került.)

c) A „minimális, még eltűrhető szint”-et, az előbbieken már említettek szerint — a három db, éveken keresztül megfigyelt útszakasz megerősítését megelőző utolsó állapotbecslés alapján — 3,0-nak választottuk.

d) Egy-egy útszakasz állapotjellemzésének idősorát az ábrákon ugyanazzal a szimbólummal (pl. $\square$ vagy $\triangle$) jelöltük, de nem tartottuk szükségesnek annak feltüntetését, hogy az egyes útszakaszoknál milyen jelzést használtunk.

e) A szubjektív állapotjellemző osztályzatok feltüntetett pontthalmazainak két burkológörbéje metszette ki a 3,0-as szintet jelző vízszintes vonalból azt a két pontot, amelyeknek az abszcisszára való levetítésével kaptuk az egyes útszakasz típusok várható élettartamhatárait.

f) Megállapítható, hogy a tényleges és a szükséges pályaszerkezet egyenérték-vastagság arányával szoros összefüggésben van az útszakasz várható élettartama. Ennek határai ugyanis — az ábrákból láthatóan — a következő értékeknek adódtak:

túlméretezett útszakaszokon	11—15 év,
megfelelően méretezett útszakaszokon	9—13 év,
aláméretezett útszakaszokon	7—11,25 év,
erősen aláméretezett útszakaszokon	6—9,5 év.

g) Az előzetes várakozásnál rövidebbnek adódó élettartam-értékek egyik magyarázataként szolgálhat, hogy a vizsgálat alapjául szolgáló, átlagosan $9 \div 12$ évvel ezelőtt tervezett, illetve méretezett utak várható forgalmát számos esetben alábecsülhették.

A vizsgálat eredménye azonban semmiképpen sem értelmezhető úgy, hogy az akár az érvényes méretezési utasítást, akár pedig a megfigyelt útszakaszok pályaszerkezetét tervezők munkáját bírálja.

5. A burkolatkopás és mérése

Az utak pályaszerkezetének legfelső rétege a forgalom és időjárás hatására kisebb-nagyobb mértékben kopik. A kopás jelensége a leromlás egyik kísérője. Mérése és vizsgálata elsősorban a következő okok miatt jelentős:

— a burkolatkopással a pályaszerkezet teherbírása csökken, így az élettartam megrövidül;

- a burkolatfelület makro- és mikroérdességét is befolyásolja a kopás;
- a pályaszerkezet utántömörödése, deformációja szoros összefüggésben van a burkolatkopással; ezek együttesen okozzák a forgalmilag hátrányos keréknyomvályú képződését;

- a burkolatkopás, a járművek abroncsának kopása és ezeknek a haldás közben keltett zajhatása (ún. gördülőzaj) is összefüggének egymással.

Hazánkban kiterjedt burkolatkopás-mérés 1974 óta folyik, mióta a KÖTUKI-nak és a BME Útépitési Tanszékének munkatársai mintegy 30 útszakaszon egy-egy keresztszelvényben (az út felezővonalánál és a két „keréknyomban”) a burkolatba olyan mérőcsapokat helyeztek el, amelyek a burkolatszint időbeli változásának nyomonkövetéséhez állandó alapszintet biztosítanak. A kidolgozott mérési eljárásról már korábban beszámoltunk [5].

6. A burkolatkopást befolyásoló tényezők

A több éven keresztül mért burkolatkopások értékei és az ugyanezekről a szakaszokról ugyanarra az időszakra vonatkozó egyéb tájékoztatók (forgalomnagyság, aszfalttechnológiai jellemzők, a kopóréteg ásványi anyagának kőzettani paraméterei, a burkolatfelület makroérdessége, az időjárás jellemzői stb.) módot nyújtottak a burkolatkopást befolyásoló tényezők vizsgálatára.

A harminckét szakaszon $4 \div 6$ éve folyó kopásmérések eredményei alapján megállapítottuk, hogy az út felezővonalánál a fajlagos kopásértékek a 0 mm/év és a 0,68 mm/év szélső értékek között ingadoztak. A belső keréknyomban (a járművek kerekei által legjobban igénybe vett sávban) 0,30 mm/év és 2,65 mm/év, a külső keréknyomban pedig 0,19 mm/év és 2,12 mm/év volt a két szélső érték. Egyes, az út felezővonalánál elhelyezett mérőcsapoknál mért viszonylag nagy (0,5 mm/év körüli) kopás magyarázatát vagy az elégtelen burkolatszélesség miatt egyik kerekükkel az út közepén közlekedő járműveknek, esetleg az előzési manőver miatt a felezővonalon áthaladó járműveknek a hatásában, vagy pedig abban lehet megtalálni, hogy a túlságosan nagy hézagtartalmú burkolatban az időjárás okozott károsodásokat.

