



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Felújítás-technológiai szakvélemény a

Ferihegyi repülőtérre vezető út Határ út – Ferihegy 1. terminál

és a

Gyömrői út Hangár u. – Ferihegy 1. terminál

közötti szakaszára

Megrendelő:

Budapesti Közlekedési Központ Zrt.

Megbízó:

LONBERG Építőipari és Szolgáltató Kft.

Készítette:

BME Út és Vasútépítési Tanszék

Dr. Tóth Csaba

Dr. Igazvölgyi Zsuzsanna

Soós Zoltán

Budapest, 2017. augusztus

1 Tartalom

1.1 Tartalomjegyzék

1	Tartalom.....	3
1.1	Tartalomjegyzék.....	3
1.2	Ábrajegyzék	8
1.3	Táblázatjegyzék.....	10
2	Előzmények, a tervezés tárgya.....	13
2.1	Bevezetés	13
2.2	Tervezői adatszolgáltatás.....	14
3	Az érintett útszakasz vizuális állapotértékelése	17
3.1	Vizuális állapotfelvétel – Ferihegyi repülőtérre vezető út.....	17
3.1.1	1. szakasz: 7+519,28-8+066,88 (Határ út, felüljáró)	17
3.1.2	2. szakasz: 8+066,88-8+572,66 (folyópálya)	18
3.1.3	3. szakasz: 8+572,66-8+634,30 (M3 híd).....	18
3.1.4	4. szakasz: 8+634,30-9+917,05 (folyópálya)	19
3.1.5	5. szakasz: 9+197,05-9+233,95 (Lehel u. híd)	20
3.1.6	6. szakasz: 9+233,95-10+310,38 (folyópálya).....	21
3.1.7	7. szakasz: 10+310,38-10+653,36 (Műtárgy).....	22
3.1.8	8. szakasz: 10+653,36-10+898,62 (folyópálya).....	23
3.1.9	9. szakasz: 10+898,62-10+982,64 (műtárgy)	24

3.1.10	10. szakasz: 10+982,64 – 11+160,00 (folyópálya)	24
3.1.11	11. szakasz: 11+160,00-11+696,49 (folyópálya).....	25
3.1.12	12. szakasz: 11+696,49-12+191,32 (Felsőcsatári u. aluljáró)	26
3.1.13	13. szakasz: 12+191,32-13+184,25 (folyópálya),.....	27
3.1.14	14. szakasz: 13+184,25-13+720,15 (Csévész utcai felüljáró).....	28
3.1.15	15. szakasz: 13+720,15-14+764,68 (folyópálya).....	29
3.1.16	16. szakasz: 14+764,68-15+225,61 (Igló utcai felüljáró).....	30
3.1.17	17. szakasz: 15+225,61-15+748,28 (folyópálya).....	31
3.2	Gyömrői út – déli pálya	31
3.2.1	10. szakasz: 10+982,64 – 11+160,00 (folyópálya)	32
3.2.2	11. szakasz: 11+160,00-11+696,49 (folyópálya).....	32
3.2.3	12. szakasz: 11+696,49-12+191,32 (Felsőcsatári u. aluljáró)	32
3.2.4	13. szakasz: 12+191,32-13+184,25 (folyópálya),.....	32
3.2.5	14. szakasz: 13+184,25-13+720,15 (Csévész utcai felüljáró).....	35
3.2.6	15. szakasz: 13+720,15-14+764,68 (folyópálya).....	37
3.2.7	16. szakasz: 14+764,68-15+225,61 (Igló utcai felüljáró).....	37
3.2.8	17. szakasz: 15+225,61-15+748,28 (folyópálya).....	37
3.3	Gyömrői út, északi pálya	40
3.3.1	17. szakasz: 15+225,61-15+748,28 (folyópálya).....	40
3.3.2	16. szakasz: 14+764,68-15+225,61 (Igló utcai felüljáró).....	41
3.3.3	15. szakasz: 13+720,15-14+764,68 (folyópálya).....	41

3.3.4	14. szakasz: 13+184,25-13+720,15 (Csévéző utcai felüljáró).....	41
3.3.5	13. szakasz: 12+191,32-13+184,25 (folyópálya).....	41
3.3.6	12. szakasz: 11+696,49-12+191,32 (Felsőcsatári u. aluljáró)	46
3.3.7	11. szakasz: 11+160,00-11+696,49 (folyópálya).....	46
3.3.8	10. szakasz: 10+982,64 – 11+160,00 (folyópálya)	46
3.4	A burkolatállapot értékelése	48
4	Laboratóriumi vizsgálatok	50
4.1	A laboratóriumi vizsgálatok leírása.....	50
4.1.1	A rétegvastagság meghatározása.....	50
4.1.2	Keréknyomképződés vizsgálata.....	50
4.1.3	Összetétel vizsgálat	51
5	Az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek megerősítésének méretezése.....	62
5.1	A tervezési forgalom meghatározása.....	62
5.2	A megerősítés méretezése behajlásmérés alapján.....	64
5.2.1	A megengedett behajlás meghatározása.....	64
5.2.2	A mértékadó behajlások meghatározása.....	65
5.2.3	Az erősítőréteg vastagságának meghatározása	66
5.3	Méretezés az összehasonlító módszer alapján	67
5.4	Aszfalt pályaszerkezeti rétegek megválasztásának szempontjai	68
6	A felújítás-technológia tervezése	69
6.1	A tervezési forgalom számítása, ÚME szerinti forgalomfejlődéssel	69

6.1.1	Forgalmi alapadatok.....	69
6.1.2	A tervezési forgalom számítása aszfaltburkolat esetében	70
6.1.3	A tervezési forgalom számítása betonburkolat esetében.....	71
6.2	A tervezési forgalom számítása, EFM szerinti forgalomfejlődéssel.....	72
6.2.1	A tervezési forgalom számítása aszfaltburkolat esetében	73
6.3	Pályaszerkezet méretezés behajláson alapuló módszerrel – Gyömrői út	74
6.3.1	Behajlásmérési adatok feldolgozása.....	74
6.3.2	Megengedett behajlások számítása	77
6.3.3	Erősítőrétég-igények a Gyömrői úton	77
6.4	Méretezés az összehasonlító módszerrel – Ferihegyi r. vezető út	80
6.4.1	Üllői út – Benzinkút közötti szakasz.....	80
6.4.2	Benzinkút-Csévésző u. felüljáró közötti szakasz	82
6.4.3	Csévésző u. felüljáró-Repülőtér közötti szakasz	84
6.5	Javasolt technológia aszfaltrétegek eltávolításával és építésével	85
6.5.1	Ferihegyi repülőtérre vezető út.....	85
6.5.2	Gyömrői út, ÚME szerinti szorzók alkalmazása esetén.....	86
6.5.3	Gyömrői út, EFM szerinti szorzók alkalmazása esetén.....	88
6.6	Méretezés a pályaszerkezet hideg újrahaznosításával	90
6.6.1	Üllői út – Benzinkút közötti szakasz.....	90
6.6.2	Benzinkút – Csévésző u. közötti szakasz.....	91
6.6.3	Csévésző u. – Repülőtér közötti szakasz	92

6.6.4	Hideg telepi újrahasznosítás	92
6.7	Javasolt technológia hidegremix alkalmazásával.....	93
6.8	Melegremix alkalmazása	94
6.9	Javasolt technológia melegremix alkalmazásával.....	95
6.10	Beton és kompozit pályaszerkezet méretezése	95
6.10.1	Javasolt technológia beton pályaszerkezet építésével.....	97
6.10.2	Javasolt technológia kompozit pályaszerkezet építésével.....	98
7	Technológiai javaslatok.....	99
7.1	Beavatkozás aszfaltrétegek eltávolításával és építésével	100
7.1.1	„A” lehetőség – az erősítőréteg igények megépítése	100
7.1.2	„B” lehetőség – új pályaszerkezet építése pályaszint változása nélkül.....	101
7.1.3	„C” lehetőség – új, teljes értékű pályaszerkezet építése a meglévő teljes eltávolításával.....	102
7.2	Beavatkozás merev pályaszerkezet építésével.....	103
7.3	Beavatkozás a meglévő rétegek újrahasznosításával	104
8	Betartandó műszaki előírások, szabványok	105
9	Mellékletek	106
9.1	Fúrt minta fotók.....	106
9.2	Vizsgálati jegyzőkönyvek.....	106
9.3	Melléklet: EFM és ÚME szerinti forgalomfejlődési szorzókkal számított erősítőréteg-vastagságok.....	106

1.2 Ábrajegyzék

1. ábra: Az érintett útszakasz	13
2. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 1. szakasz	17
3. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út 2. szakasz	18
4. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út 3. szakasz	19
5. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 4. szakasz	19
6. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 5. szakasz	20
7. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 6. szakasz	21
8. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 7. szakasz	23
9. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 8. szakasz	23
10. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 9. szakasz	24
11. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 10. szakasz	24
12. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 11. szakasz	25
13. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 12. szakasz	26
14. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 13. szakasz	27
15. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 14. szakasz	29
16. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 15. szakasz	29
17. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 16. szakasz	30
18. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 17. szakasz	31
19. ábra: Gyömrői út déli oldal, 10. szakasz.....	33
20. ábra: Gyömrői út déli oldal, 11. szakasz.....	33

21. ábra: Gyömrői út déli oldal, 12. szakasz.....	34
22. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz.....	34
23. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz.....	35
24. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz.....	36
25. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz.....	36
26. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz.....	37
27. ábra: Gyömrői út déli oldal, 15. szakasz.....	38
28. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz.....	38
29. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz.....	39
30. ábra: Gyömrői út déli oldal, 17. szakasz.....	39
31. ábra: Gyömrői út déli oldal, 17. szakasz.....	40
32. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz.....	42
33. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz.....	42
34. ábra: Gyömrői út déli oldal, 15. szakasz.....	43
35. ábra: Gyömrői út déli oldal, 15. szakasz.....	43
36. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz.....	44
37. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz.....	44
38. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz.....	45
39. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz.....	45
40. ábra: Gyömrői út déli oldal, 12. szakasz.....	46
41. ábra: Gyömrői út déli oldal, 11. szakasz.....	47

42. ábra: Gyömrői út déli oldal, 10. szakasz.....	47
43. ábra: A megengedett behajlás és a tervezési forgalom összefüggése.....	65
44. ábra: A szükséges aszfalt-megerősítések vastagságának meghatározása.....	66
45. ábra: Kumulatív szumma diagram, déli pálya.....	75
46. ábra: Kumulatív szumma diagram, északi pálya.....	75
47. ábra: Korrigált statikus behajlási adatok, déli pálya.....	76
48. ábra: Korrigált statikus behajlási adatok, északi pálya.....	76
49. ábra: Típus-pályaszerkezetek hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteggel.....	81

1.3 Táblázatjegyzék

1. táblázat: Tervezői adatok: a tervezési terület szakaszai.....	15
2. táblázat: Tervezői adatok: nehézforgalmi adatok.....	16
3. táblázat: Állapotosztályzat és csökkentő tényező a burkolatállapot függvényében.....	48
4. táblázat: Az egyes szakaszok burkolatállapotának rövid jellemzése és az állapottól függő csökkentő tényező	49
5. táblázat: A keréknyomképződés vizsgálati eredmények küszöbértéke (korábbi előírás)	51
6. táblázat: Aszfalt pályaszerkezeti rétegvastagságok– Gyömrői út északi oldal.....	52
7. táblázat: Aszfalt pályaszerkezeti rétegvastagságok– Gyömrői út déli oldal.....	53
8. táblázat: Aszfalt pályaszerkezeti rétegvastagságok – Ferihegyi út	54
9. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út északi oldal – 1. réteg	55

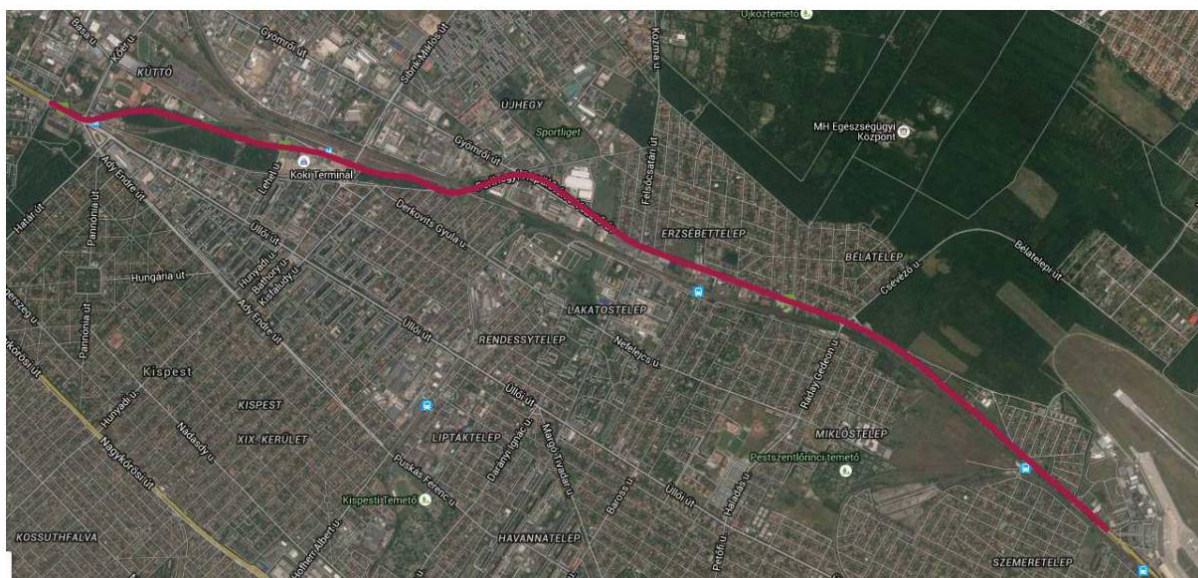
10. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út északi oldal – 2. réteg	56
11. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út déli oldal – 1. réteg	57
12. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út déli oldal – 2. réteg	58
13. táblázat: Összetétel, 1. réteg (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Ferihegyi út	59
14. táblázat: Összetétel, 2. réteg (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Ferihegyi út	60
15. táblázat: A keréknyomképződés vizsgálati eredmények – Ferihegyi út.....	61
16. táblázat: Az összevont járműosztályok járműátszámítási szorzója.....	64
17. táblázat: A forgalmi terhelési osztályok megnevezése	64
18. táblázat: A forgalmi igénybevételi kategória meghatározása	68
19. táblázat: Legkisebb és legnagyobb vastagságok aszfaltbeton rétegek esetén.....	68
20. táblázat: Nehézforgalmi adatok, Gyömrői út	69
21. táblázat: Nehézforgalmi adatok, Ferihegyi repülőtérre vezető út	69
22. táblázat: Nehézforgalmi adatok pályaszerkezet méretezéshez, 2x3 sávós szakaszok.....	69
23. táblázat: Nehézforgalmi adatok pályaszerkezet méretezéshez, Ferihegyi repülőtérre vezető út, 2 sávós szakasz.....	70
24. táblázat: EFM szerinti forgalomfejlődési szorzók (forrás: Megbízó).....	72
25. táblázat: Jobb és bal kerék alatt mért behajlások vizsgálata, Gyömrői út északi oldal	74
26. táblázat: Jobb és bal kerék alatt mért behajlások vizsgálata, Gyömrői út északi oldal	74
27. táblázat: Ferihegyi repülőtérre vezető út szakaszai az Üllői út – Benzinkút között.....	80

28. táblázat: Mintavételi információk az Üllői út – Benzinkút között	81
29. táblázat: Erősítőréteg igény – 2-8. szakaszok	82
30. táblázat: Ferihegyi repülőtérre vezető út szakaszai a Benzinkút-Csévésző u. között	82
31. táblázat: Mintavételi információk a Benzinkút-Csévésző u. között	83
32. táblázat: Erősítőréteg igény – 10-13. szakaszok	83
33. táblázat: Ferihegyi repülőtérre vezető út szakaszai a Csévésző u. - Repülőtér között.....	84
34. táblázat: Mintavételi információk a Csévésző u. - Repülőtér között	84
35. táblázat: Erősítőréteg igény – 15-17. szakaszok	85
36. táblázat: Méretezés hidegremix technológia alkalmazásával az Üllői út – Benzinkút között	91
37. táblázat: Méretezés hidegremix technológia alkalmazásával a Benzinkút – Csévésző u. között	91
38. táblázat: Méretezés hidegremix technológia alkalmazásával a Csévésző u. – Repülőtér között	92
39. táblázat: Alkalmazható betonburkolatú típus-pályaszerkezetek hidraulikus alapréteggel .	96
40. táblázat: Alkalmazható kompozit típus-pályaszerkezetek	96
41. táblázat: Jegyzőkönyv-jegyzék.....	106
42. táblázat: Erősítőréteg-vastagságok összefoglalása, Gyömrői út, EFM és ÚME szerinti szorzók figyelembevétele esetén.....	107

2 Előzmények, a tervezés tárgya

2.1 Bevezetés

A Ferihegyi repülőtérre vezető út Határ út – Ferihegy 1 terminál közötti és a Gyömrői út Hangár u. – Ferihegy 1 terminál közötti szakaszának felújítás-technológiai szakvéleményét a BME Út és Vasútépítési Tanszék Pályaszerkezeti Laboratóriuma a LONBERG Építő és Szolgáltató Kft. (Megbízó) megbízásából készítette el. A tervezési területet az 1. ábra mutatja, a Budapesti Közlekedési Központ Zrt., mint Megrendelő által szolgáltatott térképen.



1. ábra: Az érintett útszakasz

A vizsgált szakaszon bejárást és vizuális állapotfelmérést végeztünk, amelyet az állandó jelentős forgalom miatt személygépjárműből, nagyfelbontású videofelvétellel dokumentáltunk. A dokumentálás célszoftverrel történik, amely a burkolathibák szelvény szerinti rögzítését lehetővé teszi.

Az előzetes vizuális állapotfelmérés, többszöri bejárás és a Megbízótól kapott behajlásmérési adatok feldolgozása alapján, figyelembe véve továbbá a feladatkiírásban szereplő minimális mintavételi gyakoriságokat és a Megrendelővel történt egyeztetés alapján kijelölésre kerültek a kiegészítő mintavételek szelvényei, amelyekben szelvényenként néhány méteres különbséggel 2-2 db. 150 mm, illetve a Férihegyi repülőtérre vezető út bizonyos szelvényeiben további 2-2 db. 310 mm átmérőjű minta vételére került sor.

A fűrt mintákon meghatározásra került a rétegfelépítés, az egyes rétegek vastagsága, a felújítás-technológiai változatok szempontjából releváns rétegek összetétele (szemmegoszlás, kötőanyag-tartalom, hézagtartalom), és plasztikus alakváltozási hajlama („keréknyom” vizsgálat). A Megbízótól kapott forgalmi adatok, a vizuális állapotfelvétel és a laboratóriumi vizsgálatok alapján – figyelembe véve a jelenleg hatályos Útügyi Műszaki Előírásokat – az érintett útszakaszra felújítás-technológiai javaslatok kerülnek kidolgozásra.

2.2 Tervezői adatszolgáltatás

A Megbízótól kapott előzetes elképzelést az alábbi táblázat tartalmazza. A tervezési terület 17 szakaszra bontható – az első szakasz maga a Határ úti felüljáró. A tervezett kialakítás szerint a műtárgyak közötti szakaszokon a Gyömrői és a Ferihegyi repülőtérre vezető út közös burkolaton, egybeépítve funkcionál.

A Megrendelői és Megbízói adatszolgáltatás alapján a műtárgyak külön vizsgálatok alapját képezik, amelyek alapján azok esetleges teljes átépítése is megfontolható, ezért a Felsőcsatári úti aluljáró kivételével műtárgyakon mintavétel sem történt.

	Szakasz	Beavatkozás	Hossz
1	szakasz	Műtárgy	
		7+519,28 - 8+066,88	547,60
2	szakasz	Burkolatmegerősítés	
		8+066,88 - 8+572,66	505,78
3	szakasz	Műtárgy	
		8+572,66 - 8+634,30	61,64
4	szakasz	Burkolatmegerősítés	
		8+634,30 - 9+197,05	562,75
5	szakasz	Műtárgy	
		9+197,05 - 9+233,95	36,90
6	szakasz	Burkolatmegerősítés	
		9+233,95 - 10+310,38	1 076,43
7	szakasz	Műtárgy	
		10+310,38 - 10+653,36	342,98
8	szakasz	Burkolatmegerősítés	
		10+653,36 - 10+898,62	245,26
9	szakasz	Műtárgy	
		10+898,62 - 10+982,64	84,02
10	szakasz	Burkolatmegerősítés	
		10+982,64 - 11+160,00	177,36
11	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal	
		11+160,00 - 11+696,49	536,49
12	szakasz	Műtárgy (Felsőcsatári u.)	
		11+696,49 - 12+191,32	494,83
13	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal	
		12+191,32 - 13+184,25	992,93
14	szakasz	Műtárgy (Csévéző u.)	
		13+184,25 - 13+720,15	535,90
15	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal	
		13+720,15 - 14+764,68	1 044,53
16	szakasz	Műtárgy (Igló u.)	
		14+764,68 - 15+225,61	460,93
17	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal	
		15+225,61 - 15+748,28	522,67

1. táblázat: Tervezői adatok: a tervezési terület szakaszai

A tervező 2017. évi forgalomszámlálás alapján rendelkezésre bocsátotta az alábbi nehézforgalmi adatokat, az alábbi táblázat szerint.

Gyömrői út			
Mértékadó km - Budapest felé			
nehtgk	szerelv	szbusz	csbusz
159	168	251	247
Mértékadó km - Repülőtér felé			
nehtgk	szerelv	szbusz	csbusz
174	165	279	204

A Gyömrői út átlagos napi tehergépjármű és autóbusz forgalma a Felsőcsatári út és a Csévész u. közötti szakaszon (db/nap)

Férihegyi repülőtérre vezető út			
Mértékadó km - Budapest felé			
nehtgk	szerelv	szbusz	csbusz
0	0	98	39
Mértékadó km - Repülőtér felé			
nehtgk	szerelv	szbusz	csbusz
0	0	98	50

A Férihegyi repülőtérre vezető út átlagos napi tehergépjármű és autóbusz forgalma a Felsőcsatári út és a Csévész u. közötti szakaszon (db/nap)

Férihegyi repülőtérre vezető út			
Mértékadó km - Budapest felé			
nehtgk	szerelv	szbusz	csbusz
0	0	202	280
Mértékadó km - Repülőtér felé			
nehtgk	szerelv	szbusz	csbusz
0	0	206	273

A Férihegyi repülőtérre vezető út átlagos napi tehergépjármű és autóbusz forgalma a Gyömrői úti csatlakozások előtt (db/nap)

2. táblázat: Tervezői adatok: nehézforgalmi adatok

3 Az érintett útszakasz vizuális állapotértékelése

3.1 Vizuális állapotfelvétel – Ferihegyi repülőtérre vezető út

A vizuális állapotértékelés, mivel a nagyforgalmú útszakaszon terepi bejárás nem volt lehetséges, gépjárműből, haladás közben nagyfelbontású kamerával – a forgalombiztonsági szempontok figyelembe vétele miatti normál sebesség mellett – készített felvételek kiértékelésével történt. A kiértékelést az innoRoads szoftverrel végeztük el.

3.1.1 1. szakasz: 7+519,28-8+066,88 (Határ út, felüljáró)

A felüljáró burkolata rossz állapotú, a dilatációk környékén a burkolat kátyús, tönkrement. A burkolatszéleknél deformációk találhatók, és sűrű keresztirányú repedések, amelyek rossz állapotúak.



2. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 1. szakasz

3.1.2 2. szakasz: 8+066,88-8+572,66 (folyópálya)

Továbbhaladva szelvényezés szerinti irányban a 2. szakaszon a burkolat állapota jellemzően megfelelő, kezeletlen repedések, kisebb lokális deformációk előfordulnak. A szakaszon keréknyomvályú legfeljebb kismértékben jellemző.



3. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út 2. szakasz

3.1.3 3. szakasz: 8+572,66-8+634,30 (M3 híd)

A szakasz a metróvonal feletti 61,64 mh hosszú híd. Burkolata rosszabb állapotú a II. szakaszhoz képest, jellemzően repedezett, kissé deformálódott felülettel, markáns repedéssel a belső keréknyomban.



4. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út 3. szakasz

3.1.4 4. szakasz: 8+634,30-9+917,05 (folyópálya)

A szakasz a metróvonalon átvezető híd és a Lehel utca hídja között található. Ezen a szakaszon, a korábbi szakaszokhoz képest már markáns, szabályosan ismétlődő reflexiós repedések láthatóak a burkolaton.



5. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 4. szakasz

3.1.5 5. szakasz: 9+197,05-9+233,95 (Lehel u. híd)

A burkolatsatlakozás a híd mindkét végén rossz állapotban van, széles nyitott repedés alakult ki. A burkolat állapota, magán a hídon repedezett, kissé rosszabb állapotú mint az előző szakaszon.



6. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 5. szakasz

3.1.6 6. szakasz: 9+233,95-10+310,38 (folyópálya)

A mintegy 1 km-es szakaszon fokozott leromlás tapasztalható, a szabályosan ismétlődő reflexiós repedések mellett keréknyomban és azon kívül is sűrűsödő – hosszirányú és keresztirányú – repedezettség tapasztalható. A KÖKI csatlakozó útjainál a hosszslussz megnyílt, kezeletlen, fokozott romlása valószínűsíthető. Keréknyomvályú továbbra is legfeljebb csekély mértékben észlelhető.



7. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 6. szakasz

A szakasz végét jelölő szelvénytől függetlenül a 10+170 környékén burkolatváltás található, a kezdődő szakasz erősen repedezett és nyomvályús, ÉHA-szerű burkolattal.

3.1.7 7. szakasz: 10+310,38-10+653,36 (Műtárgy)

A vasútvonalakon átvezető két híd és a közöttük töltésben haladó pálya burkolata a legrosszabb állapotú szakasz. A dilatációk tönkrementek, a környezetükben lévő burkolat állapota leromlott, a burkolaton kipergés és kopás látható, a szerkezetben jelentősebb deformációk találhatók.





8. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 7. szakasz

3.1.8 8. szakasz: 10+653,36-10+898,62 (folyópálya)

A rövid folyópálya-szakasz burkolatállapota hasonló a 7. szakaszéhoz.



9. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 8. szakasz

3.1.9 9. szakasz: 10+898,62-10+982,64 (műtárgy)

A szakasz állapota hasonló a 7-8. szakaszokéhoz.



10. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 9. szakasz

3.1.10 10. szakasz: 10+982,64 – 11+160,00 (folyópálya)

A szakasz állapota hasonló az előzőekhez, azzal a megjegyzéssel, hogy a benzinkúthoz vezető kiválás, illetve a hosszcsatlakozás környezetében fokozott leromlás tapasztalható, 5 cm-t meghaladó, nyílt hosszirányú repedésekkel, kátyúkkal.



11. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 10. szakasz

3.1.11 11. szakasz: 11+160,00-11+696,49 (folyópálya)

A szakasz állapota az előzőekhez képest lényegesen jobb. A reflexiós repedések sűrűn áttükröződtek, a külső burkolatszélek repedezettek. A szakaszon található a Gyömrői útról a buszok számára kialakított felhajtó lehetőség, amelynek a csatlakozásai rossz állapotban vannak, maga a burkolat is leromlott.

Ugyanitt található a benzinkút felőli fel-, és a Gyömrői út felé lehajtó ágak csatlakozása, amelyek kifejezetten rossz állapotban vannak.



12. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 11. szakasz

3.1.12 12. szakasz: 11+696,49-12+191,32 (Felsőcsatári u. aluljáró)

A szakasz hasonló állapotban van, mint az előző, A reflexiós repedések sűrűn áttükröződtek, a külső burkolatszélék repedezettek



13. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 12. szakasz

3.1.13 13. szakasz: 12+191,32-13+184,25 (folyópálya),

A szakasz hasonló állapotban van, mint az előző, azzal a megjegyzéssel, hogy a keréknyomokban fokozott kopás található.



14. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 13. szakasz

3.1.14 14. szakasz: 13+184,25-13+720,15 (Csévész utcai felüljáró)

A felüljáró burkolatállapota lényegesen rosszabb az előzőeknél, a felület kopása mellett a burkolatszéleken deformációk találhatók, nagy felületű javítások találhatók mindkét sávban, amelyek környezete jellemzően bomlásnak indult. A szakaszon az előzőekhez képest különbség, hogy aknafedlapok is találhatók. A dilatációk kifejezetten rossz állapotban vannak.

Ferihegyi út (kifelé): 13+313 (előre)



Ferihegyi út (kifelé): 13+453 (előre)



Ferihegyi út (kifelé): 13+529 (előre)





15. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 14. szakasz

3.1.15 15. szakasz: 13+720,15-14+764,68 (folyópálya)

A szakasz a korábbi folyópálya-szakaszokhoz hasonló állapotú. A keréknymokban a burkolat kopott, kipergések, repedezettség jellemző, nyomvályú csekély mértékű.



16. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 15. szakasz

3.1.16 16. szakasz: 14+764,68-15+225,61 (Igló utcai felüljáró)

A szakaszon a burkolat állapota hasonló az előző műtárgyakon tapasztaltakkal.



17. ábra: Ferihegyi repülőtérre vezető út, 16. szakasz

3.1.17 17. szakasz: 15+225,61-15+748,28 (folyópálya)

A szakasz első fele – a keresztmetszet változásig – hasonló állapotban van, mint a korábbi folyópálya szakaszok, de a reflexiós repedések állapota rosszabb. A 15+450 szelvény környékén (a Gyömrői út burkolatának csatlakozásánál) lévő váltástól a burkolat állapota lényegesen rosszabb, keresztirányú repedések, kipergések, felületi hibák súlyosabbak.



18. ábra: Férihegyi repülőtérre vezető út, 17. szakasz

3.2 Gyömrői út – déli pálya

A Gyömrői út állapotának értékelése szintén a Megbízótól gyorsforgalmi szakaszra kapott szelvényezés szerint történik. A Hangár utcánál lévő szakaszt szükség esetén külön kezeljük. A kiértékelés az InnoRoads szoftverrel történt, amely a kapott behajlásadatokat a videofelvétellel szinkronizálva képes kezelni, illetve segít a homogén szakaszok pontosabb lehatárolásában.

3.2.1 10. szakasz: 10+982,64 – 11+160,00 (folyópálya)

A szakasz burkolata jó állapotú, deformációk nem jellemzőek. A külső sávban közmszerelvények találhatóak. A víznyelőknél a burkolat repedezett, leromlott, de a burkolatszéles jellemzően normál állapotban vannak. Repedések előfordulnak, de azok jellemzően kiöntöttek, kezeltek.

3.2.2 11. szakasz: 11+160,00-11+696,49 (folyópálya)

A szakasz eleje megegyezik az előző szakasszal. Ezen a szakaszon található a Sárkány Center felé kanyarodó sáv, illetve a gyorsforgalmi lehajtó ágának csatlakozása, amelyek állapota lényegesen rosszabb a folyópályánál.

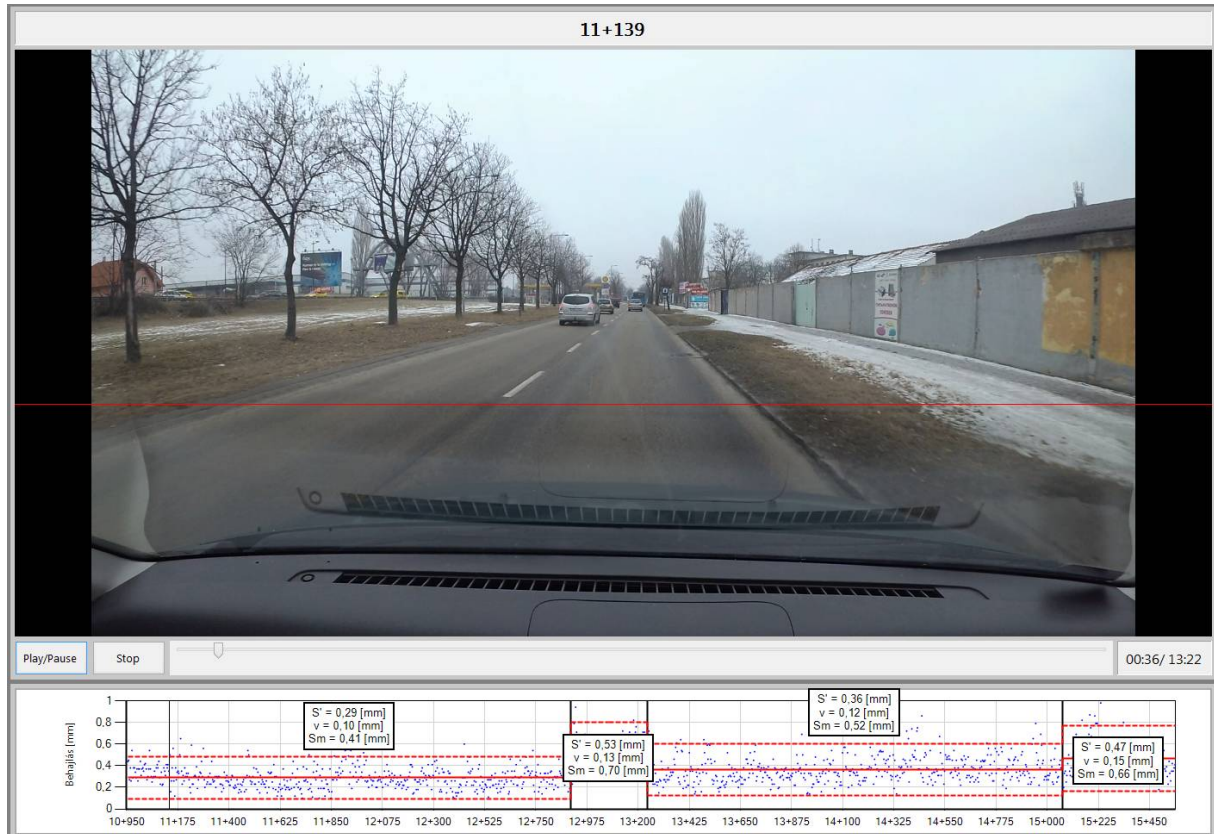
3.2.3 12. szakasz: 11+696,49-12+191,32 (Felsőcsatári u. aluljáró)

A szakasz állapota lényegében megegyezik az előzőekkel, azzal a megjegyzéssel, hogy a csomópont járműosztályozójában kissé rosszabb.

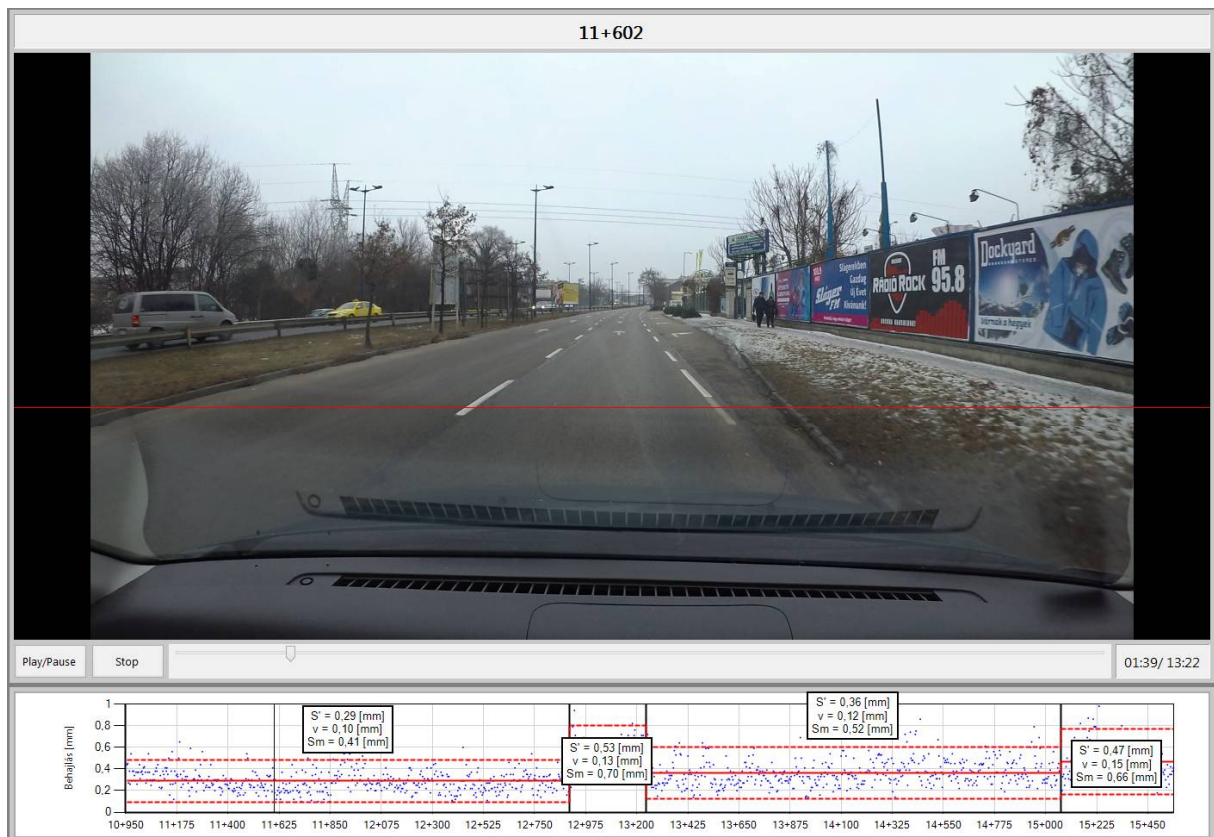
3.2.4 13. szakasz: 12+191,32-13+184,25 (folyópálya),

A szakasz állapota alapvetően megegyezik az előzőekkel, helyenként lokálisan felületi hibák észlelhetők.

A szakaszon található új burkolatú szakasz kb. a 12+900 és 13+250 km. szelvények között. A behajlás adatok alapján látható, hogy a szakasz teherbírása lényegesen eltér a megelőző és következő szakasztól, így külön homogén szakaszként kezelendő



19. ábra: Gyömrői út déli oldal, 10. szakasz



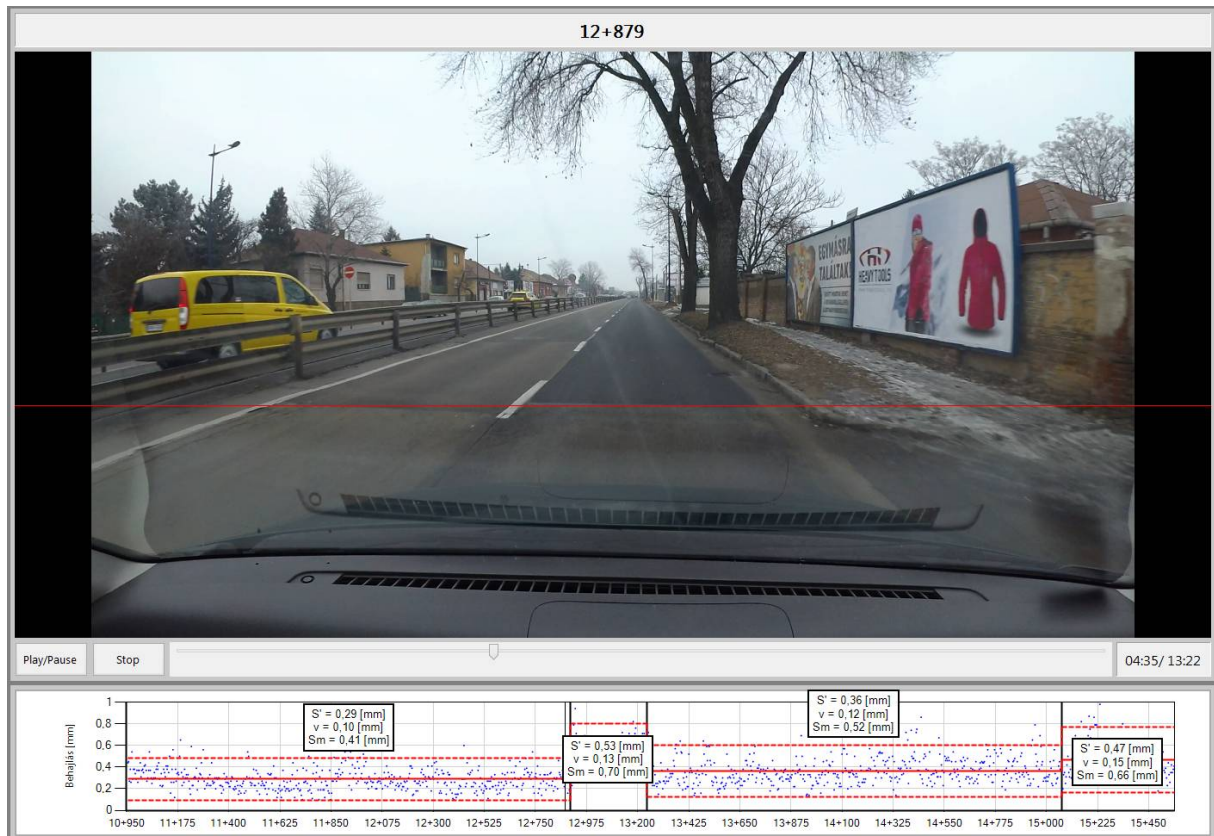
20. ábra: Gyömrői út déli oldal, 11. szakasz



21. ábra: Gyömrői út déli oldal, 12. szakasz



22. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz

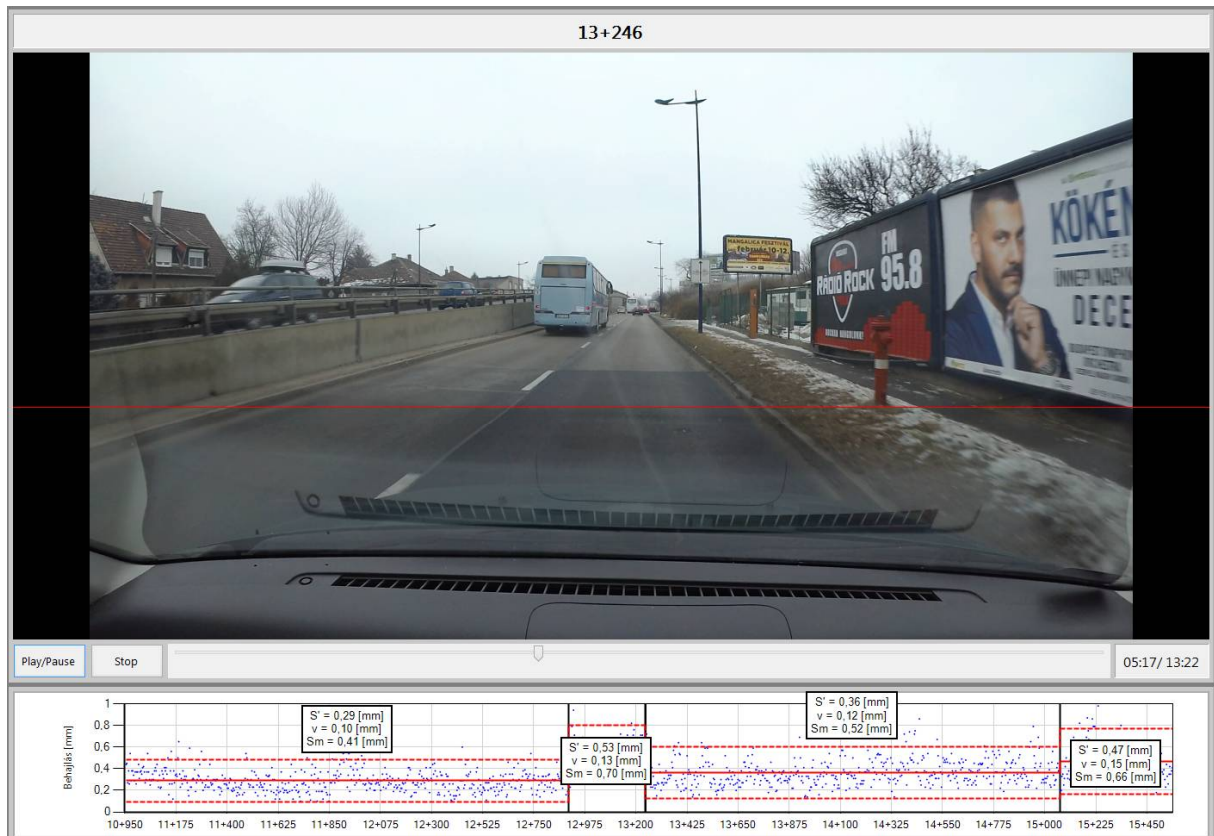


23. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz

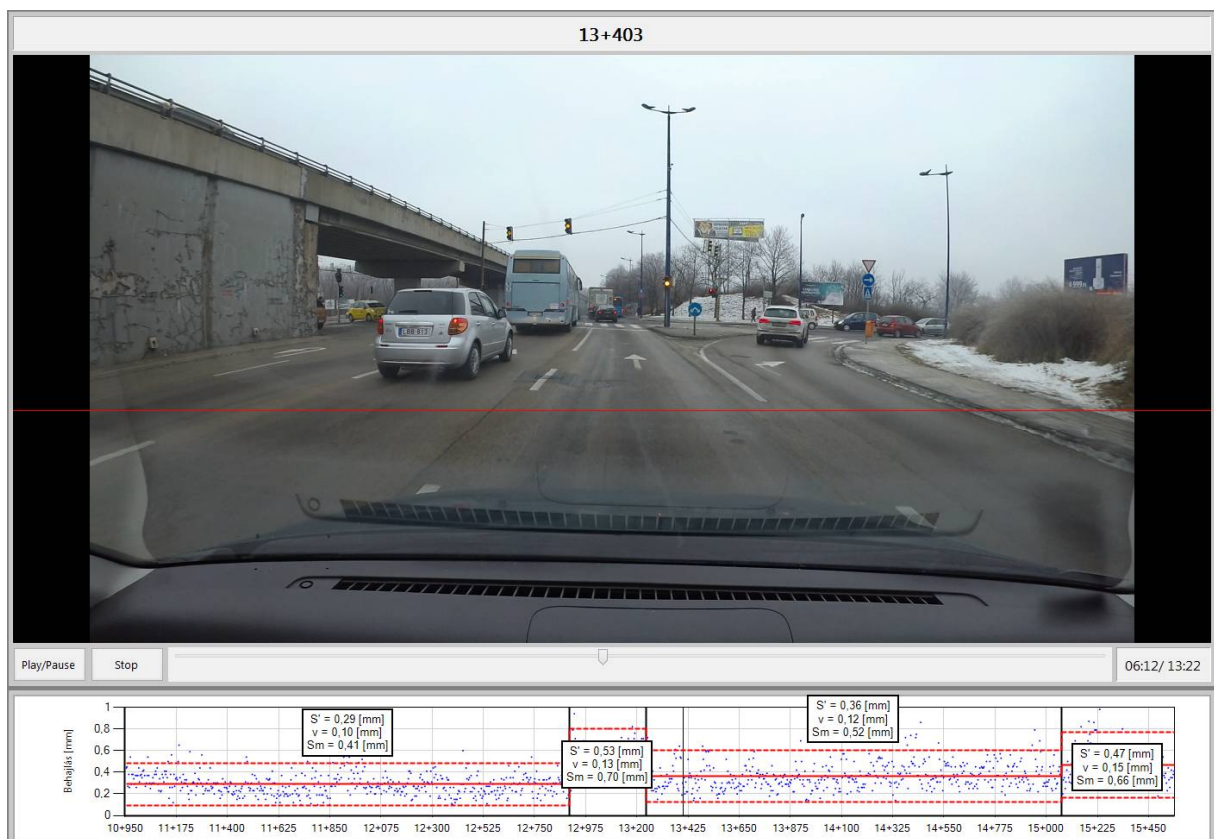
3.2.5 14. szakasz: 13+184,25-13+720,15 (Csévész utcai felüljáró)

A szakasz külső sávjában az előző szakaszra is átnyúló különálló homogén szakasz található a 13+250 szelvényig. Ezt a Csévész utcai csomópont követi, ahol a járműosztályozó burkolata gyűrődött, nyomvályús, repedezett, de teherbírása a behajlásadatok alapján nem kiugróan rossz.

Habár a szakasz csomópont utáni részén a burkolat lényegesen rosszabb állapotban van, teherbírás szempontjából homogénnek tekinthető a 13. szakasszal. A burkolat rendkívül inhomogén, repedezett, a slusszok szétnyíltak, kátyúk, felületbomlások jellemzik.



24. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz



25. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz



26. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz

3.2.6 15. szakasz: 13+720,15-14+764,68 (folyópálya)

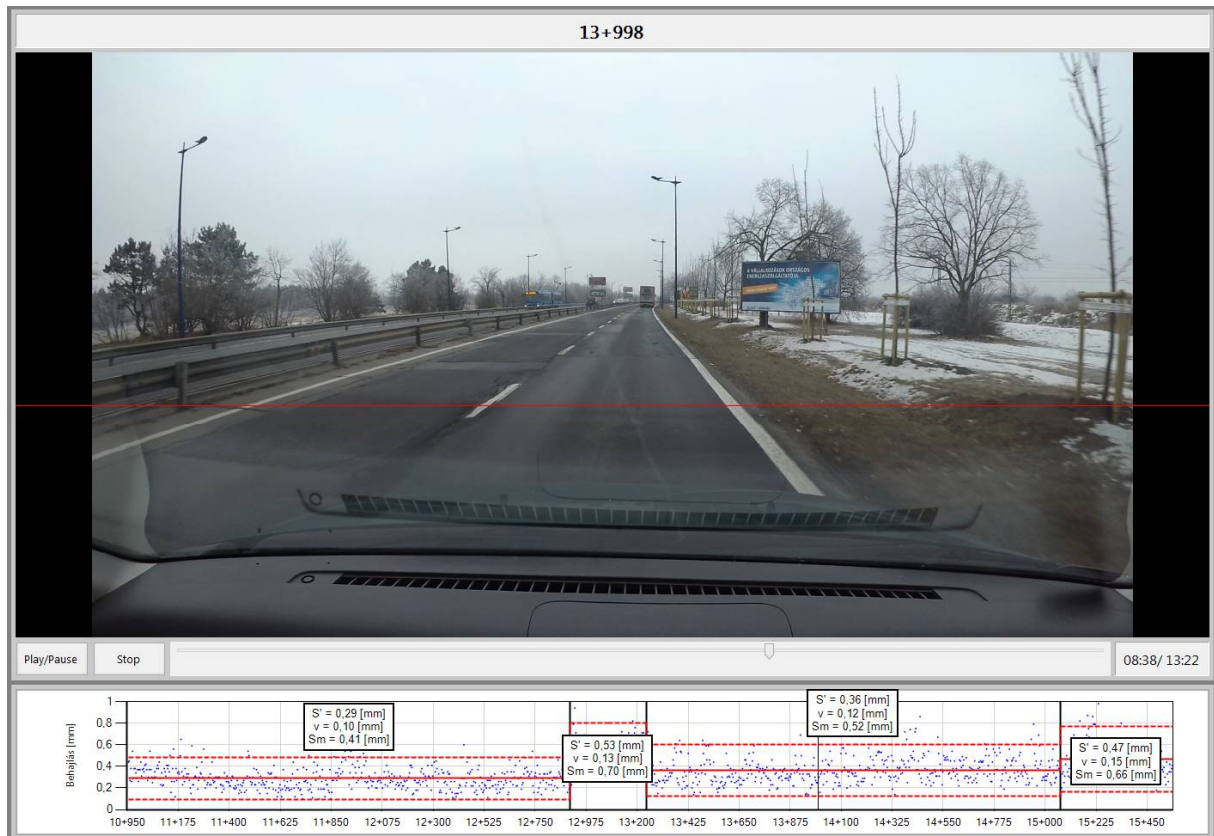
A szakasz állapota, a burkolatot és a teherbírást tekintve megegyezik a 13-14. szakasszal.

3.2.7 16. szakasz: 14+764,68-15+225,61 (Igló utcai felüljáró)

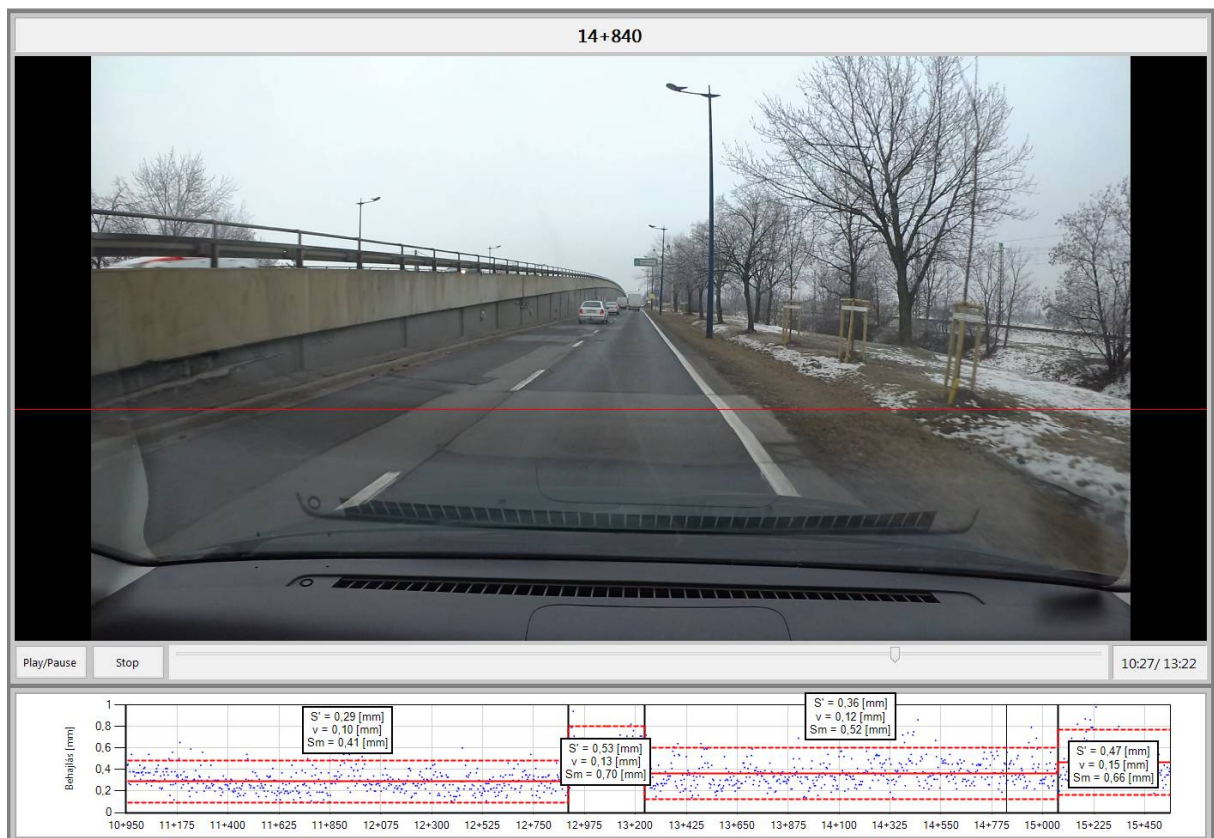
A 15+070 szelvénnel kezdődően (közvetlenül a csomópont után) a teherbírás új homogén szakaszt mutat, amely a tervezési szakasz végéig tart.

3.2.8 17. szakasz: 15+225,61-15+748,28 (folyópálya)

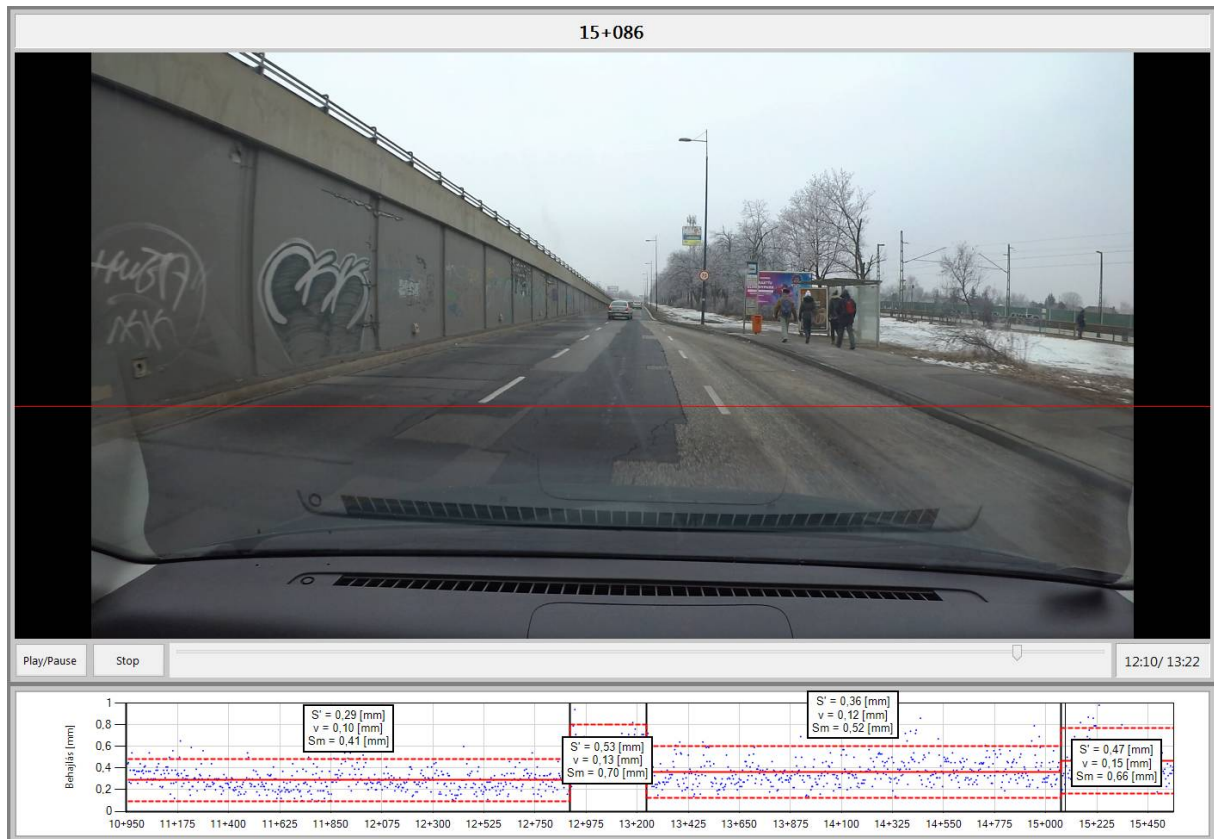
A szakasz állapota az előzőekhez hasonlóan repedezett, foltozott, rossz. A teherbírás szempontjából a 16. szakaszon kezdődő homogén szakasz része, teherbírása hasonló.



