

# ERDÉSZETI ÚTÉPÍTÉS

## Erdészeti utak építése

**DR. KOSZTKA MIKLÓS**

EGYETEMI TANÁR

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM

ERDŐMÉRNÖKI KAR

ORSZÁGOS ERDÉSZETI EGYESÜLET

ISBN 978-963-8251-71-8

NYOMDAI MUNKÁK:

INNOVA-PRINT KFT

2013. POMÁZ MOGYORÓ UTCA32.

KIADJA AZ ORSZÁGOS ERDÉSZETI EGYESÜLET

1027 BUDAPEST, FŐ UTCA 68.

FELELŐS KIADÓ: DR. PETHŐ JÓZSEF

# Tartalomjegyzék

<b>ELŐSZÓ</b> .....	<b>9</b>
<b>1. ERDÉSZETI UTAK ALÉPÍTMÉNYEI</b> .....	<b>13</b>
1.1. FÖLDMŰVEK.....	13
1.1.1. Földművek tervezése.....	15
1.1.1.1. Töltések tervezése.....	17
1.1.1.3. Bevágások tervezése.....	24
1.1.1.4. Földművek romlása.....	28
1.1.1.4.1. Bevágások romlása.....	28
1.1.1.4.2. Töltések romlása.....	29
1.1.1.5. Földművek védelme.....	32
1.1.1.6 A mozgósítandó földtömeg kiszámítása.....	35
1.1.1.6.1. Szabályos alakú földművek térfogata.....	35
1.1.1.6.1.1. A szabálytalan test köbtartalma.....	35
1.1.1.6.1.2. A területek meghatározása.....	36
1.1.1.6.1.3. A földtömeg kiszámítása.....	36
1.1.1.6.2. A földtömeg elosztása.....	37
1.1.1.6.2.1. Alapfogalmak.....	37
1.1.1.6.2.2. Az elosztás tervezése.....	37
1.1.1.6.2.3. A földtömeg elosztásakor figyelembe vett szempontok.....	38
1.1.2. Földművek építése.....	38
1.1.2.1. Előkészítő munkák.....	39
1.1.2.2. Földmunkák.....	41
1.1.2.3. A földmunkagépek és a földművek építése.....	43
1.1.2.3.1. Földtológépek (dózerek).....	43
1.1.2.3.2. Földgalyuk (gréderek).....	47
1.1.2.3.3. Kotrók földmunka.....	51
1.1.2.4. Földművek tömörítése.....	51
1.1.2.4.1. Tömörítőgépek munkája és az eszközök kiválasztása.....	51
1.1.2.4.2. Utak földműveire vonatkozó tömörségi előírások.....	54
1.2. ERDÉSZETI UTAK MŰTÁRGYAI.....	56
1.2.1. Támasztófalak.....	57
1.2.1.1. Súlytámasztófalak tervezése.....	61
1.2.1.1.1. A támasztófal helye, anyaga és szerkezete.....	61
1.2.1.1.2. A támasztófal méretei (szerkesztési szabályok).....	62
1.2.1.1.3. A támasztófalra ható erők.....	63
1.2.1.1.4. A támasztófal állékonyságának ellenőrzése.....	63
1.2.1.2. Vasalt talajtámfal tervezése.....	67
1.2.1.2.1. A vasalt talajtámfal építőanyagai.....	67
1.2.1.2.2. A vasalt talajtámfal méretei.....	69
1.2.1.2.3. A támasztófalra ható erők.....	69
1.2.1.2.4. A támasztófal állékonyságának ellenőrzése.....	69
1.2.2. Kishidak.....	70
1.2.2.1. Alapfogalmak.....	70
1.2.2.1.1. A híd szerkezeti elemei.....	71
1.2.2.1.2. A hidat jellemző adatok.....	72
1.2.2.2. Hídpályák kialakítása.....	73
1.2.2.3. Hídtartozékok.....	76
1.2.2.3.1. Pályaszegélyezés és pályacsatlakozás.....	76
1.2.2.3.2. Hidak víztelenítése és szigetelése.....	76
1.2.2.3.3. Korlátok.....	79
1.2.2.3.4. Kerékhárítók, gyalogjárdák.....	80
1.2.2.4. Az alépítmény kialakítása.....	81
1.2.2.4.1. Hídfők és pillérek.....	81
1.2.2.4.2. Szárnyfalak, töltéscsatlakozás.....	85
1.2.2.5. A felszerkezet kialakítása.....	88
1.2.2.5.1. Vasbeton lemezhidak.....	88
1.2.2.5.2. Egyszerű gerendatartós hidak.....	89
1.2.2.5.3. Előregyártott elemek felhasználásával készülő felszerkezet.....	93
1.2.2.6. Hidak méretezése.....	95

1.2.2.6.1. Az erőtani számítás során figyelembe veendő terhelő erők és mozgások.....	96
1.2.2.6.2. Az erőtani számítással szemben támasztott követelmények.....	99
1.2.3. Csőáteresztők és egyéb vízávezető létesítmények .....	100
1.2.4. Műtárgyak alapozása .....	106
1.2.4.1. Síkalapozások .....	107
1.2.4.2. Mélyalapozások.....	116
<b>2. ÚTÉPÍTÉSI ANYAGOK.....</b>	<b>123</b>
2.1. KÖNEMŰ ÚTÉPÍTÉSI ANYAGOK .....	125
2.1.1. Az útépítési kőanyagok fontosabb minősítési vizsgálatai és minősítése .....	125
2.1.1.1. Kőzetfizikai vizsgálatok .....	125
2.1.1.1.1. Aprózódás vizsgálata Los Angeles-dobban .....	125
2.1.1.1.2. Felületi aprózódás és kopás vizsgálata Deval-dobban.....	126
2.1.1.1.3. Időállósági vizsgálat kristályosítással.....	127
2.1.1.2. A szemcsés halmazra vonatkozó vizsgálatok.....	128
2.1.1.2.1. Kőanyag-halmazok szemeloszlása .....	128
2.1.1.2.3. Szemcsealak vizsgálata .....	129
2.1.1.3. A kőzetek és kőanyagok minősítése .....	131
2.1.2. Kőanyagok .....	132
2.1.2.1. Talajok .....	132
2.1.2.2. Homok, homokos-kavics, kavics, murva .....	132
2.1.2.3. Zúzottkő .....	134
2.1.2.4. Terméskő.....	135
2.1.3. Kőanyagok kitermelése.....	136
2.1.3.1. Kőbányák és anyagnyerőhelyek kialakításának általános szabályai .....	136
2.1.3.2. Kőbányák művelése .....	137
2.1.2.3. Nagyobb anyagnyerőhelyek művelése .....	139
2.2. KÖTŐANYAGOK .....	140
2.2.1. A bitumenek.....	140
2.2.1.1. Az útépítési bitumenek.....	141
2.2.1.1.1. Az útépítési bitumenek fontosabb jellemzői.....	141
2.2.1.1.1.1. A penetráció.....	142
2.2.1.1.1.2. A lágyuláspont .....	142
2.2.1.1.1.3. A töréspont .....	143
2.2.1.1.1.4. A duktilitás .....	143
2.2.1.1.1.5. Öregítési vizsgálat .....	144
2.2.1.1.2. Az útépítési bitumenek választékai .....	144
2.2.1.1.3. Az útépítési bitumen hőmérséklete és viszkozitása .....	144
2.2.1.1.4. Az útépítési bitumen szállítása, tárolása, kezelése .....	144
2.2.1.2. Hígított bitumen .....	145
2.2.1.2.1. A hígított bitumen fontosabb jellemzői .....	146
2.2.1.2.1.1. A viszkozitás .....	146
2.2.1.2.1.2. A lobbanáspont .....	146
2.2.1.2.1.3. A hígított bitumen tapadása és a tapadás vizsgálata .....	146
2.2.1.2.2. A hígított bitumen választékai .....	147
2.2.1.2.3. A hígított bitumen szállítása, tárolása.....	147
2.2.1.3. A bitumenemulzió .....	147
2.2.1.3.1. A bitumenemulzió törése.....	148
2.2.1.3.2. A kationaktív bitumenemulzió jellemzői .....	149
2.2.1.3.2.1. A bitumenemulzió kinézetének leírása .....	149
2.2.1.3.2.2. A viszkozitás .....	149
2.2.1.3.2.3. A kémhatás .....	149
2.2.1.3.2.4. A törési idő.....	149
2.2.1.3.2.5. Tapadóképeség .....	149
2.2.1.3.3. A kationaktív bitumenemulzió választékai .....	150
2.2.1.3.4. A kationaktív bitumenemulzió szállítása, tárolása, kezelése.....	150
2.2.2. Cement.....	151
2.2.3. Mész.....	153
2.3. MÁSODLAGOS IPARI NYERSANYAGOK (IPARI MELLÉKTERMÉKEK) .....	155
2.3.1. Kő- és kavicsbánya meddők, a kohósalakkő .....	155
2.3.2. A granulált kohósalak és a pernye.....	156
<b>3. ERDÉSZETI UTAK PÁLYASZERKEZETE.....</b>	<b>158</b>

3.1. KÖVETELMÉNYEK A PÁLYASZERKEZETTEL SZEMBEN, A PÁLYASZERKEZET FELÉPÍTÉSE .....	158
3.2. A PÁLYASZERKEZETI RÉTEGEK ANYAGAI .....	160
3.2.1. Alaprétegek.....	161
3.2.1.1. Stabilizációs alapok.....	162
3.2.1.1.1. Mechanikai stabilizáció az erdészeti útépitésben .....	164
3.2.1.1.2. Cementes talajstabilizáció az erdészeti útépitésben.....	169
3.2.1.1.3. Meszes talajstabilizáció .....	171
3.2.1.1.4. Bitumenes talajstabilizáció.....	174
3.2.1.1.5. Stabilizációk építése kötőanyaggal az erdészeti útépitésben .....	175
3.2.1.1.6. Granulált kohósalak, pernye és erőművek zagytéri anyagából épülő alapok .....	177
3.2.1.1.7. Vegyszerek alkalmazása talajok stabilizálására .....	179
3.2.1.2. Makadám szerkezetű alapok és burkolatok .....	180
3.2.1.2.1. Rakott terméskő alap .....	181
3.2.1.2.1.1. Szórt útalap .....	182
3.2.1.2.3. Durva zúzottkő alap .....	182
3.2.1.2.4. Szakasos szemeloszlású (egyszerű, vagy „vízzel kötött”) makadám rendszerű alap és burkolat.....	183
3.2.1.2.5. Folytonos szemeloszlású zúzottkő alap.....	184
3.2.1.2.6. Hézagkiöntéssel bevibrált zúzottkő alap.....	185
3.2.1.3. Hézagminimum elvén alapuló kötőanyag nélküli alapok, burkolatok .....	186
3.2.1.3.1. Kavicsalap.....	186
3.2.1.3.2. Murva alaprétég.....	187
3.2.1.3.3. Mészkiöntéssel kötött burkolat .....	187
3.2.1.4. Kohósalakkő alaprétég .....	188
3.2.1.5. Soványbeton alaprétég .....	188
3.2.1.6. Bitumenes alapok.....	190
3.2.2. Burkolatok (kötő- és kopórétégek) .....	190
3.2.2.1. Betonburkolatok.....	190
3.2.2.2. Aszfaltok .....	191
3.2.2.2.1. Aszfaltmakadám burkolatok .....	193
3.2.2.2.1.1. Itatott aszfaltmakadám.....	193
3.2.2.2.1.2. Kötőzúzalékos aszfaltmakadám .....	195
3.2.2.2.1.3. Kevert aszfaltmakadám .....	198
3.2.2.2.2. Tömör aszfalt alapok és burkolatok .....	200
3.2.2.2.2.1. Követelmények az alapanyagokkal szemben .....	200
3.2.2.2.2.2. Tömör aszfaltok hézagviszonyai.....	201
3.2.2.2.2.4. Tömör aszfaltok összetételének meghatározása alkalmassági vizsgálattal .....	206
3.2.2.2.2.5. Tömör aszfaltok készítése.....	210
3.2.2.2.2.6. Tömör aszfaltok beépítése.....	212
3.2.2.2.2.7. Tömör aszfaltok választékai és felhasználási területük.....	216
3.2.2.3. Hézagszegény hidegaszfaltok .....	219
3.2.2.3.1. Hidegen bedolgozható aszfaltbeton .....	219
3.2.3. A felületi zárás és az útfenntartás anyagai.....	221
3.2.3.1. Felületi (pórus) zárás .....	221
3.2.3.2. Felületi bevonás .....	222
3.2.3.3. Finn Aszfalt .....	225
3.2.3.4. Tárolható hideg fenntartási keverék .....	225
3.2.3.5. Pályaszerkezet anyagának újrahasznosítása helyszíni hideg keveréssel .....	225
<b>4. HAJLÉKONY PÁLYASZERKEZETEK TERVEZÉSE ERDÉSZETI UTAKON.....</b>	<b>227</b>
4.1. A PÁLYASZERKEZET TERVEZÉS MŰSZAKI, KÖZGAZDASÁGI PROBLÉMÁI .....	227
4.2. A PÁLYASZERKEZET TERVEZÉS ELVI FOLYAMATA .....	228
4.3. A HAJLÉKONY PÁLYASZERKEZETEK MÉRETEZÉSE TEHERBÍRÁSRA .....	229
4.3.1. A méretezési módszerekről általában.....	229
4.3.2. A CBR alapú méretezési módszer.....	230
4.3.3. Az AASHO nagyminta kísérlet eredményein alapuló méretezés .....	232
4.3.3.1. A pályaszerkezet elhasználódása és a forgalom .....	234
4.3.3.2. A tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága, az egyenérték-tényező értelmezése.....	236
4.3.3.3. Az AASHO kísérlet eredményei a méretezésre.....	239
4.3.4. A hajlékony pályaszerkezetek méretezése az erdészeti utakon.....	240
4.3.5. A tervezési paraméterek hatása a pályaszerkezet vastagságára .....	242
4.3.6. A tervezési paraméterek meghatározása.....	243
4.3.6.1. A tervezési forgalom.....	243

4.3.6.2. A földmű tervezési teherbírása .....	246
4.3.7. A szükséges egyenérték-vastagság és a tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága .....	248
4.4. HAJLÉKONY PÁLYASZERKEZETEK FELÉPÍTÉSE ERDÉSZETI UTAKON .....	249
4.4.1. A védőréteg méretezése .....	249
4.4.1.1. A pályaszerkezet részét képező védőréteg méretezése .....	249
4.4.1.2. A földmű felső rétegét képező fagyvédő réteg méretezése .....	250
4.4.2. A pályaszerkezet felépítésének elvei .....	251
4.4.3. Szempontok a pályaszerkezet rétegeinek megválasztásához és felépítéséhez .....	252
4.4.4. Kisforgalmú közutak pályaszerkezetének tervezése .....	253
4.4.4.1. A tervezési eljárás alkalmazásának feltételei .....	253
4.4.4.2. A tervezés elvi alapjai .....	254
4.4.4.3. A tervezés folyamata .....	254
4.4.4.4. A tervezési eljárás alkalmazása az erdészeti útépítésben .....	255
4.5. A PÁLYASZERKEZET MEGERŐSÍTÉSÉNEK TERVEZÉSE .....	255
4.5.1. Az erősítő réteg méretezése a rugalmas alakváltozások (behajlások) alapján .....	255
4.5.1.1. A pályaszerkezet teherbírása és annak változása, valamint a rugalmas alakváltozások .....	255
4.5.1.2. Az erősítőréteg méretezése a behajlások alapján .....	256
4.5.1.3. A teherbírás meghatározása billenőkaros behajlásmérővel (Benkelman-tartóval) .....	258
4.5.1.3.1. A behajlásmérés alapelve .....	258
4.5.1.3.2. A mérési adatok feldolgozása .....	260
4.5.1.3.2.1. A homogén szakaszok elkülönítése .....	260
4.5.1.3.2.2. A mértékadó behajlás kiszámítása .....	261
4.5.1.3.2.3. A mértékadó behajlás értékelése .....	263
4.5.1.4. A teherbírás meghatározása ejtősúlyos (FWD) berendezéssel. ....	264
4.5.1.4.1. A Dynatest FWD 8000 típusú berendezés ismertetése .....	265
4.5.1.4.1. A mért adatok értelmezése, felhasználási lehetőségei .....	265
4.5.1.4.1.1. Felületi modulus .....	266
4.5.1.4.1.2. A behajlás .....	266
4.5.1.4.1.4. A görbületi sugár meghatározása .....	267
4.5.2. Az erősítő réteg méretezése a pályaszerkezet feltárása alapján .....	268
4.5.3. A behajlásmérés eredményeinek és a pályaszerkezet feltáráson alapuló méretezés eredményeinek értékelése .....	268
4.6. PÁLYASZERKEZET-GAZDÁLKODÁS .....	269
4.6.1. A pályaszerkezet-gazdálkodási politika általános megfogalmazása .....	270
4.6.1.1. A pályaszerkezet leromlási folyamata .....	270
4.6.1.2. A pályaszerkezet-gazdálkodási politika stratégiája .....	271
4.6.1.3. A pályaszerkezet-gazdálkodási politika közgazdasági összefüggései .....	273
4.6.2. Pályaszerkezet-gazdálkodás az erdészeti utakon .....	275
4.6.2.1. A teherbírás változásának modellje .....	275
4.6.2.2. Az erdészeti utak pályaszerkezetének karbantartási és megerősítési stratégiája .....	277
4.6.2.3. A karbantartás kedvező időpontjának meghatározása .....	281
<b>5. ERDÉSZETI UTAK FENNTARTÁSA .....</b>	<b>285</b>
5.1. AZ ERDÉSZETI ÚTFENNTARTÁSRÓL ÁLTALÁBAN .....	285
5.1.1. A téma időszerűsége .....	285
5.1.2. Néhány jelenség, ami nem csak az erdészeti útfenntartásra jellemző .....	286
5.1.3. Az útfenntartással kapcsolatban felmerülő kérdések .....	287
5.2. AZ ÚTFENNTARTÁS CÉLJA, ÉRTELMEZÉSE ÉS MEGJELENÉSI FORMÁI .....	288
5.2.1. Az út élettartama alatt végzett tevékenységek .....	288
5.2.1.1. Üzemeltetés .....	289
5.2.1.2. Állapotfenntartás .....	290
5.2.1.3. Fejlesztés .....	292
5.2.2. Az útfenntartás fogalmának általános értelmezései a célok függvényében .....	293
5.2.2.1. Az útfenntartás, mint állapotfenntartás .....	293
5.2.2.2. Az útfenntartás, mint üzemeltetés .....	293
5.2.2.3. Az útfenntartás, mint komplex üzemeltetés .....	294
5.2.3. A komplex útfenntartás, mint az erdészeti útfenntartás formája .....	294
5.3. A LEROMLÁSI FOLYAMAT ÉS AZ ÚTFENNTARTÁS KAPCSOLATA .....	295
5.3.1. Az út pillanatnyi állapotát kialakító tényezők .....	297
5.3.2. Az útfenntartási politika .....	298
5.4. AZ ÚTFENNTARTÁSI RENDSZER .....	299

5.4.1. Az útfenntartási szemlélet .....	300
5.4.1.1. Az általános útfenntartási szemlélet .....	300
5.4.1.2. Az üzemeltetési szemlélet .....	302
5.4.1.3. A hálózati szemlélet .....	302
5.4.1.4. A szemlélet jelenlegi helyzete, a továbblépés szükségessége és iránya .....	303
5.4.2. Az útfenntartás irányítási rendszere .....	304
5.4.2.1. A management rendszerről általában .....	306
5.4.2.2. Az útfenntartási management .....	306
5.4.2.3. Az irányítási rendszerrel kapcsolatban felmerülő problémák .....	307
5.4.3. Az útfenntartás eszközei .....	309
5.4.3.1. Az útfenntartás szervezete .....	309
5.4.3.1.1. A központi irányító és ellenőrző egység .....	309
5.4.3.1.2. A végrehajtó egység .....	310
5.4.3.1.3. A folyamatos felügyeletet gyakorló egység .....	311
5.4.3.2. Az útfenntartási technológia .....	311
5.4.3.3. Az útfenntartás műszaki bázisa .....	312
5.5. AZ ÚTFENNTARTÁSI RENDSZER BEVEZETÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI .....	312
<b>ÁBRÁK JEGYZÉKE.....</b>	<b>315</b>
<b>TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....</b>	<b>320</b>





# ELŐSZÓ

A nagy területen dolgozó nemzetgazdasági ágazatok, amelyek elaprózott, térben és időben elkülönülő munkahelyeken dolgoznak, munkájukat csak akkor tudják hatékonyan elvégezni, ha megfelelő logisztikai rendszer áll rendelkezésükre, amelyen jelen esetben az anyag és információáramlás egységét értjük. A tágabb értelemben vett anyagáramlás feltétele a szállítóeszköz és a szállító pálya. Az erdőfeltárással az erdő területét hálózunk be az igényeknek megfelelően kialakított szállítópálya hálózattal. A nem kötött pályán mozgó kerek közlekedési eszközök (személygépkocsik, tehergépkocsik, autóbuszok stb.) általánossá válása óta a jellemző erdészeti szállítópálya az erdészeti út, amelyen a forgalom mintegy 40%-át kitevő tehergépkocsi forgalom igényei mellett ki kell elégíteni a mintegy 60% nagyságot kitevő személyforgalom bizonyos igényeit is.

A feltáráshálózatot alkotó erdészeti utak megvalósítása esetenként speciális műszaki megoldásokat igényel, mert az útépités különösen jelentős beavatkozás az erdő életébe. Az erdészeti út műszelvénye évtizedekig, de esetenként több száz évig is fennmarad, bizonyítva a tervező, építő és útfenntartó együttes munkáját. A műszaki beavatkozások elveit és gyakorlatát az adott időszak műszaki színvonala határozza meg. Az általános műszaki alapelvektől eltérni nem lehet, mert az a műszaki létesítmények biztonságát csökkentheti, sokszor életveszélyes helyzeteket teremtve. A kérdést úgy lehet feltenni, hogy mi az a legkisebb biztonság – a technikai minimum -, amelyet meghatározhatunk annak érdekében, hogy az erdészeti feltáráshálózatot alkotó erdészeti utak, mint műszaki létesítmények biztonságosak legyenek, költségkímélő legyen építésük és fenntartásuk, valamint a legkisebb beavatkozást jelentsék az ökológiai rendszerbe.

Az ökonómiai irányultságú erdőgazdálkodás feltételei között - amikor az erdészeti utak létesítését még tisztán gazdasági előnyeikkel indokolták - alapelveként fogalmazták meg a létesítési költségek (tervezési, építési) minimalizálását. Ezzel azt a célt kívánták elérni, hogy az erdészeti utak beruházására fordított költségek belátható időn belül megtérüljenek. A pillanatnyi költségek minimalizálása közben nem vették figyelembe a környezet- és természetvédelem, valamint az útfenntartás igényeit. Az ilyen szemlélettel megépített utak nem voltak összhangban a forgalommal és a környezeti viszonyokkal, ezért a hosszútávon ható fenntartási költségek jelentősen megnöttek.

Alapvető feltételnek kell elfogadni annak elismerését, hogy a műszaki létesítmények minden formájukban, mindenkor megzavarják azt az élő környezetet, amelyben elhelyezik őket. Ezt minden erdőfeltárással és erdészeti útépitéssel foglalkozó szakembernek tényként kell elfogadni, azt semmilyen magyarázattal és semmilyen megoldással nem lehet és nem szabad tagadni. Ezért fel kell tárni a problémákat, meg kell vizsgálni a lehetőségeket, majd műszaki módszereinket elvszerűen úgy kell megválasztani, hogy az így kialakított létesítmény a környezetet a legkisebb mértékben károsítsa, az élő környezet alkalmazkodóképességét kihasználva pedig abba a legrövidebb időn belül beilleszkedjen. Az összhang így rövid időn belül ismét kialakulhat. De minden erdővel foglalkozó szakembernek azt is tudni kell, hogy egyes feladatokat nem lehet mindig elsődlegesen környezetbarát módszerekkel - egy "minimális mennyiségű beton" nélkül - megoldani. A technikát azonban eszköznek kell tekinteni és arra kell törekedni, hogy ez az eszköz ne uralhassa tevékenységünket. Ezt biztosíthatja a korszerűen megfogalmazott technikai minimum elvének betartása. Ettől lesz az erdőfeltárással és az erdészeti útépitéssel sajátos erdőmérnöki, műszaki feladat.

Mit fejez ki a technikai minimumra? Az erdészeti utak létesítésekor nem az lesz az egyetlen célunk, hogy a költségeket az ésszerűtlenség határáig csökkentjük. Ehelyett a tervezési és építési előírásokat határozzuk meg úgy, hogy azok eleve a rövidtávú költségek csökkenéséhez vezessenek helyes műszaki megoldások mellett, amely költségek további csökkentése már sem hosszú távú közgazdasági (építési-fenntartási költségek minimuma), sem ökológiai szempontból nem lesz helyes. Ezeknek az előírásoknak a betartásáról pedig egy megfelelően kidolgozott minőségellenőrzési rendszerrel kell gondoskodni. Ezzel kielégíthetők az erdészeti útépítéssel szemben támasztott társadalmi igények is. A magasabb kiépítési színvonal miatt azonban az építési költségek megnőnek, amelyet az erdőgazdálkodás önmagában megtermelni nem képes. Az erdészeti utak építéséhez tehát támogatás megadásával a társadalomnak hozzá kell járulni.

Az erdészeti műszaki gyakorlatban alapvető követelmény, hogy a megvalósított létesítmény a szükségesnél ne legyen nagyobb (arányosság elve). Az erdészeti műszaki létesítményeknél ez a feltétel betartható, mert eleve kicsi építményekről van szó, amelyek különféle egyéb igényeket (utazáskényelem, sebesség, fokozott biztonság stb.) nem elégít ki és az el sem várható tőle. A feltáráshálózat elemeit az erdőgazdálkodás igényeihez kell igazítani.

Követelmény azonban mindenkor a megfelelő állékonyság (állékonyság elve). Ennek hiánya nem vezet azonnal tragédiához, de a rendeltetésszerű használat akadályozásával, folyamatos fenntartási igényével közgazdasági és környezetvédelmi szempontokból egyaránt hátrányos. Egy műszakilag állékony rézsű gyepesítése, vagy fásítása megoldható, míg a folyamatosan pergő, hámló felületeken ez nem valósítható meg.

A fenntarthatóság követelménye - mint azt már többször is érintettük- szintén alapvető követelmény (fenntarthatóság elve). A folyamatosan tönkremenő, ezért állandó - anyagfelhasználással járó, gépek mozgását és munkáját, energiát felhasználó- javítást igénylő, vagy ennek elmaradása után használhatatlanná váló bármilyen szerkezetet környezetvédelmi szempontból is károsnak kell tekinteni. Az építés alatt és az azt előkészítő munkafázisokban kell olyan műszaki állapotot megteremteni, ami a fenntarthatóságot és a fenntartási igényt is számításba veszi nemcsak ökonómiai, hanem környezetvédelmi szempontokból is. Ez az az eset, amikor az ökonómiai és a környezetvédelmi célok megegyeznek.

Az anyagfelhasználás elveinek figyelembevétele szintén egy lényeges pontja a káros környezeti hatások mérséklésének (anyagfelhasználás elve). Akkor járunk el helyesen, ha a következő alapelveket betartjuk:

- élettartam-növelése,
- célszerű, az igénybevételnek megfelelő anyagok beépítése,
- a fölösleges anyagok elhagyása,
- helyettesítő anyagok felhasználása,
- újrahasznosított, vagy újrahasznosítható anyagok alkalmazása,
- pontos adagolás, „a kevés esetenként több” elve,
- technológiai váltás, amely előnyben részesíti a „mechanikai elven (kiékelés, súrlódás) álló” megoldásokat.

A fenti elveket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az etikus kompromisszumokkal kialakított műszaki megoldások közgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt kedvező megoldások lesznek. Ezeket az alapelveket ismerve és az út megvalósításának folyamatában folyamatosan betartva, ökonómiai és ökológiai szempontokból egyaránt megfelelő létesítményeket hozhatunk létre.

A vázolt alapelvek és követelmények betartásának műszaki megvalósítása azonban rejt magában nehézségeket. Az erdészeti utak domb- és hegyvidéken épülnek, ahol a keresztdőlés elérheti a 40-50%-ot, a talaj leggyakrabban az átmeneti és a kötött talajosztályba sorolható. A természet- és környezetvédelmi előírások, valamint közgazdasági szempontok miatt talajcserét végrehajtani nem lehet, a földművet csak az adott, sokszor kellemetlen műszaki tulajdonságokkal rendelkező talajból kell megépíteni. Az út koronaszélessége szokatlanul keskeny (5,00-8,00 m), ami fölött a faállomány koronája gyakran összezáródik. Ezek a körülmények a földmű építését nagyban megnehezítik, ha a kivitelező kellő munkaszervezéssel nem készül fel az ebből adódó nehézségekre, illetve a nagyobb útépítéseknél használt gépparkkal kívánja a feladatokat megoldani.

A szakkönyv az erdőmérnök-hallgatók számára tankönyvként, az erdészeti útépítők számára kézikönyvként készült. Nem mindenkor követi az éppen érvényes műszaki előírásokat, ezért a nem erdészeti útépítés területén dolgozóknak saját szakterületük előírásait figyelembe kell venni. Mik ezek az eltérések?

Az útépítési alapanyagok kiválasztásakor közgazdasági szempontokat kell figyelembe venni. A kötőanyagok esetében a lehetőségek körülhatároltak, a kereskedelemben kapható anyagok felhasználására van lehetőség, amelyek minőségét előírások szabályozzák. A könnyű útépítési anyagok kiválasztásánál már elvszerű kompromisszumok tehetők a helyi anyagok javára, illetve a minőségi előírások lazítására.

A pályaszerkezeti rétegek anyagösszetételét, építését rögzítő műszaki előírások a nagy forgalmú közutak igényei számára készülnek. Az erdészeti utak forgalma azonban a XX. század közepének közúti forgalmát sem éri el. Az erdészeti útépítésben ezért a klasszikus útépítési elveknek megfelelő elvek és elméletek szerint tervezzük és építjük meg a pályaszerkezeti rétegeket. Ezeknek a rétegeknek az ismertetésénél ezért a klasszikus elvekből indulunk ki, a legújabb előírásokat tájékoztatásul adjuk közre. Kivételek ez alól az aszfaltok, mert ezeket az erdészeti útépítésben is a meglévő keverőtelepekről lehet beszerezni, ahol azokat a műszaki előírások szerint készítik el.

A pályaszerkezetek tervezésénél szintén a klasszikus nagyminta kísérleteken alapuló módszert ismertetjük, mert ez az erdészeti útépítésben jól használható módszernek bizonyult. A fejlettebb mechanikai alapú méretezési módszereket a peremfeltételek hiánya miatt még nem lehet bevezetni.

Az erdészeti útépítés a természetközeli, többcélú erdőgazdálkodás elengedhetetlen feltétele. Mivel ez a műszaki létesítmény az erdő ökológiai rendszerébe épül be, ezért annak követelményeit figyelembe kell venni, de illeszkedni kell az erdőgazdálkodás közgazdasági rendjébe is. Ezeket a feltételeket csak olyan szakemberek tudják teljesíteni, akik megfelelő műszaki, ökológiai és közgazdasági képesítéssel rendelkeznek, vagyis erdőmérnökök. Kívánom, hogy ez a szakkönyv az erdészeti útépítések további fejlődéséhez vezessen az erdőgazdálkodó és az erdőt használó minden szakember számára.

Az erdészeti szállítópályák létesítése nem új keletű törekvés. A XIX. században a kor műszaki színvonalának megfelelően az Erdőhasználat keretében foglalkoztak a témával. Fontos állomás a fejlődésben Sobó Jenő akadémiai tanárnak 1899-ben Selmezbányán megjelent Erdészeti Építéstan című könyve, amelynek II. része Út-, vasút-, és hídépítéstan címet viseli. A 970 oldalas könyv korának műszaki színvonalán és felfogása szerint foglalkozott az erdészeti

műszaki létesítmények tervezésével, építésével. 1920-ban jelent meg Jankó Sándor Erdei Szállítóberendezések című könyve. 1923-ban Modrovich Ferenc vezetésével megalakult az önálló Erdészeti Szállítóberendezések elnevezésű tanszék. Erdészeti Szállítóberendezések című egyetemi jegyzete két kiadást ért meg a II. világháború előtt, amely egészen 1956-ig az erdőmérnök oktatásnak e témában a vezérfonala volt. Az ezután bekövetkező viszonylag gyors technikai fejlődés alapvető szemléletváltás igényelt az erdészeti anyagmozgatásban. Ezt a fejlődést tükrözi Pankotai-Herpay: Erdészeti Szállítástan című tankönyve, amely 1965-ben jelent meg. Ennek az erdészeti útépítéssel foglalkozó fejezetei már összefoglalják az erdészeti útépítés fontos alapelveit, különös tekintettel a helyi anyagok felhasználásával készülő pályaszerkezetekre.

Végül köszönetemet fejezem ki mindazoknak, aki a szakkönyv megjelenését anyagilag és erkölcsileg támogatták. Köszönöm dr. Fi István egyetemi tanár hasznos észrevételeit és javaslatait, amelyeket a könyv elkészítése közben jól tudtam hasznosítani. Primusz Péter doktoránsnak az ábrák és a borítólapok elkészítéséhez nyújtott hathatós segítségét és türelmét. Köszönetet mondok továbbá mindazoknak, akikkel az utolsó évtizedekben együtt munkálkodtunk az erdészeti útépítés fejlesztésén és megújításán: dr. Péterfalvi József és dr. Markó Gergely egyetemi docenseknek. De megköszönöm azoknak az erdőgazdaságoknak a közreműködését is, amelyek az erdőfeltárás és benne az erdészeti útépítés új eredményeit felhasználták feltáróhálózatuk bővítésénél. Különösen értékes tapasztalatokat kaptam az Országos Erdészeti Egyesület Erdőfeltárási Szakosztályától, ahol a mélyreható szakmai viták közben kristályosodtak ki az erdészeti útépítés megoldásai. Ez a baráti közösség volt az, amely befogadta azokat a kutatási-fejlesztési eredményeket, amelyek az „erdészeti út tanszéken” születtek. Végül megköszönöm Ormos Balázs főtitkárnak hathatós biztatását és segítségét a kiadás lehetőségének megteremtésében.

Sopron, 2009. szeptember.

*dr. Kosztka Miklós*

# 1. ERDÉSZETI UTAK ALÉPÍTMÉNYEI

Az utak alépítményének részei:

- a földművek
- és a műtárgyak.

Az útépítésben a rézsúkkal határolt tömörített talajtömeg a földmű, amely bevágásban vagy töltésben helyezkedik el. A műtárgyak az alépítmény nem földből készült részei (támasztófalak, csőáteresztők, hidak stb.).

## 1.1. Földművek

Általános megfogalmazás szerint földműnek nevezük a földből készült, vagy a földben földmunkával kialakított szabályos alakzatú, önálló rendeltetésű vagy más építmény részét alkotó létesítményeket.

A földműveket osztályozhatjuk:

- jellegük,
- kiterjedésük,
- és céljuk szerint.

Jellegük szerint a földmű lehet:

- bevágás,
- töltés,
- tereprendezés.

A földmű kiterjedése szerint lehet:

- vonalas,
- széles,
- gödör jellegű,
- pontszerű.

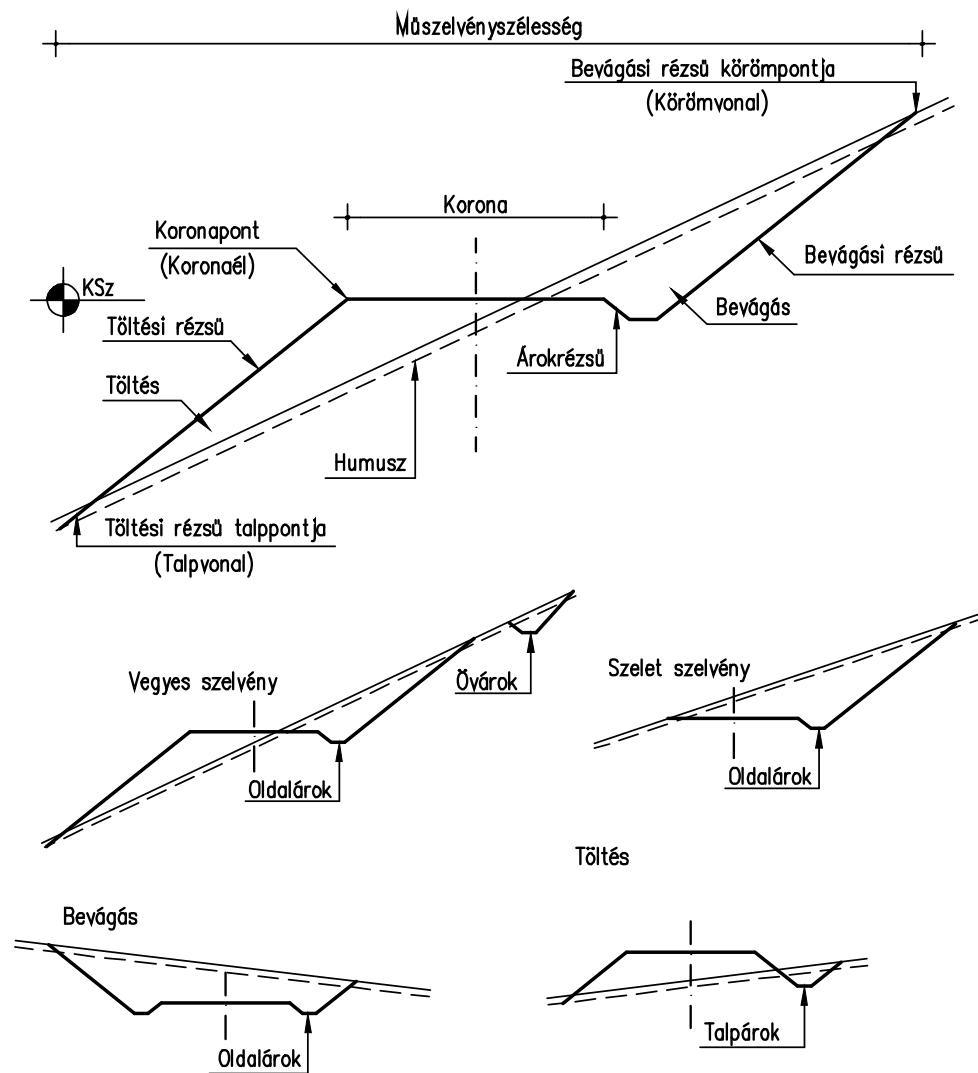
A földművek céljuk szerint lehetnek:

- közlekedési pálya,
- alagutak,
- földalatti vasutak,
- aluljárók,
- alapozások, mélygarázsok,
- árvízvédelmi töltés,
- csatorna,
- folyószabályozás,
- táj- és tereprendezés, stb.

A földművek részei (1.1-1. ábra):

- a földmű koronája, amelyet a koronaszélesség jellemez;
- a földmű koronaszintje, a korona tengelyében mért szintmagasság;
- a földmű rézsúói, amelyek lehetnek töltési rézsúk, bevágási rézsúk és árok rézsúk;
- a töltési rézsúk talppontja, illetve talpvonala;

- a bevágási rézsűk körömpontja, illetve körömvonala;
- a műszelvény szélessége.



1.1-1. ábra. Földművek részei

A földmű koronaszintjét és koronaszélességét a földmű rendeltetése és elhelyezkedése határozza meg.

A földmű kialakítása szerint lehet:

- töltés,
- bevágás,
- vegyes szelvény,
- szelet szelvény.

A töltést hordozó, illetve a bevágás kialakítására szolgáló érintetlen talajtömeget termett talajnak, vagy nöft földnek nevezzük.

A rézsűhajlás jelölése és értelmezése az erdészeti útépítésben eltér az útépítés, valamint a víz- és vasútépítés területén használt értelmezéstől. Az erdészeti útépítés a rézsű hajlását a rézsű és a vízszintes által bezárt szög cotangenseként értelmezi, amelyet olyan formában ad meg, hogy a nevezőben 4 szerepel (pl.: 4/4, 5/4, 6/4, stb.). A rézsű ilyen értelmezése mellett a ré-

zsúhajlás tizedes törttel is megadható (pl.:  $6/4$  rézsű= $1,5$  rézsű). A víz- és vasútépítés a rézsű hajlását tangens függvény szerint értelmezi. Jelölésekor az egységnyi rézsűmagassághoz tartozó vízszintes vetület hosszát tünteti fel (pl.:  $1:1,5$  azaz a korábbiak szerint a rézsű  $6/4$ ).

### **1.1.1. Földművek tervezése**

Mint minden mérnöki létesítmény tervezésekor, úgy a földművek tervezésekor is meg kell határozni a tervezési követelményeket. Ezek olyan általános tervezési szempontok, amelyek biztosítják, hogy az elkészült létesítmény kielégítse a vele szemben támasztott igényeket.

A földmű tervezésekor ezért az a feladatunk, hogy adott terep-, talaj-, talajvíz- és környezeti viszonyok között a megépített földmű legyen:

- funkcionálisan alkalmas,
- statikailag megfelelő,
- megvalósítható,
- környezet harmonikus,
- esztétikus,
- tartós, illetve fenntartható,
- gazdaságos,
- elfogadható.

#### **Funkcionális alkalmasság**

A földmű alakja, méretei, elrendezése, keresztmetszeti kialakítása, terhelhetősége és általános használhatósága feleljen meg a földmű rendeltetésének.

#### **Statikai megfelelés**

A földműben, vagy a földművel kapcsolatos építményekben ne következzen be kiterjedt teherbírási vagy funkcionális határállapot.

#### **Megvalósíthatóság**

A terv lehetőleg olyan legyen, amely alapján a földmű az adott helyen, a rendelkezésre álló anyagokból, valamint gépekkel, eszközökkel és technológiákkal adott határidőn belül megépülhet.

#### **Környezetharmónikus**

A földmű megvalósítása a környezet legkisebb átalakításával járjon együtt, építése, üzemeltetése csak megengedett mértékben terhelje a környezetet.

#### **Esztétikus**

A földművek kialakításakor törekedni kell a tájba illesztésről. Jó geometriai arányokkal, esztétikus építőanyagokkal, tájba illő, öshonos növényzettel kell a földművet úgy kialakítani, hogy a használó és a külső szemlélő számára egyaránt megnyugtató, biztonságot sugárzó hatása legyen.

#### **Tartósság**

A földművek annyira tartósak legyenek, hogy szokásos fenntartási munkákkal eredeti állapotuk biztosítható legyen. Külön előírás hiányában a földművet száz év élettartamra kell tervezni.

#### **Gazdaságosság**

Az előbbi követelményeket úgy kell teljesíteni, hogy a létesítmény az adott időben és kö-

rülmények között elfogadható kockázatvállalással, illetve költségráfordítással legyen megépíthető.

### **Elfogadhatóság**

A terv olyan legyen, hogy megvalósítását az építető, az üzemeltető, a kezelő és a hatóság mellett más közreműködők, a szakmai közvélemény, a politikai környezet és a civil szféra egyaránt elfogadja. Figyelembe kell venni, hogy a felsoroltak közül egyesek akár szubjektív, szakmailag indokolatlan hozzáállása a megvalósítást ellehetetlenítheti.

### **A tervezéskor vizsgálandó adottságok**

A földművek és környezetük adottságai, amelyek állapotát a tervezőknek az építés előtt és után is gondosan vizsgálni kell:

- a tervezendő létesítmény jellemzői,
- az élő környezet általános jellemzői,
- az épített környezet általános jellemzői,
- a terepadottságok,
- a terület meteorológiai adottságai,
- a hidrológiai adottságok,
- a talajadottságok,
- a talajvízviszonyok,
- a felszínmozgások.

Az élő környezet általános jellemzőinek felmérésekor ki kell térni a terület növényzetére, különös tekintettel a védendő fajokra, a növényzet megóvására, az át- vagy újraterelíthetőség lehetőségének vizsgálatára; az állatvilágra, különös tekintettel a védendő állatokra, az állatvilág mozgására, a szétválasztás (szegregáció) veszélyére, az építés és működés közbeni védelemre; a mezőgazdasági és erdészeti területek igényeire.

Az épített környezet jellemzőinek feltárásakor meg kell ismerni annak történetét, a korábbi beépítéseket, a meglévő közlekedési pályák és közművek, mérnöki létesítmények jellemzőit, állapotát, az építést akadályozó, illetve az építés által veszélyeztetett létesítményeket.

A terepadottságokat a domborzat, a felszín különleges formációi, és a terület járhatósága határozza meg.

A meteorológiai viszonyokat jellemzik az általános éghajlati adatok, a mikroklimatikus sajátosságok, a hőmérsékleti adatok, a széljárás, a fagyviszonyok. Ezek ismeretében következtetni lehet az építés után bekövetkező változásokra. A hidrológiai adottságok vizsgálatakor meg kell ismerni a terület csapadékviszonyait, a terület lefolyási viszonyait (belvízveszély), a párolgási jellemzőket, a vízfolyásokat és állóvizeket, ezek vízhozamait, a jellemző vízszintjeit.

A talajadottságok megismerésekor először a terület geológiai adatait kell összegyűjteni, mint amilyen a terület keletkezése, felépítése, a geológiai formációk, a rétegek felépítése, majd a talajok fizikai, kémiai, hidraulikai és mechanikai jellemzőit kell megvizsgálni.

A talajvízviszonyokra utalnak az előforduló víztípusok, a talajvíz vegyi jellemzői, a vízszintingadozások, vízmozgások, rétegvizek, karsztvizek, források, a felszín alatti vizeket befolyásoló tényezők, az építmény hatása a talajvízre és a talajvíz hatása az építményre és az építésre. A felszínmozgások a létesítmény állékonyságát befolyásoló tényezők, ezért meg kell ismerni az erre utaló jeleket, valamint meg kell ismerni a felszínmozgások hatását a létesítményre.

A tervezett létesítmény jellemzői közül a helyszínrajzi kialakítást, a tervezett magassági adatokat, a mintakeresztszelvényt és a műtárgyak helyét kell megvizsgálni.



#### 1.1.1.1. Töltések tervezése

A töltések tervezésekor először el kell dönteni, hogy a rendelkezésre álló talaj töltés építésére alkalmas-e. Általában kimondható, hogy töltés építésére a jól tömöríthető, jól vízteleníthető, erózióknak ellenálló, nem fagyveszélyes, teherbíró és állékony talajok alkalmasak. Ezt megítélni:

- a talajfizikai jellemzők ( $w$ ,  $e$ ,  $n$ ,  $S$ ,  $I_p$  stb.),
- a tömörítési tulajdonságok ( $\rho_{dmax}$ ,  $w_{opt}$ , Proctor-görbe alakja stb.)
- a nyírószilárdsági paraméterek ( $\phi$ ,  $c$ ) és a nyírószilárdság ( $\tau$ ), valamint változásuk a víztartalom változásának függvényében,
- a vízáteresztő képesség,
- a kapilláris tulajdonságok,
- a fagyveszélyesség,

alapján lehet. Az egyes talajcsoportokat általánosságban a következőképpen minősíthetjük töltésépítés szempontjából:

- Töltés építésére legmegfelelőbbek a vegyes szemeloszlású, jól osztályozott ( $U > 5$ ) homok- és kavics talajok. A szögletes, poliéderez szemcsékből álló talajok nagyobb belső súrlódásuk miatt nehezebben tömöríthetők, mint a gömbölyű szemcsékből állók, de teherbírást magasabb. Töltésbe a futóhomok ( $U < 5$ ) beépítését kerülni kell, mert az nehezen tömöríthető, valamint építés közben a szél elhordhatja a korábban megépített réteget. A szemcsés talajból épült töltések vízáteresztő képessége jó, kapilláris vízemelése kicsi, jellemző rájuk a tömbfagyás.
- Az átmeneti talajok (homokliszt és iszaptalajok) még könnyen kiszáradnak, az optimális tömörítési víztartalomnál alacsonyabb víztartalom viszonylag jól tömöríthetők. Kapilláris vízemelésük jó, a vizet gyorsan, magasra emelik. Kis plasztikus és folyási indexük miatt könnyen folyóssá válnak, ami teherbírást csökkenéshez vezet, ezért gondos víztelenítést kívánnak. A vízutánpótlás megszüntetése után gravitációs úton könnyen kiszáradnak. Térfogatváltozásuk csekély, fagyveszélyesek. A lösz, amely mint talaj ebbe a csoportba sorolható, erózióveszélyes és roskadásra hajlamos.
- A kötött talajok nedvesen a munkaeszközhöz tapadnak, a száraz rögöket pedig nehéz szétmorzsolni. Vízzel szemben ellenállóbbak. Nehezebben nedvesednek el, mert vízáteresztő képességük alacsony, kapillárisan a vizet lassabban emelik, nagyobb plasztikus és folyási indexük miatt pedig nehezebben válnak folyóssá. Átázás után azonban ezeket a talajokat gravitációs úton vízteleníteni nem lehet. Kevésbé vagy alig fagyveszélyesek, de erősen térfogatváltozóak.

Tervezéskor egy adott talajról az általánosan levonható következtetések mellett minden esetben ismerni és értékelni kell a talaj tömörítési tulajdonságait ( $\rho_{dmax}$ ,  $w_{opt}$ , Proctor-görbe alakja), az állékonysági vizsgálathoz szükséges nyírószilárdsági paramétereket ( $\phi$ ,  $c$ ), a földmű tervezési teherbírást (CBR%) valamint ezek módosulását a víztartalom és a tömörség változásának függvényében. Vizsgálni kell továbbá a talajok vízzel szembeni viselkedését, amit a vízáteresztő képesség, a kapilláris tulajdonságok (vízemelés, víztelenítés) a fagyveszélyesség stb. jellemez. A vizsgálatok közül a talajtól és a körülményektől függően egyesek elhagyhatók, ha azokat számunkra érdektelennek ítéljük meg.

Töltés építésére alkalmas, nem talajnak minősülő építőanyag a pernye és a kohósalak. Ezeket az anyagokat utak töltésébe építve jelentős mennyiségű környezetszennyező ipari mellékterméket lehet környezetkímélő módon elhelyezni. Erdészeti utak töltésének építésére felhasznál-

nálni ezeket mégsem célszerű, mert a nagy szállítandó anyagmennyiség és a jelentős szállítási távolság miatt kialakuló komoly költségek felhasználásukat gazdaságtalanná teszik.

A töltések építéséhez a kivitelező részére minden esetben meg kell adni a töltés építésére felhasznált talajra vonatkozó:

- tömörítési előírásokat,
- a maximális és az előírt tömörségi fokhoz tartozó száraz halomsűrűségekhez (pl.:  $1,0 \cdot \rho_{dmax}$   $0,9 \cdot \rho_{dmax}$ ) rendelt nyírószilárdsági paramétereket.

A töltési rézsűk hajlásszöge táblázatból vagy állékonysági vizsgálattal állapítható meg. Az erdészeti utak töltéseinek rézsűhajlását akkor határozhatjuk meg táblázatból (1.1-1. táblázat), ha:

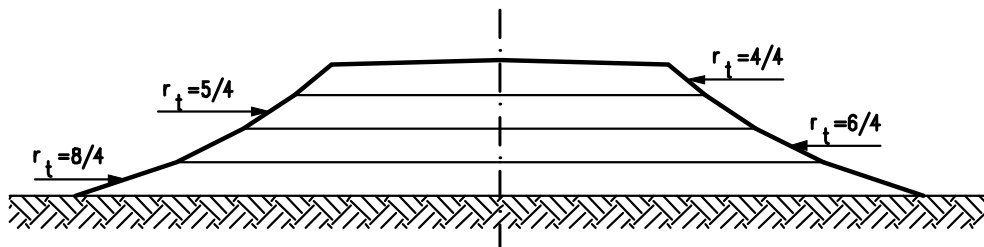
- a töltés alatti altalaj teherbíró,
- a töltésbe épített anyag jó minőségű és közel azonos tulajdonságú,
- a töltést előírás szerint tömörítik.

Talaj neve	Töltés magassága				Bevágás mélysége			
	méter							
	0-3	3-6	6-9	9-12	0-3	3-6	6-9	9-12
	méter							
Homok	7/4		8/4		6/4	7/4		8/4
Homokliszt, lösz	6/4	7/4		8/4	5/4		6/4	7/4
Homoklisztes iszap	5/4		6/4		5/4		6/4	
Sovány agyag	4/4	6/4	7/4	8/4	4/4		5/4	
Kövér agyag	4/4	6/4	7/4	8/4	4/4		8/4	
Kavics, erősen kavicsos talaj	6/4		7/4		5/4		6/4	
Szikla	4/8	4/6	4/5		4/10	4/8	4/6	

1.1-1. táblázat. Erdészeti utaknál javasolt rézsűk

Minden más esetben, vagy ha a táblázatban előírt értékeknél meredekebb rézsűvel lehet csak a földművet határolni, az állékonyságot vizsgálatokkal kell bizonyítani. Úgy a rézsűhajlás megválasztásánál, mint az állékonysági vizsgálatoknál a víz járulékos hatását figyelembe kell venni.

Magas töltések határolását költségkímélési és esztétikai okok miatt nem szokás egyetlen rézsűhajlással kialakítani, hanem azt összetett rézsűkkel építjük meg. Töltéseknél ez a harangszelvény (1.1-2. ábra), amelynek kialakításával földmunka takarítható meg. Az egyes szintek magassága és hajlása állékonysági vizsgálattal határozható meg.



1.1-2. ábra. Harangszelvény

Nagyobb töltések tervezésekor, különösen kedvezőtlen altalajviszonyok között, vizsgálni kell az altalaj összenyomódásának mértékét és az alaptörés előfordulásának veszélyét is. Az erd-



ben az eredő erő nem lesz függőleges, a töltés aljában tehát húzóerők, illetve húzófeszültség lép fel, amit a talaj nyírószilárdsága egyenlít ki.

A töltés alsó síkjában fellépő vízszintes feszültség, amely a töltés tengelyétől kifelé mutat:

$$\tau = \frac{3 \cdot E_0}{k + 2 \cdot \rho \cdot m}$$

ahol:  $k$  = korona [m]

$E_0$  = fellépő nyugalmi földnyomás [kN]

$$E_0 = K_0 \cdot m^2 \cdot \frac{\gamma}{2}$$

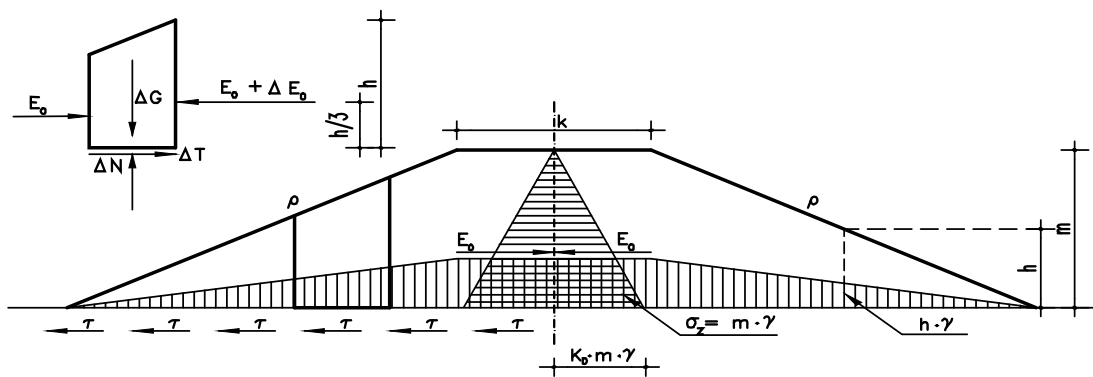
$\rho$  = rézsűhajlás

$m$  = töltés magassága [m]

$\gamma$  = térfogatsúly [kN/m<sup>3</sup>/m] (egy méterre vonatkoztatva)

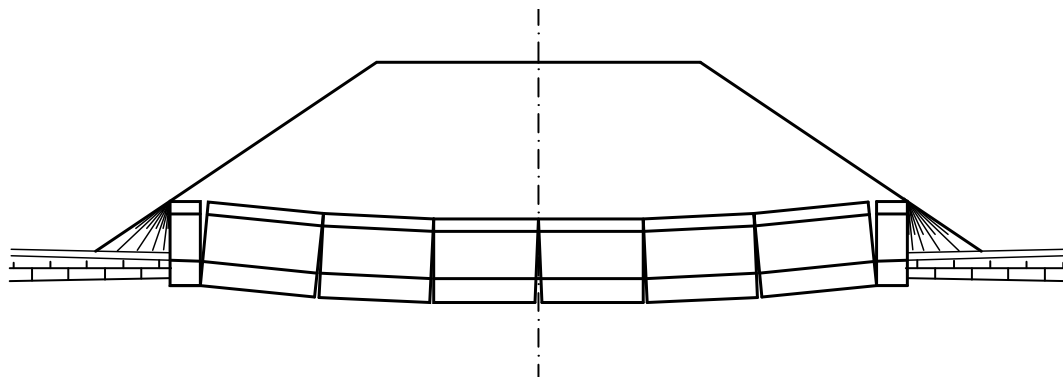
$G$  = súlyerő [kN]

$K_0$  = a nyugalmi nyomás tényezője (homok, kavics: 0,4–0,5 agyag esetén: 0,8–0,9)



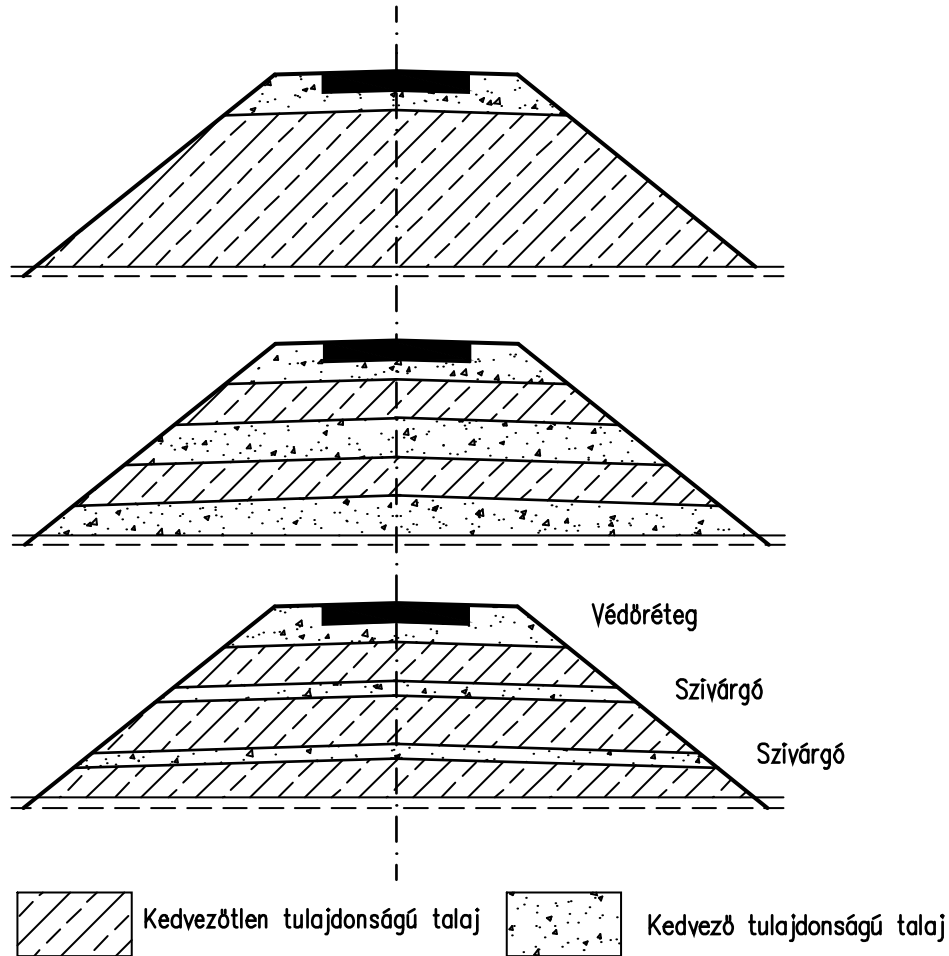
1.1-4. ábra. Töltések alatt ébredő húzófeszültség kialakulása

Ezt a vízszintes feszültséget tervezéskor is figyelembe kell venni. A 8–10 m magas töltések alatt fellépő húzóerő hatására a töltés aljába beépített csőáteresztő hézagai megnyílnak, a csőáteresztő deformálódik, a külső szigetelésük elszakadhat (1.1-5. ábra). A magas töltések alá épített csőáteresztőket ezért a húzófeszültség felvételére alkalmas vasalt beton alapra kell helyezni.



1.1-5. ábra. Töltések alá épített csőáteresztő szétnyílása

A különböző minőségű talajokból épülő töltések felső részébe a kedvezőbb tulajdonságú talajt kell beépíteni (1.1-6. ábra). Megfelelő megoldás a talajok réteges beépítése is. Ekkor arra kell törekedni, hogy a felső min. 0,50 m vastag rétegbe a jobb minőségű talaj kerüljön. Puha talajból épülő töltésekbe legalább méterenként 0,20 m vastag kavics szivárgóréteget kell beépíteni.



1.1-6. ábra. Töltés építése különböző minőségű talajokból

#### 1.1.1.2. Töltések alapozása

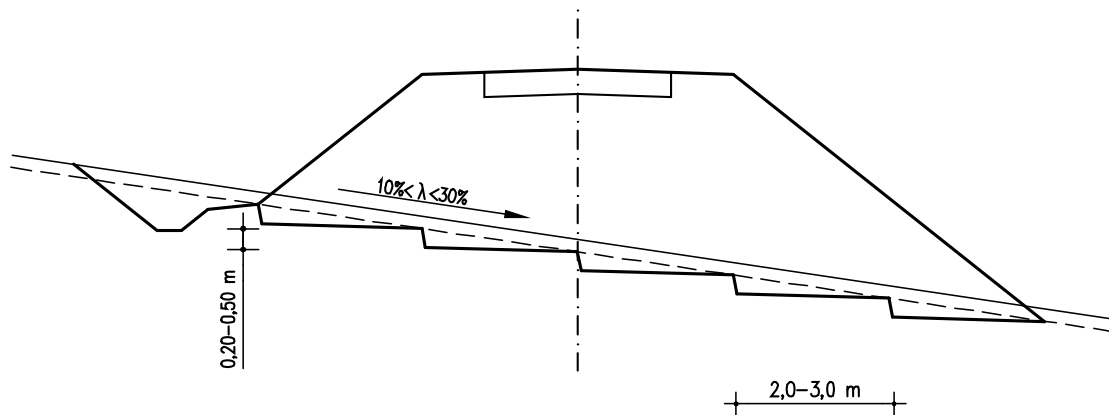
A helyszínen lévő talaj és a ráépített töltés együttdolgozását a töltésalapozás biztosítja. Általános szabály, hogy a töltést humuszmentes, tuskótól és vastagabb gyökerektől megtisztított talajra kell építeni a legalsó rétegtől kezdve rétegenként gondosan tömörítve. A töltésalapozás módját:

- az altalaj teherbíró képessége és
- a terep keresztmetszése

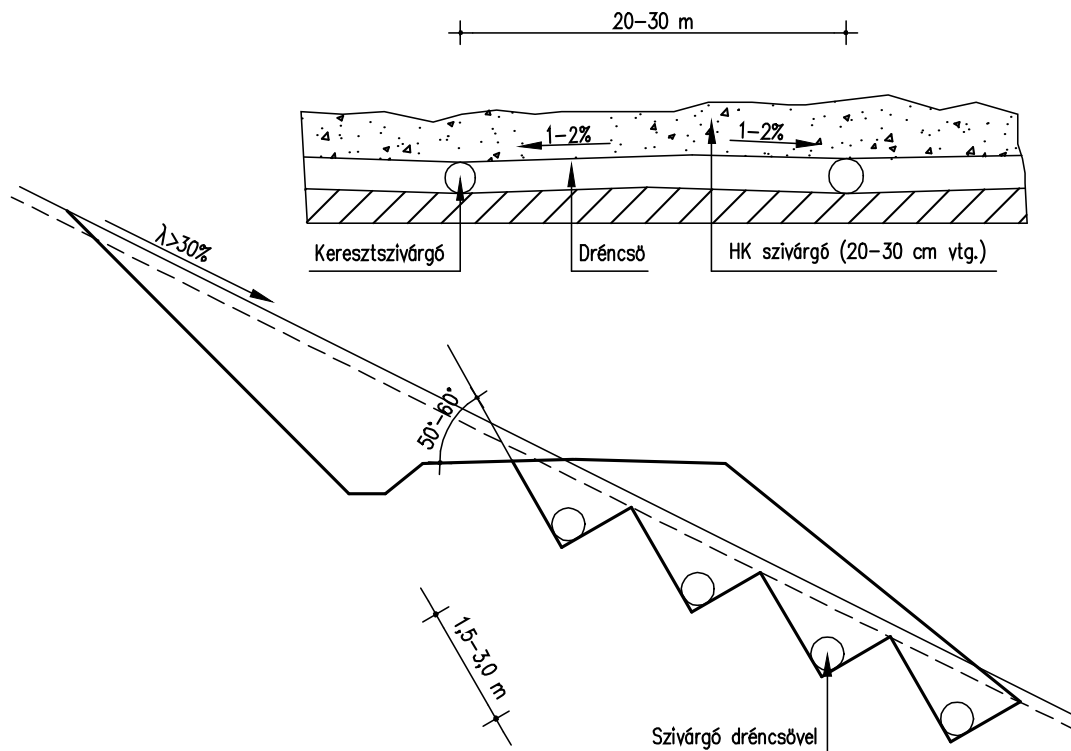
határozza meg.

Teherbíró talajon a töltésalapozás módját elsősorban a terep keresztmetszése alapján lehet eldönteni. Közel vízszintes terepen, ha a humuszlefejtés után nagyon sima felület alakult ki a felszín célszerű talajszaggatóval, vagy más módon érdesíteni. Ezzel kialakul az altalaj és a töltés megfelelő kapcsolata, egyben ellensúlyozzuk a töltés alján fellépő vízszintes erőket is. A meredekebb keresztmetszésű terepen a felszín úgy kell átalakítani, hogy a töltés lecsúszását megakadályozzuk:

- 10–30% között a talaj felszínét lépcsőzni kell (1.1-7. ábra)
- 30%-ot meghaladó keresztdőlésnél a terepet fogazni kell (1.1-8. ábra)



1.1-7. ábra. Töltések alapozása lépcsőzéssel



1.1-8. ábra. Töltések alapozása fogazással

A fogak alján szivárgót kell kialakítani homokos kavicsba ágyazott dréncső vagy száraz kőrákat formájában. A szivárgó hosszesése 1–2% legyen. A keresztirányú vízvezetésről 20–30 méterenként kell gondoskodni.