Először az egyes útszakaszok forgalmi terhelése és a keréknyomokban mért burkolatkopásértékek közötti összefüggést vizsgáltuk. Amikor a forgalomnagyságot az ÁNF átlagos napi forgalommal jellemeztük, ez nem volt kimutatható összefüggésben a fajlagos burkolatkopás értékével. Az útszakasz nagy tengelysúlyú forgalmi terhelését jellemző F_{10} érték már jobb korrelációt mutatott a burkolatkopással — annak bizonyítékeként, hogy elsősorban a nehéz forgalom (kamionok, nyerges vontatók, nehéz tehergépkocsik, pótkocsis tehergépkocsik, autóbuszok) koptató hatása jelentős.

Közismert tény, hogy a kopóréteg aszfalttechnológiai jellemzői is befolyásolják a burkolat kopásának értékét. A megfigyelt útszakaszon kifúrt magminták egyes aszfaltrétegeinek anyagát teljes laboratóriumi vizsgálatnak

vetettük alá. A kapott technológiai paraméterek közül a következő kettőnek vizsgáltuk a kopásértékkal való összefüggését: a kopóréteg szabad hézagtartalma (*tf* %-ban) és a kopóréteg „relatív bitumentartalma”.

Ez utóbbi a szükséges kötőanyag-tartalomtól való eltérés előjeles értéke, amelyet %-ban fejezünk ki. Egyéb, erre a célra alkalmas kiindulási adat hiányában a keverék ásványi anyagának szemeloszlásából, az egyes szemcsefrakciók fajlagos felülete alapján vettük fel a szükséges bitumentartalom szintjét [18].

Mindkét paraméter — amint ez az összetartozó értékpárok grafikus ábrázolásából kitűnt — a fajlagos kopásértékekkel külön-külön laza összefüggést mutatott. Látható volt azonban az a tendencia, hogy a kopóréteg nagymértékű bitumenhiánya, illetve jelentős szabad hézagtartalma általában az átlagosnál nagyobb fajlagos burkolatkopással jár együtt.

Következő lépésként azt vizsgáltuk, hogy a fajlagos burkolatkopás, valamint a nagy tengelysúlyú forgalom mértéke és az aszfalttechnológiai jellemzők együttes hatása között milyen az összefüggés. Feltételeztük ugyanis, hogy amennyiben ezt az általunk legfontosabbnak tartott két paramétert együtt szerepeltetjük, a többi — figyelembe nem vett — burkolatkopásra ható tényező (az ásványi anyag szemcséinek alakja, a szemcsék kopási ellenállása, az időjárási viszonyok, a felületre szórt olvasztósó mennyisége stb.) befolyása már kisebb lesz.

Ennek a vizsgálatnak az érdekében két olyan mérőszámot dolgoztunk ki, amely mind a két említett paraméter hatását figyelembe veszi. Az egyik mérőszám

$$F_{10} \left(1 - \frac{B_r}{2} \right),$$

ahol:

F_{10} az útszakaszon a burkolatkopás mérésének időszaka alatt átlagosan évente közlekedő nagy tengelysúlyú forgalom mérőszámát jelenti;

B_r a kopóréteg anyagának relatív bitumentartalma (a tényleges kötőanyag-mennyiségnek az ásványi anyag fajlagos felülete alapján számított bitumenigénytől való előjeles eltérése),