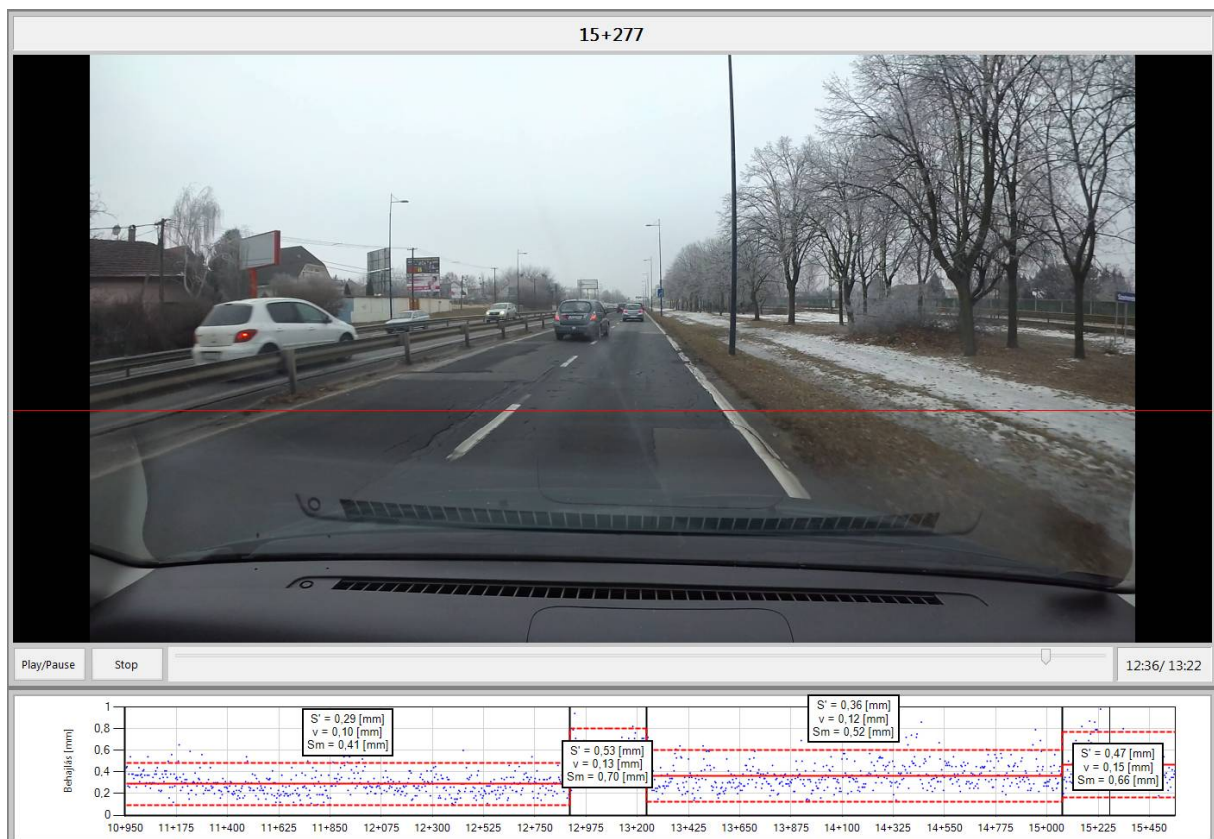
27. ábra: Gyömrői út déli oldal, 15. szakasz



28. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz



29. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz



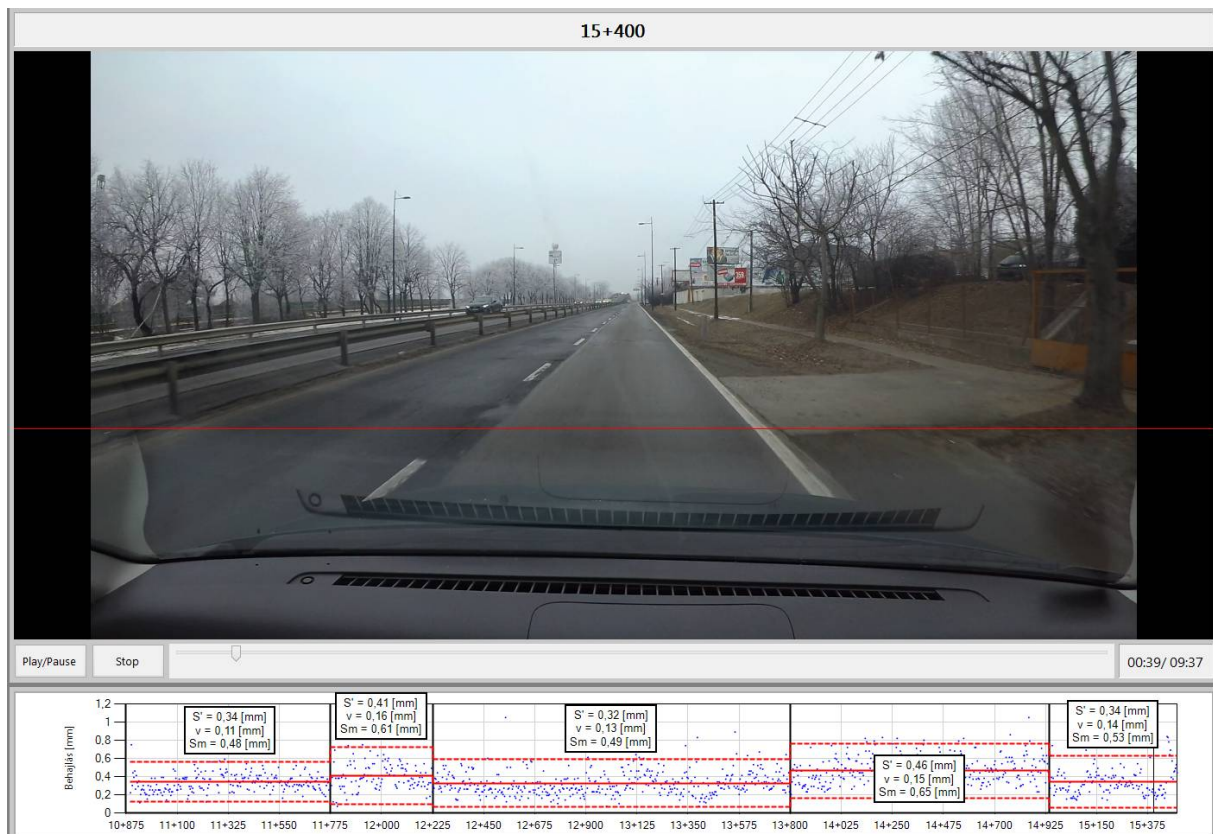
30. ábra: Gyömrői út déli oldal, 17. szakasz

3.3 Gyömrői út, északi pálya

A Gyömrői út állapotának értékelése szintén a Megbízótól gyorsforgalmi szakaszra kapott szelvényezés szerint történik. A kiértékelés az InnoRoads szoftverrel történt, amely a kapott behajlásadatokat a videofelvétellel szinkronizálva képes kezelni, illetve segít a homogén szakaszok pontosabb lehatárolásában. A kiértékelés a haladási irány szerint, csökkenő szelvényezés szerint kerül bemutatásra.

3.3.1 17. szakasz: 15+225,61-15+748,28 (folyópálya)

A 17. szakasz az útszakasz 2x2 sávós részén található. A behajlás alapján a szakasz az északi oldal legjobb teherbírású szakasza. A szervizutas kialakításban a külső sáv burkolata egy szakaszon jobb állapotban van, a belső sáv a déli pálya ezen szakaszához hasonlóan rossz állapotú.



31. ábra: Gyömrői út déli oldal, 17. szakasz

3.3.2 16. szakasz: 14+764,68-15+225,61 (Igló utcai felüljáró)

A szakasz állapota, a burkolatot és a teherbírást tekintve megegyezik az előzőekkel. A szakaszon található az Igló utcai felüljáró, és hasonlóan a déli pálya vonatkozó szakaszával, a teherbírás közvetlenül a csomópont keleti oldalán homogén szakaszhatárt mutat.

3.3.3 15. szakasz: 13+720,15-14+764,68 (folyópálya)

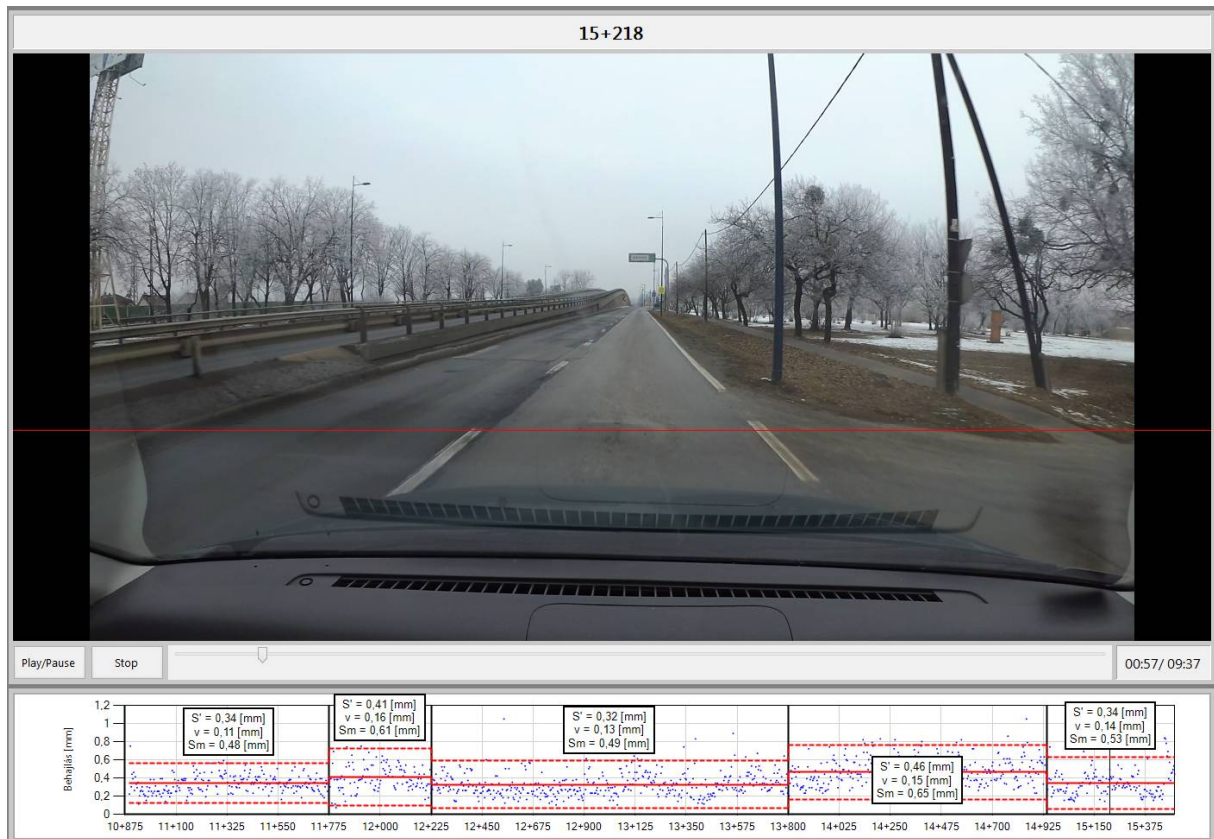
A szakasz állapota, a burkolatot és a teherbírást tekintve megegyezik a 16. szakasszal. A 14+100 szelvénynél a teherbírás homogén szakaszhatárt mutat.

3.3.4 14. szakasz: 13+184,25-13+720,15 (Csévéző utcai felüljáró)

A szakasz állapota alapvetően megegyezik az előző szakaszéval, a burkolat inhomogenitása jobban kitűnik. A csomópont járműosztályozójában a burkolat jobb állapotban van, mint a csatlakozó folyópályán.

3.3.5 13. szakasz: 12+191,32-13+184,25 (folyópálya)

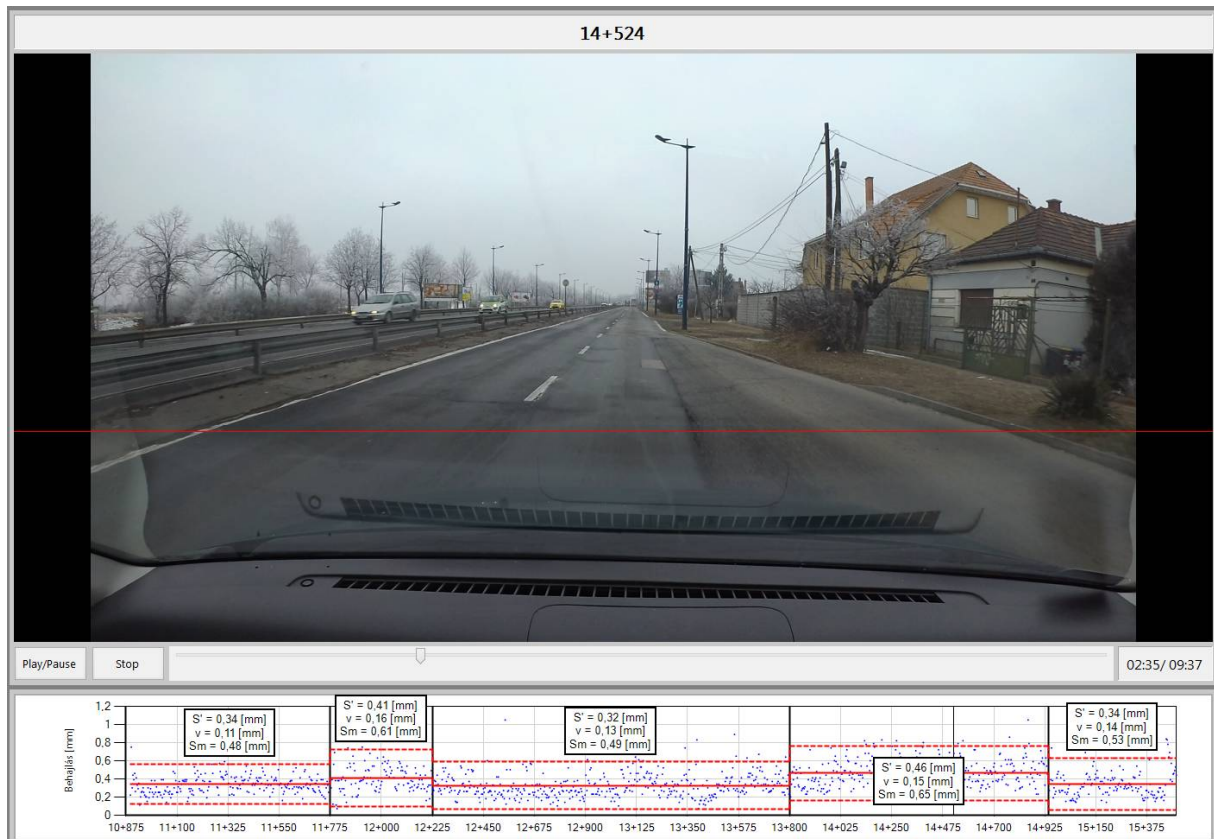
A szakasz állapota az előzőhöz hasonló; a közmű helyrálítások mérete néhány helyen azt mutatja, hogy fokozottan leromlott állapot is bekövetkezett. A burkolat és a szegélyek jellemzően elfogadható állapotúak.



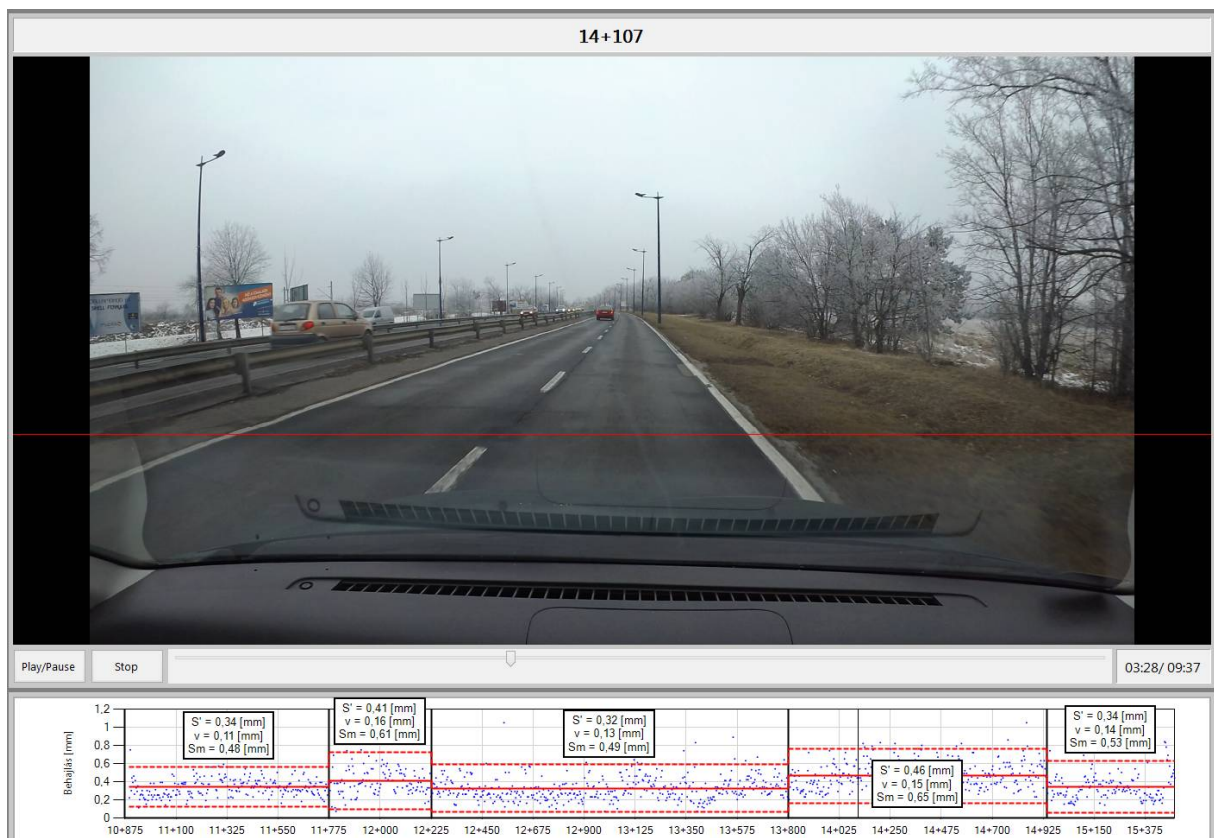
32. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz



33. ábra: Gyömrői út déli oldal, 16. szakasz



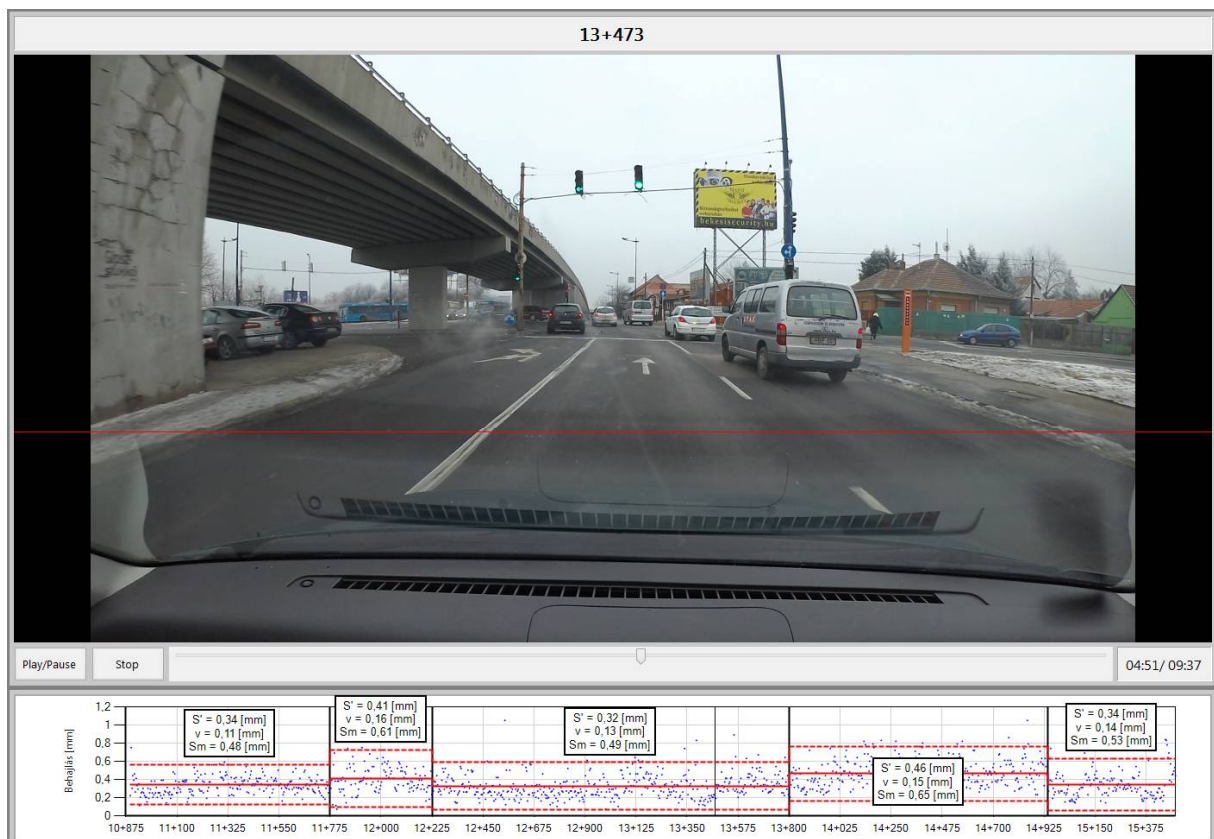
34. ábra: Gyömrői út déli oldal, 15. szakasz



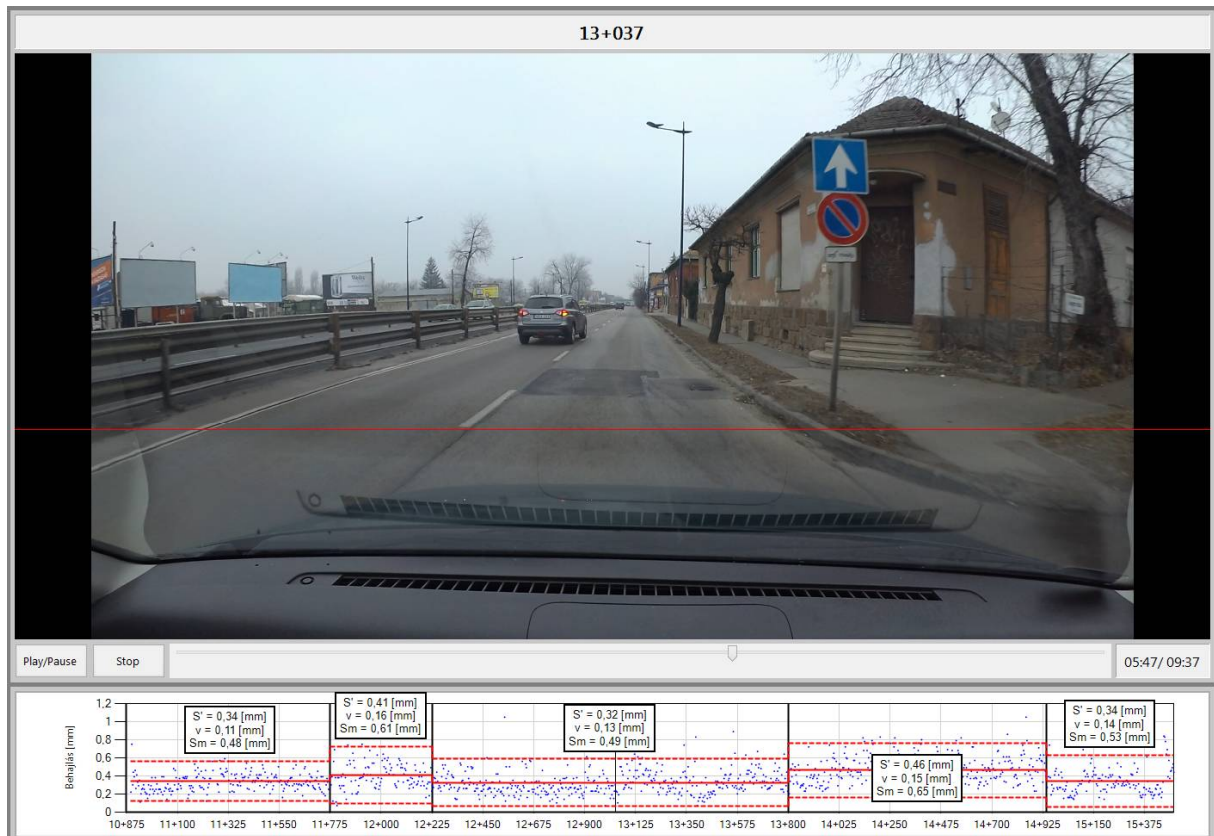
35. ábra: Gyömrői út déli oldal, 15. szakasz



36. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz



37. ábra: Gyömrői út déli oldal, 14. szakasz



38. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz



39. ábra: Gyömrői út déli oldal, 13. szakasz

3.3.6 12. szakasz: 11+696,49-12+191,32 (Felsőcsatári u. aluljáró)

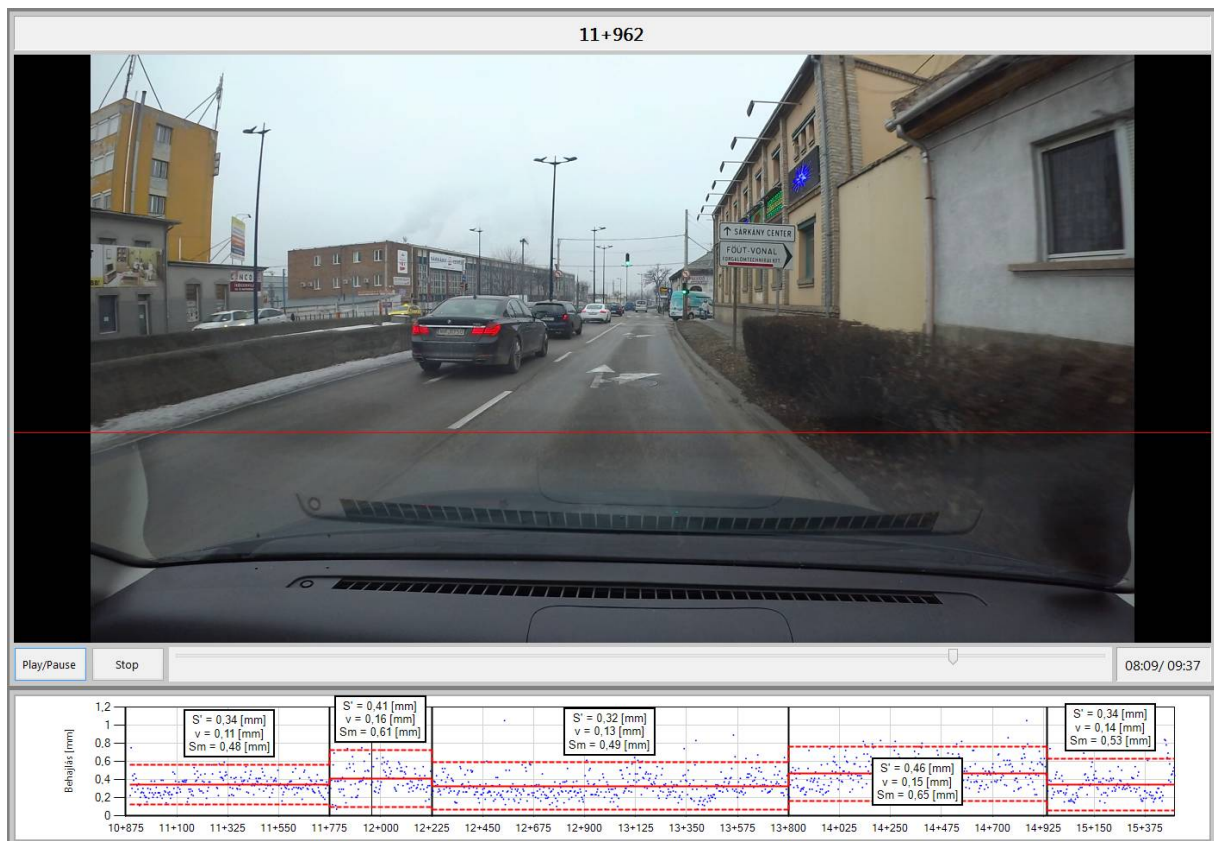
A szakasz burkolata átlagos, azzal a megjegyzéssel, hogy 11+775 km. szelvény környékén homogén szakasz határ jelölhető ki.