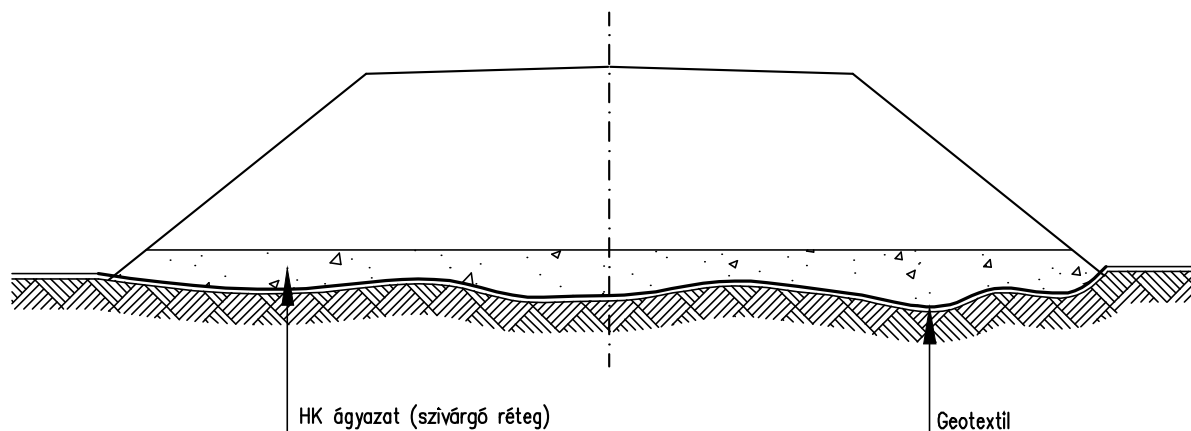
A lépcsőzés és fogazás műszakilag kifogástalan megoldás. Nagy kézimunka igénye miatt alkalmazásuk akkor javasolt, amikor a szerkezet állékonysága azt feltétlenül megköveteli (pl. töltések szélesítése, háttöltés és földmű csatlakoztatása stb.). Általában megfelelő biztonságot nyújt:

- 3–10% keresztdőlésű terepen a felszín szintvonal irányú szántása,
- 10–40% keresztdőlésű területeken a termett talaj felszínének szintvonal irányú hullámmossá tétele, amit az esésvonal irányában mozgó dózerrel alakítunk ki.

Puha, nem teherbíró talajon vagy tőzeges területen a töltéseket geotextíliára alapozzák. A különböző vastagságú és szakítószilárdságú geotextíliák (*Bidim, Fibertex Vlies PP, GRADEX* stb.) nemezeléssel, vagy szövással készülő, műanyag alapanyagú, vízáteresztő szövetek, amelyek a talaj nyírószilárdságát megnövelik és gyorsítják a konszolidációt. Ennek eredményeként csökken az alaptörés veszélye és az építés utáni összenyomódás mértéke. Beépítése a következőképpen történik:

- A töltéssel érintett tereprészről a lágyszárú növényzetet és a cserjéket el kell távolítani úgy, hogy ne maradjon rajta olyan növényi rész, amely a textíliát átlukaszthatja.
- A geotextíliát a földmű alsó szélességét mindkét oldalon min. 0,50 m-rel meghaladó szélességben, a hossz- és keresztirányú toldásoknál 0,20 m átfedéssel kell elteríteni. A toldások mentén a két textilsávot egymáshoz kell rögzíteni varrással vagy ragasztással. A varráshoz kézi varrógép használható. Ragasztáskor a két textília felületét benzinlámpával óvatosan fel kell melegíteni, majd a meglágyult felületeket össze kell nyomni.
- A geotextíliára közvetlenül egy homokos kavics szivárgóréteget kell építeni. Ennek vastagságát úgy kell megállapítani, hogy az altalaj összenyomódása után is ki tudja vezetni a töltés alatt összegyűlő vizet. A szivárgóréteg tehát a várható összenyomódásnál min. 0,20 m-rel legyen vastagabb. A szivárgóréteg anyagát tehergépkocsival, hátsó billentéssel döntjük a textíliára, a kialakuló halmokat gréderrel elterítjük és a lehetőséghez mérten betömörítjük.
- A földmű további építése ezután a szokásos módon folytatható (1.1-9. ábra).

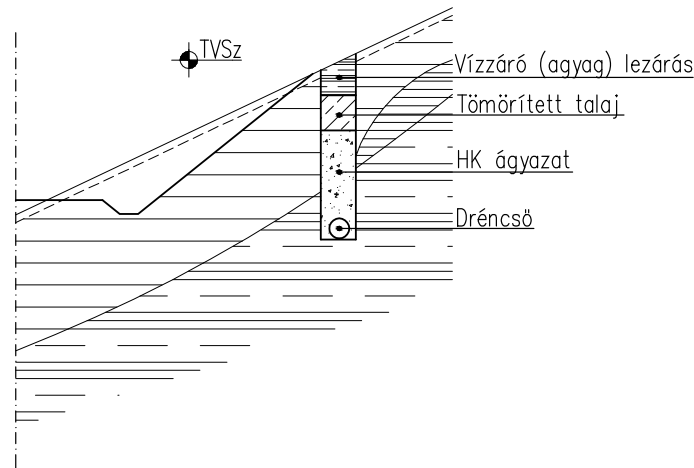
A számos formában kialakított, különböző nyúlású, szilárdságú, vízáteresztő képességű, szűrőhatású geotextíliákat szélesebb körben is fel lehet használni földművek építésénél. Egy adott probléma megoldásához legjobban felhasználható geotextíliát a gyártók katalógusából célszerű kiválasztani.



1.1-9. ábra. Töltésalapozás geotextíliára

Csúszásra hajlamos altalajon, ahol a csúszás kialakulásában a kedvezőtlen rétegeztség mellett a nem túl mélyen elhelyezkedő talajvíz hatása is szerepet játszik, a mozgás lecsökkenthető, ha a vizet szivárgókkal összegyűjtjük és elvezetjük (1.1-10. ábra). A szivárgót olyan mélyen kell elhelyezni, hogy az a vízzáró talajrétegbe nyúljon. A vizet homokos kavicsba ágyazott 0,5–1,0% hosszúságú dréncsővekkel kell összegyűjteni és 20–30 m-enként elvezetni. A szivárgót úgy kell kialakítani, hogy oda csak szivárgó víz kerülhessen, ezért a felszínről bejutó vizet megfelelő felső lezárással (pl. agyag dugó, árokburkolás) távol kell tartani. A szivárgók oldal- és az övárokkal kombinálva is megépíthetők. Mélyebben fekvő csúszó rétegeknél

komolyabb szivárgóhálózatot, tárokat kell építeni, amelyek költségét az erdészeti útépités nem viseli el. Célszerűbb ilyenkor a vonalvezetést módosítani és a csúszásra hajlamos területet elkerülni.



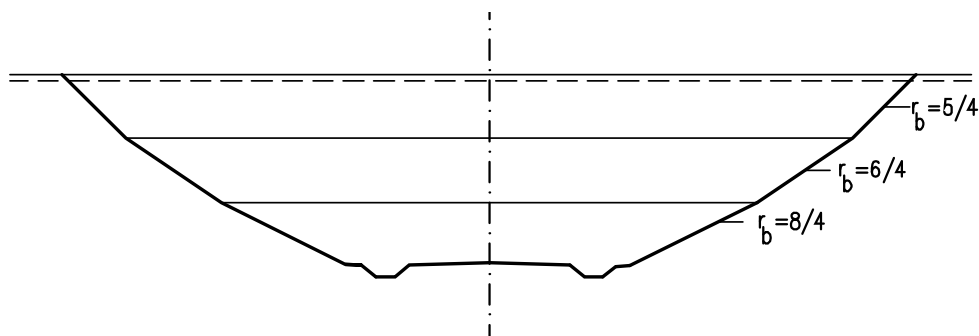
1.1-10. ábra. Rétegvíz felfogása szivárgóval

#### 1.1.1.3. Bevágások tervezése

Bevágások tervezésekor a helyi talajjal, mint adottsággal kell számolni. Tervezéskor a talaj fejthetőségét (fejtési osztályát), valamint az állékony rézsűhajlásokat kell meghatározni. A talajok fejtési osztályát táblázatból állapíthatjuk meg (1.1-2. táblázat).

A bevágási rézsű hajlása a talaj és a rézsűmagasság függvényében táblázatból választható ki, ha a talaj rétegződése kedvező és a talajviszonyok sem okoznak problémát (1.1-1. táblázat). Meredekebb rézsűket választva, vagy különleges rétegződésben, illetve a talajvíz várható kedvezőtlen járulékos hatásakor a biztonságot állékonysági vizsgálattal kell igazolni. A bevágási rézsű általában meredekebben alakíthatók ki a töltési rézsűknél.

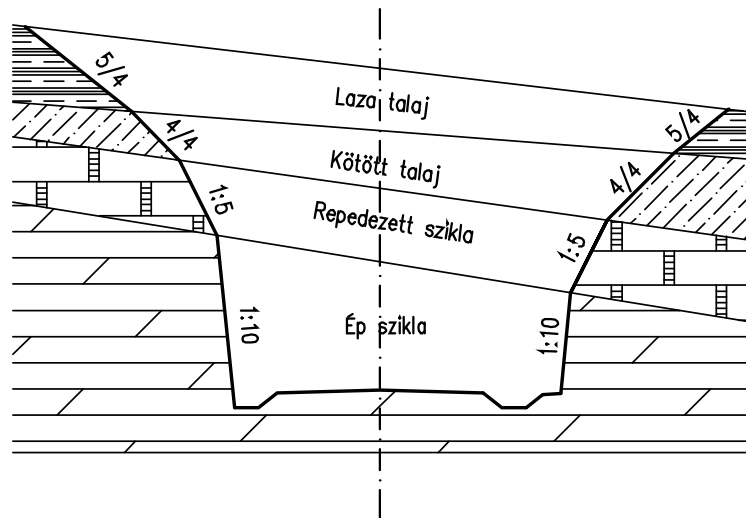
Közel egyenletes állékonyságú talajban kialakított mély bevágások magas rézsűit is célszerű – a töltési rézsűkhöz hasonlóan – összetett rézsűvel megtervezni. Az így kialakuló csésze szelvény (1.1-11. ábra) esztétikus és a földmunka mennyiségét csökkenti. Esztétikai és állékonysági szempontból egyaránt javasolható a bevágási rézsű és a termett talaj találkozásánál a körömpont környékét lekerekíteni.



1.1-11. ábra. Csészeszelvény kialakítása

Különböző állékonyságú rétegződésben célszerű a rézsű hajlását változtatni (1.1-12. ábra).

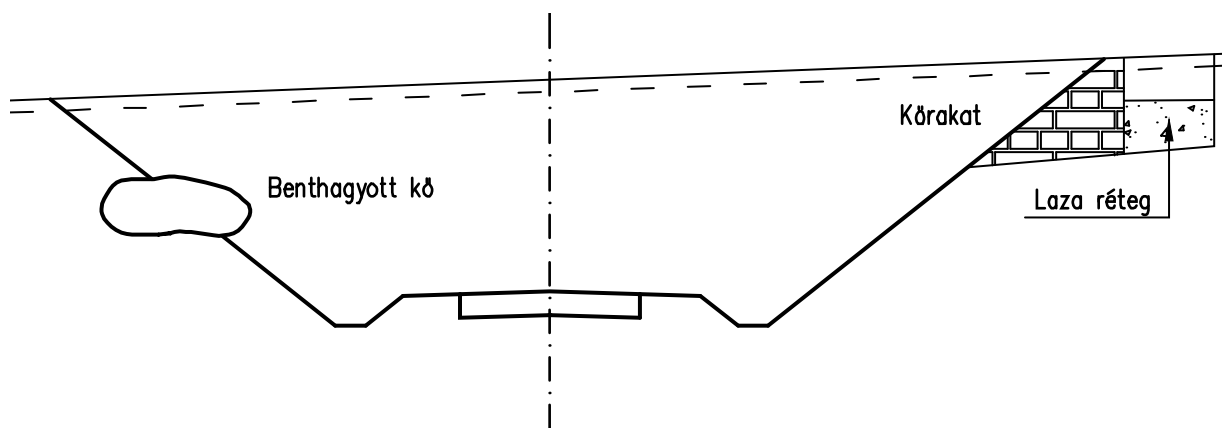




1.1-12. ábra. Bevágási rézsűk kialakítása különböző állékonyságú rétegekben

Összefüggő sziklában 1/5-ös hajlásnál meredekebb – 1/10–1/20 hajlású – rézsű is kialakítható, vagy a bevágás függőleges fallal is határolható. Ilyen meredek rézsűk tervezésekor a rétegzettséget mindig szem előtt kell tartani, a laza vagy meglazult sziklákat pedig rendszeresen el kell távolítani. A lepergő kövekkel megtelt árkokat folyamatosan tisztítani kell. Az árok és a bevágási rézsű között kialakított vendégsapkát megóvjaa az árkot a feltöltődéstől, valamint megvédi az utat attól, hogy a burkolatra nagyobb kövek gördüljenek. Amennyiben jelentősebb mennyiségű kő leválása várható, célszerű a sziklafalat georácscsal lefedni. Ez lassítja a legördülő kövek mozgását, valamint elősegíti a növényzet megtelepedését is a sziklapárkányokon. A georácsok olyan különböző lyukmérettel kialakított műanyag rácsok, amelyeket egyrétegűen vagy többretegűen térrácsként alakítanak ki. A megfelelő georácsot a geotextíliához hasonlóan lehet kiválasztani.

Az állékonyabb rétegek közé beékelődött laza réteget kőrakattal biztosítani kell (1.1-13. ábra).



1.1-13. ábra. Laza réteg biztosítása

Az erózióra veszélyes, függőleges rétegek mentén elváló löszben a függőlegeshez közelítő rézsűt kell kialakítani, amit övárokkal védünk a felszíni vizek erodáló hatásától. A lepergő talajt a rézsű talpvonala és az árok között kialakított vendégsapkát fogja fel, amivel megóvható az árok a feltöltődéstől (1.1-14. ábra).



Fejtési osztály	Szilárdsági állapot	Megnevezés	Testsűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	A fejtés módja és eszközei
I.	Laza talaj	Laza homok	1500	Lapáttal és ásóval könnyen fejthető
		Laza agyagos homok	1600	
		Laza termőtalaj	1200	
		Tőzeg stb.	600	
II.	Gyengén kötött talaj	Nedves homok	1900–2100	Ásóval, lapáttal, kevés csákányozással
		Homokos kavics	1800	
		Könnyű lösz-szerű homokos agyag	1600	
		Nedves, laza lösz, lágy sós talaj	1600	
		Apró és közepes kavics 15 mm-ig	1700	
		Tömör termőföld fű gyökérral	1400	
		Tőzeg és termőföld 30 mm átmérőig terjedő gyökérral	1100	
Homok és termőföld kavicsal és zúzalékkal keverve	1650			
Felhányt, leülepedett talaj, kavics és zúzalékkeverékek stb.	1750			
III.	Kötött talaj	Összetömörödött meszes, vagy egyéb sókkal kötött homok	1900–2200	Lapáttal, állandó csákányozással, csákány lapos végével. Kavicsos, köves talajok csákány hegyes végével fejthetők.
		Kövér, lágy agyag, jura korabeli vagy morénás zárványokkal	1800	
		Nehéz homokos kavics	1750	
		Durva kavics, nagy szemcsés folyami kavics és zúzalék 15–40 mm-ig	1750	
		Száraz lösz, természetes nedvességű kavicsal keverve	1800	
		Termőföld, vagy tőzeg 30 mm-nél nagyobb átmérőjű gyökérral	1400	
		Homokos agyag közúzalékkal, vagy kavicsal és épülettörmelékkel keverve stb.	1900	
IV.	Erősen kötött talaj	Tömör agyag, benne kemény és lágy jura korabeli zárványokkal	1950	Lapáttal, csákány hegyes végével és bontórúd esetleges alkalmazásával
		Kövér agyag és nehéz homokos agyag, benne közúzalék, kavics, épülettörmelék, legfeljebb 25 kg-ig terjedő nagy kövekkel, legfeljebb 10%-os nagykö tartalommal	1950	
		Csákány lapos végével fejthető kemény szikes talaj	2000	
		Agyaggal kötött konglomerátum, legfeljebb 50 kg-os kötőbökkel, ha a kötőbök nem tesznek ki többet a kitermelt anyag 10%-ánál	2000	
		Palás agyag	1950	
Nagy szemű kavics 90 mm átmérőig, legfeljebb 10 kg-os kövekkel keverve stb.	1950			
V.	Sziklás talaj	Tömör megkeményedett lösz és megkeményedett sós talaj	1800	Részben kézi erővel, bontórúddal, csákánnyal, fejtőkalapáccsal és ékkel, helyenként robbantások alkalmazásával
		Megcementesedett építési törmelék	1850	
		Nem mállott kohászati salak	1500	
		Lágy márga és kovaföldes tömör agyag	1900	
		Moréna legfeljebb 10–30%, 50 kg-os kötőbök tartalommal (Ha a kötőbök tartalma 30%-nál nagyobb, a talaj a VI. kategóriába tartozik.)	2100	
		Barnaszén	1200	
		Lágy kőszén	1300	
		Lágy krétaközet	1550	
		Kemény karbonkori agyag	1950	
		Gyengén cementesedett konglomerátum	1900–2200	
		Különféle nem kemény pala	2000	

VI.	Szikla	Gipsz stb.	2200	Fejtőkalapáccsal, ékkal, bontórúddal, és robbantással
		Tufa és habkő		
		Lyukacsos, hasadékos, lágy mészkő	1100	
		Tömör kréta	1200	
		Antracit	2600	
		Közepes keménységű pala	1500	
		Közepes keménységű márga	2700	
		Repedéses puha homokkő	2300	
Mészcementtel kötött kavicsos konglomerátum, üledékes kőzetből stb.	1900			
VII.	Tömör szikla		2800	Csak robbantással

1.1-2. táblázat. A talajok fejtési osztálya

#### 1.1.1.4. Földművek romlása

A földművek romlását a talaj belső ellenállásának csökkenése okozhatja, de előidézheti a megnövekedett külső terhelés, a hibás tervezés és kivitelezés is. A helyesen kialakított töltés-alapozás, az optimális tömörítési víztartalom környékén végzett gondos tömörítés és szükség esetén a megfelelően biztosított rézsűk mellett a romlások nem, vagy csak nagyon ritkán következnek be.

Nem foglalkozunk részletesen azokkal a romlást előidéző jelenségekkel és megszüntetésükkel, amelyek az altalaj kedvezőtlen tulajdonságaiból adódnak (kedvezőtlen rétegződés, átázott puha agyagtömeg lassú kúszása stb.). Az ilyen okokra visszavezethető jelenségek kialakulásakor részletes talajmechanikai vizsgálatokat kell elvégezni és a megoldást erre támaszkodva esetenként kell kidolgozni.

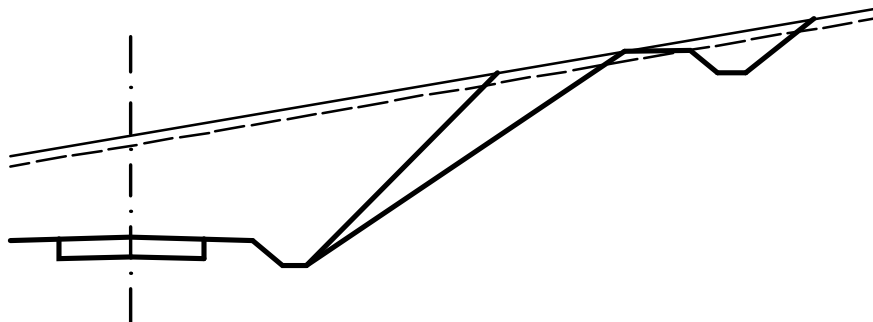
##### 1.1.1.4.1. Bevágások romlása

A bevágások romlása lehet:

- hámlás,
- rézsűcsúszás.

Hámláskor a rézsű felületéről a talaj foltokban válik le, előidézi:

- a meredekebb rézsű,
- a felszín átázása,
- a kiszáradás miatti pergés,
- a rázkódás és a rézsűvédelem hiánya.



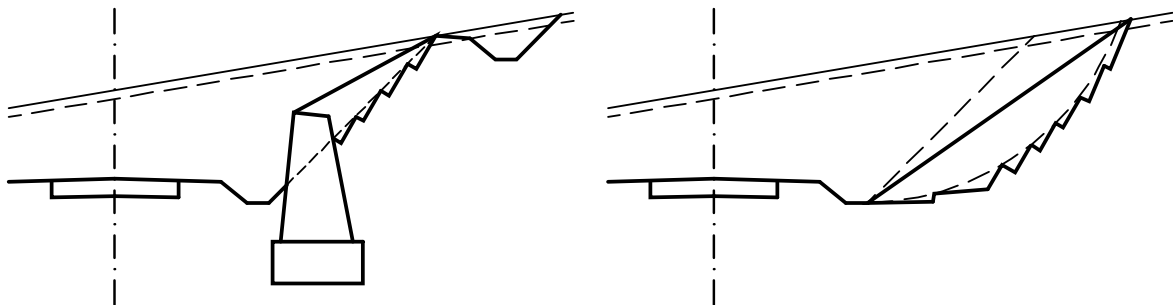
1.1-17. ábra. Bevágási rézsű hajlásának csökkentése

Javítani lehet a rézsűhajlás csökkentésével (1.1-17. ábra) és rézsűbiztosítással, valamint a felszíni vizek elvezetésével, övárokkal.

Rézsűcsúszásokor csúszólapok mentén nagyobb földtömegek mozdulnak el. Oka az egyensúly megszűnése, amelyet előidézhet:

- a megengedettnél meredekebb rézsű,
- a nyírószilárdságot csökkentő átázás,
- alávágás,
- többletterhelés és rázás.

A rézsűcsúszások javításakor a lecsúszott földtömeget el kell távolítani, lépcsőzéssel új talajt kell beépíteni és az előidéző okokat meg kell szüntetni. A rézsű hajlását csökkenteni kell (1.1-18. ábra), a felszínen érkező vizet övárokkal, a szivárgó vizet szivárgórendszerrel összegyűjtve kell elvezetni.



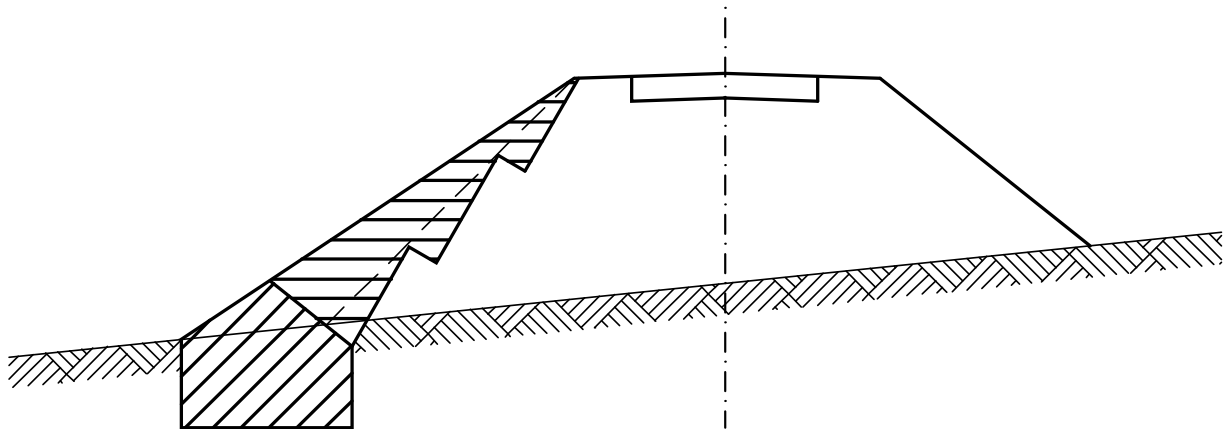
1.1-18. ábra. Bevágási rézsű csúszásának helyreállítása

#### 1.1.1.4.2. Töltések romlása

A töltések romlása lehet:

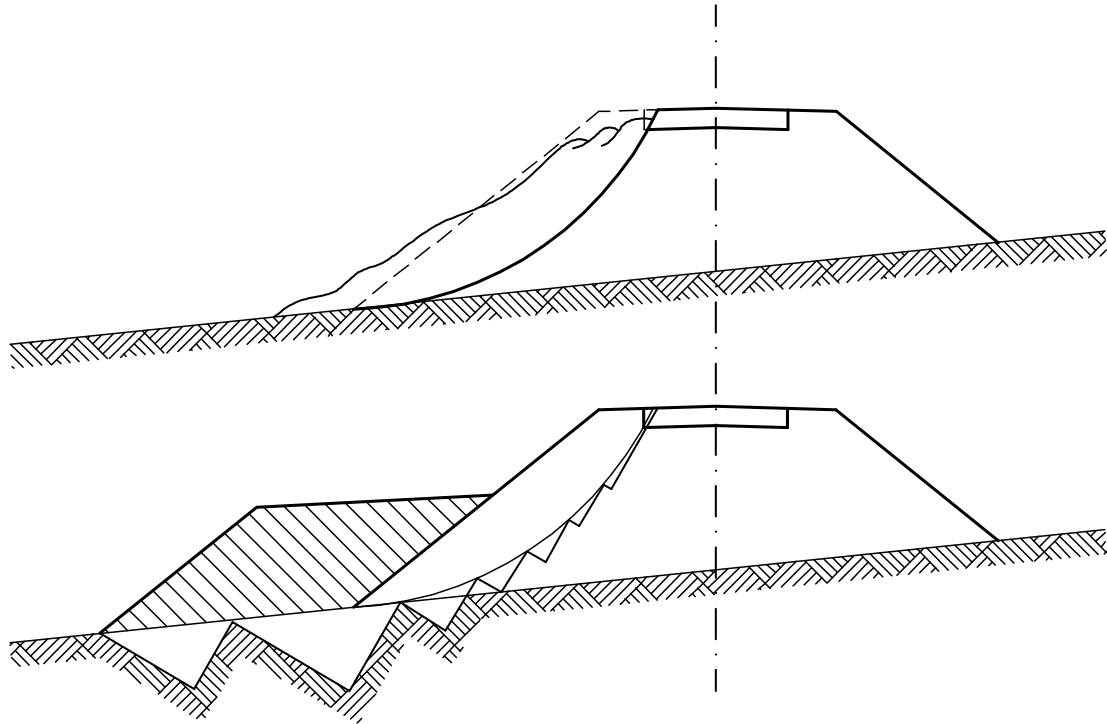
- hámlás,
- kagylósodás,
- rézsűszakadás,
- töltésrozkadás,
- mállás,
- szétcsúszás.

A hámlás oka és javításának módja azonos a bevágási rézsűk hasonló romlásánál tárgyaltakkal. A kagylósodás egy nagyobb méretű hámlás, amikor is a földtömeg mélyebb, de rövid kagylós csúszólap mentén mozdul el. Előidéző oka a hámláshoz hasonló, ezért javítása is ugyanaz (1.1-19. ábra).



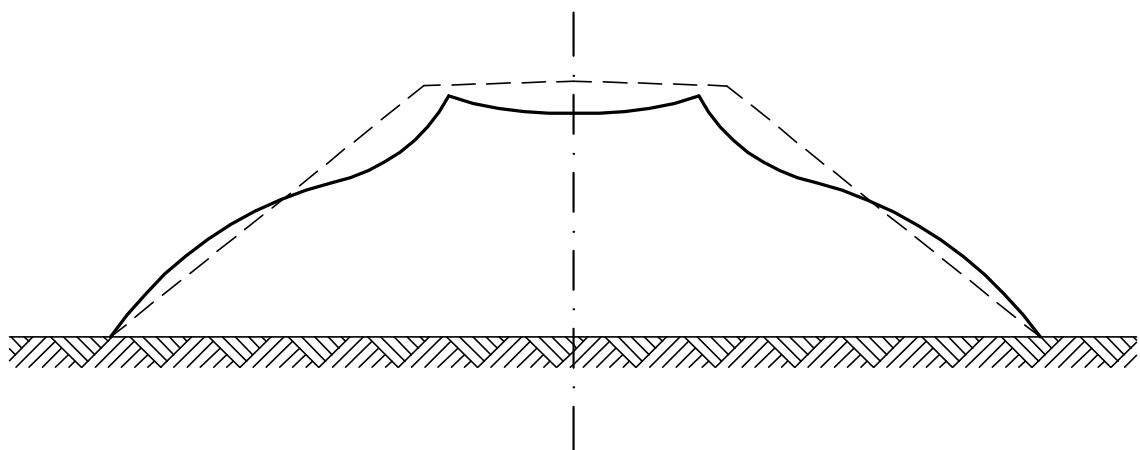
1.1-19. ábra. Töltés hámlásának és kagylósodásának helyreállítása

A rézsűszakadáskor a töltés jelentős része talpponti csúszólap mentén mozdul el, amit a tömörítetlen töltésekben általában az átázás vált ki. A lecsúszott földtömeg eltávolítása után a töltés megmaradt részét lépcsőzni vagy fogazni kell, majd az új töltést gondosan tömörítve kell megépíteni (1.1-20. ábra). Az állékonyságot fióktöltéssel fokozhatjuk.



1.1-20. ábra. Töltési rézsűszakadás helyreállítása

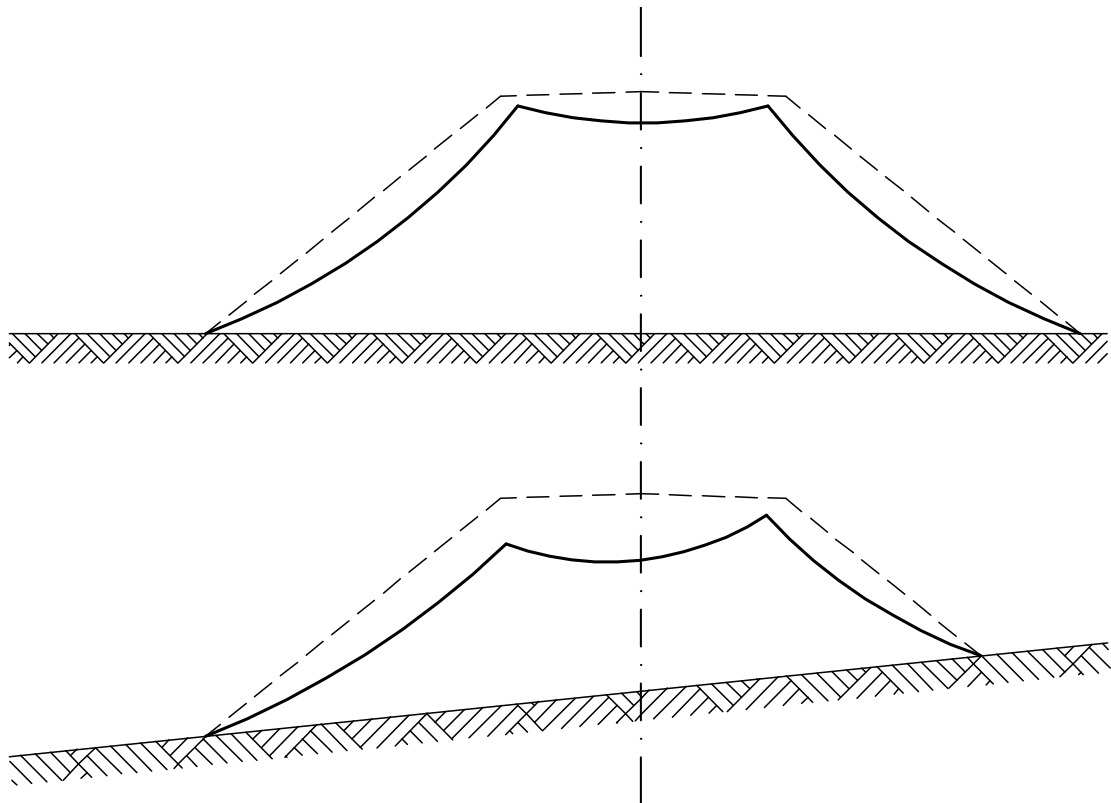
Töltések mállásának kialakulásában is jelentős szerepet játszik a tömörítetlenség. A tömörítetlen töltésbe építés közben beszivárgó jelentős mennyiségű víz hatására a kötött talajból épülő töltések anyaga felpuhul és önsúlya hatására deformálódik (1.1-21. ábra). Javítani csak teljes talajcserével lehet, mert a kötött talajból épített töltés anyagát gravitációs úton nem lehet vízteleníteni.



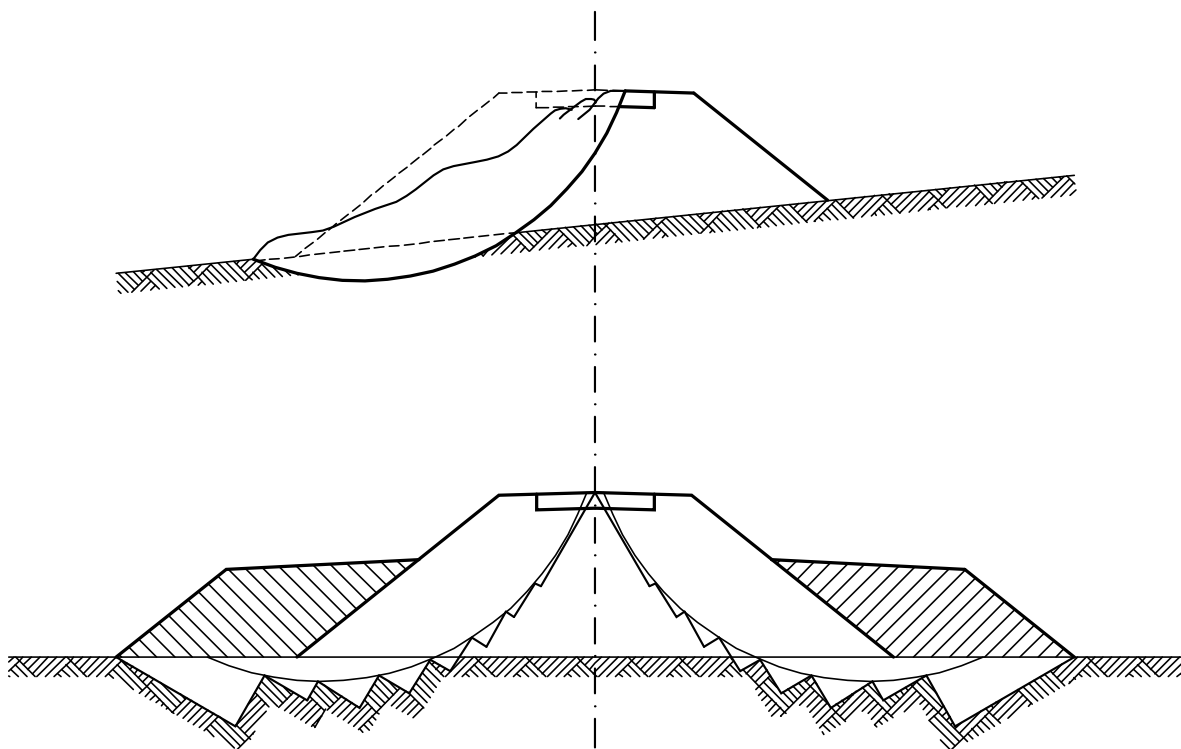
1.1-21. ábra. Töltések mállása

Töltésrozkadásnál a töltés keresztmetszete torzul (1.1-22. ábra), amit előidézhet a hiányos tömörítés, vagy az el nem távolított humuszréteg. A jelenség építés után már néhány hónappal, maximum egy évvel később kialakul. A folyamat nem állítható meg, mert az utólagos

tömörítés a töltés mélyebb rétegeiben hatástalan. Amennyiben a jelenség csak a töltési vállak környezetében alakul ki, úgy azok újraépítésével a károsodás megszüntethető.



1.1-22. ábra. Töltés roskadása



1.1-23. ábra. Töltések szétcsúszása

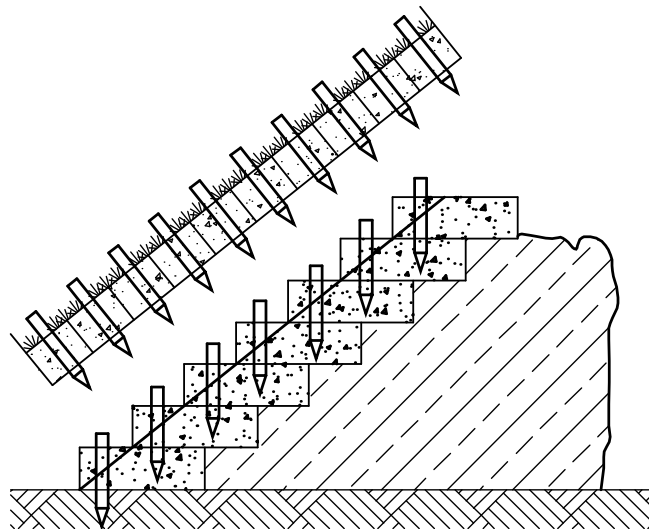
Töltés szétcsúszásakor a töltés anyaga alámetsző csúszólapok mentén mozdul el, amelynek oka az altalaj nem megfelelő vagy lecsökkent teherbírása (1.1-23. ábra). Javításkor az elmozdult földtömeget el kell távolítani, a felszíni vízelvezetés hiányosságait meg kell szüntetni, az épen maradt töltérrész és az altalaj víztelenítését szivárgókkal meg kell oldani. Az állékony-ságot fióktöltés is növelheti.

#### 1.1.1.5. Földművek védelme

A megfelelő hajlású és kialakítású rézsűvel határolt, gondosan tömörített és teherbíró altalajra épített földművek hosszú ideig megőrzik állékonyosságukat. Az idő múlásával megváltozott – általában megnövekedett – mechanikai igénybevételek, és az éghajlati tényezők együttes hatására azonban a földművek romlás megindulhat. Ezek a rongálódások a földmű legkényesebb részéből, a rézsűkből indulnak ki, tehát a földművek védelmének a rézsűk védelmére kell összpontosítani. A tájba harmonikusan illeszkedő, célszerű és egyben gazdaságos megoldás, ha ehhez a munkához természetes anyagokat használunk fel, de a különösen nehezen kezelhető területeken jól beválnak a különböző kialakítású műanyagfalók.

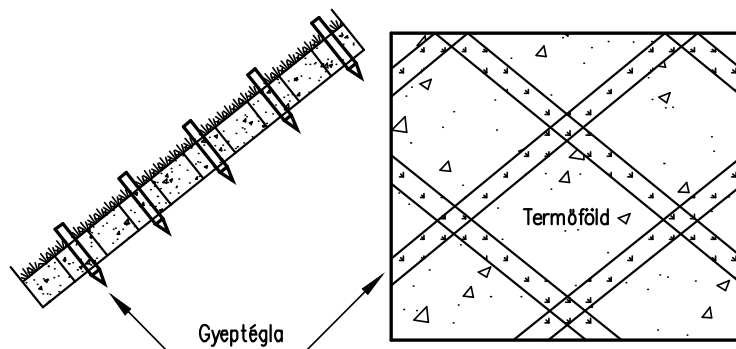
A gyepesítés a rézsűvédelem egyik legegyszerűbb módja. A rézsű felületére 15–20 cm humuszos talajt kell elteríteni, majd ebbe kézzel a fűmagot elvetni. Nyers rézsűfelületet vízszintes gyepesítéssel vethetünk be. A fűmagot, tápanyagot és valamilyen vízben oldódó ragasztóanyagot (*Hydrosa Veridol*, *BIOSOL+HUMOFINA* stb.) vízzel keverünk össze, a keveréket magas nyomású permetezővel a rézsűre juttatjuk. A csírázás megindulásáig és a meggyökerezésig a ragasztó a rézsűhöz rögzíti a fűmagot, kezdetben biztosítja a szükséges tápanyagot is. Fűmagkeverék helyett kékvirágú csillagfürtöt is használhatunk a rézsűk védelmére, amelynek dús gyökérzete hatásosan megköti a felületet.

A gyepesítés másik módja a gyeptéglázás. A gyeptéglákat a rézsű síkjába egymás mellé fektethetjük, pálcikával a rézsű felületéhez rögzítve, vagy egymásra rakva falazatszerűen helyezhetjük el (1.1-24. ábra). A gyeptéglákkal nem szükséges mindig a teljes felületet burkolni, alkalmanként elég, ha azt rácósan helyezzük el. A kialakuló kazettákat termőfölddel kell kitölteni (1.1-25. ábra).



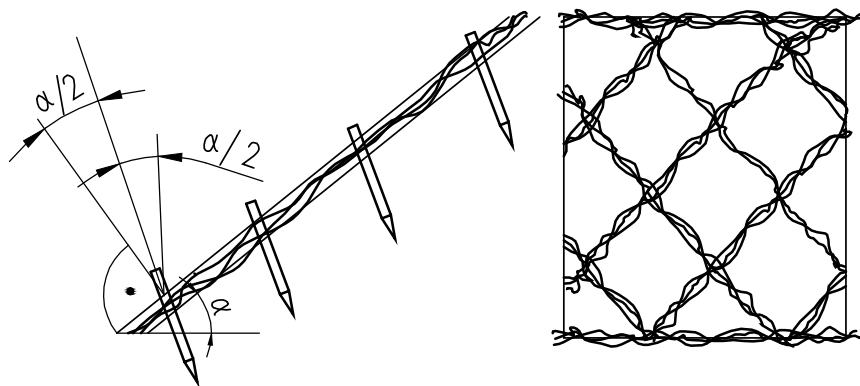
1.1-24. ábra. Gyeptéglák elhelyezése





1.1-25. ábra. Gyep-tégla rácsos elhelyezése

Rézsűk védelmét szolgálja az élő vagy száraz anyagból készített rózsefonás, amelyet szintvonal irányában, szakaszosan a sorok között átfedést létrehozva, vagy rácsosan helyezhetünk el a rézsűn (1.1-26. ábra). Az élő rózsefonáshoz jól sarjadó fű-, éger- és nyárhajtásokat használhatunk.



1.1-26. ábra. Rózsefonás elhelyezése

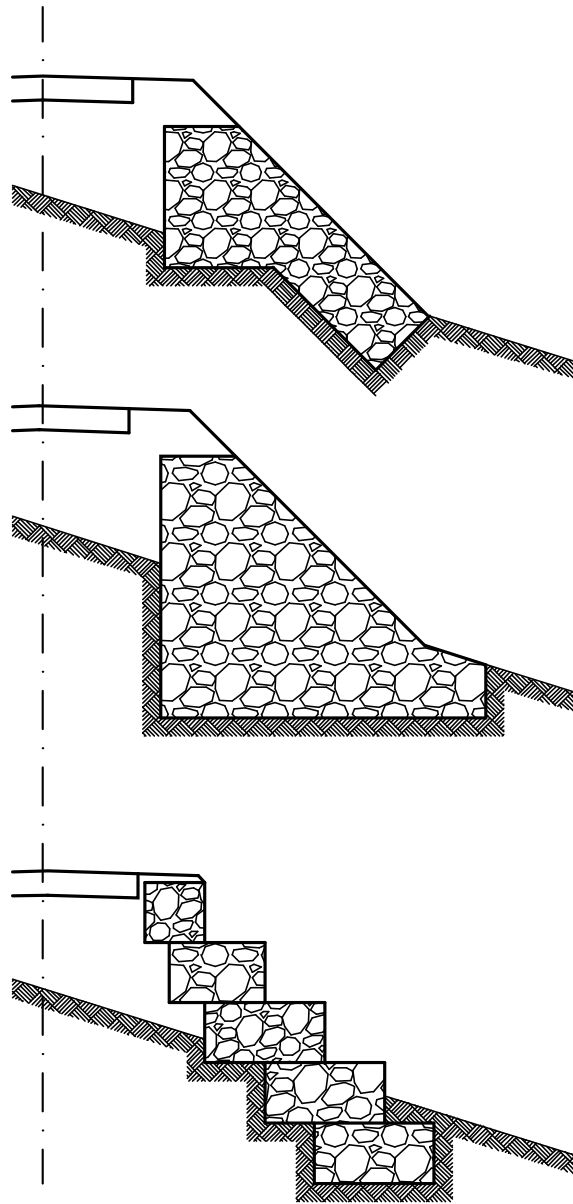
A nyers rézsű felületének védelmére használhatók a természetes alapanyagokból készített gyakorlatilag teljes egészében lebomló textíliák, amelyek anyaga kókusz, szalma, juta illetve ezek kombinációja. Szerkezetük szerint ezek rostmatracok, vagy szőtt hálók, textíliák. A rostmatracok megerősíthetők vékony polietilén hálóval, amely a gyökérszónában elhelyezkedve előregedéséig segíti a növényzet gyökereinek megkapaszkodását. A rostmatracok és szövetek tartalmazhatnak fűmagot is, ami a begyepesedést segíti elő.

A földművek fokozott védelmét jelenti a kőfal és kőrézsű (1.1-27. ábra). Ezeket kötőanyag nélküli un. száraz falak formájában építjük meg. Építőanyaguk fagyálló, szilárd, kissé idomított (faragott) terméskő. A rétegek a rézsűre merőlegesen álljanak, a köveket kötésbe kell rakni. A hézagok 2 cm-nél kisebbek legyenek. A száraz falak méreteit a tapasztalatok alapján kialakított szerkesztési szabályok szerint kell meghatározni. Az állékonyság vizsgálatát a támfalakhoz hasonlóan kell elvégezni

Korszerű megoldás a korrózióálló fémhuzal- vagy műanyagból készített összefogott terméskőből, az un. kőkosárból vagy gabionból épített falazat. A fémhuzal vagy műanyag hálóból kialakított téglatest alakú „doboz”-t a beépítés helyén kötésbe kell elhelyezni, majd kellő szemnagyságú terméskővel meg kell tölteni. (A „doboz” méretei általában: magasság: mély-

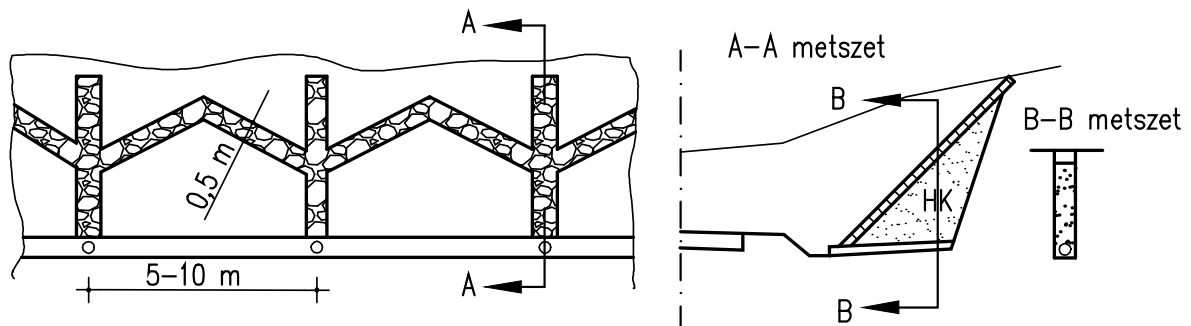
ség:hossz=1x1x2 m) A különböző nagyságú „doboz”-okból változatos felületet lehet kialakítani, amin a növényzet is meg tud telepedni.

A falazatok mögött felgyűlő víz elvezetéséről gondoskodni kell a víznyomásból kialakuló többletterhelés csökkentése érdekében.



1.1-27. ábra. Kőlád, kőrészű és gabion

Puha agyagtalajokban kialakított bevágási részsűk lassú mozgása és a csúszásveszély csökkentése érdekében szivárgókkal kombinált kőbordákat kell építeni (1.1-28. ábra). A talaj kiszáradásával a fundamentális nyírószilárdság értéke megnő, a talaj átboltozódik és a folyamatos alakváltozás megszűnik.



1.1-28. ábra. Kőbordával kombinált szivárgók

### 1.1.1.6 A mozgósítandó földtömeg kiszámítása

Az építési terv részét alkotó költségvetés elkészítéséhez ismerni kell a földmunka nagyságát. Ehhez ki kell számítani a földfejtés és beépítés mennyiségét, illetve a föld szállításának távolságát. Ezt a munkát földtömegszámításnak, illetve földtömeg elosztásnak nevezzük.

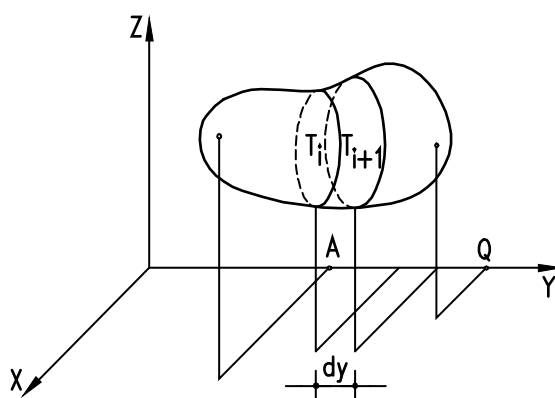
#### 1.1.1.6.1. Szabályos alakú földművek térfogata

A szabályos alakú földművek (árkok, munkagödrök, depóniák) köbtartalmát úgy határozhatjuk meg, hogy azokat olyan elemi testekre bontjuk (hasáb, gúla, kúp stb.), amelyeknek köbtartalma ismert képletekkel kiszámítható. A külön-külön kiszámított köbtartalmakat összegezve megkapjuk a keresett köbtartalmat.

##### 1.1.1.6.1.1. A szabálytalan test köbtartalma

Szabálytalan alakú testnek tekintjük a matematikailag pontosan le nem írható testeket. A probléma megoldásához helyezzük el a szabálytalan testet az  $X$ - $Y$ - $Z$  koordinátarendszerbe (1.1-29 ábra). A test hossza legyen az  $Y$  irányú kiterjedés, az erre merőleges  $XZ$  síkkal párhuzamos síkmetszetek területei legyenek  $T_i$  keresztmetszetek. Ennek a területnek a tengely irányú méreteit a terület szélességeként és magasságaként értelmezhetjük. Egy újabb  $Y$ - $t_y$  koordinátarendszerben ábrázoljuk az  $Y$  tengelyen a hosszúságot, a  $t_y$  tengelyen pedig valamely  $Y_i$  helyen értelmezett  $T_i$  keresztmetszeti terület  $t_i$  mérőszámát. Kellő számú metszetet meghatározva és ábrázolva megrajzolható az  $AGQ$  görbe (1.1-30. ábra). Az  $Y$  tengely és a görbe által határolt idomot a test területszelvényének nevezzük. A testből  $Y_i$  környezetében végtelenül kicsi  $dy$  távolságra kivágott elemi test köbtartalma:

$$dV_i = T_i \cdot dy$$



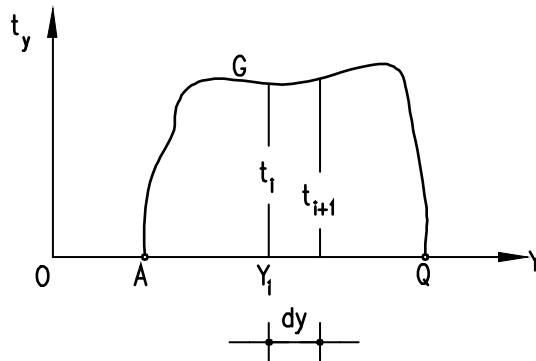
1.1-29. ábra. Szabálytalan alakú test méretei

A teljes köbtartalom:

$$V = \int_A^Q dV_i = \int_A^Q t_i dy$$

Vagyis a

$$T = \int_A^Q t_i dy$$



1.1-30. ábra. A területszelvény értelmezése

mennyiség a területszelvény területe, amely arányos a köbtartalommal. A köbtartalom kiszámítása tehát területszámításra vezethető vissza. Az eljárás matematikailag szabatos megoldást ad szabályos, matematikailag leírható testek esetében is.

A gyakorlatban használt módszerek további egyszerűsítéseket is bevezetnek azzal, hogy két közel azonos alakú és párhuzamos metszet (keresztmetszelvek, szintvonalközök stb.) közötti köbtartalmat a keresztmetszet területe és a közöttük lévő távolság alapján számítják ki.

#### 1.1.1.6.1.2. A területek meghatározása

A köbtartalom kiszámításához szükséges területeket meghatározhatjuk:

- grafikus terület meghatározással, trapézokra bontással (lefogással, greifolással)
- planimetrálással,
- numerikus területmeghatározással.

#### 1.1.1.6.1.3. A földtömeg kiszámítása

A két keresztmetszelvek, vagy két szintvonal közé eső test köbtartalmát kellő pontossággal számíthatjuk a következőképpen:

$$Q = Q_1 + t_2 \cdot \frac{h}{2}$$

ahol:  $Q$  = a keresztmetszelvek közötti földtömeg

$t_1$  = első keresztmetszelvek területe

$t_2$  = második keresztmetszelvek területe

$h$  = keresztmetszelvek távolsága





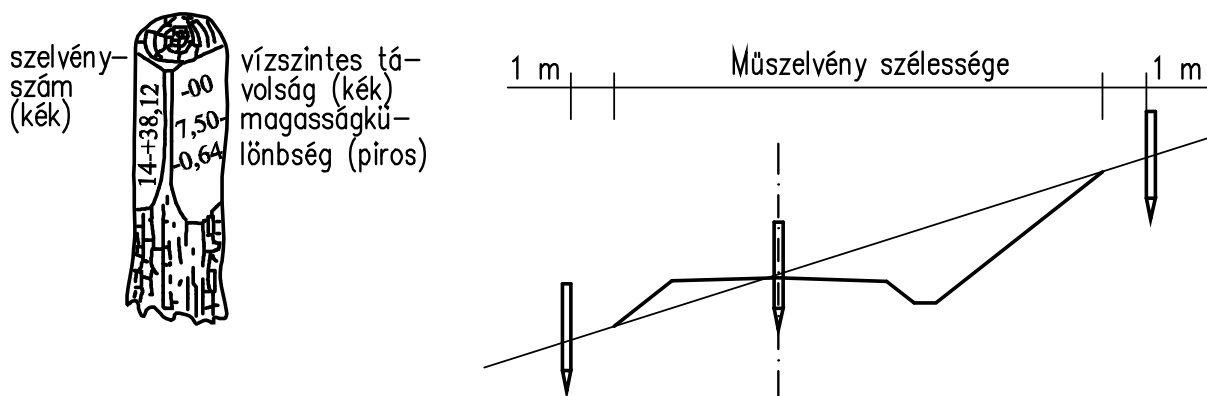
nőséggel, esetleg indokolatlanul magas költségekkel építsék meg. A viszonylag kis volumenű munkákhoz vele arányos mértékű gépesítettség szükséges, amelynek hiányával a gyenge minőségű építési munkákat nem lehet indokolni. Az erdészeti útépítés alap gépparkját úgy kell kialakítani, hogy azokat az erdészeti útfenntartás területén is használni lehessen. Az építésnél további szempont az, hogy az utat erdei környezetben kell megvalósítani, ezért az ökológiai, természetvédelmi szempontokat is messzemenően figyelembe kell venni. Mindez rámutat arra, hogy az erdészeti útépítés nem egyszerűen egy alacsonyabb rendű út létesítése, hanem az útépítésnek egy speciális ága. Célszerű, ha ezeket a munkákat az erdészeti útépítésben gyakorlott vállalkozók végzik, akik felkészültek a speciális igények kielégítésére.

#### 1.1.2.1. Előkészítő munkák

Az út tervezője köteles az út tengelyvonalát kitűzni, majd átadni a terv megrendelőjének, aki gyakran egyben a beruházó (az út építtetője, tulajdonosa) is. A terv elkészítése és az út építése között azonban általában évek telnek el, ami alatt a mérési jelek (különösen a talajból kiálló íráskarók) eltűnhetnek, megsemmisülhetnek. A munkák megkezdése előtt ezért a mérési jeleket fel kell keresni, a megsemmisülteket pedig pótolni kell. Ezt a munkát helyreállításnak – reambulálásnak – nevezzük. A helyreállítást az építési terv alapján kell elvégezni úgy, hogy felkeressük a talajban még fellelhető talajkarókat – amelyek nagy valószínűséggel még megmaradtak – a hiányzókat pótoljuk és íráskarókkal jelezzük.

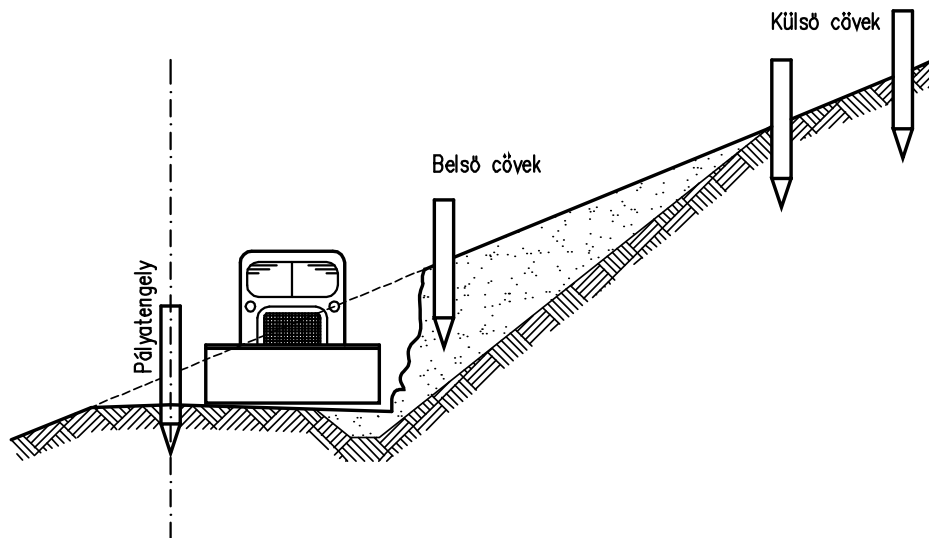
A helyreállított tengelyvonalat át kell adni a kivitelezőnek, akinek ezeket a pontokat ki kell biztosítani úgy, hogy az építés ideje alatt megsemmisülő tengelypontokat helyszínrajzilag és magasságilag mindig vissza tudja állítani. A kibiztosítás módját a földmunkagép típusa határozza meg. Az erdészeti utak építésénél a tengely kibiztosítására kétféle módszert terjedt el, ami jól megfelel a dózer vezérgéppel végzett földmunkáknak:

- A tengelypontot jobbról, balról 1–1 karóval biztosítjuk ki, amelyek a ponttól a tengelyre merőlegesen mérve 10–15 m távolságra vannak, de mindenképpen műszelvényvel nem érintett területen. Mindegyik cövekre fel kell írni kék színnel a szelvényszámot és a tengelytől mért vízszintes távolságot, piros színnel pedig a tengelypont és a cövek közötti magasságkülönbséget. Ezt a piros számot a vízszintes távolság alá kell írni, ha a tengelypont a kibiztosításnál mélyebben van, fölé, ha annál magasabban helyezkedik el (1.1-31. ábra).



1.1-31. ábra. Tengelyvonal kibiztosítása két oldalról

- A kibiztosítás elhelyezhető egy oldalon is. Ekkor a két cöveket a hegy felőli oldalon helyezük el úgy, hogy a belső cövek fél útkorona + árok felső szélessége + 0,50 m távolságra legyen a tengelytől. A másik cöveket ettől szokás szerint 4,00 m-re vagy a bevágási rézsű körömpontjában kell elhelyezni (1.1-32. ábra).



1.1-32. ábra. Tengelyvonal kibiztosítása a hegy felőli oldalon

A kibiztosítás elmaradhat, ha ismerjük a tengelypontok koordinátáit és rendelkezünk egy olyan kísérő sokszögvonallal, amelynek pontjai építés közben nem semmisülnek meg. Ekkor a kísérő sokszögvonalra vonatkozó kitzzési koordinátákkal a tengely pontjai bármikor egyszerűen visszaállíthatók.

Az útépités helyén ezután a faállományt kell eltávolítani, ami a fahasználati ágazat feladata. A kitermelendő állomány határát a keresztmetsvények munkarészből átvett méretek alapján, a lábön maradó fák törzsén kell megjelölni. A pászta szélessége az útépitéssel érintett terület szélességét (műszelvény + egyéb létesítmények, mint pl. övárók együttes szélességét) mindkét oldalon 1–1 m-rel haladja meg.

A szélesebb pászta a földmű gyorsabb kiszáradásához vezetne, de ekkor nagyobb terület vennénk igénybe az útépitéssel. Ez sem erdőgazdálkodási, sem ökológiai szempontból nem megfelelő, helyesebb, ha a kellő vízelvezetésről és víztelenítésről, majd az összegyűjtött víz ismételt szétosztásáról gondoskodunk. Bevágási rézsúk fölött az erősen megbontott gyökerű, balesetveszélyes fákat el kell távolítani.

A kitermelt faanyagot a pásztából el kell szállítani. A fát vagy azonnal elszállítjuk vagy a pászta fölött tároljuk. A szállítás ilyenkor a kész földművön történhet.

Meredek hegyoldalon a pászta völgy felőli oldalán álló értékes faállományt az útépités közben legördülő kövek károsítása ellen védeni kell (1.1-33. ábra). A védelem szükségessége és mértéke a talajtól és a fafajtól függ. Laza talajon 60% terephajlásig károsítással nem kell számolni. A kemény, tömbökben összeálló vagy sziklás talajok legördülő részei azonban már ennél kisebb hajlásnál is károkat okozhatnak. Különösen fontos a vékony kérgű fák védelme, mert ilyen állományokban a védelemre fordított költségek jóval kisebbek lesznek az okozott kár értékénél.

Védelemre használható a területen található ágfa, a tűzifa méretű vágástéri hulladék, amit karókkal, cövekekkel kell rögzíteni a védendő fák tövével. Kialakíthatók fából vagy fémből kisebb mozgatható védőfalak, amelyeket az építés előrehaladásával párhuzamosan mozgatunk a veszélyeztetett szakaszokon.





lazított talaj felrakása a szállítójárműre. A fejtés helye tehát bevágás, anyagárok vagy anyagnyerőhely lehet, amely utóbbi kettő alapvetően nagyságában különbözik.

Fejtési szempontból a talajokat 1–7 fejtési osztályokba soroljuk a laza talajoktól a tömör szikláig (1.1-2. táblázat).

A talaj kézzel vagy géppel fejthető. Kézi földfejtést általában a földmunkák finomításakor vagy kisebb terjedelmű földmunkákon végzünk (mútárgyak alapozásánál stb.). A földanyag kézi átlapátolása a karolás. Egy karolás távolsága vízszintesen 4 m, függőlegesen 2 m. A távolság és magasság összefüggése a normák alapján:

távolság (m)	–	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
magasság (m)	2,00	2,00	1,80	1,45	1,10	0,70	0,35	–

A gépi földfejtéshez használt eszközök általában alkalmasak a talaj kis távolságú mozgatására és rakodására is. Rakodásra használhatók a gépi rakodólapátokat is, amelyek a laza anyag fejtésére is alkalmasak. A fellazított földanyag hossz- és keresztirányú szállítással juttatható a beépítés vagy elhelyezés helyére. A földfejtésre használt gépeket a rájuk jellemző optimális szállítási távolságon belül célszerű szállításra is használni. Hosszabb szállítási távolságon a billenőteknős tehergépkocsi, vagy dömperek munkába állítása javasolt.

A szállított anyag elhelyezése a szállítóeszköz ürítésével kezdődik, amelyet az elterítés követ. Beépítéskor az elterített rétegeket az előírások szerint be kell tömöríteni, majd a felületek alakítása, simítása és az utómunkák fejezik be a munkaműveletet.

A töltéseket az optimális tömörítési víztartalom körüli nedvességgel rétegesen, a talajfajtának megfelelő tömörítő eszközzel, az előírt tömörségi fokig be kell tömöríteni. A tömörséget célszerű az építés közben ellenőrizni.

Töltésbe épített talajoknál törekedni kell arra, hogy hosszabb ideig tömörítetlen réteg ne legyen a földmű felületén. A tömörített rétegek felületét 3–4% eséssel kell kialakítani. A tömörítetlen, elázott talajt csak kiszáritás után lehet felhasználni. Fagyott talajból töltést építeni tilos.

A mútárgyakat a földműépítés megkezdése előtt kell elkészíteni. Munkaárkok földvisszatöltését csak akkor szabad elkezdni, ha a beépített szerkezet már állékony. Földvisszatöltésre az eredeti talajnál gyengébb minőségű talajt felhasználni nem szabad. A szivárgórendszereket, a bélésfalakat és a rézsűbiztosításokat a földműépítéssel párhuzamosan, vagy annak elkészült szakaszán utólag kell megépíteni.

A bevágásokat úgy kell kialakítani, hogy építés közben felületükön a víz ne álljon meg.

Az anyagnyerőhelyek ne zavarjanak meg nagy területet, határolásuk állékony és esztétikus legyen, a megfelelő víztelenítésről gondoskodni kell. A balesetek megelőzése érdekében az anyagnyerőhelyeket körül kell keríteni. Hosszú anyagárok helyett a rövid, szakaszos kialakításra kell törekedni. Ezek helyét úgy jelöljük ki, hogy az erdőgazdálkodás egyéb tevékenységét ne zavarják (az útra merőlegesen elhelyezett anyagárkok pl. a közelítést erősen akadályozhatják). Az anyagárkok kedvezőtlen esztétikai és gazdálkodási hatásait kiküszöbölhetjük, ha helyettük a bevágásokból kikerülő földtömeget növeljük meg a bevágási rézsű hajlásának csökkentésével. Az így kialakított rézsűn a növényzet is könnyebben megtelepül és az építéssel okozott tájseb is hamarabb eltűnik.

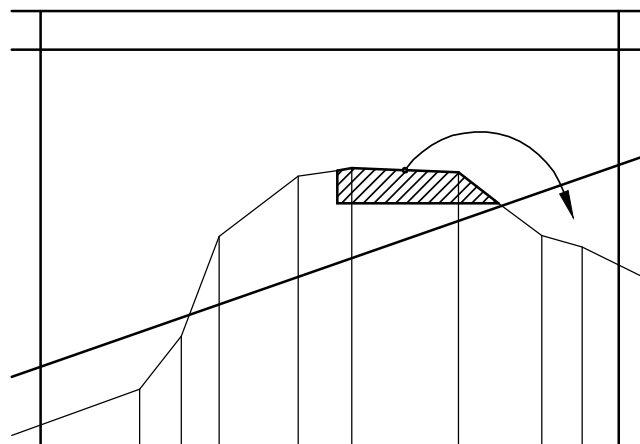
A felesleges földtömeget deponáljuk. A depóniákat tömöríteni nem kell, de rendezett kialakításukról gondoskodni kell. Törekedni kell a rendelkezésre álló terület jó kihasználására. A depónia ne akadályozza az építést, az út rendeltetésszerű használatát, a felszíni vízfolyást és a terület víztelenítését. A depónia belső és külső állékonyságát biztosítani kell. Ez azt jelenti,

hogy sem a depóniában, sem a környező talajban káros alakváltozások és mozgások nem léphetnek fel.