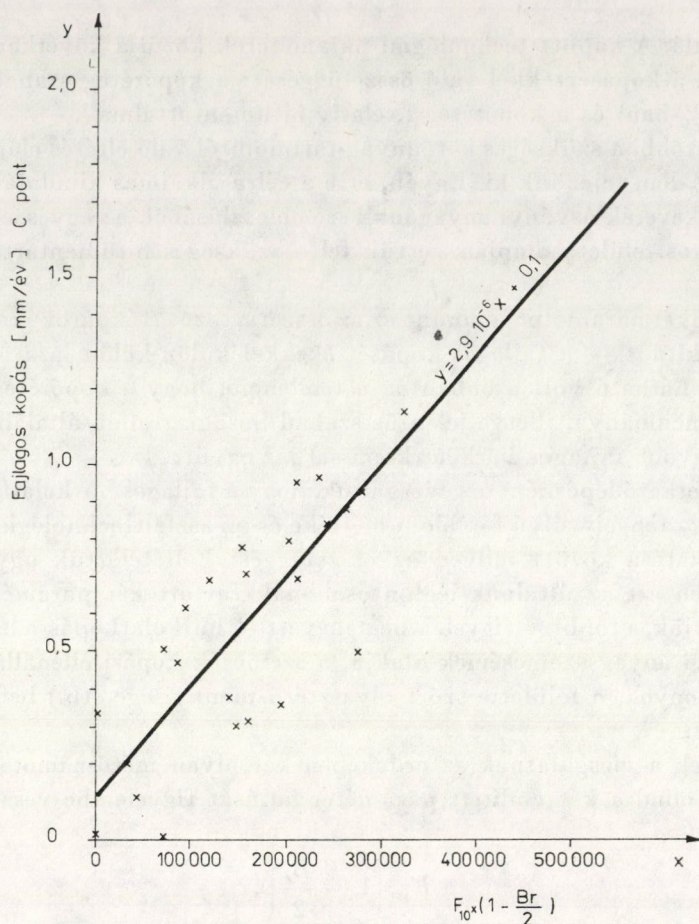
a másik pedig

$$F_{10} \left(1 + \frac{h-2}{3} \right),$$

ahol:

h a kopóréteg szabad hézagtartalma, *tf* %-ban.

A két paraméter értékét olyannak választottuk, hogy az átlagosnak, illetve kívánatosnak tartott aszfalttechnológiai paraméterek esetében a forgalmi terhelés szorzószáma 1,0-val egyezzen meg. A csökkenő bitumentartalom, illetve a növekvő szabad hézagtartalom a mérőszám értékét növeli.



6. ábra

A 6. ábrán a külső keréknyomban (C jelű mérési pontokban) kapott fajlagos kopásértékek és a szóban forgó útszakaszra vonatkozó nehéz forgalmi terhelés (F_{10}), illetve a relatív kopóréteg-bitumentartalmak alapulvételével számított

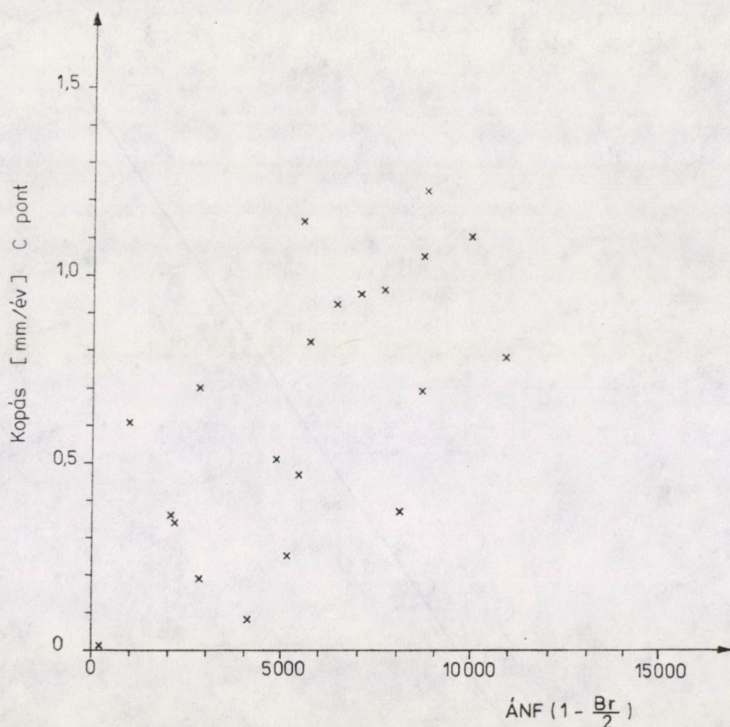
$$F_{10} \left(1 - \frac{B_r}{2} \right)$$

paraméter összetartozó értékeinek pontthalmazát tüntettük fel. A regressziós egyenes egyenlete:

$$y = 2,9 \cdot 10^{-6} x + 0,1,$$

ahol:

y a fajlagos burkolatkopás a külső keréknyomban, mm/év;



7. ábra

x pedig az

$$F_{10} \left(1 - \frac{B_r}{2} \right)$$

mérőszám.