3.3.7 11. szakasz: 11+160,00-11+696,49 (folyópálya)

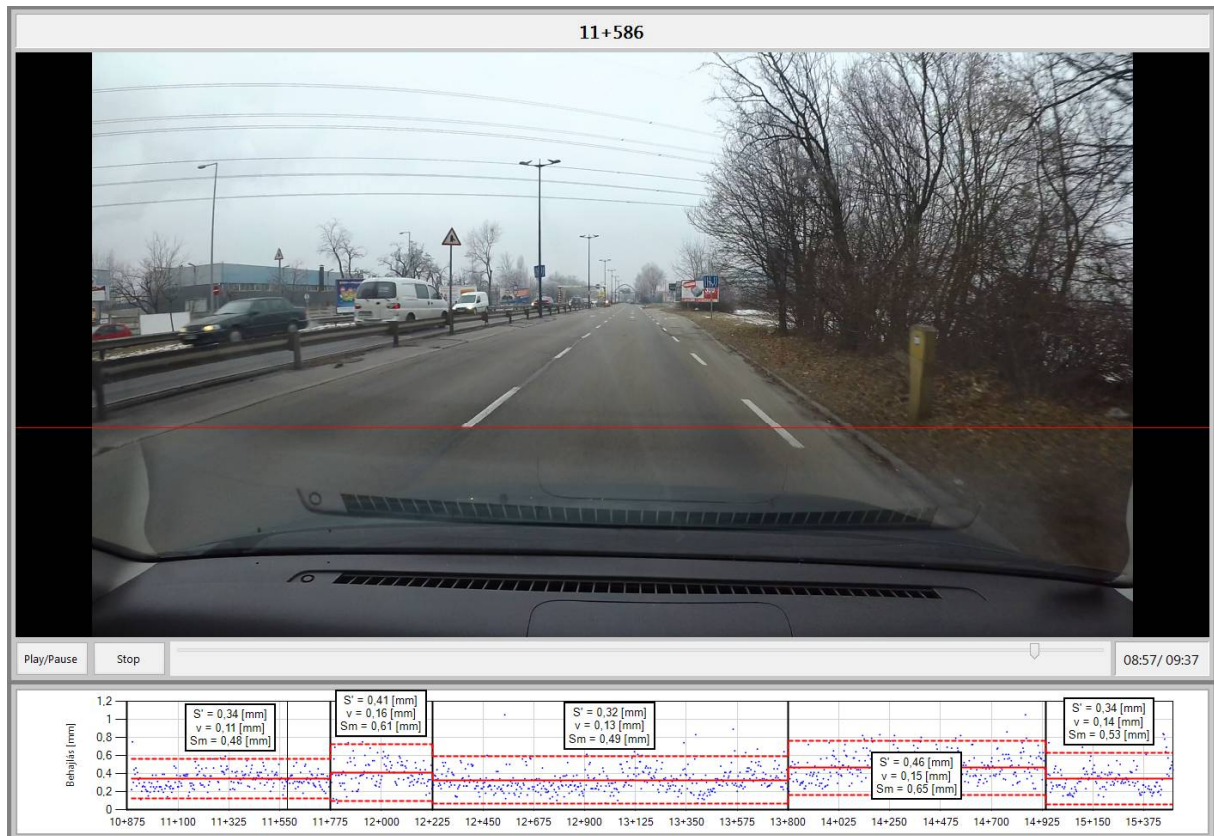
A szakaszon a burkolatállapot az előzőekhez hasonló, azzal a megjegyzéssel, hogy a közművek és fedlapok környezete jellemzően megsüllyed és tönkremenetelük elkezdődött.

3.3.8 10. szakasz: 10+982,64 – 11+160,00 (folyópálya)

Az utolsó szakaszon a burkolat jó állapotú.



40. ábra: Gyömrői út déli oldal, 12. szakasz



41. ábra: Gyömrői út déli oldal, 11. szakasz



42. ábra: Gyömrői út déli oldal, 10. szakasz

3.4 A burkolatállapot értékelése

A burkolat állapotának osztályozása az e-UT 06.03.13 előírás 7.2 táblázata alapján (3. táblázat) történik.

Útburkolat felületállapota		Oszt.	Csökk. tényező
Leírás			
Fokozottan leromlott állapot:		5	0,40
	a felület több, mint 20%-a repedezett vagy deformálódott,		
	helyenként nagyobb felületű ütőkátyúk alakultak ki,		
	20 mm-nél mélyebb süllyedések, egyenletes haladást akadályozó deformációk.		
Nagyobb területen hibás burkolatfelület:		4	0,60
	repedezett, foltozott, erősen kipergett, burkolatszélén letöredezett,		
	deformálódott területek a felület 5-20%-án,		
	nagyobb felületű kezdődő kátyú,		
	egyenletes haladást lassító deformációk.		
Szórványosan hibás burkolatfelület:		3	0,80
	laza, kipergett, repedezett, foltozott, deformálódott területek a felület legfeljebb 5%-ában		
	majdnem teljes hosszban végighúzódnó hézag, repedés,		
	a felületi bevonat kisimulva 20% felett,		
	utazáskényelmet zavaró deformációk.		
Használt, megfelelően karbantartott burkolatfelület:		2	0,95
	helyenként kissé hézagos résszel, kisebb kipergések,		
	helyenként finom kátyúzás, kiöntött repedések,		
	helyenként a felületi bevonat kisimulva,		
	kisebb, az utazáskényelmet zavaró deformációk.		
Kifogástalan:		1	1,00
	egyenletes, jó minőségű, javítást nem igénylő, zárt, homogén felület.		

3. táblázat: Állapotosztályzat és csökkentő tényező a burkolatállapot függvényében

A helyszíni bejárás alapján az érintett szakasz burkolatállapot-osztályzatát a 4. táblázat tartalmazza. Mivel a Gyömrői út méretezhető behajlás alapján, a burkolatállapot osztályozása nem szükséges, a helyszíni bejárás és állapotfelvétel a méretezést esetleg érintő lokális hibák felmérését célozza.

			Ferihegyi repülőtérre vezető út	
#	Hossz	Beavatkozás	Burkolatállapot és osztályzat	
1	547,60	Műtárgy		
2	505,78	Burkolatmegerősítés	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
3	61,64	Műtárgy	(nem ért.)	
4	562,75	Burkolatmegerősítés	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
5	36,90	Műtárgy	(nem ért.)	
6	1 076,43	Burkolatmegerősítés	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
7	342,98	Műtárgy	(nem ért.)	
8	245,26	Burkolatmegerősítés	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
9	84,02	Műtárgy	(nem ért.)	
10	177,36	Burkolatmegerősítés	Nagyobb területen hibás burkolatfelület	4
11	536,49	Egybeépítés a Gyömrői úttal	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
12	494,83	Műtárgy (Felsőcsatári u.)	(nem ért.)	
13	992,93	Egybeépítés a Gyömrői úttal	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
14	535,90	Műtárgy (Csévéző u.)	(nem ért.)	
15	1 044,53	Egybeépítés a Gyömrői úttal	Szórványosan hibás burkolatfelület	3
16	460,93	Műtárgy (Igló u.)	(nem ért.)	
17	522,67	Egybeépítés a Gyömrői úttal	Szórványosan hibás burkolatfelület	3

4. táblázat: Az egyes szakaszok burkolatállapotának rövid jellemzése és az állapottól függő csökkentő tényező

4 Laboratóriumi vizsgálatok

A laboratóriumba beszállított fűrt mintákon – amelyek esetén értelmezhető volt – rétegvastagság meghatározására került sor.

A Megrendelővel és Megbízóval előzetesen egyeztetett mintavételi tervet rajzi melléklet tartalmazza.

4.1 A laboratóriumi vizsgálatok leírása

4.1.1 A rétegvastagság meghatározása

A rétegfelépítés az MSZ EN 12697-36:2003 Magyar Szabvány alapján került meghatározásra, az eredményeket a 6. táblázat, 7. táblázat, és 8. táblázat foglalja össze, a vonatkozó vizsgálati jegyzőkönyveket a 9.2. Melléklet listázza.

A rétegvastagság meghatározást megelőzően a vett minták esetében az egy fűrési helyhez tartozó mintákról fényképek készültek, melyekre a 9.1. Melléklet hivatkozik.

4.1.2 Keréknyomképződés vizsgálata

A keréknyomvályú képződés elleni védekezésre vonatkozóan az e-UT 06.03.13 előírás 7.2.6. pontja vonatkozik. Eszerint ha F igénybevételi kategóriába tartozó, felújítandó, illetve megerősítendő pályán a keréknyomvályú mélysége a 15 mm-t elér vagy meghaladja, akkor a meglévő aszfaltréteg(ek) plasztikus deformációs hajlamát az ÚT 2-3.301 szerint meg kell vizsgálni és, szükség esetén dönteni kell a hibás réteg(ek) eltávolításáról.

A helyszíni bejárások alapján a szakaszon kissé deformáció-érzékeny rétegek jelenléte feltételezhető. Ennek vizsgálatára az MSZ EN 12697-22:2003+A1:2008 szabvány 9.3.2 melléklete szerinti keréknyomképződés vizsgálat kerül elvégzésre, az előzetesen kijelölt szelvényekben vett 310 mm átmérőjű mintákon. Az eredményeket a tartalmazza, a vizsgálati jegyzőkönyveket a 9.2 Melléklet tartalmazza.

A vizsgálatra helyszíni szemle alapján kerültek kijelölésre a szelvények, a vizsgálandó rétegek kiválasztásának alapját egy-egy réteg vastagsága és a valószínűsíthető felújítástechnológia képezte.

Korábbi gyakorlat szerint, amennyiben, valamelyik aszfaltréteg vizsgálati eredménye kedvezőtlenebb, mint az alábbi 5. táblázatban megadott küszöbérték, akkor a beavatkozást ezen réteg(ek) eltávolításával, az erősítő rétegek vastagításával, vagy bármilyen egyéb módon úgy kell megtervezni, valamint az ajánlati kiírásban rögzíteni, hogy e tulajdonság szempontjából elégtelen minőségű réteg(ek) a megerősített pályaszerkezetben korai plasztikus deformációt ne okozzon, vagy ne okozzanak.

<i>Az útpályaszerkezeti aszfaltréteg típusa</i>	<i>MSZ EN 12697-22 "B" eljárás szerinti ϵ fajlagos összenyomódás [%] küszöbértéke</i>
Kopóréteg és kötőréteg illetve felülről második aszfaltréteg	≥ 20
Harmadik aszfaltréteg (aszfalt alapréteg)	≥ 25

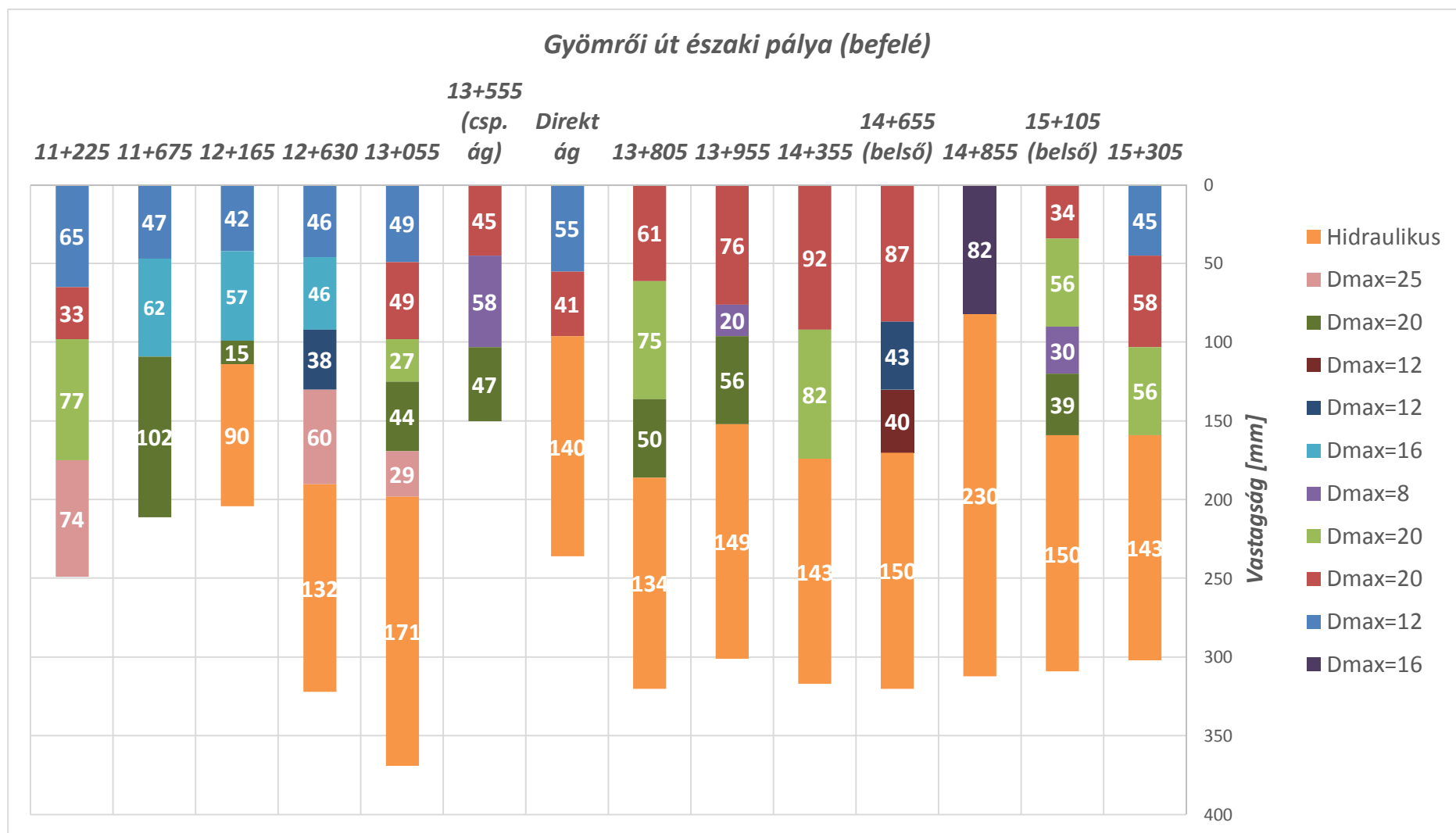
5. táblázat: A keréknyomképződés vizsgálati eredmények küszöbértéke (korábbi előírás)

4.1.3 Összetétel vizsgálat

Elsősorban a remix technológiák alkalmazhatóságának vizsgálata érdekében meghatározásra kerültek az esetlegesen érintett rétegek összetételi jellemzői, az alábbiak szerint:

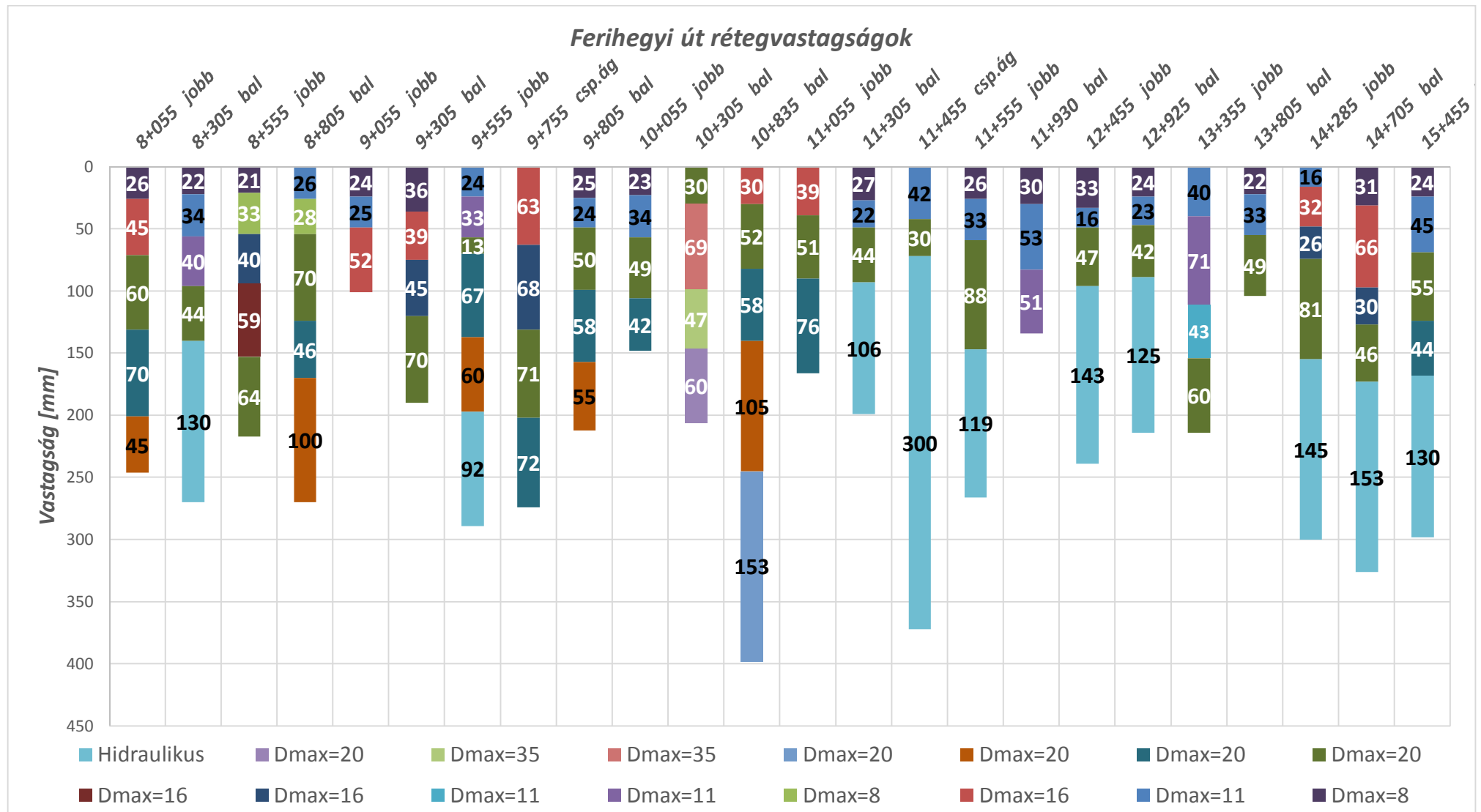
- oldható kötőanyag-tartalom az MSZ EN 12697-1:2006 szabvány szerint,
- szemeloszlás az MSZ EN 12697-2:2002+A1:2008 szerint,
- testsűrűség az MSZ EN 12697-6:2003+A1:2008, B módszer szerint,
- hézagmentes testsűrűség az MSZ EN 12697-5:2002+A1:2008 A módszer szerint,
- burkolati hézag tartalom az MSZ EN 12697-8:2003 szerint.

Ezen eredményeket pályánként az alábbi ábrák, táblázatok tartalmazzák.

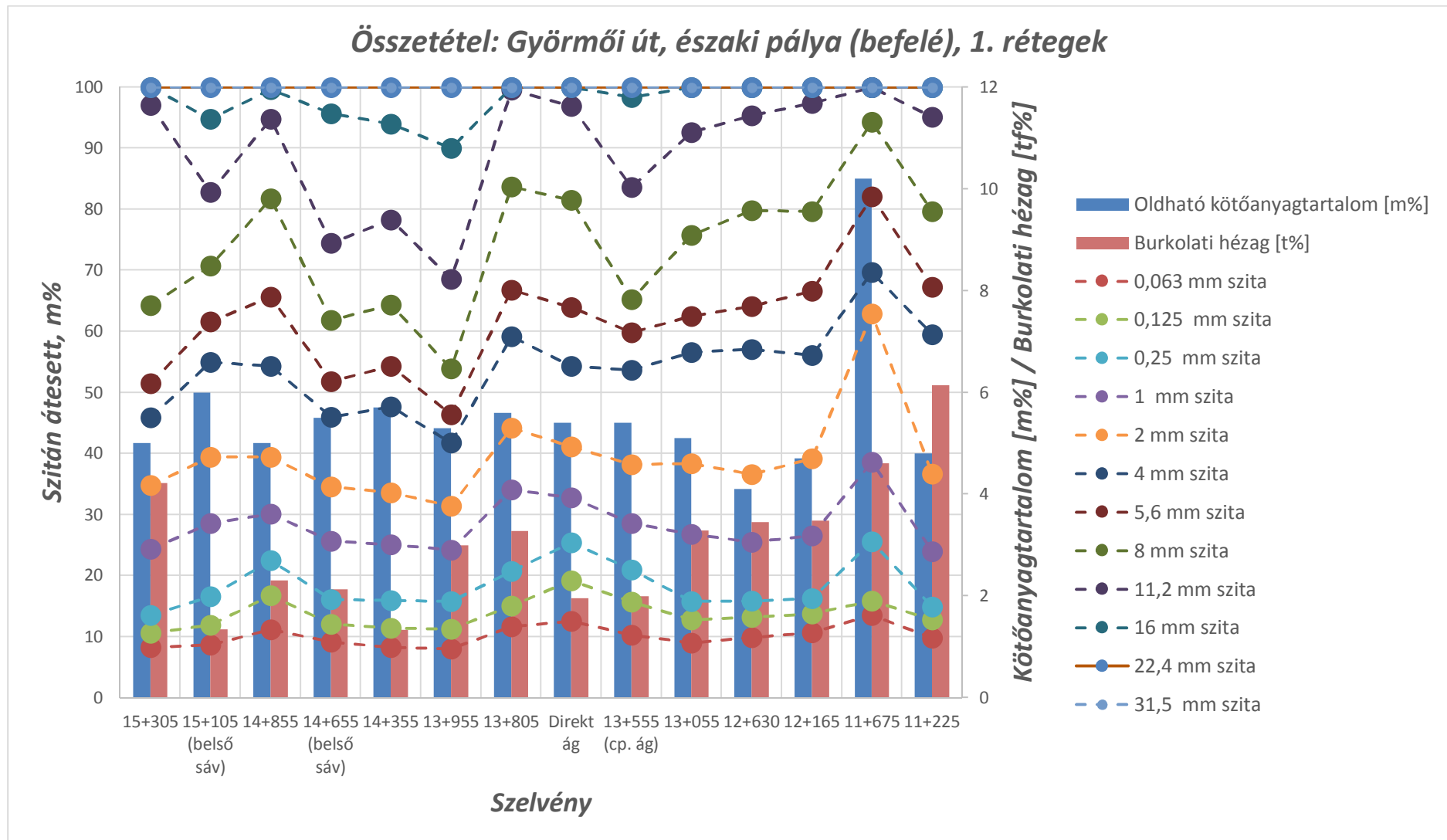


6. táblázat: Aszfalt pályaszerkezeti rétegvastagságok– Gyömrői út északi oldal

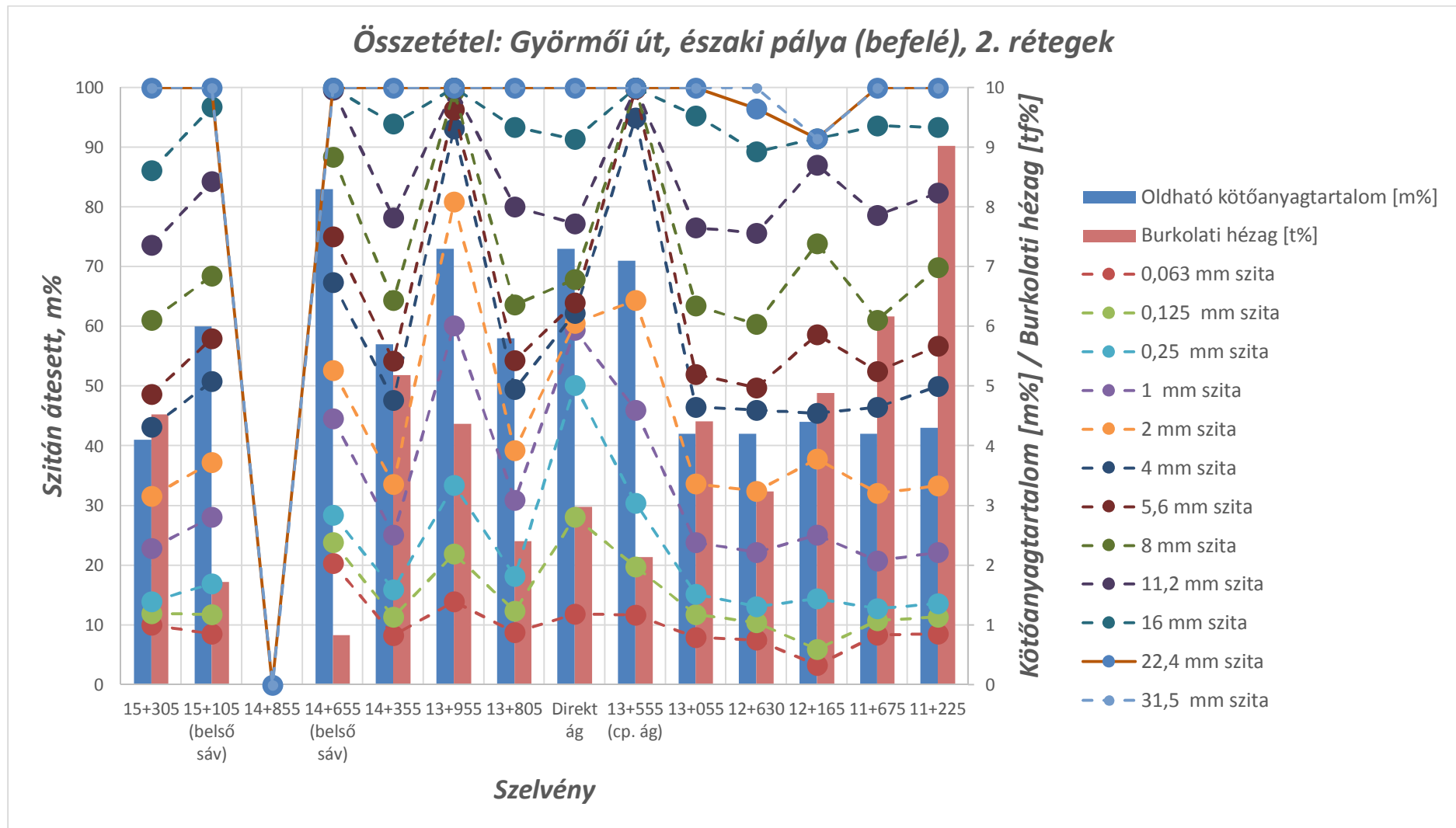
53



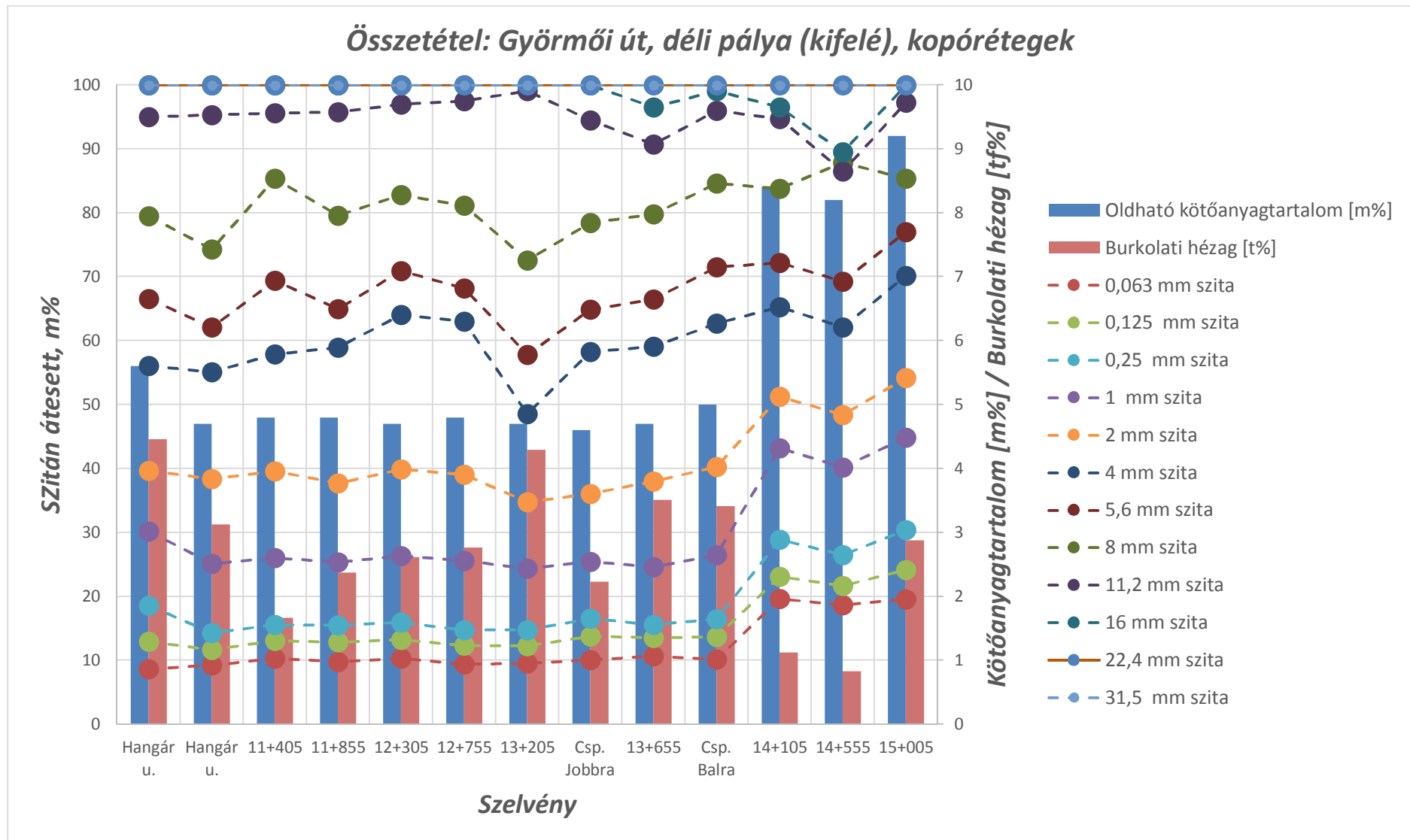
8. táblázat: Aszfalt pályaszerkezeti rétegvastagságok – Ferihegyi út