Nagyobb hosszeséssel kialakítandó utaknál is törekedni kell arra, hogy a hosszirányú szállítás az esés irányába történjen. Ekkor a fejtést és a szállítást a tervezettől eltérően a célszerűségnek megfelelően az 1.1-35. ábra szerint szervezzük meg és végezzük.

### 1.1.2.3. A földmunkagépek és a földművek építése

A földmunkákat a talaj tulajdonságai szerint kiválasztott fejtési mód és eszköz figyelembevételével kell megszervezni. Az erdészeti utak keskeny vonalas létesítmények, ahol a gépek mozgásához, megfordulásához kevés hely áll rendelkezésre. Ez eleve meghatározza az alkalmazható gépek körét. Az erdészeti utak építésénél ezért általában célszerű egyszerű, mozgékony munkagépeket használni, amelyek egyszerű munkamódszerekkel dolgoznak.



1.1-35. ábra. Lejtő irányú hossz-szállítás szervezése

Az erdészeti utak építésének vezérgépe a dózer, amely a durva földmunkát készíti el. A finom földmunkát és az útépités-útfenntartás körében felmerülő további számos munkát a gréder végezi. A rakodásra gépi rakodólapatokat, a szállításra billenőteknős tehergépkocsikat lehet használni. A nagy tömegű tömörítést hengerekkel kell elvégezni. Sziklás talajokhoz, ahol a kőzetet robbantással lazítjuk meg, kőzetfúrókat és fejtőgépeket is használunk. A kotrókat főként anyagnyerőhelyeken állítjuk munkába, nagytömegű földmunkák készítésénél ezeket ritkábban használjuk. Szkrépereket az erdészeti útépitésnél nem használunk, mert azok a keskeny földművön nehezen tudnak megfordulni.

#### 1.1.2.3.1. Földtológépek (dózerek)

A dózer egy lánctalpas traktor az elejére szerelt tolólappal, amely talajrétegek lenyesésére és földanyag tolásra használható.

Az alapgép 3–15 t tömegű 35–110 kW (50–150 LE) teljesítményű lánctalpas traktor. A tolólap íves felülettel kialakított mintegy 1 t tömegű acéllemez. Magassága 0,70–1,00 m, szélessége 2,00–3,80 m között változhat az erőgép mérete és a dózer típusa szerint. Lényeges, hogy a tolólap minden állásban a traktor szélességét meghaladja. A tolólap alsó részét cserélhető vágóélként alakítják ki.

A tolólap függőleges irányú főmozgása hidraulikusan, a régebbi típusoknál mechanikusan vezérelhető. A mechanikus vezérlésnél csörlő, csigasor és drótkötél végzi a mozgatót.

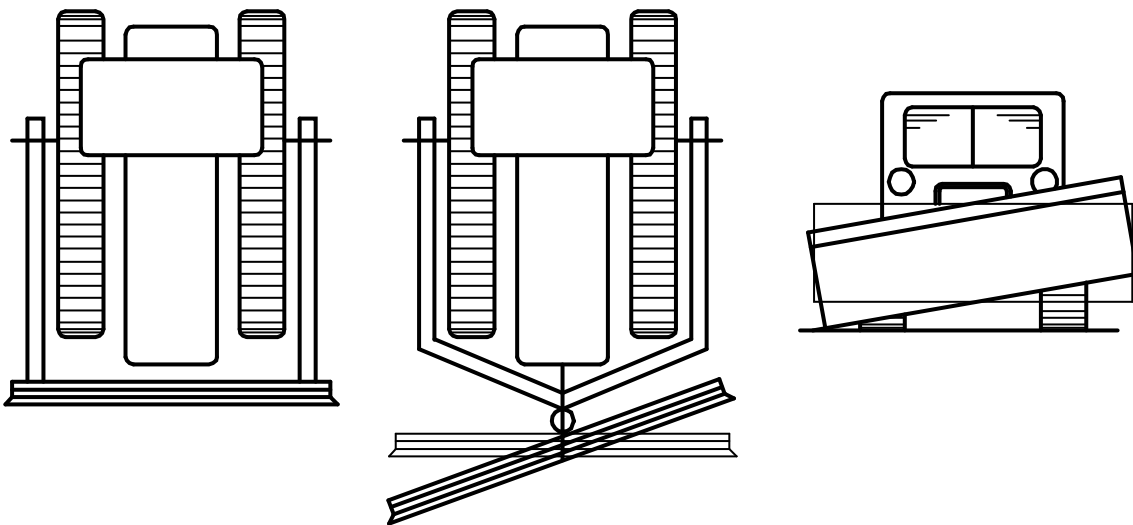
A hidraulikus vezérlésű dózer használata az elterjedt és előnyös, mert

- a lemez a traktor súlyával megterhelhető,
- a lemez mozgása jól szabályozható és rögzíthető,
- kisebb gyakorlattal is jó munkát lehet vele végezni.

Hátránya a korlátozott magassági mozgás lehetősége.

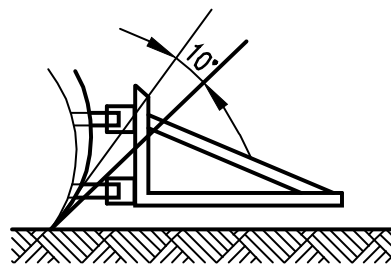
A tolólap keresztirányú mozgatása szerint a földtológépek három típusát különítjük el (1.1-36. ábra):

- A bulldózer tolólapja a gép hossz tengelyére merőleges. A lenyesett talaj hengerpalást mentén mozdul el. A talajt oldalirányba úgy tudja kitolni, ha a gép a kívánt irányba kifordul, oldalazó mozgást végez.
- Az angledózer lemeze keresztirányban elfordítható. A talaj csavarvonal mentén mozdul el, a tolólap elmaradó végénél szalagprizma alakul ki. A lemez vetületi szélessége az elfordítás szélső helyzetében is legyen nagyobb a traktor szélességénél. Nem ajánlatos használni ezeket a dózereket 15%-nál nagyobb keresztdőlésű terepen, mert a lemezre ható nagy keresztirányú erők miatt a vezetőpályák leléphetnek a lánctalpakról.
- A tilt dózer tolólapja a földmű oldalesésének megfelelően állítható be.



1.1-36. ábra. Tolólap állítási lehetőségei különböző típusú földtológépeknél

Hazánkban a bulldózer és az angledózer használata terjedt el. A lap harmadik mozgási lehetősége a vágásszög beállítását teszi lehetővé, a talaj kötöttségének megfelelően (1.1-37. ábra).



1.1-37. ábra. Tolólap vágásszöge

A földtológépek munkája a következő munkaműveletekből áll: előremenetben nyesés, tehermenet, ürítés és egyengetés, majd sebességváltás után hátramenetben visszatérés a fejtés helyére szintén egyengetést végezve. Nyeséskor a tolólap éle az egy menetben lenyeshető réteg (15–20 cm) alsó síkjában mozog, és a lenyest talajt maga előtt tolja. Tiszta tehermenetben a tolólap éle a talaj felszínén mozog, amit ürítéskor a talaj felszíne fölé emel a terítési vastagságnak megfelelő magasságba. A dózer hátramenetben a tolólap hátoldalával egyengetést végezhet, ha a lemezt úszó helyzetben az elterített réteg felszínére engedjük.

Előremenetben a dózer lassan, alacsony sebességi fokozatban dolgozik, a nagy tolóerő igény miatt. Hátramenetben – ami a teljesítmény szempontjából üres menetnek számít – fontos, hogy nagy sebességgel haladjon, csökkentve így a kieső időket, növelve a teljesítményt.

A dózer teljesítménye függ:

- A talaj fejtési osztályától. Magasabb fejtési osztályba sorolt talajokat ezért előrobbantással célszerű meglazítani.
- Az emelkedőtől, ezért célszerű lejtő irányába dolgozni.
- A vezető rátermettségétől, gyakorlatától.
- Az időjárási viszonyoktól. Felázott talajon, kötött és átmeneti talajokon dolgozni nem lehet, mert a keletkező mély nyomokba a traktor besüllyed és felfekszik, illetve a tolólapra tapadó talaj a simítást megnehezíti.
- A szállítási távolságtól.

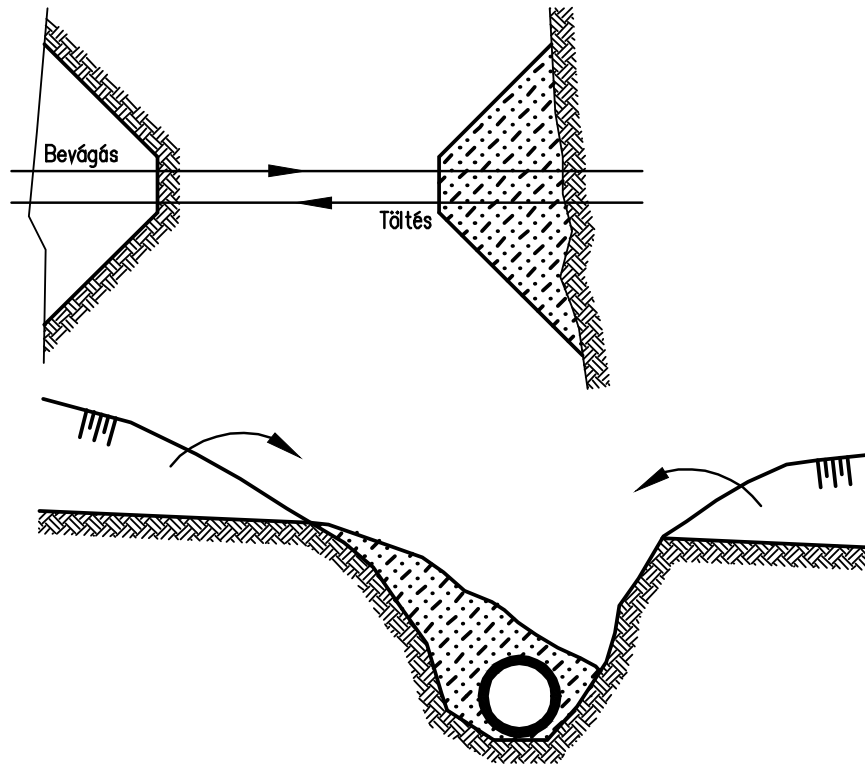
Tehermenetben a dózer tolólapja előtt mozgó talaj mindkét oldalon fokozatosan elmarad, amit további menetekkel kell összegyűjteni. Ez a dózer teljesítményét csökkenti. A dózer teljesítményének változását különböző feltételek között az 1.1-3. táblázat mutatja be. Jól látható, hogy 50 m szállítási távolság körül a teljesítmény minimumra csökken. Az optimális szállítási távolság 30 m.

Szállítási távolság		m	10	20	30	40	50
Fejtett és szállított talaj, ha a talajosztály	II–III	m <sup>3</sup> /óra	70	54	40	28	20
	IV–V		44	36	24	18	15

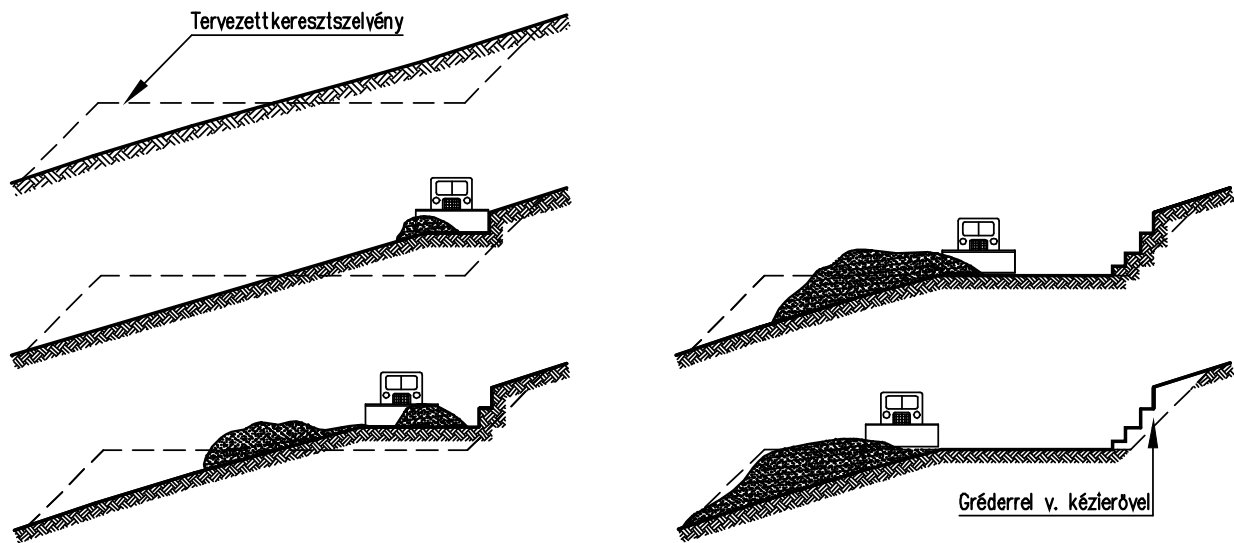
1.1-3. táblázat. Dózer teljesítményének változása a szállítási távolság szerint

Az erdészeti utak építésénél a dózerek általában háromféle munkamódszer szerint dolgoznak:

- A dózer ingamozgást végez, ugyanazon a pályán halad előre és hátra, az úttengellyel párhuzamosan, miközben a bevágásból kitermelt talajt a töltésbe tolja át. Ez a módszer a teljes bevágást követő teljes töltések építésére alkalmas, amikor pl. mélyebb mellékvölgyet kell betölteni egy teljes bevágás talajának felhasználásával (1.1-38. ábra). A dózer a talajt ilyenkor is szabályosan terítse el és az elterített rétegre járjon rá, mert ezzel a töltés alját kissé megtömöríti akkor is, ha a szűk völgyben vagy árokban nem lehet a tömörítőgépet munkába állítani.
- A domboldalban, vegyesszelvényben kialakított keresztzelvények építésekor a bulldózer a bevágási oldalon a tengellyel közel párhuzamosan halad, majd a töltés felé kifordul, és a tolt talajt a töltésbe elteríti. A földmű építését a bevágás körömpontjától kell kezdeni és több menetben kell a végső szelvényt kialakítani (1.1-39. ábra).

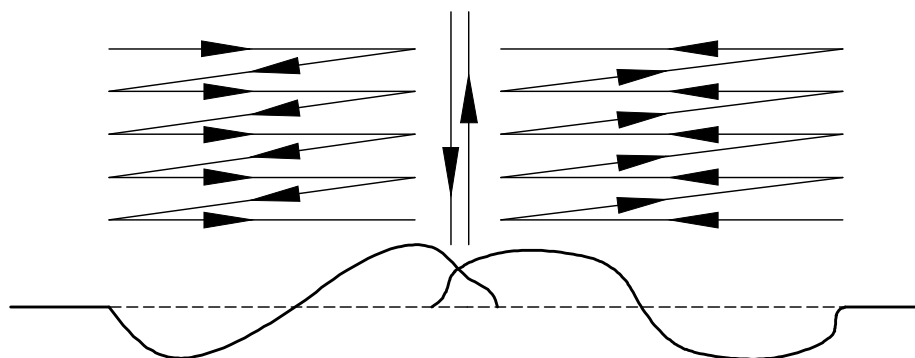


1.1-38. ábra. Mellékvölgy betöltése ingamozgással



1.1-39. ábra. Bulldózer oldalazó mozgása vegyesszelvény építésekor

- A síkvidéki utakat víztelenítési okok miatt kis töltésekben kell megépíteni, amelyeknek anyaga az út mellett húzódó anyagárokából kerül ki. A dózer ekkor a földművet két oldalról, az út tengelyére merőleges irányban építi, mellékműveletként pedig a tengely irányába mozogva a töltés anyagát elegyengeti, elrendezi (1.1-40. ábra).

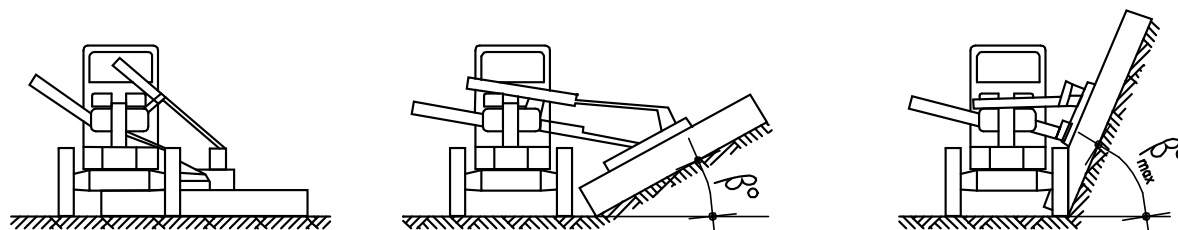


1.1-40. ábra. Síkvidéki utak kiemelése anyagárokba nyert talajból

#### 1.1.2.3.2. Földgyluk (gréderek)

A finom földmunka kialakításának eszközei a földgyluk. Ezeknél a gépeknél a kést a két tengely közé függesztik fel, ami a kerék függőleges irányú elmozdulásából származó egyenetlenséget arányosan csökkenti.

A földgylu kése íves felületű, hossza 3–4 m, magassága 40–60 cm. Az egy menetben lefejtett talajréteg vastagsága (a fogás mélysége) 20–30 cm. A földgylu kése keresztirányba mindkét oldalra elmozdítható és különböző tengelyek mentén elfordítható. Keresztirányba a gyalulemezt általában úgy ki lehet tolni annyira, hogy vele a keréknyomon kívül eső felületek is megmunkálhatók (1.1-41. ábra).



1.1-41. ábra. Földgylu késének oldalirányú mozgása

A különféle tengelyek körüli elfordításokkal a kés helyzetének jellemzésére használt három szöget lehet beállítani a talaj típusának és a végzett munkának megfelelően (1.1-42. ábra, 1.1-4. táblázat):

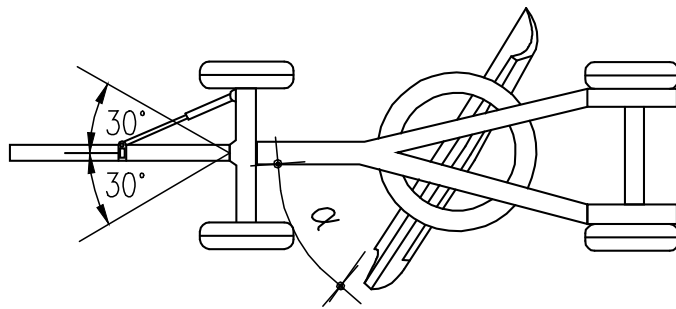
- a fogásszög vagy oldalszög ( $\alpha$ ) a kés vízszintes vetülete és a gréder hossz tengelye által bezárt szög,
- a hajlásszög vagy rézsűszög ( $\beta$ ) a kés élének vízszintessel bezárt szöge,
- a vágószög vagy nyesőszög ( $\gamma$ ) a kés függőleges metszetében az éltől húzott érintő és a vízszintes által bezárt szög.

A földgylu íves kiképzésű kése előtt a talaj  $90^\circ$ -os fogásszög mellett hengerpalást mentén mozdul el. Amennyiben az  $\alpha$  kisebb, vagy nagyobb mint  $90^\circ$ , a talaj csavarvonal mentén keresztirányba is elmozdul és a gréder késének elmaradó végén szalagprizmában halmozódik fel (1.1-43. ábra).

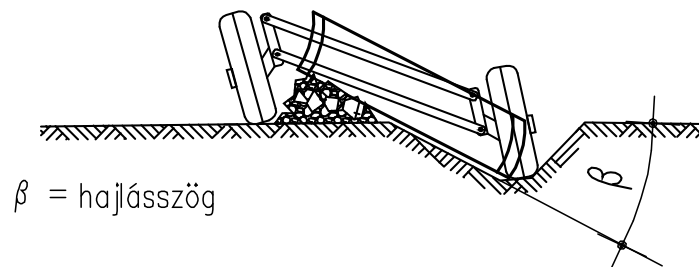
A földgylu kerekei típustól függően dönthetők, ami a könnyebb kormányzást és iránytartást segíti elő akkor, amikor a munkagép egyik keréksora pl. az árokban halad. A földgyluk lehetnek önjáró, vagy vontatott kialakításúak.

A művelet neve		Fogás szög ( $\alpha$ )	Hajlás szög ( $\beta$ )	Nyeső szög ( $\gamma$ )
Földmunka	laza talaj	40–45	15	40
	középkötött talaj	35–40	13	45
Talaj egyengetés	száraz talaj	35–45	18	45
	nedves talaj	40–50	15	40
Anyagterítés		45–55	18	45
Simítás		60–65	45	40
Talaj keverés	szárazon	35	3	45
	cement és bitumen stabilizáció	35–40	2	45
Humusz leszedés		40–50	1–3	50

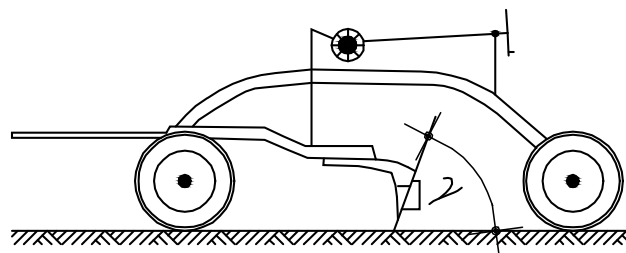
1.1-4. táblázat. Földgyalu készségeinek beállítási értékei munkaműveletek szerint



$\alpha$  = fogásszög



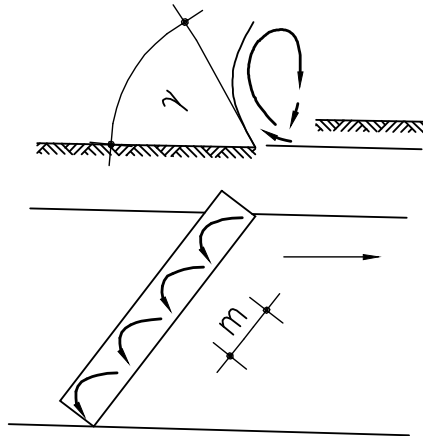
$\beta$  = hajlásszög



$\gamma$  = nyeső szög

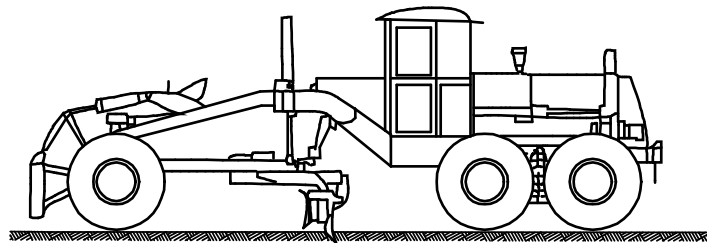
1.1-42. ábra. A földgyalu késének állását jellemző szögek





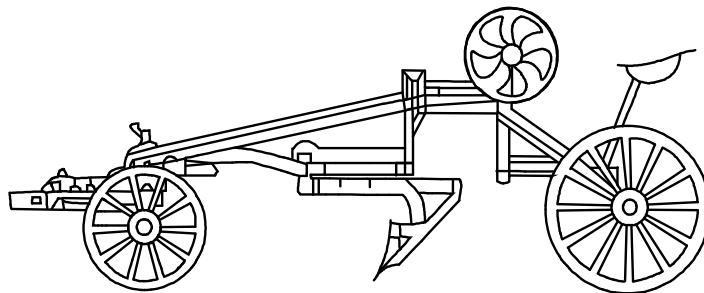
1.1-43. ábra. Talajszemcsék mozgása a földgyalu kése előtt

Az önjáró földgyaluk (más néven autó- vagy motorgréderek) (1.1-44. ábra) hátsó egy vagy két tengelyük 50–80 kW (70–110 LE) teljesítményű motorral hajtott. A gyalukést a tengelytávolság felének közelében függesztik fel. A kés minden irányba elmozdítható és elfordítható, hidraulikusan mozgatható. Futóműve gumiabroncsos, az első, kormányzott kerekek dönthetők. Nagy teljesítményű, könnyen használható munkagép, amellyel a finom földmunka bármely feladata elvégezhető.



1.1-44. ábra. Önjáró földgyalu jellegrajza

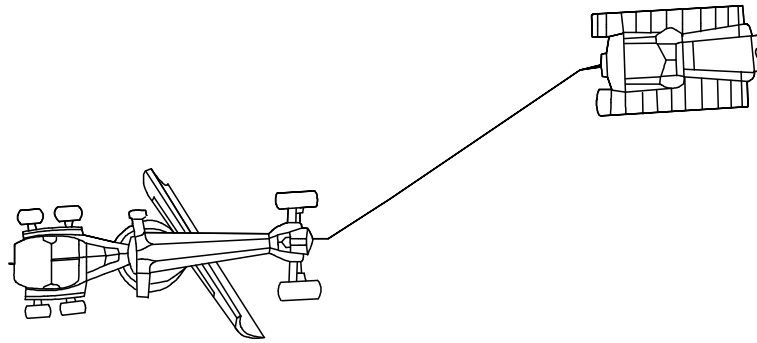
A vontatott földgyalukat (1.1-45. ábra) 35–50 kW (50–60 LE) teljesítményű vontatók mozgatják. A merev, hegesztett keretbe a tengelytáv felében elhelyezett gyalukés mechanikus vezérléssel minden irányba állítható.



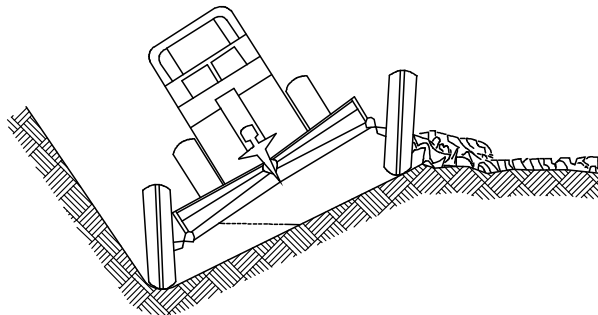
1.1-45. ábra. Vontatott földgyalu jellegrajza

A vontatott gréder függesztő szerkezete is kifordítható az alváz alól, ezáltal az árkok kialakíthatók, a bevágási rézsűk felülete rendezhető. A vontató ilyenkor az elkészült földművön mozog, ezért ezeknél a műveleteknél (árkokészítés, rézsűnyesés stb.) a gréder nem halad a vontató nyomán. A vontatást ekkor hosszú, vagy ferde helyzetben rögzíthető vonórúddal kell meg-

valósítani (1.1-46. ábra). A gréder kerekei dönthetők. A kerekek így akkor is függőlegesen állhatnak, ha a földnyeső egyik keréksora árokban, másik a koronán halad. Ez a helyzet jeletősen könnyíti a kormányzást és a vágóél finom vezetését (1.1-47. ábra).



1.1-46. ábra. Földgyalu vontatása hosszú vonórúddal



1.1-47. ábra. Vontatott földgyalu ferde haladása

A vontatott gréderek fordulása nehézkes (nagyobb helyigény, lassú stb.) ezért hosszú útszakaszok munkába vételénél, földutak karbantartásánál használható előnyösen. A nagy földút-hálózattal rendelkező erdészetek ezeket a gépeket jól kihasználhatnák földútjaik fenntartására, mert:

- használaton kívül erőgépet nem kötnek le,
- kihasználásukról a kis amortizációs költségek miatt nem kell gondoskodni, tehát munkán kívül is az erdészetnél várakozhatnak. Ez a készenlét lehetővé teszi a gréder használatát akkor, amikor a földút talaja a karbantartás szempontjából kedvező nedvességi állapotú.

Földgyalual a következő munkaműveletek végezhetők el:

- humuszréteg eltávolítása az előkészítő munkák idején,
- egyszerű lépcsők kialakítása töltésalapozásokhoz,
- a pályaszerkezet elhelyezésére szolgáló tükör kialakítása,
- a tükörbe szállított anyag elterítése,
- két vagy több anyag (talaj) összekeverése,
- rézsűk felületének rendezése,
- árkok készítése,
- sík vagy enyhe lejtésű terepen a teljes műszelvény kialakítása,
- elhanyagolt vagy természetesen kialakult földutak (csapák) profiljának rendezése,

- padkanyesés, ároktisztítás és a rézsú karbantartása,
- földutak és mechanikai stabilizációs burkolatok karbantartása, a felület kiegyenlítése (púpok lenyese és mélyedések betöltése), valamint a felületre hordott anyag elterítése.

A talajok összekeverésekor és egyéb anyagok talajba keverésekor a kés fogásszögét úgy kell beállítani, hogy a keverendő anyagok csavarvonal mentén mozduljanak el. A vágásszögöt meredeken célszerű beállítani, hogy az anyag a magasból visszahullva megfelelően keveredjen. A tökéletes keveréket többszöri átforgatással érjük el, miközben az anyag a pályán keresztirányba egyik oldalról a másikra gördül át. Az utolsó menetben kialakuló szalagprizmát végül egyenletes rétegben el kell teríteni.

Az egyszerű szögárok a rézsúval együtt készül. A trapézárók durva szelvényét a rézsú elkészítése után kell kialakítani. Az árokból kikerülő földet külön menetben kell eltávolítani.

Kis földművek vegyes szelvényének építésekor a kés a földet lenyesei és keresztirányba eltolja a tárolás vagy végleges elhelyezés céljából. A kívánt keresztmetszetet a földgyalu több menetben alakítja ki.

A földgyaluk talajszaggató adapterrel és tolólappal is felszerelhetők.

#### *1.1.2.3.3. Kotrók földmunka*

A kotróval végzett földmunka eddig nem vált általánossá a hazai erdészeti útépítésnél. Ennek oka az lehet, hogy a földfelesleggel tervezett utaknál a depóniákat a töltések mellett közvetlenül alakították ki. A szállítási távolságok ezért a dózer optimális szállítási távolságán belül estek. A természet- és környezetvédelem igényeinek megfelelően törekedni kell a depóniák csökkentésére, a földtömeg szigorúbb kiegyenlítésére, ami a szállítási távolságok növekedéséhez vezet. A nagyobb távolságú földmozgatást tehergépkocsival lehet elvégezni, amelyre a rakodást célszerű a fejtést végző géppel – a kotróval - megoldani. A kotrók földmunka elterjedését segíti még az is, hogy az erdészeti útépítésben megjelenő kivitelezők általában a dózernél általánosabban használható kotróval rendelkeznek. A kotróval kiemelhetők a kisebb tuskók, lefejtető a humusz, elkészíthetők a töltésalapozást jelentő lépcsők és fogak, megoldható a keresztirányú földmozgatás, tehát vegyes szelvények kialakíthatók, a felesleges talaj szállítójárműre rakható. A tehergépkocsik mozgási útvonalát előre ki kell jelölni és a mozgás lehetőségét biztosítani kell. Ez erdőterületen esetenként sok problémát jelent, mert a szállító utakon a talaj, mellettük az állomány károsodhat. A kotrók földmunka hátránya az, hogy a töltések tömörítése elmarad. Korábban a dózer bizonyos (de nem elég) tömörítést végzett, a kotróknak gyakorlatilag semmi tömörítő hatása nincsen. A kotrók földmunkánál a töltések tömörítésére megfelelő nagyságú hengert kell munkába állítani!

(A kotrók útépítés Ausztriában terjedt el, ott főként a 60% keresztdőlést meghaladó lejtésű területeken használják.) A kotrók és a rakodólapátok nagyobb anyagnyerőhelyeken és kőbányákban is használhatók.

#### *1.1.2.4. Földművek tömörítése*

##### *1.1.2.4.1. Tömörítőgépek munkája és az eszközök kiválasztása*

A földmű állékonysága és teherbírása a talaj tömörségétől függ. A nem kellően tömör talajú földműben a talaj önsúlya, az éghajlati tényezők és a forgalom mechanikai hatása maradandó alakváltozásokat hoz létre. Az ilyen földműre helyezett építmények és útpályaszerkezetek elvesztik alátámasztásukat, ennek következtében erősen deformálódnak és összeropedeznek. A kellő víztelenítés mellett a megfelelő tömörség biztosítása az, ami alapvetően befolyásolja az utak állékonyságát. Az erdészeti utakon keletkező hibák és a pályaszerkezetek korai tönk-

remenetele leggyakrabban a tömörítetlenséggel magyarázható. A talajokat csak tömörítési munkával lehet tömöríteni. Minden más módszer, amit jelenleg a hatékony tömörítés kiváltására szoktak használni hatástalan, azzal állékony és teherbíró földmű nem hozható létre. A tömörítést és a tömörséget befolyásolják:

- a talaj szilárd részének fizikai tulajdonságai,
- a talaj víztartalma,
- a tömörítőmunka nagysága,
- a tömörítés módja.

A talaj szilárd részének fizikai tulajdonságai és a talaj víztartalmának függvényében a talajok tömörítési osztályokba sorolhatók.

### **Jól tömöríthető talajosztály (J)**

a.)  $U > 7,0$  feltételt kielégítő vegyes szemeloszlású talajok (kavics, homokos kavics, kavicsos homok, homok, homokliszt talajok).

b.) Vegyes szemeloszlású szemcsés és gyengén kötött talajokból álló természetes és mesterséges talajkeverékek, ha az együttes iszap- és agyagtartalom a száraz anyag súlyára vonatkoztatva kisebb mint 20% (homokos, anyagos, iszapos kavics; agyagos kavics, agyagos homok; agyagos, kavicsos homok).

### **Közepesen tömöríthető talajosztály (K)**

a.)  $U = 3-7$  feltételt kielégítő közepesen osztályozott, az előző talajosztály a.) pontja alatt felsorolt szemcsés talajok.

b.) Vegyes szemeloszlású szemcsés és gyengén kötött talajokból álló, természetes és mesterséges talajkeverékek, ha az együttes iszap- és agyagtartalmuk a száraz súlyra vonatkoztatva 20–30% között van (homokos, agyagos, iszapos kavics; agyagos kavics; agyagos, homok; kavicsos homok).

c.) Kötött talajok, ha az  $I_p=7-25\%$  között mozog és a talaj víztartalma az optimális tömörítési víztartalomtól legfeljebb 3%-kal tér el (iszapos homokliszt, homoklisztes homok, iszap és sovány agyagtalajok).

### **Nehezen tömöríthető talajosztály (N)**

a.) Egyenletes szemeloszlású szemcsés talajok, ahol  $U < 3$  (rosszul osztályozott kavics, futóhomok).

b.) Erősen kötött és szemcsés talajokból álló, természetes és mesterséges talajkeverékek, ha az együttes iszap- és agyagtartalom a száraz anyag súlyára vonatkoztatva 30% felett van.

c.) Kötött talajok, amelyek:

c<sub>1</sub>.) Plasztikus indexük 7–25% között helyezkedik el és az optimális tömörítési víztartalomtól a talaj víztartalmának eltérése 3,1–5,5% között mozog (iszap és sovány agyagtalajok).

c<sub>2</sub>.)  $I_p > 25\%$ -nál, illetve a c<sub>1</sub>.) talajosztályba tartozó talajok, ha víztartalmuk 5,5%-nál nagyobb mértékben tér el az optimális tömörítési víztartalomtól (kövér agyagok).

Nem tömöríthető talajok a kötött talajok, ha relatív konzisztencia indexük  $I_c > 1,25$  és  $I_c < 0,9$  és az kezeléssel sem javítható; valamint ha a talaj a választott rétegvastagsághoz képest túlzottan nagy méretű szemcséket tartalmaz.

A tömörítés módját a talaj fizikai tulajdonságai határozzák meg. A tömörítő eszközt ezért úgy kell megválasztani, hogy annak tömörítési módszere megfeleljen a talaj által megkövetelt módszernek. Általános irányelvként elfogadható, hogy:

- a kötött talajokat gyúró hatással;
- szemcsés talajokat vibrációval;
- a köves sziklás talajokat döngölővel kell tömöríteni.

A tömörítőgépeket ilyen szempontok szerint a következőképpen jellemezhetjük:

- Gumibroncsos hengerek a legáltalánosabban használható, leghatékonyabb tömörítőeszközök. Tömegük 10–40 t között változik. Fajlagos tömörítőkéességük, gyúróhatásuk és sebességük nagy. Optimálisan iszapos talajokon használhatók. Vontatott és önjáró kivitelben készülnek. Az önjáró gumihengerek teljesítménye nagyobb, előre-hátra azonos sebességgel mozognak, megfordulásukhoz nem kell helyet biztosítani. A vontatott gumihenger kevésbé fordulékony, ezért hosszabb útszakaszok tömörítésére használható (pl.: földutak karbantartásánál).
- Vibrációs hengerekkel elsősorban a homokos kavics, durva homok, esetleg iszapos talajok tömöríthetők. Finom futóhomok tömörítésére nem alkalmas. Önjáró kivitelben két acélköpenyes hengerlőjük közvetíti a vibrációt a talajra. Vontatott formájában egy hengerlővel alakítják ki.
- Juhláb- vagy fogashengerek kizárólag erősen kötött agyagos talajok tömörítésére alkalmazhatók. Tömegük 5–20 t, nagy fajlagos tömörítőmunkával dolgoznak, miközben a kiszáradást is elősegítik. Főként vontatott hengerként használják.
- Vibrációs juhlábhenger használata nem elterjedt az erdészeti utak építésénél. Ezek 5–20 t tömegű kombinált működésű hengerek, amelyek vibrálva az iszapos homok és kavicsos homok, vibráció nélkül a kötött agyagtalajok tömörítésére alkalmasak.
- A sima acélhengerlőjű hengerek 8–14 t tömegűek. Önsúlyukkal tömörítenek, főként felületi hatást fejtenek ki, ezért simításra használhatók. A hatékonyan tömöríthető kis rétegvastagság miatt teljesítményük is csak közepes. Három hengerlővel a makadám pályaszerkezetek hagyományos tömörítőeszköze.
- Vibrációs lapokkal általában kis felületen, vagy szűk munkagödrökben célszerű tömöríteni a futóhomok jellegű talajokat. Tömegük 0,2–2 t, fajlagos teljesítményük kicsi. Munkagépre szerelt vibrólapsorokkal a teljesítmény növelhető. Ezek jól használhatók a hidraulikus kötőanyaggal készülő stabilizációs pályaszerkezeti rétegek tömörítésére.
- A döngölőlapok vagy döngölőbékák kis magasságból leesve, gyors ütésekkel tömörítenek. Köves, sziklás talajok tömörítésére használhatók elsősorban, de kis felületen, pl. munkaárokba visszatöltött talajokon is hatásos tömörítést végeznek.
- A kombinált henger két különböző módon dolgozó henger összekapcsolásából kialakított tandem henger. A talaj tömörítését mindkét hengerre jellemző módon elvégzi. Nagy teljesítménnyel, hatásosan dolgozó hengerek, de magas beszerzési árak miatt szélesebb körben nem terjedtek el.

A tömörítést a tömörítőgépre és talajra együttesen megállapított optimális víztartalom közelében kell elvégezni. Száraz talajokon ez locsolással állítható be, a nedves talajokat többszöri átkeveréssel vagy a vizet elvonó anyag bekeverésével lehet kellően kiszáritani. Hatékonyan használható erre a célra az őrölt égetett mész és a porrá oltott mész, esetleg a jól kiégetett mézsalak.

A tömörítő munka nagysága a járatok számával befolyásolható. A célszerűen alkalmazható tömörítőgépek kiválasztásában jó segítséget nyújt az Útügyi Kutató Intézet (UKI) által összeállított táblázat (1.1-5. táblázat). Angol kísérletek eredményeit foglalja össze az 1.1-6. táblázat, amely az elterített réteg vastagságát és a tömörítési járatszámot is tartalmazza. Nagyobb földmunkáknál a tömörítőgépet próbatömörítéssel választják ki. A próbatömörítés alapján meghatározható az egy menetben tömöríthető rétegvastagság és az építés közben várhatóan előforduló víztartalomhoz tartozó járatszám. Figyelembe véve a tömörítőeszközök gépóráköltségét, ki lehet választani a leggazdaságosabban munkába állítható tömörítőgépet és tömörítési eljárást.

Alkalmazási területnek súlyozott aránya (%)	Talajok aránya (Magyarországon)		~15%		~20%		~50%				~15%
	Tömörítőgép		KH, HK, durva homok		Finom homok		Iszap				
			Iszapos, agyagos	Iszap mentes	Futó	Iszapos	Iszapos HL		Iszapos agyag		
10	Sima henger*										
37	Gumiabroncsos henger										
16	Vibrációs tömörítők	Vibrólapok									
13		Vibrációs hengerek									
24	Juhláb (fogas) henger		**			**					
-	Döngölő***										


\*Csak simító hengerlésre alkalmas

\*\*Vibrációs juhlábhenger is

\*\*\*Csak szűk munkahelyen, kis tömegű földmunkánál

Legalkalmasabb: 

Alkalmas: 

Szükségmegoldás: 

1.1-5. táblázat. Az optimális tömörítőgép kiválasztása (Útügyi Kutató Intézet szerint)

#### 1.1.2.4.2. Utak földműveire vonatkozó tömörségi előírások

Az utak földműveire vonatkozó hazai tömörségi előírások a módosított Proctor-vizsgálatot veszik alapul a következőképpen:

- Az útpályaszerkezet alatt 0,50 m vastag talajréteget különös gonddal kell tömöríteni:

Hajlékony pályaszerkezet (aszfalt) alatt 90%

Merev pályaszerkezet (beton) alatt 95% tömörségi fokig

- A földmű alsóbb rétegében megkövetelendő a 85% tömörségi fok.

Az útpályaszerkezet szempontjából lényeges, hogy a tömörség közel egyenletes legyen. Célszerű, ha a tömörségi fok változása 5%-on belül marad. Kedvezőtlen az a földmunka, amely magasabb tömörségű, de a tömörségi fok ingadozik, mert ilyenkor a burkolat hullámossá, később repedezetté válik, és elveszíti vízzáróságát. Fontos, hogy a bevágások felső 50 cm vastag rétegét is tömörítsük, mert a termett talaj eredeti tömörsége általában nem kielégítő.

A tömörítést az optimális tömörítési víztartalom környékén kell végezni, csak így biztosítható, hogy a földmű teherbírása is megfelelő legyen. Az újabb hazai előírások a tömörségi fok mellett ezért a teherbíróképesség értékét is előírják. A földmű nem kielégítő teherbírásából arra következtethetünk, hogy a földmű tömörítése elégtelen, az előírt tömörségi fokot nem éri el. Amennyiben a tömörségi fok mégis eléri az előírt értéket, de a teherbírás ennek ellenére sem megfelelő, akkor a földmű elázott, tehát gondoskodni kell kiszáritásáról.

Tömörítőgép	A gépek átlagos teljesítménye						Tömörített talajfajta
	Munka szélessége	Munka sebessége	Szükséges járatok száma	Tömörített felület	A tömörített talajréteg vastagsága	Teljesítménye	
2,75 t sima henger	1,3	3,3	8	443	13	57	Legtöbb talaj átlagos víztartalom mellett.
8 t sima henger	1,77	3,3	4	1220	15	186	Egyenletes <i>H</i> és kövér <i>A</i> kivételével minden talaj.
13,5 t vontatott rácsos henger (80 LE hernyótalpas)	1,57	8,0	7	1507	20	314	Minden talajra változó víztartalom mellett, változó ballaszt súllyal.
13,5 t vontatott rácsos henger (150 LE hernyótalpas)	1,57	16,1	8	264	20	535	Minden talajra változó víztartalom mellett. ( $U < 3$ és igen magas víztartalom mellett nem használható.)
12 t gumihenger	2,10	3,7	4	1590	13	202	Minden talaj, nedves kötött talajok is.
20 t gumihenger	2,15	2,7	4	1620	15	247	Minden talajra vált. víztart. mellett, vált. ballaszt súllyal, vált. tömlőnyomással.
45 t gumihenger	2,35	3,7	3	2400	25	612	Minden talajra vált. víztart. mellett, vált. ballaszt súllyal.
102 kg robbanó döngölő	0,045 m <sup>2</sup>	60 ütés min.	6 ütés	23	15	3,4	Csatorna, árok visszatöltés minden talajban..
612 kg döngölő béka	0,43 m <sup>2</sup>	50 ütés min.	12 ütés	89	20	27	Szélesebb árokban minden talajnál.
200 kg vibróhenger	0,61 m <sup>2</sup>	0,55 kézi ir.	8	35	8	2,7	Csak szemcsés talajok.
342 kg vibróhenger	0,71	1,1	12	57	15	6,4	Csak szemcsés talajok
980 kg tandem vibróhenger	0,81	1,2	4	208	18	31	Csak szemcsés talajok finom ( $U < 3$ ) homok kivételével.
3,75 t vontatott vibróhenger	1,83	2,2	6	560	25	142	Minden talajra.
3,75 t tandem vibróhenger	1,0	1,2	4	245	18	44	Minden talajra, $U < 3$ finom homok kivételével.
203 kg vibrólap	0,83	0,51	3	54	15	6,4	Csak szemcsés talajra.
660 kg vibrólap	0,61	1,0	4	124	20	25	A legtöbb talajra.
771 kg vibrólap	0,61	0,77	2	194	15	30	A legtöbb talajra, kövér agyag kivételével.

1.1-6. táblázat. A Road Research Laboratory tömörítési kísérletei különböző tömörítőgépekkel

A hazai 1971. évi pályaszerkezet méretezési utasítás előírja, hogy a földmű felső 0,50 m vastag rétegétől az előírt  $T_{rp}=90\%$  és  $w_{opt} \pm 3\%$  víztartalom mellett mekkora teherbíró-képességet kell megkövetelni (1.1-7. táblázat).

A talajcsoport jellemzői			A földmű mértékadó teherbíróképesége		
Jele	Megnevezés	Szemeloszlás vagy $I_p$	CBR%	$E_2$ (MN/m <sup>2</sup> )	Tárcsás behajlás (mm) max.
I.	Mechanikailag stabil szemcsés talajok	$d=2$ mm: min. 20%, max. 60% $d=0,1$ mm: max. 25% $d=0,002$ mm: max. 15%	11–13	55–60	1,3
II.	Homok ( $U = \text{min. } 2,5$ )	$d=0,1$ mm: max. 25% $d=0,02$ mm: max. 5%	11–13	55–60	1,3
III.	Az I–II. csoportba nem sorolható szemcsés talajok	$d=0,1$ mm: max. 35% $d=0,02$ mm: max. 15%	6–8	35–45	2,1–1,7
IV.	Homoklisztek, iszapos homoklisztek	$I_p = \text{max. } 10\%$	5–6	30–35	2,4–2,1
V.	Homoklisztes iszapok, iszapok, agyagos iszapok	$I_p = 10\text{–}20\%$	5–7	30–40	2,4–1,9
VI.	Iszapos agyagok Agyagok	$I_p = \text{min. } 20\%$	5	30	2,4

1.1-7. táblázat. A földmű szükséges teherbírása az 1971. évi pályaszerkezet méretezési utasítás szerint

A tömörségi előírások a nehezen tömöríthető talajokra is vonatkoznak, ezért annak elérését meg kell követelni. A kötött rész nélküli szemcsés talajok, amelyek egyenlőtlenégi együtthatója  $U < 5$ , iszapos talajok bekeverésével, bitumenes stabilizálással javíthatók, esetleg talajcserével szüntethetők meg a kellemetlen tulajdonságaik. A kötött talajok tömöríthetősége 3% égetett mésszel javítható, annak szárító hatása miatt. Javíthatók a tulajdonságok szemcsés anyag (salak, kavics, murva stb.) bekeverésével is, illetve itt is megoldást jelent a talajcsere. A tömörítést be kell fejezni, ha a tömörítő járat hatására a tömörített réteg felületén szabad szemmel látható rugózó jellegű függőleges alakváltozás – gumizás – alakul ki. A jelenség arra utal, hogy a tömörítés hatására a pórusok keresztmetszetének lecsökkenése miatt létrejött egy látszólagos kétfázisú rendszer (szilárd rész és víz), amelyben a kialakult vízpárnák akadályozzák az összenyomódást. A tömörítést a talaj kiszáradásakor, kiszáritásakor, vagyis a konszolidáció (a pórusvíznyomás kiegyenlítődése) után lehet folytatni. A jelenség általában a kötött talajú földműveken fordul elő, ha a tömörített talajréteg víztartalma magas (pl.: elázott építés közben). Az ilyen talajok gravitációs úton nem vízteleníthetők, kiszáritásuk öröklött égetett mézspór bekeverésével lehetséges. Amennyiben a kiszáritás nem oldható meg, akkor az átázott földtömeget ki kell cserélni. A földmű teherbírásának ellenőrzését célszerű megvalósítani az erdészeti útépitéseknél is. Az erdészeti útépitések jelenleg legnagyobb problémája az, hogy a földművek nem kellően tömörek, ezért teherbírásuk sem megfelelő. Az ilyen földművek és a rájuk épülő pályaszerkezetek nem tudnak ellenállni a rohamosan növekvő forgalomterhelésnek.

## 1.2. Erdészeti utak mőtárgyai

Mőtárgyaknak nevezzük az út alépítményének nem földből készülő létesítményeit. Ezek rendeltetésük szerint lehetnek:

- támasztófalak, amelyek töltések vagy bevágások földanyagát támasztják meg,
- hidak, illetve áteresztők, amelyek vízfolyások fölötti átvezetésre szolgálnak,



- alul-, illetve felüljárók, amelyek két közlekedési pálya külön szintű keresztezését biztosítják,
- alagutak, amelyek a térszín alatti zárt vonalvezetést teszik lehetővé.

Az erdészeti útépités szempontjából a fenti csoportok közül a támasztófalak és a hidak, illetve az áteresztők fontosak, mert a forgalom nem igényli a keresztező közlekedési pályák forgalmának külön szintű átvezetését, a terepviszonyok pedig nem indokolják a terep alatti zárt vonalvezetés megvalósítását.

A műtárgyak létesítése erősen megnöveli az alépítmény költségeit, ezért arra kell törekedni, hogy olyan egyszerű megoldásokat alkalmazzunk, amelyek a műszaki igényeket kielégítik, az erdőgazdálkodás feltételei között megvalósíthatók és lehetőség szerint helyi anyagokat használnak fel. Ennek a törekvésnek kedvez az, hogy az erdészeti utak földművei viszonylag kicsik, és nem kereszteznek nagyobb vízfolyást. Ez már önmagában azt jelenti, hogy az erdészeti utak műtárgyai is kicsik, szerkezetük ezért egyszerű lehet. Törekedni kell azonban még így is arra, hogy a műtárgyak számát megfelelő vonalvezetéssel csökkentjük (pl.: hosszszelvény tervezésekor a nagy keresztmetszű terepen a teljes koronaszélességet termett talajra tesszük, csökkentve ezzel a támfalak számát.)

A műtárgyak létesítésénél fontos szempont, hogy azokat az erdőben haladó út környezetébe illesszük. A műtárgyak formája, vonalai simuljanak a környezetbe, építőanyaguk pedig legyen jellemző a tájra, így azok nem hatnak idegenül, megjelenésüket a természetes környezethez tartozónak érezzük. A műtárgyak formai kialakításakor mindig törekedni kell arra, hogy az anyag, a szerkezet és a forma egységét megteremtjük, mert ezzel már eleve biztosítható az építmény harmonikus megjelenése.

### 1.2.1. Támasztófalak

A földtömegek állékonyságát biztosító műtárgyak a támasztófalak. Ezeket akkor kell építeni, amikor a földmű belső ellenállásai által megengedett rézsűknél meredekebb rézsűkkel kellene a földművet határolni. Ennek oka lehet, hogy a rendelkezésre álló terület szűkebb, mint amit a földmű állékony rézsűvel elfoglal (pl. patak partján); vagy olyan méretű földművet kellene építeni, amely jelentős földmozgatással jár, nagy rézsűi pedig rombolnák a táj képét. Ilyen helyeken meg kell vizsgálni, hogy a kiterjedtebb méretű földmű támasztófal nélkül, vagy a kisebb földmű támasztófallal jelenti-e a gazdaságosabb és esztétikusabb megoldást.

Feladatuk szerint a támasztófalakat három csoportba oszthatjuk:

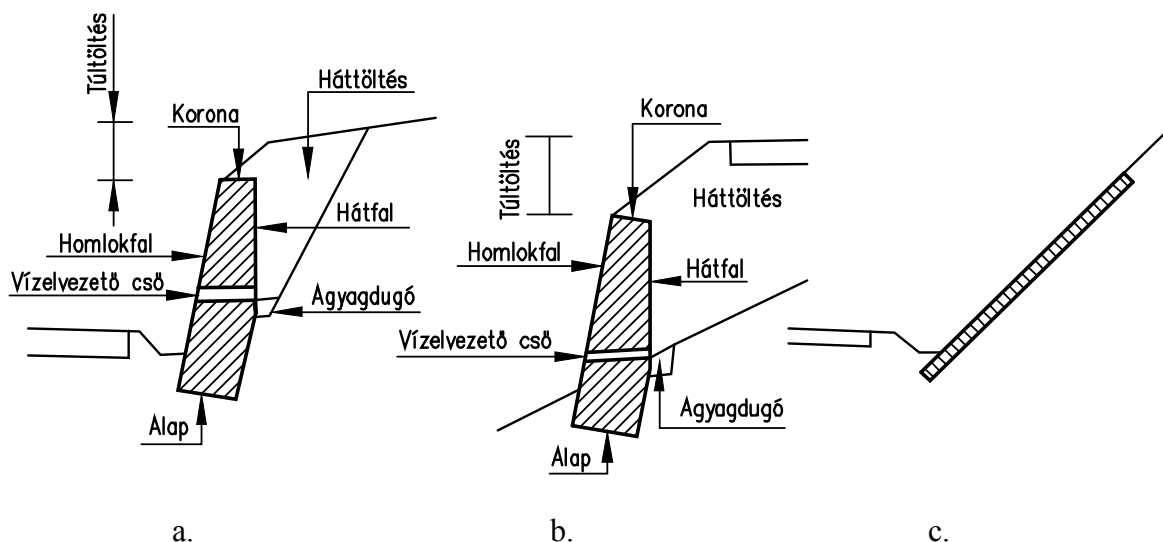
- Bélésfalak biztosítják a bevágások állékonyságát. Ezekre a földnyomáson kívül általában egyéb terhelés nem hat (1.2-1/a. ábra).
- Támfalak a töltést megtámasztó támasztófalak. Ezek a földnyomáson kívül még a pálya és a forgalom terheit is viselik. Ide sorolhatók pl.: a hídfők és azok szárnyfalai is (1.2-1/b. ábra).
- Borítófalak védik a bevágási vagy töltési rézsűk felületét. Feladatuk kimondottan csak védelmi jellegű, rájuk terhelés nem hat (1.2-1/c. ábra), de önsúlyukkal a rézsű állékonyságát növelhetik.

A támasztófalakat felülről a korona zárja le, külső – levegővel érintkező – fala a homokfal, talajjal érintkező felülete a hátfal. A támasztófalak hátfalához a háttöltés csatlakozik.

A támasztófalakat felülről a korona zárja le, külső – levegővel érintkező – fala a homokfal, talajjal érintkező felülete a hátfal. A támasztófalak hátfalához a háttöltés csatlakozik.

A támasztófalak szerkezeti kialakításuk szerint lehetnek:

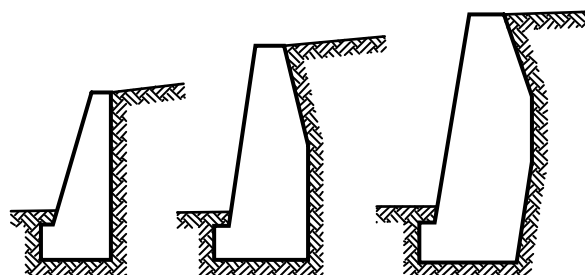
- súlytámasztófalak,
- talpas támasztófalak,
- vasalt földtámfalak.



1.2-1. ábra. Támasztófalak a./ bélésfal, b./ támfal, c./ borítófal

Ezek a háttöltésben lévő talajtömeget különböző mértékben vonják be az állékonyság biztosításába. (A támasztófalak kialakítására még számos megoldás létezik. Itt csak azokat mutatjuk be, amelyek az erdészeti gyakorlatban elterjedtek vagy, amelyek elterjedését javasoljuk, illetve amelyek megismerésével más szerkezeti megoldásokat is értelmezni lehet. A támasztófalak kialakításának további lehetőségeit mutatja be PÁLOSSY–SCHARLE–SZALATKAY: Földtámfalak c. műve.)

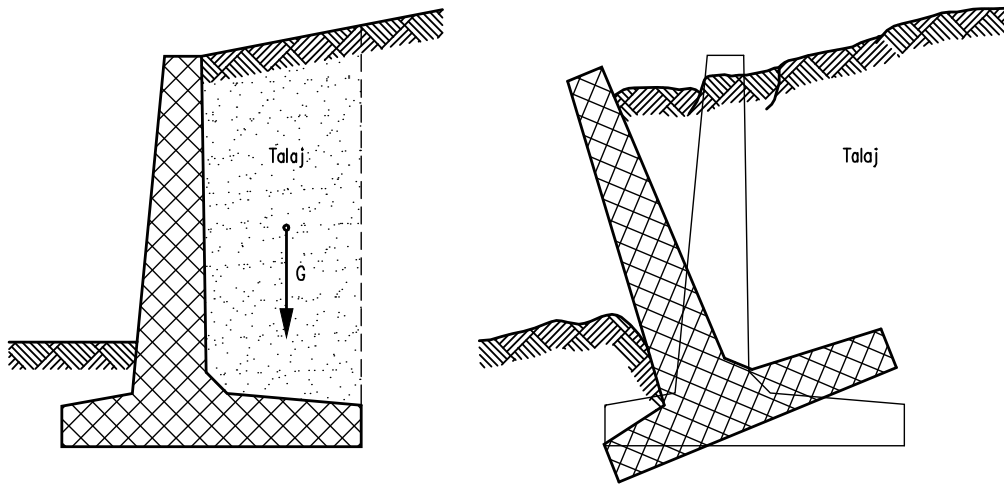
A súlytámasztófalak a megtámasztott földtömeg egyensúlyát saját súlyukkal biztosítják (1.2-2. ábra). Ehhez jelentős önsúllyal kell rendelkezniük, ezért kialakításuk zömök. Kedvezőtlen, hogy építőanyag-igényük nagy, előnyük, hogy építésük egyszerű. A súlytámasztófalak építőanyaga terméskő vagy beton, amelyhez célszerű a helyi előfordulású anyagot felhasználni. Az erdészeti útépitésben ez a típus terjedt el.



1.2-2. ábra. Különböző kialakítású súlytámasztófalak

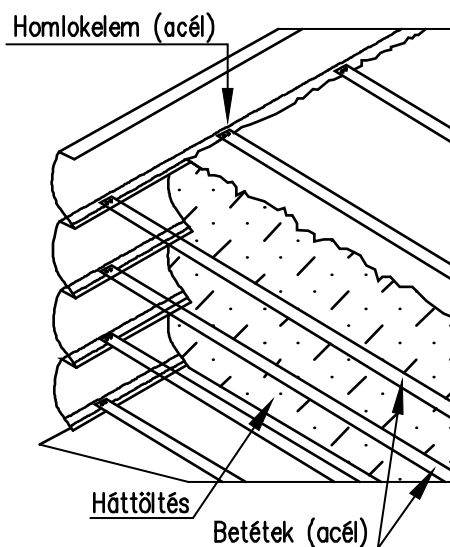
A talpas támasztófal az egyensúly biztosításába bevonja a háttöltés földtömegének talplemez fölött elhelyezkedő részét is (1.2-3. ábra). Ezáltal a támasztófal önsúlya csökkenthető, kevesebb anyag felhasználásával megépíthető. A talplemezben és a falzatban fellépő jelentős hajlító nyomatékból származó húzó igénybevétel miatt csak vasbetonból építhető, aminek az építési költségei magasabbak. Az összetettebb építési mód, a vonatkozó szigorúbb építési elő-

írások szakképzett munkaerőt igényel. A lakott területektől távoli építési helyen a kivitelezésük is bonyolultabb, ezért az erdészeti útépítésben nem terjedtek el.



1.2-3. ábra. Talpas támasztófalak

A háttöltés anyagát teljes mértékben bevonja az állékonyság biztosításába a vasalt talajból épülő támasztófal, a vasalt talajtámfal. A háttöltés talajának anyagszerkezeti tulajdonságát ekkor – a vasbeton elvéhez hasonlóan – a talajba beépített, húzószilárdsággal rendelkező anyagból készült szalagokkal javítjuk meg. Ennek hatására a talaj húzószilárdság felvételére lesz képes, nyírószilárdsága megnő, mechanikai tulajdonságai kedvezőbbé válnak. A betétekhez előregyártott homlokfalelemek csatlakoznak, amelyek megakadályozzák a felület leomlását és erózióját (1.2-4. ábra). A korrózióálló acélbetétekkel együttdolgozó talajtömeg hagyományos töltésépítési módszerrel megépíthető.

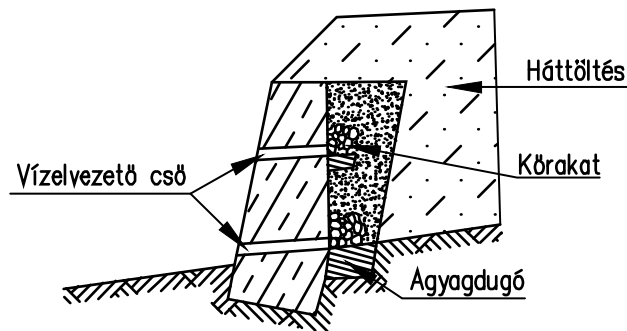


1.2-4. ábra. Vasaltföld támasztófal

Az acélbetétekhez csatlakozó homlokelemek előregyárthatók (acélból vagy vasbetonból) és a helyszínen szerelési munkával összeállíthatók. A folytonos felületet képező homlokfalelemek áttört formában is kialakíthatók. Erdészeti utaknál kedvezően használható az a megoldás, amikor a betétekhez egy, a vízszintessel 60–80 fokos szögben felhajlított acélháló – az úgynevezett zsaluzórács – kapcsolódik. A háttöltés talaját a zsaluzórácsra erősített georács és

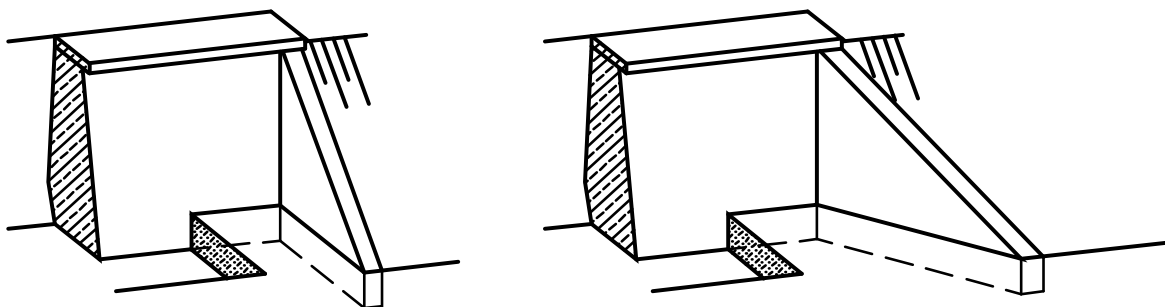
geotextília tartja meg. A homlokfal felületén így a háttöltés talaja jelenik meg, amely növényzettel betelepíthető. A fémbetéteket ekkor georács helyettesíti (georáccsal erősített talajtámfal).

A támasztófalakra jutó káros többletterhelések megakadályozása érdekében fontos a háttöltés szakszerű kialakítása és megépítése. Elsőrendű cél az, hogy a háttöltésbe bejutó vizet a lehető leggyorsabban kivezessük. Ennek érdekében a hátfal és a megtámasztott talaj közé homokos kavics háttöltést kell építeni, amelynek alsó része vízzáró agyagdugóra támaszkodik. A szivárgón leszivárgó és az agyagdugó felületén összegyűlő vizet a falba épített 10–15 cm átmérőjű 3–6% eséssel elhelyezett acélsövekekkel kell elvezetni (1.2-5. ábra). A cső eltömődését a beömlési nyílásnál elhelyezett körakat akadályozza meg. A szivárgót felül vízzáró mag zárja le. Ez megakadályozza, hogy a felszínen lefolyó víz a támfal mögé kerüljön, ami ott káros többletterhelést okozhat.



1.2-5. ábra. Háttöltés kialakítása

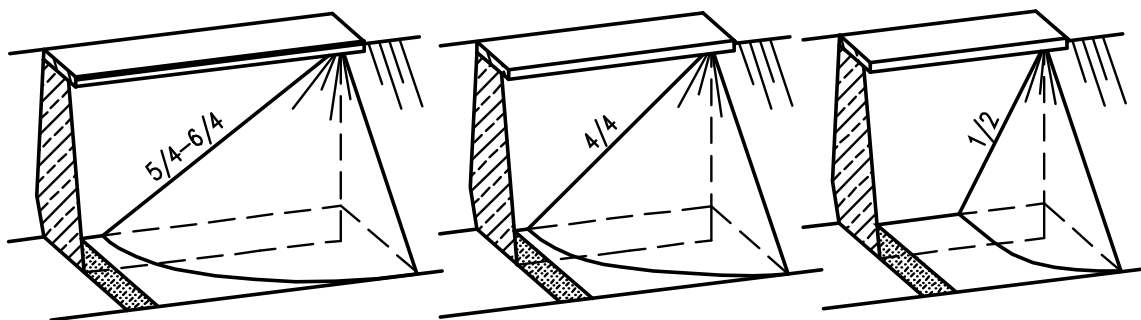
A támasztófalak végeinek csatlakoztatását a földműhöz a támfal magasságának fokozatos csökkentésével, vagy a földmű lezárásával oldhatjuk meg. A földmű lezárására szárnyfalat, vagy töltést lezáró kúpot kell építeni. A szárnyfal anyaga megegyezik a támfal anyagával (1.2-6. ábra).



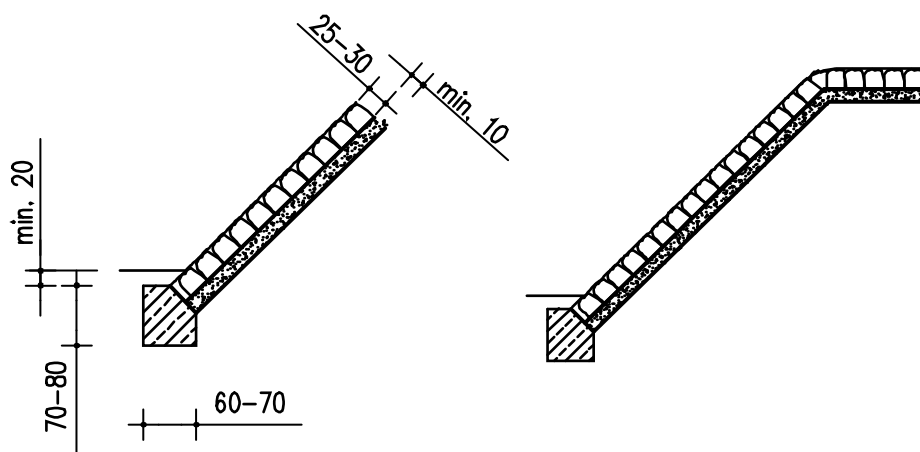
1.2-6. ábra. Támfal és földmű csatlakozása szárnyfallal

A töltést lezáró kúpok kőből, földből és kővel burkolt földből készülhetnek. A földkúp részüje megegyezik a csatlakozó földmű részüjével. A kőkúp részüje a támfalnál 1/2, a burkolt földkúpé 4/4, ami folyamatosan változik úgy, hogy a földmű részüjéhez csatlakozzon (1.2-7. ábra).