A 7. ábra a külső keréknyom fajlagos kopásértékeinek és az

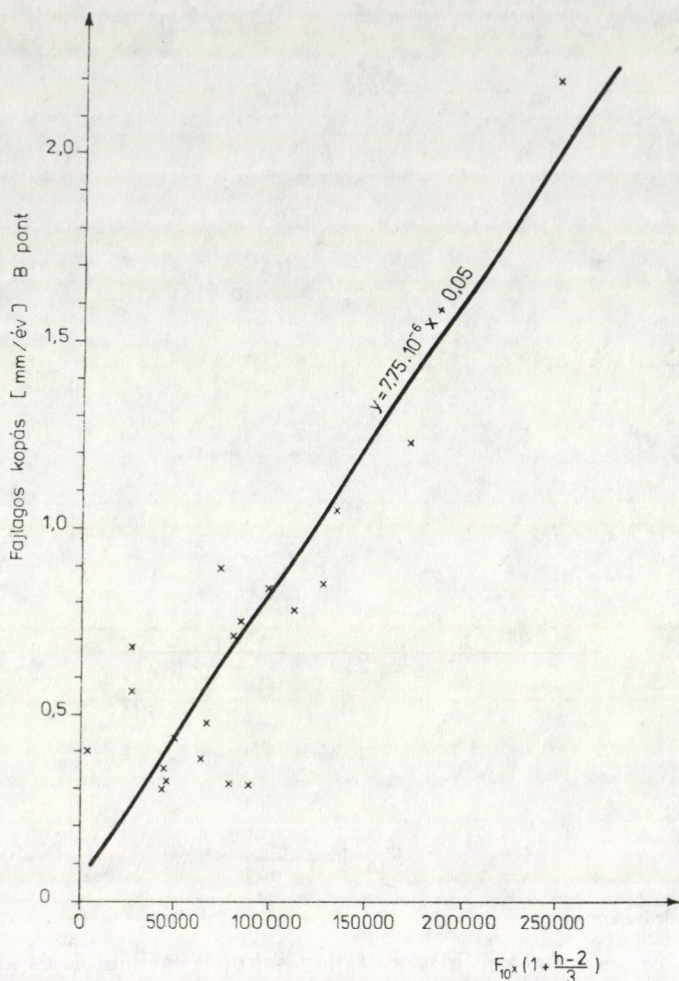
$$\text{ÁNF} \left(1 - \frac{B_r}{2} \right)$$

paramétereknek az összefüggését mutatja be. Az előbbi ábrához képest jóval nagyobb szórást mutató ponthalmaz azt bizonyítja, hogy a nagy tengelysúlyú forgalom (F_{10}) a burkolatkopásra nagyobb hatást gyakorol, mint az összes járművet figyelembe vevő átlagos napi forgalom nagysága.

A 8. ábra a belső keréknyomban (B jelű mérési pontokban) kapott fajlagos kopásértékek és az útszakaszra vonatkozó nehéz forgalmi terhelés (F_{10}), illetve a kopóréteg szabad hézagtartalmának alapulvételével számított

$$F_{10} \left(1 + \frac{h-2}{3} \right)$$

paraméter összetartozó értékeinek ponthalmazát szemlélteti.



8. ábra

A regressziós egyenes egyenlete;

$$y = 7,75 \cdot 10^{-6} x + 0,05,$$

ahol:

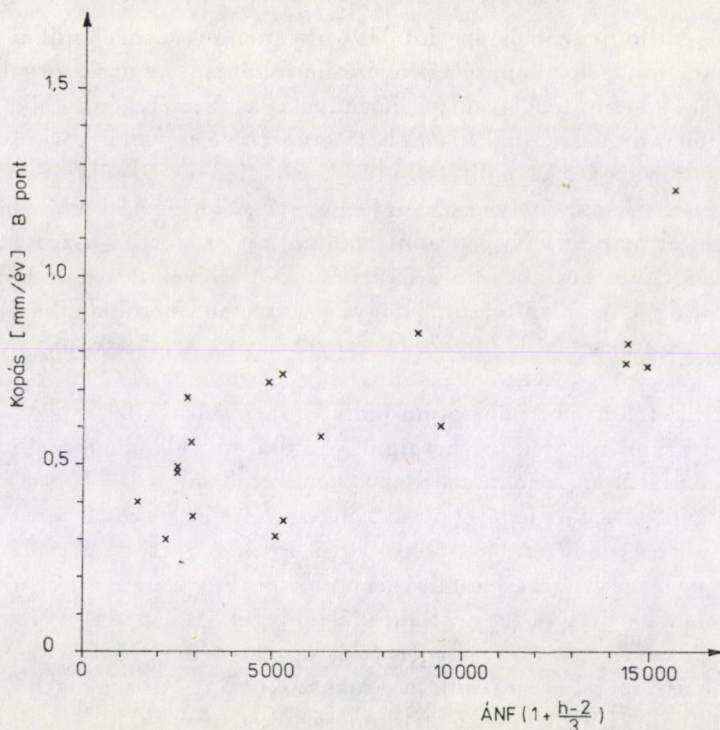
y a fajlagos burkolatkopás a belső keréknyomban, mm/év;

x pedig az

$$F_{10} \left(1 + \frac{h-2}{3}\right)$$

mérőszám.

Mind a 6., mind pedig a 8. ábrán látható, hogy a regressziós egyenes nem az origón megy keresztül, hanem az y -tengelyt kis pozitív értéknél metszi.



9. ábra

Ez a tény is igazolja a burkolatkopásra ható, itt figyelembe nem vett tényezők szerepét.

A 9. ábra a 8. ábrától csak annyiban különbözik, hogy az F_{10} -et az ÁNF-fel helyettesítettük. Ezen az ábrán (ábrapáron) is — akárcsak a 6. és 7. ábra esetében — kimutatható a nehéz forgalom jelentős hatása a pályaszerkezet vékonyodására.

Az előzőekben röviden összefoglalt vizsgálatok legfontosabb tanulsága az, hogy kötőanyagsgzegény, illetve a szükségesnél nagyobb szabad hézagtartalmú kopórétegek építése esetében nemcsak — amint ez közismert — a korai szétfagyás veszélyével kell számolnunk, hanem az átlagosnál nagyobb mértékű kopással is.

Az időjárásnak a burkolatkopásra gyakorolt hatása is jelentős. Ennek vizsgálatára az egyes útszakaszokon mért kopásértékeket abból a szempontból is feldolgoztuk, hogy — a „keréknyomokban” elhelyezett mérőcsapoknál — milyen volt a téli és a nyári félévben tapasztalható kopásértékek aránya. A termoplasztikus kötőanyagokkal készült kopórétegek kopásellenállása alacsony hőmérsékleten megnő; a réteg rugalmassági modulusa nagyobb lesz, elsősorban a bitumenes habarcs szilárdabbá válása miatt.

Egyes külföldi szerzők szerint [19] ugyanennek a mechanikai ellenállás-növekedésnek nincsen a kopásértékre érezhető hatása. Az utak forgalma — bár elsősorban a kisebb tengelysúlyú járművek, a személygépkocsik száma — általában télen az átlagosnál kisebb. Az olvasztósó ugyanakkor növeli a burkolatkopás nagyságát. Az említett hatások eredőjének vizsgálatára 31 útszakaszon, összesen 61 mérőhelyen az egy-egy évi megfigyelési idő alatt kapott kopásértékeket az emített szempont alapján két csoportba osztottuk szét.

Minden egyes útszakaszon a nyári és a téli félévekben mért kopásértékeket átlagoltuk. Megállapítottuk, hogy ugyanazon mérőhelyeknél a „nyári kopás” értéke az esetek 83,6%-ában nagyobb volt a „téli kopás”-nál; 4,9%-ban a két érték megközelítőleg azonos volt, és mindössze 11,5%-ban (7 esetben) mértünk télen nagyobb kopásokat. Ez utóbbiak közül négy esetben ez a jelenség nagyon nagy hézagtartalmú burkolaton volt megfigyelhető, ahol a kopás kialakulásában a habarcs, illetve ennek téli megszilárdulása viszonylag kisebb szerepet játszik. Megjegyezzük, hogy a téli félév a rendszeres útszakasz-megfigyelések esetében általában októbertől áprilisig tartott; így már a tavaszi forgalom egy része is éreztette hatását a burkolatkopásban.