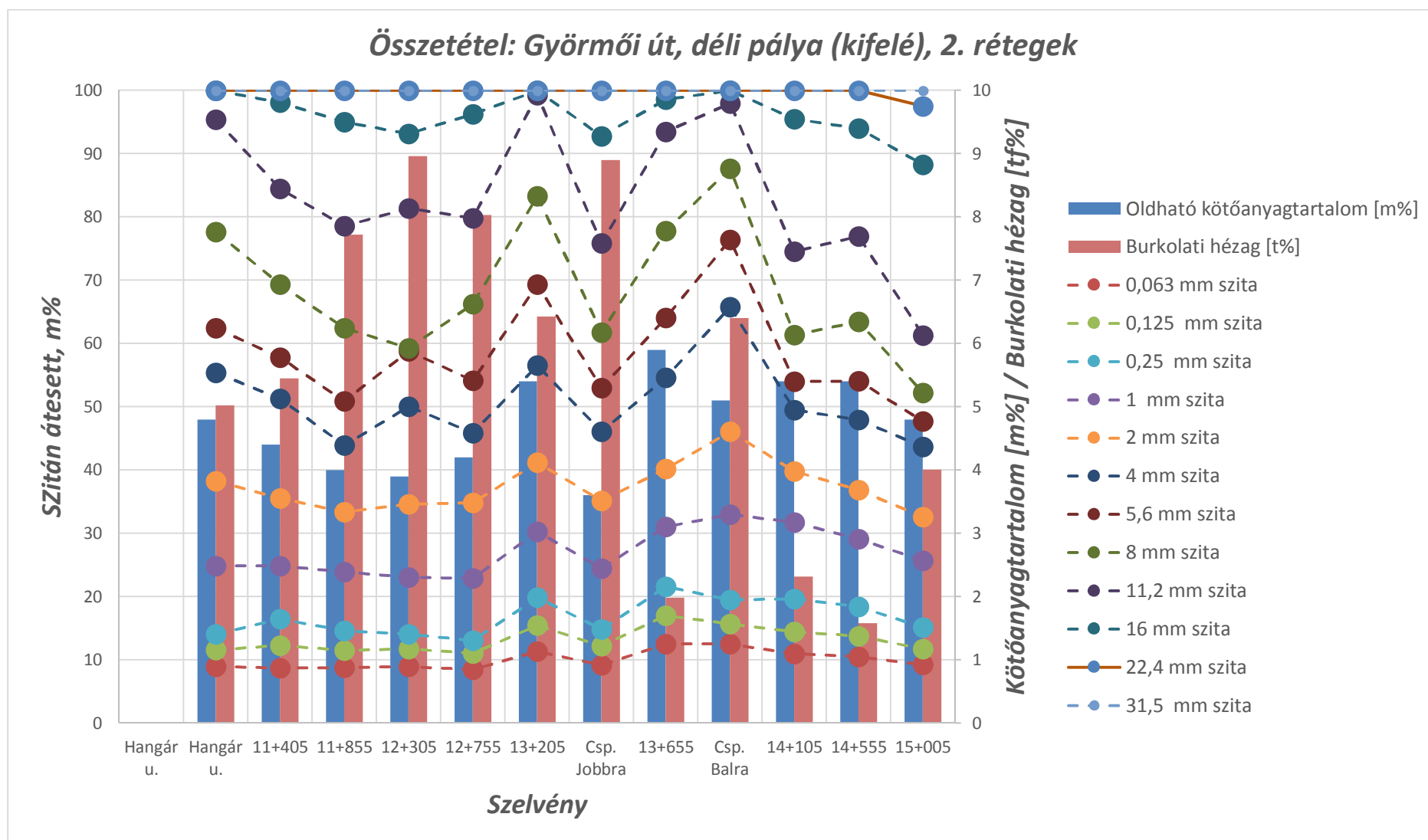
9. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út északi oldal – 1. réteg



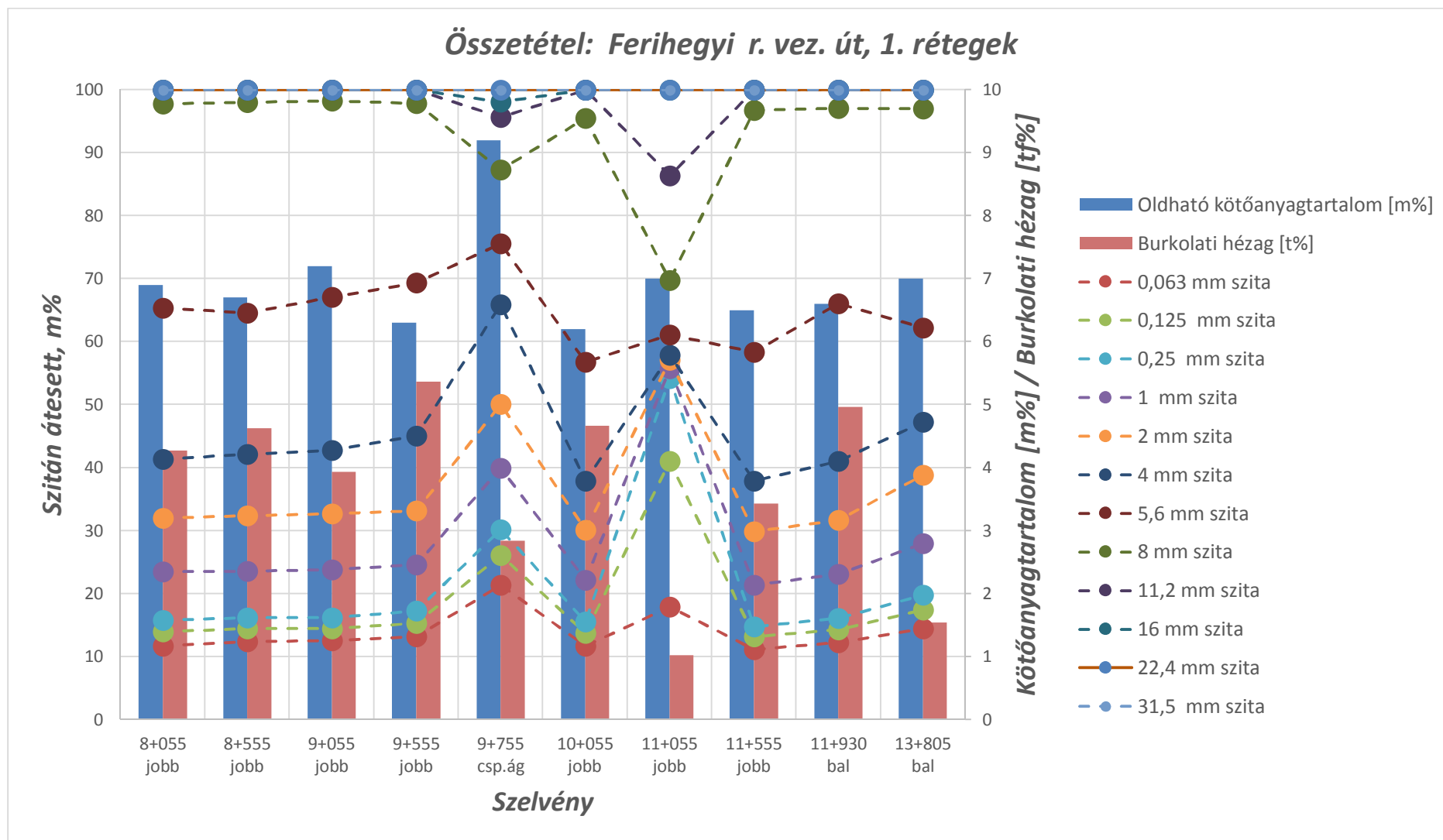
10. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út északi oldal – 2. réteg



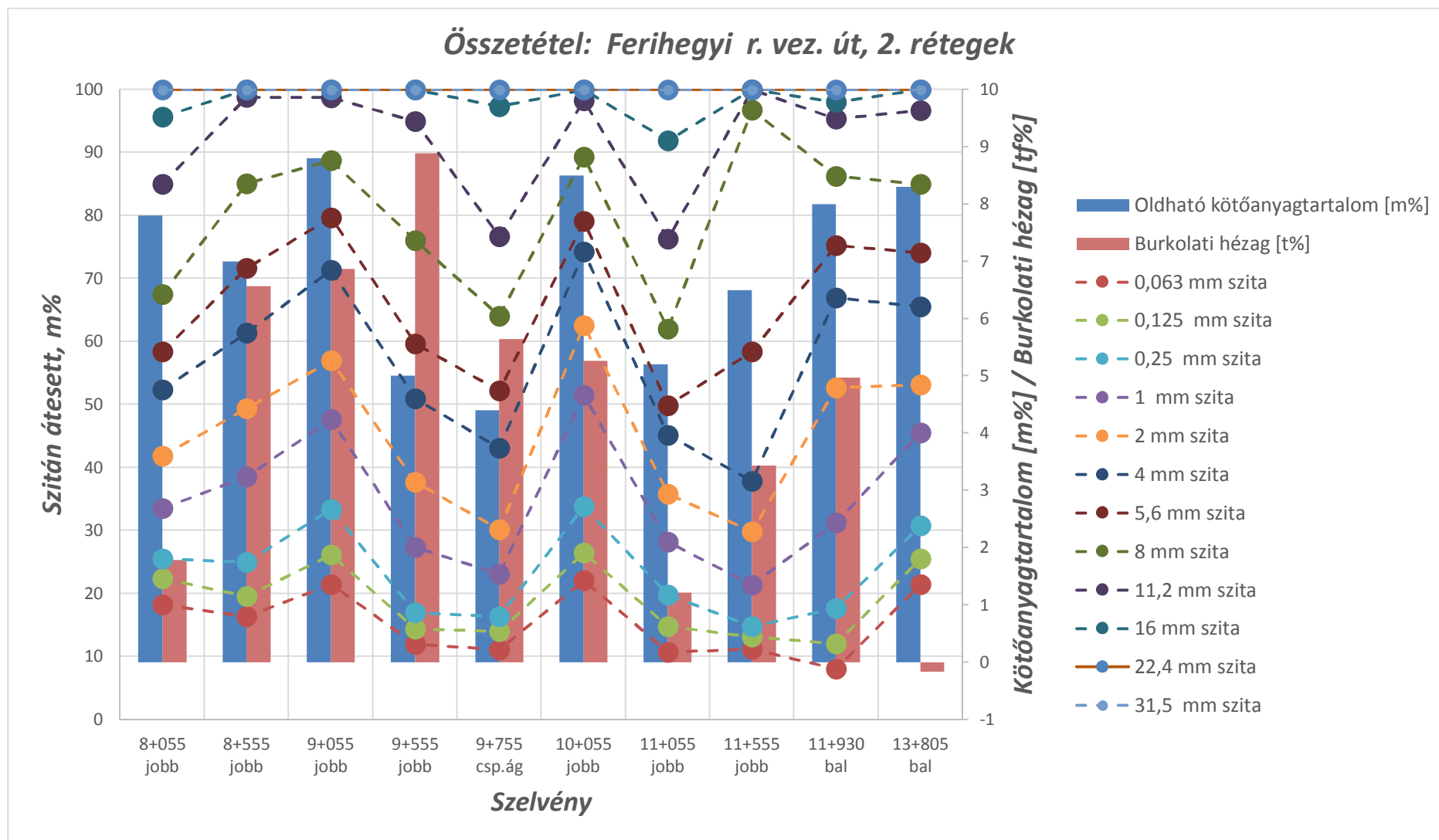
11. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út déli oldal – 1. réteg



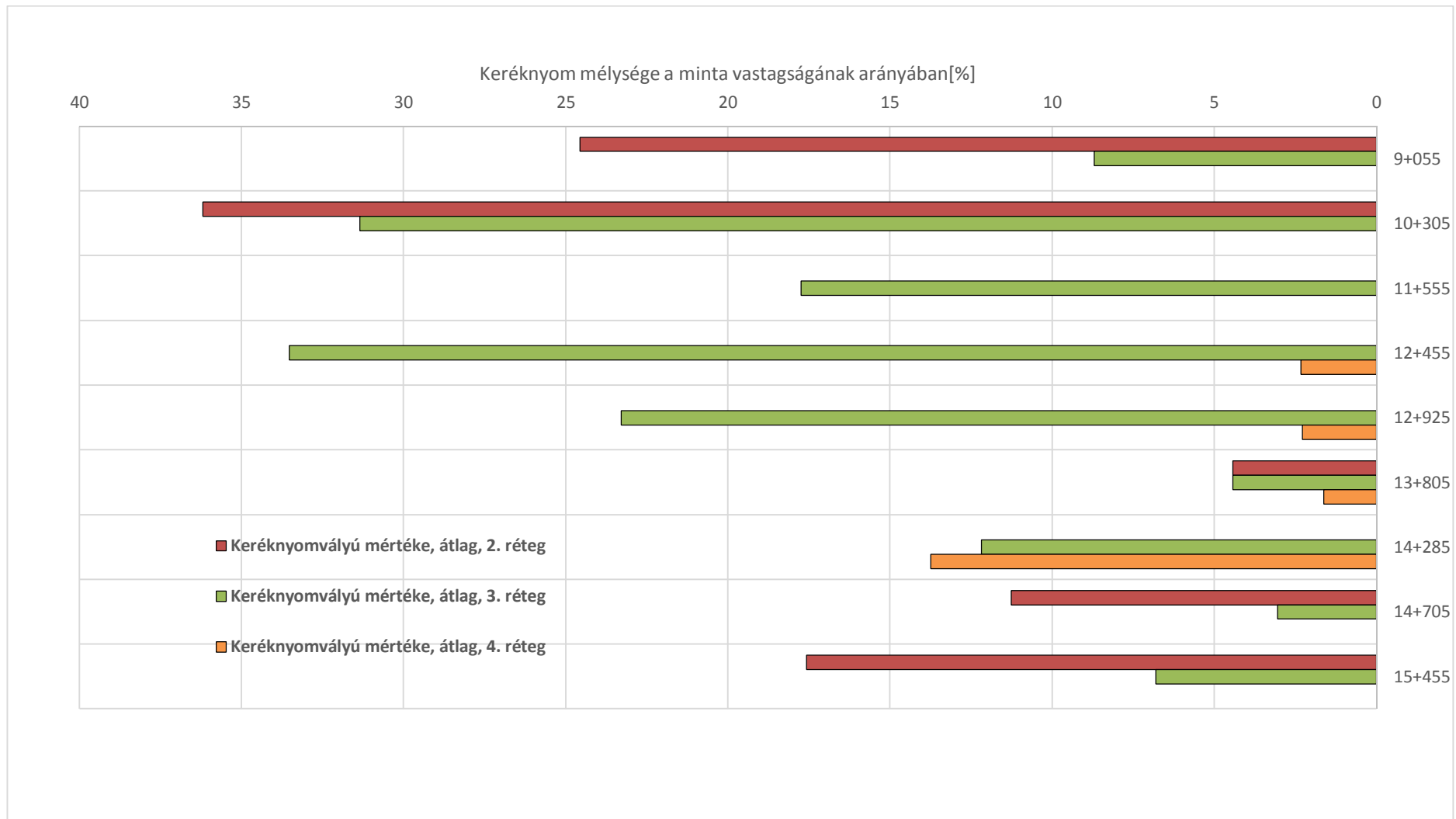
12. táblázat: Összetétel (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Gyömrői út déli oldal – 2. réteg



13. táblázat: Összetétel, 1. réteg (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Ferihegyi út



14. táblázat: Összetétel, 2. réteg (szemeloszlás, kötőanyag- és hézagtartalom) – Ferihegyi út



15. táblázat: A keréknyomképződés vizsgálati eredmények – Ferihegyi út

5 Az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek megerősítésének méretezése

5.1 A tervezési forgalom meghatározása

Az e-UT 06.03.13 előírás 4.2.2. pontja alapján a tervezési forgalom az összevont járműkategóriák alapján határozható meg. A tervezési forgalom meghatározásához az autóbusz (egyes és csuklós), a nehéz tehergépkocsi (össztömeg > 7,5 tonna), a pótkocsis tehergépkocsi valamint a nyerges tehergépkocsi járműkategóriákat kell figyelembe venni. A tervezési forgalom az alábbi összefüggésekkel számítható:

$$TF = z \cdot 1,25 \cdot 365 \cdot t \cdot r \cdot s \cdot f_N \cdot (\dot{A}NF_a \cdot e_a + \dot{A}NF_n \cdot e_n + \dot{A}NF_p \cdot e_p + \dot{A}NF_{ny} \cdot e_{ny})$$

vagy:

$$TF = 1,25 \cdot 365 \cdot t \cdot \dot{A}NET$$

ahol:

$$\dot{A}NET = z \cdot r \cdot s \cdot f_N \cdot (\dot{A}NF_a \cdot e_a + \dot{A}NF_n \cdot e_n + \dot{A}NF_p \cdot e_p + \dot{A}NF_{ny} \cdot e_{ny})$$

ahol:

- TF : tervezési forgalom, F100, egységtengely-áthaladás [db],
- $\dot{A}NET$: az egységtengelyek átlagos napi áthaladási száma egy sávban, egy irányban [egységtengely/nap],
- z : az egyes 115 kN-os tengely, a kettős 180 kN-os tengely és az útkímélő 190 kN-os tengely többlet fárasztó hatását figyelembe vevő szorzó, addig, amíg ezeknek megfelelő járműátszámítási szorzók meg nem jelennek [-],
- $1,25$: biztonsági tényező,
- t : tervezési élettartam [év];
autópályákon és kiemelt jelentőségű önkormányzati főutakon: 20 év; országos főutakon és önkormányzati kezelésű főutakon és/vagy gyűjtőutakon: 15 év; országos és önkormányzati kezelésű mellékutakon: 10 év, betonburkolatú autópályákon és főutakon 40 év.
- r : irányszorzó, amelynek segítségével a mindkét irányban adott keresztmetszeti forgalomból az egyik irányú forgalmat számítjuk ki [-],
- s : sávszorzó, amely az egyik irányban vezető forgalmi sávok számától függ [-],
- f_N : a pályaszerkezet-méretezéshez képzett összevont járműosztályok forgalomfejlődési szorzója az e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005] alapján [-],
- $\dot{A}NF_a$: egyes és csuklós autóbuszok [jármű/nap],
- e_a : járműátszámítási szorzó, egyes és csuklós autóbusz,
- $\dot{A}NF_n$: egyes nehéz tehergépkocsik [jármű/nap],
- e_n : járműátszámítási szorzó, egyes nehéz tehergépkocsik,
- $\dot{A}NF_p$: pótkocsis tehergépkocsik [jármű/nap],
- e_p : járműátszámítási szorzó, pótkocsis tehergépkocsik,
- $\dot{A}NF_{ny}$: nyerges szerelvények [jármű/nap],
- e_{ny} : járműátszámítási szorzó, nyerges szerelvények.

A pályaszerkezet méretezése során az előírás értelmében a nehézgépjármű-forgalom fejlődésének figyelembe vételére a nehézgépjármű-kategóriára vonatkozó forgalomfejlődési szorzót kell használni, amely a méretezés során az összes nehézgépjármű osztályra érvényesnek tekintendő. A forgalomfejlődési szorzót a forgalomba helyezés évétől számított „t” tervezési élettartam felének évére kell kiszámolni, 2000-es bázisévre vonatkoztatva, az e-UT 02.01.31 szerint. Ez három lépésben történik, az alábbi egyenletek szerint. Első lépésben a meghatározandó az alapév forgalmának viszonya a nullév forgalmához:

$$f_{\text{év}_1/\text{év}_0}^{j,t,k} = a^{j,t,k} \cdot (\text{év}_1 - \text{év}_0)^3 + b^{j,t,k} \cdot (\text{év}_1 - \text{év}_0)^2 + c^{j,t,k} \cdot (\text{év}_1 - \text{év}_0) + d^{j,t,k}$$

Második lépésben a távlati év forgalmának viszonya a nullév forgalmához:

$$f_{\text{év}_2/\text{év}_0}^{j,t,k} = a^{j,t,k} \cdot (\text{év}_2 - \text{év}_0)^3 + b^{j,t,k} \cdot (\text{év}_2 - \text{év}_0)^2 + c^{j,t,k} \cdot (\text{év}_2 - \text{év}_0) + d^{j,t,k}$$

A két arányszám felhasználásával adódik a forgalomfejlődési szorzó:

$$f_N = f_{\text{év}_2/\text{év}_1}^{j,t,k} = \frac{f_{\text{év}_2/\text{év}_0}^{j,t,k}}{f_{\text{év}_1/\text{év}_0}^{j,t,k}}$$

ahol:

- $a^{j,t,k}, b^{j,t,k}$: a forgalomfejlődési függvény paraméterei j-edik járműosztály, t-edik területi
- $c^{j,t,k}, d^{j,t,k}$: egység és k-adik útkategória esetén (d=1,0),
- év_0 : nullév: a szorzók függvényparamétereinek báziséve: 2000,
- év_1 : alapév: a legfrissebb forgalomszámlálási eredmények éve,
- év_2 : távlati év: az az év, amelyre a forgalmat előrebecsüljük.

Az „a”, „b”, „c” és „d” együtthatók az előírásban meghatározott harmadfokú forgalomfejlődési görbék paraméterei a vonatkozó e-UT 02.01.31 előírás alapján.

A számítás során a nehézgépjármű-forgalom hasonló járműtípusokból álló összevont járműosztályokba sorolva kerül figyelembe vételre, melyeket az alábbi 16. táblázat tartalmaz. A táblázat tartalmazza az aszfaltburkolatok méretezéséhez felhasználandó e_i járműátszámítási szorzókat is.

A tervezési forgalom betonburkolatok esetében a vonatkozó e-UT 06.03.15 „Betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezése” előírás alapján, szintén a fentebb bemutatott összefüggés szerint számítandó azzal a különbséggel, hogy az alábbi összefüggés szerint módosított járműátszámítási szorzók felhasználásával történik.

$$e_{i,mod} = e_i^{2,4}$$

<i>Jel</i>	<i>Járműosztály</i>	<i>Járműátszámítási szorzó aszfaltburkolatokhoz, „e”</i>	<i>Módosított járműátszámítási szorzó betonburkolatokhoz, „e_{mod}”</i>
B	Egyes és csuklós autóbuszok	1,3	1,88
C	Egyes nehéz tehergépkocsik (össztömeg > 7,5 tonna)	0,6	0,29
D	Pótkocsis tehergépkocsik	1,6	3,09
E	Nyerges szerelvények	1,7	3,57

16. táblázat: Az összevont járműosztályok járműátszámítási szorzója

A tervezési forgalom értéke alapján az útszakasz forgalmi terhelési osztályba sorolandó az e-UT 06.03.13 előírás 4.1 táblázata alapján (17. táblázat).

<i>Jel</i>	<i>Forgalmi terhelési osztály</i>	<i>Tervezési forgalom, TF (F100, millió db)</i>
A	Nagyon könnyű	$0,03^{1)} < TF \leq 0,1$
B	Könnyű	$0,1 < TF \leq 0,3$
C	Közepes	$0,3 < TF \leq 1,0$
D	Nehéz	$1,0 < TF \leq 3,0$
E	Nagyon nehéz	$3,0 < TF \leq 10,0$
K	Különösen nehéz	$10,0 < TF \leq 30,0$
R	Rendkívül nehéz	$> 30,0$

17. táblázat: A forgalmi terhelési osztályok megnevezése

5.2 A megerősítés méretezése behajlásmérés alapján

Egy adott útszakaszra, vagy annak homogén rész-szakaszaira, vonatkozó felújítási technológiát, illetve az alternatív felújítás-technológiai változatokat, a számított TF tervezési forgalomnak megfelelően a teherbírasi adatok, a burkolatállapot jellemzők, a meglévő aszfalt pályaszerkezet három felső rétegének plasztikus deformációs ellenállása, mint főbb jellemzők ismeretében kell megtervezni. A behajlás alapján történő megerősítés-méretezés elvét és gyakorlatát az e-UT 06.03.13 előírás rögzíti.

5.2.1 A megengedett behajlás meghatározása

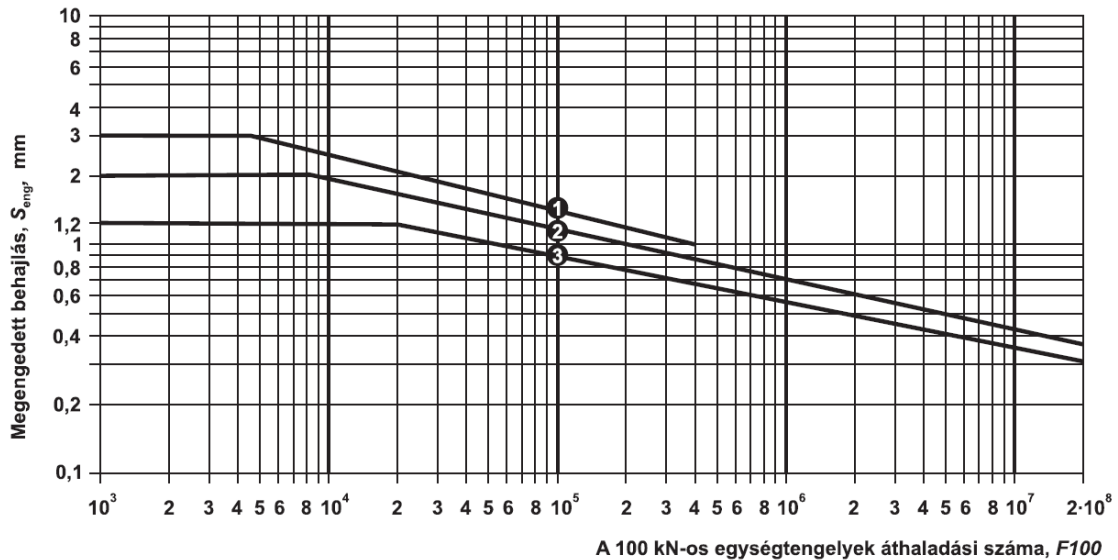
Az érintett útszakaszon (eltérő forgalmi terhelésű szakaszok esetén egy-egy rész-szakaszon) a tervezési forgalom függvényében meghatározandó a pályaszerkezet megengedett behajlása, az e-UT 06.03.13 előírás 7.1 ábrája alapján.

Az ábrán látható fáradási egyenesek egyenlete az alábbi.

$$s_{eng} = a \cdot (N)^{-\frac{1}{b}}$$

ahol:

- s_{eng} : a megengedett behajlás [mm],
 N : a 100 kN-os egységtengelyek áthaladási száma,
 a, b : a fáradási egyenes állandói, a pályaszerkezet típusától függően:
 - különösen hajlékony: $a=25$; $b=4$;
 - hajlékony: $a=14,5$; $b=4,55$;
 - félig merev: $a=9$; $b=5$.