A földkúpot jól tömöríthető talajból kell készíteni, 20–25 cm-es rétegekben gondosan tömörítve. A kővel burkolt földkúp burkolata fagyálló kőből készül 25–30 cm vastagságban, 10–15 cm kavics vagy soványbeton ágyazatra rakva. A falazott kőburkolat betonlábazatra támaszkodik, amelyet úgy kell kialakítani, hogy a rézsűben csúszólappal ne alakulhasson ki és az alapozási sík a fagyhatár alá kerüljön (1.2-8. ábra).



1.2-7. ábra. Töltést lezáró kúpok



1.2-8. ábra. Kőburkolatok megtámasztása

A szárazon rakott kőkúp beton vagy falazott kő alapon nyugszik, felülete gondosan hézagolt. Csak kemény, fagyálló kőből készíthető. A 25–30 cm nagyságú kövek úgy felhasználhatók, ahogy a bányából kikerülnek. A különlegesen elhelyezett támasztófalaknak az előbbieken kívül további igényeket is ki kell elégíteni. Patakmederbe épített támfalak környezetében a megváltozott áramlási viszonyok (nagyobb vízsebesség) kimosást idézhetnek elő. Ennek megakadályozására a vízzel érintkező felületet durvább kövekből kell kiképezni.

#### 1.2.1.1. Súlytámasztófalak tervezése

A támasztófalak tervezését az alábbi lépések szerint hajtjuk végre:

- kijelöljük a támasztófal helyét, kiválasztjuk anyagát és szerkezetét,
- meghatározzuk a támasztófal méreteit,
- megállapítjuk a támasztófalra ható erőket,
- ellenőrizzük a támasztófal állékonyságát.

##### 1.2.1.1.1. A támasztófal helye, anyaga és szerkezete.

A támasztófal helyét az útépítés műszaki terve jelöli ki, megadva a támasztófal hosszát, magasságát és az esetleg előforduló egyéb előírásokat, feltételeket.

A súlytámasztófal falazata – szerkezetének megfelelően – betonból vagy terméskőből készül. A beton adalékanyaga célszerűen helyi kitermelésű homokos-kavics és terméskő lehet, kötőanyaga cement. Betonból kavicsbeton vagy kőbeton falazat készülhet. A kőbeton készítésekor a betonba a szerkezet méretének  $\frac{2}{3}$ -ánál kisebb, gondosan letisztított követ – úgynevezett úsztatott követ – ágyazunk be. A felhasznált beton az alapban C4–C6, a falazatban C6–C8

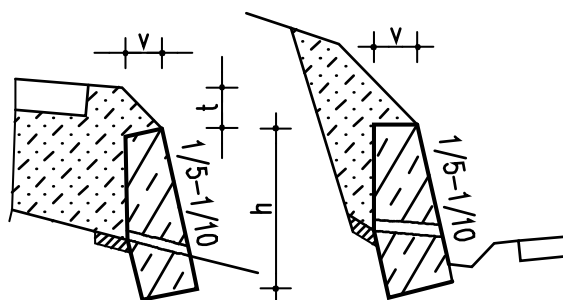
minőségű legyen. A terméskő falazat cementhabarcsba szabálytalanul vagy rétegesen rakott terméskőből épül, amelynek a felületét ki kell hézagolni.

A súlytámasztófalakhoz sorolhatók a máglyafalak, vagy kőszekrényművek. Kialakításuk úgy történik, hogy fából, vagy vasbetonból készített rudakból kaloda épül, amelyet terméskővel töltenek ki. Erdészeti utak mentén kialakított fából készült máglyafalak jól illeszkednek a környezetükbe, élettartamuk azonban viszonylag rövid. A betonelemezből épült máglyafalak hosszabb idő alatt illeszkednek a tájba, de élettartamuk is hosszabb.

#### 1.2.1.1.2. A támasztófal méretei (szerkesztési szabályok)

A támasztófal kiinduló méreteit egyrészt táblázatból választjuk ki, másrészt a szerkesztési szabályok figyelembevételével elvégzett szerkesztésből kapjuk.

A súlytámasztófalak koronaszélessége ( $v$ ) a falazat ( $h$ ) és a túltöltés ( $t$ ) magasságának ismeretében táblázatból választható ki (1.2-1. táblázat, 1.2-9. ábra). A támasztófal homlokfalának dőlése  $1/5$ . A hátfal szokásos kialakítása törtvonalú: a koronától induló felső,  $0,7h$  magasságú szakaszon függőleges, ez alatt párhuzamos a homlokfallal. A támasztófal alapsíkját minimálisan a fagyhatár alá kell helyezni, vízszintesen vagy a homlokfalra merőlegesen. A korona síkja a támfalnál merőleges a homlokfalra, bélésfalnál vízszintes.



1.2-9. ábra. Támfal és bélésfal szerkesztési szabályai

Falmagasság (m)	Koronaszélesség (m), ha a túltöltés (m)			
	1	2	3	4
Támfal				
1	0,60	0,60	0,60	0,60
2	0,65	0,70	0,70	0,75
3	0,79	0,86	0,92	0,98
4	0,98	1,06	1,14	1,21
5	1,17	1,27	1,36	1,44
6	1,36	1,47	1,58	1,67
Bélésfal				
1	0,55	0,55	0,55	0,55
2	0,60	0,60	0,60	0,60
3	0,65	0,65	0,70	0,70
4	0,78	0,79	0,84	0,90
5	0,96	0,98	1,03	1,09
6	1,15	1,17	1,23	1,29

1.2-1. táblázat. Súlytámasztófalak koronaszélessége

### 1.2.1.1.3. A támasztófalra ható erők

A támasztófalra ható erők:

- a falazat önsúlya ( $G$ ),
- az aktív földnyomás ( $E_a$ ),
- az állandó és esetleges hasznos terhelések,
- a járulékos hatásokból származó erők.

Az erőknek 1 folyóméter hosszú falazatsávra eső részét vesszük figyelembe, és az ellenőrzéseket is ilyen hosszú falazatra végezzük el.

A falazat önsúlyát a geometriai méretek és a falazat anyagára vonatkozó halomsűrűségek alapján számíthatjuk ki (1.2-2. táblázat). A falazatra ható aktív földnyomás nagyságát a talajmechanikából ismert módon határozzuk meg. Az állandó és esetleges hasznos terheléseket (pályaszerkezet, gépjármű, stb. súlya) az adott esetnek megfelelően kell figyelembe venni.

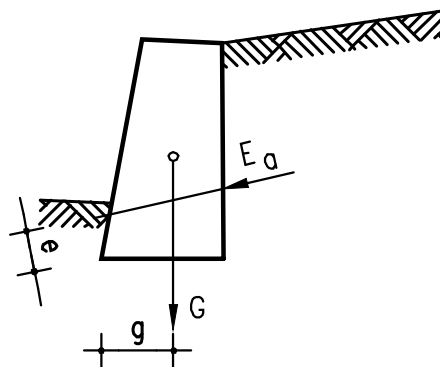
Falazat minősége	t/beépített m <sup>3</sup>
falazótégla javított habarcsban	1,60
réteges terméskő fal cementhabarcsba rakva:	
- homokkőből	2,20
- mészkőből	2,60
- gránitból	2,70
- kavicsbetonból	2,20
- zúzottkőbetonból	2,30
vasbeton	2,40

1.2-2. táblázat. Falazati anyagok halomsűrűsége

### 1.2.1.1.4. A támasztófal állékonyságának ellenőrzése

A támasztófal állékonyságának ellenőrzésekor meg kell vizsgálni, hogy a falazat stabilitása megfelelő-e, továbbá hogy sem a falazatban, sem az alaptest alatt a megengedettnél nagyobb feszültségek nem lépnek-e fel. Ezek alapján a támfalat ellenőrizni kell billenésre, elcsúszásra, kifordulásra, valamint a falazatban és az alap alatt ébredő feszültségekre.

A támasztófal billenése az első sarokpont körül következik be. Az egyensúly feltétele, hogy a falazatra ható erők e pontra számított forgatónyomatékainak algebrai összege zérus legyen (1.2-10. ábra).



1.2-10. ábra. Stabilitási vizsgálat billenésre

A biztonság:

$$\beta = \frac{G \cdot g}{E_a \cdot e}$$

ahol:  $g$  = az önsúly erőkarja

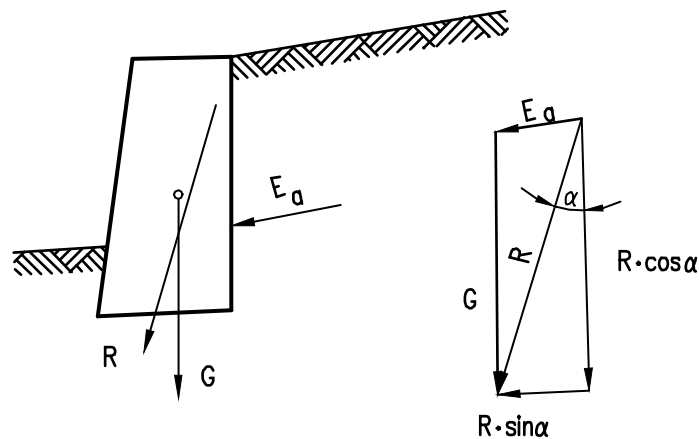
$e$  = az aktív földnyomás erőkarja

$G$  = önsúly

$E_a$  = aktív földnyomás

A biztonság megfelelő, ha  $\beta \geq 2,0$ .

A támasztófal elcsúszása az alapsíkon következik be. Az egyensúly feltétele, hogy a súrlódó erő egyenlő legyen az eredő erő csúszási síkkal párhuzamos komponensével (1.2-11. ábra).



1.2-11. ábra. Stabilitási vizsgálat elcsúszásra

A biztonság:

$$\beta = \frac{R \cdot \cos \alpha \cdot f}{R \cdot \sin \alpha}$$

ahol:  $f$  = a súrlódási együttható ( $\tan \varphi$ )

$\varphi = 26^\circ \approx 30^\circ$  terméskőfalazaton belül

$\varphi = 22^\circ$  falazat és homok között

$\varphi = 11^\circ$  falazat és nedves agyag között

A falazat elcsúszás szempontjából megfelel, ha  $\beta > 1,5$ .

A támasztófal kifordulása akkor következik be, amikor a falazat a földmű egy részével együtt a falazat alatt kialakuló csúszólapon lecsúszik. A csúszólap alakját itt is körnek tételezzük fel. Az egyensúly feltétele, hogy a csúszólap középpontjára számított nyomatékok algebrai összege zérus legyen (1.8-12. ábra).

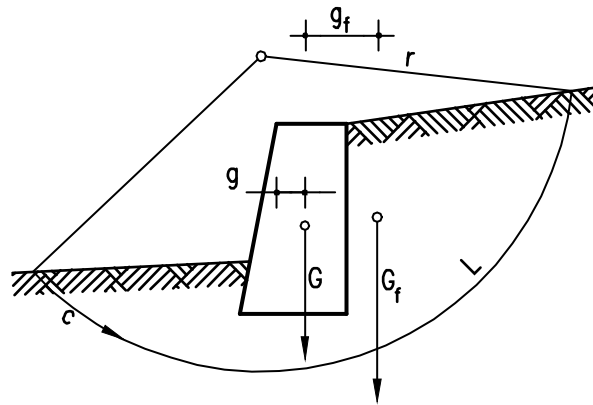
A biztonság:

$$\beta = \frac{c \cdot L \cdot r}{G \cdot g + G_f \cdot g_f}$$



ahol:  $c$  = a kohézió  
 $L$  = a csúszólap hossza  
 $r$  = a kör csúszólap sugara

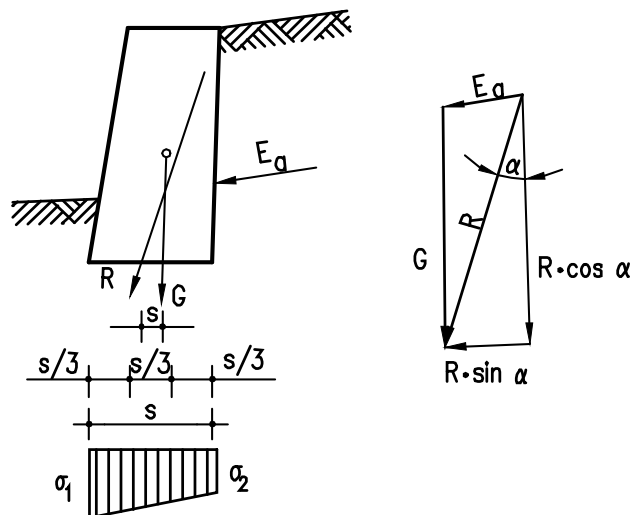
A biztonság megfelel, ha  $\beta > 1,5$ .



1.2-12. ábra. Stabilitási vizsgálat kifordításra

A feszültségek ellenőrzésekor meg kell vizsgálni, hogy a falazatban és a talajban nem lép-e fel meg nem engedett, vagy a megengedett feszültségnél nagyobb feszültség. A feszültségek ellenőrzéséhez a falazatot szelvényekre kell bontani és minden szelvényre a vizsgálatot el kell végezni. Így bizonyítható, hogy az előbbi feltételek a falazatban a falazat teljes magasságában, valamint az alapozási síkban egyaránt kielégítettek. A vizsgálatok menetét az alapsíkra vonatkoztatva mutatjuk be, amelynek alapján minden más szelvényben is elvégezhető az ellenőrzés.

A falazatra ható erők eredője ferde terhelésként jelentkezik, dőléspontja az alapsíkon különösen hat (1.2-13. ábra).



1.2-13. ábra. Feszültségek ellenőrzése

A külpontos terhelés hatására a vizsgált síkban fellépő feszültségek:

$$\sigma_1 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 + \frac{e \cdot s}{K}\right)$$

illetve:

$$\sigma_2 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 - \frac{e \cdot s}{K}\right)$$

ahol:  $s$  = az alap szélessége

$e$  = az excentricitás nagysága

$K$  = a keresztmetszeti tényező, amelynek értéke az 1 m széles falazatsáv esetén:

$$K = \frac{1 \cdot s^2}{6}$$

A feszültségeket ezzel kifejezve:

$$\sigma_1 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 + \frac{6e}{s}\right)$$

illetve:

$$\sigma_2 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 - \frac{6e}{s}\right)$$

A két feszültség közül a nagyobbik ( $\sigma_1$ ) értéke nem haladhatja meg a talajra, illetve a falazat anyagára megengedett feszültség értékét.

$$\sigma_{meg} \geq \sigma_1$$

A súlytámfalak anyaga (beton, kő) és szerkezete húzófeszültség felvételére alkalmatlan. Meg kell ezért vizsgálni azt is, hogy a falazat anyagára nézve káros húzófeszültség nem lép-e fel a falazat különböző szelvényeiben. Az excentricitás növelésével  $\sigma_1$  értéke nő,  $\sigma_2$  értéke csökken. Elérhetünk egy olyan határállapotot, mikor  $\sigma_2$  értéke zérus lesz. A külpontosság további növelésével a feszültség negatív előjelűvé, tehát húzófeszültséggé válik. A maximális külpontosság feltétele tehát:

$$\sigma_2 = 0 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 - \frac{6 \cdot e_{max}}{s}\right)$$

amelyből kifejezhető:

$$e_{max} = \pm \frac{s}{6}$$

ami azt jelenti, hogy az eredő dőféspontjának a belső harmadba, a magszelvénybe kell esni.

Az ellenőrzések elvégzése után, ha az előírt feltételeket kielégítettük, a falazat méreteit elfogadhatjuk; egyébként a méreteket célszerűen meg kell változtatni úgy, hogy a falazat állékony legyen.

Az elcsúszás elleni biztonságot nem célszerű a falazat méreteinek megváltoztatásával – az önsúly növelésével együtt járó függőleges eredőkomponens növelésével – megteremteni, ha csupán ebből az egy szempontból nem biztosított a falazat állékonyasága. A megfelelő biztonság elérhető ferde alapozási sík, vagy fogazás kialakításával (1.2-14. ábra.) A fog az alapsíkra

szimmetrikus, a fogak oldalai egymásra merőlegesek legyenek, a maximális fogmagasság 1,0 m lehet. A fog hosszabb oldala a vízszintessel legfeljebb:

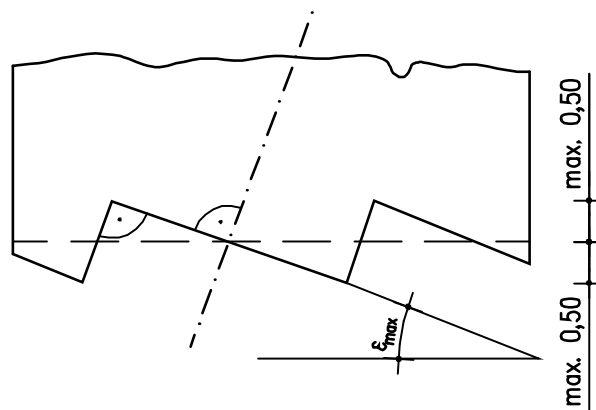
$$\operatorname{tg} \varepsilon_{\max} = \frac{R_v}{R_f}$$

szöveget zárhat be. (Ekkor a hosszabb oldal merőleges az eredőre.) A fogazásból adódó új súrlódási együttható:

$$\mu' = \frac{\mu + \operatorname{tg} \varepsilon}{1 - \mu \cdot \operatorname{tg} \varepsilon} \text{ de max. } 1,0$$

ahol:  $\mu$  = az eredeti súrlódási együttható.

Az új súrlódási együtthatóval az ellenőrzést újra el kell végezni, de 1,0-nél nagyobb értéket nem szabad figyelembe venni.



1.2-14. ábra. Fogazás kialakítása

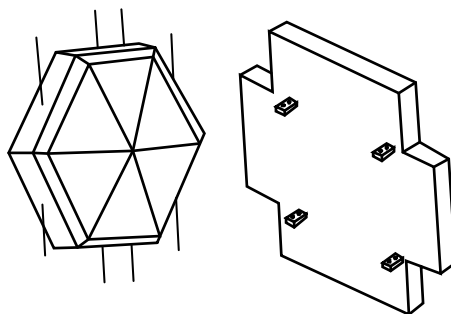
### 1.2.1.2. Vasalt talajtámfal tervezése

A vasalt talaj felhasználásával készülő támfalakat az erdészeti utaknál célszerűen lehet alkalmazni az előregyártásból és az egyszerű építési módból (szerelés és földmű építés jellegű) származó előnyök, valamint rugalmassága miatt, amellyel a környezethez és a természethez jól illeszthető.

A tervezés menete a súlytámfalaknál megismertekhez hasonló, mert ez a szerkezet is az önsúlyával támasztja meg a háttöltés földtömegét.

#### 1.2.1.2.1. A vasalt talajtámfal építőanyagai

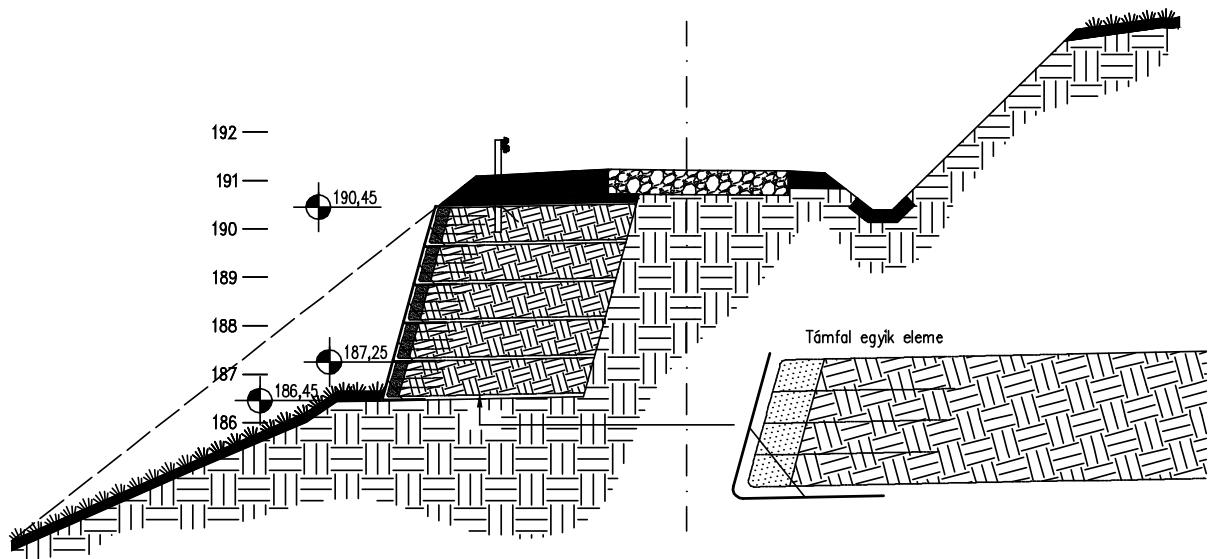
A támfal homlokfalát általában előregyártott vasbeton elemek zárják le, ami változatos falazatkialakítást tesz lehetővé (1.2-15. ábra).



1.2-15. ábra. Vasalt talajtámfal homlokfal elemei

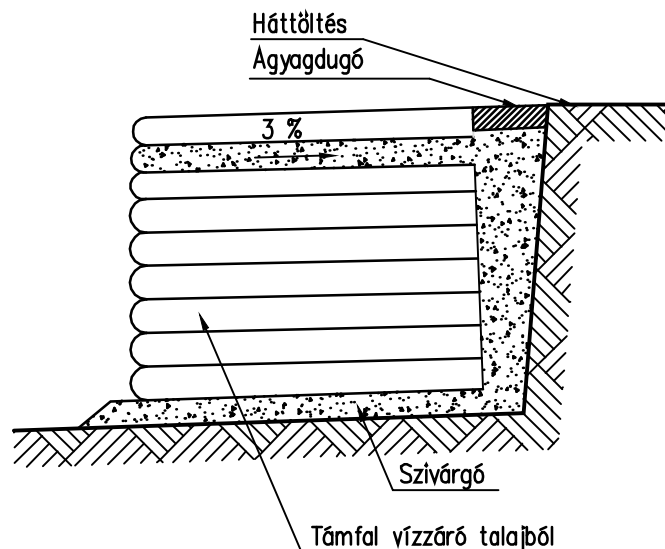
A homlokfalhoz csatlakozó betétek korrózióálló vagy korrózióállóvá tett acélból, alumíniumból, vagy üvegszövettel erősített műnagszalagból készíthetők, de beépíthetők különböző típusú georácsok is. A szalagok szélessége 80–150 mm, vastagsága 1–5 mm között változhat. A georácsok a réteg felületén egyenletesen kiteríthetők.

A természetbe jól illeszkedő, növényzettel könnyen betelepíthető felületeket kapunk, ha a támasztófalat georáccsal erősített falazatként alakítjuk ki (1.2-16. ábra). A szerkezet homlokfalának váza egy 60°–80°-ban felhajlított 0,80–1,00 m magas és ugyanilyen széles acélháló, amelyhez georácsot rögzítenek. A georács alul a támfal szélességéig hársnyúl, elöl felvezetik az acélhálón és ott visszahajtják a következő réteg alján. Az így kialakított homlokfal növényekkel betelepíthető.



1.2-16. ábra. Georáccsal erősített falazat

A hátfal kialakítására vonatkozó különös előírások nincsenek. Amennyiben a támasztófal és a háttöltés a vizet rosszul vezető talajból készül, akkor függőleges és vízszintes szivárgópaplan beépítésével kell a vízszivárgását megakadályozni, vagy az esetleg beszivárgó vizet elvezetni (1.2-17. ábra).



1.2-17. ábra. Szivárgó kialakítása

A vasalt talajtámfal építéséhez azok a talajok használhatók fel, melyek töltés építésére is megfelelnek. A jó tömöríthetőség, az ágyazás és a megfelelő súrlódási szög biztosítása érdekében kedvező, ha a talaj a következő jellemzőkkel bír:

- $d < 0,075$  mm                      15 súly % alatt
- $d < 0,100$  mm                     25 súly % alatt
- $d_{max} = 150$  mm

#### 1.2.1.2.2. A vasalt talajtámfal méretei

A támasztófal hosszát és magasságát elsősorban az útépités igényei határozzák meg. A támasztófal szélessége (mélysége) a talajba benyúló betétek hosszától függ. Ezek a belső stabilitás biztosítása érdekében nem lehetnek rövidebbek a 20%-kal növelt támasztófal magasságánál:

$$l=1,2H$$

ahol:  $l$  = a betét hossza

$H$  = a homlokfal magassága

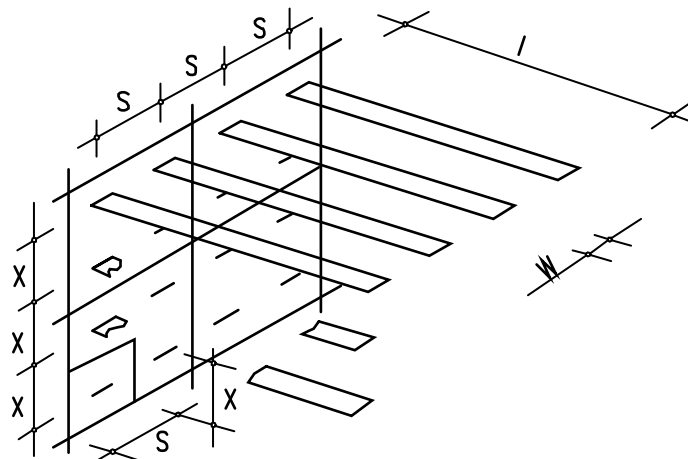
#### 1.2.1.2.3. A támasztófalra ható erők

A vasalt talajtámfalra ható erőket a súlytámasztófalaknál elmondottak szerint kell figyelembe venni és meghatározni.

#### 1.2.1.2.4. A támasztófal állékonyságának ellenőrzése

A vasalt talajtámfalak állékonyságát két alapvető szempont szerint kell vizsgálnunk. A külső állékonyság vizsgálatával bizonyítani kell, hogy a támasztófal rendeltetésének megfelel. Ezek a vizsgálatok azonosak a súlytámasztófalnál ismertetett állékonysági vizsgálatokkal és az ott megismert módon kell azokat elvégezni.

A belső állékonysági vizsgálatnál a támasztófal, illetve a betétek méreteit kell meghatározni. (1.2-18. ábra.)



1.2-18. ábra. Vasalttalaj-támfal jellemző méretei

A betétek hossza, mint ahogy azt már említettük:

$$l=1,2H$$

Az egy betétre ható erő ( $P$ ) nagysága a támasztófal alsó síkjában:

$$P = K_a \cdot H \cdot \gamma \cdot x \cdot s$$

- ahol:  $K_a$  = az aktív földnyomás tényezője  
 $H$  = a támfal magassága  
 $\gamma$  = a háttöltés anyagának térfogatsúlya  
 $x, s$  = a vasbetétek távolsága az 1.2-18. ábra szerint ( $x \cdot s$  az egy betéthez tartozó homloklap felület)

A betét szélességét ( $w$ ) kihúzóadás ellen kell méretezni:

$$w = \mu_f \frac{P}{2 \cdot H \cdot \gamma \cdot f \cdot l}$$

- ahol:  $\mu_f$  = 1,2 a kihúzóadás elleni biztonsági tényező  
 $f$  = az acél és a talaj közötti súrlódási tényező

A betétek vastagságát ( $d$ ) szakadásra méretezzük:

$$d = \mu_a \cdot \frac{P}{w \delta_{aH}}$$

- ahol:  $\mu_a$  = 1,2 a szakadás elleni biztonsági tényező  
 $\delta_{aH}$  = a betét anyagára megadott határfeszültség

Nem korrózióálló anyag esetében az így kapott vastagságot korróziós taggal kell növelni. A szükséges betét vastagságát így:

$$d_{sz} = d + t \cdot d_t$$

- ahol:  $t$  = a támfal élettartama (általában 50 évre tehető),  
 $d_t$  = az évenkénti korróziós veszteség, amely acélnál 0,15–0,20 mm/év, alumíniumnál 0,003–0,005 mm/év  
 $d_{sz}$  = a betétek szükséges vastagsága

## 1.2.2. Kishidak

### 1.2.2.1. Alapfogalmak

Az utak gyakran kereszteznek olyan akadályokat, amelyeket nem lehet, vagy nem gazdaságos megkerülni, de szintbeni csatlakozásuk sem megengedett. Azokat a műtárgyakat, amelyek utat, vasutat, csatornát vagy vezetéket vezetnek át valamilyen akadály felett, hidaknak nevezzük.

Az erdészeti utak átvezetésére szolgáló hidak általában az utat valamilyen kis vízfolyás felett vezetik át, méretei ennek megfelelően csekélyek. A hidaknak azt a csoportját, amelyek nyílása 2 m-nél kisebb, vagy helyszínen csömöszölt, illetve előregyártott csövekből készülnek, szélességük pedig nagyobb az áthidalt nyílásnál, átereszeknek nevezzük.

A hidakat különböző szempontok szerint osztályozhatjuk:

- rendeltetés szerint lehetnek közúti, vasúti, vagy egyéb (gyalogos, vegyes forgalmú stb.) hidak,
- terhelési fokozat szerint a közúti hidakat A, B vagy C terhelési osztályba sorolják,

- tervezett életkor szerint megkülönböztethetünk állandó és ideiglenes (provizorikus) hidakat,
- a főtartó statikai rendszere szerint gerendahidak, lemezhidak, ívhidak, kerethidak stb. lehetnek,
- a híd építőanyaga szerint megkülönböztetünk fából, acélból, vasbetonból és kőből készült hidakat.

Az osztályozást még további szempontok szerint is lehetne folytatni (keresztmetszeti kép, áthidalt akadály, mozgathatóság stb.), azonban gyakorlatunkban ezekre már nincs szükség.

A saját építésű hidak szerkezetének és építőanyagának megválasztásánál figyelemmel kell lenni arra, hogy az erdészeti építkezéseknél kevés gyakorlott munkaerővel rendelkezünk, ezért a legegyszerűbb megoldások mellett célszerű dönteni. Régen, mikor a fa volt a legolcsóbb építőanyag, az erdészeti gyakorlatban főleg fahidak épültek. A fahidak építése visszaszorult. Akkor azonban, amikor a híd megjelenése azt megkívánja, tájba illően ma is indokolt lehet építésük, különösen parkerdei utak, illetve földutak, esetenként burkolt utak átvezetésénél is.

A hidak tervezését műszaki előírások alapján kell elvégezni, ezek szinte minden tervezői lépésről valamint a tervezés és építés összehangolásáról rendelkeznek. (Korábban ezeket Közüti Hídszabályzatnak, Vasúti Hídszabályzatnak nevezték) Az erdészeti gyakorlatban épülő hidak tervezését és építését a közutakra érvényes műszaki előírások alapján kell végezni.

#### *1.2.2.1.1. A híd szerkezeti elemei*

A hidak fő szerkezeti egységei:

- az alépítmény,
- a felszerkezet,
- az alátámasztások és
- hídtartozékok.

Az alépítményhez soroljuk a hídfőket és pillérek. Ezek feladata a felszerkezet terheinek továbbítása a talajra. A hídfő az előbbieken kívül biztosítja a csatlakozó töltés lezárását is. Az erdészeti hidak jellemzően keskeny akadályokat hidálnak át, ezért pillérekkel nem szükséges a felszerkezetet alátámasztani, vagyis hídjaink zöme egynyílású.

A hídfő szokásos elrendezése: alaptest, felmenőfalazat a szerkezeti gerendával és a szárnyfalakkal, amelyekhez töltést lezáró kúpok csatlakoznak.

A felszerkezetet általában két részre oszthatjuk: pályaszerkezetre és főtartóra. A pályaszerkezet a tulajdonképpeni hídpálya a felépítményekkel és a burkolatokkal, amely a forgalom lebonyolítására szolgál. A pályatartók a pályaszerkezet és a főtartó közötti kapcsolatot biztosítják. A főtartószerkezet maga a főtartó, a csatlakozó és egyéb merevítésre szolgáló segédszerkezetekkel (szélrács, keresztötések stb.) együtt. Gyakran ezek a szerkezeti részek nem különülnek el, mert a különböző feladatokat egyszerre látják el (pl.: a monolit vasbeton hidaknál).

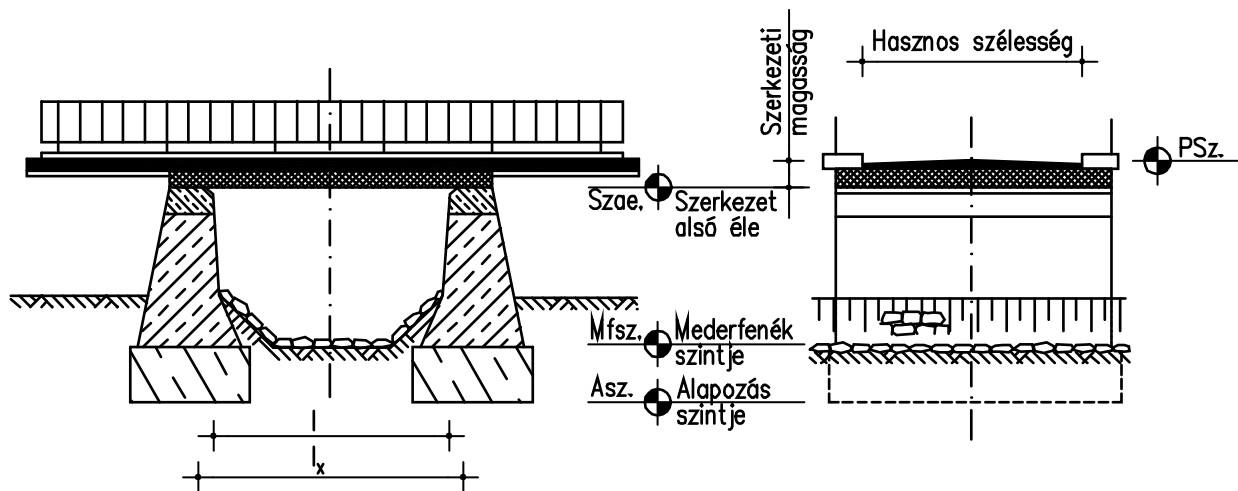
Az alátámasztások a felszerkezetre ható terhelőerőket közvetítik az alépítményre. Ezek a főtartót alátámasztó saruk, csuklók, íngák. Kialakításuknál fogva ezek teszik lehetővé a főtartó szabad elfordulását, illetve hosszirányú méretváltozását.

Hídtartozékok azok a szerkezetek, amelyek szegélyezési, pályalezárási, víztelenítési és különféle védelmi feladatokat látnak el. Ide soroljuk például a korlátokat, kerékhárítókat, víznyelőket stb.

### 1.2.2.1.2. A híd jellemző adatok

A hidakat különböző méreteik jellemezik (1.2-19. ábra):

- A hídnílás vagy szabad nyílás ( $l$ ) a hídfők homloklapjai, illetve a pillérek oldalfelületei között, közvetlenül az alátámasztások alatt mért hossz,
- A támaszköz ( $l_x$ ) a saruk elméleti támaszpontjai között mért hossz. Lemezhidaknál, ahol a főtartó közvetlenül a hídfőre fekszik az 5%-kal növelt hídnílás, amelybe a le-sarkítást is be kell számítani.



1.2-19. ábra. Híd jellemző adatok

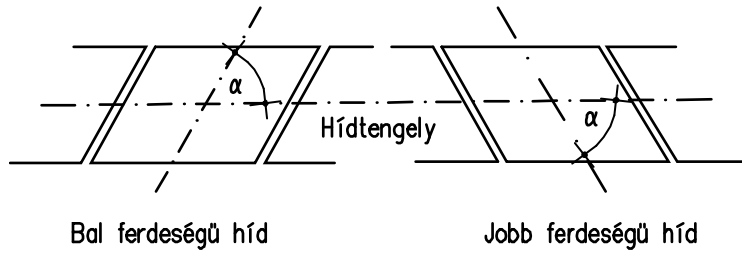
- A hasznos szélesség ( $l_h$ ) a kiemelt szegélyek, vagy ha ilyen nincs, a korlátok közötti távolság. Amennyiben nincs korlát a hídon, akkor a híd 50-50 cm-rel csökkentett szélessége tekinthető hasznos szélességnek.
- A pályaszint: a hídpálya tengelyének hídközépen mért abszolút magassága.
- A szerkezeti magasság az a függőleges távolság, amelyet a pályaszint és a szerkezet alsó éle között mérhetünk.
- A hídtengely és az áthidalt akadály tengelye által bezárt szög ( $\alpha$ ), amelynek alapján megkülönböztetünk merőleges híd ( $\alpha = 90^\circ$ ) és ferde híd. (A ferdeségre jellemző hegyesszög  $\alpha < 90^\circ$ ). A ferde hidak lehetnek jobb és bal ferdeségűek, aszerint, hogy a hídtengely irányába nézve a híd jobb, illetve bal oldala van előretolva (1.2-20. ábra). Ferde hidaknál a hídnílást az akadály tengelyére merőlegesen mérjük. A támaszközre két értéket szokás megadni:

Ferde támaszköz a híd hossz tengelye irányában mért támaszköz,

Merőleges támaszköz az alátámasztásra merőlegesen mért támaszköz.

- Alaprajzi elrendezés szempontjából megkülönböztetünk egyenes tengelyű és íves hidakat. Íves hidaknál az ív vízszintes síkú görbületi sugarát meg kell adni.
- A híd neve az egyértelmű azonosítást segíti elő. Ennek tartalmazni kell a híd közlekedési útvonalon pontosan rögzített helyét, valamint utalni kell az áthidalt akadály földrajzi megnevezésére is. Ezért meg kell jelölni a községet, az utat, a híd középpontjának szelvényezési értékét, továbbá az áthidalt akadály nevét.
- A híd tengelyei közül az átvezetett létesítmény tengelyével egybeeső az  $x$ , a másik az  $y$  tengely.



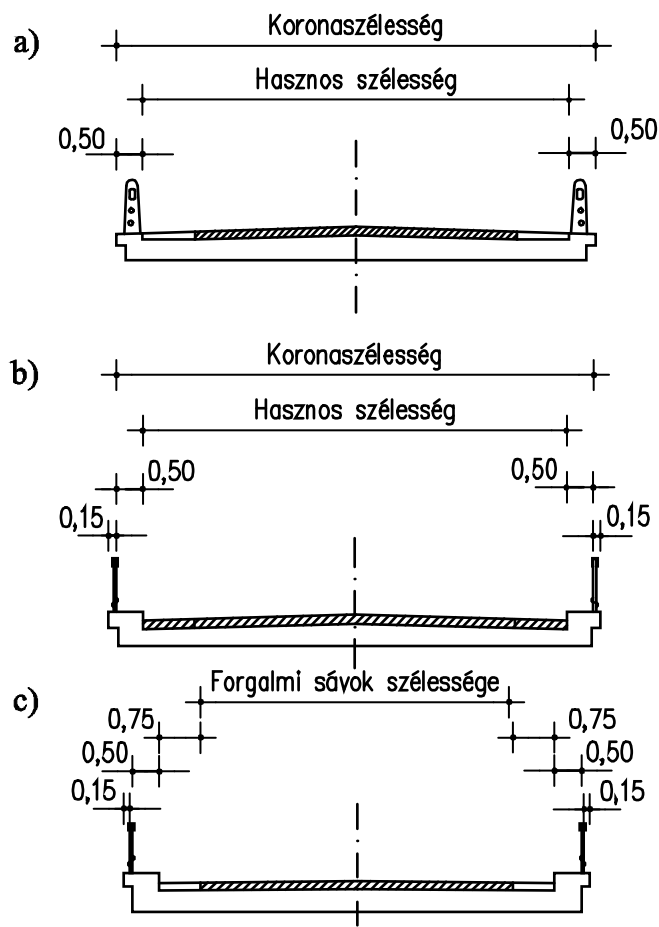


1.2-20. ábra. Ferde hidak értelmezése

### 1.2.2.2. Hídpályák kialakítása

A hídpályák méretei és vonalvezetése alkalmazkodjon a csatlakozó út méreteihez, magassági és vízszintes vonalvezetéséhez.

A hídpálya szélességét a csatlakozó út szélessége határozza meg. Arra kell törekedni, hogy a híd kocspálya szélessége a csatlakozó út burkolatszélességénél nagyobb legyen. Ezen kívül a híd keresztmetszeti kialakítása és elrendezése a szerkezeti hosszától ( $l$ ), a pályaszint és az áthírdalt akadály legmélyebb pontja közti magasságkülönbségétől ( $m$ ), valamint az út vízszintes sugarától ( $R$ ) is függ (1.2-21. ábra).

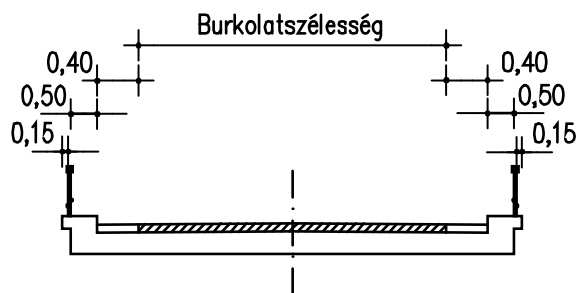


a) külsőségben, ha  $l \leq 10,0$  m;  $h \leq 4,0$  m és  $R > 200$  m

b) külsőségben, ha  $10,0 < l \leq 20,0$  m vagy  $l \leq 10,0$  m és  $h > 4,0$  m vagy  $R < 200$  m

c) külsőségben, ha  $l > 20,0$  m.

1.2-21. ábra. Keresztmetszet kialakítása a műszaki előírás szerint



1.2-22. ábra. Erdészeti utak hídjainak keresztmetszete

A főtartó szerkezeti szélességét (a szélső főtartók külső síkja között mért távolságot, illetve a főtartó lemez szélességét) két méret egybevetésével kell meghatározni. A két méret közül a nagyobbat kell a főtartó minimális szerkezeti szélességének választani:

$$l_{ymin} = l_h + 2t$$

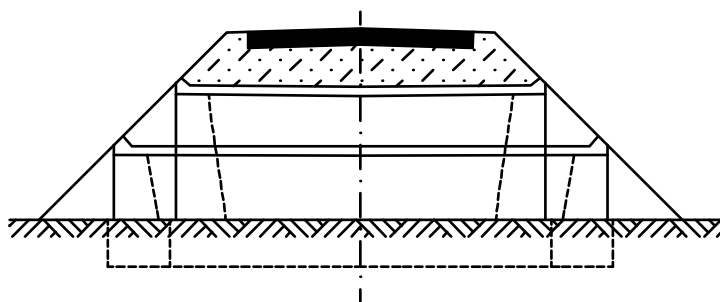
illetve:

$$l_{ymin} = K$$

- ahol:  $l_{ymin}$  = a főtartó minimális szerkezeti szélessége  
 $l_h$  = a hasznos szélesség  
 $t$  = a hídtartozékok elhelyezésére szolgáló többlet szélesség  
 $K$  = az út koronaszélessége

A híd szélességét további tényezők is befolyásolják.

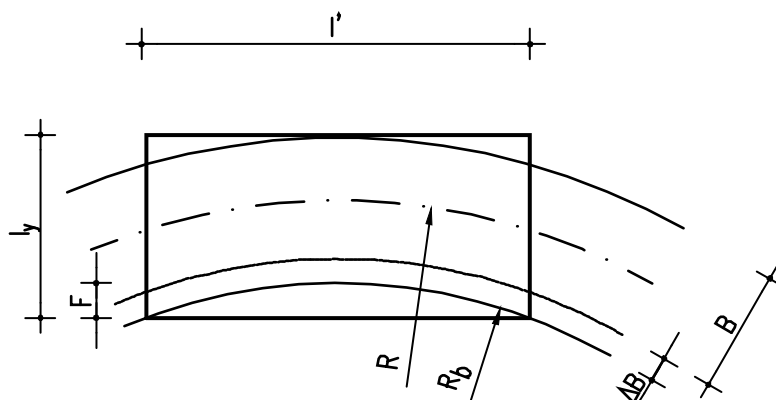
A hídon és átérészen átvezethető az út burkolata önmagában, vagy a burkolat a töltés egy részével együtt (1.2-23. ábra). Az átvezetett töltésrészt túltöltésnek nevezzük. A töltési rézsűk miatt kialakuló szélességi növekedést ebben az esetben figyelembe kell venni.



1.2-23. ábra. Túltöltés

A túltöltés lehetővé teszi, hogy keskenyebb, de magas, vagy szélesebb, de alacsony szerkezetet hozzunk létre. A két megoldás közül azt célszerű megvalósítani, amelyik kisebb falazatmennyiséggel biztosítja a szükséges vízátbocsátó keresztmetszetet.

Az íves útszakaszra kerülő hidakat célszerű úgy kialakítani, hogy a híd tengelye egyenes legyen. Ekkor a híd szélességét úgy kell megállapítani, hogy az ívdarab – a koronaszélesség, sugár és szélesítés figyelembevételével – a hídon elférjen (1.2-24. ábra).



1.2-24. ábra. Ívben fekvő híd szélessége

Az ívben fekvő híd minimális hasznos szélessége ekkor:

$$l_h = B + \Delta B + 2 \cdot k + F$$

ahol:  $B$  = az út burkolatszélessége egyenesben

$\Delta B$  = szélesítés

$k$  = a kiegészítő sáv szélessége, ami erdészeti utak hídjainál 0,40 m

$$F = R_b - \sqrt{R_b^2 - 0,25 \cdot l'^2}$$

$$l' = l + 2K_0$$

$l$  = hídnívó

$K_0$  = hídfő koronaszélessége

A hídpálya burkolata kialakítható tetőszelvény formájúra és egyirányú keresztdőléssel. Fontos, hogy a csatlakozó út és a hídpálya burkolata illeszkedjen egymáshoz. A keresztdőlések a védő, vagy kiegyenlítő beton, illetve a burkolati rétegek kiképzésével alakíthatók ki. Az egyirányú keresztdőlés létrehozható a hídfők koronájának megdöntésével is.

A híd hosszirányú lejtése a csatlakozó út hossz-szelvényébe illeszkedjen. Az út hosszirányú lejtése változatlanul átvezethető a boltozott hidakon, illetve akkor, ha a túltöltés kellő magasságú. A pálya hosszúságát egyébként 3,0~3,5%-ra kell mérsékelni, megakadályozva ezzel a hosszirányú erők túlzott növekedését. A lejtés csökkentését már jóval a híd előtt el kell kezdeni. Függőleges lekerekítőívek beiktatásával elkerülhető, hogy az út magassági vonalvezetésében hirtelen törés következzen be.

A jó vízvezetés érdekében célszerű bizonyos hosszirányú esést kialakítani (beton- és aszfaltburkolatoknál 0,5%). Vízszintes útszakaszokon azonban a tetőszelvény és a víznyelők elhelyezése is biztosítja a megfelelő vízvezetést.

A hídon elhelyezett burkolat fajtáját is a csatlakozó út pályaszerkezete határozza meg. Az út forgalmi sávjainak burkolatát a hídon lehetőleg változatlanul kell átvezetni. Amennyiben az úton nincs burkolat (földút) vagy az nem felel meg az úttervezési előírásoknak, a hídon akkor is megfelelő burkolatot kell elhelyezni. Az eltérő anyagú burkolatok jó csatlakoztatásáról gondoskodni kell. A burkolatok tervezésénél figyelembe kell venni, hogy azok bizonyos minimális vastagság alatt nem készíthetők el. A burkolatokat ezért olyan vastagra kell tervezni, hogy a legvékonyabb részen se legyen ennél a minimális vastagságnál vékonyabb.

### 1.2.2.3. Hídtartozékok

A hídtartozékok védelmi, lezárási és szegélyezési feladatokat látnak el. Ezek közé tartoznak a hidak víztelenítésére és a víz elleni szigetelésre használt szerkezeti elemek, a szegélyezést és pályalezárást biztosító eszközök, a korlátok és a kerékhárítók.

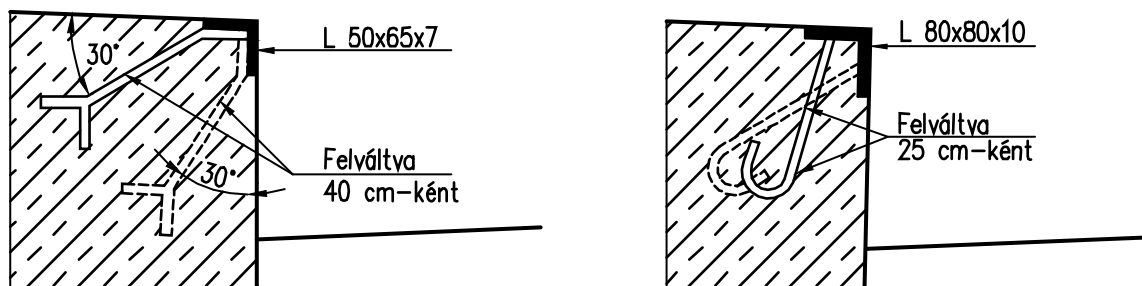
#### 1.2.2.3.1. Pályaszegélyezés és pályacsatlakozás

A pályaszegélyezést és pályacsatlakozást azokon a szabad széleken kell kialakítani, amelyeket az ütések és a fagy repesztő hatásától meg kívánunk védeni.

A gyalogjárdák és kerékhárítók belső, megvédendő élét élvédő idomacél zárja le, amely általában L alakú, 50×65×7 mm minimális méretű idomacél. Ezt a kerékhárítóhoz kampóban végződő, 20–25 cm hosszú, 12–14 mm átmérőjű köracélok kötik. Ezeket az idomacél száraitra 40 cm-ként váltakozva kell felhegeszteni, majd betonozáskor a védendő élen elhelyezni (1.2-25. ábra).

A pályacsatlakozásnál akkor kell lezáró idomacélt elhelyezni, amikor a hídpálya és a csatlakozó út burkolata különböző. A lezáró idomacél L 80–80–10 vagy ehhez közelálló méretű. Beépítése az élvédő idomacélhoz hasonlóan történik.

A pályacsatlakozás elemei a dilatációs szerkezetek is, amelyeket azonban a kisnyílású erdészeti hidaknál nem használjuk.



1.2-25. ábra. Élvédő idomacél és lezáró idomacél elhelyezése

#### 1.2.2.3.2. Hidak víztelenítése és szigetelése

A híd szerkezeti elemeit a víz káros hatásától meg kell védeni. A víz egyrészt az acél korrózióját idézi elő, másrészt a repedésekben megfagyva repesztő hatást fejt ki. Ezek a káros jelenségek a híd élettartamát csökkentik. A nedves felületeken kialakuló mészkiválások, rozsdafoltok esztétikai hatása kedvezőtlen.

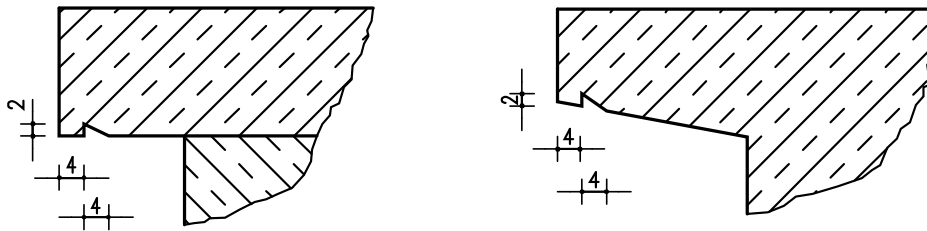
A betonszerkezetek víz elleni védelmének alapja az, hogy a szerkezeteket önmagukban vízzáróvá építjük. A vízzáróságot kellően tömör, repedésmentes beton előállításával érhetjük el. Ez az adalékanyag jó minőségével, a hézagminimumot kielégítő szemszerkezettel, gondos betonozással és utókezeléssel valósítható meg.

Teljes repedésmentesség csak a szerkezeti elemek feszítésével érhető el. Minden esetben, ha a szerkezet feszítés nélkül készül, szabályos szigetelőréteget kell a betonra fektetni, majd a felületeket minden esetben úgy kialakítani, hogy rajtuk a víz ne állhasson meg, elvezetésükről pedig vízvezető berendezéssel kell gondoskodni.

Vízvezető berendezés a csepegő (vízorr), a víznyelő, a vízvezető cső és a folyóka.

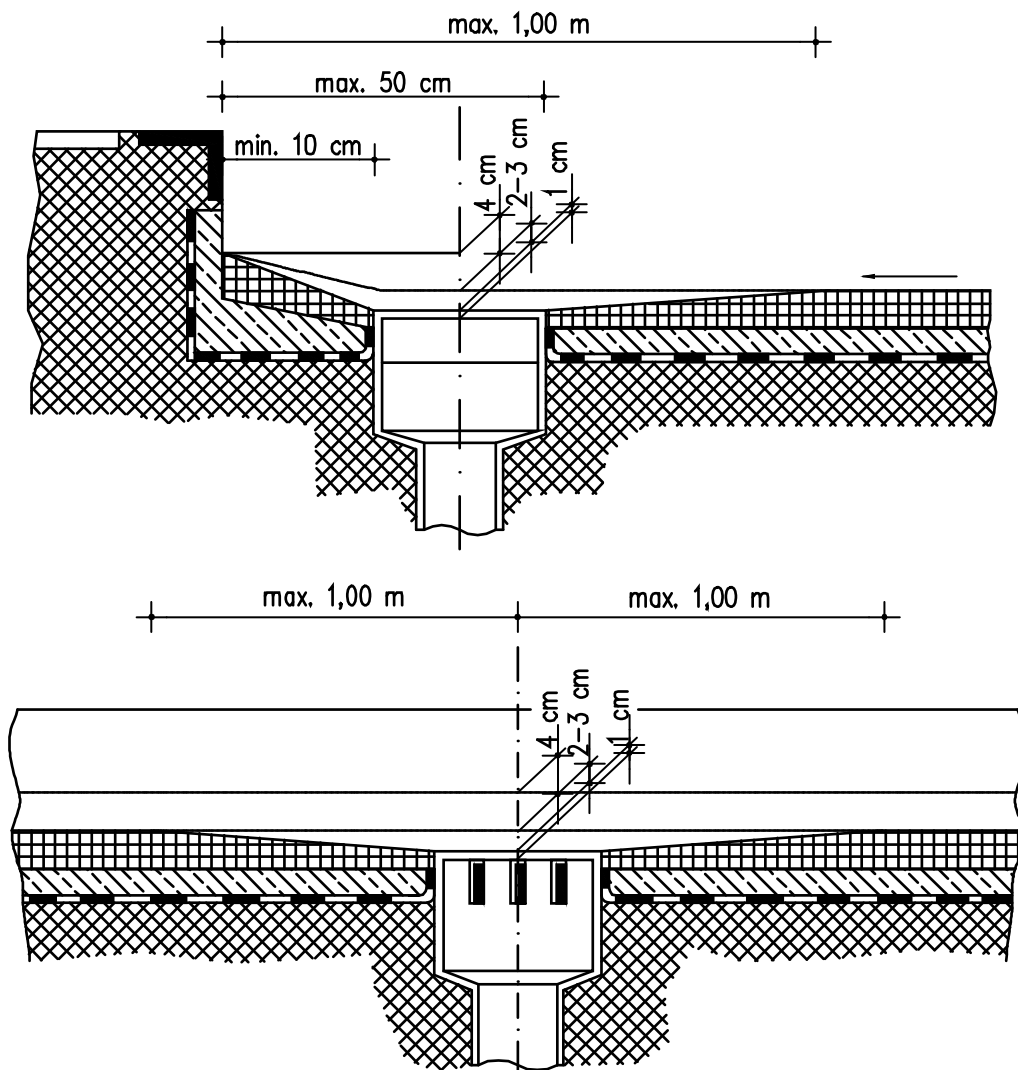
Csepegőt vagy más néven vízorrot azokon a szerkezeti részeken kell kialakítani, ahol a függőleges felülethez vízszintes vagy közel vízszintes felület csatlakozik és a felületeken víz folyásával számolhatunk (kerékhárítók vagy a pályatábla aljának szélén). Ezzel megakadályozzuk,

hogy a függőleges felületekről lefolyó víz a teherhordó szerkezeti részeket elérje. Csepegőt a felület visszaugratásával vagy mélyedés készítésével alakíthatunk ki (1.2-26. ábra).



1.2-26. ábra. Csepegő vagy vízorr

A kiemelt szegély mentén a hídpályáról összegyűlő vizet víznyelő vezet el. A víznyelőt a kiemelt szegélytől 0,50 m széles sávban kell elhelyezni úgy, hogy a kiemelt szegélyt 0,10 m-nél jobban ne közelítse meg. Figyelemmel kell lenni arra is, hogy a víznyelőből kifolyó vizet a szél ne csapja a szerkezetre (a visszaesés szöge a függőlegeshez 45°-nak vehető) és a kicsurgó víz se kerüljön burkolatlan földfelületre. (1.2-27. ábra.)

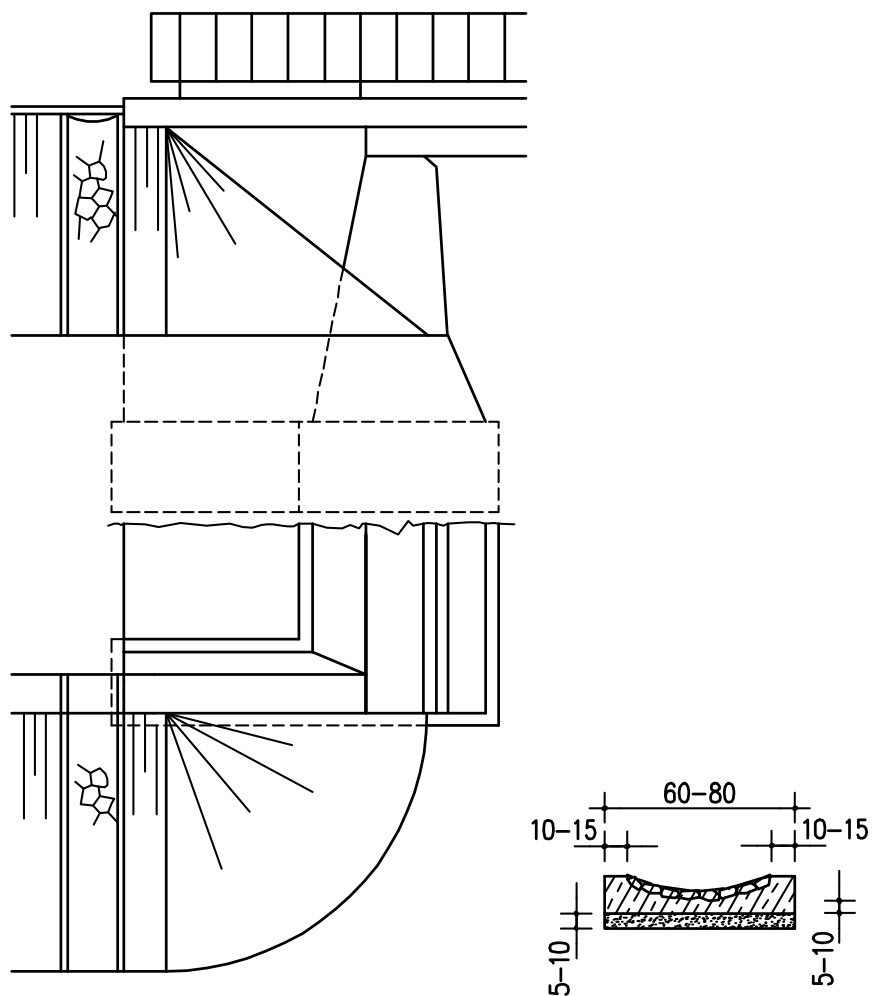


1.2-27. ábra. Víznyelők elhelyezése és kialakítása 0,0–0,1% hosszúsú pályán

A víznyelőt vasráccsal kell ellátni, amelynek nyílása 2,5–3,5 cm nagyságú lehet. A víznyelő-rács teljes felületét úgy kell megállapítani, hogy a vízgyűjtőterület minden  $m^2$ -re  $1,5\text{ cm}^2$  hasznos rácsfelület jusson. A víznyelő tengelyének iránya függőleges vagy ferde, alakja a könnyű tisztíthatóság érdekében lehetőleg mindig egyenes.

A hídfő mögé jutó víz elvezetéséről a hídfőben elhelyezett 10–15 cm átmérőjű 5–10% lejtésű acélcső gondoskodik. A cső a hátfal mögött elhelyezett agyagdugó fölött helyezkedik el, és kőrákat védi az eltömődéstől a támasztófalak háttöltésének víztelenítéséhez hasonlóan (1.2-5. ábra).

A hídpálya és a csatlakozó út felületéről lefolyó vizet a rézsűn kialakított folyóka vezeti el. (1.2-28. ábra). Fontos, hogy a töltés ülepedése, valamint a fagy ne tegye a folyókát használhatatlanná. A folyóka kialakítható helyszíni betonból, előregyártott betonelemből vagy nagy-szilárdságú fagyálló kőből.



1.2-28. ábra. Folyóka

A vízelvezető berendezések tökéletes kialakítása mellett is szivároghat víz a szerkezetbe, amelynek káros hatását a szigetelés akadályozza meg.

A víz elleni szigetelés általában bitumenes mázkból és lemezekből alakítható ki. Ezeket a pályalemezen, valamint a hídfők és szárnyfalak hátfalán kell elhelyezni. A szigeteléssel ellá-

tott felületeket 1–2% eséssel kell kialakítani úgy, hogy a felületek csatlakozásánál éles élek és vápák ne keletkezzenek.

Mázás szigetelésnél először egy hideg alapmázát kell felhordani, majd erre általában két réteg forró fedőmáz kerül. A mázas szigetelés összvastagsága kb. 0,5 mm.

A ragasztott lemezszigetelés bitumenes papírból vagy jutalemezből készül. A hideg alapmázra kerül felváltva a forró ragasztómáz (kb. 1 mm vastag) és a szigetelő lemez (kb. 3 mm vastag). A legfelső lemezt kb. 1,5 mm vastag forró fedőmázzal kell bevonni. A kétrétegű szigetelés teljes vastagsága kb. 1 cm.

A szigeteléseket a mechanikai sérülésektől, a csapadékvízzel való közvetlen érintkezéstől és a deformációtól védőréteg óvja meg. A védőréteg finom szerkezetű beton, amely vékony kiegyenlítő betonrétegen fekszik. A max. 15 mm szemnagyságú adalékanyaghoz min. 180 kg/m<sup>3</sup> portlandcementet kell adni. A függőleges vagy ehhez közelálló felületeken célszerű, illetve szükséges a védőrétegbe egy kb. 3 mm vastag huzalból készült hálót elhelyezni. A cementadagolás ilyenkor min. 250 kg/m<sup>3</sup> legyen. A védőréteg szokásos vastagsága 4 cm.

#### 1.2.2.3.3. Korlátok

Az erdészeti gyakorlatban épülő hidak korlátait lehetőleg a műszaki előírások szerint kell kialakítani és elhelyezni. Ettől eltérni csak úgy szabad, ha a korlát az életvédelmi feladatát továbbra is ellátja.

Nincs külön hídkorlátra szükség, ha a híd szerkezeti hossza kisebb 3 m-nél, az áthidalt akadály legmélyebb pontja feletti magasság kisebb 2 m-nél, és a csatlakozó út vízszintes sugara nagyobb 200 m-nél. Az úton meglévő vagy tervezett korlát ilyenkor változatlanul átvezethető.

A kiemelt szegélyszávon vagy gyalogjárdán acél hídkorlátot célszerű elhelyezni. Az acél hídkorlát magassága a kiemelt szegélyszáv felső síkja felett 0,90 m, a gyalogjárda felső síkja felett 1,00 m. A függőleges osztólécek közei maximum 15 cm, a vízszintes osztólécek közei maximum 20 cm távolságra lehetnek. A lakott területtől távol eső erdészeti hidaknál a vízszintes és függőleges osztólécek távolságát 30 cm-re is tervezhetjük.

Üzemi korlátot ideiglenes hidaknál használunk, amely 90 cm magas és 2 db, egymástól 45 cm-re elhelyezett vízszintes tagból áll, amelyek végeit függőleges tagok kötik össze.

Vasbeton gerenda hídkorlátot alkalmazhatunk 3–10 m közötti szerkezeti hossz és 2–4 m közötti áthidalt magasság mellett. Ez két alsó vízszintes taggal kiegészített közúti vasbetonkorlát lehet.

A korlát végét falazott terméskő oszlop vagy km kő zárja le, ami az esetleges ütközések csillapításával megvédi a korlátot a tönkremeneteltől.

Vasbeton lemezhidak korlátai idomacélból és vasbetonból készülhetnek. Az idomacél korlátokat legalább 3,00 m-ként rögzíteni kell idomacél lábakkal, esetleg terméskőből készült oszloppal. Az idomacél lábakat a kerékhárítóba betonozzák, vagy a kerékhárító külső oldalába betonozott acélkengyelre (Ø 15–20 mm) csavarozzák utólag.

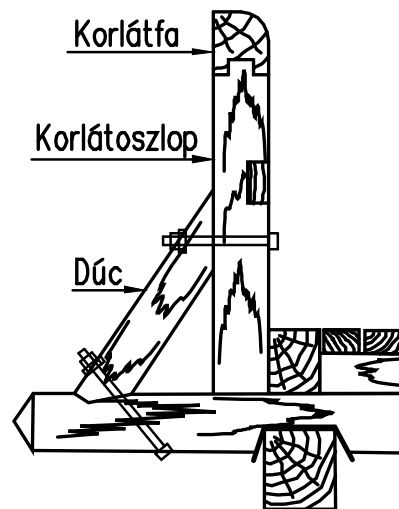
A korlát készítésére alkalmas idomacélok:

rögzítő láb	U 80–45–6
vízszintes tag	L 50–50–5
osztóléc	T 30–30–4
köracél	Ø 15–20

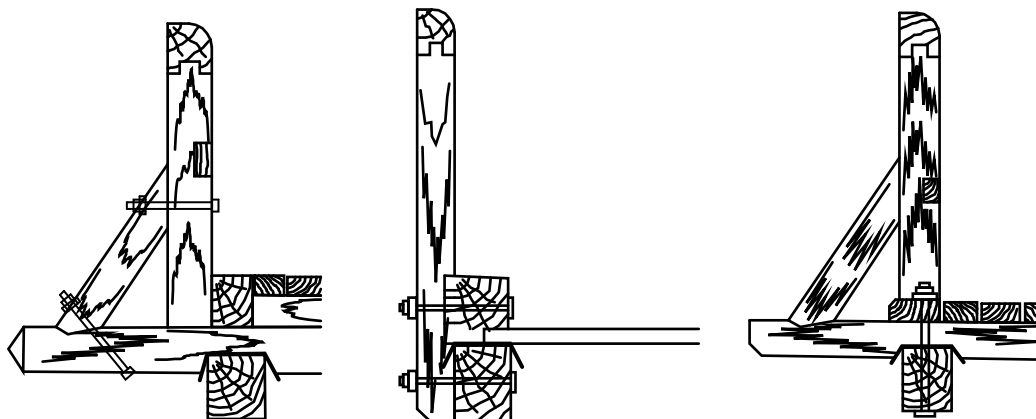
A kötések hegesztéssel vagy szegecseléssel készülhetnek.