Ennek elkerülésére (egy átlagosnál hidegebb tél után) 1978 februárjában — a tavaszra tervezett megfigyeléssorozatot megelőzően — rendkívüli burkolatkopás-mérést végeztünk a szakaszokon. A 31 szakaszból 24-en elhanyagolhatóan kis (0,1 mm alatti) kopásértéket mértünk, a további 7 szakaszon is csak 0,2—0,4 mm volt az 1977 októbere óta tapasztalt burkolatkopás. Azonban ez a kimondottan „téli kopás” egyetlen útszakaszon sem érte el az elmúlt fél év „nyári kopás” értékét.

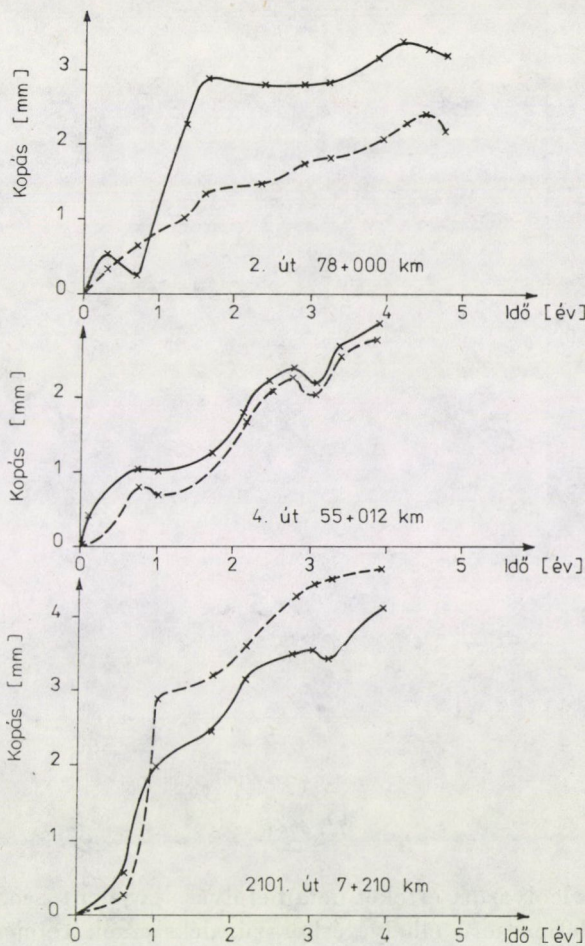
7. A burkolatkopás időbeli lefolyása

Az egyes mérőcsapoknál mért burkolatkopás *időbeli lefolyását* vizsgálva a következő megállapítások tehetők:

a) A szakaszok egy részén a megfigyelés időszakában eléggé egyenletes a kopás sebessége. (Ez az eset általában akkor fordul elő, amikor már több éve forgalom alatt levő útszakaszon kezdtük el a kopásmérést.)

b) Jellegzetesnek tekinthető az az eset is, amikor a kezdeti nagyobb kopás után lelassult a kopóréteg vékonyodásának üteme. (Feltételezhető, hogy az észlelt jelenség magyarázata a burkolatfelületről kiálló zúzalékszemcsék éleinek fokozatos lecsiszolódása, amely egyre növekvő kopási felületet okoz.)

c) Elvértve előfordult, hogy egy-egy fél év alatt burkolatkopás helyett „vastagodást” regisztráltunk. Ennek oka a nagy kötőanyag-tartalmú burkolatokon a kopóréteg deformációja, felgyűrődése lehet; egyéb esetekben pedig az a tény, hogy a szóban forgó időszakban egyáltalán nem volt burkolatkopás, és az alkalmazott mérési módszer jellegéből adódóan a műszerállásokat ilyen