7.1. ábra – A megengedett behajlások (s_{eng} , mm) értékei a tervezési forgalom (TF) függvényében

- ① – Különösen hajlékony pályaszerkezet ② – Hajlékony pályaszerkezet
 ③ – Félig merev pályaszerkezet

43. ábra: A megengedett behajlás és a tervezési forgalom összefüggése

5.2.2 A mértékadó behajlások meghatározása

Az érintett útszakaszt a teherbírás szempontjából homogén szakaszokra kell felbontani, amelyhez a kumulatív szumma függvény alkalmazása célszerű. A kumulatív szumma módszer az adott mérési pontnak az átlagtól való eltérését mutatja meg, mely eltérések kumulálásával a homogén szakaszok határolhatóak le a tervezési szakaszon belül.

Egy-egy homogén szakasz teherbírása statisztikai értelemben állandónak vehető, így behajlás alapján felújítási technológia is egy-egy homogén szakasz (egészére) vonatkozik.

A kumulatív szummát az alábbiak szerint kell meghatározni:

$$S_1 = x_1 - x_m$$

$$S_2 = x_2 - x_m + S_1$$

$$S_i = x_i - x_m + S_{i-1}$$

ahol:

- x_i : adott szelvényben mért behajlás értéke [μm],
- x_m : a mért behajlások átlagértéke [μm],
- S_i : a kumulatív szumma függvény pontja adott mérési szelvényben [μm].

A homogén szakaszok határai az S_i kumulatív szumma függvényre illesztett érintők meredekségének változásánál jelölendők ki. A mértékadó behajlás értéke homogén szakaszonként számítandó az alábbi összefüggés szerint.

$$s_m = s_a + u \cdot s_s$$

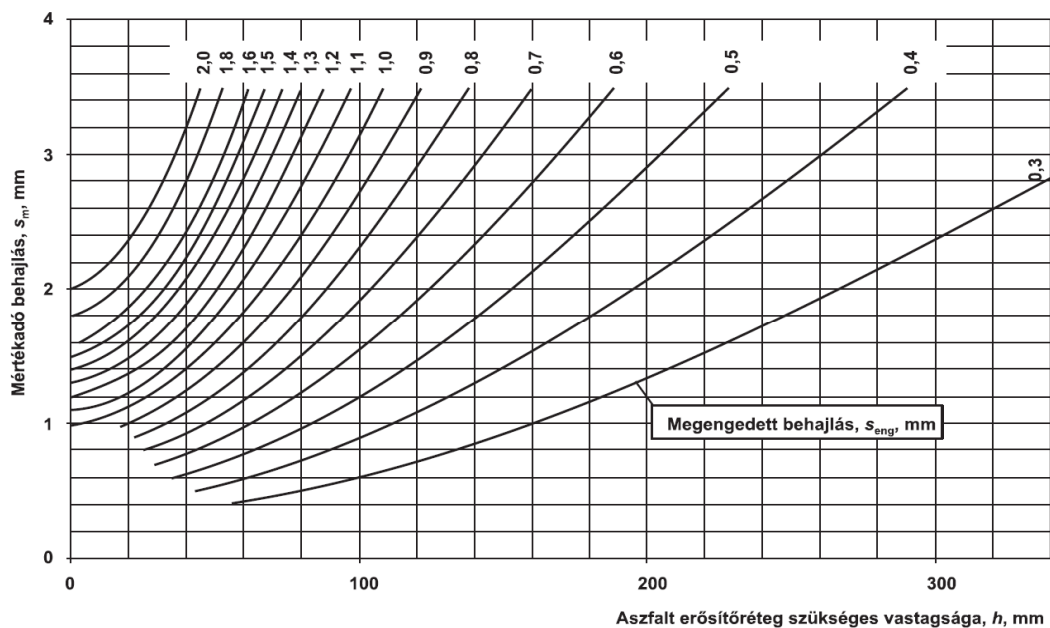
ahol:

- s_a : a behajlások átlaga [mm],
- s_s : a behajlások szórása [mm],
- u : valószínűségi szorzó, forgalmi terhelési osztálytól függően
[A, B, C esetén $u=1,28$; D-R esetén $u=1,64$]

A Megbízótól kapott behajlásértékek korrigált statikus behajlások, mm-ben, így azok a számítások során közvetlenül felhasználhatók.

5.2.3 Az erősítőréteg vastagságának meghatározása

Az s_{eng} megengedett behajlás és az adott szakasz s_m mértékadó behajlás értékei alapján grafikonról határozható meg az aszfalt erősítőréteg szükséges vastagsága mm-ben (44. ábra), 5 mm-re felfelé kerekítve.



44. ábra: A szükséges aszfalt-megerősítések vastagságának meghatározása

5.3 Méretezés az összehasonlító módszer alapján

Amennyiben a mértékadó behajlás túl kicsi, és a megerősítés méretezése nem végezhető el a behajlások alapján, de a burkolat (állapota) láthatóan az élettartama végéhez közeli, alkalmazható az e-UT 06.03.13 előírás 7.3.2 pontja szerinti összehasonlító módszer, feltéve, hogy az érintett útszakasz forgalmi terhelési osztálya legalább „D”, Nehéz. (17. táblázat). A két módszerrel kapott erősítőréteg-vastagságok közül a nagyobbik vastagságot kell beépíteni. Az összehasonlító módszer lényege, hogy a meglévő pályaszerkezetet feltárva, az annak legjobban megfelelő, e-UT 06.03.13 előírásban szereplő új típus pályaszerkezettel hasonlítjuk össze a hatékony szerkezetvastagságot. Az így meghatározható erősítőréteg vastagság nem más, mint az új szerkezet aszfaltréteg vastagságának és a meglévő szerkezet hatékony aszfaltréteg vastagságának különbsége.

A hatékony aszfaltvastagság az alábbi képlettel számítható:

$$h_{ae} = v \cdot h_a$$

ahol:

h_{ae} : a meglévő szerkezet hatékony aszfaltvastagsága [cm]

v : a burkolat állapotától függő csökkentő tényező [-]

h_a : a meglévő tényleges aszfaltréteg vastagsága [cm].

A meglévő pályaszerkezet alaprétégének vastagsága eltérhet az új pályaszerkezet alaprétégének vastagságától. Ha a rendelkezésre álló alapréteg-vastagság nagyobb, mint a típus-pályaszerkezetben adott alapréteg-vastagság, akkor azt tartalék vastagságként kell értelmezni. Ellenkező esetben a hiányzó alapréteg vastagságot aszfalttal pótoljuk, az alapréteg anyagától függően. Az aszfalt erősítőréteg szükséges vastagsága így az alábbi képlet szerint számítható:

$$\Delta h_a = h_{au} - h_{ae} + h_{ap}$$

ahol:

Δh_a : a aszfalt erősítőréteg szükséges vastagsága [mm],

h_{au} : az új tervezésű típus-pályaszerkezetben szereplő aszfaltvastagság [mm]

h_{ae} : a meglévő pályaszerkezetben rendelkezésre álló hatékony aszfaltvastagság [mm]

h_{ap} : a meglévő pályaszerkezetben az új tervezésű pályaszerkezethez képest vékonyabb alapréteg pótlására szolgáló aszfaltvastagság [mm].

Az alapréteg pótlására szolgáló aszfalt vastagsága minden 50 mm-es alapréteg hiány esetén:

- kötőanyag nélküli szemcsés alap esetén 10 mm aszfalt,
- hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteg esetén 30 mm aszfalt,
- soványbeton alap esetén 40 mm aszfalt.

5.4 Aszfalt pályaszerkezeti rétegek megválasztásának szempontjai

A forgalmi terhelési osztály ismeretében, a tervezhető aszfaltkeverékek kiválasztásához meghatározandó az út igénybevételi kategóriája, a 18. táblázat szerint (e-UT 06.03.21 előírás 1. táblázat).

<i>A forgalomlefordulás jellege</i>	<i>A forgalmi terhelési osztály</i>						
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>K</i>	<i>R</i>
Szabad forgalmi áramlású út, útszakasz	Normál (N)			Fokozott (F)			
Csatornázottan közlekedő forgalommal járt út	Normál (N)			Fokozott (F)			
Kapaszkodósáv							
Szintbeli csomópont járműosztályozója							
Körforgalmú csomópont							
Belterületi főút							
Autóbusz- és trolibuszsáv							

18. táblázat: A forgalmi igénybevételi kategória meghatározása

Az érintett útszakasz igénybevételi osztálya Fokozott (F).

Az egyes igénybevételi osztályokban építhető aszfaltkeverék-típusokat ugyanezen ÚME adja meg, valamint az egyes aszfaltkeverékekből építhető legkisebb és legnagyobb vastagságokat, aszfaltbetonok esetén a 19. táblázat szerint (e-UT 06.03.21 előírás 3. táblázat).

<i>Az aszfalt típusa</i>	<i>Tervezhető legkisebb vastagság [mm]</i>	<i>Egy rétegben építhető legnagyobb vastagság [mm]</i>
AC 16 alap	45	80
AC 22 alap, AC 22 alap (F), AC 22 alap (mF)	70	120
AC 32 alap, AC 32 alap (F), AC 32 alap (mF)	90	140
AC 11 kötő	35	50
AC 11 kötő (kiegyenlítőréteggént építve)	25	60
AC 16 kötő (mNM)	50	80
AC 22 kötő, AC 22 kötő (F), AC 22 kötő (mF), AC 22 kötő (NM), AC 22 kötő (mNM)	70	120
AC 4 kopó (csak kerékpár- és gyalogútra)	15	30
AC 8 kopó	25	40 (45)
AC 8 kopó (kiegyenlítőréteggént építve)	20	40
AC 11 kopó	35	50 (55)
AC 11 kopó (kiegyenlítőréteggént építve)	25	60
AC 11 kopó (F), AC 11 kopó (mF)	35	50 (65)
AC 16 kopó (F), AC 16 kopó (mF)	50	60 (80)
SMA 8 (mF)	25	45
SMA 11 (mF)	35	50 (60)

19. táblázat: Legkisebb és legnagyobb vastagságok aszfaltbeton rétegek esetén

6 A felújítás-technológia tervezése

6.1 A tervezési forgalom számítása, ÜME szerinti forgalomfejlődéssel

6.1.1 Forgalmi alapadatok

A Megbízótól kapott 2017. évi forgalomszámlálási eredményekből származtatott nehézforgalmi adatok az alábbiak:

Gyömrői út – 2x3 sávós szakasz Budapest felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
159	168	251	247
Gyömrői út – 2x3 sávós szakasz Repülőtér felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
174	165	279	204

20. táblázat: Nehézforgalmi adatok, Gyömrői út

Ferihegyi út – 2x3 sávós szakasz Budapest felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
0	0	98	39
Ferihegyi út – 2x3 sávós szakasz Repülőtér felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
0	0	98	50

21. táblázat: Nehézforgalmi adatok, Ferihegyi repülőtérre vezető út

Fentiek alapján a mértékadó keresztmetszetben, egybeépített pálya esetében a mértékadó forgalom, aszfaltburkolat építése esetén:

2x3 sávós szakasz – mértékadó keresztmetszet Budapest felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
159	168	349	286
2x3 sávós szakasz – mértékadó keresztmetszet Repülőtér felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
174	165	377	254

22. táblázat: Nehézforgalmi adatok pályaszerkezet méretezéshez, 2x3 sávós szakaszok

Ferihegyi út – kétsávos szakasz Budapest felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
0	0	202	280
Ferihegyi út – kétsávos szakasz Repülőtér felé			
nehéz tehergépkocsi	pótkocsis és nyerges szerelvények	szóló buszok	csuklós buszok
0	0	206	273

23. táblázat: Nehézforgalmi adatok pályaszerkezet méretezéshez, Ferihegyi repülőtérre vezető út, 2 sávos szakasz

6.1.2 A tervezési forgalom számítása aszfaltburkolat esetében

Az 5.1. fejezetben bemutatottak alapján számított tervezési forgalom számításának alapadatai:

- tervezési élettartam: $t=15$ év,
- forgalomfejlődési szorzó, 2020. évi forgalomba helyezést feltételezve: $f_N=1,32$,
- sávszorzó $s=0,9$,
- irányszorzó $r=1,0$ (az irányonkénti forgalmakat külön számítjuk).

A tervezési forgalom 2x3 sávos szakaszok esetében, irányonként:

- 2x3 sávos szakaszok, Budapest felé:

$$TF = 14\,575\,354 \text{ db. egységtengely}$$

- 2x3 sávos szakasz, Repülőtér felé:

$$TF = 14\,561\,364 \text{ db. egységtengely}$$

A forgalmi terhelési osztály mindkét esetben **„K”, különösen nehéz.**

A tervezési forgalom a Ferihegyi repülőtérre vezető út esetében:

$$TF = 8\,469\,815 \text{ db. egységtengely}$$

A forgalmi terhelési osztály mindkét esetben **„E”, nagyon nehéz.**

6.1.3 A tervezési forgalom számítása betonburkolat esetében

Az 5.1. fejezetben bemutatottak alapján számított tervezési forgalom számításának alapadatai:

- tervezési élettartam: $t=40$ év,
- forgalomfejlődési szorzó, 2020. évi forgalomba helyezést feltételezve: $f_N=1,80$,
- sávszorzó $s=0,9$,
- irányszorzó $r=1,0$ (az irányonkénti forgalmakat külön számítjuk).

A tervezési forgalom 2x3 sávok szakaszok esetében, irányonként:

- 2x3 sávok szakaszok, Budapest felé:

$$\underline{TF = 79\,771\,952 \text{ db. egységtengely}}$$

- 2x3 sávok szakasz, Repülőtér felé:

$$\underline{TF = 79\,190\,809 \text{ db. egységtengely}}$$

A forgalmi terhelési osztály mindkét esetben **„R”, különösen nehéz**.

A tervezési forgalom a Ferihegyi repülőtérre vezető út esetében:

$$\underline{TF = 44\,593\,542 \text{ db. egységtengely}}$$

A forgalmi terhelési osztály mindkét esetben **„R”, nagyon nehéz**.

6.2 A tervezési forgalom számítása, EFM szerinti forgalomfejlődéssel

Megrendelői kérésre az előzetes költségbecslések alapján kiválasztott változatok esetére a méretezés elvégzésre került az Egységes Forgalmi Modell (EFM) alapján számított forgalomfejlődési szorzók feltételezésével is. A projektív módszerrel kapott szorzókat a Megbízó bocsátotta rendelkezésre, az alábbi táblázat szerint.

I. r. főút	EFM 2014.	2017.	EFM 2020.	2020.	Lin. Interpol. 2028.	EFM 2030.	2030.
szgk.	1	1,02	1,04	1,02	1,05	1,07	1,06
J1T	1	1,10	1,20	1,09	1,16	1,30	1,18
J2T	1	1,10	1,19	1,09	1,17	1,30	1,19
J3T	1	1,10	1,20	1,09	1,30	1,50	1,36
J4T	1	1,11	1,23	1,10	1,33	1,55	1,39
busz	1	1	1	1	1	1	1

II. r. főút	2014.	2017.	2020.	2020.	2028.	2030.	2030.
szgk.	1	1,02	1,05	1,02	1,04	1,08	1,05
J1T	1	1,11	1,23	1,10	1,19	1,35	1,21
J2T	1	1,11	1,22	1,10	1,19	1,35	1,22
J3T	1	1,12	1,24	1,11	1,34	1,56	1,40
J4T	1	1,11	1,22	1,10	1,32	1,53	1,38
busz	1	1	1	1	1	1	1

Gyűjtőút	2014.	2017.	2020.	2020.	2028.	2030.	2030.
szgk.	1	1,02	1,04	1,02	1,03	1,05	1,04
J1T	1	1,10	1,21	1,09	1,17	1,31	1,19
J2T	1	1,10	1,21	1,09	1,18	1,33	1,20
J3T	1	1,11	1,22	1,10	1,32	1,52	1,37
J4T	1	1,12	1,24	1,11	1,34	1,57	1,40
busz	1	1	1	1	1	1	1

24. táblázat: EFM szerinti forgalomfejlődési szorzók (forrás: Megbízó)

Fentiek közül a keretezett rész szerinti, I. rendű főutakra vonatkozó táblázatrész szerinti szorzók alkalmazhatóak jelen méretezés során, a Megbízó által szolgáltatott friss forgalomszámlálási adatoknak a tervezési élettartam felére való számítás során, azaz a hatályos ÚME szerinti f_N szorzókkal analóg módon.

Fentiek szerint, a Tervezési Forgalom számítása során:

- J3T kategóriába soroljuk a nehéz tehergépkocsikat,
- J4T kategóriába soroljuk a pótkocsi és nyerges szerelvényeket,

- a buszokat egységesen 1,0 forgalomfejlődési szorzóval vesszük figyelembe.

6.2.1 A tervezési forgalom számítása aszfaltburkolat esetében

Az 5.1. fejezetben bemutatottak alapján számított tervezési forgalom számításának alapadatai:

- tervezési élettartam: $t=15$ év,
- forgalomfejlődési szorzók az EFM szerint kerülnek megállapításra (24. táblázat),
- sávszorzó $s=0,9$,
- irányorzó $r=1,0$ (az irányonkénti forgalmakat külön számítjuk).

A tervezési forgalom 2x3 sávós szakaszok esetében, irányonként:

- 2x3 sávós szakaszok, Budapest felé:

$$\underline{TF = 12\,178\,895 \text{ db. egységtengely}}$$

- 2x3 sávós szakasz, Repülőtér felé:

$$\underline{TF = 12\,178\,124 \text{ db. egységtengely}}$$

A forgalmi terhelési osztály mindkét esetben **„K”, különösen nehéz.**

A tervezési forgalom a Ferihegyi repülőtérre vezető út esetében:

$$\underline{TF = 6\,432\,441 \text{ db. egységtengely}}$$

A forgalmi terhelési osztály mindkét esetben **„E”, nagyon nehéz.**

6.3 Pályaszerkezet méretezés behajlásokon alapuló módszerrel – Gyömrői út

6.3.1 Behajlásmérési adatok feldolgozása

A Megrendelő Lacroix mérőkocsival végzett behajlásmérési eredményeket rendelkezésre bocsátott a Gyömrői út érintett szakaszára, mindkét pályára. Az adatok feldolgozása során előzetesen külön elemzésre került a jobb és bal kerék alatt mért adatsor átlaga, varianciája, majd az átlagtól a szórás kétszeresénél jobban eltérő adatok szűrésre kerülnek. A szűrt adatsor alapján megállapításra kerül mindkét kerék esetében a mértékadó behajlás (25. táblázat, 26. táblázat). A további vizsgálatokra a nagyobb mértékadó behajlással rendelkező adatsor kerül kiválasztásra.

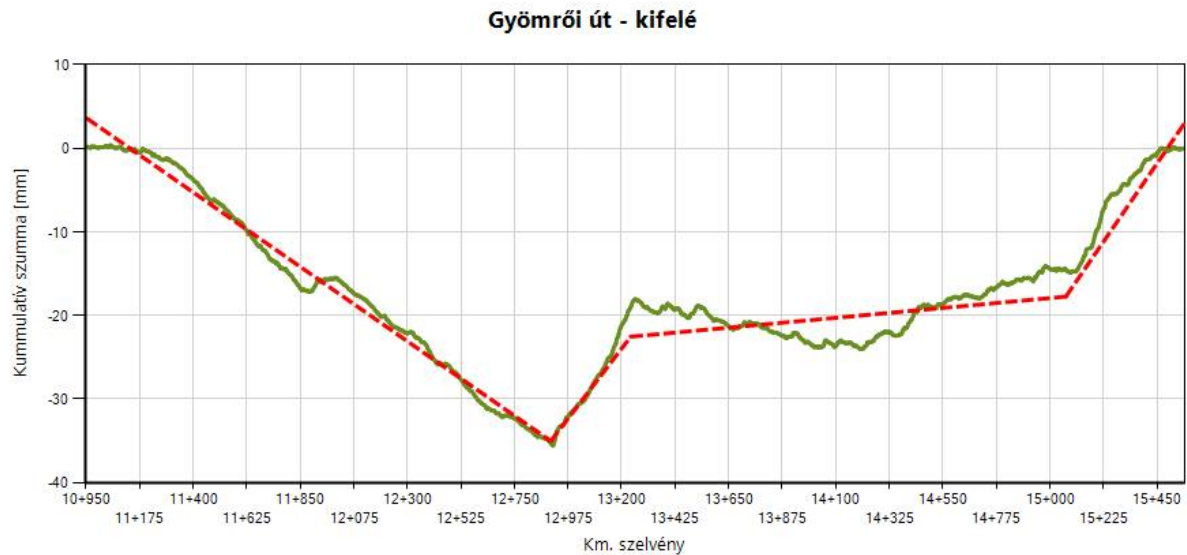
Gyömrői út északi oldal, haladó sáv		
	Bal kerék	Jobb kerék
Eredeti adatsor:		
Átlag	0,25	0,37
Szórás	0,11	0,15
Variancia	0,44	0,40
Átlag - 2x szórás	0,03	0,08
Átlag + 2 x szórás	0,47	0,67
Kiugró értékek:	3,21%	5,13%
Kiugró értékek szűrése után:		
Átlag	0,24	0,35
Szórás	0,08	0,12
Mértékadó	0,38	0,61

25. táblázat: Jobb és bal kerék alatt mért behajlások vizsgálata, Gyömrői út északi oldal

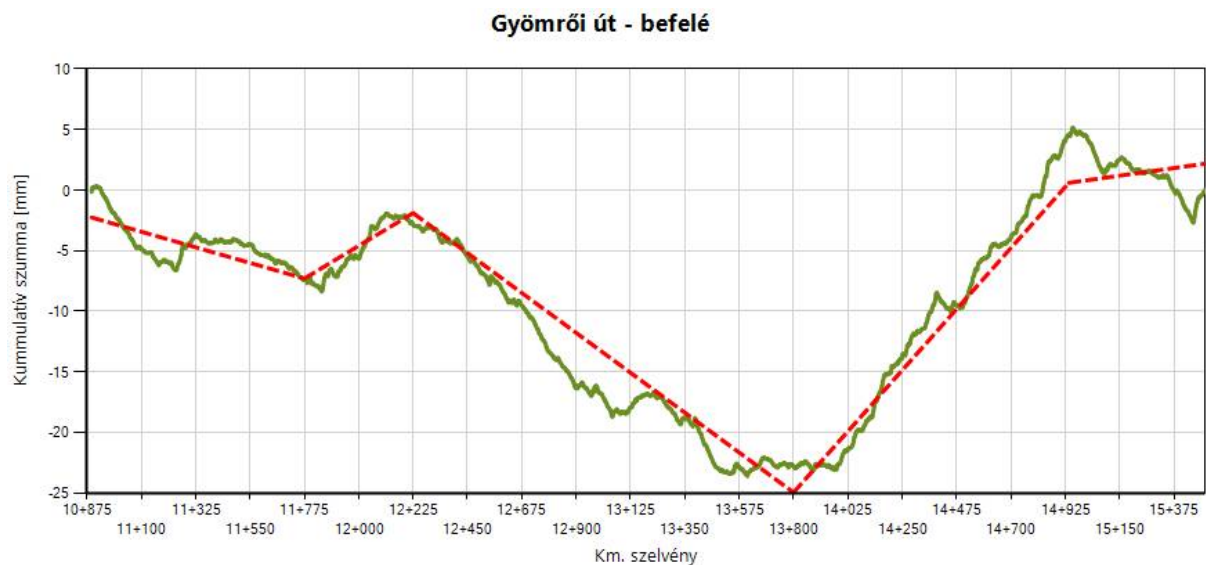
Gyömrői út déli oldal, haladó sáv		
	Bal kerék	Jobb kerék
Eredeti adatsor:		
Átlag	0,24	0,36
Szórás	0,10	0,18
Variancia	0,43	0,50
Átlag - 2x szórás	0,04	0,00
Átlag + 2 x szórás	0,45	0,72
Kiugró értékek:	4,33%	2,25%
Kiugró értékek szűrése után:		
Átlag	0,23	0,35
Szórás	0,08	0,12
Mértékadó	0,36	0,65

26. táblázat: Jobb és bal kerék alatt mért behajlások vizsgálata, Gyömrői út északi oldal

Látható, mindkét pálya esetében a jobb kerék alatt mért behajlások bizonyulnak mértékadónak, így a további elemzések ezek alapján kerülnek elvégzésre. A kiválasztott adatsorokra készült kumulatív szumma diagramot az alábbi 45. ábra és 46. ábra mutatja be.



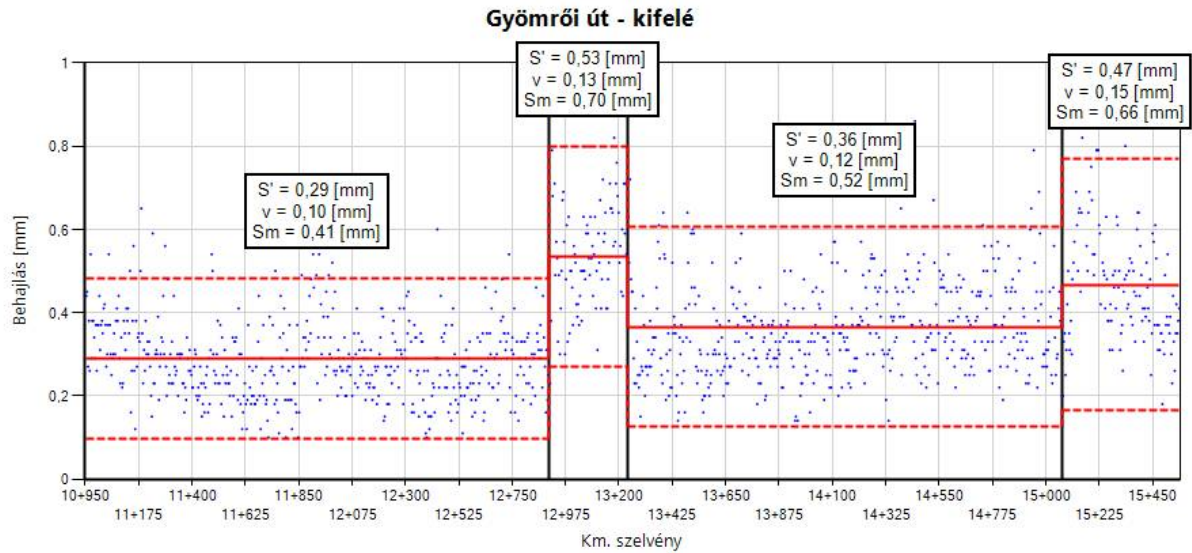
45. ábra: Kumulatív szumma diagram, déli pálya



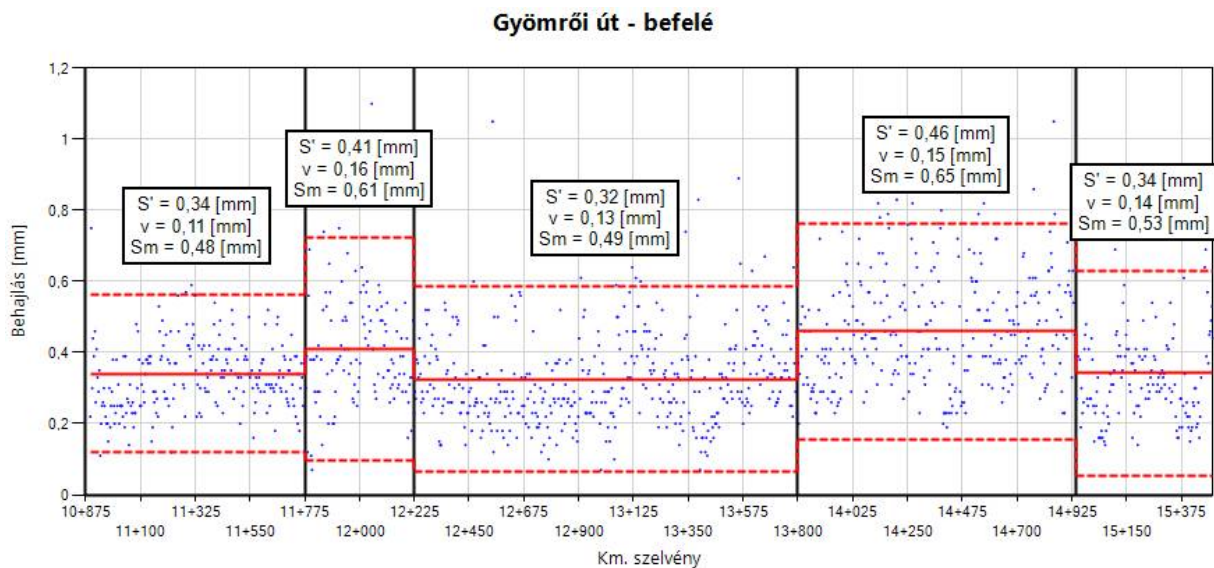
46. ábra: Kumulatív szumma diagram, északi pálya

Az érintett szakaszon láthatóan több, a teherbírás szempontjából homogénnek tekinthető szakasz található.