Az egyszerű gerendatartós hidak korlátai készülhetnek fából vagy idomacélból. Az idomacél korlátok a vasbeton lemezhidak korlátaival hasonlóak és a szélső tartóhoz rögzítettek.

A fakorlát részei a korlátoszlop, a korlátfa, és a korlát alap (1.2-29. ábra). A korlátoszlopot a dúc támasztja meg. A balesetek megelőzése érdekében a korlátfát le kell gömbölyíteni. Befelé hajló dúcot elhelyezni nem szabad. A leggyakoribb megoldásokat a 1.2-30. ábrán mutatjuk be.



1.2-29. ábra. Fakorlát részei



1.2-30. ábra. Fakorlátok

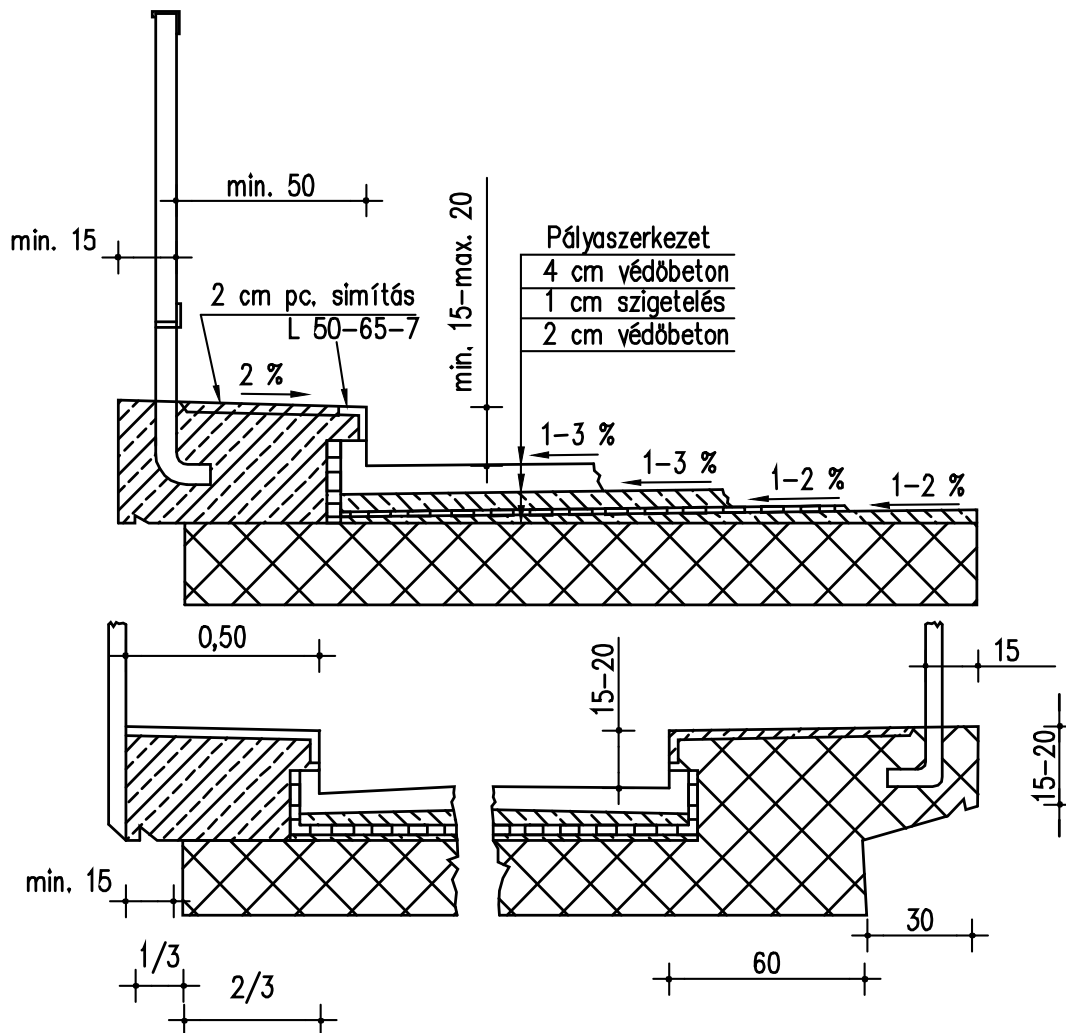
#### 1.2.2.3.4. Kerékhárítók, gyalogjárdák

Állandó jellegű hidakon a korlát belső élétől mérve minimálisan 0,50 m széles kerékhárítót kell elhelyezni. A kerékhárító magassága a kocsi pályája felső szintjétől legalább 0,15 m, legfeljebb 0,20 m legyen. A kerékhárító végigfut a felszerkezeten, a párhuzamos szárnyfalakon a szárnyfal végéig tart.

Vasbeton lemezhidakon a kerékhárítót úgy kell elhelyezni, hogy 2/3 része a lemezen legyen. A túlnyúló rész alsó szélén csepegtőt kell kialakítani. A kerékhárító felső síkját 2 cm portland-



cement simítással kell ellátni, és úgy kiképezni, hogy 1–2%-kal a pálya felé lejtsen (1.2-31. ábra). A kerékhárító betonból készül, amelynek anyaga vagy megegyezik a lemez anyagának minőségével, vagy C8–C12 minőségű. A kerékhárító végét 0,50 m sugarú, vízszintes negyedkörrel kell befejezni, hogy a nekiütköző kerék gumiabroncsát a sérüléstől megvédjük.



1.2-31. ábra. Vasbeton lemezhídon kialakítható kerékhárítók

Egyszerű gerendatartós hidakon kerékhárító és gyalogjáró elhelyezése a kis áthidalt nyílás miatt általában nem szükséges. Néhány alkalmazható megoldást a 1.2-32. ábrán mutatunk be.

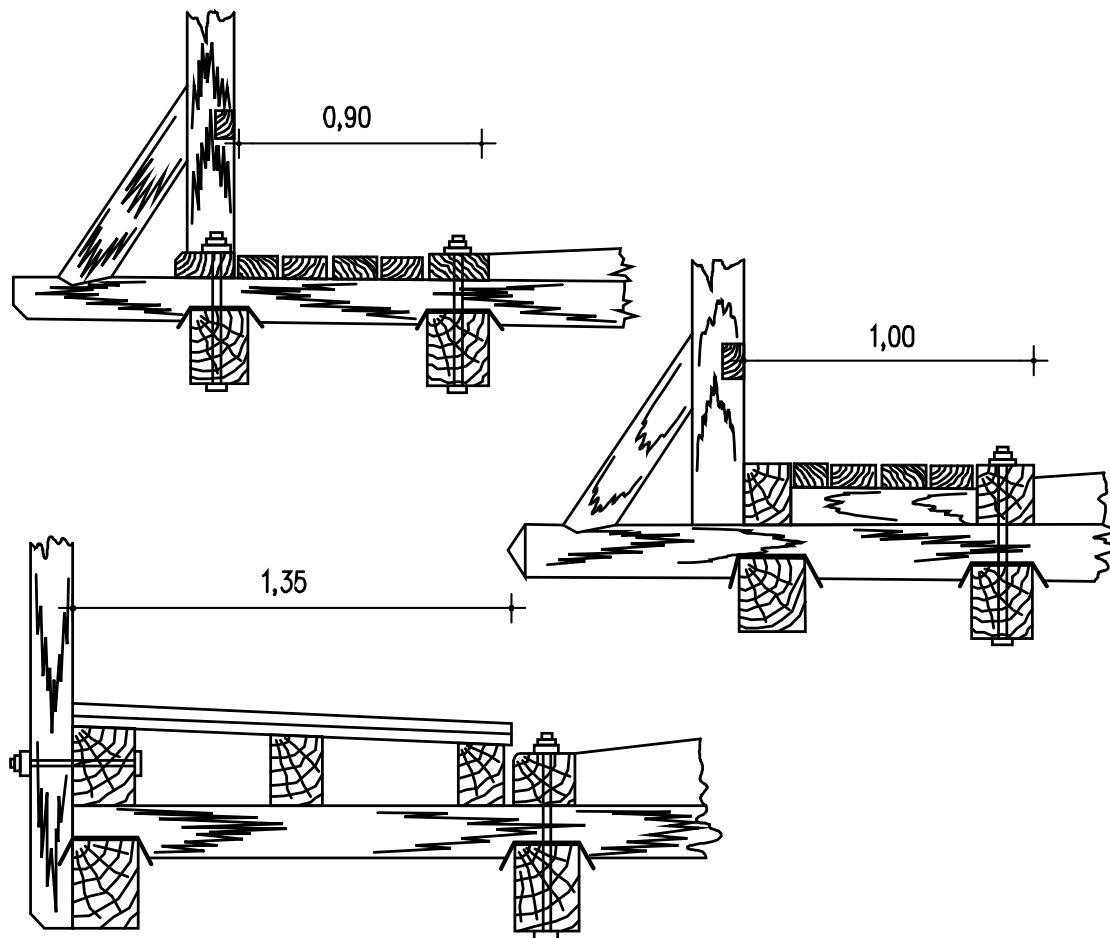
#### 1.2.2.4. Az alépítmény kialakítása

##### 1.2.2.4.1. Hidfők és pillérek

A hídfő feladata a tartószerkezet alátámasztása és a csatlakozó töltés megtámasztása. Ezeket a feladatokat a hídfő a szárnyfalakkal együtt látja el.

Az erdészeti gyakorlatban alkalmazott monolit (helyszínen gyártott) vasbeton lemezhidaknál a súlytámfalszerű elrendezéssel kialakított hídfők terjedtek el. Ezek anyaga beton vagy vasbeton, amelyeket esztétikai okokból terméskővel lehet burkolni. Tisztán terméskőfalat akkor célszerű építeni, ha a helyszínen kemény és fagyálló építési kő található.

A súlytámfalként kialakított hídfő részei az alap és a felmenőfal. A felmenőfal felső része a szerkezeti gerenda. A szárnyfalak a felmenőfalhoz csatlakoznak.



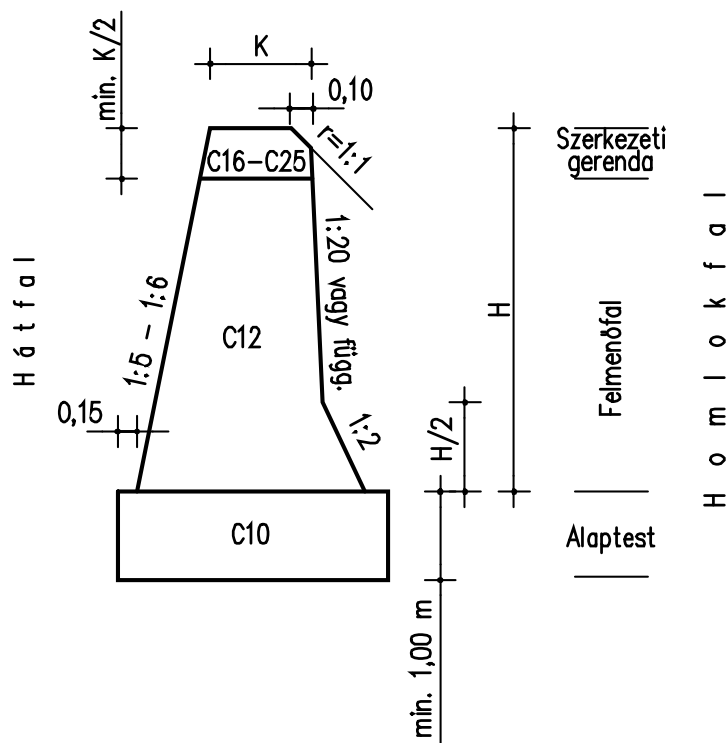
1.2-32. ábra. Gyalogjárók és kerékhárítók kialakítása fahidakon

A hídfő felmenő fala – a szerkezeti gerenda kivételével – C8–C12 betonból készül. A hátfal rézsűje 1/5, 1/6, a homlokfalé 1/20. Három méter magasságig a homlokfal függőleges kialakítású is lehet. A homlokfal alsó negyede 1/2 rézsűvel is kialakítható, ha a méretezésnél erre az erősítésre szükség van (1.2-33. ábra).

A felmenő falat felül a szerkezeti gerenda zárja le. Ez támasztja alá közvetlenül a főtartót és a kisebb szilárdságú felmenőfalra jutó terheket elosztja. Anyaga a lemez anyagával megegyező, de legalább C16–C25 minőségű beton. A szerkezeti gerenda koronaszélességét a hídfő magasságának függvényében kell kiválasztani (1.2-3. táblázat), magassága 0,40–0,60 m, de legalább a koronaszélesség fele.

Azoknál a hidaknál, ahol a főtartó közvetlenül a szerkezeti gerendán nyugszik, annak meder felőli élét 10 cm mélységben 1:1 rézsűvel lesarkítják a szegély letöredezésének megakadályozása érdekében.

A hídfő felmenőfala az alaptesten nyugszik. Anyaga úsztatott beton, amelyet C6 minőségű betonból és max. 30% kőből készítünk. Az alaptest magassága legalább 1,00 m, szélessége a felmenőfal alsó méretét min. 15–15 cm-rel haladja meg. Az alaptestet úgy kell elhelyezni, hogy annak alsó síkja az alapozási előírásoknak megfelelő alapozási síkon, de feltétlenül a fagyhatár alatt legyen.



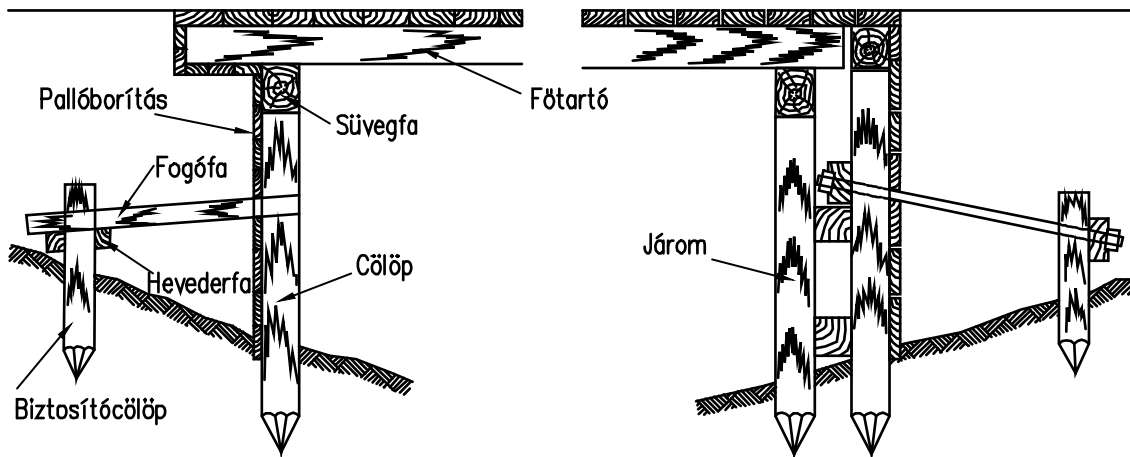
1.2-33. ábra. Súlytámfalszerűen kialakított hídfő

Magasság		Méret	Magasság		Méret	Magasság		Méret
m	cm	$K_0$ m	m	cm	$K_0$ m	m	cm	$K_0$ m
1,00	00	0,60	3,00	00	0,75	5,00	00	0,97
	20	0,60		20	0,77		20	1,00
	40	0,60		40	0,79		40	1,02
	60	0,62		60	0,80		60	1,05
	80	0,64		80	0,82		80	1,08
2,00	00	0,66	4,00	00	0,84	6,00	00	1,10
	20	0,68		20	0,86		20	1,14
	40	0,70		40	0,89		40	1,18
	60	0,72		60	0,92		60	1,21
	80	0,74		80	0,94		80	1,25

1.2-3. táblázat. Irányértékek hídfők koronaszélességének megválasztásához

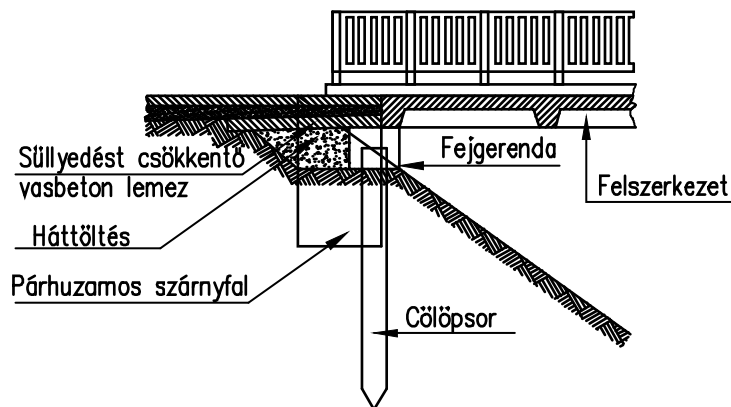
Ideiglenes jelleggel épülő fahidak hídfői fából is készülhetnek (1.2-34. ábra). A hídfő ekkor egyszerű függőleges helyzetű földbe vert cölöpsorból áll, amelyet felül süvegfa zár le. A cölöpöket úgy kell kiosztani, hogy minden tartógerenda alá egy-egy cölöp kerüljön. A cölöpöket a teherbíró talajba 0,50 m mélyen kell levern. A földnyomás kifordító hatása ellen hátsó kihorgonyzással kell védekezni úgy, hogy a földmű csúszólapja mögé biztosító cölöpöket verünk le, amelyekhez cimborakötőként kialakított fogófák kötik a főtartót alátámasztó cölöpöket. A biztosító cölöpöket az együttműködés érdekében hevederfával is össze szokás kötni. A cölöpök mögé pallóborítás kerül, amely megakadályozza a talaj beömlését a híd nyílásába.

Nagyobb terheléseknél két párhuzamos cölöpsort kell építeni. Ezek közül a hátsó, pallóval borított cölöpsor a csatlakozó földmű nyomását, az első pedig a tartók terhelését veszik fel. Az első cölöpsort járomnak nevezik.



1.2-34. ábra. Fahidak hídfői

A hídfők töltést lezáró szerepétől eltekinthetünk, amikor a csatlakozó pályát homlokrézsüvel zárjuk le. Ilyenkor a híd végeit pillérszerű megtámasztással támasztjuk alá (cölöpözött hídfő, rejtett hídfő) (1.2-35. ábra). A megoldás hátránya, hogy a felszerkezet hossza jelentősen megnő, esetleg közbenső alátámasztásra – pillérekre – is szükség lehet. Előnye ennek a megoldásnak, hogy a nagy tömegű helyszínen készülő alépitmény helyett egy előregyártott elemekből felépíthető, földművel takart szerkezet valósítható meg.

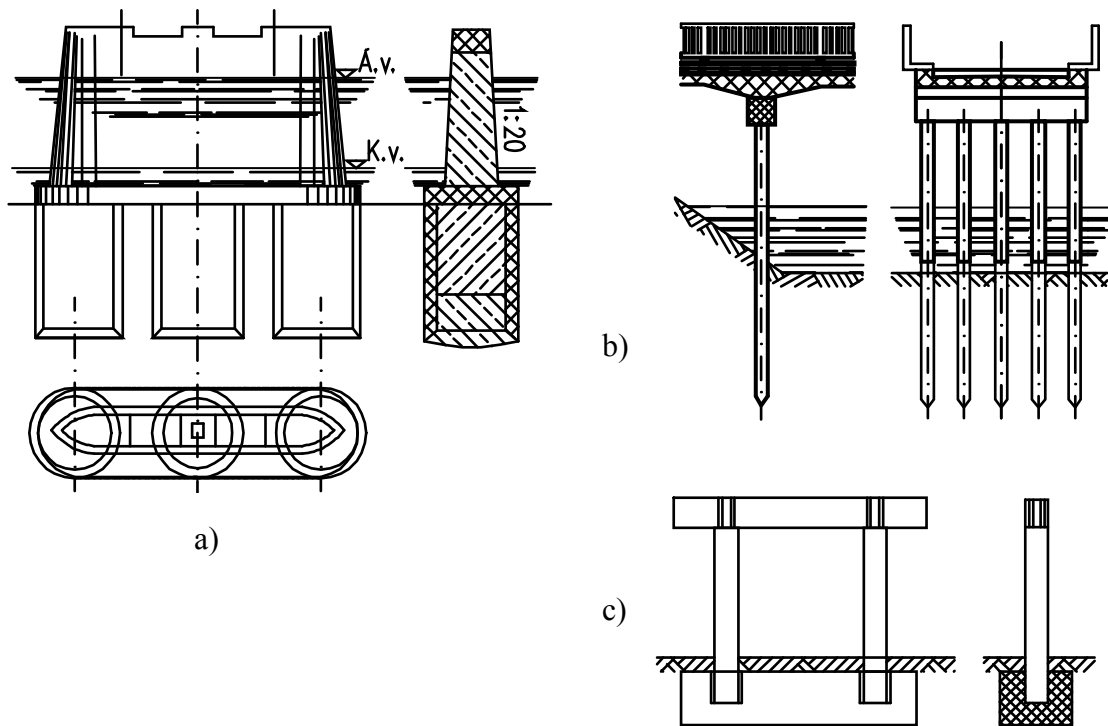


1.2-35. ábra. Rejtett hídfő

A pillérszerűen kialakított hídfő végeredményben cölöpökre épített fejgerenda. Ezek hasonlítanak a fahidak cölöpözött hídfőjéhez. A talajba kerülő cölöpök az előregyártott vagy monolit alap (talpgerenda) kehelyfészkeibe befogott előregyártott vasbeton oszlopok. Felső végüket vasbeton fejgerenda zárja le, amely monolit szerkezet, vagy előregyártott elem lehet. A főtartó erre a fejgerendára támaszkodik.

A hídfők közötti alátámasztás a pillér (1.2-36. ábra). Ezek csak a felszerkezet terheit hordozzák, földnyomás nem hat rájuk. Kialakításukat célszerű a hídfővel összehangolni. Súlytámfal-szerű hídfők közé, hozzájuk hasonló masszív pilléreket építünk, a hídfő anyagával azonos anyagból. A hídfőhöz hasonlóan a pilléreket is felül szerkezeti gerenda zárja le (1.2-36/a. ábra). A pillérek szelvényét úgy kell kialakítani, hogy az a legcsekélyebb duzzasztást idézze elő

a vízfolyásban. A pillér első sodorirányú élét fagyálló terméskőből kell építeni, vagy élvédő szögacéllal kell lezárni, megakadályozva ezzel a mechanikai sérüléseket.



1.2-36. ábra. Pillérek, a) masszív pillér, b) cölöpjámos pillér, c) előregyártott vasbeton pillér

A rejtett hídfők között – különösen, ha jégjárástól nem kell tartani – célszerű cölöpjámos pillérek építeni. Ezek a mederbe levert cölöpök, vagy talpgerendába befogott előregyártott oszlopok, amelyek felső végét előregyártott vagy monolit fejgerenda zárja le (1.2-36/b. c. ábra).

#### 1.2.2.4.2. Szárnyfalak, töltéscsatlakozás

A szárnyfalak az út töltését és annak rézsúját zárják le, illetve támasztják meg. Anyaguk a hídfők felmenőfalának anyagával egyezik meg.

Építhetők az úttengellyel párhuzamosan, arra merőlegesen vagy ferdén. Így beszélünk párhuzamos, merőleges és ferde szárnyfalról (1.2-37. ábra).

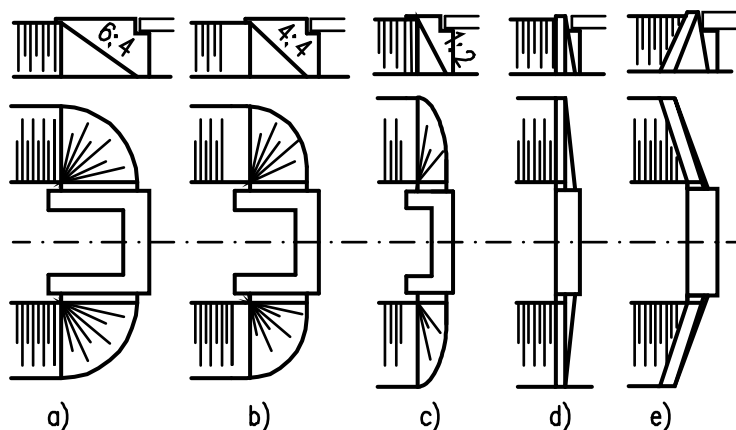
Súlytámfalszerűen kialakított hídfőkhöz súlytámfalként kialakított szárnyfalak csatlakoznak, amelyeket a hídfővel többnyire egybeépítenek.

A párhuzamos szárnyfalak a töltést közrefogják, koronájuk az út tengelyével párhuzamos. A töltési rézsút önállóan nem támasztják meg, ezért külön lezárókúpokkal kell kiegészíteni. A párhuzamos szárnyfalak jól hangsúlyozzák a hídfő jellegét és esztétikai szempontból is megfelelőbbek, mint a ferde vagy merőleges szárnyfalak.

A párhuzamos szárnyfalak legkisebb koronaszélessége:

- betonból 0,50 m
- terméskőből 0,60 m

A párhuzamos szárnyfal hossza a csatlakozó töltés, valamint a lezáró kúp rézsútól függ. Lényeges, hogy a szárnyfal a kúp csúcspontjánál legalább 0,50 m-rel mélyebbre nyúljon a töltésbe.



1.2-37. ábra. Szárnyfalak

- a) b) és c) párhuzamos szárnyfal föld-, kővel borított föld- és kőkúppal,  
d) merőleges szárnyfal,  
e) ferde szárnyfal

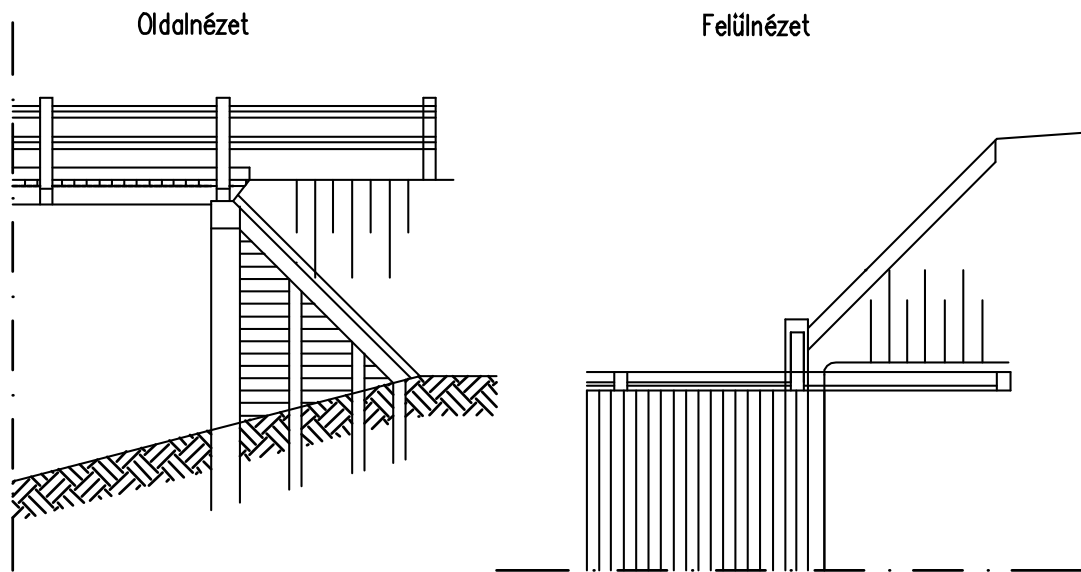
A merőleges és ferde szárnyfalak a töltési rézsűket önmagukban le tudják zárni. A ferde és merőleges szárnyfalak közül esztétikai szempontból előnyösebb a ferde szárnyfal. A ferde szárnyfal és a hídfő koronája által bezárt szög a vízszintes vetületben  $20^{\circ}$ – $40^{\circ}$  között változhat. Mind a merőleges, mind a ferde szárnyfalat támfalként méretezzük a közepes magasságra. A koronaszélességre vonatkozó adatokat az 1.2-1. táblázat tartalmazza, ahol az ajánlott koronaszélességet az átlagos falmagasság függvényében az 1,00 m túltöltésnek megfelelő koronaszélesség jelenti. A koronaszélesség minden esetben a szárnyfal teljes hosszán végigfut. A homlokfal és hátfal dőlése megegyezik a hídfő homlok-, illetve hátfalának dőlésével, vagy ehhez közel esik.

A merőleges és ferde szárnyfal hossza a csatlakozó töltés rézsűjétől függ. Amennyiben a szárnyfal nem a rézsű és a terep metszévonaláig tart, a földmű további részét föld, kő vagy kővel borított földkúppal kell lezárni.

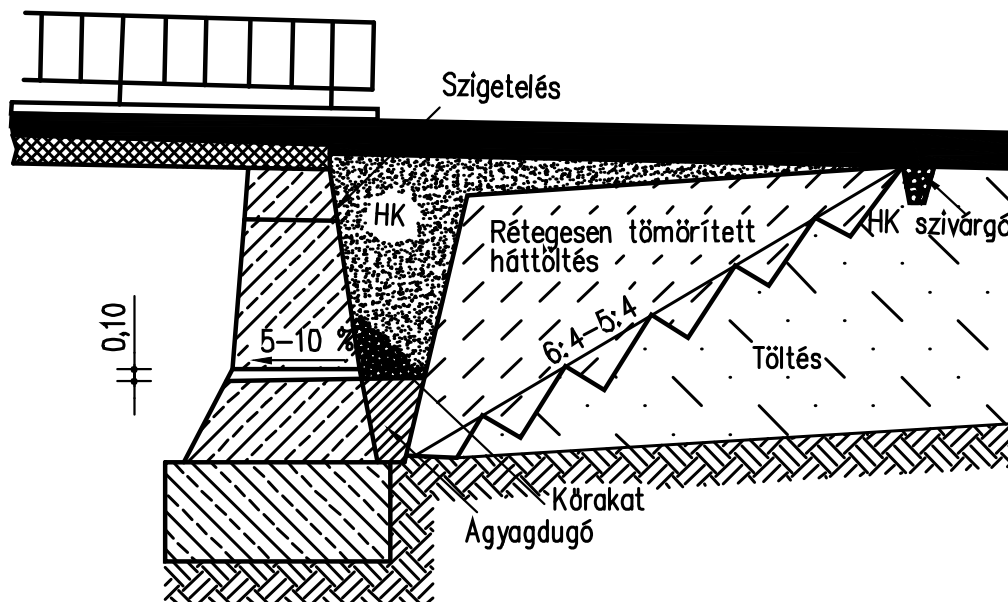
A töltéslezáró kúpokot a támasztófalaknál megismert módon lehet kialakítani.

Az ideiglenes fahidak cölöpözött hídfőihez ferde szárnyfalat célszerű csatlakoztatni. A szárnyfal egy cölöpsorból áll, amelyre a töltés felőli oldalon pallóborítást helyezünk, ezzel megakadályozva a talaj behullását a hídnylásba. A cölöpök és a pallóborítás magassága megegyezik a töltési rézsű síkjának magasságával. A földnyomás kifordító hatása ellen ugyanúgy védekezünk, mint ahogy azt a facölöpös hídfőknél tesszük (1.2-38. ábra).

Az út töltésének, valamint a hídfőnek, illetve a szárnyfalaknak a csatlakozását gondosan ki kell alakítani. A hídfő és szárnyfalak szigetelése nem elegendő a megfelelő vízvédelemre. Gondoskodni kell a háttöltésbe szivárgó víz elvezetéséről is, amely az altalaj átázását, illetve a víznyomásból származó többletterhelés kialakulását akadályozza meg. Ezeket a feladatokat a szakszerűen kialakított háttöltés oldja meg. A háttöltés alá, a vízvezető cső magasságáig agyag dugót kell készíteni, melynek felső szintje a cső felé lejt. Erre egy egyenletes szem-nagyságú durvább anyagból álló – szűrőként szereplő – réteget kell teríteni, vagy körakatot elhelyezni. A háttöltés többi részét célszerű jól tömöríthető homokos kavicsból készíteni, gondos, rétegenkénti tömörítéssel (1.2-39. ábra).



1.2-38. ábra. Fahidak ferde szárnyfala



1.2-39. ábra. Háttöltés kialakítása

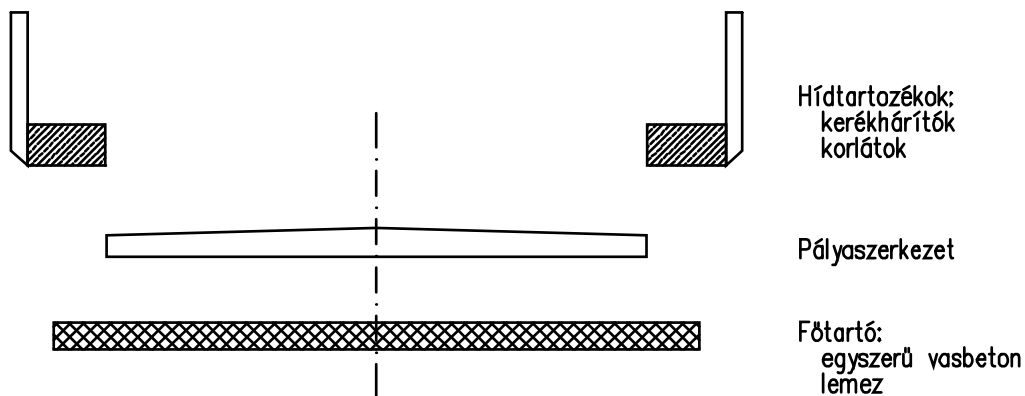
A hídfő és az út töltése alatti talaj különböző mértékű összenyomódása, valamint a töltés utólagos tömörödése miatt a burkolaton a forgalomra káros bukkánók, lépcsők keletkeznek. Ezt teljesen megszüntetni nem lehet, de csökkentésükre törekedni kell. A gondos tömörítésen kívül meg kell akadályozni, hogy a háttöltésbe víz kerüljön, ezért a hídpálya felületéről és a csatlakozó úttestről lefolyó vizet gyorsan el kell vezetni.

A hídfő előtt a hídon bő nyílású víznyelőket kell elhelyezni. Ezek megakadályozzák, hogy a csatlakozó útra sok víz kerüljön. A csatlakozó úttestről lefolyó csapadékvizet folyókával kell elvezetni, valamint célszerű a csatlakozó útszakaszon javított padkát készíteni.

### 1.2.2.5. A felszerkezet kialakítása

#### 1.2.2.5.1. Vasbeton lemezhidak

A vasbeton lemezhidak főtartója egyszerű vagy szegélybordás vasbeton lemez. Az erdészeti gyakorlatban használt kis nyílású hidaknál ez közvetlenül a szerkezeti gerendán nyugszik. A hídszerkezet hosszváltozásainak megkönnyítésére az alépítmény és a felszerkezet lesimított érintkező felületeit súrlódást csökkentő grafit bevonattal láthatják el. Elhelyezhető a két felület közé két réteg bitumenes papírlemez is, amelynek vastagsága a meder felé növelhető, könnyebbé téve a lehajlást.



1.2-40. ábra. Egyszerű vasbeton lemezhid felszerkezete

Az egyszerű vasbeton lemezhidak főtartója merevítés nélküli vasbeton lemez. A négyzet keresztmetszetű lemez szélleit utólag készített soványbeton kerékhárító zárja le, amely nem vesz részt a teherviselésben (1.2-40. ábra). A kerékhárító építésénél is ügyelni kell arra, hogy az a szerkezet erőjátékában valóban ne vegyen részt, vagyis meg kell akadályozni, hogy bennük számottevő hosszirányú feszültség keletkezzen. A kerékhárítót ezért csak kiállványozás után szabad a lemezre helyezni. Ezzel megakadályozzuk, hogy a lemez önsúlyából kialakuló alakváltozások a kerékhárítókban jelentős feszültségeket hozzanak létre. A hasznos terhekből származó feszültségek fellépését a kerékhárítóban a híd hossz tengelyére merőlegesen kialakított építési hézagok akadályozzák meg. A kerékhárítót ezért részletekben építjük meg, a szakaszok határait bitumenes lemez ragasztással látjuk el és így csatlakoztatjuk az egyes részeket. A kerékhárítót betonacél tüskék kötik a lemezhez, amelyeket mintegy 0,50 m-enként betonozzuk a lemezbe.

Az egyszerű lemez hídtengellyel párhuzamos szélei szabad szélek, azok szabadon elfordulhatnak.

Az egyszerű vasbeton lemez minimális szélességét a következő két méret közül a nagyobb határozza meg:

$$l_{y\min} = l_h + 2 \cdot t$$

illetve:

$$l_{y\min} = K$$

ahol:  $l_{y\min}$  = a vasbeton lemez minimális szélessége

$l_h$  = a hasznos szélesség

$t$  = a hídtartozékok elhelyezésére szolgáló többlet szélesség

$K$  = az út koronaszélessége



A vasbeton lemez a hídfő koronaszélességére végig felfekszik, ezért teljes hossza egyenlő a hídnívó és a két hídfő koronaszélességének összegével.

A lemez minimális vastagsága:

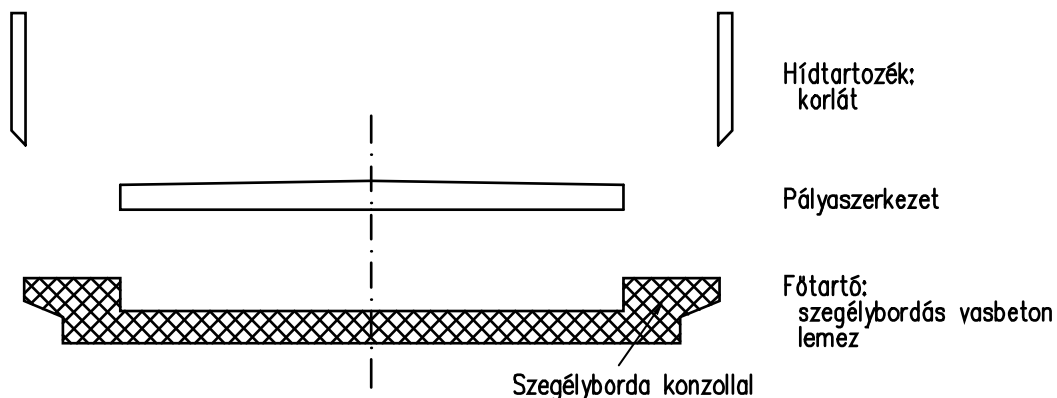
$$v = \frac{l_x}{30}$$

de legalább 12 cm.

Az ajánlott lemezvastagság:

$$\frac{l_x}{11} > v > \frac{l_x}{17}$$

Szegélybordás vasbeton lemezhidaknak nevezzük azokat a lemezes áthidaló szerkezeteket, amelyeknél a hídtengellyel párhuzamos, alá nem támasztott széleken egy borda – az ún. szegélyborda – fut végig (1.2-41. ábra). A lemez a szegélybordával együtt viseli a terheket.



1.2-41. ábra. Szegélybordás vasbeton lemezhid felszerkezete

A gyakorlatunkban alkalmazott hidaknál a lemezzel együtt vasalt és betonozott vasbeton kerékhárító, illetve gyalogjárda a szegélyborda. Addig amíg az egyszerű vasbetonlemeznél gondosan ügyelni kell arra, hogy a kerékhárító az erőjátékban ne vegyen részt, addig a szegélybordás vasbetonlemeznél a lemez és a szegélyborda együttműködését biztosítani kell.

A szerkezeten elhelyezett terhek egy része a hídtengellyel párhuzamosan közvetlenül az alátámasztásra jutnak, másik részét a lemez keresztirányban a szegélybordára juttatja. A terhelés fennmaradó része a szegélybordán keresztül jut az alátámasztásra.

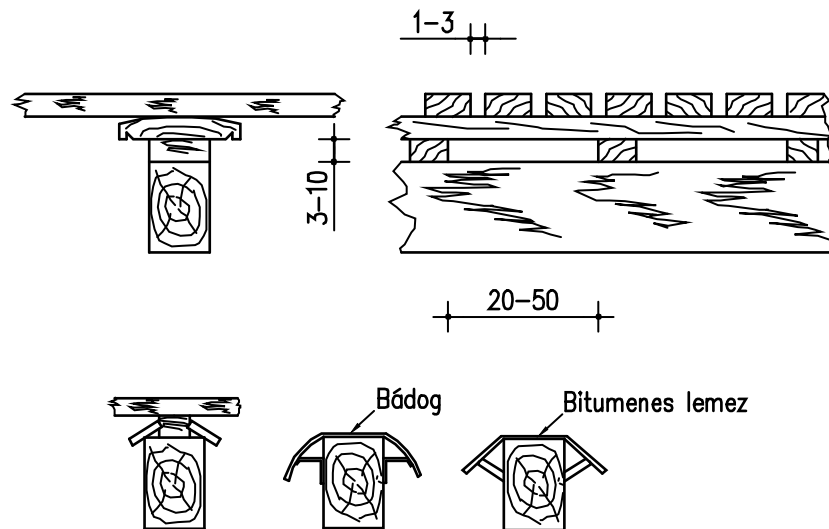
A szegélybordás lemezhidak méretei megegyeznek az egyszerű lemezhid méreteivel. A szegélyborda mérete a kerékhárító méreteivel egyezzen meg.

#### 1.2.2.5.2. Egyszerű gerendatartós hidak

Az egyszerű gerendatartós fahidak főtartói gömbölyű, kétoldalt bárdolt, tompa élű vagy éles élű, jó minőségű, első osztályú anyagból készített fa gerendák. A gerendákat a víztől óvni kell. A védőberendezés lehet pallóborítás, amely legalább 5 cm-rel a gerenda szélén túlnyúlik, felfekhet a gerendán közvetlenül vagy lécek közbeiktatásával. Ez utóbbi megoldás a jobb szellőzést biztosítja (1.2-42. ábra). A védelmet elláthatja még bádóg vagy bitumenes papírborítás is. Mindkét esetben ügyelni kell arra, hogy a védőlemezek ne legyenek szegezve mert a szeglyukon beszivárgó víz, – mivel nem tud eltávozni – a gombásodás kiindulópontja lehet. A szélső tartók oldalfelületeit deszkázni szokták.

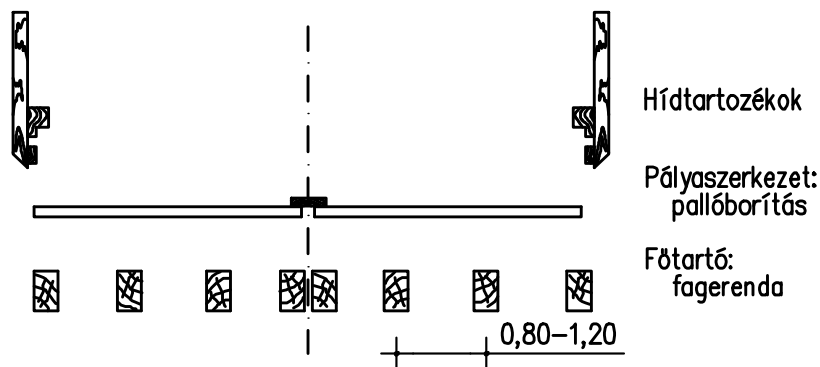
Az egyszerű fagerendatartós híd főtartóit egymástól 0,80–1,20 m távolságban kell elhelyezni, a távolság általában 1,00 m (1.2-43. ábra).

Cölöpözött hídfőknél a gerendák süvegfákon nyugszanak. Ezeket célszerű úgy kialakítani, hogy magasságuk középtől a szélek felé csökkenjen. A hídpálya 2–3%-os esése így könnyen kialakítható, biztosítva a gyors vízlevezetést. A tartógerendák bütüjére léceket szegezünk, ezekre pallóborítás kerül.



1.2-42. ábra. Fatartók védelme víz ellen

A pallóborítás vagy deszkázás a gerendák alatt is folytatódik és a hídfő mögötti pallósorhoz csatlakozik. Ez az elrendezés lehetővé teszi, hogy a gerendákat minél kevesebb nedvesség érje, valamint biztosítja a bütük szellőzését, így lassítva a korhadást. A gerendák elcsúszását a süvegfán a tartógerendára szegezett deszkával kell megakadályozni.

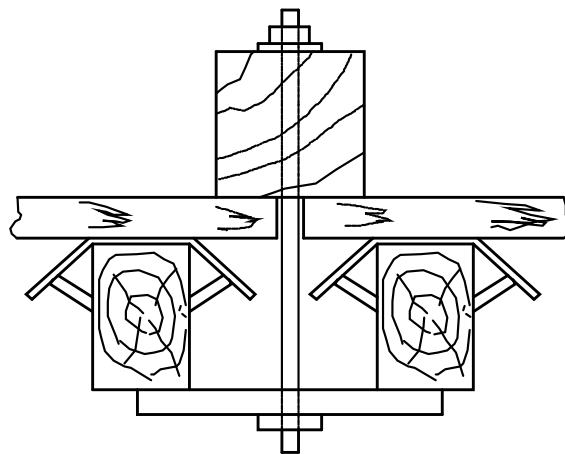


1.2-43. ábra. Egyszerű gerendatartós fahíd szerkezete

Kő vagy beton hídfőknél a főtartók ászokgerendán nyugszanak. Az ászokgerendák mérete 20/20 vagy 26/26 cm és a hídfők szélétől min. 10 cm-re fekszenek. Nagyobb terhelés átadása-kor két, ritkán három-négy ászokgerenda is elhelyezhető. A tartógerendák az ászokfák mögé legalább 30 cm-rel nyúljanak túl. A nedves talaj ellen ugyanúgy kell védekezni, mint a cölöpözött hídfőknél.

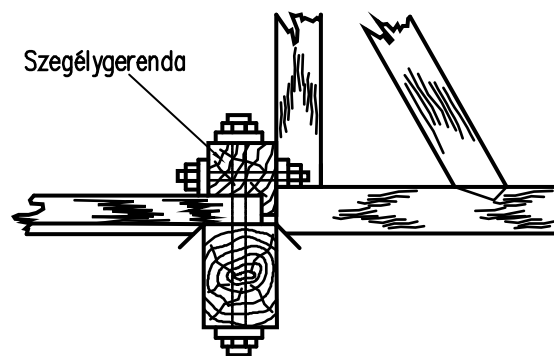
Az egyszerű gerendatartós fahidak pályája dobogóból és borításból áll. A dobogó fekszik fel a tartószerkezeten és viseli a terheket, a borítás a kopórétegnek felel meg.

Kis forgalmú hidakon a híd borítása és a dobogó nem különül el, hanem mindkettő szerepét az ún. egyszerű pallóborítás látja el. A pallókat a híd hossztengetyére merőlegesen a víztelenítés céljából kis eséssel (2–5%) vagy 1–3 cm-es hézagokkal kell a főtartóra erősíteni kovácsszeggel vagy csavarokkal. Szélesebb hídon a híd tengelyében célszerű két gerendát egymáshoz közel elhelyezni, így a pallókat ütköztetni lehet. Ez azért célszerű, mert pallócserekor a híd egyik oldalán a forgalmat fenntarthatjuk (1.2-44. ábra). A pallókat ekkor középen lefogófavval rögzítjük úgy, hogy a gerendák között lenyúló csavarokat acéllemezzel erősítjük a gerendákhoz.



1.2-44. ábra. Lefogófa

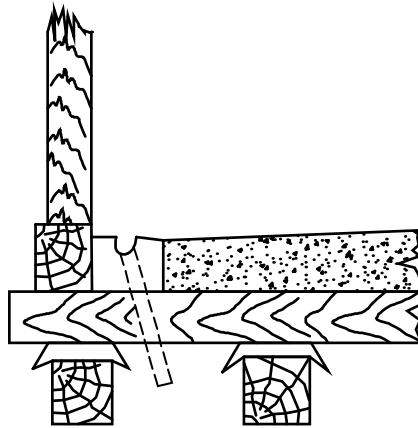
A hídpálya szélén a pallókat szegélygerenda fogja le, amely a palló bütüjének egy részét is letakarhatja. A szegélygerenda a legszélső tartógerenda oldalfalán minden esetben érjen túl, hogy a róla lefolyó víz a tartót ne érje (1.2-45. ábra).



1.2-45. ábra. Szegélygerenda

A gyalogjárót a szegélygerenda felső élével egy magasságban helyezzük el. A legkedvezőbb pallóméret szélessége 15–30 cm, magassága 10–14 cm. Nagyobb igénybevételnek kitett hidakon kettős pallóborítást szoktak alkalmazni. Az alsó a teherviselő, a felső a koptató réteg. A teherviselő réteget a híd tengelyére merőlegesen 1–2 cm-es közök beiktatásával, a koptatóréteget ezzel párhuzamosan, hézag nélkül, fél pallószélességgel eltolva kell elhelyezni. Ennek a rétegnek a vastagsága 4–6 cm.

A hídpálya borítására használható a dobogón közvetlenül elhelyezkedő kavicsolás is, amely olcsóbb a kettős pallóborításnál és a terheket is egyenletesebben osztja el (1.2-46. ábra). Hátránya a nagy önsúly és a víztelenítés nehézkes megoldása, mert a faanyag a vízáteresztő kavicsréteg alatt szigetelés nélkül idő előtt tönkremegy. A kavicsborítás legkisebb vastagsága 5 cm, felszíne a tengelytől 3–5%-kal esik kifelé. A hídpálya két szélét szegélygerendák zárják le.

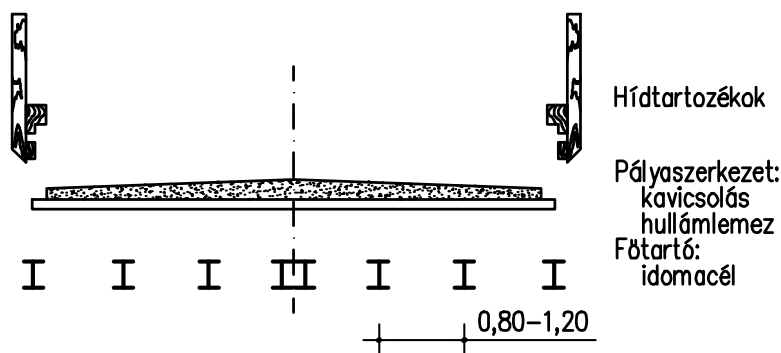


1.2-46. ábra. Kavicsolt pálya

Ezekben 2–4 m távolságban 20 cm hosszú kivágásokat kell kialakítani a kavicsban felgyűlő víz elvezetésére. Erre a célra alkalmasak még a szegélygerendába vájt csatornák, amelyből a vizet csövek vezetik a híd alá.

Az egyszerű acél gerendatartós hidak 10 m támaszközig használhatók. Ennek főtartói hengerelt idomacél gerendák, általában „I” vagy „U” profillal. A főtartók távolsága 0,80–1,20 m, leggyakrabban 1,00 m (1.2-47. ábra)

Kis terhelésnél a főtartók közvetlenül a hídfőre fekkhetnek fel, ekkor a hídfőre ólom- vagy vaslemez alátéteket kell elhelyezni, amelyek vastagsága 15–30 mm. A felfekvés hossza a tartómagasság másfélszerese. A főtartók ászokgerendára is felfekhetnek.

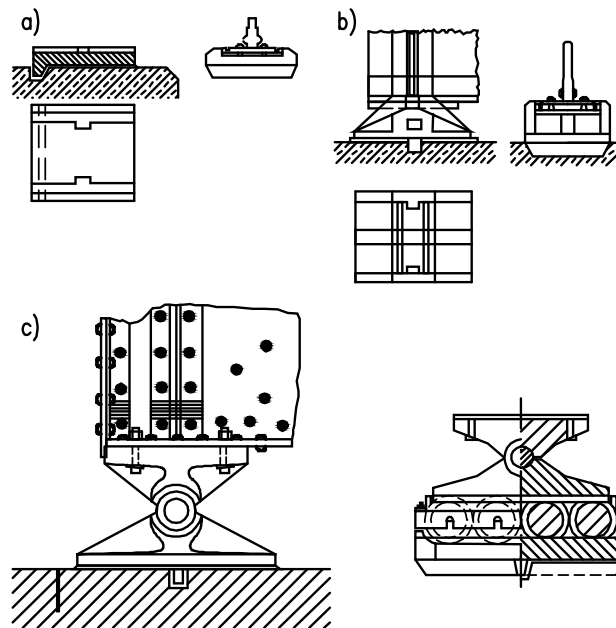


1.2-47 ábra. Egyszerű gerendatartós híd felszerkezete idomacél főtartóval

Nagyobb tartók felfekvésénél biztosítani kell a pontosan meghatározott helyen történő alátámasztást, a hő okozta hosszváltozás felvételét, valamint a felfekvési él körüli szabad elfordulást. Ezeket a feltételeket a tartók alá helyezett sarukkal biztosítják (1.2-48. ábra). A legegyszerűbb szerkezetű saru az egyik oldalán hengeresen kiképzett öntvény, amelyen a tartó mindig csak egy alkotó mentén fekszik fel. A tartó lecsúszását a saruról perem akadályozza meg.

A saru elmozdulását a hídfőn a saru alján keresztirányban elhelyezett 50–60 mm magas borda gátolja meg, ezt köldöknek nevezzük. Az így kialakított talpsarun a hő okozta alakváltozás következtében a tartó elmozdulhat, ezért a másik alátámasztásnál összekapcsoljuk a sarut és a főtartót úgy, hogy a szabad elfordulás biztosított legyen.

A tartók keresztirányú elmozdulását a saruk szerkezeti kialakításuknál fogva megakadályozzák. Abban az esetben, ha a főtartók közvetlenül a hídfőkre fekszenek fel, közbefalazással lehet a keresztirányú elmozdulást megakadályozni. A befalazásból a felső övek rendszerint kiállnak. A befalazást úgy kell elkészíteni, hogy az ne minősüljön merev befogásnak, ezért azt a méretezéskor is szabadon elfordulónak kell tekinteni.



1.2-48. ábra. Saruk a) fix saru, b) mozgósaru, c) billenő és gördülő saru

Az ászokgerendára fekvő főtartók keresztirányú elcsúszását sínszeg, vagy az ászokgerendára erősített deszka gátolja meg.

Az acél főtartós hidak pályája a fahidakhoz hasonló pallóborítás lehet. A csatlakozó út kavicspályáját a főtartókon keresztben elhelyezett idomacélobból kialakított pályatartón lehet átvezetni.

A korlátok acélból vagy fából készülhetnek.

#### 1.2.2.5.3. Előregyártott elemek felhasználásával készülő felszerkezet.

Az erdészeti gyakorlatban jelenleg még a monolit vasbeton lemezhidak és a gerendatartós hidak az általánosak, más területen azonban elterjedten használják az előregyártott elemeket a felszerkezet kialakításához. A gyakorlatban előforduló kis hídníylások áthidalására az előregyártott gerendák felhasználásával készülő lemezhidak felelnek meg. Ezeknél az egymás mellé elhelyezett gerendák a helyszíni vasalással és betonozással együttesen alkotják a felszerkezetet. A gerendák szerepe kettős:

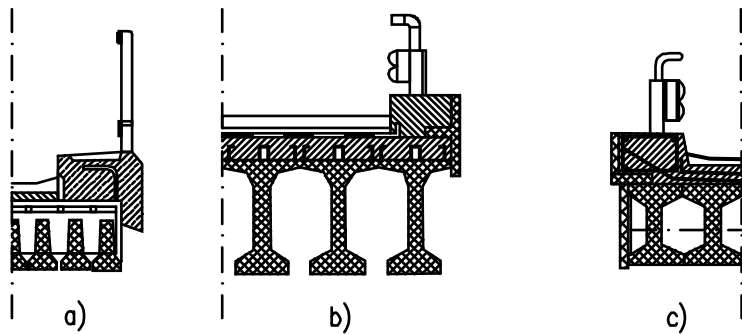
- vasalásuk a szerkezet alsó fővasalását adják,
- helyettesítik a drága és munkaigényes zsaluzatot.

Az előregyártott gerendák vasbetonból és feszített vasbetonból készülhetnek, a hídníylást két-támaszú tartóként hidalják át. Az áthidalt níylástartomány 2~30 m. A gerendák gyártása tör-

ténhet az építés helyén vagy üzemben. A helyszíni előregyártás súlyos, hosszú elemeknél lehet indokolt, különösen, ha szállítási nehézségek adódnak. Az erdészeti gyakorlatban célszerűbb az üzemben előregyártott gerendákat használni. Ezek a gyártott nagy elemszám miatt gazdaságosan készíthetők, minőségük egyenletes, valamint feszített szerkezetek előállítására is alkalmasak. Hátrányként a szállítási nehézség jelentkezik, ami azonban az előnyök mellett jó munkaszervezéssel eltörpül.

A teherhordó felszerkezet háromféleképpen alakítható ki (1.2-49. ábra).

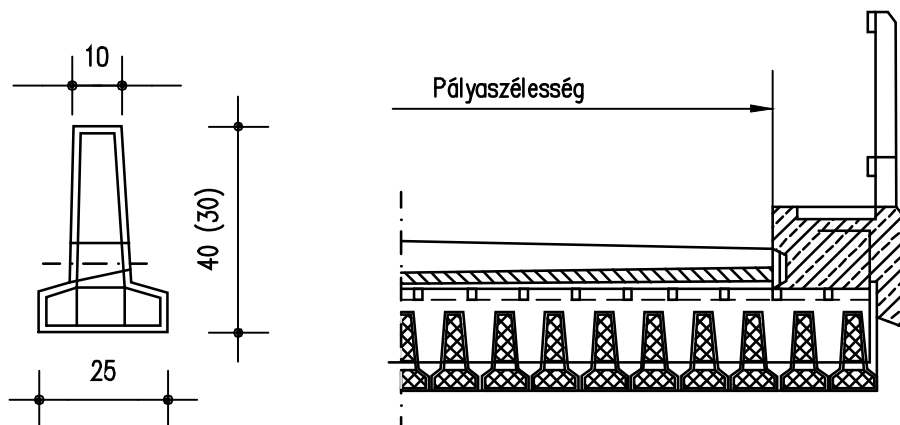
- a szorosan egymás mellé helyezett gerendák közeit kibetonozzuk és rábetonozunk (gerendabetétes lemezhid)
- a gerendák fölé együttdolgozó vasbeton lemezt készítünk (együttdolgozó szerkezet)
- a szorosan egymás mellé helyezett gerendákat keresztirányba összefeszítjük.



a) gerendabetétes, b) együttdolgozó, c) keresztirányú feszítéssel

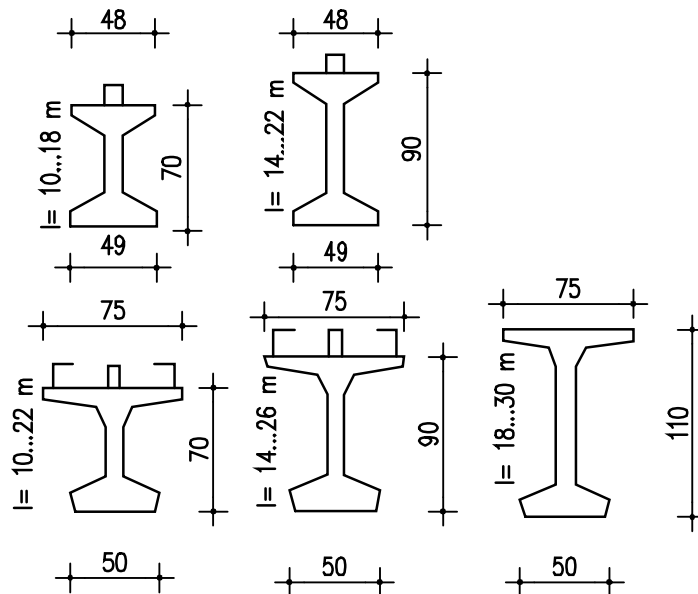
1.2-49. ábra. Előregyártott gerendás hídszerkezetek

A gerendabetétes lemez kialakításához előregyártott fordított T keresztmetszetű gerendát (FT jelűt) használunk. Ezek a 2–10 m-es nyílástományban használhatók célszerűen. Az alépítményre közvetlenül felfekvő, szorosan egymás mellé fektetett gerendákat kereszt irányba – a gerendán kialakított lyukakon keresztül – acélbetéttel kötjük össze. A gerendák anyaga C25-ös beton. A gerendák közötti részeket és a rábetonozást C12–C16-os betonból kell készíteni. Ide kerül a felső acélháló is. Az így kialakított lemez a továbbiakban az egyszerű monolit vasbetonlemezhez hasonlóan kezelhető (1.2-50. ábra).

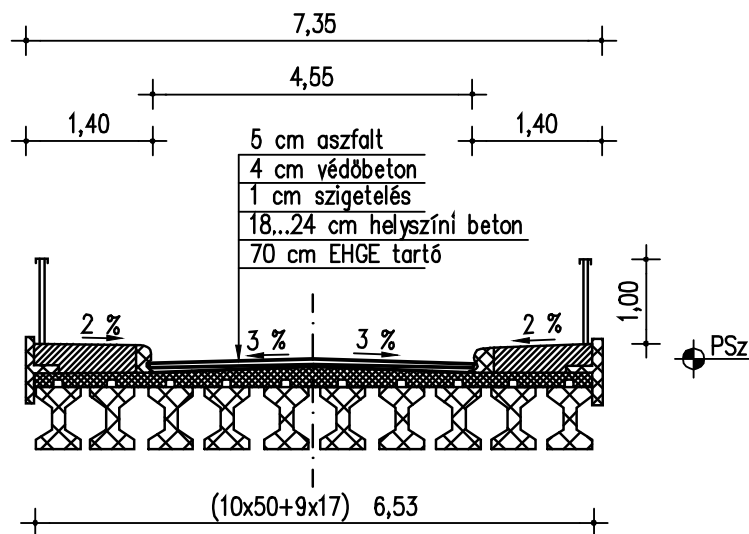


1.2-50. ábra. FT gerendabetétes lemezhid

Az együttdolgozó szerkezetek azonos, vagy különböző anyagú gerendatartóból és pályalemezről állhatnak. Ezek elmozdulásmentesen vannak összekapcsolva, így az igénybevételeket együttesen veszik fel. A gerendatartó anyaga vasbeton vagy acél, a lemez monolit vagy előregyártott vasbeton lehet. Az erdészeti gyakorlatban a feszített gerendával együttdolgozó monolit vasbetonlemez célszerű a 10–30 m nyílástartományban beépíteni. Ezeknél az együttdolgozást a gerendák fejlemezeiből kiálló tüskék biztosítják. A példaként néhány üzemben előregyártott hídgerendák jellemző méreteit a 1.2-51. ábrán, míg a belőlük építhető szerkezet keresztmetszetét a 1.2-52. ábrán mutatjuk be.



1.2-51. ábra. Üzemben előregyártott előfeszített hídgerendák



1.2-52. ábra. Előregyártott feszített hídgerendás együttdolgozó szerkezet

#### 1.2.2.6. Hidak méretezése

A hidak tervezésekor igazolni kell, hogy a szerkesztési szabályok betartásával kialakított szerkezet minden eleme:

- teherbírás,

- fáradás,
- repedéskorlátozás,
- állékonyság és
- alakváltozás

tekintetében megfelel a műszaki előírásokban meghatározott terhelőerőknek és mozgásoknak. Ezek a műszaki előírások rendelkeznek arról is, hogy az építőanyag és szerkezet függvényében mely követelményeket kell vizsgálni. Amennyiben kétségtelen, hogy a követelmények teljesítettek, azokat külön igazolni nem kell. A terhelőerők és mozgások által okozott igénybevételeket, feszültségeket stb. általában a rugalmas és homogén anyagú tartókra vonatkozó eljárásokkal kell meghatározni.

Az együttdolgozásból származó hatásokat rendszerint figyelembe kell venni, de a tartó alakváltozásából származó másodrendű hatások, ha azok az erőjátékot számottevően nem befolyásolják, elhanyagolhatók.

#### *1.2.2.6.1. Az erőtani számítás során figyelembe veendő terhelő erők és mozgások*

Az erőtani számításokban figyelembe veendő terhelőerőket és mozgásokat állandó, illetve tartós jellegű, valamint esetleges jellegű terhelőerőkre és mozgásokra osztjuk.

Az állandó, illetve tartós jellegű terhelőerők és mozgások közé soroljuk:

- Az önsúlyt, amelyet a műszaki terv alapján kell meghatározni. Ide tartozik a szerkezet saját súlya, valamint a szerkezeten tartósan vagy állandóan elhelyezett egyéb terhek súlya. A terheket úgy kell elhelyezni, ahogy azok a valóságban megjelennek. A súly a geometriai méretek és a halomsűrűségek alapján számítható.
- A földnyomást és földterheket a talajfeltárás laboratóriumi eredményeinek figyelembevételével meghatározni. A földnyomás kiszámításánál a feltér véges kiterjedése csak akkor vehető figyelembe (pl. párhuzamos szárnyfalak között), ha a falak magassága legalább 4 m és a fal alsó síkjától indított csúszólapok a térszín alatt metszik egymást.

Az erdészeti hidaknál a műszaki előírásokban leírt további állandó jellegű erőhatással számolni nem kell, mert az egyszerű, statikailag határozott szerkezetekben ezekből számottevő többletterhelés nem keletkezik.

Az esetleges jellegű terhelő erők és mozgások közé tartoznak a hasznos terhek és a dinamikus hatás. Hasznos teherként vesszük figyelembe az erőtani számítás során:

- a kocsipálya terheit,
- a járdák, kiemelt szegélyszávok terheit és
- a hídfők mögötti útpálya terheit.