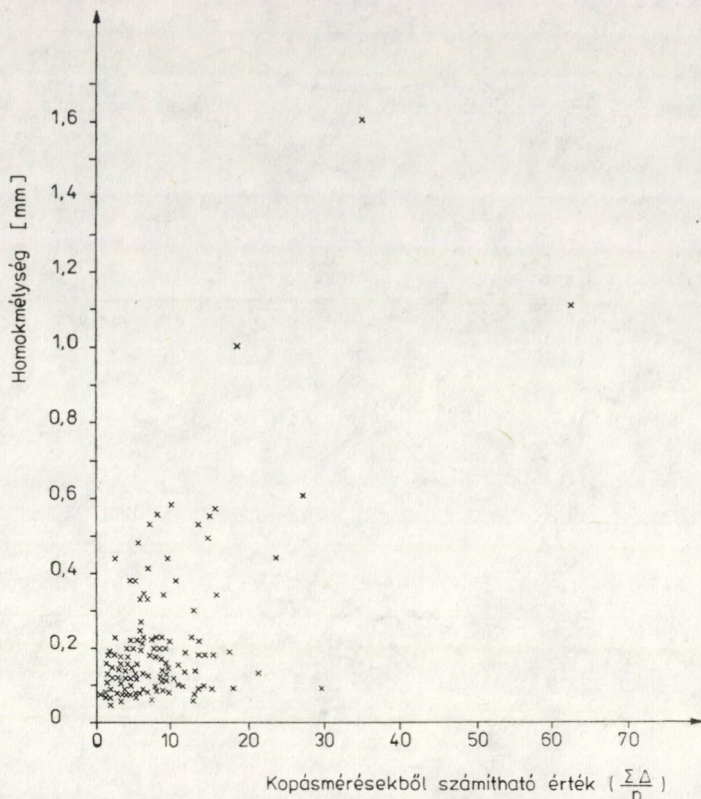
10. ábra

esetekben véletlenszerűen úgy választottuk, hogy a lábak általában zúzalék-szemekre kerültek, nem pedig a közöttük levő völgyekbe.

A 10. ábra példaként néhány jellegzetes kopási folyamatot mutat be.

8. A kopásmérés és a felületi makroérdesség

A kidolgozott kopásmérési eljárás alkalmazásakor kapott eredményeket összefüggésbe hoztuk a burkolatfelület makroérdességét jellemző homokmélység értékkel. A korrelációkeresés elvi alapja annak a felismerése volt, hogy amikor a kopásmérő műszerrel a mérőcsap fölött hat állásban leolvasásokat végzünk, a burkolatfelület érdességi viszonyai befolyásolják, hogy a század mm pontosságú, a műszer mintegy 60°-os elforgatásával kapott leolvasások milyen mértékben térnek el egymástól. Kis makroérdességű burkolat felületén



11. ábra

az indikátorórán leolvasott értéket nem befolyásolja jelentősen, hogy a három műszerláb a véletlenszerű elhelyezéskor zúzalékszemek tetejére kerül, vagy pedig a közöttük levő völgyekbe. Erősen érdes felületű burkolatokon ennek az elhelyezésnek már sokkal nagyobb hatása van a leolvasásra. Az összefüggés pontosabb vizsgálatára kiszámítottuk minden egyes kopásmérés hat indikátoróra leolvasásának átlagát, majd az egyes leolvasásoknak ettől való átlagos eltérését ($\overline{\Delta y}$).

A 11. ábrán ezeknek a $\overline{\Delta y}$ értékeknek és az akkor meghatározott homokmélységnek az összefüggését mutatjuk be a belső keréknyomban elhelyezett mérőcsapok esetében. Bár a rendszeresen megfigyelt szakaszok burkolatfelületének makroérdessége általában mind nagyon kis érték (0,08–0,20 mm) és a nagy számú, egymáshoz közeli pont nehezíti az összefüggés reális értékelését, az ábra alapján megállapítható, hogy a bemutatott kopásmérési módszer — mintegy „melléktermékként” — megközelítően a burkolatfelület makroérdességét is jellemzi.

Végül megjegyezzük, hogy a még egyértelműbb kapcsolat kimutatását az a tény is akadályozta, hogy a kopásmérés és a makroérdesség jellemzése

— természetszerűleg — a burkolatfelületnek nem pontosan ugyanazon a helyén történt, és a homokmélység egymáshoz közeli pontokban is jelentősen eltérő eredményt adhat.