A 47. ábra és a mért behajlásértékeket mutatja, valamint homogén szakaszonként az adott szakaszon mért behajlások átlagát. Homogén szakaszonként az átlagtól a szórás kétszeresénél jobban eltérő értékeket kiugrónak tekintjük, amelyek a mértékadó behajlások számítása során nem kerülnek figyelembe vételre. A kiugró értékek kiszűrésének határait az ábrán szaggatott vonalak jelzik.



47. ábra: Korrigált statikus behajlási adatok, déli pálya



48. ábra: Korrigált statikus behajlási adatok, északi pálya

6.3.2 Megengedett behajlások számítása

A Megrendelő által biztosított behajlásmérési adatok csak a Gyömrői útra állnak rendelkezésre, így a behajlás alapú méretezés a gyorsforgalmi pályára nem végezhető el.

A megengedett behajlás a Gyömrői úton, ÚME szerinti forgalomfejlődési szorzók esetében:

- 2x3 sávós szakaszok, Budapest felé: $s_{eng} = 0,33 \text{ mm}$
- 2x3 sávós szakasz, Repülőtér felé (déli sáv): $s_{eng} = 0,33 \text{ mm}$

A megengedett behajlás a Gyömrői úton, EFM szerinti forgalomfejlődési szorzók esetében:

- 2x3 sávós szakaszok, Budapest felé: $s_{eng} = 0,34 \text{ mm}$
- 2x3 sávós szakasz, Repülőtér felé (déli sáv): $s_{eng} = 0,34 \text{ mm}$

6.3.3 Erősítőréteg-igények a Gyömrői úton

Fentiek alapján a szükséges erősítőréteg-igényt az alábbi táblázatok tartalmazzák az ÚME szerinti és az EFM szerinti szorzók alkalmazása esetében, külön-külön.

- Gyömrői út, Budapest felé, ÚME szerinti szorzók esetén:

<u>1. homogén szakasz</u> 10+894 - 11+775		<u>2. homogén szakasz</u> 11+775 - 12+224	
A pályaszerkezet típusa: félig merev		A pályaszerkezet típusa: félig merev	
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a 9		- a 9	
- b 5		- b 5	
- N 14 575 354 db. F100		- N 14 575 354 db. F100	
A megengedett behajlás: 0,33 mm		A megengedett behajlás: 0,33 mm	
A mértékadó behajlás: 0,47 mm		A mértékadó behajlás: 0,60 mm	
Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 6,5 cm		Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 9,0 cm	
<u>3. homogén szakasz</u> 12+224 - 13+800		<u>4. homogén szakasz</u> 13+800 - 14+939	
A pályaszerkezet típusa: félig merev		A pályaszerkezet típusa: félig merev	
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a 9		- a 9	
- b 5		- b 5	
- N 14 575 354 db. F100		- N 14 575 354 db. F100	
A megengedett behajlás: 0,33 mm		A megengedett behajlás: 0,33 mm	
A mértékadó behajlás: 0,48 mm		A mértékadó behajlás: 0,64 mm	
Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 6,5 cm		Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 9,5 cm	
<u>5. homogén szakasz</u> 14+939 - 15+504			
A pályaszerkezet típusa: félig merev			
A megengedett behajlás számítása:			
- a 9			
- b 5			
- N 14 575 354 db. F100			
A megengedett behajlás: 0,33 mm			
A mértékadó behajlás: 0,49 mm			
Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 7,0 cm			

- Gyömrői út, Repülőtér felé, ÚME szerinti szorzók esetén:

<u>1. homogén szakasz</u> 10+955 - 12+903		<u>2. homogén szakasz</u> 12+903 - 13+239	
A pályaszerkezet típusa: félig merev		A pályaszerkezet típusa: félig merev	
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a 9		- a 9	
- b 5		- b 5	
- N 14 561 364 db. F100		- N 14 561 364 db. F100	
A megengedett behajlás: 0,33 mm		A megengedett behajlás: 0,33 mm	
A mértékadó behajlás: 0,41 mm		A mértékadó behajlás: 0,72 mm	
Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 4,5 cm		Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 11,0 cm	
<u>3. homogén szakasz</u> 13+239 - 15+067		<u>4. homogén szakasz</u> 15+067 - 15+562	
A pályaszerkezet típusa: félig merev		A pályaszerkezet típusa: félig merev	
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a 9		- a 9	
- b 5		- b 5	
- N 14 561 364 db. F100		- N 14 561 364 db. F100	
A megengedett behajlás: 0,33 mm		A megengedett behajlás: 0,33 mm	
A mértékadó behajlás: 0,52 mm		A mértékadó behajlás: 0,63 mm	
Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 7,5 cm		Az erősítőréteg szükséges vastagsága: 9,5 cm	

- Gyömrői út, Budapest felé, EFM szerinti szorzók esetén:

<u>1. homogén szakasz</u>	10+894 - 11+775	<u>2. homogén szakasz</u>	11+775 - 12+224
A pályaszerkezet típusa:	félig merev	A pályaszerkezet típusa:	félig merev
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a	9	- a	9
- b	5	- b	5
- N	12 178 895 db. F100	- N	12 178 895 db. F100
A megengedett behajlás:	0,34 mm	A megengedett behajlás:	0,34 mm
A mértékadó behajlás:	0,47 mm	A mértékadó behajlás:	0,60 mm
Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	6,0 cm	Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	8,5 cm
<u>3. homogén szakasz</u>	12+224 - 13+800	<u>4. homogén szakasz</u>	13+800 - 14+939
A pályaszerkezet típusa:	félig merev	A pályaszerkezet típusa:	félig merev
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a	9	- a	9
- b	5	- b	5
- N	12 178 895 db. F100	- N	12 178 895 db. F100
A megengedett behajlás:	0,34 mm	A megengedett behajlás:	0,34 mm
A mértékadó behajlás:	0,48 mm	A mértékadó behajlás:	0,64 mm
Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	6,0 cm	Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	9,0 cm
<u>5. homogén szakasz</u>	14+939 - 15+504		
A pályaszerkezet típusa:	félig merev		
A megengedett behajlás számítása:			
- a	9		
- b	5		
- N	12 178 895 db. F100		
A megengedett behajlás:	0,34 mm		
A mértékadó behajlás:	0,49 mm		
Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	6,5 cm		

- Gyömrői út, Repülőtér felé, EFM szerinti szorzók esetén:

<u>1. homogén szakasz</u>	10+955 - 12+903	<u>2. homogén szakasz</u>	12+903 - 13+239
A pályaszerkezet típusa:	félig merev	A pályaszerkezet típusa:	félig merev
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a	9	- a	9
- b	5	- b	5
- N	12 178 124 db. F100	- N	12 178 124 db. F100
A megengedett behajlás:	0,34 mm	A megengedett behajlás:	0,34 mm
A mértékadó behajlás:	0,41 mm	A mértékadó behajlás:	0,72 mm
Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	4,0 cm	Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	10,5 cm
<u>3. homogén szakasz</u>	13+239 - 15+067	<u>4. homogén szakasz</u>	15+067 - 15+562
A pályaszerkezet típusa:	félig merev	A pályaszerkezet típusa:	félig merev
A megengedett behajlás számítása:		A megengedett behajlás számítása:	
- a	9	- a	9
- b	5	- b	5
- N	12 178 124 db. F100	- N	12 178 124 db. F100
A megengedett behajlás:	0,34 mm	A megengedett behajlás:	0,34 mm
A mértékadó behajlás:	0,52 mm	A mértékadó behajlás:	0,63 mm
Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	7,0 cm	Az erősítőréteg szükséges vastagsága:	9,0 cm

6.4 Méretezés az összehasonlító módszerrel – Ferihegyi r. vezető út

A Ferihegyi repülőtérre vezető út esetében a megerősítés méretezése csak összehasonlító módszer szerint végezhető el. Mivel a szakaszon behajlásmérés nem történt, teherbírás alapján rész-szakaszok nem határozhatóak meg. A későbbi kialakítás tükrében a gyorsforgalmi pályát a Gyömrői útra adódott homogén szakaszok és a tervezési szakaszok alapján osztjuk további, rész-szakaszokra, az alábbiak szerint.

A műtárgyak jelentős átépítése miatt vizsgálatainkat folyópálya-szakaszokra korlátoztuk.

6.4.1 Üllői út – Benzinkút közötti szakasz

A szakasz tervezési szakaszolását az alábbi táblázat mutatja.

Szakasz		Beavatkozás		Hossz
1	szakasz	Műtárgy		
		7+519,28	- 8+066,88	547,60
2	szakasz	Burkolatmegerősítés		
		8+066,88	- 8+572,66	505,78
3	szakasz	Műtárgy		
		8+572,66	- 8+634,30	61,64
4	szakasz	Burkolatmegerősítés		
		8+634,30	- 9+197,05	562,75
5	szakasz	Műtárgy		
		9+197,05	- 9+233,95	36,90
6	szakasz	Burkolatmegerősítés		
		9+233,95	- 10+310,38	1 076,43
7	szakasz	Műtárgy		
		10+310,38	- 10+653,36	342,98
8	szakasz	Burkolatmegerősítés		
		10+653,36	- 10+898,62	245,26
9	szakasz	Műtárgy		
		10+898,62	- 10+982,64	84,02

27. táblázat: Ferihegyi repülőtérre vezető út szakaszai az Üllői út – Benzinkút között

A mintavételek során nyert adatokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Szakasz		Minta kódja és szelvénye		Mintavételi információk	
				Aszfalt	Alapréteg
2	szakasz	C1	8+055 j	284	hydr.
		F1	8+305 b	184	hydr., 130
		C2	8+555 j	217	hydr.
4	szakasz	F2	8+805 b	328	hydr.
		C3	9+055 j	101*	hydr.
6	szakasz	F3	9+305 b	290	hydr.
		C4	9+555 j	234	hydr. 92
		F4	9+805 b	260	hydr.
		C6	10+6055 j	225	hydr.
		F5	10+305 b	234	hydr.
8	szakasz	F6	10+835 b	506	hydr.

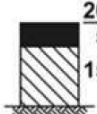





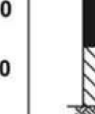
*elvárt réteg, a szakaszon a másik szelvény adatait használjuk fel.

28. táblázat: Mintavételi információk az Üllői út – Benzinkút között

A figyelembe vehető szerkezet az érintett szakaszokon:

- 2. szakasz: 184 mm aszfaltréteg, 130 mm hidraulikus alapréteg;
- 4. szakasz: 225 mm aszfaltréteg (C2-C4 alapján), 100 mm hidraulikus alapréteg;
- 6. szakasz: 225 mm aszfaltréteg, 92 mm hidraulikus alapréteg;
- 8. szakasz: 506 mm aszfaltréteg, 100 mm hidraulikus alapréteg;

A szakaszra számított forgalmi terhelés **8.469.815 db. (ÚME)** ill. **6.432.441 db. (EFM)** egy-ségtengelyre adódott, amely alapján a forgalmi terhelési osztály forgalomfejlődési szorzótól függetlenül „E”, **nagyon nehéz**. A vonatkozó típus-pályaszerkezet 150 mm vastagságú hidra-ulikus kötőanyagú alaprétegre épített 200 mm aszfaltréteg.

3. TÍPUS-PÁLYASZERKEZETEK HIDRAULIKUS KÖTŐANYAGÚ STABILIZÁCIÓS ALAPRÉTEGGEL						
Forgalmi terhelési osztály						
A	B	C	D	E	K	R
Tervezési forgalom, TF, millió egységtengely						
0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–3	3–10	10–30	30 felett
3.1. 150 milliméter vastagságú						
						

49. ábra: Típus-pályaszerkezetek hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteggel

Az összehasonlító módszer szerint, a felső rétegek esetleges eltávolítása után építendő szükséges erősítőréteg-vastagságokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Ferihegyi repülőtérre vezető út												
Szakasz	Alapréteg				Marásra kijelölt réteg vastagsága	Aszfaltréteg					Új tervezési psz. aszfalt réteg vastagsága (hau)	Erősítő réteg vastagsága (Δha)
	Típus	vtg.	Hiány	Hiány pótlásához szüks. a. (hap)		Meglévő tényleges vast.	Bentmaradó aszfalt vast.	Állapot osztályzat	Csökkentő tényező	Hatékony aszfaltvast. (hae)		
		[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
2	félmerev	130	20	20	40	184	144	3	0,8	115	200	105
4	félmerev	100	50	30	70	225	155	3	0,8	124	200	106
6	félmerev	90	60	40	60	225	165	4	0,8	132	200	108
8	félmerev	100	50	30	40	506	466	3	0,8	373	200	40*

* kopóréteg csere

29. táblázat: Erősítőréteg igény – 2-8. szakaszok

6.4.2 Benzinkút-Csévésző u. felüljáró közötti szakasz

A szakasz tervezési szakaszolását az alábbi táblázat mutatja.

Szakasz		Beavatkozás			Hossz
9	szakasz	Műtárgy			
		10+898,62	-	10+982,64	84,02
10	szakasz	Burkolatmegerősítés			
		10+982,64	-	11+160,00	177,36
11	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal			
		11+160,00	-	11+696,49	536,49
12	szakasz	Műtárgy (Felsőcsatári u.)			
		11+696,49	-	12+191,32	494,83
13	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal			
		12+191,32	-	13+184,25	992,93
14	szakasz	Műtárgy (Csévésző u.)			
		13+184,25	-	13+720,15	535,90

30. táblázat: Ferihegyi repülőtérre vezető út szakaszai a Benzinkút-Csévésző u. között

A mintavételek során nyert adatokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Szakasz		Minta kódja és szelvénye		Mintavételi információk	
				Aszfalt	Alapréteg
10	szakasz	D1	10+055 j	228	hydr.
11	szakasz	E1	11+305 b	144	hydr., 106
		D2	11+555 j	147	hydr., 119
13	szakasz	D3	12+455	202	hydr., 143
		E3	12+925	180	hydr., 125

31. táblázat: Mintavételi információk a Benzinkút-Csévésző u. között

A figyelembe vehető szerkezet az érintett szakaszokon:

- 10. szakasz: 228 mm aszfaltréteg, 150 mm hidraulikus alapréteg;
- 11. szakasz: 144 mm aszfaltréteg, 106 mm hidraulikus alapréteg;
- 13. szakasz: 180 mm aszfaltréteg, 125 mm hidraulikus alapréteg.

A szakaszra számított forgalmi terhelés **14.575.354 db. (ÚME)** ill. **12.178.895 db. (EFM)** egy-ségtengelyre adódott, amely alapján a forgalmi terhelési osztály **„K”, különösen nehéz**. A vonatkozó típus-pályaszerkezet 150 mm vastagságú hidraulikus kötőanyagú alaprétegre épített 240 mm aszfaltréteg.

Az összehasonlító módszer szerint, a felső rétegek esetleges eltávolítása után építendő szükséges erősítőréteg-vastagságokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Ferihegyi repülőtérre vezető út												
Szakasz	Alapréteg				Marásra kijelölt réteg vastagsága	Aszfaltréteg					Új tervezésű psz. aszfaltréteg vastagsága (h _{au})	Erősítő réteg vastagsága (Δh _a)
	Típus	vtg.	Hiány	Hiány pótlásához szűks. a. (h _{ap})		Meglévő tényleges vast.	Bentmaradó aszfalt vast.	Állapot osztályzat	Csökkentő tényező	Hatékony aszfaltvast. (h _{ae})		
		[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]
10	félmerev	150	0	0	40	228	188	4	0,6	113	240	127
11	félmerev	106	44	30	60	144	84	3	0,8	67	240	203
13	félmerev	125	25	15	50	180	130	3	0,8	104	240	151

32. táblázat: Erősítőréteg igény – 10-13. szakaszok

6.4.3 Csévész u. felüljáró-Repülőtér közötti szakasz

A szakasz tervezési szakaszolását az alábbi táblázat mutatja.

Szakasz		Beavatkozás			Hossz
14	szakasz	Műtárgy (Csévész u.)			
		13+184,25	-	13+720,15	535,90
15	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal			
		13+720,15	-	14+764,68	1 044,53
16	szakasz	Műtárgy (Igló u.)			
		14+764,68	-	15+225,61	460,93
17	szakasz	Egybeépítés a Gyömrői úttal			
		15+225,61	-	15+748,28	522,67

33. táblázat: Ferihegyi repülőtérre vezető út szakaszai a Csévész u. - Repülőtér között

A mintavételek során nyert adatokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Szakasz		Minta kódja és szelvénye		Mintavételi információk	
				Aszfalt	Alapréteg
15	szakasz	E4	13+805 b	176	hydr.,
		D5	14+285 j	155	hydr., 145
		E5	14+705 b	173	hydr., 153
17	szakasz	D6	15+455 j	197	hydr., 130

34. táblázat: Mintavételi információk a Csévész u. - Repülőtér között

A figyelembe vehető szerkezet az érintett szakaszokon:

- 15. szakasz: 155 mm aszfaltréteg, 150 mm hidraulikus alapréteg;
- 17. szakasz: 197 mm aszfaltréteg, 130 mm hidraulikus alapréteg.

A szakaszra számított forgalmi terhelés **14.575.354 db. (ÚME)** ill. **12.178.895 db. (EFM)** egy-ségtengelyre adódott, amely alapján a forgalmi terhelési osztály **„K”, különösen nehéz**. A vo-natkozó típus-pályaszerkezet 150 mm vastagságú hidraulikus kötőanyagú alaprétegre épített 240 mm aszfaltréteg.

Az összehasonlító módszer szerint, a felső rétegek esetleges eltávolítása után építendő szüksé-ges erősítőréteg-vastagságokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Ferihegyi repülőtérre vezető út												
Szakasz	Alapréteg				Marásra kijelölt réteg vastagsága	Aszfaltréteg					Új tervezési psz. aszfaltréteg vastagsága (h _{am})	Erősítő réteg vastagsága (Δh _a)
	Típus	vtg.	Hiány	Hiány pótlásához szűks. a.		Meglévő tényleges vast.	Bentmaradó aszfalt vast.	Állapot osztályzat	Csökkentő tényező	Hatékony aszfaltvast. (h _{am})		
		[mm]	[mm]	[mm]								
15	félmerev	150	0	0	55	155	100	3	0,8	80	240	160
17	félmerev	130	20	15	70	197	127	3	0,8	102	240	153

35. táblázat: Erősítőréteg igény – 15-17. szakaszok

6.5 Javasolt technológia aszfaltrétegek eltávolításával és építésével

6.5.1 Ferihegyi repülőtérre vezető út

Ferihegyi repülőtérre vezető út: Üllői út – Benzinkút (1-9. szakasz)

Szakasz	Méretezett		Technológia	Pályaszint
	Marás	Erősítés		
2	40	110	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)	+70 mm
4	70	110	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)	+40 mm
6	60	110	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)	+50 mm
8	40	40	40 mm SMA11 kopó (mF)	+0 mm

Ferihegyi repülőtérre vezető út: Benzinkút – Csévész u. (10-14. szakasz)

Szakasz	Méretezett		Technológia	Pályaszint
	Marás	Erősítés		
10	40	130	40 mm SMA11 kopó (mF) 90 mm AC22 kötő (mNM)	+90 mm
11	60	205	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 95 mm AC22 kötő (mNM)	+145 mm
13	50	155	40 mm SMA11 kopó (mF) 115 mm AC22 kötő (mNM)	+105 mm

Ferihegyi repülőtérre vezető út: Csévész u. – Repülőtér (15-17. szakasz)

Szakasz	Méretezett		Technológia	Pályaszint
	Marás	Erősítés		
15	55	160	40 mm SMA11 kopó (mF) 120 mm AC22 kötő (mNM)	+105 mm
17	70	155	40 mm SMA11 kopó (mF) 115 mm AC22 kötő (mNM)	+85 mm

6.5.2 Gyömrői út, ÜME szerinti szorzók alkalmazása esetén

Gyömrői út – repülőtér felé: 10+955-12+903 km. sz. között (9, 10, 11, 12 és 13. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
9, 10, 11, 12, 13	45	100	40 mm SMA11 kopó (mF) 105 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé: 10+955-12+903 km. sz. között (13, 14. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
13, 14	110	85	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 85 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé: 13+239-15+067 km. sz. között (14, 15, 16. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
14, 15, 16	75	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 85 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé: 15+067-15+562 km. sz. között (16, 17. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
16, 17	95	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 95 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 10+894-11+775 km. sz. között (9, 10, 11, 12. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegrend</i>
9, 10, 11, 12	65	65	40 mm SMA11 kopó (mF) 90 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 11+775-12+224 km. sz. között (12, 13. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegrend</i>
12, 13	90	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 90 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 12+224-13+800 km. sz. között (13, 14, 15. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegrend</i>
13, 14, 15	65	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 75 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 13+800-14+939 km. sz. között (15, 16. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegrend</i>
15, 16	95	20	40 mm SMA11 kopó (mF) 75 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 14+939-15+504 km. sz. között (16, 17. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegrend</i>
16, 17	70	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 80 mm AC22 kötő (mNM)

6.5.3 Gyömrői út, EFM szerinti szorzók alkalmazása esetén

Gyömrői út – repülőtér felé: 10+955-12+903 km. sz. között (9, 10, 11, 12 és 13. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegtrend</i>
9, 10, 11, 12, 13	40	100	40 mm SMA11 kopó (mF) 100 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé: 10+955-12+903 km. sz. között (13, 14. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegtrend</i>
13, 14	105	85	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 80 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé: 13+239-15+067 km. sz. között (14, 15, 16. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegtrend</i>
14, 15, 16	70	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 80 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé: 15+067-15+562 km. sz. között (16, 17. szakasz)

<i>Szakasz</i>	<i>Méretezett erősítés</i>	<i>Technológiai</i>	
	<i>(Pályaszint emelkedés)</i>	<i>Marás</i>	<i>Rétegtrend</i>
16, 17	90	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 100 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 10+894-11+775 km. sz. között (9, 10, 11, 12. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegrend
9, 10, 11, 12	60	65	40 mm SMA11 kopó (mF) 85 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 11+775-12+224 km. sz. között (12, 13. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegrend
12, 13	85	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 85 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 12+224-13+800 km. sz. között (13, 14, 15. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegrend
13, 14, 15	60	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 13+800-14+939 km. sz. között (15, 16. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegrend
15, 16	90	20	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé: 14+939-15+504 km. sz. között (16, 17. szakasz)

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegrend
16, 17	65	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 75 mm AC22 kötő (mNM)

6.6 Méretezés a pályaszerkezet hideg újrahasznosításával

Megbízó kérésére a felújítás-technológia tervezése során a meglévő szerkezetek újrahasznosítása vizsgálándó. A helyszíni újrahasznosítás során a hidegremix a meglévő aszfaltrétegek helyben történő, új alaprétégként történő újrahasznosítását jelenti. Ebben az esetben a meglévővel nagyjából megegyező szintben lévő új alaprétégre kiegyenlítő réteg, és az e-UT 05.02.52 „Bontott útépitési anyagok újrahasználata I. Pályaszerkezet helyszíni hideg újrahasznosítása” előírás szerint méretezett új aszfaltrétegek kerülnek beépítésre.

A technológia alkalmazása, tekintettel a különösen nehéz forgalmi terhelési osztályra, számottevő pályaszint emelkedést tesz szükségessé. Ezért ott, ahol egyébként is magassági kötöttségekkel kell számolni, a hideg remix technológia nem jelent megoldást. További megjegyzés, hogy a remix technológia alkalmazását az előírás A-E forgalmi terhelési osztály (azaz legfeljebb 10 millió egységtengely terhelésig) alkalmazható. Ettől függetlenül a méretezés a teljes szakaszra bemutatásra kerül.

A remixált alaprétégre építendő aszfaltvastagság az alábbi összefüggés szerint számítandó:

$$\Delta v = \frac{1,2 \cdot v_{aszfalt} \cdot h_{méretezett}}{h_{tényleges}}$$

ahol:

Δv – a szükséges aszfaltvastagság [mm],

$v_{aszfalt}$ – a méretezési utasításban a megfelelő forgalmi terhelési osztályban előírt aszfaltvastagság [mm],

$h_{méretezett}$ – a méretezési utasításban megadott alaprétég vastagsága [mm],

$h_{tényleges}$ – az alaprétég vastagsága (megmaradó+remixált) [mm].

6.6.1 Üllői út – Benzinkút közötti szakasz

A forgalmi terhelési osztálynak („E”, nagyon nehéz) megfelelő, a meglévőhöz hasonló pályaszerkezet 200 mm hidraulikus alaprétégre épített 190 mm aszfaltrétég. A méretezést és alapadatait az Üllői út – Benzinkút közötti szakaszon az alábbi táblázat tartalmazza.

Habár ezeken a szakaszokon a hidraulikus alaprétég kivétele az aszfaltrétégről való leválás következtében csak néhány esetben sikerült, mivel a 150 mm vastagság nem volt meg egyik esetben sem, 100 mm-es alaprétég vastagság megléte feltételezhető.

Szakasz	Mintavételi információk		V _{aszfalt}	h _{méretezett}	h _{tényleges}	Δv	Építendő új aszfaltvastagság
	Aszfalt	Alapréteg					
2	284	hydr.	190	200	384	119	160
	184	hydr., 130	190	200	284	161	
	217	hydr.	190	200	317	144	
4	328	hydr.	190	200	428	107	110
	101*	hydr.	190	200	428	107	
6	290	hydr.	190	200	390	117	140
	234	hydr. 92	190	200	334	137	
	260	hydr.	190	200	360	127	
	225	hydr.	190	200	325	140	
	234	hydr.	190	200	334	137	
8	506	hydr.	190	200	606	75	75

*elvált réteg, a szakaszon a másik szelvény adatait használjuk fel.

36. táblázat: Méretezés hidegremix technológia alkalmazásával az Üllői út – Benzinkút között

A technológia alkalmazása tehát a marás+aszfaltozós megerősítéshez képest – amely rendre 30, 60, 60, 40 mm marást követő 100, 100, 110, 40 mm aszfaltréteg építését jelenti – valamenyny szakaszon jelentősen több új aszfaltréteg építését igényli. Számba véve a technológiai többlet-költségeket az aszfaltozáshoz képest kijelenthető, hogy a 2-8. szakaszokon hideg remix technológia alkalmazása nem gazdaságos.

6.6.2 Benzinkút – Csévész u. közötti szakasz

A forgalmi terhelési osztálynak megfelelő, a meglévőhöz hasonló pályaszerkezet 200 mm hidraulikus alaprétegre épített 230 mm aszfaltréteg. A méretezést és alapadatait a Benzinkút – Csévész u. közötti szakaszon az alábbi táblázat tartalmazza.

Szakasz	Mintavételi információk		V _{aszfalt}	h _{méretezett}	h _{tényleges}	Δv	Építendő új aszfaltvastagság
	Aszfalt	Alapréteg					
10	228	hydr.	230	200	328	168	170
11	144	hydr., 106	230	200	244	226	230
	147	hydr., 119	230	200	267	207	
13	202	hydr., 143	230	200	345	160	185
	180	hydr., 125	230	200	305	181	

37. táblázat: Méretezés hidegremix technológia alkalmazásával a Benzinkút – Csévész u. között

A technológia alkalmazása tehát a marás+aszfaltozós megerősítéshez (40, 60, 70 mm marást követő 127, 203, 151 mm erősítés) képest számottevő aszfaltvastagság építését igényli. Számba

véve a technológiai többlet-költségeket az aszfaltozáshoz képest kijelenthető, hogy a 10-13. szakaszokon hideg remix technológia alkalmazása nem gazdaságos. A szakasz magassági kötöttségeit tekintve a hidegremix alkalmazása a geometriai kialakítás miatt sem célszerű.

6.6.3 Csévész u. – Repülőtér közötti szakasz

A forgalmi terhelési osztálynak megfelelő, a meglévőhöz hasonló pályaszerkezet 150 mm hidraulikus alaprétgre épített 240 mm aszfaltréteg. A méretezést és alapadatait a Csévész u. – Repülőtér közötti szakaszon az alábbi táblázat tartalmazza.

Szakasz	Mintavételi információk		V _{aszfalt}	h _{méretezett}	h _{tényleges}	Δv	Építendő új aszfaltvastagság
	Aszfalt	Alaprét					
15	176	hydr.,	230	200	321	172	185
	155	hydr., 145	230	200	300	184	
	173	hydr., 153	230	200	326	169	
17	197	hydr., 130	230	200	327	169	170

38. táblázat: Méretezés hidegremix technológia alkalmazásával a Csévész u. – Repülőtér között

A technológia alkalmazása tehát a marás+aszfaltozós megerősítéshez (55 ill. 70 mm marást követően 160 ill. 153 mm erősítés) képest mintegy 15-30 mm-rel kevesebb több aszfaltréteg építését igényli. Számba véve a technológiai többlet-költségeket az aszfaltozáshoz képest kijelenthető, hogy a 15-17. szakaszokon hideg remix technológia alkalmazása nem gazdaságos.