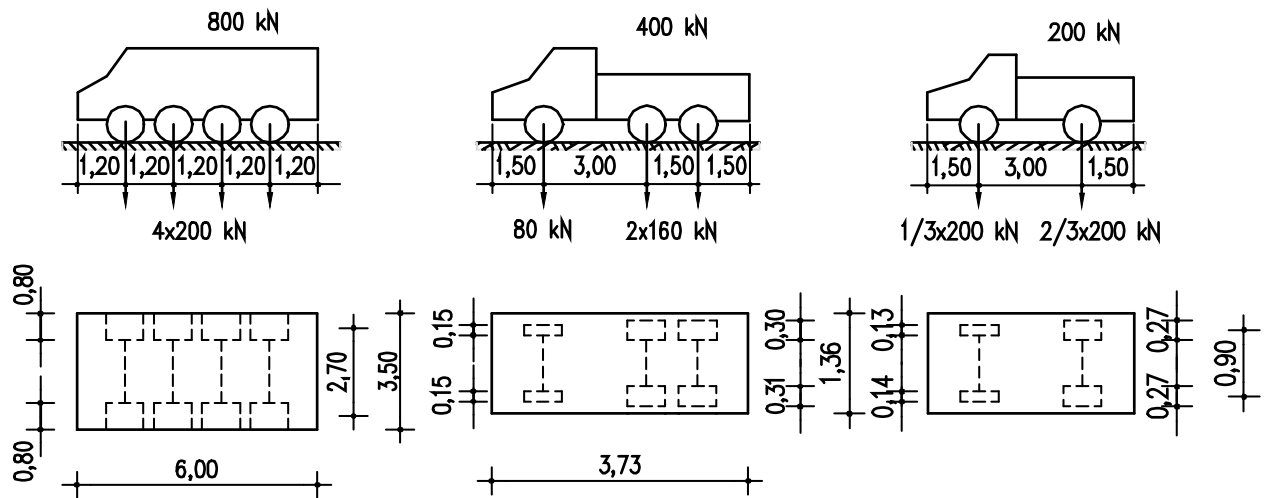
A műszaki előírások a kocsipálya terhei szerint A, B és C terhelési osztályú hidakat különböztetnek meg. A kocsipálya teher a híd terhelési osztálya szerint meghatározott egyetlen jármű terhe és a vele egy időben a kocsipálya teljes felületén – a jármű által elfoglalt területen is – elhelyezett  $4 \text{ kN/m}^2$  megoszló terhelés. Az egyes hídosztályok járműterheit a 1.2-53. ábra és a hozzátartozó táblázat tartalmazza.

A járműveket a pályán úgy kell elhelyezni, hogy

- a vizsgálat szempontjából mértékadó helyen álljon,
- hossz tengelye a hídtengellyel párhuzamos legyen.

Keresztirányba a jármű addig tolható el, amíg kerekei a kiemelt szegélyszávot, ennek hiányában a kocsiszekrény a korlátot érinti. A járműteher, illetve a megoszló teher azon részeit, amelyek tehermentesítően hatnak, el kell hagyni.





Osztály	Jármű összsúlya (kN)	Első tengely		Többi tengely	
		Keréksúly (kN)	Kerék felfekvési szélessége (m)	Keréksúly (kN)	Kerék felfekvési szélessége (m)
A	800	100	0,80	100	0,80
B	400	40	0,30	80	0,60
C	200	100/3	0,30	200/3	0,60

A kerék felfekvése a haladás irányában: 0,20 m

1.2-53. ábra. Szabvány közúti járműterhek

A járművek keréksúlyát általában teherelosztóréteg viszi át a tartószerkezetre. A kerékterhet ezért olyan egyenletesen megoszló terhelésnek kell tekinteni, amely derékszögű négyszög alakú területen hat. Ennek méretei a jármű haladási irányába (1.2-54. ábra):

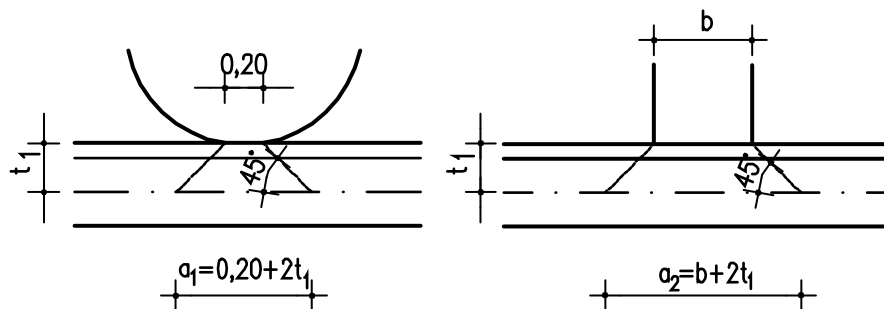
$$a_1 = 0,20 + 2 \cdot t_1$$

erre merőlegesen pedig:

$$a_2 = b + 2 \cdot t_1$$

ahol:  $b$  = a kerék felfekvési szélessége a 1.2-54. ábra szerint (m)

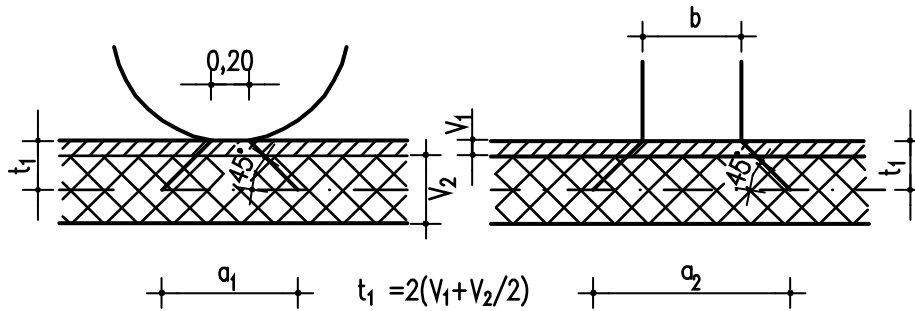
$t_1$  = a teherelosztó réteg számításba vehető vastagsága (m)



1.2-54. ábra. Teherelosztó négyszög méretei

A teherelosztó réteg vastagságába a kő és fakocka burkolat magassága fél értékkel, a többi burkolat teljes értékkel vehető számításba. A vasbeton lemez vagy teherhordó fapalló vastagságának fele a  $t_1$  értékbe beszámítható (1.2-55. ábra). Fapalló szerkezetnél azonban – ha te-

herhordó pallót nem használunk vagy az párhuzamos a teherelosztó pallóval – a terhelő négyszögnek a palló irányára merőleges mérete nem lehet nagyobb a teherhordó palló szélességénél. A hullámlemezről kialakított pályaszerkezeti részek magasságát átlagértékükkel kell figyelembe venni a  $t_1$  meghatározásakor.



1.2-55. ábra. Teherelosztó négyszög méretei vasbeton lemeznél

A járda és kiemelt szegélyszávok terheit  $5 \text{ kN/m}^2$  egyenletesen megoszló terhelésként kell figyelembe venni. A szolgálati és üzemi gyalogjárdák hasznos terhe  $2,5 \text{ kN/m}^2$  lehet.

A hídfő mögötti útpálya terheként a hídfők mögötti útpályán elhelyezett – hídosztálytól függetlenül alkalmazandó – az út teljes szélességén ható  $24 \text{ kN/m}^2$ , egyenletesen megoszló járműterhet helyettesítő terhelést kell alkalmazni. A híd ilyenkor terheletlen, vagy rajta csak a  $4 \text{ kN/m}^2$  egyenletesen megoszló terhelés található attól függően, hogy az igénybevételek szempontjából melyik a kedvezőtlenebb.

Amennyiben a híd rendeltetésszerűen közúti forgalmat nem bonyolít le, a  $24 \text{ kN/m}^2$  megoszló terhelés helyett B terhelési osztályban  $18 \text{ kN/m}^2$ , C terhelési osztályban  $12 \text{ kN/m}^2$  megoszló terhelést lehet figyelembe venni. (Ezt az értéket a hídosztálynak megfelelő jármű területén elosztott járműsúly alapján határoztuk meg.)

A dinamikus hatást a kocsipálya terheinél, valamint a kiemelt szegélyszáv terheinél kell figyelembe venni. A dinamikus hatást a terhek dinamikus tényezővel való szorzása útján fejezzük ki. A dinamikus tényező értéke:

$$\mu = 1,05 + \frac{5}{L + 5}$$

de legfeljebb 1,50.

ahol:  $L$  = a kéttámaszú tartó támasztóköze (m)

A dinamikus tényező értékét a teherelosztóréteg vastagságának függvényében a következő értékekkel kell számításba venni:

0,50 m-es teherelosztó réteg vastagságig a dinamikus tényező teljes értékével

2,0 m-nél vastagabb teherelosztó réteg esetén 1,00 értékű dinamikus tényezővel

kell számolni. Közbenő vastagságoknál a dinamikus tényezőt lineáris interpolálással kapjuk meg.

Tömör pillérek, alapok és talaj igénybevételeinek számításakor dinamikus hatást nem kell figyelembe venni.

Az erdészeti gyakorlatban épített hidak hídszerkezeteire ható igénybevételek meghatározásakor a műszaki előírásokban felsorolt egyéb terheléseket (mint pl.: szélterhelés, jégterhelés, saruel-

lenállásból származó támaszerő stb.), – azok elhanyagolható nagysága miatt – általában nem kell figyelembe venni.

#### 1.2.2.6.2. Az erőtani számítással szemben támasztott követelmények

Az erőtani számítás során igazolni kell, hogy a szerkesztési szabályok betartásával megtervezett szerkezetek teherbírása, stabilitása az előírt terhelésekre megfelel-e.

Az előbb felsorolt terhek és hatások:

- alapértékét,
- szélső értékét általában,
- a hasznos teher esetében annak üzemi értékét kell megkülönböztetni az erőtani számításokban.

A teherbírás igazolható:

- határállapot alapján,
- megengedett feszültségek alapján.

A határállapot alapján végzett vizsgálat során ellenőrizni kell, hogy a terhek szélsőértékű tehercsoportosításának megfelelő  $F_{sd}$  teherből számított  $S_d$  (mértékadó) igénybevétel nem nagyobb-e, mint az  $R_d$  határteherbírás. A teherbírás megfelelő, ha

$$S_d \leq R_d$$

A teher szélsőértékű csoportosításának megfelelő terhet az

$$F_{sd} = \gamma_g \sum_{i=1}^m G_i + \gamma_q \cdot \left( Q_1 + \sum_{i=2}^n \psi_i \cdot Q_i \right)$$

illetve

$$F_{sd} = 1,3 \sum_{i=1}^m G_i$$

számítási képletek közül azt kell figyelembe venni, amely a kedvezőtlenebb eredményt adja.

A képletben:

$\gamma_g$  = 0,9 illetve 1,1 az állandó terhek biztonsági tényezője (a két érték közül a tehercsoportosítás szempontjából mértékadó veendő figyelembe)

$\sum_{i=1}^m G_i$  = az összes állandó, illetve tartós jellegű terhelőerők és hatások alapértéke  
– azok legkedvezőtlenebb, de a valóságban lehetséges összeállításban

$Q_1$  = az esetleges terhelőerőkből egy kiemelt (pl. a járművet és járműsört helyettesítő egyenletesen megoszló teher) alapértéke

$\sum Q_i$  = az összes többi esetleges jellegű terhelőerő és hatás alapértéke

$\gamma_q$  = az esetleges terhek biztonsági tényezője, amelynek értéke 1,3

$\psi_i$  = az egyidejűségi tényező, amelynek értéke egyetlen további  $Q_i$  teher esetében 0,80 több további  $Q_i$  esetében 0,60.

Az  $R_d$  határteherbírást a szerkezet anyagától függően kell meghatározni. A megengedett feszültségek alapján történő erőtani számításokban meg kell vizsgálni, hogy a teher alapértékű csoportosításának megfelelő:

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m G_i + Q_1 + \sum_{i=2}^n \psi_i \cdot Q_i$$

teher figyelembevételével számított  $\sigma_{max}$  feszültségek nem nagyobbak-e az előírt  $\sigma_e$  megengedett feszültségnél. A teherbírást megfelelő, ha a

$$\sigma_{max} \leq \sigma_e$$

feltétel teljesül.

Az állékonyság igazolásakor vizsgálni kell, hogy a szerkezet az előzőekben felsorolt erőkkel terhelve vagy terheletlenül felborulással, kibillenéssel, felemelkedéssel, eldőléssel vagy elcsúszással nem fenyeget-e, vagyis, hogy a szerkezet állékony.

Az alépítmény és alapozás állékonyságát a MSZ 15002 szerint a következő képlettel kell számolni:

$$\sum n_a Y_a + \sum n_e Y_e + \sum Y_j \leq \sum \alpha Y_s$$

ahol:  $Y_a$   $Y_e$   $Y_j$  = az állandó, esetleges és járulékos terhelőerőkből és mozgásokból számított igénybevételek a vizsgálat szerint legkedvezőtlenebb csoportosításban

$Y_s$  = az állandó, esetleges és járulékos terhelőerőkből és mozgásokból számított hatások, amelyek az előző igénybevételekkel egyidejűleg, de ellentétes értelemben hatnak

$n_a$  = 1,0

$n_e$  = 1,2

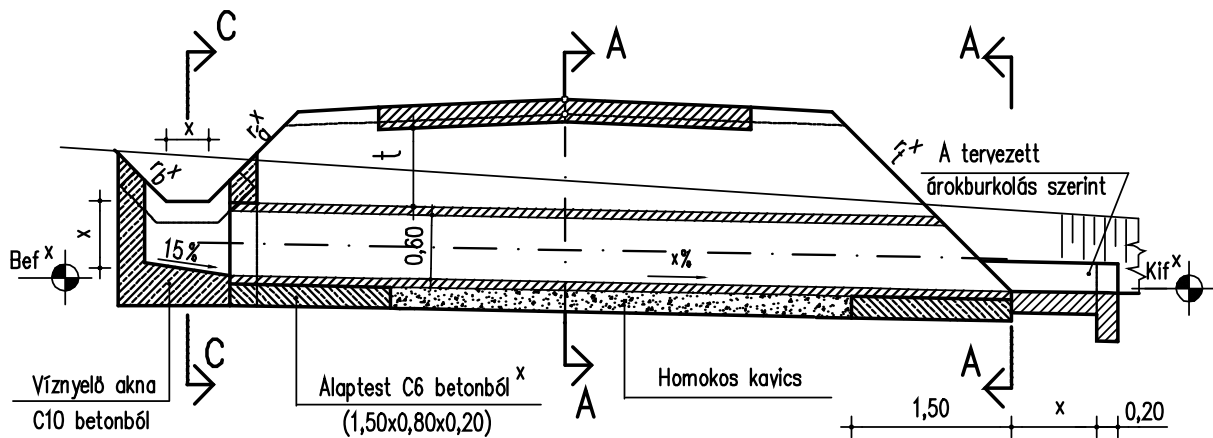
$\alpha$  = biztonsági (csökkentő) tényező. (Aktív földnyomásból, önsúlyból és egyéb állandó terhekből származó erők esetében 1/1,5–1/2, vagyis a biztonság 1,5–2)

### 1.2.3. Csőátvezetők és egyéb vízátvezető létesítmények

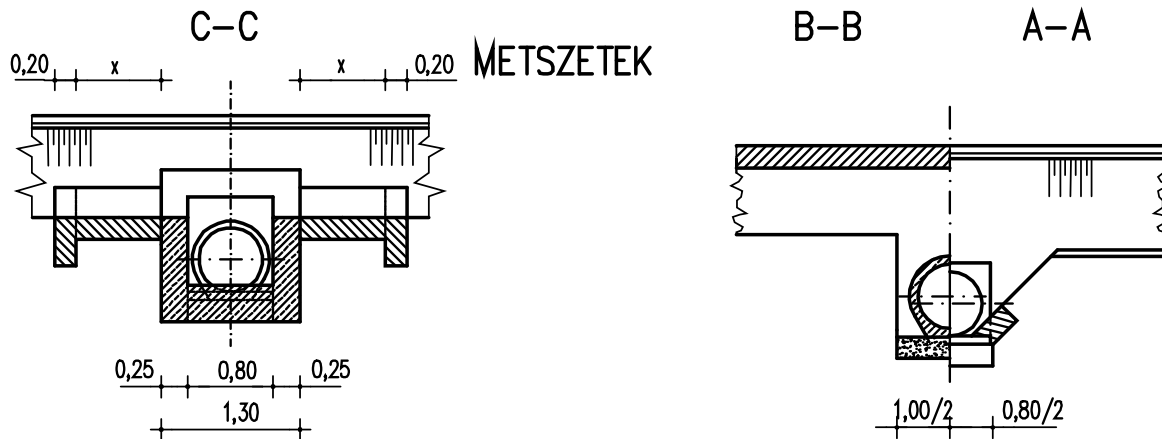
Az erdészeti útépítésben a kishidak építését igyekszünk elkerülni, ezekkel általában a jelentősebb élő vízfolyásokat hidaljuk át. Mellékvölgyek időszakos vízfolyásait, valamint az oldalárok vízének pálya alatti keresztirányú átvezetésére előregyártott elemekből készülő csőátvezetőket építünk.

Az oldalárok vízének átvezetésére leggyakrabban 0,60 m átmérőjű, 1,00 m hosszú C12 minőségű betonból készülő, talpas csőelemekből összeállított csőátvezetőket építünk (1.2-56. ábra). A 0,40 m átmérőjű hasonló csöveket ritkán használjuk, mert ezek tisztítása nehézkes. Általában az oldalárok lejárók alatti átvezetésénél építjük be ezeket, ahol a nagyobb átmérőjű csövek elhelyezésére magassági értelemben nincs elég hely.

A betoncsöveket olyan mélységben kell elhelyezni, hogy fölöttük minimálisan az átmérővel megegyező vastagságú teherelosztó takarást ( $t$ ) biztosítani lehessen. Amennyiben ez a minimális takarás a cső fölött nem biztosítható, a csövet min. 0,10 m vastag C8–C12 minőségű betonból készített köpennyel kell körben megerősíteni.



Az  $x$ -szel jelzett értékek a Mintakeresztvények és a Keresztvények című munkarészek szerint.



1.2-56. ábra. Talpas betoncső áteresztők

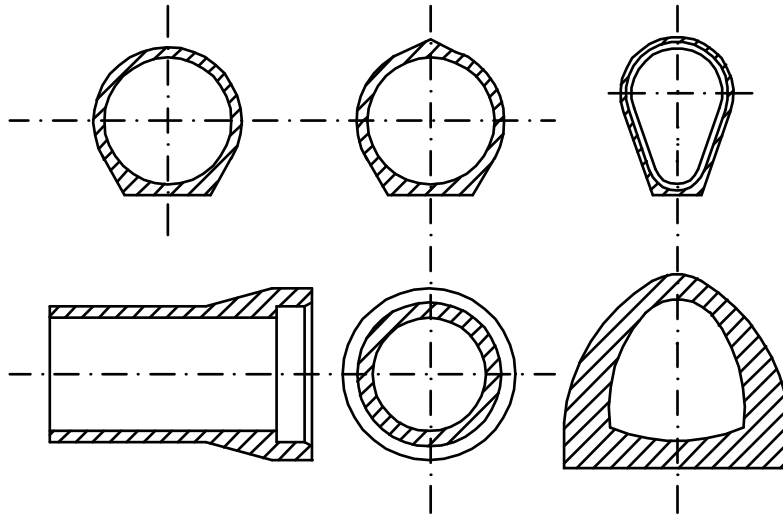
A csőáteresztő megfelelő alapozásáról gondoskodni kell. Kohézió nélküli szemcsés talajon elég a cső elejét és végét egy-egy alaptesttel alátámasztani. A csöveget közvetlenül kötött talajra nem szabad fektetni. A két alaptest közé 0,15 ill. 0,20 m vastag, tömör homokos-kavics réteget kell beépíteni azért, hogy a csőelemek ebbe beágyazódhassanak. Ezzel megakadályozzuk azt, hogy a csőelemek csak néhány ponton fekdjenek fel és az itt kialakuló jelentős feszültségek hatására a cső beroppanjon, majd összetörjön. Hosszabb csöveget több alaptesttel is alá kell támasztani. Kis teherbírású talajon, vagy nagyobb terhelések várható fellépésénél (mint amilyen a kis takarásból származó többletterhelés) a cső alatt végigfutó alaptest is kialakítható. Magas töltések alá beépített csőáteresztőket vasalt beton alaptestre kell fektetni azért, hogy a töltés alatt fellépő húzófeszültségek káros hatását kiküszöböljük.

A csőáteresztőt az öntisztulás elősegítése érdekében 2–5% hosszeséssel kell elhelyezni. A meredekebben elhelyezett cső öntisztulása kedvezőtlen, a víz sebessége pedig annyira megnő, hogy a kiömlőnyílásnál jelentős eróziót okoz.

A cső beömlőnyílás felőli vége az árokhoz előfejjel vagy aknával csatlakozik. Az előfej helyszínen csömöszölt vagy előregyártott, az árok rézsűjének megfelelő dőlésű síkkal lementszett elem, amely a csővéget lezárja, egyben csatlakozik a rézsűhöz is. Akkor képezhető ki ezzel a megoldással a beömlőnyílás, ha a cső befolyási szintjét és az árok folyási szintjét azonos magasságra lehet hozni. Amennyiben a cső mélyebbre kerül és a két szint nem hozható azonos magasságra, a beömlőnyíláshoz aknát kell építeni. Az akna alján hordalékfogót kell kialakítani, vagy azt 5–10% lejtéssel a cső befolyási szintjéhez kell csatlakoztatni. A cső kiömlőnyílása utófejjel, párhuzamos vagy ferde szárnyfallal csatlakoztatható a töltéshez.

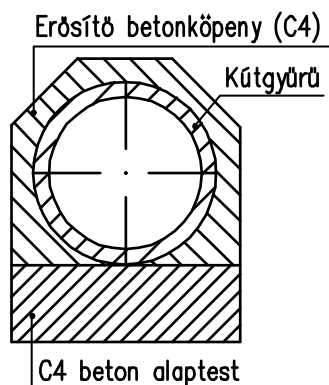
A csőáteresztők építésénél a talpas körszelvényű betoncsövek helyett használható más kialakítású betoncső is (1.2-57. ábra), mint

- • a megerősített köpenyű, körszelvényű, talpas betoncső, amely minimális takarással is beépíthető,
- • a nagyobb vízemésztő képességű tojásszelvényű, talpas betoncső,
- • békaszáj nyílású betoncső,
- • tokos betoncső.



1.2-57. ábra. Különféle kis átmérőjű betoncsövek

Kútgyűrűk felhasználásával 0,80–1,00 m nyílású áteresztők építhetők (1.2-58. ábra). A kútgyűrűket ekkor 0,50 m vastag C4 minőségű beton alaptestre helyezük és 0,10 m vastag C4 minőségű betonból készített erősítő köpennyel látjuk el. A kútgyűrűk ebben az esetben a zsarluzatot helyettesítik. A csővégek monolit elő- és utófejjel zárhatók le. Két egymás mellé szorosan megépített csőből iker csőáteresztő építhető, amely nagyobb vízhozam átvezetésére alkalmas.



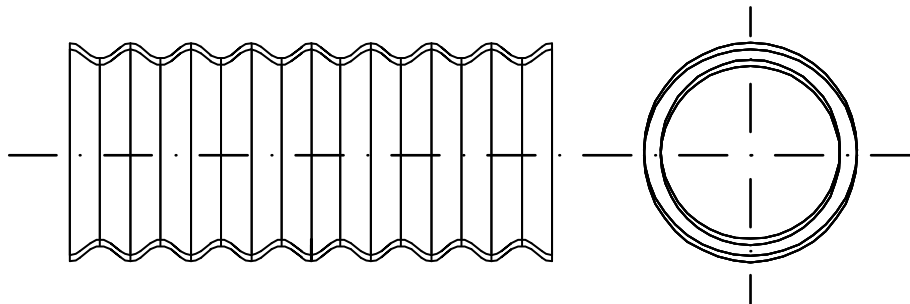
1.2-58. ábra. Kútgyűrűkből kialakított csőáteresztő

Azokon a helyeken, ahol a vízhozamot nagyobb nyílással kell átvezetni, de a szükséges takarást nem lehet biztosítani és egy kishíd megépítését el szeretnénk kerülni, nagy szilárdságú vasbeton csöveket, vagy acél hullámlemezről összeállított áteresztőt lehet építeni.

A *Rocla* márkanéven forgalmazott 100–300 cm névleges átmérőjű C40 minőségű porgetett betonnál, kétrétegű vasalással készülő csövek hengeres és tokos kialakítással készülnek. A csöveket szemcsés talajra, homokos-kavics ágyazatra vagy sovány beton alapra kell építeni. A csőbe kerülő acélmennyiséget a cső ágyazásának, túltöltésének és a fellépő egyéb terheléseknek megfelelően számításokkal a gyártó határozza meg.

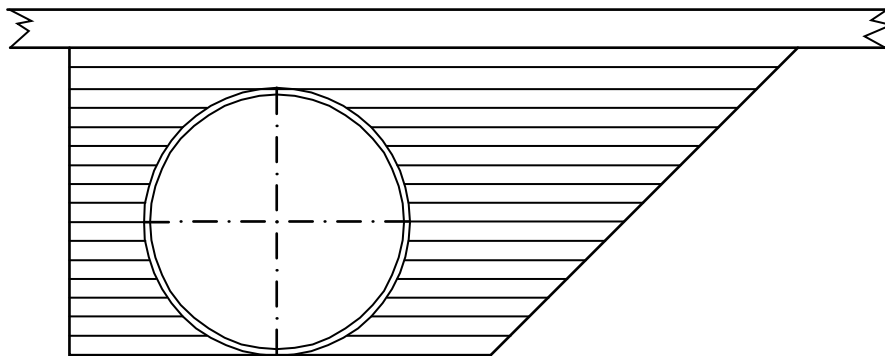
Egyszerű építést és tervezést tesz lehetővé a hullámosított acéllemezről kialakított csőszerkezet (pl.: *TUBOSIDER* márkanéven). Ezek könnyűek, szállításuk olcsó, gyorsan beépíthetők, a beépítés után azonnal terhelhetők és hosszú élettartamúak.

A csőelemek 2 mm vastag 600×1480 mm hasznos méretű, a névleges átmérőnek megfelelő dongásítással kialakított elemekből csavarozással szerelhetők össze, a helyszínen vagy telephelyen (1.2-59. ábra). A névleges átmérő 94,2 és 236,0 cm között változik.



1.2-59. ábra. Hullámlemez csőáteresztő

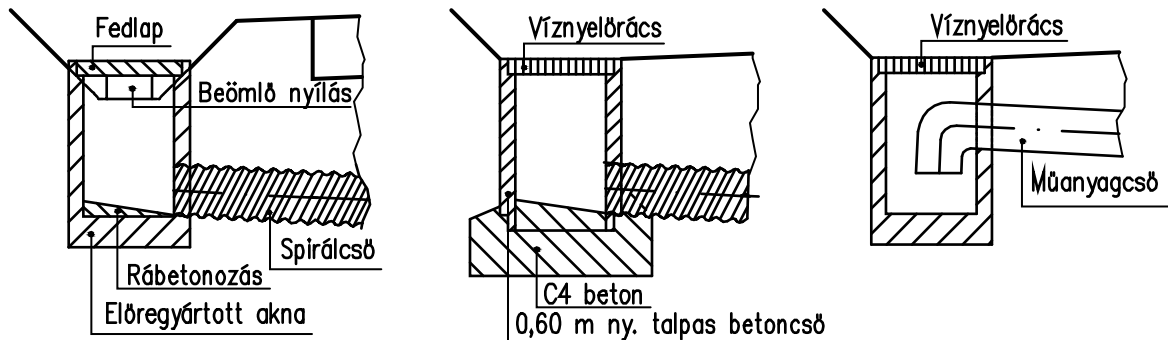
A csövet a névleges átmérőnél 1,5-szer szélesebb alapárokba kell elhelyezni. A túltöltés legkisebb vastagsága 0,30–0,60 m, legnagyobb vastagsága 8,00–2,00 m között változik a csőátmérő függvényében. A cső névleges átmérőjének alsó harmadában a cső közvetlen környezetében a töltést homokos-kavicsból kell elkészíteni. A cső mellé a talajt két oldalon azonos ütemben, rétegenként gondosan tömörítve kell beépíteni (1.2-60. ábra). A töltés tömörségi foka feleljen meg a földmunkára vonatkozó előírásoknak, amit a csőhullámok között is meg kell követelni. A csővéget a hossz tengelyre merőleges síkkal, vagy a rézsű síkjával azonos esésű ferde síkkal kell levágni.



1.2-60. ábra. Hullámlemez csőáteresztő beépítése

Ökológiai szempontból kedvező, ha az árokban összegyűlő vizet gyakrabban (10–30 m-ként) vezetjük át a völgy felőli oldalra. A kisebb vízhozam miatt ekkor kisebb átmérőjű műanyag, vagy bordásított alumínium cső, spirálcső építhető be, kisebb takarással. Ennek a megoldásnak az is előnye, hogy a terhelés hatására esetleg összenyomódó cső nem roppan össze, ezért vízvezető képességét még deformált állapotban is megtartja. A csövek eltömődését speciálisan kialakított akna-cső kapcsolattal lehet megelőzni (1.2-61. ábra). Az előregyártott elemről,

vagy függőleges tengellyel C4–C6 betonrétegbe süllyesztett 0,60 m átmérőjű csőáteresztő tagból kialakított aknába a cső a felső harmadban köt be. Az aknába bekötő csővéget pipa alakba lefelé kell hajlítani, ami megakadályozza a hordalék bejutását a csőbe. Az akna a bekötő csővéggel együtt nagyméretű hordalékfogóként működik. Az uszadék csőbe jutását az akadályozza meg, hogy a lefelé hajló cső befolyási szintje az aknában lévő víz szintje alá esik. Az ökológiailag helyes kialakítású csőáteresztők folyamatos tisztításáról – üzemeltetéséről – gondoskodni kell. Ezt el lehet kerülni azáltal, hogy a csövet a hasonló kialakítású akna aljába kötjük be. Ekkor az akna alját úgy kell kialakítani, hogy a befolyó víz sebességét az öntisztulás érdekében felgyorsítsa.



1.2-61. ábra. Kis átmérőjű műanyagcsövek aknáí

Az előbbieknél egyszerűbb megoldást jelenthet különösen a kiszállítóutak vízvezetésénél az a megoldás, amikor a kis átmérőjű műanyag csövet egyszerűen egy könyök kialakításával a folyásiránnyal szembe fordítjuk. Az árok ekkor egy folyókával helyettesíthető, amely keskenyebb egy szabványos ároknál, ezért bevágási földtömeget takaríthatunk meg és a műszelvény szélessége is lecsökken. A megoldást főként köves-sziklás területen, vagy jó vízvezető képességű talajon épülő kiszállítóutakon lehet alkalmazni.

A csőáteresztőben felgyorsuló víz a csövet elhagyva eróziót okozhat, ha az utófenék védelméről nem gondoskodunk. Az utófenék kialakításának módját a kilépő víz sebessége határozza meg:

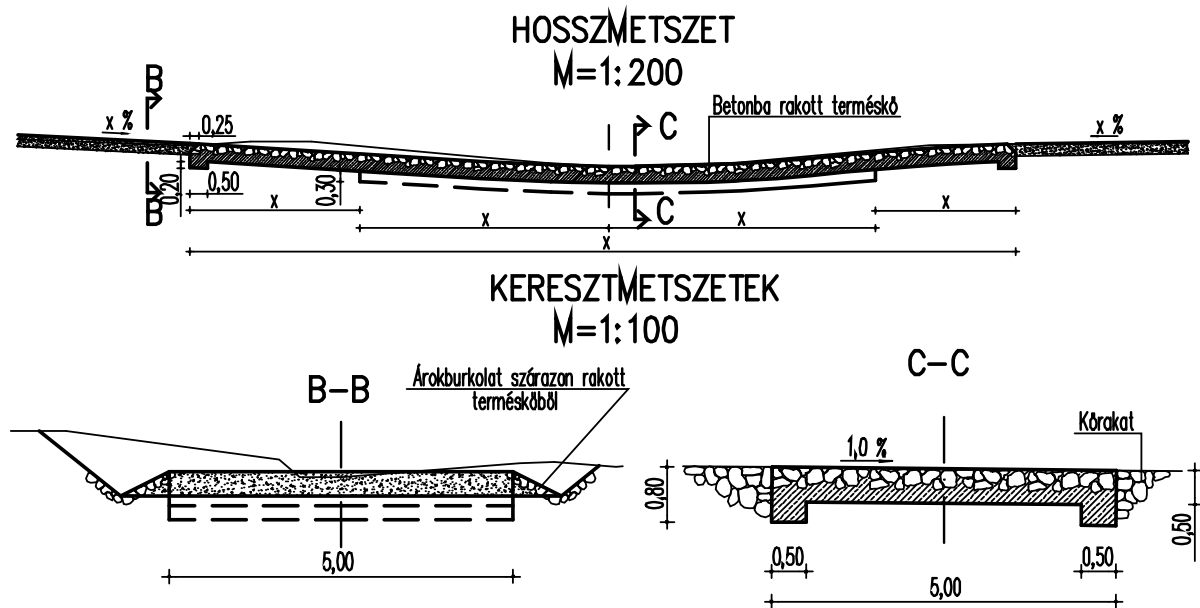
- $v < 1,5$  m/sec különleges védelméről nem kell gondoskodni,
- $1,5 < v < 2,5$  m/sec utófenék burkolás szükséges,
- $v > 2,5$  m/sec csillapítómedencével ellátott utófenékburkolás szükséges.

Az utófenékburkolást úgy kell kialakítani, hogy a víz sebessége a kritikus eróziót előidéző sebesség alá csökkenjen. Ezt a lejtés csökkentésével és a felület érdességének növelésével (fogak építésével, kiálló terméskövekkel stb.) érhetjük el. Az utófenékburkolás betonból, betonba rakott terméskőből, előregyártott betonelemekből készülhet. Az utófenékburkolás felületét célszerű kúppalást formájúra kiképezni. Ezen a felületen a víz szétterül, ami az árokban összegyűjtött víz szétosztását segíti elő.

Kisebb vízfolyásokon keresztülvezethetjük az utakat mederátjárókkal („gázlókkal”) is. A mederátjárót úgy kell kialakítani, hogy az a járművekkel zavartalanul járható legyen és a víz akadálytalan áramlását se akadályozza (1.2-62. ábra). Legmélyebb pontja a patakmederrel azonos szintbe kerüljön, a bevezető és kivezető szakasz legfeljebb 8%-kal lejtjen. A csatlakozó szakaszok közötti nagy töréskülönbségeket olyan sugarú ívvel kell lekerekíteni, amelynek húrmagassága a mértékadó gépjármű szabad magasságánál kisebb. A mederátjárót betonba rakott terméskőből kell megépíteni. A 30 cm vastagságú kőréteget min. 15 cm vastag C8–C12 minőségű betonba kell rakni. A mederátjáró kifolyási oldalán egy 0,40 m széles, a burkolat

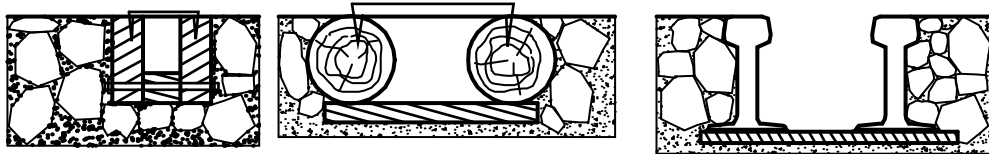


alsó síkja alá legalább 0,50 m mélyen lenyúló támasztóbordát kell építeni a gázló teljes hosszában. A mederátjáró előnyös megoldásnak csak akkor tekinthető, ha időszakos vagy kis vízfolyásokon való átkelésnél nagy műtárgyat takarítunk meg. Hátránya, hogy „száraz lábbal” nem lehet átkelni rajta. Hirtelen meginduló esőzések zavart, esetenként balesetet is okozhatnak, a téli lefagyás pedig járhatatlanná teheti a mederátjárót.



1.2-62. ábra. Mederátjáró kialakítása

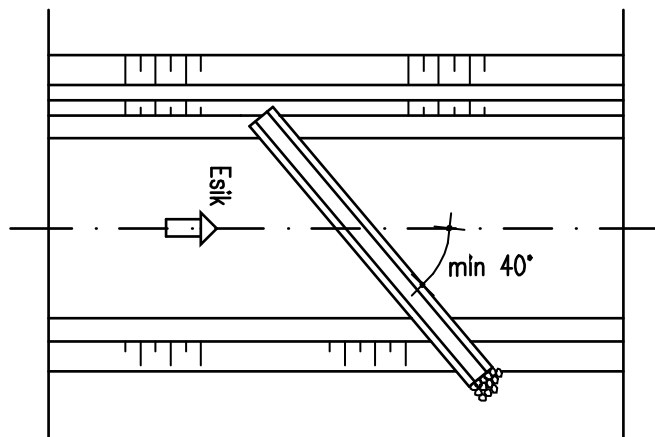
A nagyobb esésű földutak és a kötőanyag nélküli pályaszerkezetek felületi erózióját vízterelők beépítésével lehet megelőzni. Ezek a felületen lefolyó vizet vezetik el a felületről az oldalárokba. A vízterelők a járófelületbe keresztirányba elhelyezett, fából vagy acélból kialakított 6–12 cm széles, 12–15 cm mély folyókák (1.2-63 ábra). A vízterelőt nem merőlegesen, hanem ferdén kell elhelyezni úgy, hogy esése legalább 4%-os legyen az öntisztulás elősegítése érdekében. Az út tengelyével bezárt szög azonban ne haladja meg a 40°-t, így a túlzott hossznövekedést kerülhetjük el. (1.2-64. ábra).



1.2-63 ábra. Vízterelők kialakítása

A vízterelőket olyan távolságra kell egymástól elhelyezni, hogy a felületen folyó vizet az előtt vezessék el, mielőtt az a felületen eróziót okoz. A vízterelők kiosztását táblázatokból lehet kiválasztani az erdősültség, a csapadék, a záporok és az oldalról folyó víz mennyisége, valamint a helyi tapasztalatok alapján. Osztrák alpesi viszonyokra kidolgozott adatokat tartalmaz az 1.2-4. táblázat, amelyből a kedvező körülményeknek megfelelő adatok hazai viszonylatban iránymutatóak lehetnek.

A vízterelők a gépi útfenntartást akadályozzák, ezért ezek használata a hazai gyakorlatban nem terjedt el. Alkalmazásuk azonban indokolt lenne ott, ahol a meredek földutak burkolt utakhoz csatlakoznak, mert ezzel megakadályozható, hogy a földútról lerohanó vízzel együtt jelentős mennyiségű hordalék kerüljön a burkolatra, balesetveszélyes helyzetet teremtve.



1.2-64. ábra. Vízterelő elhelyezése

Kedvező körülmények		Kedvezőtlen körülmények	
csapadék 1300 mm alatt, kevés nagy zápor jól erdősült terület		csapadék 1300 mm fölött, gyakori nagy zápor fedetlen terület	
Hosszesés %	Távolság (m)	Hosszesés %	Távolság (m)
5	72	8	30
6	56	9	28
7	48	10	26
8	44	11	24
9	40	12	22
10	36	13	20
11	34	14	18
12	32	15	16
13	30	16	14
14	28	17	13
15	27	X	
16	26		
17	24		
18	23		
19	22		
20	21		
21	20		
22	19		

1.2-4. táblázat. Vízterelő kiosztása (HAFNER szerint)

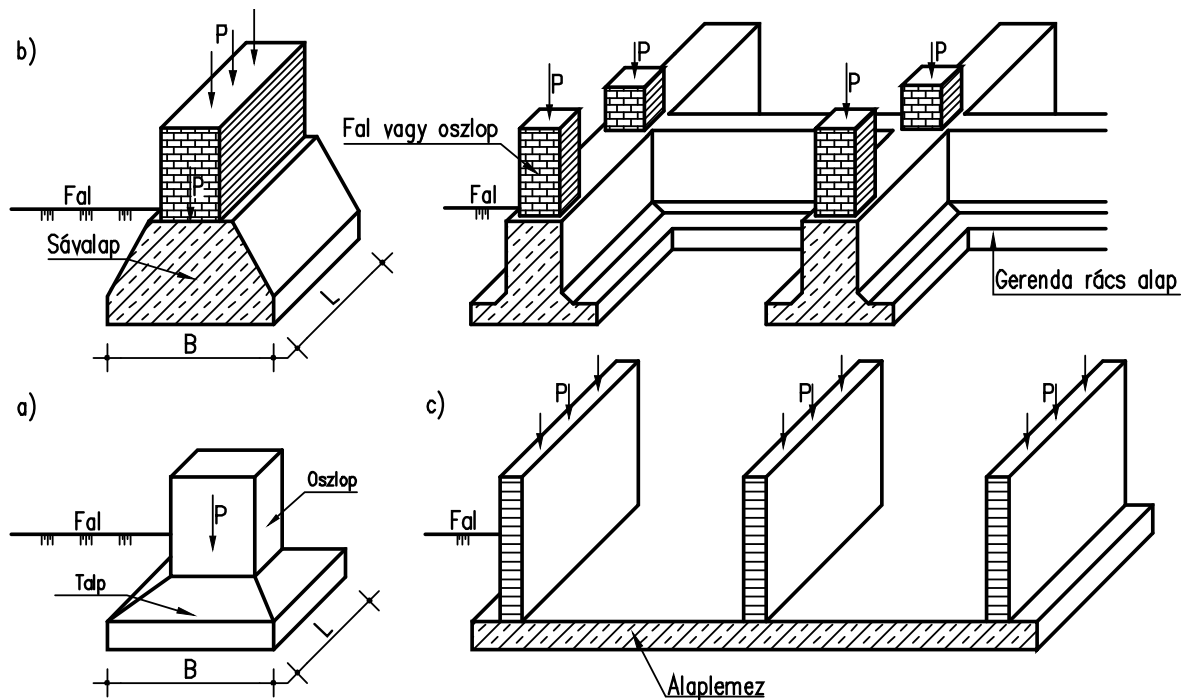
#### 1.2.4. Műtárgyak alapozása

A hazai terepviszonyok között az erdészeti utak műtárgyai rendszerint kisméretűek, ha az erdészeti úttervezés elveit betartjuk és helyesen alkalmazzuk. Ezek a könnyű és egyszerű kialakítású szerkezetek kedvező talajviszonyok között általában nem kívánnak különleges alapozást, tehát legtöbbször elég síkalapozást terveznünk. A síkalapozás tervezését (síkalapozást kizáró okok, megengedett feszültség, süllyedésszámítás) a talajmechanikában ismertettek szerint a szabványokban előírt módon kell elvégezni, itt részletesen csak a kivitelezés kérdésével foglalkozunk.

Az előregyártott elemekből épített hídfőknél használt cölöp alapok, illetve a kedvezőtlen talajviszonyok között használt mélyalapozások építését csak érintjük. Ezek tervezését célszerű szaktervezővel elvégeztetni, az építést pedig megfelelő gépekkel rendelkező kivitelezőre bízni.

#### 1.2.4.1. Síkalapozások

A síkalapozás olyan alapozási mód, amelynél az alaptest az építmény terheit alsó támaszkodó felületével adja át a felszínhez közel fekvő talajrétegekre. Az alaptest oldalfelületén átadott terhelés az előbbiekhöz viszonyítva elhanyagolhatóan csekély.



1.2-65. ábra. Síkalapozás fajtái

A síkalapokat az alaptest alakja szerint csoportosítjuk (1.2-65. ábra):

- A talpalap egy – ritkán két – pillért támaszt alá. A rövidebb ( $B$ ) és hosszabb ( $L$ ) oldal aránya  $B:L \geq 1:3,5$ . Alakja négyzög (négyzet, téglalap), sokszög vagy kör (1.2-65/a. ábra).
- Sávalap a végigmenő falazatot folyamatosan támasztja alá. Oldalainak aránya  $B:L < 1:3,5$ . Mivel a fal anyagára megengedett feszültség jelentősen nagyobb, mint a talaj határfeszültsége, ezért a sávalap konzolszerűen túlnyúlik a falon, de egyes esetekben a felmenőfal és a sávalap szélessége meg is egyezhet (1.2-65/b. ábra).
- A lemezalap a teljes építményt vagy annak egy részét (több végigmenő falat, oszlopot) egyetlen összefüggő szerkezetként támasztja alá (1.2-65/c. ábra).

Az alapárok kiemelésére általában hidraulikus árokásó kotrót használhatunk, kisebb munkáknál esetleg kézi földkitermelést is végezhetünk. A kitermelt talajt tehergépkocsival a kijelölt deponálási helyre kell szállítani vagy a helyszínen be kell építeni. Nagyobb alapgyödrök durva földmunkáit dózerral is elkészíthetjük, amikor a kitermelt talajt rakodólappal rakjuk a szállítójárműre.

A munkagyödrök oldalfalának kialakítása függ:

- a talaj fizikai jellemzőitől,
- a rendelkezésre álló területtől,

- a talajvíz szintjétől,
- a víztelenítés módjától,
- a gödör nyitva tartásának idejétől,
- a szomszédos épületek talajmozgásra való érzékenységtől.

Ezek figyelembevételével a munkagödör oldalfala kialakítható:

- rézsűsen,
- dúcolva,
- horgonyozva (gyakorlatunkban ritkán alkalmazunk),
- körülzárással.

A munkagödör oldalfalát legegyszerűbben rézsűsen alakíthatjuk ki. A megengedett rézsűhajlásokat az 1.2-4. táblázat foglalja össze.

Talajtípus	Halom-sűrűség t/m <sup>3</sup>	Súrlódási szög φ°	Rézsűmagasság m	Rézsűhajlás r = ctgα
Homokliszt	1,8	22,5	0,0–3,0	6/4
			3,0–6,0	7/4
			6,0–9,0	8/4
			9,0–12,0	9/4
			12,0–15,0	10/4
Homoklisztes iszap	1,9	27,5	0,0–3,0	6/4
			3,0–6,0	6/4
			6,0–9,0	6/4
			9,0–12,0	7/4
			12,0–15,0	8/4
Iszap	2,0	20,0	0,0–3,0	6/4
			3,0–6,0	6/4
			6,0–9,0	6/4
			9,0–12,0	7/4
			12,0–15,0	10/4
Sovány agyag	1,9	15,0	0,0–3,0	6/4
			3,0–6,0	6/4
			6,0–9,0	6/4
			9,0–12,0	7/4
			12,0–15,0	10/4
Kövér agyag	2,0	10,0	0,0–3,0	6/4
			3,0–6,0	6/4
			6,0–9,0	6/4
			9,0–12,0	7/4
			12,0–15,0	10/4
Finom homok	-	-	-	8/4
Durva homok	-	-	-	7/4
Kavics és kő	-	-	-	6/4

1.2-4. táblázat. A száraz bevágások megengedett rézsűhajlása a rézsűmagasság függvényében

A kohézió nélküli szemcsés talajok rézsűhajlását a talaj belső súrlódási szöge határozza meg, amellyel mint természetes rézsűvel a határolás kialakítható.

A kohéziós talajokban a rézsű hajlása a kohéziótól és a rézsű magasságától függ. Ezek a talajok elméletileg:

$$h_o = \frac{4c}{\gamma} \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi / 2)$$

függőleges magasságban is megállnak, de ennek teljes kihasználása veszélyes, ezért a biztonság érdekében legfeljebb 2/3 magasság vehető figyelembe:

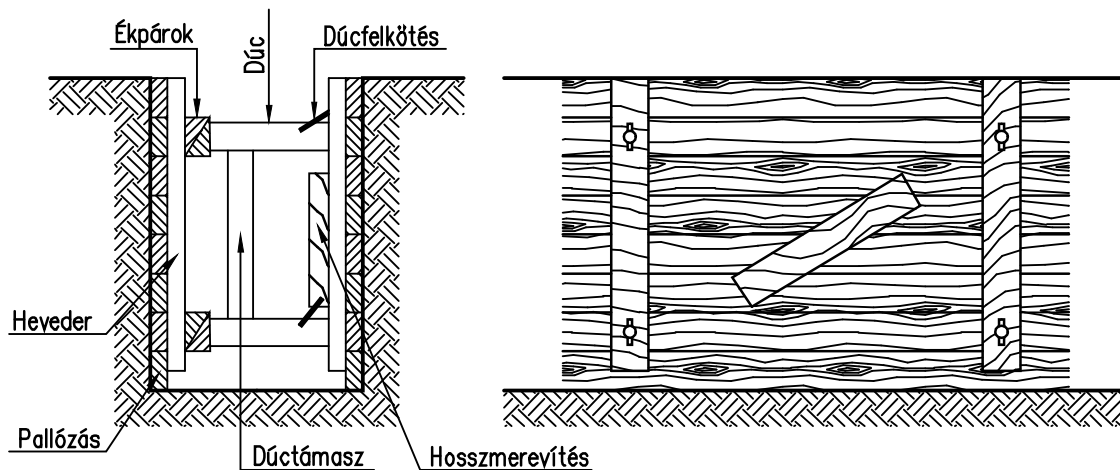
$$h_o = 2/3 h_o = \frac{2,67c}{\gamma} \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2)$$

A szemcsés talajok függőleges falban is megállhatnak a telítetlen talajokban ( $0 < S < 1$ ) kialakuló kapilláris kohézió (látszólag kohézió) miatt. Ezt azonban nem szabad kihasználni, mert kiszáradva ( $S = 0$ ), vagy telítődve ( $S = 1$ ) a jelenség megszűnik, és a fal leomlik. Ezekben a talajokban csak rövid ideig szabad kis magasságú (max. 0,80 m) függőleges falat építeni.

Amennyiben a munkagödör oldalfala nem alakítható ki rézsűsen gazdaságossági okok vagy egyéb körülmények miatt, akkor az oldalfal biztosítását dúcolással kell kiképezni. A hazai munkavédelmi előírások szerint a talajminőségtől függően dúcolni kell, ha a munkagödör függőleges falának magassága az alábbi értékeket meghaladja:

- iszapos talajban, nedves homokban 0,80 m
- gyenge és nem állékony (kavics, homok, agyagos) talajokban 1,00 m
- közepes tömörségű (lapáttal megmunkálható) talajban 1,20 m
- tömör (bontóvassal, csákánnyal, ékkel megmunkálható) talajban 2,00 m

A dúcolatot – amely fogalomba a felületet befedő pallózás is beleértendő – a gödör megnyitása után közvetlenül vagy közben fokozatosan építik be. A dúcolat feladata a talaj megtámasztása, de nem feladata a vízzárás, ezért általában talajvízszint fölött használhatjuk.

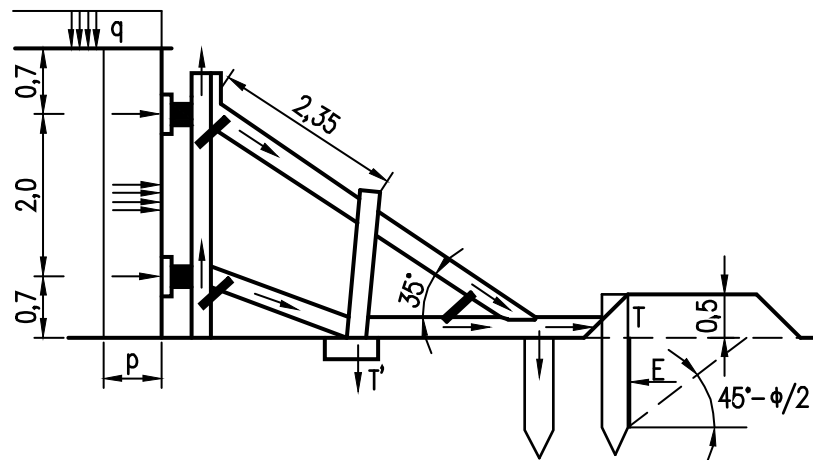


1.2-66. ábra. Dúcolat és részei

A dúcolat (1.2-66. ábra) talajjal közvetlenül érintkező része a pallózás, mely 48 mm vastag szabványos puhafa állványpallóból készül. A pallók iránya folyásra hajlamos talajokban függőleges, folyásra nem hajlamos talajokban vízszintes. A vízszintes pallózat között 10–20 cm széles réseket lehet hagyni.

A pallókra jutó terheket a dúcok felé a hevederek közvetítik. Ezek iránya a pallóra merőleges és egymástól 1,50–2,50 m távolságra helyezkednek el. A dúcok keskeny munkagödörben vízszintesek és a két áttellenes pallózást feszítik szét. Széles munkagödörökben a dúcokat ferde támaszok alkotják (1.2-67. ábra). Olyankor, amikor a széles alapgödörben nincs elegendő hely, a dúcolat hátrafelé is kihorgonyozható. A horgonyként szereplő cölöpöt olyan távol kell elhelyezni a zsaluzattól, hogy az a szakadólapon kívülre kerüljön (1.2-68. ábra). A dúcok anyaga általában gömbfa. A dúcokat ékpár feszíti meg. Ezek hajlásszöge legyen kisebb, mint

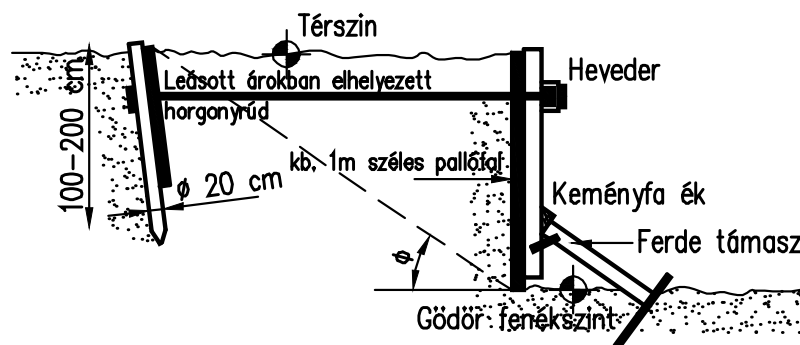
a felhasznált faanyagok közötti súrlódási szög (pl.: tölgy-tölgy esetében  $15\text{--}20^\circ$ ), mert így az ékek önzárása biztosított.



1.2-67. ábra. Széles munkagödör dúcolata ferde támasszal

Nagy magasságú dúcolatok elemeinek méreteit méretezéssel kell megállapítani. Ilyen nagyságú szerkezetek az erdészeti gyakorlatban ritkán fordulnak elő.

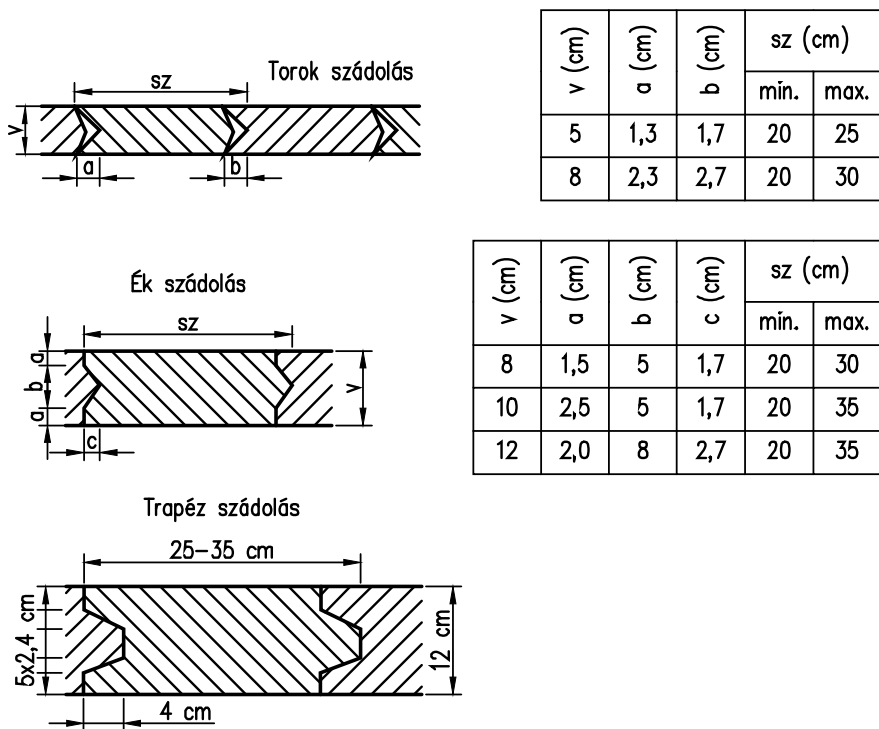
A talajvízszint alá kerülő alapozási sík esetében a talaj megtámasztásán kívül a talajvizet is ki kell zárni a munkagödörből. Ekkor a munkagödör területét szádfalazással zárjuk körül.



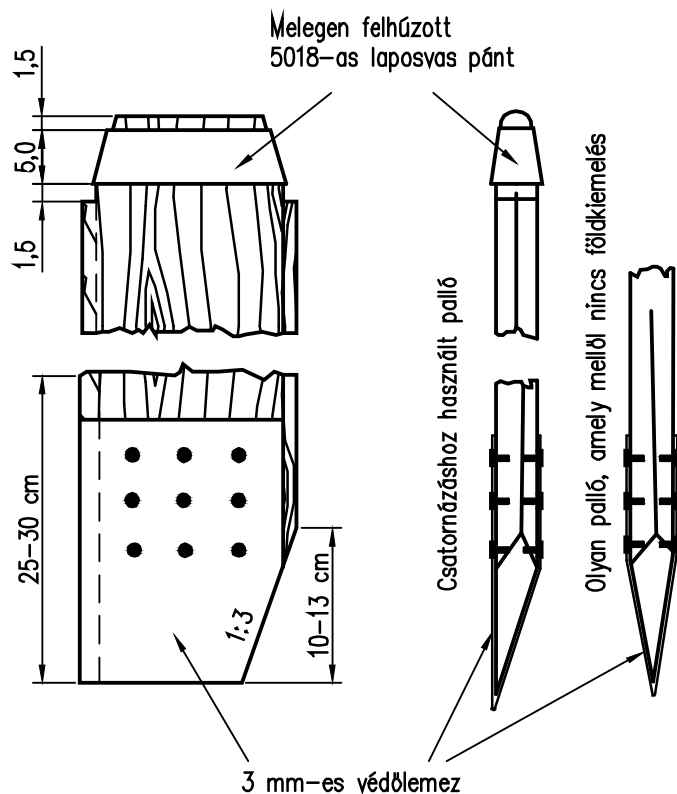
1.2-68. ábra. Dúcolat kihorgonyozása

A szádfalazás lényegében abban különbözik a dúcolástól, hogy az vízzáró megtámasztást biztosít és a munkagödör megnyitása előtt készül. A szádfal anyaga fa, acél vagy vasbeton. A szádpallókat úgy verik le egymás mellé, hogy azok zárt falat alkossanak és az alapgödör tervezett alsó szintje alá nyúljanak. A szádfal merevítésére szolgáló bordázatot a szádpallók leverése előtt lehajtott vezércölöpök képezik. A szádpallók beállítására, a pallók lehajtás közbeni vezetésére, valamint a levert szádfal együttdolgozásának biztosítására vízszintes fogófákat (fogópárok, mellgerendákat) használnak.

A fa szádfalak fából készített szádpallókból és vezércölöpökből állnak. A pallók horonnyal és eresztékekkel kapcsolódnak egymáshoz (1.2-69. ábra). Alsó végüket élezni kell és az egyik oldalon levő sarkukat 1:3-1:5 rézsűvel le kell vágni (1.2-70. ábra), így leveréskor a palló az előzőleg levert pallóhoz szorul. Kemény talajban a pallók végét megfelelő vastagságú bádoglemezzel lehet a roncsolódástól megvédeni.



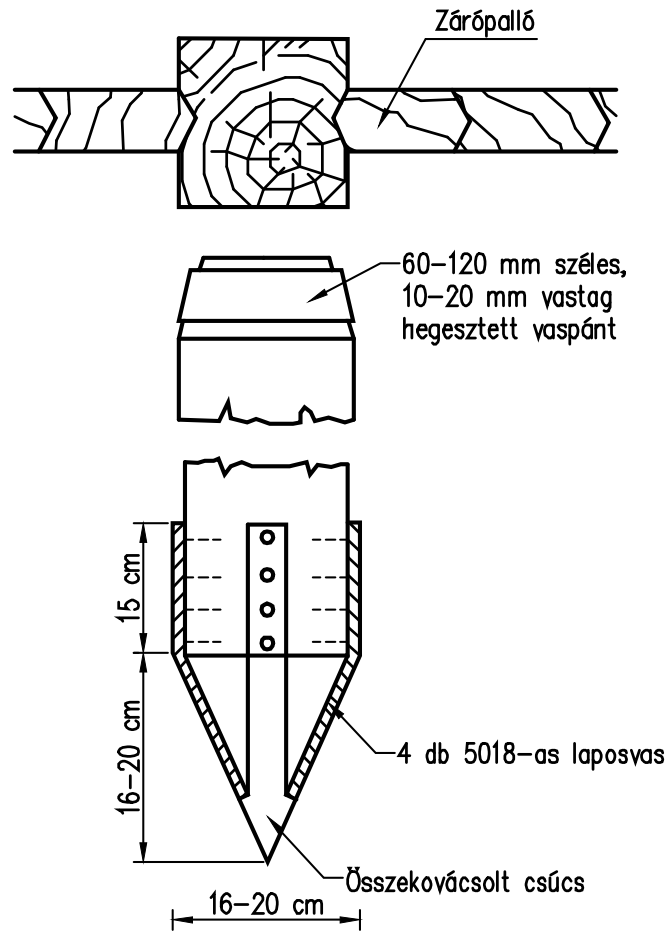
1.2-69. ábra. Fa szádpallók hornyolása



1.2-70. ábra. Fa szádpallók kialakítása

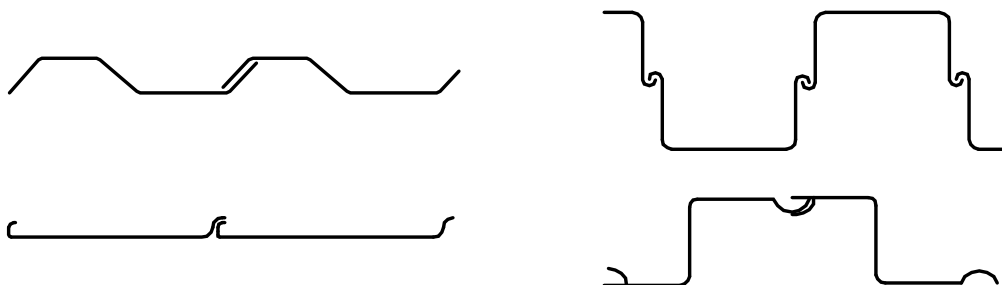
A vezércölöpök 16×16 vagy 20×20 cm keresztmetszetű facölöpök, amelyek általában 1 m-rel hosszabbak a szádpallónál. Alsó végük kovácsoltvas saruval ellátott csúcsban végződnek. Felső

végüket laposvas gyűrű fogja össze és védi meg a szétforgácsolódástól (1.2-71. ábra). A vezércölöpök mindkét oldalán horonnyal vannak ellátva, ezért az egyik oldalról hozzájuk csatlakozó pallót mindkét oldalán eresztékkal kell ellátni. Ez a többi pallótól eltérő kialakítású palló a zárópalló.



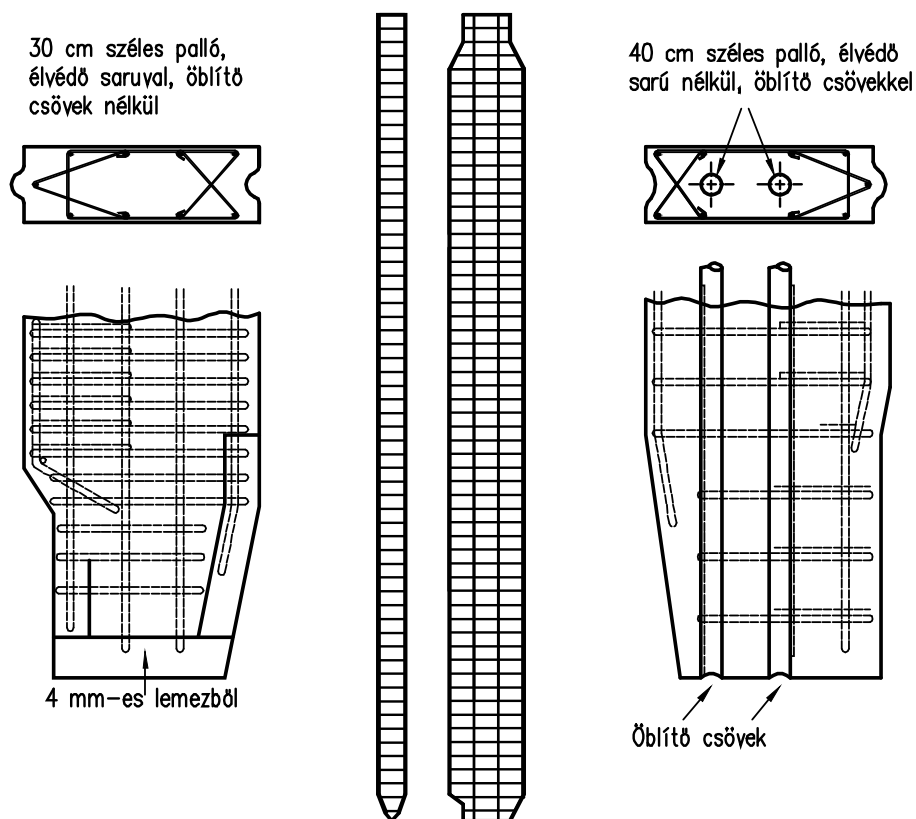
1.2-71. ábra. Vezércölöp kialakítása

Nehéz talajviszonyok között acél szádpallókat célszerű használni (1.2-72. ábra). A szádfal készülhet vasbeton szádpallókból is (1.2-73. ábra). Ezek nagy súlyuk miatt nehezen kezelhetők, ezért azokat főként bent maradó szádfalakként használják.