IRODALOM

1. Ifj. GÁSPÁR László: Az útügy komplex szemlélete. *Mélyéptéstudományi Szemle* (1974), 10
2. Ifj. GÁSPÁR László: Az aszfaltburkolatú utak élettartamának vizsgálata. *Közlekedéstudományi Szemle* (1978) 6
3. CSORDÁS Csaba—Ifj. GÁSPÁR László: A burkolatmegerősítések szervezésének megoldási elvei. *Mélyéptéstudományi Szemle* (1975) 2
4. Ifj. GÁSPÁR László: Aszfaltburkolatú utak állapotfelvétele (Helyzetkép). *Műszaki Tudomány* 58, 1981
5. Ifj. GÁSPÁR László—TAKÁCH Gyula: Hazai utak rendszeres megfigyelésének néhány kérdése. *Mélyéptéstudományi Szemle* (1975) 11
6. GÁSPÁR, L., Jn.—TAKÁCH, Gy.: Langzeitbeobachtung von Fahrbahndecken ausgewählter Straßenabschnitte in der Ungarischen Volksrepublik. *Die Strasse* (1976) 6
7. Hajlékony útpályaszerkezetek méretezési utasítása. Közüti Főosztály, Budapest 1971
8. NEMESDY, E.—KELETI, I.—BOROMISZA, T.—GÁSPÁR, L. Jn.: Trends in the Development of Flexible Pavement Design in Hungary. *Proceedings of Fourth International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*. Ann Arbor (USA) 1977
9. The Shell Pavement Design Manual. London 1978
10. CAREY, W. N.—IRICK, P. E.: The Pavement Serviceability-Performance Concept. *Highway Research Board Bulletin* 250 (1960)
11. Ifj. GÁSPÁR László—TAKÁCH Gyula—TÖRÖK Kálmán: Beszámoló az útmegfigyelés kezdeti eredményeiről. *Mélyéptéstudományi Szemle* (1978) 3
12. Ifj. GÁSPÁR László: Aszfaltburkolatú utak állapotjellemezése és élettartama. Kandidátusi értekezés. 1978.
13. Aszfalt útpályaszerkezetek plasztikus deformációinak keletkezése és megakadályozásuk technológiai lehetőségei. *KTMF* (1979) (Témafelelős: SZIRÁKI László)
14. Ifj. GÁSPÁR László: Az útállapotfelvétel, különös tekintettel az utak üzemeltetésére és fenntartására. *Közlekedéstudományi Szemle* (1975) 11
15. The AASHO Road Test. *Highway Research Board Special Report* 61. C. (1962)
16. Aszfaltburkolatok állapotfelvétele és élettartama. KÖTUKI 83—10. számú téma zárójelentése 1978. (Témafelelős: Ifj. GÁSPÁR László)
17. Várható közúti forgalomfejlődési viszonyszámok meghatározása. KÖTUKI 34-06. számú téma zárójelentése 1976. (Témafelelős: TAKÁCS Ferenc)
18. Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat VI. kötet 3. munkanem 1971
19. SOLTAU, G.: Verschleißverhalten von Gesteinsplitten in bituminösen Fahrbahndecken. *Strassen und Tiefbau* (1977) 4

Destruction and Service Life of Roads of Bituminous Pavement. — On the basis of the time series of several years' subjective evaluation of the state of road sections selected in the road network, their service life has been estimated. In pre-estimating the service life, the road sections were classified into groups according to the ratio of the effective thickness of the pavement and that required by the traffic load. The question of wear of the pavements is also discussed. On the basis of the measurements carried out over a period of seven years, the rate of thinning down of the pavement structure has been related to several factors. The results of these works serve for better designing of road pavement structures both from engineering and economical viewpoints.

Verderden und Lebensdauer mit Asphaltbelag bedeckter Straßen. — Aufgrund einer Zeitreihe von mehrjährigen subjektiven Zustandsabschätzungen wurde die zu erwartende Lebensdauer der aus dem Straßennetz ausgewählten Strecken abgeschätzt. Bei der Schätzung der Lebensdauer wurden die Straßenstrecken nach dem Verhältnis der effektiven Dicke der Fahrbahnstruktur zur durch den auf diesen Strecken durchfahrenden Verkehr erfordernten Dicke in Gruppen eingeteilt. Das Problem des Belagverschleißes wurde auch behandelt. Aufgrund der Ergebnisse der sechsjährigen Messungsreihe, die Geschwindigkeit der Verdünnung der Belagstärke wurde mit mehreren Faktoren in Zusammenhang gebracht. Die Untersuchungsergebnisse der Studie bringen Hilfe einer von technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten besseren Planung.