6.6.4 Hideg telepi újrahasznosítás

Tekintettel arra, hogy a pályaszerkezet méretezése a hideg telepi újrahasznosítás esetében megegyezik a hideg helyszíni újrahasznosításkor előírt módszerrel, a telepi újrahasznosítás előnyei – például a rendkívül inhomogén szerkezeti rétegek újrahasznosítása – nem használhatóak ki, egyrészt a magassági kötöttségek, másrészt a jelentős aszfaltréteg-igény miatt. A telepi újrahasznosítás emellett jelentős szállítási igényt jelent mind a beépített anyagok bontás utáni szállítása, mind a beépítendő anyagok helyszínre való visszaszállítása terén, ami a szállítási útvonalak igénybevételének jelentős növekedésével jár, ami ezen burkolatok tönkremenetelét előre hozza.

6.7 Javasolt technológia hidegremix alkalmazásával

Üllői út – Benzinkút közötti szakasz

<i>Szakasz</i>	<i>Remixált réteg átlagos vastagsága</i>	<i>Építendő új aszfaltréteg</i>	<i>Kiegyenlítő réteg</i>
2	230	40 mm SMA 11 kopó (mF) 120 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)
4	330	40 mm SMA 11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)
6	249	40 mm SMA 11 kopó (mF) 80 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)
8	506	40 mm SMA 11 kopó (mF) 35 mm AC11 kötő (mF)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)

Benzinkút – Csévész u. közötti szakasz

<i>Szakasz</i>	<i>Remixált réteg átlagos vastagsága</i>	<i>Építendő új aszfaltréteg</i>	<i>Kiegyenlítő réteg</i>
10	228	50 mm SMA 11 kopó (mF) 120 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)
11	146	40 mm SMA 11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 120 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)
13	191	40 mm SMA 11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 75 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)

Csévész u. – Repülőtér közötti szakasz

<i>Szakasz</i>	<i>Remixált réteg átlagos vastagsága</i>	<i>Építendő új aszfaltréteg</i>	<i>Kiegyenlítő réteg</i>
15	168	40 mm SMA 11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 75 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)
17	197	50 mm SMA 11 kopó (mF) 120 mm AC22 kötő (mNM)	25 mm AC11 kopó (átlagosan)

6.8 Melegremix alkalmazása

A rendelkezésre álló aszfaltvizsgálati eredményekből és az előzetesen megtervezett pályaszintekből az látszik, hogy az aszfalt pályaszerkezeti rétegek helyszíni melegremix eljárással történő felújítása csak korlátozott mértékben jöhet szóba. Általánosságban elmondható, hogy az ilyen állapotú és forgalmi terhelésű útszakaszok esetén csak a kötőréteg remixelése lehet a cél, megfelelő mennyiségű új aszfaltkeverék hozzáadásával kialakítva egy AC 22 kötő (mF) típusú új réteget, melyre aztán hagyományos technológiával ráépíthető egy új kopóréteg. Ez a megoldás 10 éves távlatban is jól vizsgázott főutak és autópályák felújítása során is.

Másik fontos szempont, hogy az ilyen típusú beavatkozások technikai, technológiai minimális hossza 800-1000 m, figyelembe véve a géplánc hosszát és az egyenletes aszfaltkeverék előállíthatóságát.

Fentiekből kiindulva vizsgálva a Gyömrői út két oldalát, illetve a Ferihegyi gyorsforgalmi út kétsávos pályáját, az alábbi megállapítások tehetők:

1. A Gyömrői út belterületi szakaszán a Csévész u.-i csomópontig sem a kifelé, sem a befelé vezető oldal nem alkalmas a remixre a 2. réteg magas szabadhézag tartalma miatt, továbbá amiatt, hogy helyenként a kötőanyag tartalom is megközelíti a 7-8 %-ot. Ilyen mértékű szélsőséges értékek nem módosíthatók, kezelhetők a remix admix technológiákkal.
2. A Gyömrői út külterületi szakasza a Csévész utcától kifelé oly mértékben tönkrement, hogy itt ezért nem javasolható a remix kötőréteg megépítése. Ha nem is kerül átépítésre a teljes pályaszerkezet, akkor is legalább 12 cm aszfaltréteg cseréjére van szükség a beton alap dilatációs repedéseinek áthidalására. Ehhez teljesen új, modifikált bitumenes kötőanyagú aszfaltkeverékekre lesz szükség.
3. Figyelemmel a tervezett pályaszintekre és a meglévő pályaszerkezetekre, továbbá a rész-szakaszok lehetséges hosszára a helyszíni melegremixes beavatkozás a Ferihegyi út 2x1 sávjában javasolható. A felül- és aluljárók közötti szakaszokon gyakorlatilag a tervezett pályaszint megegyezhet a jelenlegi pályaszinttel. A megfelelő oldalesés kialakításához csak egy profilmarásra lesz szükség, továbbá hidegmarással el kell távolítani az új kopóréteg és a remixelt kötőréteg kiegészítő aszfaltkeverékének a helyét, ez összesen 8 cm. Ezt követően a bennmaradó aszfaltréteg felső 4 cm-éből és a hozzákevert új modifikált bitumenes kötőanyagú aszfaltból

egy újszerű AC 22 kötő mF réteg hozható létre. Ezt követően erre már egy 4 cm mod. bitumenes kopóréteg hagyományosan ráépíthető, miáltal lesz 12 cm felújított aszfalt rétegünk. Továbbá ezzel a módszerrel azonos burkolati tulajdonságok és felületi textúra biztosítható a középső és szélső sávokban egyaránt.

Tekintve azonban a jelentős forgalmi igénybevételt és azt, hogy a rendelkezésre álló aszfaltvastagság egyik sávban sem áll rendelkezésre, ez a megoldás a szükségesnél vékonyabb és az újonnan gyártotthoz képest gyengébb szerkezetet eredményezne.

6.9 Javasolt technológia melegremix alkalmazásával

A javasolt technológiát az alábbi táblázat tartalmazza.

<i>Szakasz</i>	<i>Marásra kijelölt réteg</i>	<i>Remixálásra kerülő réteg</i>	<i>Remixált réteg vastagsága</i>	<i>Építendő új aszfaltréteg</i>
1-17 (kiv. műtárgyak)	80	40	80 AC22 kötő (mF) egyenértékű	40 mm SMA 11 kopó (MF)

6.10 Beton és kompozit pályaszerkezet méretezése

A nagy tervezési forgalomra való tekintettel felmerült a merev pályaszerkezet építésének lehetősége, amely az alábbiakban vizsgálatra kerül. A betonburkolat építéséhez a teljes meglévő szerkezet eltávolítása szükséges. A számított R forgalmi terhelési osztályok esetében alkalmazható hidraulikus alaprétegre épített betonburkolatú pályaszerkezet-típusokat, valamint a kompozit pályaszerkezeteket az alábbi táblázatok mutatják. A beépítendő anyagok, beépítési követelmények részleteit a vonatkozó utügyi műszaki előírások tartalmazzák.

A forgalmi terhelési osztályra való tekintettel mindenképpen CP4/2,7 pályabeton építése szükséges, és javasolható hidraulikus kötőanyagú alapréteg alkalmazása. A beépíthető típus-pályaszerkezet az alábbi:

- 260 mm CP 4/2,7 pályabeton,
- 200 mm CKt-4 alapréteg,
- 100 mm fagyálló szemcsés védőréteg.

Kompozit szerkezet esetében:

- 40 mm SMA 11 kopó (mF) kopóréteg,
- 2 mm SAMI elválasztó réteg,
- 260 mm C30/37 betonburkolat,
- 200 mm Ckt-4 alapréteg,
- 100 mm fagyálló szemcsés védőréteg.

Pályaszerkezeti réteg és védőréteg	A	B	C	D	E	K	R
	jelű forgalmi osztályban						
	$\leq 10^5$	$10^5\text{--}3\cdot 10^5$	$3\cdot 10^5\text{--}10^6$	$10^6\text{--}3\cdot 10^6$	$3\cdot 10^6\text{--}10^7$	$10^7\text{--}3\cdot 10^7$	$> 3\cdot 10^7$
	egységtengely áthaladása esetén a rétegvastagság, mm						
Betonburkolat, CP4/2,7 vagy	150	160	180	200	230	260	
CP3,5/2,4	160	180	200	–			
Cement kötőanyagú alapréteg, CK _I -4	150			200			200
Védőréteg*	100						
Betonburkolat, CP4/3	–			200	230	260	
Cement kötőanyagú alapréteg, C12/15				150			150
Védőréteg*				100			

39. táblázat: Alkalmazható betonburkolatú típus-pályaszerkezetek hidraulikus alapréteggel

(A meglévő már használt alapréteg nem tekinthető soványbetonnak.)

Pályaszerkezeti réteg és védőréteg	A	B	C	D	E	K	R
	jelű forgalmi osztályban						
	$\leq 10^5$	$10^5\text{--}3\cdot 10^5$	$3\cdot 10^5\text{--}10^6$	$10^6\text{--}3\cdot 10^6$	$3\cdot 10^6\text{--}10^7$	$10^7\text{--}3\cdot 10^7$	$> 3\cdot 10^7$
	egységtengely áthaladása esetén a rétegvastagság, mm						
SMA 11(F)	—				40		
SAMI réteg					2		
Betonburkolat, C30/37					230	260	
Cement kötőanyagú alapréteg, CK _I -4					200		
Védőréteg*					100		

40. táblázat: Alkalmazható kompozit típus-pályaszerkezetek

6.10.1 Javasolt technológia beton pályaszerkezet építésével

Üllői út – Benzinkút közötti szakasz

Sza- kasz	Eltávolítandó (gyorsforgalmi)		Eltávolítandó (Gyöm- rői északi pálya)		Eltávolítandó (Gyöm- rői déli pálya)		Építendő (teljes km.)		
	Aszfalt	Alapréteg	Aszfalt	Alapréteg	Aszfalt	Alapréteg	CP4/2,7 burkolat	CKt-4 alapréteg	Védő- réteg
2	230	130	-	-	-	-	260	200	100
4	330	130	-	-	-	-	260	200	100
6	250	100	-	-	-	-	260	200	100
8	510	100	-	-	-	-	260	200	100

Benzinkút – Csévész u. közötti szakasz

Sza- kasz	Eltávolítandó		Eltávolítandó (Gyöm- rői északi pálya)		Eltávolítandó (Gyöm- rői déli pálya)		Építendő (teljes km.)		
	Aszfalt	Alapréteg	Aszfalt	Alapréteg	Aszfalt	Alapréteg	CP4/2,7 burkolat	CKt-4 alapréteg	Védő- réteg
10	230	100	-	150	-	-	260	200	100
11	150	110	250	150	-	-	260	200	100
13	190	135	190	150	290	130	260	200	100

Csévész u. – Repülőtér közötti szakasz

Sza- kasz	Eltávolítandó		Eltávolítandó (Gyöm- rői északi pálya)		Eltávolítandó (Gyöm- rői déli pálya)		Építendő (teljes km.)		
	Aszfalt	Alapréteg	Aszfalt	Alapréteg	Aszfalt	Alapréteg	CP4/2,7 burkolat	CKt-4 alapréteg	Védő- réteg
15	170	150	175	150	185	145	260	200	100
17	200	130	160	150	220	130	260	200	100

6.10.2 Javasolt technológia kompozit pályaszerkezet építésével

Üllői út – Benzinkút közötti szakasz

Sza- kasz	Eltávolítandó (gyorsfor- galmi)		Eltávolítandó (Gyömrői északi pálya)		Eltávolítandó (Gyömrői déli pálya)		Építendő (teljes km.)				
	Asz- falt	Alap- réteg	Asz- falt	Alapré- teg	Asz- falt	Alapré- teg	SMA 11 kopó (mF)	SAMI	C30/37 betonburklat	Ckt alapré- teg	Védőréteg
2	230	130	-	-	-	-	40	2	260	200	100
4	330	130	-	-	-	-	40	2	260	200	100
6	250	100	-	-	-	-	40	2	260	200	100
8	510	100	-	-	-	-	40	2	260	200	100

Benzinkút – Csévész u. közötti szakasz

Sza- kasz	Eltávolí- tandó		Eltávolítandó (Gyömrői északi pálya)		Eltávolítandó (Gyömrői déli pálya)		Építendő (teljes km.)				
	Asz- falt	Alap- réteg	Asz- falt	Alapré- teg	Asz- falt	Alapré- teg	SMA 11 kopó (mF)	SAMI	C30/37 betonburklat	Ckt alapré- teg	Védőréteg
10	230	100	-	150	-	-	40	2	260	200	100
11	150	110	250	150	-	-	40	2	260	200	100
13	190	135	190	150	290	130	40	2	260	200	100

Csévész u. – Repülőtér közötti szakasz

Sza- kasz	Eltávolítandó (gyorsfor- galmi)		Eltávolítandó (Gyömrői északi pálya)		Eltávolítandó (Gyömrői déli pálya)		Építendő (teljes km.)				
	Asz- falt	Alapré- teg	Asz- falt	Alapré- teg	Asz- falt	Alapré- teg	SMA 11 kopó (mF)	SAMI	C30/37 betonburklat	Ckt alapré- teg	Védőréteg
15	170	150	175	150	185	145	40	2	260	200	100
17	200	130	160	150	220	130	40	2	260	200	100

7 Technológiai javaslatok

A feladat tárgya a Ferihegyi repülőtérre vezető út Üllői út – Repülőtér közötti szakaszán, valamint a Gyömrői út Hangár u. – Repülőtér közötti szakaszán a folyópálya-szakaszok felújítás-technológiai javaslatának elkészítése. A tervek szerint a műtárgyak kivételével a Ferihegyi repülőtérre vezető út és a Gyömrői út a jelenlegi 2x2+2 sávossal kialakításról 2x3 sávossá épül át.

A forgalmi terhelés a jelenleg hatályos ÚME és, Megrendelői kérésre az Egységes Forgalmi Modell szerinti számított forgalomfejlődési szorzók alapul vételével is számításra került. A továbbiakban a kétféle terhelést az ÚME és az EFM szerinti terhelésként jelöljük.

A forgalmi terhelési osztály a szervizutas szakaszokon mintegy 14,5 millió (ÚME) illetve 12,2 millió (EFM) egységtengelyre, míg az Üllői út – benzinkút közötti szakaszon mintegy 8,5 millió (ÚME) ill. 6,5 millió (EFM) egységtengelyre adódott, amely előbbi esetben „K”, különösen nehéz, utóbbi esetben „E”, nagyon nehéz forgalmi terhelési osztálynak felel meg. A tervezési forgalom betonburkolatok méretezése esetében ÚME szerint 80 illetve 44 millió egységtengelyre adódott, „R”, rendkívül nehéz forgalmi terhelési osztálynak felel meg.

A keresztmetszetet tekintve fontos tervezési kötöttség egyrészt a középső (Benzinkút – Csévéző u.) szakaszon lévő beépítés jelentette magassági kötöttség (kiemelt szegélyes járda és utcafronti ingatlanok, kapubehajtók), valamint az, hogy a leendő 2x3 sávossal szakaszokon a gyorsforgalmi pálya szintje mintegy 10-20 cm-re magasabb a Gyömrői útnál, miközben pályaszerkezete gyakorlatilag azzal egyenértékű, ezáltal erősítőrétég-igénye hasonló. A korábban feltételezett állapot, miszerint a gyorsforgalmi pálya folyamatos aszfaltozások következtében egyre vastagabbá vált, nem igazolódott be.

A Megbízó által rendelkezésre bocsátott Lacroix behajlásmérési adatok alapján a Gyömrői út megerősítése méretezhető, míg a gyorsforgalmi pályát, behajlásmérési adatok híján, összehasonlító elven kell méretezni.

Az erősítőrétégek ismeretében remix technológiára való méretezést elvégezve bebizonyosodott, hogy az újjrahasznosítás ott sem lenne gazdaságos, ahol magassági korlátok híján műszakilag életképes megoldást jelentene.

Az egyes szakaszokra több felújítás-technológiai változat került vizsgálatra, amelyek a meglévő pályán különböző mértékű beavatkozásokkal járnak. Ezeket az alábbiak röviden összefoglalják.

7.1 Beavatkozás aszfaltrétegek eltávolításával és építésével

7.1.1 „A” lehetőség – az erősítőrétteg igények megépítése

Alapesetben az útpályaszerkezeteket tekintve a legjobb megoldás az erősítőrétteg-igények maradéktalan megépítése minden szakaszon.

A pályák közötti magasságkülönbségeket az egybeépítendő szakaszokon a geometria által megkívánt vastagságok határozzák meg. Ez lényegében azt jelenti, hogy a Ferihegyi r. vezető út pályájára az előírt marás után megépül a szükséges erősítőrétteg, majd a tervezett oldalesés által meghatározott vastagság épül a Gyömrői út pályájára. Mivel a Gyömrői út szintje 10-15 cm-rel alacsonyabb, a gyorsforgalmi pálya és annak 2,5%-os oldalesése által meghatározott erősítés nagyobb rétegvastagságot eredményez a méretezett erősítőréttegnél, tehát mindkét pálya jó eséllyel elérheti a tervezett 15 éves élettartamot, a tervezési feltételek fennállása esetén.

Az erősítőrétteg megépítésének az Üllői út – Benzinkút közötti szakaszon lényegében a KÖKI terminál csatlakozó pályái, illetve a szakaszok közötti műtárgyakhoz való csatlakozás megoldásán kívül nincs akadálya.

A kialakítás a Benzinkút – Csévész u. között, illetve más kiemelt szegéllyel határolt, vagy egyéb kötöttséggel bíró szakaszon nehezen kivitelezhető. Ezekben a szakaszokon vélhetően jelentős járulékos beavatkozások szükségesek.

A Csévész u. – Igló u. közötti egybeépítés tekintetében különösebb akadály nincs, az aktuális szintekhez képest a mértékadó szint megépítése, majd a tervezett oldalesés szerinti kialakítás megoldható.

A változat előnye, hogy ekkor a forgalom és a meglévő pálya állapota által megkívánt erősítés maradéktalanul teljesül, és a pálya jó eséllyel eléri a tervezési élettartamát.

A változat hátránya az, elsősorban a Benzinkút-Csévész u. közötti szakaszon jellemző magassági kötöttség megoldandósága.

7.1.2 „B” lehetőség – új pályaszerkezet építése pályaszint változása nélkül

A szintkülönbségek és geometriai kötöttségek miatt ésszerű megoldás az, hogy a meglévő aszfaltrétegek teljes eltávolításra kerüljenek, és a meglévő hidraulikus alaprétegre – annak esetleges lokális javításait követően – olyan vastagságú aszfaltréteg kerüljön megépítésre, amely máximalisan „elfér” az egyes keresztmetszetekben.

Ez az Üllői út – benzinkút közötti szakaszon a KÖKI terminál, esetleg más csatlakozó pályák esetében előnyös lehet, a magasságkülönbségek kiküszöbölését a pályákon történő beavatkozás nélkül oldja meg.

Az így kialakított burkolat a Benzinkút-Csévésző u. közötti 2x3 sávós szakaszokon a jelenlegi kiemelt szegélyhez szabványos oldaleséssel csatlakozik. A megépített aszfaltrétegben az alapréteg vastagsága változó, illetve a tervezett hossz-szelvény szerint alakul.

A kialakítás a Csévésző u. – Igló u. közötti 2x3 sávós szakaszon megoldható a gyorsforgalmi pálya jelenlegi szintjének megtartásával is, azonban ezen a szakaszon magassági akadály hiányában javasolt az „A” megoldás megépítése.

A változat előnye az, hogy a magassági kötöttségekkel rendelkező szakaszon a kötöttségek tiszteletben tartása melletti legnagyobb élettartam érhető el az új aszfaltrétegek építésével.

A változat hátránya az, hogy bár az útpályához csatlakozó létesítmények valószínűleg nem érintettek, a burkolat csökkentett élettartamával kell számolni.

7.1.3 „C” lehetőség – új, teljes értékű pályaszerkezet építése a meglévő teljes eltávolításával

Az „A” lehetőségnél az útpályaszerkezetek tekintetében jobb megoldás mindhárom pálya teljes elbontása alaprétteggel együtt, majd a szint csökkentése utáni újból felépítése. Ekkor új védőréteg, hidraulikus alaprétteg és aszfaltrétegek kerülnek beépítésre, tehát lényegében egy teljesen új pályaszerkezet kerül kialakításra. Ehhez szabványos, 200 mm hidraulikus alaprétteg és 230 mm aszfaltrétteg építése szükséges.

Ez a kialakítás az Üllői út – Benzinkút közötti szakaszon nem indokolt, legfeljebb ha jelentős tervezési kötöttségek adódnak, például a KÖKI terminál szakaszán.

A kialakítás előnyei a Benzinkút-Csévésző u. közötti szakaszon használhatóak ki, ahol így a meglévő szegélyek közé teljes értékű pályaszerkezet építhető.

A Csévésző u. – Repülőtér közötti szakaszon a kialakítás nem indokolható, itt inkább az „A” megoldás szerinti kialakítás javasolt.

A változat előnye, hogy mind a magassági kötöttségek, mind a forgalom által megkívánt pályaszerkezet teljesíthető.

A változat hátránya, hogy a teljes meglévő pályaszerkezetet, a hidraulikus alaprétteget, továbbá a védőréteget is beleértve, el kell távolítani, amely jelentős bontási, szállítási költségekkel jár.

7.2 Beavatkozás merev pályaszerkezet építésével

A merev pályaszerkezet építése az érintett útszakaszok forgalmi terhelését tekintve életképes, vizsgálandó változat.

A merev szerkezet 40 éves élettartamra számított forgalma alapján a legnagyobb szerkezeti vastagságok megépítése szükséges. A szintbeni kötöttségeket tekintve, valamint a drága pálya vízelvezetésének biztosítása érdekében ehhez nem csak a meglévő aszfaltrétegek, hanem a hidraulikus alapréteg eltávolítása is szükséges, és a szerkezet által megkívánt védőréteggel kezdődő építés. Ez összesen mintegy 500 mm eltávolítást és építést jelent. Fontos kiemelni, hogy a betonburkolat építéséhez a teljes meglévő szerkezetet el kell távolítani.

A kompozit pálya építése nagyságrendileg ehhez hasonló.

A beton pálya előnye, hogy megfelelő kivitelezés esetében, számottevő bekerülési költség mellett vélhetően a 40 éves tervezési élettartamot minimális fenntartással eléri, és – habár annak mértéke jelenleg nem megítélhető – ezért életciklus-költsége valószínűleg alacsonyabb az aszfaltburkolatos változatnál.

A merev szerkezet kiépítése jelentős bontással és bontott anyag szállítással (és a szállítási útvonalakon valószínűleg jelentkező helyreállítási igénnyel) jár, amelynek költsége az egyébként is jelentős beruházási költséget tovább növeli. A betonburkolat emellett jelentősen megnövekedett zajterheléssel jár majd, a kompozit szerkezet esetében ezzel nem kell számolni.

7.3 Beavatkozás a meglévő rétegek újrahasznosításával

A méretezés alapján elmondható, hogy a hideg helyszíni újrahasznosítás esetében minden szakaszon vastagabb aszfaltréteg beépítése szükséges, mint az aszfalttal való megerősítés esetében. Ez azt jelenti, hogy a marással és építéssel való megerősítéshez képest mindenképpen magasabb költségekkel kell számolni. A technológiát a magassági kötöttségekkel rendelkező szakaszokon nem célszerű alkalmazni.

A hideg telepi újrahasznosítás a helyszínihez képest a bontott anyag szállítási igényével több, a remix géplánc költségeivel kevesebb.

A melegremix technológia alkalmazása legfeljebb a gyorsforgalmi pályán jöhet szóba. Itt a felső réteg eltávolításával, az alatta lévő réteg meleg remixálásával, majd új kopóréteg építésével kell számolni. Mivel a beavatkozással érintett felület nem jelentős, a becslő fajlagos költségek jelentős túlhaladása elképzelhető.

A változat hátránya, hogy magasabb költséget jelent mint az aszfaltrétegek eltávolítását és beépítését tartalmazó változat, emellett a kritikusnak tekinthető magassági korlátok feloldásához sem járul hozzá. Fontos kiemelni, hogy a technológia alkalmazása a vonatkozó útügyi műszaki előírás szerint legfeljebb E forgalmi terhelési osztályban javasolt.

8 Betartandó műszaki előírások, szabványok

Jelen szakvélemény elkészítése során figyelembe vételre kerültek a vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások. A tervezés és kivitelezés során (minimálisan) kötelezően betartandó (további) előírások:

- e-UT 06.03.13 Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése
- e-UT 06.03.15 Betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezése
- e-UT 06.02.11 Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai
- e-UT 05.02.51 Bontott útépitési anyagok újrahasználatára és hasznosítására. Általános feltételek
- e-UT 05.02.52 Bontott útépitési anyagok újrahasználatára I. Pályaszerkezet helyszíni hideg újrahasznosítása
- e-UT 05.02.52 Bontott útépitési anyagok újrahasználatára II. Telepen történő hideg újrahasznosítás
- e-UT 06.03.21 Út-pályaszerkezeti aszfalttrétegek. Építési feltételek és minőségi követelmények
- e-UT 06.03.33 Útépitési Beton burkolatalapok. Tervezési előírások
- e-UT 06.03.51 Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Építési előírások
- e-UT 06.03.52 Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei. Tervezési előírások
- e-UT 05.02.11 Útépitési Aszfaltkeverékek. Aszfaltbeton (AC)
- e-UT 05.02.13 Útépitési Aszfaltkeverékek. Zúzalékvázmasztixaszfalt (SMA)

9 Mellékletek

9.1 Fürt minta fotók

A fürt mintákról készült fotókat csatolt digitális melléklet tartalmazza.

9.2 Vizsgálati jegyzőkönyvek

A jegyzőkönyvek az alábbi 41. táblázat szerinti sorrendben vannak csatolva.

<i>Sorszám</i>	<i>Jegyzőkönyv száma</i>	<i>Tartalma</i>
1-27	A01/711 – A27/711	Gyömrői út rétegvastagság mérési jegyzőkönyvek
28-53	A28/711 – A53/711	Férihegyi repülőtérre vezető út rétegvastagság mérési jegyzőkönyvek
54-70	A54/711 – A70/711	Férihegyi út plasztikus deformáció vizsgálati jegyzőkönyvek
71-122	A-2 – A-53	Gyömrői út összetétel vizsgálati jegyzőkönyvek
123-142	A-55 – A-74	Férihegyi út összetétel vizsgálati jegyzőkönyvek

41. táblázat: Jegyzőkönyv-jegyzék

9.3 Melléklet: EFM és ÚME szerinti forgalomfejlődési szorzókkal számított erősítőréteg-vastagságok

Mivel a két szorzó közötti különbség és a forgalomnagyság miatt az e-UT 06.03.13 (4.3. fejezet) szerinti forgalmi terhelési osztályok nem változtak, az EFM és az ÚME szerint számított tervezési forgalom közötti különbség csak a behajlások alapján méretezett, Gyömrői út két pályájának méretezését érinti. A 42. táblázat összefoglalást ad a kétféle szorzóval számított forgalomra való méretezést mutatja.

A gyorsforgalmi pálya méretezését a forgalmak közötti csekély különbség nem befolyásolja, valamint a merev és kompozit pályaszerkezetekként való méretezés eredményét sem.

Gyömrői út – repülőtér felé, EFM szerinti szorzók alkalmazásával

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
9, 10, 11, 12, 13	40	100	40 mm SMA11 kopó (mF) 100 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
13, 14	105	85	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 80 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
14, 15, 16	70	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 80 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
16, 17	90	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 90 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé, EFM szerinti szorzók alkalmazásával

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
9, 10, 11, 12	60	65	40 mm SMA11 kopó (mF) 85 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
12, 13	85	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 85 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
13, 14, 15	60	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
15, 16	90	20	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
16, 17	65	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 75 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – repülőtér felé, ÚME szerinti szorzók alkalmazásával

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
9, 10, 11, 12, 13	45	100	40 mm SMA11 kopó (mF) 105 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
13, 14	110	85	40 mm SMA11 kopó (mF) 70 mm AC22 kötő (mNM) 85 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
14, 15, 16	75	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 85 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
16, 17	95	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 95 mm AC22 kötő (mNM)

Gyömrői út – Budapest felé, ÚME szerinti szorzók alkalmazásával

Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
9, 10, 11, 12	65	65	40 mm SMA11 kopó (mF) 90 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
12, 13	90	40	40 mm SMA11 kopó (mF) 90 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
13, 14, 15	65	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 75 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
15, 16	95	20	40 mm SMA11 kopó (mF) 75 mm AC22 kötő (mNM)
Szakasz	Méretezett erősítés	Technológiai	
	(Pályaszint emelkedés)	Marás	Rétegtrend
16, 17	70	50	40 mm SMA11 kopó (mF) 80 mm AC22 kötő (mNM)

42. táblázat: Erősítőréteg-vastagságok összefoglalása, Gyömrői út, EFM és ÚME szerinti szorzók figyelembevétele esetén