1.2-72. ábra. Acél szádpallók kialakítása



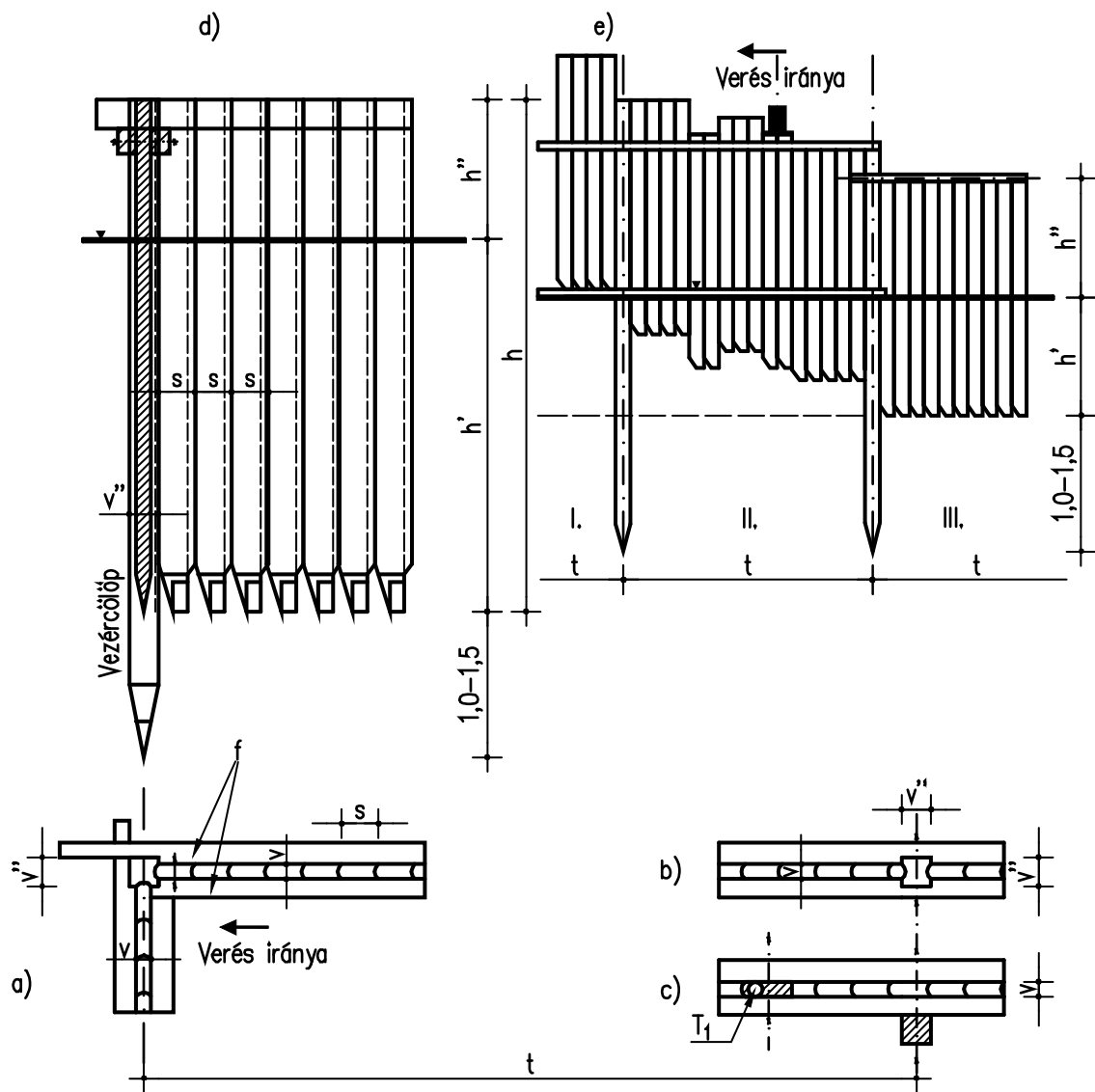


1.2-73. ábra. Vasbeton szádpalló keresztmetszete

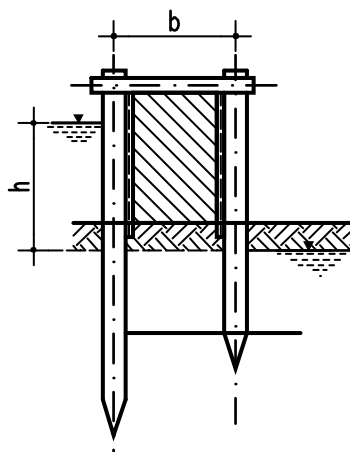
A fa szádpallókat kézi vagy gépi működtetésű verőkossal hajtják le. Először a vezércölöpöket kell lehajtani (1.2-74. ábra). Ezek egymástól  $t = 3\sim 5$  m távolságra, illetve az alapgödör töréspontjára kerülnek. A  $t$  távolságot úgy kell megválasztani, hogy az az  $s$  pallószélesség egész számú többszöröse legyen. Ezután a fogópárok közé elhelyezzük a szádpallókat és 1,0~1,5 m-es lépcsőkben egyesével vagy párosával leverjük őket. A szádpallók pontosabb elhelyezése és megvezetése érdekében két fogópárt célszerű használni. A felső fogófákat a leverés utolsó szakaszában le kell szerelni, és a leverés utáni végső helyzetben kell visszaszerelni, amikor az alsó fogófákat távolítjuk el.

Az acél szádfalak vezércölöp nélkül készülnek, mert a szádpallók horonyeresztékei húzóerő felvételére is képesek, tehát nem szükséges azok összeszorítása.

Élővizekben a munkatér körülzárására zárógátat, vagy kettősfalú jászolgátat használhatunk. A zárógátaknál jól záró szádpallókból készített szádfal biztosítja a vízzárást. A két egymáshoz kapcsolt szádfal közé a gát állékonyságát biztosító kitöltő talaj kerül. Külön megtámasztásról nem kell gondoskodni, azoknak önmagukban kell állékonynak lenni, mint egy egységes tömböt képező súlytámfalnak. Kisebb munkagödörök körülzárására használjuk a jászolgátat. Ennek falai egymásra helyezett, hevederrel összefogott hornyolatlan pallósorból állnak, amelyet nem kell a talajba leverni. A talajba vert cölöpökkel rögzített pallófalak közötti teret vízzárás biztosító talajjal kell kitölteni. A jászolgát stabilitását belső vagy külső dúcolás biztosítja (1.2-75. ábra).



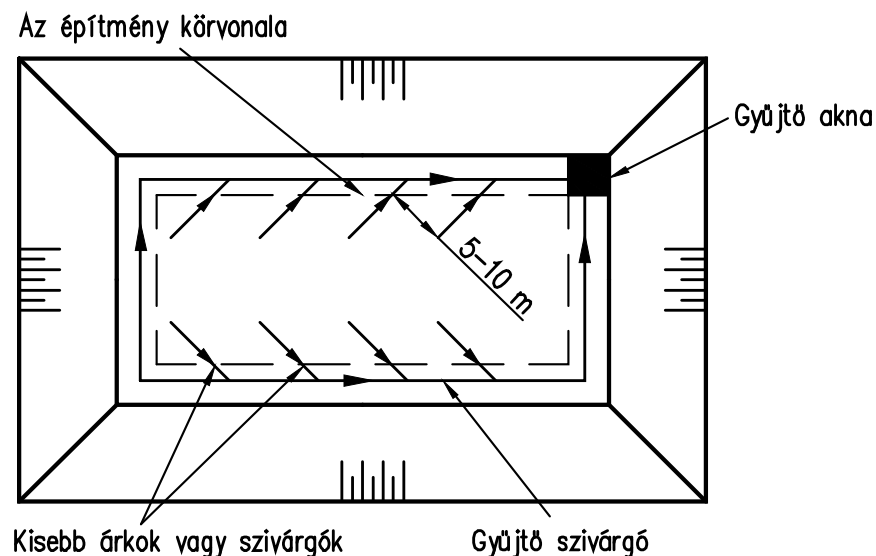
1.2-74. ábra. Fa szádfal építése



1.2-75. ábra. Jászolgát

Az alapozási munkák zavartalan végzése megkívánja, hogy az alapgödörbe kerülő vizet – amely származhat talajvízből, csapadékból, patakvízből stb. – folyamatosan eltávolítsuk. Ennek legegyszerűbb módja, ha az alapgödörbe kerülő vizet nyílt árokrendszerrel összegyűjtjük és gyűjtőaknába (zsompba) vezetjük, ahonnan kiszivattyúzzuk (1.2-76. ábra).

A nyílt víztartásos víztelenítés feltétele, hogy a víz ne okozzon kimosódást, fellazulást, tehát lassan áramoljon a munkagödör felé. Ez a feltétel akkor kielégített, ha a talaj vízáteresztőképessége, vagy a hidraulikus gradiens kicsi. Nyílt víztartással ezért általában a kis vízáteresztőképességű talajokat vízteleníthetjük problémamentesen. Szemcsés talajokban csak akkor használhatjuk ezt a megoldást, amikor a víztelenítéssel nem okozunk hidraulikus talajtörést. Általában tehát ott adott a lehetőség, ahol az alapozás síkjával nem kell lényegesen mélyebbre menni a talajvíz szintjénél. A talajvíz szintjénél lényegesebben mélyebbre kerülő alapozási síkoknál olyan vízzáró oldalhatárolást kell kialakítani, amely leér az alsóbb kötött talajrétegig, illetve ennek hiányában ez a fal olyan mélyen nyúlik a rétegbe, hogy a hidraulikus gradiens értékét a kritikus érték alá csökkenti.



1.2-76. ábra. Gyűjtőárok-hálózat kialakítása

A nyílt víztartással víztelenített munkagödör alján 2% fenékeséssel az akna felé lejtő árokhálózatot kell létesíteni (1.2-76. ábra). Az alapgödör kerülete mentén gyűjtőárkot kell kiképezni, amely az oldalról leszivárgó vizet a zsompba vezeti. Ezt az árkot a földkiemeléssel párhuzamosan mélyíteni kell. Nagy kiterjedésű munkagödrök víztelenítésére egymástól 5~10 m-re lévő mellékszivárgók vagy árkok is kialakíthatók. Ezek a gyűjtőárok felé lejtnek, és oda csatlakoznak.

Az alap beépítése előtt közvetlenül az alapgödör fenekét elő kell készíteni. Először a felső fellazult, felázott elszennyeződött réteget el kell távolítani. Kötött, anyagos és felázásra hajlamos gödörfenékre min. 10 cm vastag homokos kavics réteget kell elhelyezni, amely előnyösebbé teszi a víztelenítést és a súrlódást is növeli. A munkagödört nem célszerű azonnal teljes mélységig kiemelni, hanem az utolsó réteget csak közvetlenül az alap építése előtt szabad eltávolítani, a homokos kavicssterítés vastagságát pedig a mélységbe be kell számítani. A gödör betonnal érintkező felületét betonozás előtt nedvesíteni kell.

#### 1.2.4.2. Mélyalapozások

Mélyalapozásnak nevezzük azokat az alapozási módokat, amelyekkel az építmények terheit közvetítőelemeken keresztül a mélyebb talajrétegekre adjuk át. Tervezésük és építésük akkor indokolt, ha a síkalapozást valamilyen ok kizárja.

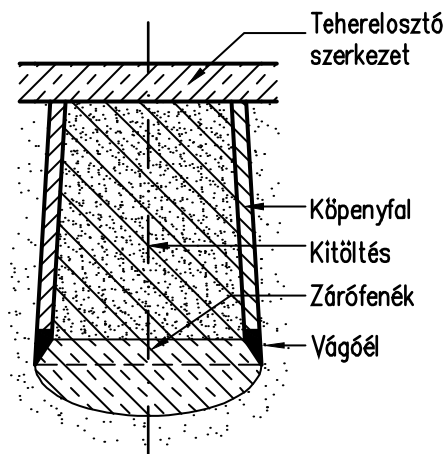
A mélyalapozásokat három csoportba oszthatjuk:

- kút- és szekrényalapozások,
- cölöpalapozások,
- résfalas alapozások.

A különböző mélyalapozási módszerek közül a kút- és cölöpalapozás egyszerű változatait szoktuk az erdészeti utak hídjainak alapozásánál használni.

A kút- és szekrényalapok süllyesztett alapok. Az alaptestet határoló kút, illetve szekrénystruktúrákat a felszínen készítik el, majd lesüllyesztik a tervezett mélységbe. A kút és szekrényalapozás elvileg azonos módszernek tekinthető, az eltérés alaprajzi kialakításukban, elrendezésükben és nagyságukban jelentkezik. A szekrényalapok alakja és mérete megegyezik az építményével, a kútalapok rövid, zömök cölöpökként, pontonként támasztják alá az építményt.

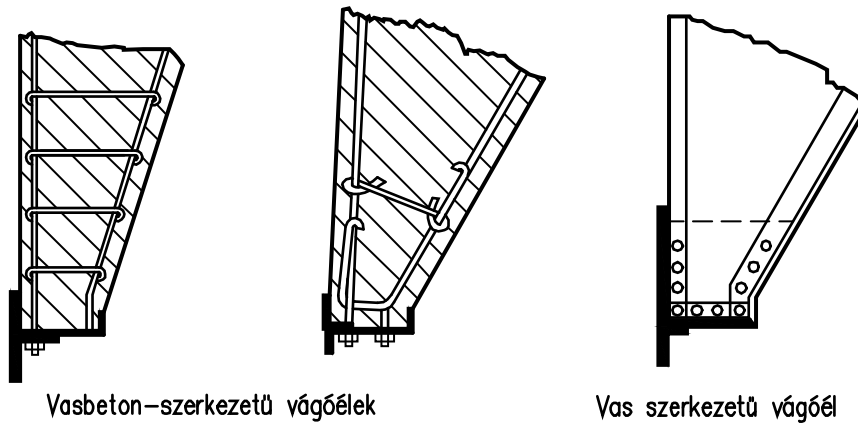
A kutak anyaga általában vasbeton, de kis átmérő és könnyű kotrási viszonyok között csömöszölt beton vagy előregyártott elemekből (kútgyűrűkből) is építhetők. A kútalap részei: a vágóél, és a köpeny (1.2-77. ábra).



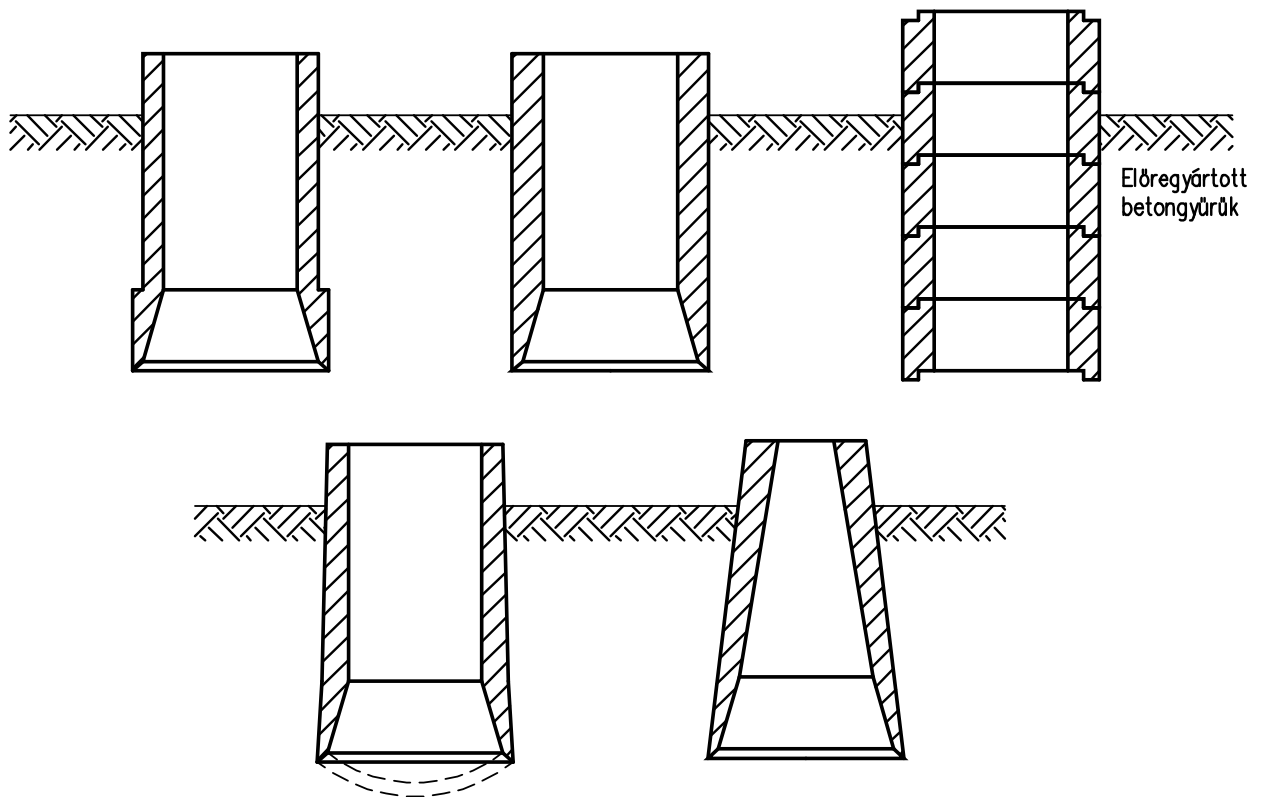
1.2-77. ábra. Kútalap részei

A vágóél a kút legalsó megerősített része, amely süllyesztés közben átvágja a talajt, a süllyesztést akadályozó tárgyakat, valamint felveszi és szétosztja az egyenlőtlen felfekvésből származó erőket. Kisebb igénybevételeknél készülhet C16–C25-ös betonból, nagyobb igénybevételeknél acélból (1.2-78. ábra).

Az 50–70 cm magas vágóél fölött helyezkedik el az általában C12–C16-os betonból készített köpenyfal. Ennek alakja lehet párhuzamos-függőleges, azonban a süllyesztési ellenállás csökkentése miatt kedvezőbb, ha a kút alsó átmérője nagyobb mint a felső. Ezt kialakíthatjuk úgy, hogy a vágóélet 10–15 cm-rel csökkentve kúpos alakot hozunk létre. Ez utóbbi megoldás a zsaluzás szempontjából előnytelenebb (1.2-79. ábra). A kút süllyesztése kézi, vagy gépi kotrással történhet. Amennyiben a hidraulikus talajtörés veszélye nem áll fenn, a nyílt víztartásos víztelenítés szivattyúzással történhet, ellenkező esetben víz alatti kotrással kell a talajt eltávolítani. A süllyesztést a teherbíró talajrétegeig kell végezni, majd a kutat sovány betonnal kell kitölteni.



1.2-78. ábra. Kút vágóélének kialakítása

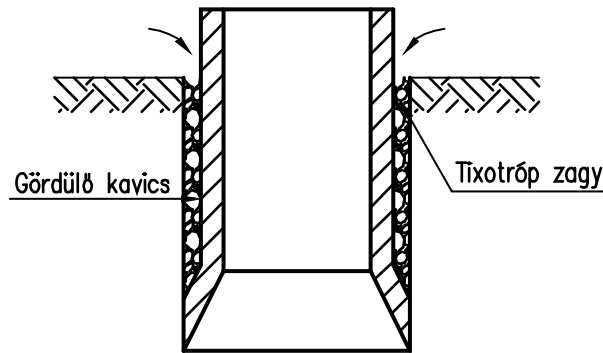


1.2-79. ábra. Köpenyfal alakjai

A víz megjelenésekor a kút aljára víz alatti betonréteg kerül, majd ennek megszilárdulása után a kútát vízteleníteni kell. A kútát ezután ugyancsak soványbetonnal kell kitölteni. Az alapozásoknál általában több kútát süllyesztünk le, amelyeket felül teherelosztó vasbetonlemezzel fogunk össze. Ezt a lemezt a kútát kitöltő betonba vasbetétrel kell lehorgonyozni.

A kút süllyesztése közben célszerű a vágóél által kivágott föld és a köpenyfal között keletkező üreget megtámasztani, mert az ebbe visszahulló talaj beszoríthatja a süllyesztendő kútát. Megtámasztás nélkül a talaj is beomolhat és ún. süllyesztési tölcser keletkezhet, amely a környező épületeket veszélyezteti. Az előbbieket elkerülésére és a talaj valamint a köpenyfal közötti sűr-

lódás csökkentésére a keletkező üreget kis súrlódású anyaggal – pl. gyöngykavicssal vagy sűrű bentonitzaggal – kell kitölteni (1.2-80. ábra).



1.2-80. ábra. Kút köpenysúrlódásának csökkentése

A kútalapok alapozási síkját a teherbíró talajréteg helyzete, illetve a kimosás elleni védekezés szempontjai határozzák meg. Méretezéskor a kutakat kör alaprajzú síkalapként kell számítani, ahol 1,4 alak tényező vehető figyelembe a nagyobb takarás miatt. A kút köpeny falán fellépő oldalsúrlódást nem lehet a teherbírásba beszámítani, mert a süllyesztés érdekében azt lecsökkentjük. A kutak minimális belső átmérője 1,20 m-nél kisebb nem lehet.

Cölöpalapozásról akkor beszélünk, amikor az építmény terheit a talaj felé függőlegesen vagy ferdén levert cölöpök továbbítják. A cölöpalapok több – helyszínen vagy előregyártott – cölöpből állnak, amelyet monolit vagy előregyártott fejgerenda vagy vasbetonlemez fog össze.

A cölöpök anyaga lehet fa (általában ideiglenes jellegű építménynél) beton, vasbeton, feszített beton vagy acél.

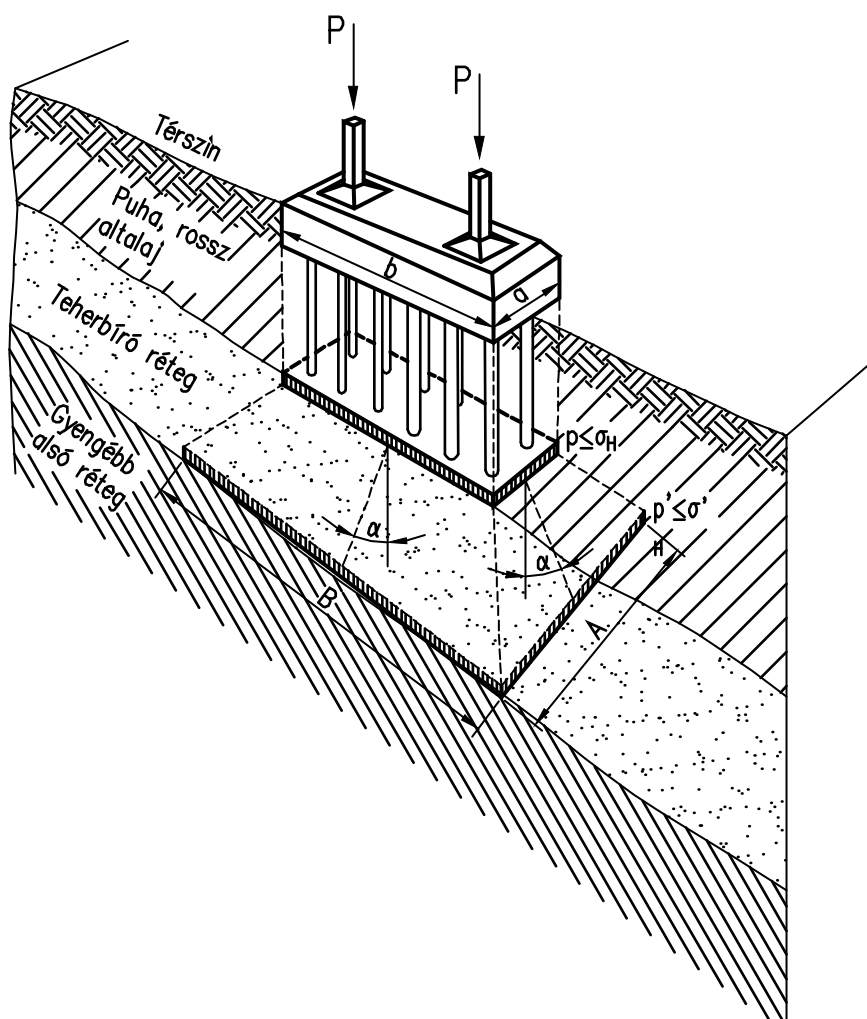
A cölöpalapokat a cölöpök leajtása és készítése szempontjából két fő csoportra osztjuk:

- a talajkiszorítással készülő cölöpöket veréssel, vibrálással, csavarással vagy sajtolással juttatjuk a talajba,
- a talajkiemeléssel készülő cölöpöket öblítéssel leajtott, kifűrt lyukba elhelyezett előregyártott cölöpökből vagy fűrt lyukba helyszínen készülő cölöpökből építjük meg.

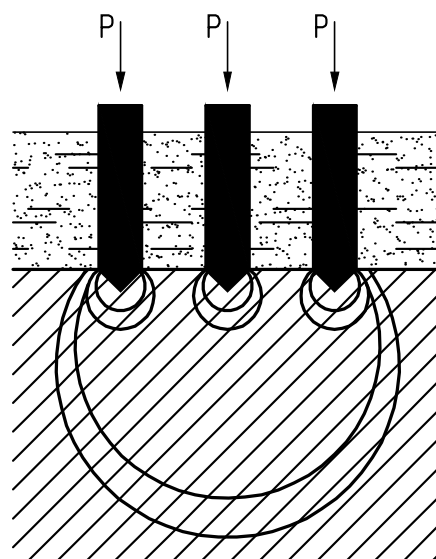
A teherátadás módja szerint megkülönböztetünk:

- támaszkodó cölöpöket,
- lebegőcölöpöket.

A támaszkodó cölöp a teher nagy részét a csúcsán adja át a környező talajra. A cölöp köpenyén súrlódással átadott erő alárendelt szerepet játszik. Ezeket a cölöpöket akkor használhatjuk, ha a cölöpök csúcsa alatt teherbíró talaj (szikla, konglomerát, tömör kavicsréteg stb.) van. A támaszkodó cölöpöket mint nyomott rudakat kell méretezni általában a kihajlás figyelembevétele nélkül. Kihajlásra is méretezni kell a cölöpöket, ha azok szabadon vagy vízben állnak, mert még a laza talajrétegekbe is kap a cölöp külső oldaltámasztást. A teherviselő réteg fölött elhelyezkedő konszolidálódó talajréteg negatív köpenysúrlódást idéz elő, amely többletterhelést okoz, és azt a számításoknál figyelembe kell venni. A cölöpkiosztást úgy kell megtervezni, hogy az egy cölöpre jutó terhelésből a cölöp csúcsok síkjában keletkező feszültség ne haladja meg azt a feszültséget, amely az ugyanilyen mélységben létesített síkalap határfeszültsége volna (1.2-81. ábra). A feszültségek számításánál figyelemmel kell lenni az egymásra halmozódásra (szuperponálódásra) és arra, hogy a nagyobb mélységekbe lehatoló feszültségek a mélyebben fekvő rétegekben se okozzon a rétegre megengedettnél nagyobb feszültséget (1.2-82. ábra).



1.2-81. ábra. Feszültségszámítás elve támaszkodó cölöpknél



1.2-82. ábra. Feszültségek lehatolása támaszkodó cölöpcsoport esetében

Egy cölöpszlop teherbírása a csúcsellenállás alapján:

$$P_t = \delta_t \cdot F$$

ahol:  $F$  = a cölöpszlop keresztmetszete

$\delta_t$  = a talaj törőfeszültsége

Támaszkodó cölöpökből álló alap teherbírása az egyes cölöpök teherbírásának összege. A lebegőcölöpök a terhelést köpenyükön és csúcsukon adják át a környező talajnak. Itt a csúcsellenállás nem, vagy csak elhanyagolható mértékű, a teherviselésben zömmel a köpenysúrlódás játszik szerepet.

A lebegőcölöpök teherbírását megadó közelítő gyakorlati számítások a cölöp törőterhét ennek megfelelően két részre bontják:

csúcsellenállásra,

köpenysúrlódásra.

Így a lebegőcölöp teherbírását megadó képletek általános formája

$$P_t = F \cdot \delta_t + k \cdot f$$

ahol:  $P_t$  = a cölöp teherbírása

$F$  = a cölöp keresztmetszeti területe

$\delta_t$  = a cölöp csúcs alatti talaj törőfeszültsége

$k$  = a cölöpköpeny felülete

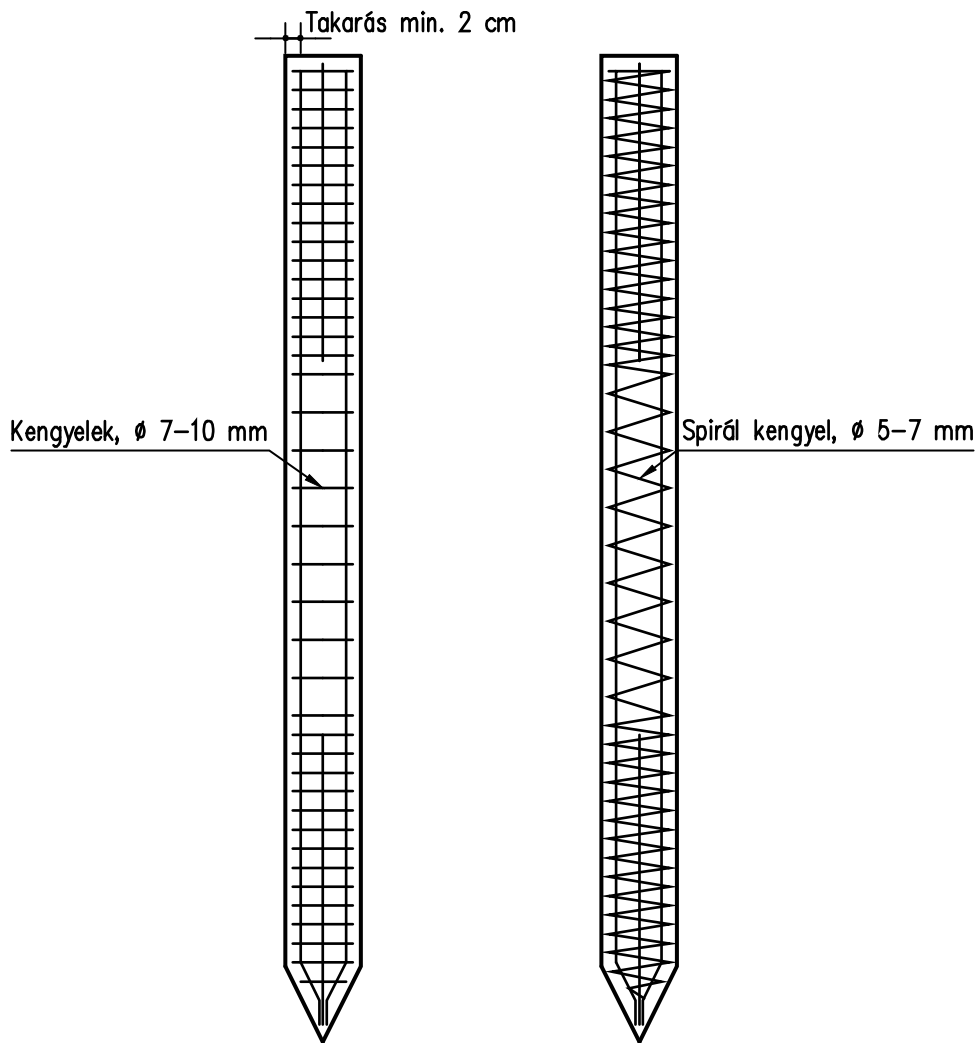
$f$  = a köpenysúrlódási tényező

A képletben szereplő tagok kiszámítására különböző feltevésekből kiinduló egyszerűsítő feltevést és elhanyagolást tevő összefüggést hoztak létre, amelyekből számított eredmények jelentős szórást mutattak. A sok képlet közül azokat használjuk manapság, amelyekkel a ténylegesen mért teherbírási értékeket a legjobban megközelítjük. Lebegőcölöpökből álló cölöpcsoport teherbírása kisebb lesz, mint az egyes cölöpök teherbírásának összege. A lebegő cölöpök tervezésénél figyelembe kell venni, hogy puha agyagban, illetve az építmény kisebbik alaprajzi méreténél rövidebb cölöpök hatástalanok. Fontos, hogy a cölöp csúcsa ne közelítse meg a puha agyagréteget 1,5 m-nél jobban.

Az eddig bemutatott statikus teherbírás-meghatározási módszeren kívül vannak tapasztalaton alapuló szabályzati előírások, verési képletek. A számítási eljárások mind csak közelítő eredményt adnak, ezért a cölöpök teherbírását megnyugtató pontossággal csak próbaterheléssel lehet meghatározni. A vonatkozó magyar szabvány előírja, hogy egy munkahelyen készített cölöpök 1%-át, de legalább 2 cölöpöt kell próbaterhelésnek alávetni.

Az erdészeti gyakorlatban előforduló állandó építmények alapozásához általában előregyártott vasbeton cölöpöket használunk, amelyek keresztmetszete leggyakrabban négyzet, de lehet három-, hat- vagy nyolcszögletű is. Anyaguk általában C25-ös beton, B 38.24 minőségű acélbetéttel. A hosszbetétek nem végződhetnek kampóban, a kengyelezés lehet egyszerű vagy spirálisan elhelyezett. A cölöp csúcsát képező acél cölöpsarut a fővasakkal össze kell hegeszteni (1.2-83. ábra).





1.2-83. ábra. Vert vasbeton cölöp

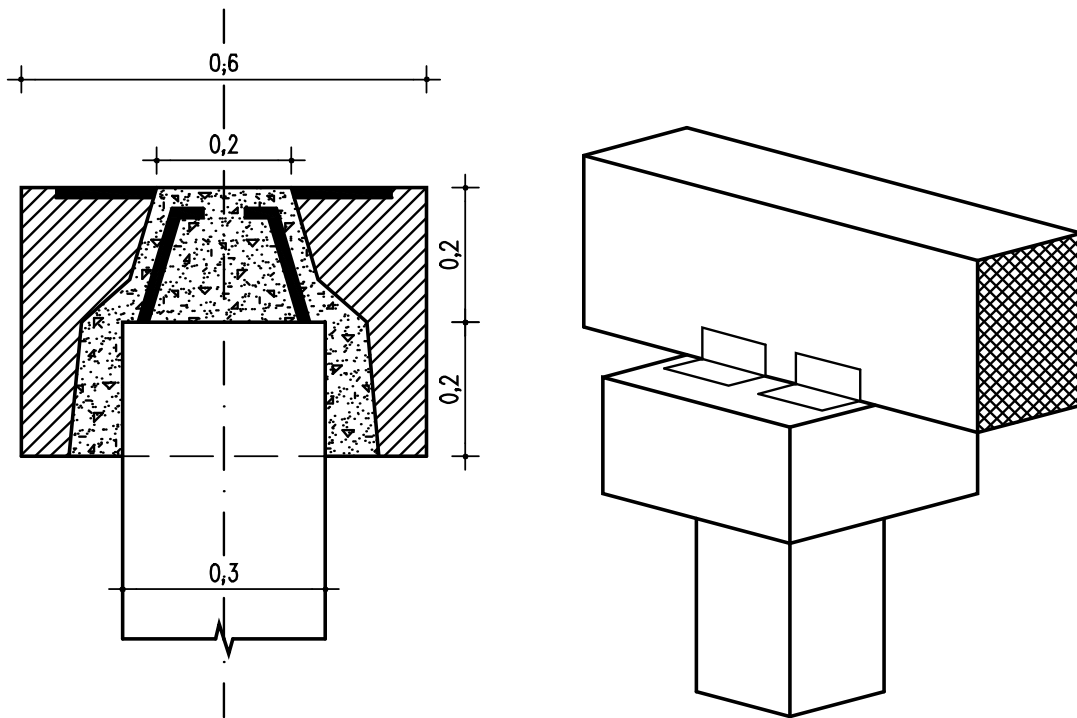
A cölöpöket cölöpverő kossal verik le. Ezek korábban kézzel működtek, ma már gőzzel vagy robbanó gázkeverékkel hajtottak. A cölöpverés szempontjából a verőkos súlya, ill. a kos és cölöp súlyának aránya jelentős, amely a percnkénti ütésszámtól is függ:

Lassú ütésű gépeknél (ütésszám 50/perc alatt) 1 t-nál kisebb tömegű cölöp esetén a kos tömege legalább 1,5-szörös cölöptömeg; középnehéz cölöpöknél a kos tömege legalább akkora legyen, mint a cölöptömeg. Nehéz, 2 t-nál nagyobb tömegű cölöpöknél a cölöp tömegének legalább 0,8-szerese legyen. Gyors ütésű cölöpverőknél a dugattyú tömegének 3–4-szeresét kell kos tömegként számításba venni.

A cölöpverésről jegyzőkönyvet kell vezetni, amelyben fel kell tüntetni az egy ütéssorozatához tartozó ütőmunka hatására bekövetkező behatolást. A cölöp behatolását a cölöp oldalára festett skáláról kell leolvasni. A cölöpverést 250 kJ ütőmunkából álló sorozatokban kell elvégezni. Ha egy cölöp ennek hatására 20 mm-nél kisebb mélységre hatol, akkor a verést 12 óra múlva kell folytatni. Amennyiben a következő sorozatban is 20 mm-nél kisebb a behatolás, akkor a verést be kell fejezni.

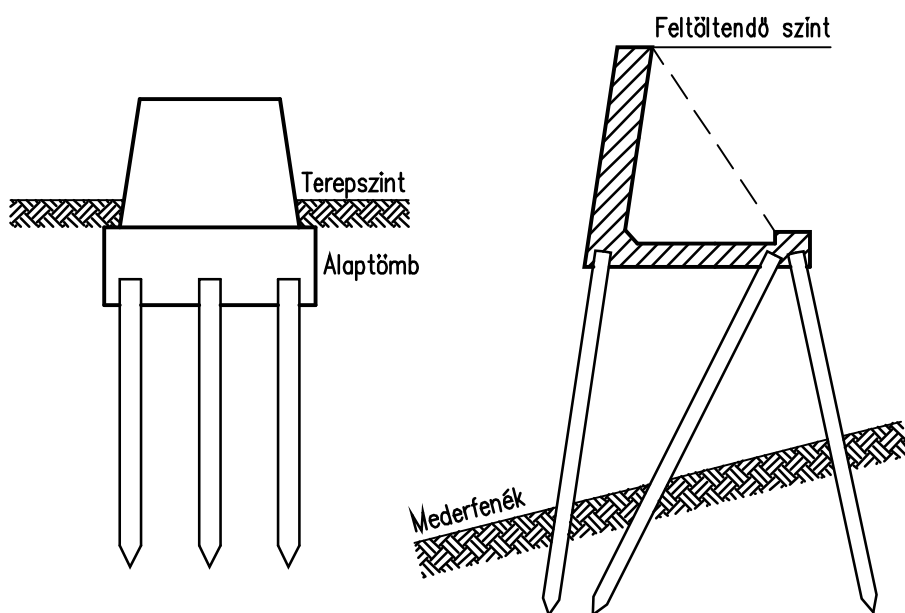
A cölöpverés befejezése után a cölöpök fejét cölöpráccsal kell összefogni. Ennek feladata, hogy a cölöpök relatív elmozdulását megakadályozza, és a terheket egyenletesen elossza. A cölöpök felső végét ehhez 30–50 cm hosszban el kell verni és az így szabaddá tett hosszvasbetéteket a cölöprácsba be kell betonozni. A cölöprács előregyártott elemekből is

készíthető. Ilyenkor a cölöpöket pontosan azonos magasságig leverik és fejelemet helyeznek rá. Az előregyártott fejelemeket betonozással rögzítjük a cölöp végéhez. A fejelemben kialakított üreg lehetővé teszi a cölöpök magassági helyzetében, illetve a sorok egyenes vonalában lévő kisebb szabálytalanságok kiegyenlítését. Az így elkészített szabályos magasságú és egyenletes sort alkotó cölöpfejekre elhelyezhetők az ugyancsak előregyártott összekötő gerendák (1.2-84. ábra).



1.2-84. ábra. Előregyártott fejelem és cölöp

A kész cölöprácsot mélyenfekvőnek nevezzük, ha az alja érintkezik a cölöpöket befogadó talajtömeg felszínével, és magasan fekvőnek, ha a cölöpök hosszának egy része szabadon vagy vízben áll (1.2-85. ábra).



1.2-85. ábra. Cölöprácsok

## 2. ÚTÉPÍTÉSI ANYAGOK

Az utak pályaszerkezetének építéséhez:

- kőnemű anyagokat,
- kötőanyagokat,
- másodlagos ipari nyersanyagokat

használunk fel.

A kőnemű útépítési anyagok a pályaszerkezet teherbíró vázát alkotják. Ezek lehetnek:

- természetes előfordulású anyagok, amelyeket kitermelés után változatlan minőségben hasznosítunk;
- tovább feldolgozott anyagok, amelyeket a természetes előfordulású anyagok feldolgozásával (osztályozva, törve) használunk fel.

Természetes előfordulású anyag a helyi talaj, a kavics, a homok, a homokos-kavics és a murva. A tömör kőzetekből előállított kőnemű útépítési anyagokat általában tovább feldolgozott formában építjük be.

Az útépítésben elterjedt kötőanyag a bitumen, amely a vázanyag kohéziójának növelésével annak stabilitását és teherbírását növeli. A különböző formában előállított bitumen kötőanyagból hajlékony útpályaszerkezetek készülnek. A merev és félmerev pályaszerkezetek kötőanyaga a cement, amely hidraulikus kötéseivel a kőanyag szemcséit folytonos anyaggá cementálja össze.

Az útépítésben felhasznált anyagok harmadik csoportjába a másodlagos ipari nyersanyagokat soroljuk. Ezek az anyagok nagy mennyiségben keletkeznek ipari folyamatok melléktermékeként, elhelyezésük a fokozatosan szigorodó környezetvédelmi előírások miatt egyre nehezebb. Ésszerűnek látszik tehát, ha az anyagigényes útépítés ezek közül felhasználja a számára megfelelő anyagokat, csökkentve az útépítés költségeit és mérsékelve az elhelyezéssel járó környezetvédelmi problémákat. Ezek az anyagok helyettesíthetnek kőnemű útépítési anyagot (kohósalakkó, kőbányameddők), de felhasználhatók kötőanyagként is (pernye, granulált kohósalak).

A különböző útépítési alapanyagokból, különféle eljárásokkal, műszakilag egyenértékű pályaszerkezeteket lehet előállítani. Az útépítési alapanyagok kiválasztásánál ezért különböző szempontokat kell figyelembe venni, amelyek alapvetően műszaki-technológiai, közgazdasági és környezetvédelmi szempontok.

Kötőanyagként általában a bitumenek valamely fajtáját célszerű választani, mert ennek technológiája terjedt el Magyarországon, ennek alakult ki a szellemi és műszaki háttere. A cement felhasználásának szorosabb technológiai kötöttségeit az erdészeti útépítésben nem lehet maradéktalanul betartani, ezért az ilyen kötőanyaggal épített pályaszerkezetek nem tudják a tőlük elvárható előnyöket biztosítani. A betonútépítés hagyományai sem alakultak ki, ezért annak szellemi és műszaki feltételei is hiányoznak. Kivétel ez alól a cementes talajstabilizáció, amelyet a hazai talajadottságok miatt széles körben lehetne alkalmazni.

A pályaszerkezetek nagy tömegét alkotó különböző útépítési kőanyagok közül a megfelelőt kiválasztani:

- technológiai-műszaki,
- közgazdasági,
- környezetvédelmi szempontok együttes mérlegelésével lehet.

Technológiai szempontból fontos, hogy:

- a kötőanyag és a kőanyag technológiai szempontból megfeleljen egymásnak,
- a technológiának megfelelő műszaki háttér, illetve a műszaki háttérnek megfelelő technológia rendelkezésre álljon.

Az építéstechnológiai kérdések mellett a költségek várható alakulása a másik döntő szempont. Az utépítési anyag árát az alapanyag értéke, a kitermelés, a feldolgozás, a szállítás és a készletezés költségei határozzák meg (2-1. ábra). Mivel az anyag értéke, a kitermelés, a feldolgozás és a készletezés költségei viszonylag alacsonyak, ezért az ár szempontjából a szállítási költségek lesznek mértékadók. Célszerű tehát az alapanyagok kiválasztásánál arra törekedni, hogy a kis értékű, de nagy tömegben felhasznált, ezért nagy tömegben szállított anyagot az utépítés helyéhez közel szerezzük be. Közgazdasági szempontból ezért előnyben kell részesíteni a helyi anyagokat, amelyek stabilizációk formájában kedvező műszaki tulajdonságokkal is rendelkeznek. (A földmű építésnél ez az elv az erdészeti utépítésben természetes, mert a bevágásból kikerülő talajt a közvetlen környezetében használjuk fel töltések építésére.) A műszakilag azonos megoldások közül a leggazdaságosabb, a legolcsóbb megoldás lesz. (A gazdaságos anyagmegválasztás feltétele az is, hogy a hozzá kapcsolódó technológia gépeivel a kivitelező rendelkezzen. A rosszul megválasztott és kifejlesztett technikai feltételek később kötöttséget jelentenek és a gazdaságos anyagmegválasztást gátolni fogják.)

Költségnem	Alapanyag értéke	Kitermelés költsége	Feldolgozás költsége	Szállítás költsége	Készletezés költsége
Nagyság	Kicsi		Nagy		Kicsi
Szükségesség	Feltétlenül		Elmaradhat	Befolyásolható	Elmaradhat

2-1. ábra. Az utépítési anyagok árát meghatározó költségtényezők

A környezetvédelmi szempontoknak megfelelő anyaggazdálkodással lehet eleget tenni. Ennek alapelvei:

- törekvés a nagyobb élettartam megvalósítására,
- célszerű, az igénybevételnek megfelelő anyag beépítése,
- a felesleges anyagok elhagyása,
- helyettesítő anyagok felhasználása,
- újrahasznosított, vagy újrahasznosítható anyagok alkalmazása,
- pontos adagolás (a kevés esetenként több elv szem előtt tartása),
- technológiai váltás, amely előnyben részesíti a mechanikai megoldásokat.

Az anyagköltségek csökkentése érdekében gyakran elmarad a természetes anyagok feldolgozása (osztályozása, törése). Különösen környezetvédelmi szempontból meggondolandó, hogy nem helyesebb-e kis költségű osztályozással műszakilag is értékesebbé tett anyagot választani. A jobb minőségű anyag lehet drágább, de jobb műszaki tulajdonságai miatt kevesebbet kell beépíteni, egyenletesebb anyagminősége miatt pedig a belőle készült szerkezet minősége is jobb lesz. Ebben az esetben közgazdasági előny lehet a kisebb anyagfelhasználásból következő kisebb szállítási teljesítmény, amely mint láttuk mértékadó az anyagok árában, illetve hosszútávon az üzemeltetés és útfenntartás költségeinek csökkentése.

Ezek az anyag-felhasználási elvek nem csak egy út esetében eredményeznek környezetbarát megoldást, hanem általánosan javítják az alapanyag gazdálkodás helyzetét is.

Az útépitési anyagok választékait azok jelöléseit, valamint a minőségi előírásokat szabványok és műszaki előírások rögzítik. Ezek az előírások a műszaki fejlődés, az új technológiák megjelenése, a piaci körülmények változása miatt időről-időre módosulhatnak. A következő fejezetek a megjelenés idején érvényes előírások szerint tárgyalja a kőzetek vizsgálatát, minősítését és választékait. Az erdészeti magánutak építésénél az előírástól és választéktól a költségcsökkentés érdekében el lehet térni, amennyiben a nem előírástól anyag felhasználását a tervező indokolja és a megfelelő technológiát a műszaki leírásban rögzíti, végül megadja az építési minősítés feltételeit. Nem vonatkozik azonban ez azokra a beruházásokra, amelyekben a szabványos anyagok felhasználását írják elő.

## 2.1. Kőnemű útépitési anyagok

Az útpályaszerkezetek tömegének fő részét a földkéreg felszínét nagy tömegben alkotó szilárd kőzetekből állítják elő. A kőzetekből előállított útépitési anyagot útépitési kőanyagoknak, vagy egyszerűen kőanyagoknak nevezik függetlenül attól, hogy azt laza vagy tömör kőzetből nyerik, illetve állítják elő.

Az útépitési kőanyagoktól megköveteljük, hogy a pályaszerkezetben fellépő igénybevételeknek ellenálljanak. Ezek közül a fontosabbak:

- a forgalom dinamikus ütés hatásával szembeni ütőszilárdság, aprózódási hajlam;
- a koptató hatással szembeni kopásellenállás;
- a fagyállóság, vízfelvevő-képesség.

A kőzeteket a fenti tulajdonságok szerint kőzetfizikai osztályokba (Kf) soroljuk, amelyek egyben meghatározzák az adott tulajdonságú kőzet felhasználási területét is.

A kőzetekből előállított útépitési kőanyagot a beépíthetőség szerint is osztályozzuk, amit alapvetően a szemszerkezeti tulajdonságok határoznak meg:

- szemcsék nagyság szerinti eloszlása, a szemeloszlás;
- szemcsék alak szerinti eloszlása.

A kőanyagokkal szemben további követelményeket is támaszthatunk, ami azonban az erdészeti útépités területén nem játszik jelentős szerepet, ezért azokkal részletesen nem foglalkozunk.

### 2.1.1. Az útépitési kőanyagok fontosabb minősítési vizsgálatai és minősítése

Az útépitési kőanyagok minősítő vizsgálatai közül is csak azokkal foglalkozunk, amelyek az erdészeti útépitésben is jelentőséggel bírnak.

#### 2.1.1.1. Kőzetfizikai vizsgálatok

A kőzetfizikai vizsgálatok célja az útépitéshez felhasznált kőzet anyagának minősítése, mechanikai és más külső hatásokkal szembeni ellenállásának vizsgálata.

##### 2.1.1.1.1. Aprózódás vizsgálata Los Angeles-dobban

A vizsgálat célja megállapítani a kőzet ellenállását dinamikus ütés hatásokkal szemben. A vizsgálóberendezés egy vízszintes tengely körül forgó dob (átmérő 711 mm, szélesség 508 mm). A dobban elhelyezett anyag megemelgetése céljából a palást belső alkotójára egy acélperemet rögzítenek (2.1-1. ábra). A dobban elhelyezik a szem nagyság szerint összeállított vizsgálati anyagot és az ütés hatást fokozó acélgolyókat, majd a dobot percenként 30–33 fordulattal az előírt fordulatszám eléréseig (500 vagy 1000 fordulat) forgatják. A doból kivett anyagot 1,6

mm lyukbőségű szitán át kell mosni, majd a fennmaradó szemcséket 105 °C-on tömegállandóságig ki kell szárítani. A vizsgálat eredménye az aprózódási veszteség és a kezdeti tömeg hányadosa:

$$a_{LA_m} \% = \frac{M - M_a}{M} \cdot 100$$

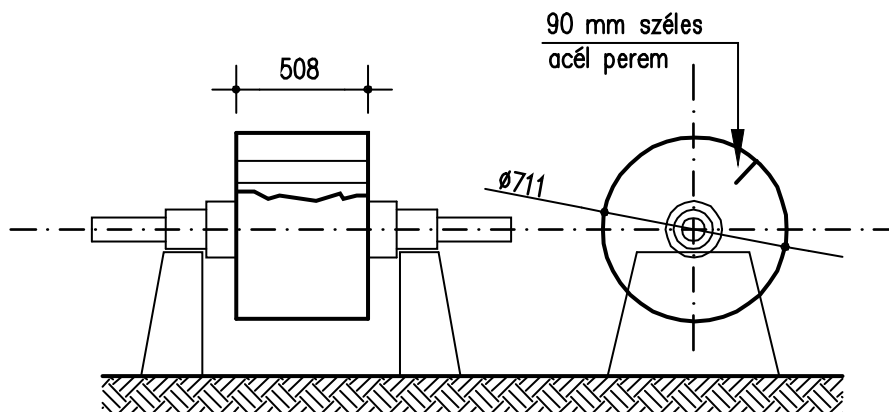
ahol:  $a_{LA_m}$  = Los Angeles-aprózódás

$M$  = a vizsgált halmaz kezdeti tömege

$M_a$  = a vizsgálat után az 1,6 mm-es szitán fennmaradt halmaz tömege

A minősítési rendszerben a jelölés:

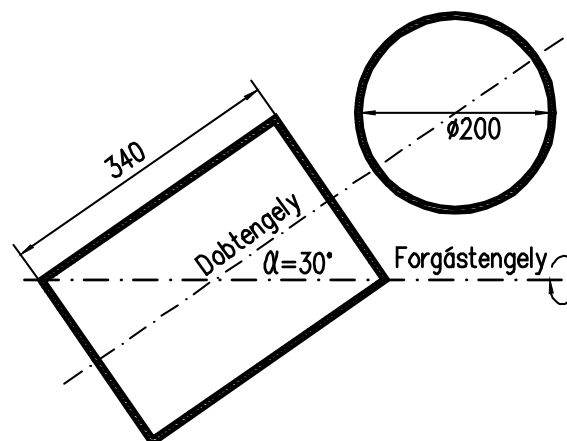
- Referencia vizsgálatnál:  $LA_m$
- Alternatív vizsgálatnál:  $a_{LA_m}$



2.1-1. ábra. Los Angeles-dob

#### 2.1.1.1.2. Felületi aprózódás és kopás vizsgálata Deval-dobban

A vizsgálattal a kőzet felületének ellenállását jellemezzük a dinamikus erők és a koptató hatásokkal szemben. A vizsgálóberendezés egy ferdén elhelyezkedő (vízszintessel 30°-os szöget bezáró) dob, amely vízszintes tengely körül forog (átmérő 200 mm, magasság 340 mm). Ebbe a szemeloszlástól függő mennyiségű vizsgálati anyagot mérünk be (2.1-2. ábra).



2.1-2. ábra. Deval-dob

A vizsgálati anyag lehet kezeletlen, vagy időállósági vizsgálaton átesett vízzel telített, fagyasztott stb. halmaz. A vizsgálatot szárazon vagy nedvesen végezhetjük el, így beszélhetünk száraz és nedves *Deval*-vizsgálatról. Nedves vizsgálatkor a hengerbe 2500 cm<sup>3</sup> csapvizet kell a mintához önteni. A hengert percenként 30–33 fordulattal az előírt fordulatszámig kell (10000 vagy 15000 fordulat) forgatni, majd a teljes anyagot 1,6 mm lyukbőségű szitán át kell mosni, végül súlyállandóságig ki kell szárítani. Az eredmény a *Deval*-kopás:

$$a_D \% = \frac{M - M_k}{M} \cdot 100$$

ahol:  $a_D$  = *Deval*-kopás

$M$  = a vizsgált halmaz kezdeti tömege

$M_k$  = az aprózódás, koptatás után az 1,6 mm-es szitán fennmaradt halmaz tömege

A kőzetek kopásállóságának vizsgálatára és minősítésére a vizes mikro-*Deval* vizsgálatot írják elő. A vizsgálóberendezés egy vízszintes tengely körül forgó dob (átmérője 154 mm, hossza 200 mm), amelybe 10 mm átmérőjű acélgolyókból álló koptató töltetet kell elhelyezni. A kőanyag halmaz, a koptató töltet és a dob belső felülete között fellépő súrlódás koptatja a mintát. A kiértékelés az előzőhöz hasonlóan történik.

A minősítési rendszerben a jelölés:

- Referencia vizsgálatnál:  $M_{DEm}$
- Alternatív vizsgálatnál:  $a_{MDm}$

#### 2.1.1.1.3. Időállósági vizsgálat kristályosítással

A vizsgálat a kőanyag időállóságára, főként a fagyállóságra enged következtetni. A korábban használt fagyasztásos módszer helyett azért terjedt el ez a vizsgálat, mert az olvasztó sók kristályosodása nagyobb erővel repeszt a kőzetet, mint a fagy és a kőzetek sózása miatt ez az igénybevétel vált mértékadóvá.

A kristályosítási vizsgálatához telített nátrium- és magnézium-szulfát oldatot használunk. A vizsgálandó kőanyag szemeloszlása alapján meghatározott mennyiségű,  $d_{min}$  minimális szemcseméretet meghaladó kőanyagot drótkosárba rakunk, majd a mintát 16–20 óra időtartamra az oldatba helyezzük. A minta kiemelése után megvárjuk míg az oldat lecsepeg, majd a mintát kiszárítjuk és lehűtjük. Az öt ciklusban megismételt kristályosítás után a mintát  $d_{min}$  lyukbőségű szitán átmoszuk és megmérjük a szitán fennmaradt anyag tömegét.

A fagyállóságot az aprózódás tömegarányával fejezzük ki:

$$a_{Mgm} \% = \frac{M - M_k}{M} \cdot 100$$

ahol:  $a_{Mgm}$  = az aprózódás tömegaránya

$M$  = a  $d_{min}$  átmérőnél nagyobb átmérőjű halmaz tömege a kristályosodás előtt

$M_k$  = a  $d_{min}$  lyukbőségű szitán fennmaradt szemcsék tömege kristályosodás után

A minősítési rendszerben a jelölés:

- Referencia vizsgálatnál:  $MS_m$
- Alternatív vizsgálatnál:  $a_{Mgm}$

### 2.1.1.2. A szemcsés halmazra vonatkozó vizsgálatok

Az utak pályaszerkezete a kőanyag szemcsés halmazából épül fel. A kőanyag felhasználásához – a technológia kialakításához, illetve a technológia igényeinek kielégítéséhez – ismerni kell az egyes szemcsék, illetve a halmazban egymásra ható szemcsék méretbeli és felületi tulajdonságait. A szemcsék és halmazaik ismeretével a granulológia foglalkozik.

#### 2.1.1.2.1. Kőanyag-halmazok szemeloszlása

A kőanyag-halmazok szemeloszlásának értelmezése megegyezik a talajmechanikában elmondottakkal. A szemeloszlás meghatározását is hasonlóan szitálással és hidrometrálással végezzük el. A szitáláshoz négyzetes lyukú szitákból álló szitasorozatot kell használni. A szemeloszlási görbét a szokásos szemilogaritmikus rendszer mellett olyan rendszerben is ábrázolhatjuk, amelyben az abszcisszán az átmérőt négyzetgyökös léptékben, az átesett tömegarányt az ordinátán aritmetikus léptékben ábrázoljuk. A négyzetgyökös lépték használata az aszfalt, és cementtechnológiák által általában megkívánt legtömörebb állapotot jelentő szemeloszlási görbe ábrázolásánál jelent előnyt. A legtömörebb állapotot a másodfokú parabolát megközelítő szemeloszlás – a Fuller-görbe – adja, amelynek egyenlete:

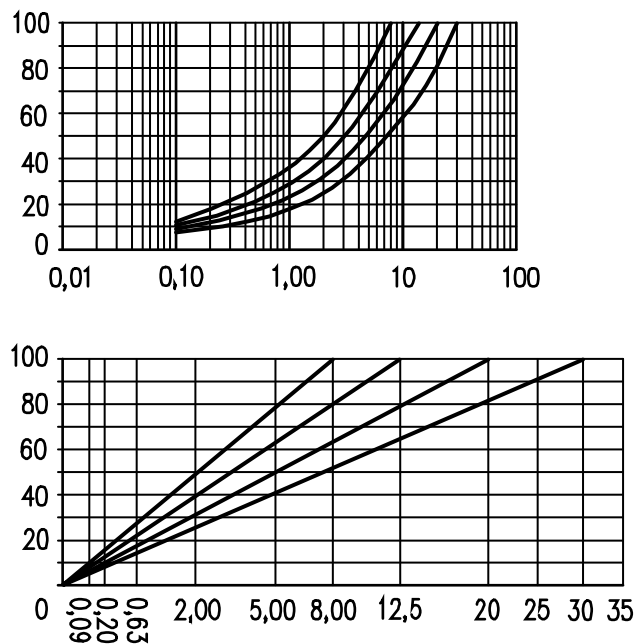
$$s\% = 100\sqrt{\frac{d}{D}}$$

ahol:  $D$  = a legnagyobb szemcseátmérő

$d$  = a vizsgált szemcseátmérő

$s\%$  = a  $d$  átmérőjű szemcsénél kisebb szemcsék tömegaránya a halmazban

Négyzetgyökös léptékben ábrázolva ez a görbe egyenesként jelenik meg, így a vizsgált szemcsés halmazok szemeloszlási görbéjének eltérése a legtömörebb állapotot jelző egyenes vonaltól jól szemlélhető és feltűnően megmutatja az eltérés jellegét és szemmagyság szerinti helyét. (2.1-3. ábra).



2.1-3. ábra. Szemeloszlás ábrázolása semilogaritmikus és négyzetgyökös léptékben



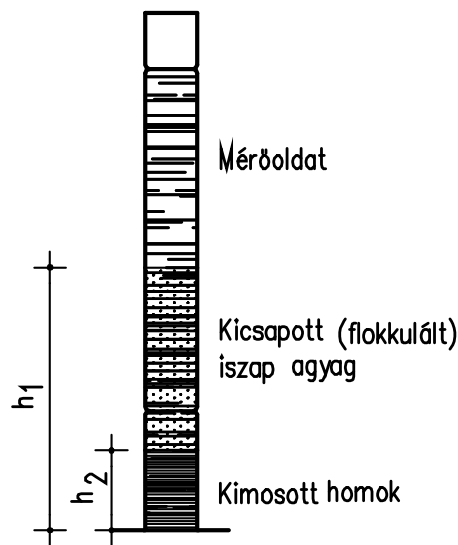
#### 2.1.1.2.2. Homokegyenérték

A homokegyenértékkel a homokszennyezők (szerves és szervetlen anyag és iszap) mennyiségét és minőségét jellemezzük. A vizsgálat a homok és a homokszennyezők eltérő ülepedési sebességén alapul. A vizsgálatot a halmaz 2 mm-es szitán átesett részén kell elvégezni. A szabványos méretekkel rendelkező talpas mérőhengerbe 88 cm<sup>3</sup> térfogatú anyagot helyezünk, és mérőoldattal (desztillált víz, kalcium-klorid, glicerin és formaldehid előírt keveréke) jelre töltjük (2.1-4. ábra). A feltöltött mérőhengerben lévő anyagot felrázzuk, majd a szuszpenziót 20 percig ülepedni hagyjuk. A pelyhesedett és ülepitett finom szemcsék és a homok éles határvonalal válik el egymástól. A két szintnek a mérőhenger aljától mért távolsága alapján a homokegyenérték:

$$HE = 100 \cdot \frac{h_2}{h_1}$$

ahol:  $h_1$  = a szuszpenzió felső szintje, mm-ben

$h_2$  = a homokrész felső szintje, mm-ben



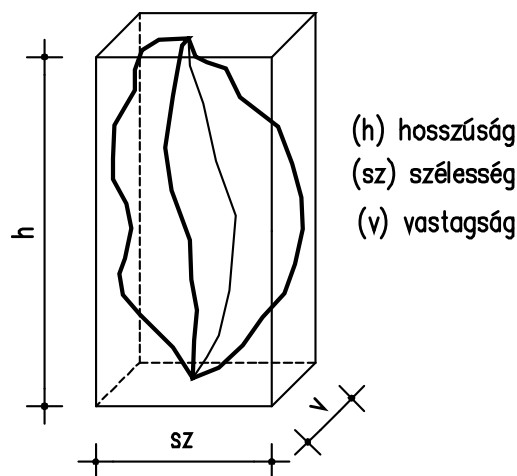
2.1-4. ábra. Homokegyenérték vizsgálata

#### 2.1.1.2.3. Szemcsealak vizsgálata

A szemcsék alakja erősen befolyásolja a szemcsék ellenálló képességét különféle külső hatásokkal szemben. Legkedvezőbb az ideális gömb vagy kocka alakot megközelítő zömök kubi-kos szemcsealak, mert ez áll ellen legjobban a mechanikai, fizikai és egyéb hatásoknak. A lemezes és tű alakú szemcsék aprózódásra hajlamosak, viszonylag nagy felületük miatt egyéb hatásokkal szemben is kevésbé ellenállóak. A nagyobb felület bevonása egyben több kötőanyagot is igényel, ami nem csak közgazdasági, hanem műszaki szempontból is hátrányos lehet.

A szemcse alakját geometriai méreteivel jellemezzük (2.1-5. ábra):

- a szemcse hossza ( $h$ ) a leghosszabb tengely,
- a szemcse vastagsága ( $v$ ) a legrövidebb tengely,
- a szemcse szélessége ( $sz$ ) a közbülső tengely.

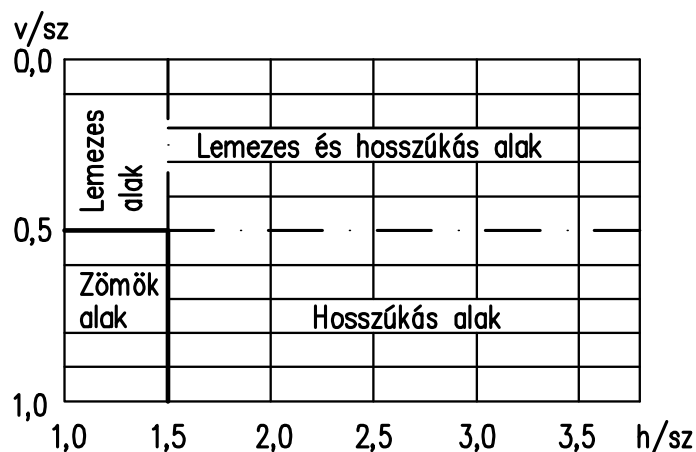


2.1-5. ábra. A szemcse tengelyei

A fenti méretek alapján a szemcse:

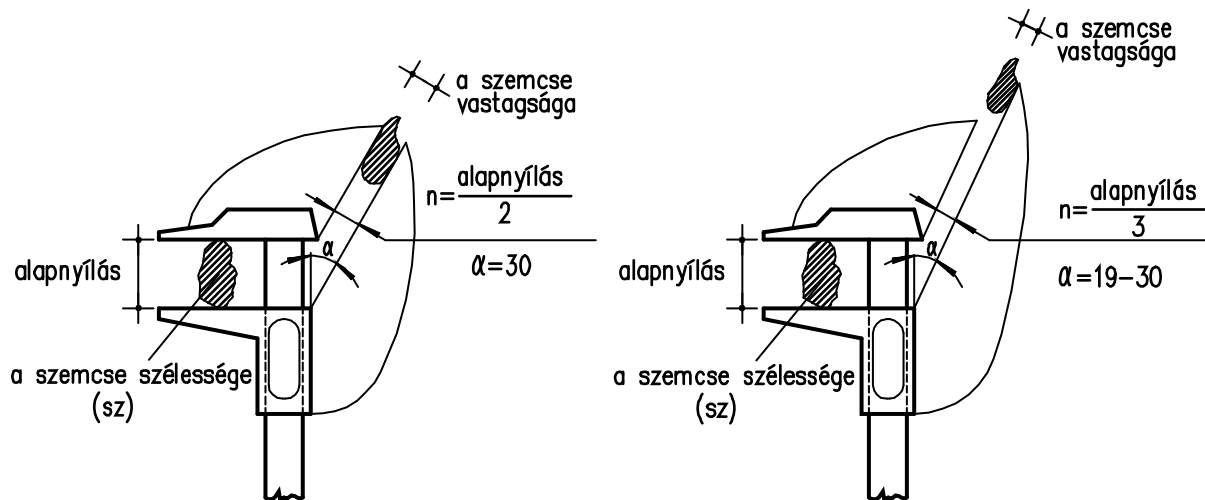
- zömök, ha  $h/sz < 1,5$  és  $v/sz > 0,5$
- hosszúkás, ha  $h/sz \geq 1,5$  és  $v/sz > 0,5$
- lemezes, ha  $h/sz < 1,5$  és  $v/sz \leq 0,5$
- lemezes és hosszúkás, ha  $h/sz \geq 1,5$  és  $v/sz \leq 0,5$

amely arányok koordináta-rendszerben is kifejezhetők (2.1-6. ábra). A próbahalmaz szemcséi a tengelyarányok alapján négy csoportra különíthetők el, majd a halmaz teljes tömegének, vagy összes darabszámának százalékában fejezzük ki az egyes alakok részarányát.



2.1-6. ábra. Szemcsealakok a tengelyarányokkal kifejezve

A szemcsés halmazok gyors minősítését a  $v/sz < 0,5$  tengelyarány vizsgálatával végezzük. Ehhez a szemalakvizsgáló tolómércét használjuk (2.1-7. ábra). A mércén két mérőpofa párt találunk. A hagyományos helyzetű mérőpofák között a mérce alapnyílását állítjuk be a szemcse szélességi méretével, majd a szemcsét megpróbáljuk a vastagsági mérete mentén a ferde ellenőrző pofák között átejtetni. Az áteső szemcsék lemezesek, a fennakadó szemcséket nem tekintjük lemezesnek. A szétválasztott próbahalmazok tömegeit a minta teljes tömegéhez viszonyítva százalékában adjuk meg a lemezesség mértékét.



a.) MSZ 18291 szerinti lemezesség vizsgáló mérce b.) Schulze féle lemezesség vizsgáló mérce

2.1-7. ábra. Szemcsealak vizsgáló tolómércék

### 2.1.1.3. A kőzetek és kőanyagok minősítése

Az utépítési kőanyagokat alapvetően két szempont szerint minősítjük:

- milyen annak a kőzetnek a minősége, amiből a kőanyagot előállítottuk (kőzetfizikai csoportosítás);
- milyen a kőzetből előállított szemcsés halmaz szemeloszlása és a szemcsék alakja (osztályozási élesség és törési minőség szerinti csoportosítás).

A kőzetfizikai minősítő vizsgálatokat kétféleképpen lehet elvégezni:

- referencia vizsgálatokkal, amikor 10-14 mm szemnagyság határu „referencia mintán” végzik a vizsgálatokat. A kőzetfizikai csoport jelölése ekkor:  $Kf-A^{d/D-r}$ , ahol Kf (kőzetfizikai jellemző), „A” (kőzetfizikai csoport jele), a kitevőben lévő jel a legkisebb és legnagyobb átmérőt jelöli, „r” a referencia vizsgálatra utaló jel.
- alternatív vizsgálatokkal, amikor a kőanyag halmaz saját szemeloszlási határai közötti anyaggal végzik a vizsgálatot. A kőzetfizikai csoport jele ekkor:  $Kf-B^{d/D-a}$ , ahol Kf (kőzetfizikai jellemző), „B” (kőzetfizikai csoport jele) a  $d/D$  szemcseméret határok között, „a” az alternatív vizsgálatra utaló jel.

A vizsgálatokkal elért eredmények alapján kell a kőzetet kőzetfizikai csoportokba sorolni. A minőségi osztály jelölése:

- referencia vizsgálat eredményeként az egyes vizsgálati eredmények minőségi jele: a vizsgálat jele, lábindexben a vizsgálati szempontra megadott legnagyobb megengedett érték, pl.: 37% aprózódási veszteséget elszennvedő kőzet jele  $LA_{40}$ , ami azt jelenti, hogy az aprózódási veszteség 35-40% közé esik.
- alternatív vizsgálatból származó eredmények jelölése  $a_{LA40}^{d1-d2}$ , ahol LA a vizsgálat jele (Los Angeles), 40 a minőségi osztály jele (a vizsgálati szempontra megadott legnagyobb megengedett érték, mint előbb)  $d1-d2$  a halmaz legkisebb és legnagyobb szemcsemérete.

A kőzeteket a *Los-Angeles* aprózódás, a *Mikro-Deval*-kopás és a *kristályosítási* aprózódás alapján a következő kőzetfizikai csoportokba sorolhatjuk (2.1-1. táblázat):

- A referencia vizsgálatok alapján:

Kf-0<sup>d/D-r</sup>, Kf-A<sup>d/D-r</sup>, Kf-B<sup>d/D-r</sup>, Kf-C<sup>d/D-r</sup>, Kf-D<sup>d/D-r</sup>, amin belül a C és D jelű minőségi csoport két-két alcsooprra oszlik: Kf-C1<sup>d/D-r</sup>, Kf-C2<sup>d/D-r</sup>, Kf-D1<sup>d/D-r</sup>, Kf-D2<sup>d/D-r</sup> jelöléssel.

- Az alternatív vizsgálatok alapján:

Kf-0<sup>d/D-a</sup>, Kf-A<sup>d/D-a</sup>, Kf-B<sup>d/D-a</sup>, Kf-C<sup>d/D-a</sup>, Kf-D<sup>d/D-a</sup>, amin belül a C és D jelű minőségi csoport két-két alcsooprra oszlik: Kf-C1<sup>d/D-a</sup>, Kf-C2<sup>d/D-a</sup>, Kf-D1<sup>d/D-a</sup>, Kf-D2<sup>d/D-a</sup> jelöléssel.

A pályaszerkezeti rétegeket olyan kőanyagból célszerű megépíteni, amelyik megfelel a réteg anyagára előírt közetfizikai csoport minőségi követelményeinek.

Az osztályozási és törési minőség szerinti csoportosítás szempontjai:

- a szemeloszlási görbe,
- a  $d_{min}$  és  $d_{max}$  legkisebb és legnagyobb szemcseátmérő,
- a kedvezőtlen alakú szemcsék tömegaránya,
- a szennyeződés mértékét kifejező homokeyenérték.

Az osztályozási előírások a kőanyag fajtájától függenek, ezért azokat részletesen ott ismertetjük.

## 2.1.2 Kőanyagok

### 2.1.2.1. Talajok

Az útépités helyszínén található talajokat földműépítésen kívül a pályaszerkezeti rétegek építésére is felhasználhatjuk, ha azok megfelelő tulajdonságokkal rendelkeznek. A talajjal, mint a földművek építőanyagával a talajmechanika és a földművek foglalkoznak. A pályaszerkezet építéséhez felhasználható talajokkal szemben támasztott követelményeket a pályaszerkezeti rétegek tervezését és építését tárgyaló fejezetekben ismertetjük.

### 2.1.2.2. Homok, homokos-kavics, kavics, murva

A homok, a homokos-kavics és a kavics üledékes kőzethalmazok, amelyek a tömör kőzetek természetes aprózódása után bekövetkező mozgások hatására csiszolódtak le és gömbölyű, vagy közel gömbölyű szemcsékké alakultak át. Ezeket a halmazokat főként kvarc és kvarcit szemcsék alkotják. Kitermelési helyük szerint megkülönböztetünk folyami és bányai kitermelésű homokot, homokos-kavicsot és kavicsot. A bányai kitermelésű anyagok iszap, agyag valamint szervesanyag tartalma – amelyet itt szennyezőanyagként tekintünk – nagyobb, mint folyami kitermelésnél.

A homokot, kavicsot és homokos-kavicsot átmérőik alapján határoljuk el egymástól:

- a homok (*H*) legfeljebb 4 mm felső szemnagyságú anyag ( $d_{max} < 4$  mm)
- a kavics (*K*) legalább 4 mm alsó szemnagyságú anyag ( $d_{min} > 4$  mm)
- a homokos-kavics (*HK*) 4 mm-nél kisebb alsó, illetve 4 mm-nél nagyobb felső szemnagyságú anyag ( $d_{min} < 4$  mm és  $d_{max} > 4$  mm).

A homokot, kavicsot, homokos-kavicsot feldolgozottsága szerint termékosztályokba sorolva osztályozzuk:

- Nyersterméknek (*N*) nevezzük a bányászat közben kitermelt anyagot, amelynek szemeloszlása eközben nem változott meg. Ebből állítjuk elő osztályozással és töréssel a további termékeket.

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálható szem-nagysága	Kőzetfizikai csoport						
		Kf-O <sup>d/D-r</sup>	Kf-A <sup>d/D-r</sup>	Kf-B <sup>d/D-r</sup>	Kf-C <sup>d/D-r</sup>		Kf-D <sup>d/D-r</sup>	
					Kf-C1 <sup>d/D-r</sup>	Kf-C2 <sup>d/D-r</sup>	Kf-D1 <sup>d/D-r</sup>	Kf-D2 <sup>d/D-r</sup>
Los Angeles aprózódás, m% (MSZ EN 1097-29)	10 – 14 mm	LA <sub>15</sub> (ÚT) ≤ 15	15 < LA <sub>20</sub> (ÚT) ≤ 20	20 < LA <sub>25</sub> (ÚT) ≤ 25	25 < LA <sub>30</sub> (ÚT) ≤ 30	30 < LA <sub>35</sub> (ÚT) ≤ 35	35 < LA <sub>40</sub> (ÚT) ≤ 40	40 < LA <sub>45</sub> (ÚT) ≤ 45
Mikro-Deval aprózódás, vizes eljárás, m% (MSZ EN 1097-1)		M <sub>10</sub> <sup>10</sup> (ÚT) ≤ 10	10 < M <sub>15</sub> <sup>15</sup> (ÚT) ≤ 15	15 < M <sub>20</sub> <sup>20</sup> (ÚT) ≤ 20	20 < M <sub>25</sub> <sup>25</sup> (ÚT) ≤ 25	25 < M <sub>30</sub> <sup>30</sup> (ÚT) ≤ 25	25 < M <sub>30</sub> <sup>30</sup> (ÚT) ≤ 30	25 < M <sub>30</sub> <sup>30</sup> (ÚT) ≤ 30
Kristályosítási aprózódás, MgSO <sub>4</sub> oldatban, m% (MSZ EN 1367-2)		MS <sub>5</sub> (ÚT) ≤ 5	5 < MS <sub>10</sub> <sup>10</sup> (ÚT) ≤ 10	10 < MS <sub>15</sub> <sup>15</sup> (ÚT) ≤ 15	15 < MS <sub>18</sub> <sup>18</sup> (ÚT) ≤ 15	18 < MS <sub>21</sub> <sup>21</sup> (ÚT) ≤ 21	21 < MS <sub>25</sub> <sup>25</sup> (ÚT) ≤ 25	25 < MS <sub>30</sub> <sup>30</sup> (ÚT) ≤ 30

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálható szem-nagyság tartomány	Kőzetfizikai csoport						
		Kf-O <sup>d/D-a</sup>	Kf-A <sup>d/D-a</sup>	Kf-B <sup>d/D-a</sup>	Kf-C <sup>d/D-a</sup>		Kf-D <sup>d/D-a</sup>	
					Kf-C1 <sup>d/D-a</sup>	Kf-C2 <sup>d/D-a</sup>	Kf-D1 <sup>d/D-a</sup>	Kf-D2 <sup>d/D-a</sup>
Los Angeles aprózódás, m% (MSZ 18 287-1)	3 – 45 mm	a <sub>LA15</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 15	15 < a <sub>LA20</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 20	20 < a <sub>LA25</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 25	25 < a <sub>LA30</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 30	30 < a <sub>LA35</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 35	35 < a <sub>LA40</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 40	40 < a <sub>LA45</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 45
Mikro-Devalaprózódás, vizes eljárás, m% (MSZ 18 287-6)	2 – 16 mm	a <sub>MD10</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 10	10 < a <sub>MD15</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 15	15 < a <sub>MD20</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 20	20 < a <sub>MD25</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 25	20 < a <sub>MD25</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 25	25 < a <sub>MD30</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 30	25 < a <sub>MD30</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 30
Kristályosítási aprózódás, MgSO <sub>4</sub> oldatban, m% (MSZ18 289-3)	2 – 45 mm	a <sub>MG5</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 5	5 < a <sub>MG10</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 10	10 < a <sub>MG15</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 15	15 < a <sub>MG18</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 18	18 < a <sub>MG21</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 21	21 < a <sub>MG25</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 25	25 < a <sub>MG30</sub> <sup>d1-d2</sup> ≤ 30

2.1-1. táblázat. Kőzetek kőzetfizikai osztályozása

- A természetes szemeloszlású termék (*T*) felső szemmagysága előírt, szemeloszlása pedig a természetes alsó és az előírt felső határ között a helyszínen található természetes szemeloszlás.
- Előírt szemeloszlású termék (*E*)  $d = 0$  és előírt felső szemmagyság közé eső termék, amelynek szemeloszlása előírt szemeloszlási határgörbék közé esik.
- Osztályozott terméket (*O*) a nyertermékből mosással, töréssel, osztályozással állítunk elő, meghatározott méretű alsó és felső szemcsehatárok között.
- Kavicsból tört terméket (*Z*) a kavics művi törésével állítunk elő, ekkor a halmaz legalább 90 tömeg % tört anyagot tartalmazzon.
- Vegyes termékről (*V*) beszélünk, ha a természetes aprózódású szemek mellett még 10–90 tömeg % tört anyag is van a halmazban.

Az egyes termékekre előírt szemeloszlást, alsó és felső szemcseátmérőt, a megengedett agyag és iszaptartalmat, a méreten aluli és felüli szemcsék mennyiségét a szabványok és a technológiai utasítások tartalmazzák. A tört frakciót tartalmazó termékeknek meg kell felelni az előírt közetfizikai jellemzőknek is.

Az erdészeti útépitésekhez felhasznált homok, kavics, homokos-kavics saját bányából vagy anyagnyerőhelyről is beszerezhető. Ekkor általában nyertermékként használjuk fel ezeket az anyagokat. Célszerű lenne kis beruházással ezeket a bányákat és anyagnyerőhelyeket úgy berendezni, hogy ott legalább természetes (*T*) és előírt (*E*) szemeloszlású, esetleg tört (*Z*) és vegyes (*V*) terméket lehessen előállítani. Az alapanyag minőségében ezzel a kis költséggel megvalósított minőségjavulás jelentősen növelné a belőle készített szerkezetek használati értékét és gazdaságosságát, valamint az idegen felhasználók részére eladott termék ára is növelhető lenne.

A murva üledékes kőzetek (főként dolomit és mészkő) természetes aprózódása útján keletkezik. Nem szabványos választék, mert a kőzet, amiből keletkezik nem elégíti ki azokat a követelményeket, amelyeket a közutak pályaszerkezetébe építve megkövetelnek. Az erdészeti utak építéséhez – ahol a forgalom által keltett igények és igénybevételek kisebbek – az útépitések közelében található helyi anyagként kitermelt murvát célszerű felhasználni. Ekkor azonban figyelni kell arra, hogy az anyag olyan helyre kerüljön, ahol a mechanikai igénybevételek már alacsonyak, az időjárás hatása pedig elhanyagolható. Tudomásul kell venni azt is, hogy a murva felhasználásával épített pályaszerkezetek élettartama kisebb, útfenntartási igénye magasabb lesz, a forgalom pedig esetenként kellemetlenebb körülmények között haladhat (por-képződés, nyomvályú stb.). A murvát általában a bányából kikerülő minőségben, osztályozatlanul használjuk fel, de az osztályozással elérhető előnyök az előbbiekhöz hasonlóak.

### 2.1.2.3. Zúzottkő

Az útpályaszerkezetek építéséhez legnagyobb mennyiségben zúzottkövet használunk. A zúzottkő előírt közetfizikai jellemzőkkel bíró, természetes előfordulású kőzetek aprításával (zúzásával) és osztályozásával előállított, meghatározott szemmagyság határokkal bíró termék.

A zúzottköveket elsősorban osztályozási élességük és törési minőségük alapján csoportosítjuk. Az osztályozási élességet a rögzített alsó és felső átmérő határoknál kisebb, illetve nagyobb szemcsék tömegarányával jellemezzük. A törési minőséget a kedvezőtlen alakú szemcsék tömegarányával fejezzük ki, mert ezek mennyisége többszöri töréssel csökkenthető. Ezek szerint megkülönböztetünk:

- *Z* termékosztályt (zúzottkövet) amely a leglazább osztályozási élességű a törési minőség előírása nélkül.

- NZ termékosztály (nemes zúzottkövek), amelynél az osztályozás élessége az előbbinél szigorúbb, a törési minőségre utaló lemezes szemek mennyisége a  $d > 5$  mm halmazban legfeljebb 50 tömeg % lehet.
- KZ termékosztály minősítésű zúzottkövek szigorú osztályozási minőséget jelentenek, a lemezes szemek mennyisége 20–35% között változhat.
- ZK termékosztályba a zúzott kavicsok tartoznak.
- TZ és TZK az egyedileg tervezett szemeloszlású zúzottkő és zúzott kavics termékosztályok.

A zúzottkövet a legkisebb és legnagyobb átmérők szerint frakciókba soroljuk. Az alapfrakciók szemeloszlása szűk szemcseátmérő határok között változnak, a nyújtott frakciók több frakcióhatárt foglalnak magukba. Az egyes termékosztályokban a következő frakcióhatárokat állítják elő:

- **Z** termékosztályban:

Z 0/4, Z 0/11, Z 0/22, Z 0/32, Z 0/45, Z 0/80, Z 4/22, Z 22/45.

- **NZ** termékosztályban:

NZ 0/2, NZ 0/4, NZ 4/11, NZ 11/22, NZ 22/32, NZ 32/56

- **KZ** termékosztályban:

KZ 2/4, KZ 4/8, KZ 8/11, KZ 11/16, KZ 16/22, KZ 22/32

- **ZK** termékosztályban:

ZK 0/4, ZK 4/8, ZK 4/11, ZK 8/11, ZK 8/16, ZK 11/22

A termékszabvány jelenleg csak a zúzottkő elnevezést használja. Korábban a 35 mm legnagyobb szemnagysággal bíró frakciónál kisebb átmérőhatárok közé eső választékokat zúzaléknak nevezték. Ez a kifejezés napjainkig fennmaradt, ezért ezt a csoportosítást továbbra is célszerű használni.

A termékosztályok kialakításánál az aszfalt útépítés igényeit vették figyelembe. Az erdészeti útépítésben elterjedt makadám és aszfaltmakadám pályaszerkezetek zúzottkőpályáinak építéséhez a korábbi műszaki előírásokban szereplő Z 20/55, Z 55/80 választékokat egyes kőbányák még előállítják, vagy az új rosta kiosztásnak megfelelő Z 22/56, Z 56/80 is beszerezhető.

#### 2.1.2.4. Terméskő

A terméskövet műtárgyak építéséhez használjuk fel. A terméskövet természetes kőzetből állítják elő, osztályozása kőzettani, kőzetfizikai valamint darabméret szerint történik.

Kőzettani minősítéskor a mállottságot, kőzetfizikai osztályozáskor a testsűrűséget, a nyomószilárdságot, az időállóságot valamint a száraz és nedves *Deval* értékeket vesszük figyelembe. A darabméreti osztályozás a hosszúság/szélesség és a vastagság/szélesség arányok, valamint a legkisebb és legnagyobb méret alapján történik.

A fő termékcsoporthoz mérethatárai:

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| • TF jelű terméskőforgács | 03–15 cm |
| • TA jelű tömbös terméskő | 15–25 cm |
| • TB jelű tömbös terméskő | 15–40 cm |
| • TC jelű tömbös terméskő | 20–60 cm |
| • TD jelű tömbös terméskő | 20–60 cm |

- TR jelű tömbös terméskövet a lapfelület hosszmeretének és az arra merőleges legnagyobb méretének a szorzatával ( $\text{dm}^2$ ) kell jellemezni, mert ezeket a köveket rézsűburkolásra használjuk és a lapméret kiválasztása ennek alapján lehetséges.

### 2.1.3. Kőanyagok kitermelése

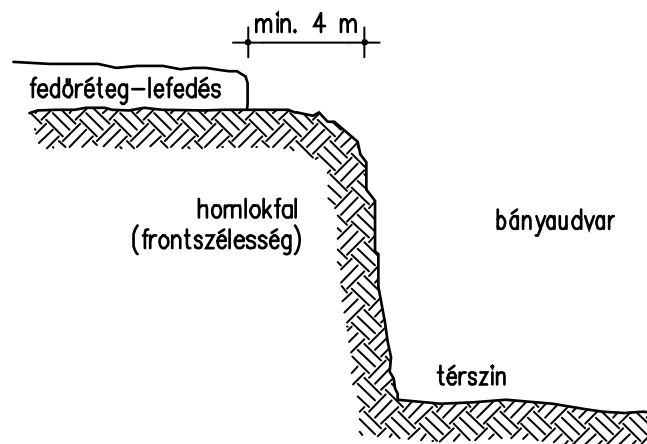
Az 1960-as évek végéig az erdőgazdaságok kezelésében több kőbánya működött, amelyek az erdészeti útépités köigényét a kor műszaki színvonalának megfelelően jól kielégítették. Az útépitések időszakos visszaesései ezek kihasználatlanságához vezetett, az elhasználódott gépek pótlására fordítható források hiánya és a környezetvédelmi előírások szigorodása miatt jelenleg csak néhány kőbánya működik hegyvidéki erdőgazdaságok kezelésben. Ezeknek a kőbányáknak az a jelentősége, hogy hegyvidéki útépitéseinknél felhasznált kőanyagot helyi anyagként szolgáltatják. Ezeknek a kőbányáknak a felszereltsége alapvetően hiányos, amely lehetetlenné teszi a minőségi kőtermelést. A készletgazdálkodás a hazai kőzetvagyonnal, és az erdészeti útépitések színvonalának emelése érdekében ezeket a bányákat is célszerű lenne egy olyan szintig fejleszteni, amely lehetővé teszi a jobb minőségű kőanyag termelését.

A homokot, homokos-kavicsot, kavicsot és murvát anyagnyerőhelyeken termeljük ki. Ezek jelenleg az erdőgazdaság területén működnek, de nem az erdőgazdálkodó, hanem külső vállalkozások kezelésében vannak. Kezdetleges felszereltségük és szakszerűtlen művelésük miatt a kőzetvagon teljes kitermelését ezekben sem lehet megoldani, a környezetet pedig erősen rombolják, károsítják. Célszerű lenne az erdőgazdasági anyagnyerőhelyeket úgy kialakítani, hogy azok a minőségi anyagtermelés minimális feltételeit és a készletgazdálkodás elveit ki-  
elégítsék, valamint a környezet károsítása a lehető legalacsonyabb szintre csökkenjen.

#### 2.1.3.1. Kőbányák és anyagnyerőhelyek kialakításának általános szabályai

Kőbányákat és anyagnyerőhelyeket létesíteni csak szakhatósági (önkormányzati, földhivatali, bányakapitánysági stb.) engedély birtokában lehet, a biztonsági előírások messzemenő figyelembevételével. A bánya és anyagnyerőhely területének kijelöléskor fontos szempont, hogy az kapcsolatban legyen egy úttal, más tevékenységek zavarása nélkül.

A bányanyitás első lépése a humuszos, értéktelen, mállott kőzetből álló réteg a fedő talajréteg (lefedési meddő) eltávolítása. Ezt a bányaművelés teljes ideje alatt folyamatosan végzendő munkát lefedésnek nevezzük. Lefedés után kialakul a fedőszint, amelynek minimális szélessége négy m, vagy a fedőréteg vastagságának fele (2.1-8. ábra).



2.1-8. ábra. Bánya általános kialakítása

A bányaművelés közben eltávolított anyag helyén a bányaudvar alakul ki, amelyet a bánya homlokfala határol. A kőanyag kitermelését – a kőzetjövésztést – a homlokfal megbontásával



végezzük. A homlokfal egyetlen folyamatos munkával megbontott szakaszát frontszélességnek nevezzük. Keskeny, magas kőzet előfordulásakor a bányafal több szintre tagolódik. A szintek magassága, a homlokfal dőlése a bányászott anyag minőségétől függ. Célszerű, ha egy-egy szint szélessége négy m, illetve a szintek közötti bányafal magasságának fele, harmada. Kicsi bányákban az egyszintű művelésre kell törekedni, mert ez növeli a fejtés hatékonyságát, valamint biztonsági szempontból is előnyösebb. A bányafal állékonyságát folyamatosan biztosítani kell. Az omlásra hajlamos, tavaszi fagy által meglazított részeket el kell távolítani. A kőzeteket alávájással jövesztetni tilos!

A bányaudvar víztelenítéséről gondoskodni kell. Ennek megoldása attól függ, hogy a környező terep, a talajvíz és a bányaudvar szintje egymáshoz képest hogyan helyezkedik el:

- a talajvízszint fölött elhelyezkedő bányaudvar víztelenítését árokrendszerrel lehet megoldani. Az összegyűjtött víz a bányaudvarból a környező terepen elvezethető, ha a szintkülönbség megfelelő. A környezeténél mélyebben fekvő bányaudvarban a vizet egy helyen kell összegyűjteni, ahonnan az elszívárolható, vagy kiszivattyúzható.
- talajvízszint alatt gyakorlatunkban csak homokos-kavicsbányák bányaudvara helyezkedhet el. Ekkor a bányaudvart nem víztelenítjük, hanem az anyagot víz alatti kotrással termeljük ki.

A kőbányák és anyagnyerőhelyek művelése közben a technológiai folyamat különböző pontjain szabványos anyagként fel nem használható melléktermékek (meddők) keletkeznek. A készletgazdálkodás és környezetvédelem szempontjából fontos lenne, ha ezeket az anyagokat ipari melléktermékként, vagy másodlagos ipari nyersanyagként lehetne felhasználni alacsonyabb rendű létesítmények építésénél. Ennek feltétele, hogy a különböző helyen keletkező meddőket elkülönítve tárolják. Ez azért fontos, mert a különböző meddőknek az anyaga általában közel azonos minőségű, aminek ismeretében a továbbfelhasználás előírásait is meg lehet adni. Az ömlesztve, keverve tárolt meddők minősége a meddőhányóban jelentősen eltérhetnek, ezért ezek továbbfelhasználása is nehézkes.

#### 2.1.3.2. Kőbányák művelése

A szilárd kőzetekből előállított útépitési kőanyag alapanyagát kőbányákban termelik ki és dogozzák fel.

A szilárd kőzetek kialakulásakor és a geológiai korok folyamán fellépő tektonikus erők hatására a kőzet anyagában repedések keletkeznek. Ezek a repedések pados, lemezes, oszlopos és kockás elválásokat eredményeznek, amelyek a bányaművelést és az anyag felhasználhatóságát erősen befolyásolják. A repedések mentén a kőzet könnyebben fejthető, de a nagy tömbök fejtését az egymáshoz közel eső elválási síkok akadályozzák.

A kőbányában kialakított szintek számát, a kőzetben előforduló elválások, a fal magassága és omlásveszélyessége határozza meg. A bányafal fejthető:

- teljes homlokfal mentén,
- tagolt homlokfállal.

Teljes homlokfállal végzett fejtéskor a jövesztést egy szint teljes szélességén elvégezzük. Tagolt homlokfalat kialakítani kisebb kőbányákban célszerű, mert ezzel jobban lehet alkalmazkodni a kőzet természetes elválásaihoz, valamint a felület fajlagos növekedése miatt robbanóanyag takarítható meg.

A kőbányákban a követ robbantással jövesztik. A robbantásoknál az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatban foglaltakat kell betartani. Robbantani csak vizsgázott robbantómeister vezetésével lehet.

A robbantáshoz a kőzetben robbantólyukat kell kialakítani. Kisebb mennyiségű kőzet fűrőlyukas robbantással jöveszthető. Ekkor a kőzetbe sűrűn egymás mellé lyukakat kell fúrni, majd ezekbe helyezük el a töltetet. Nagyobb mennyiségű kőzetet kamrázott robbantással, vagy tárókban elhelyezett robbanóanyaggal lehet jövesztetni. Kamrázott robbantáskor a fűrőlyukban elhelyezett kisebb töltet először egy kamrát robbant, amelyet nagyobb mennyiségű kőzet jövesztését lehetővé tevő robbanóanyaggal lehet megtölteni.

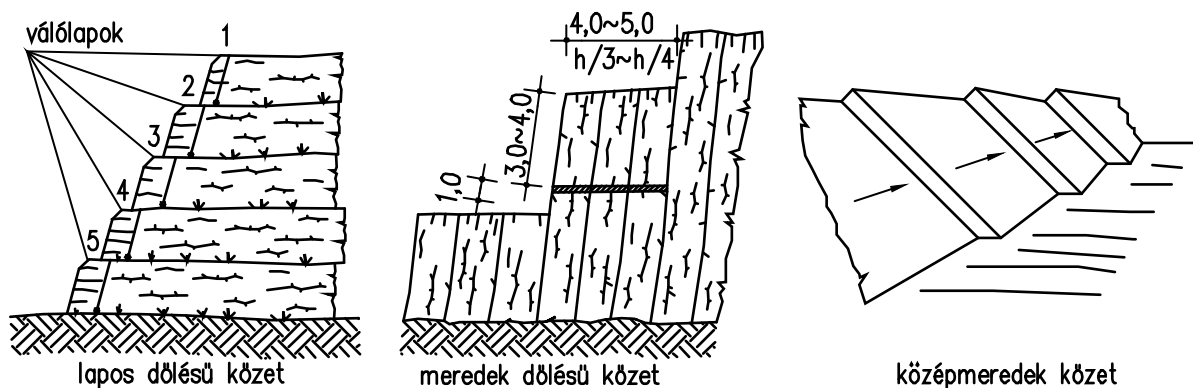
A robbantólyukak elhelyezését a kőzet repedezettsége és a kőzet keménysége határozza meg. A robbantólyukakat a kőzet elválási lapjaira merőlegesen célszerű elhelyezni (2.1-9. ábra). A fűrőlyukak távolsága kemény kőzetben 6–9 m, lágy kőzetben tíz m, kamrázásnál legfeljebb három m.

A fűrőlyuk kézzel vagy géppel készíthető. A gépi kialakítás eszköze:

kemény kőzetben a fűrőkalapács,

puha kőzetben a fejtőkalapács.

Ezeket az eszközöket sűrített levegő hajtja meg, amit robbanómotoros légsűrítő állít elő.



2.1-9. ábra. Kőzetek elválási felületei és a fűrőlyukak telepítése

A robbantáshoz robbanóanyagot, gyutacsot, gyújtózsínort illetve elektromos indításkor villamos gyújtóberendezést használunk. A robbanóanyag a *Paxit-3* nevű, békés célokra kifejlesztett, kezelésbiztos, nem túl heves robbanóanyag. A robbantólyukba először a robbanóanyag egy részét kell betölteni enyhe tömörítéssel. Erre kerül az indítótöltet, ami egy kisebb csomag robbanóanyagba elhelyezett gyutacs a gyújtózsínórral, vagy a robbantó vezetékkel. Ezután töltjük a szükséges robbanóanyag további részét a robbantólyukba, végül azt valamilyen tömítőanyaggal (agyag, talaj stb.) lefolytjuk.

A biztonságos robbantás érdekében ma már majdnem kizárólagosan az elektromos indítást használják, mert így kisebb az esélye annak, hogy marad fel nem robbant töltet.

A robbanóanyag mennyiségét tapasztalati képlettel lehet kiszámítani,  $1 \text{ m}^3$  kőzet jövesztésére vonatkoztatva. A robbantási hatás a

$$n = \frac{r}{l}$$

hányadossal jellemezhető.

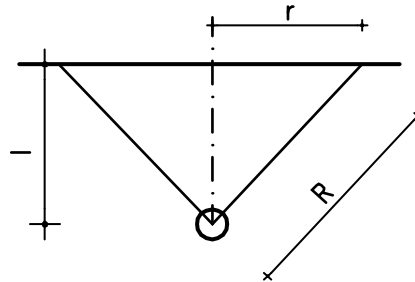
ahol:  $n$  = a robbantási hatás

$r$  = a robbantási tölcser sugara

$l$  = a legkisebb ellenállás irányába mért, u.n. elővét hossza (2.1-10. ábra)

Amennyiben az

- $n = 1$ , vagyis az  $r = l$ , a robbantási tölcser sugara normális,
- $0,5 < n < 1,0$  a robbantás lazít,
- $n < 0,75$  kitörési tölcser nem keletkezik.



2.1-10. ábra. A robbantási tölcser jellemzői

A robbantást jellemzi a robbantás hatósugara is ( $R$ ). Amennyiben a robbantás hatósugarán belül szabad felszín található, az anyag kivetődik.

A lerobbantott kőzet további feldolgozása a bányá termelési kapacitásától és a termelt választékoktól függ. Az erdészeti kezelésben lévő kis kapacitású bányákban – ahol az elsőrendű cél az útépitési kőanyag előállítása – a lerobbantott követ először osztályozni kell. El kell különíteni azt a kőzetfrakciót, amely azonnal, vagy kis munkával terméskővé alakítható, az azonnal zúzható kőzetrészt, valamint azokat a nagy kötőböket, amelyeket a további feldolgozás előtt még aprítani kell. Az előtörést kézzel, vagy további robbantással lehet elvégezni, mert előtörő berendezést gazdaságtalan beállítani a folyamatba.

A zúzásra szánt követ pofás, vagy kúpos kötő zúzza a kívánt méretűre. A frakciókat hengeres, vagy sík rostán választják szét, osztályozzák. A törési minőség javítására ismételt törés is végezhető. Ehhez vagy egy újabb kötőrot kell munkába állítani, vagy munkaszervezéssel a munkafolyamatot úgy kialakítani, hogy az egyszer tört anyag osztályozás után ismét a törőre kerüljön.

A kőbányák belső anyagmozgatására rakodógépet és szállítószalagot használhatunk. Megfelelő szintkülönbség (min. 9 m) lehetővé teszi az energiatakarékos csúszdák működtetését is.

Az elszállítandó anyagot a depóniákból célszerű puffertárolókba juttatni. Ennek folyamatos feltöltése megoldható egy kisebb teljesítményű rakodógéppel. A puffertárolót úgy kell elhelyezni, hogy a tehergépkocsik be tudjanak alája állni, mert így a rakodás gravitációs úton a tároló aljának megnyitásával gyorsan elvégezhető.

A lefedési, a törési és az osztályozási meddők elkülönített tárolásáról gondoskodni kell.

### 2.1.2.3. Nagyobb anyagnyerőhelyek művelése

Anyagnyerőhelyek azok a laza kőzetben nyitott bányákat, amelyekből talaj, homok, homokos-kavics vagy kavics termelhető ki az útépités közelében, illetve több útépités súlypontjában, állandó vagy ideiglenes jelleggel.

A kisebb, ideiglenes jelleggel működő anyagnyerőhelyek művelése nem igényel jelentős felszerelést. Az anyagot a bányafalról fejtő-rakodógép termelheti ki, amely egyben a szállítóeszközök megrakását is elvégzi. Tömörebb településű rétegekben, vagy ha a bányafalat nem lehet fejteni, a térszintet lehet mélyíteni. A kitermelendő anyagot dózer lazítja fel és tolja nagyobb halmokba. Az így meglazított anyagot rakodógép közvetlenül a szállítóeszközre rakja.

Fontos, hogy ezeket a kisebb anyagyerőhelyeket úgy alakítsuk ki és úgy használjuk, hogy azok ne akadályozzák a gazdálkodást és egyben megfeleljenek a balesetelhárítási és tájésztítikai szempontoknak is.

A nagyobb anyagyerőhelyek (20–30 m<sup>3</sup>/nap teljesítmény fölött) folyamatos munkáját már célszerű megtervezni és szervezni. Ezeket az anyagyerőhelyeket úgy kell kialakítani, hogy belőlük egy minimális minőségi követelményt kielégítő anyagot lehessen kitermelni. A megfelelő teljesítmény eléréséhez az egész munkafolyamatot gépesíteni kell.

A laza kőzetet a bányafalból itt is fejtő-rakodógép termeli ki, vagy a térszint anyagát dózer lazítja fel és tolja halmokba.

A hatékony anyagfelhasználás érdekében célszerű ezeken az anyagyerőhelyeken kisebb teljesítményű kötőrőt és osztályozót is felállítani. Azoknál az erdőgazdaságoknál, ahol a zúzottkővet távolról kell szállítani, de az anyagyerőhely anyaga vagy a helyi talaj talajstabilizáció készítésére alkalmas, célszerű olyan keverőgépet is munkába állítani, amely alkalmas a hidraulikus kötőanyag és a kationaktív bitumenemulzió bekeverésére is (pl.: folyamatos működésű keverőteknő).

Az anyagyerőhely belső anyagmozgatása gravitációs úton, vagy szállítószalaggal oldható meg. A gravitációs anyagmozgatás feltétele a kellő szintkülönbség, amely a teljes technológiai folyamattól függően 2–7 m. A meredekebb állású szállítószalag emelési magassága nagyobb, de ugyanakkor megnő a teljesítményigény és a visszagördülés veszélye, ami rontja a hatékonyságot. A szállítószalag vízszintessel bezárt szöge ne haladja meg a szállított anyagra megadott határértéket, amely zúzottkőnél 27°, homoknál 29°. A biztonságos szállítás szempontjából a szállítószalagot nem célszerű 20°-nál meredekebb állásban használni. A nagyobb szintkülönbségeket több egymást követő szállítószalag beállításával célszerű áthidalni.

A folyamatos termelés és a gyors rakodás lehetőségének megteremtése érdekében az anyagot itt is puffertárolóba kell juttatni.

A nagyobb anyagyerőhelyeken belül a szállítójárművek a belső úthálózaton mozognak. Ezt úgy kell kialakítani, hogy a járművek egymás zavarása nélkül akadálytalanul haladhassanak (körforgalom, forduló stb.).

A nagyobb anyagyerőhelyek üzemeltetésekor a balesetelhárítási, a környezetvédelmi és a készletgazdálkodási szempontokat egyaránt figyelembe kell venni.

## **2.2. Kötőanyagok**

### **2.2.1. A bitumenek**

Az útépítésben általánosan használt kötőanyag a bitumen, amelyet a kőolaj lepárlásával állítanak elő. A lepárlási maradékként keletkezik a desztillációs bitumen, amely a benne visszamaradt könnyebb olajszármazékok miatt viszonylag lágyabb. A bitumen keménységét fűtatással növelik. Ekkor a forró bitumenen keresztül levegőt fűtatnak, miközben oxidációs folyamatok játszódnak le és a még jelenlévő gázolajmaradékok is eltávoznak. A fűtatás hatására a bitumen keménysége megnő és több tulajdonsága előnyösen megváltozik. A bitumenek tulajdonságát egyéb anyagok bekeverésével tovább lehet javítani. A modifikált bitumeneket nagy forgalmú pályaszerkezetek kötőanyagaként használják fel, ezért ezeknek nincs jelentősége az erdészeti útépítés területén. Néhány, az erdészeti útépítésben is használható speciális vékony réteg kötőanyaga is modifikált bitumen. Ezek pontos tulajdonságát a gyártók nem hozzák nyilvánosságra. A vékony réteget a technológia tulajdonosa maga építi meg, ekkor a megrendelőnek csak a vékony réteg célszerű alkalmazásáról kell döntenie.

Bitumen kötőanyag felhasználásával készülnek az aszfaltok. Az aszfaltban lévő kőanyag a szerkezet teherhordó vázát alkotja. A bitumen ezeket a szemcséket vonja be pótolva a szemcsés váz kohézióját, azokat összeragasztja (aszfaltnakadámok), illetve a finomrésszel habarcsot képez, amibe a kőanyag beágyazódhat. Tömörítés (hengerlés) után ezek az anyagok stabil, teherbíró és időjárásálló réteget alkotnak, amely ellenáll a forgalom hatásának.

A bitumen termoplasztikus anyag. Hidegen kemény, szilárd, sőt rideg, melegítve meglágyul, plasztikussá, folyóssá majd hígfolyóssá válik. A bitumenek felhasználását az utépítésben ezek a tulajdonságok szabják meg, amit a bitumen keménységének változtatásával tudunk befolyásolni. Azért, hogy a bitumenből készített pályaszerkezet a megkívánt követelményeknek megfelelően, fontos, hogy a bitumen a következő tulajdonságokkal rendelkezzen:

- jó kötő- és tapadóképeség, amely a jó aszfalt előállításának előfeltétele,
- rugalmasság és szívósság, amely a viszkoelasztikus tulajdonságoktól függ,
- kedvező hőérzékenység, vagyis alacsony hőmérsékleten ne legyen rideg, magas hőmérsékleten ne lágyuljon meg,
- legyen hőtűrő, azaz jól viselje el a magas hőmérsékletet, az aszfaltgyártás közben (160 °C körül) se változzanak meg a tulajdonságai.

Az utépítésben a bitument:

- utépítési bitumen,
- hígított bitumen,
- és bitumen emulzió

formájában használjuk fel. Az egyes bitumenfajták többféle választékban készülnek, amelyek felhasználását a pályaszerkezet típusa, az építés körülményei és a forgalom igényei határozzák meg. A pályaszerkezet építésének technológiája és a bitumen fajtája között egymást kölcsönösen meghatározó szoros összefüggés áll fenn, amely egyben meghatározza a pályaszerkezet építéséhez használható gépeket és berendezéseket.

#### 2.2.1.1. Az utépítési bitumenek

Az utépítési, vagy röviden utibitumenek a meleg eljárással készített, kis hézagtartalmú, tömör aszfaltok kötőanyaga. Normál hőmérsékleten ( $\pm 20$  °C) szilárd, kemény állapotú anyag, amely magas hőmérsékleten hígfolyóssá válik. Ez teszi lehetővé azt, hogy aszfaltgyártáskor a kőanyagot a kötőanyaggal (bitumennel) össze lehessen keverni. A bitumen az aszfalt beépítése után lehülve fejt ki kötőképességét, mert a beépítés után lehülő bitumen visszanyeri merev állapotát.

A bitumenek tulajdonságait különféle anyagok adagolásával javíthatják. Ezek a bitumenek a modifikált bitumenek. A modifikált bitumenekkel részletesen nem foglalkozunk, mert ezek előállítását gyakran nem hozzák nyilvánosságra. Felhasználásukkal általában speciális igényeket lehet kielégíteni. Használatukhoz speciális technológiai ismeret és műszaki háttér szükséges. Az erdészeti utépítésben a modifikált bitument felhasználásával épített pályaszerkezeteket a megfelelő technológiai ismeretekkel és műszaki feltételekkel rendelkező vállalkozásoktól kell megrendelni, amelyek egyben a védett építési eljárások jogosultságával is rendelkeznek.

##### 2.2.1.1.1. Az utépítési bitumenek fontosabb jellemzői

A bitumen tulajdonságait alapvetően az alapanyagként felhasznált kőolaj tulajdonságai szabják meg, amelyet a gyártás közben bizonyos határok között módosítani lehet. A bitumenek tulajdonságait kétféle szempont szerint vizsgáljuk:

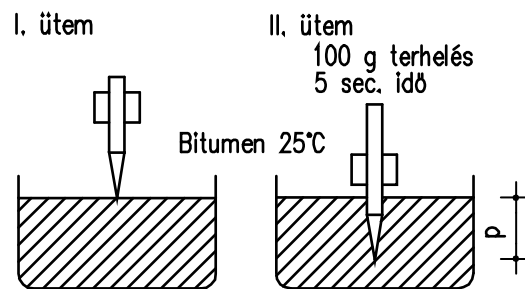
- a kémiai jellegű vizsgálatokkal a bitumen összetételét, a kémiai tulajdonságokat határozzák meg, amely a bitumen készítésére használt kőolaj származási helyére utal,
- a fizikai jellegű vizsgálatokkal a viszkozitásra, a hőérzékenységre és a hőtűrőképességre vonatkozó adatokat kapjuk meg, amelyek főként technológiai szempontból fontosak.

A bitumenek tulajdonságait leíró jellemzők közül a továbbiakban a technológia szempontjából fontos jellemzőkkel foglalkozunk.

#### 2.2.1.1.1.1. A penetráció

A penetráció a bitumen keménységére jellemző számérték, amelyet az utibitumen egyes választékainak elkülönítésére használunk.

A penetráció egy szabványos kialakítású 100 g tömeggel terhelt tű 5 sec. alatti behatolásának mélysége a 25 °C hőmérsékletű bitumenbe, 0,1 mm-ben kifejezve (2.2-1. ábra). Pl.: a 90-es penetrációjú bitumenbe a tű 9 mm mélyen hatol be 5 sec. alatt.



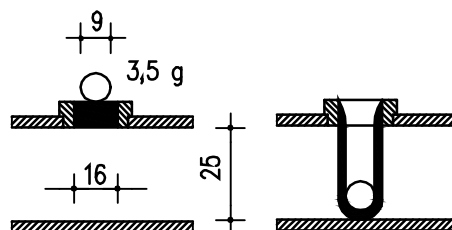
2.2-1. ábra. A penetráció meghatározása

A penetráció értéke a kemény bitumenben mért 10 értéktől a lágyabb bitumeneken mérhető 200–300 értékig változhat.

#### 2.2.1.1.1.2. A lágyuláspont

A lágyuláspont az a hőmérséklet, amelyen a bitumen lassan folyóssá válik. Meghatározása gyűrűs-golyós lágyuláspont vizsgálattal történik (2.2-2. ábra). A vizsgálathoz használt készülék váza két egymástól 25 mm távolságra lévő acéllap. A felső acéllapon kialakított környítésbe kell elhelyezni a bitumennel megtöltött 16 mm belső átmérőjű, 6,4 mm magasságú rézgyűrűt. A bitumenre 3,5 g tömegű 9,5 mm átmérőjű acél golyót kell helyezni. Az összeállított berendezést vízfürdőbe kell állítani, amelynek hőmérsékletét percenként 5 °C-kal kell növelni. A hőmérséklet növekedésének hatására a bitumen meglágyul, a golyó súlya a bitumént lehúzza a 25 mm-rel mélyebben lévő alsó szintre. Azt a hőmérsékletet tekintjük lágyuláspontnak, amelyet a hőmérőn akkor olvasunk le, amikor a bitumen az alsó szintet éppen megéri.

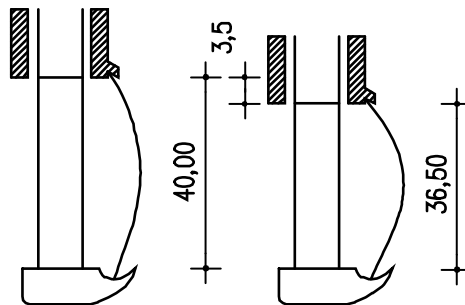
Az útépitési bitumenek lágyuláspontja 35° – 80 °C közé esik.



2.2-2. ábra. Gyűrűs-golyós lágyuláspont mérése

### 2.2.1.1.1.3. A töréspont

A bitumen alacsony hőmérsékleten rideggé, törékennyé válik. A töréspontot a *Fraas*-féle készülékkel határozzuk meg. A készülék egy olyan mechanikus szerkezet, amellyel egy 0,4 g bitumennel bevont 2×4 cm méretű acéllemezt lehet folyamatos hűtés közben előírás szerint hajlítgatni (2.2-3. ábra). A hajlított acéllemez alakváltozásait a bitumenfilm egy bizonyos hőmérsékletig jól követi, majd elkezdi repedezni. A töréspont az a hőmérséklet, amelyen a bitumenfilm a hajlítás hatására megreped.

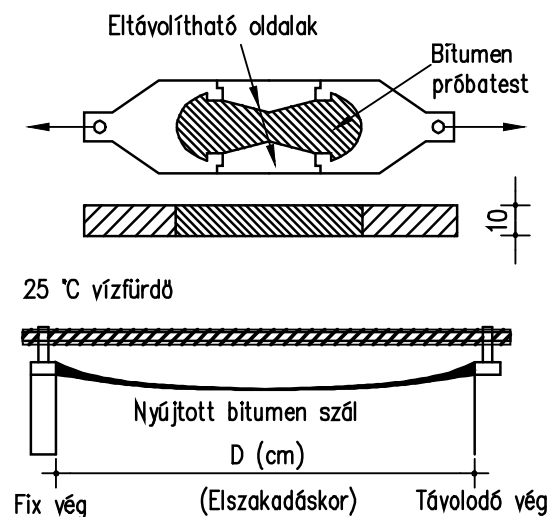


2.2-3. ábra. Töréspont meghatározása

Az útépitési bitumenek töréspontja  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  között változik. A bitumen tulajdonsága annál kedvezőbb, minél alacsonyabb a töréspontja a lágyuláshoz képest. Ezt a viszonyt a plasztikus hőtávolság fejezi ki, amely a lágyuláshoz és a töréspont közötti hőmérséklet különbség. Minél nagyobb ez az érték, annál kedvezőbb tulajdonságú a bitumen. A jó bitumenek plasztikus hőtávolsága  $60\text{--}65\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül változik.

### 2.2.1.1.1.4. A duktilitás

A bitumen szívósságára és képlékenységére utal a bitumen nyújthatósága. A duktilitást  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű vízfürdőbe helyezett szabványos méretű, piskóta alakú próbatesten mérjük, amelyet 5 cm/perc sebességgel nyújtunk (2.2-4. ábra). A duktilitás az a cm-ben kifejezett távolság, ahol a megnyújtott bitumenszál elszakad. Kemény bitumeneknél ennek értéke 5–50 cm, lágy bitumeneknél minimum 100 cm.



2.2-4. ábra. Duktilitás meghatározása

Legújabbán a vizsgálat közben mérik a megnyújtáshoz szükséges erőt is, amely további felvilágosítást ad a bitumenek tulajdonságaira.

#### 2.2.1.1.1.5. Öregítési vizsgálat

Az öregítési vizsgálat, vagy állandósági próba azt vizsgálja, hogy magas hőmérsékleten hogyan változnak meg a bitumen minőségét kifejező jellemzők. Az öregítési vizsgálatkor szabványos kialakítású tálban 50 g bitument 5 óra hosszú ideig, 163 °C-on tárolunk. Az öregítés után mérjük a súlyvesztést, amely nem lehet több 1%-nál. Ezen kívül újra meg kell határozni a 25 °C-on mért penetrációt és duktilitást. Az öregítés után mért értékek kisebbek lesznek az eredeti bitumenen mért értékeknél, de a csökkenés nem lépheti túl a szabványban meghatározott értéket.

#### 2.2.1.1.2. Az útépítési bitumenek választékai

Az útépítési bitumenek választékait a 25 °C-on mért penetrációjuk alapján különítik el és nevezik meg. Az útépítési bitumenek szabványos választékai ezek szerint:

20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150, 160/220

A bitumenek feloszthatók

- lágy bitumenekre 100/150, 160/220
- közepesen kemény bitumenekre 50/70, 70/100
- kemény bitumenekre 20/30, 35/50

#### 2.2.1.1.3. Az útépítési bitumen hőmérséklete és viszkozitása

A bitumen termoplasztikus tulajdonsága miatt melegítés hatására először meglágyul, majd hígfolyóssá válik. Ez teszi lehetővé azt, hogy a különböző technológiai műveleteket (keverés, szivattyúzás stb.) el lehessen végezni. Ezeket a műveleteket akkor lehet tökéletesen elvégezni, amikor a bitumen megfelelő viszkozitású, amit a hőmérséklet beállításával tudunk szabályozni. Tapasztalatok szerint az egyes munkaműveletekhez tartozó viszkozítások a következők:

- szivattyúzási viszkozítás, amelyen a bitument egy tartályból át lehet szivattyúzni, vagy gravitációs úton ki lehet folytatni: 1000–2000 cSt
- tömörítési viszkozítás, amelyen az aszfaltkeverék bedolgozható, a keverék előkészítéskor, a tömörítés kezdetekor: 100–300 cSt
- a tömöríthetőség végét jelző viszkozítás, amikor a tömörítés hatástalanná válik, ezért az befejezendő: 2000 cSt
- keverési viszkozítás:
  - durva kőanyag felhasználásakor: 150–300 cSt
  - finom kőanyag felhasználásakor: 100–200 cSt
- permetezési viszkozítás, amelyen a permetező gépkocsi szórófejein (fűvókáin) keresztül egyenletesen az út felületére permetezhető: 40–50 cSt

A különféle keménységű bitumenek ugyanazt a viszkozitást más-más hőmérsékleten érik el. A hazai útépítési bitumen és hígított bitumen fajták hőmérséklete és viszkozitása közötti összefüggést, valamint a munkaműveletekhez tartozó viszkozítási határértékeket egyetlen diagramban lehet ábrázolni. Ebből leolvashatók azok a hőmérsékleti határok, amelyek között az adott bitumen viszkozitása a munkaműveletnek megfelel (2.2-5. ábra).

#### 2.2.1.1.4. Az útépítési bitumen szállítása, tárolása, kezelése

Az útépítési bitument a gyártó üzemben hőszigetelt tartálygépkocsiba töltik. A tartálykocsiba töltött bitumen hőmérséklete 170–200 °C, amely naponta 15–40 °C-al csökken. A bitument szivattyúval fejtik át a tárolótartályba. Amennyiben a bitumen hőmérséklete a szivattyúzási

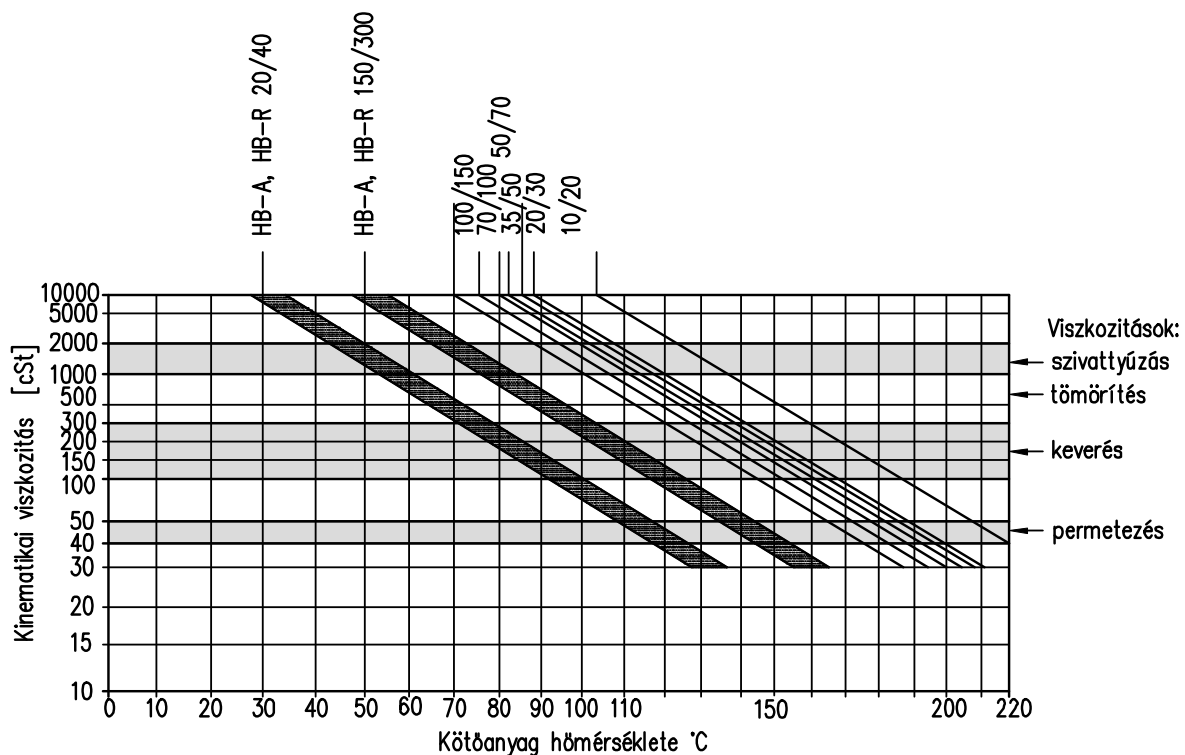


hőmérséklet alá csökken akkor azt fel kell melegíteni. Ezt a célt szolgálja a bitumentároló és szállító tartályokba beépített csőkigyó, amiben forró olajat áramoltatnak a lehűlt bitumen felmelegítésére.

A bitument fűtőberendezéssel ellátott tárolótartályban kell tárolni. A bitumen térfogata melegítéskor jelentősen megnő (25 °C-ról 180 °C-ra melegítve 8–10%-al) ezért a bitumentároló tartályokat csak térfogatuk 70–80%-ig szabad feltölteni, számítva az esetleges felhabzásra is.

A forró bitumenbe kerülő víz hatására a bitumen erősen felhabzik, és a tárolóedényből kifuthat, ami tűz- és balesetveszélyes. A bitumen tárolásakor és felhasználásakor ezért gondosan vigyázni kell arra, hogy a forró bitumenbe víz ne kerüljön. A habzást felületi feszültséget csökkentő habzásgátló anyaggal lehet megszüntetni (pl.: szilikon olaj).

A hordós kiszerelésű bitument nehézkes kezelése miatt az útépitéseknél ma már nem használják.



2.2-5. ábra. A bitumenek hőmérséklet-viszkozitás összefüggései az egyes munkaműveletekkel

### 2.2.1.2. Hígított bitumen

A hígított bitumen a félmeleg eljárással készített, utántömörődő aszfaltok – az aszfaltmaka-dámok – általánosan használt kötőanyaga.

A hígított bitument lágy bitumenből állítják elő úgy, hogy magas hőmérsékleten 15–35% könnyű gázolajat kevernek hozzá. Ennek hatására a bitumen viszkozitása lecsökken, léghőmérsékleten vagy alacsonyabb hőmérsékleten (60–100 °C) keverésre, permetezésre alkalmasá válik.

A hígított bitumen kötése fokozatosan alakul ki a hígítóanyag elpárolgásának függvényében. A kötési időt a hígítóanyag minősége és az időjárás szabja meg. Könnyebb, alacsonyabb forráspontú gázolajszármazékot használva hígítóanyagként a kötési idő lecsökken. A kötés ki-

alakulása – a higítóanyag elpárolgása – után visszamaradó bitumen a gyártáskor használt lágy bitumen, aminek keménységét tovább csökkenti a visszamaradó higítóanyag. A higított bitumen kötőanyag felhasználásával kisebb stabilitású és teherbírású pályaszerkezetek készíthetők, amelyek azonban jól megfelelnek az erdészeti utak forgalmának.

#### 2.2.1.2.1. A higított bitumen fontosabb jellemzői

##### 2.2.1.2.1.1. A viszkozitás

A higított bitumen viszkozitását az oldószer mennyisége, minősége és az alapanyagként felhasznált bitumen keménysége határozza meg.

A higított bitumen folyósságára jellemző viszkozitás az a másodpercben kifejezett kifolyási idő, amely alatt az  $50 \text{ cm}^3$  mennyiségű  $30 \text{ °C}$  hőmérsékletű higított bitumen a 10 illetve a 4 mm átmérőjű lyukon kifolyik. A viszkozitás meghatározására használt utikátrányviszkoziméterben a higított bitumen hőmérsékletét vízfürdővel lehet szabályozni.

##### 2.2.1.2.1.2. A lobbanáspont

A lobbanáspont a higított bitumen tűzveszélyességére jellemző. Az a hőmérséklet, amelyen a *Marcusson*-féle készülékben melegített higított bitumenből eltávozó gőzök a levegővel elegyedve, láng hatására az anyag egész felületére kiterjedve ellobban.

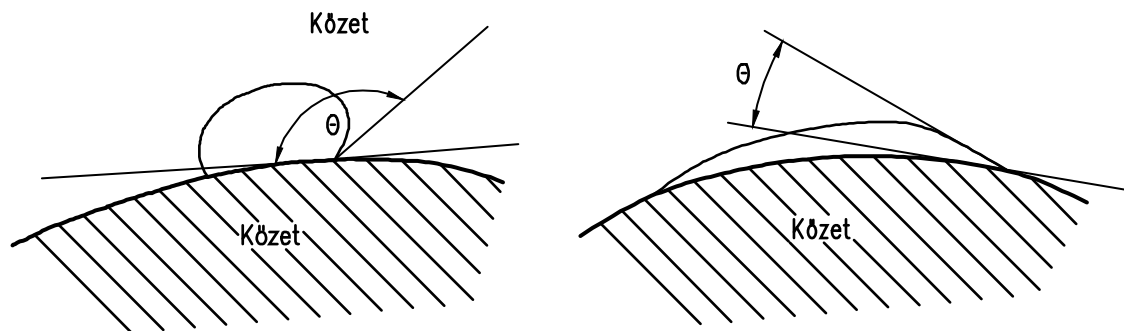
A *Marcusson*-féle lobbanáspont meghatározó készülékben a vizsgált higított bitument homok fürdőben melegítik, az eltávozó gázokat gyújtóláng lobbantja lángra. A higított bitumen lobbanáspontja  $70 \text{ °C}$  körül mozog.

##### 2.2.1.2.1.3. A higított bitumen tapadása és a tapadás vizsgálata

A kellő stabilitású és teherbírású pályaszerkezet építésének alapfeltétele a higított bitumen és a kőzet között megfelelően kialakuló tapadás. Ennek két előfeltétele, hogy

- a folyékony halmazállapotú higított bitumen nedvesítse a kőzet felületét,
- működjön a kötőanyag és a kőzet felülete között az adhézió és a másodlagos kémiai erők is.

A kőzet felületét akkor nedvesíti jól a higított bitumen, amikor azon vékony rétegben szétterül és a felületi feszültség hatására nem csepp alakot vesz fel (2.2-6. ábra). Megfelelő nedvesítéskor a  $\Theta$  peremszög nagysága nullához közelít. Az adhézió kialakulásában jelentős szerepet játszik a kőzet felületének víztartalma. A poláros kőzet (a kvarc savas  $\text{SiO}_2$ , a mészkő bázikus  $\text{Ca}^{++}\text{CO}_3^{--}$ ) felületén az ugyancsak poláros víz molekulái erősebben tapadnak meg, mint az apoláros higított bitumen. A nedves kő felületéről ezért a víz leszorítja a higított bitument, amely filmszerű bevonat helyett cseppekben gyűlik össze a kőzet felületén. A higított bitumen tapadóképessége tapadásjavító anyaggal (Evazin) növelhető, amit gyártás, vagy felhasználás közben lehet az anyagba keverni.



2.2-6. ábra. A nedvesítés feltétele

A tapadás vizsgálatához 300–300 g, 5–10 mm szemnagyságú, frissen tört, mosott és szárított dunai fehér kavicsot és zalahalápi bazalt zúzottkővet kell 15–15 g 70 °C hőmérsékletű higított bitumennel összekeverni. A keveréket 2 órán keresztül levegőn, majd 24 órán keresztül desztillált víz alatt kell tartani. Jónak ítéhető meg a tapadás, ha az ásványi anyag felületének több mint 90%-át bevonja a higított bitumen.

#### 2.2.1.2.2. A higított bitumen választékai

Az útépitéshez használható higított bitumen választékait a bitumen származási helye és viszkozitásuk szerint különítjük el. Így megkülönböztetünk:

HB-A 20/40, HB-A 150/300 arab kőolajból

HB-R 20/40, HB-R 150/300 egyéb kőolajból

származó higított bitument.

#### 2.2.1.2.3. A higított bitumen szállítása, tárolása

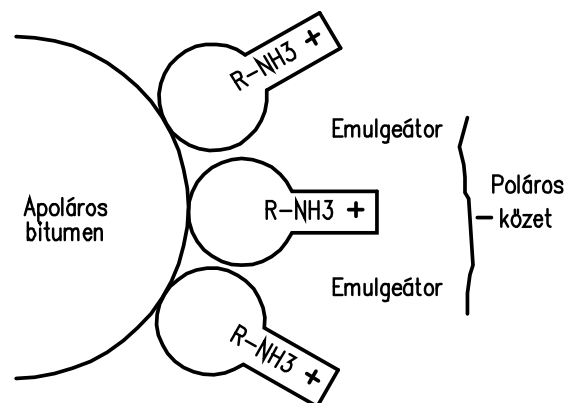
A higított bitument tartálykocsikban szállítják, amelyből a tárolótartályba általában melegítés nélkül lehet átfejteni. A hidegebb időszakokban a szállítótartályokat hő ellen szigetelni kell, vagy a tartályban lévő csőkígyóban áramoltatott forró gőzzel fel kell melegíteni a lefejtési, vagy szivattyúzási viszkozitás eléréséig. A higított bitument fogaskerék szivattyúval emelik át az acél tárolótartályokban, amelyekben a felmelegítést szintén csőkígyó teszi lehetővé.

A tárolótartály feltöltésénél figyelembe kell venni a melegítés hatására bekövetkező térfogatnövekedést, valamint a víz hatására bekövetkező habzás lehetőségét. A higított bitumen esetében különösen vigyázni kell arra, hogy a tartályokba víz ne kerüljön.

A higított bitument a különböző technológiai folyamatok által megkövetelt viszkozításúra kell beállítani, ezért 70–150 °C-ra fel kell melegíteni. Ez a hőmérséklet magasabb a higított bitumen lobbaspontjánál (70 °C), ezért a munkák fokozottan tűz- és robbanásveszélyesek. A kezelési hely és a munkahely környékén nyílt láng használata szigorúan tilos.

#### 2.2.1.3. A bitumenemulzió

A bitumenemulzió bitumen, víz és emulgeátor keveréke. A bitumenemulzióban az 1–5 mikron nagyságúra diszpergált bitumen a vízben egyenletesen elosztva lebeg. A keverék stabilitását az emulgeátor biztosítja, amely egy heteropoláros vegyület. Töltés nélküli hidrofób része a bitumenhez tapad, poláros vége a vízben disszociál, ezáltal a bitumen kifelé poláros jelleget mutat. (2.2-7. ábra.)



2.2-7. ábra. A kationaktív bitumenemulzió

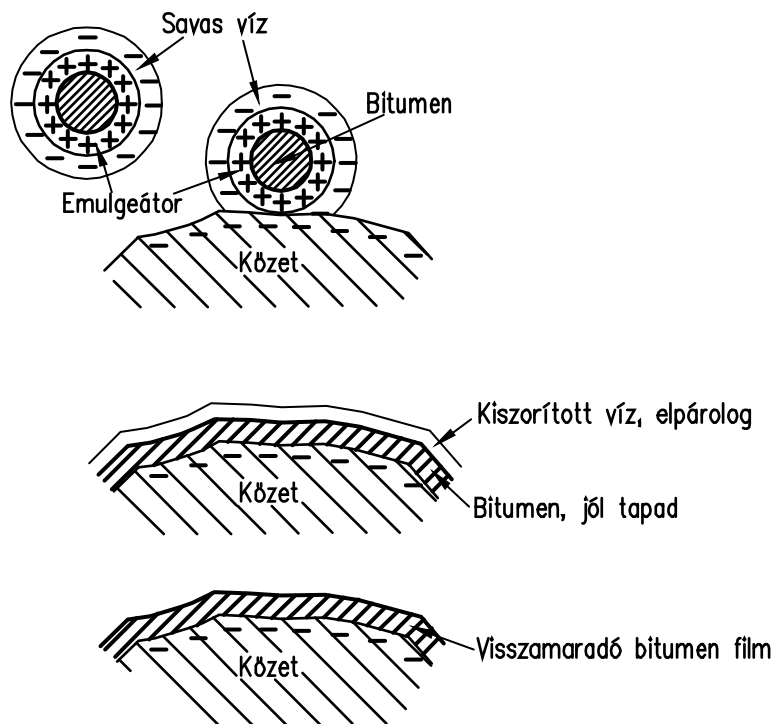
Az azonos töltést mutató bitumenszemcsék egymást folyamatosan taszítják, ezért a bitumenszemcsék hosszú ideig lebegő állapotban maradnak. A kőzet felületéhez érve, vagy a víz elpárolgásakor az egyensúly felborul, a bitumen a kőzet felületén kiválik, bekövetkezik az emulzió törése. A törés után visszamaradó bitumen tulajdonságai az alapanyagként felhasznált bitumen tulajdonságaival egyeznek meg. Az erdészeti útépitéseknél azért jelentős ennek a kötőanyagának a használat, mert hidegen, melegítés nélkül felhasználható, permetezhető, keverhető, valamint hidegen tárolható aszfalt is készíthető belőle. Az előzőeken túl további kedvező tulajdonsága, hogy megtörésekor bitumenre és vízre válik szét, a bitumen megtapad a kőzet felületén, a víz a környezetet nem szennyező anyagként távozik.

#### 2.2.1.3.1. A bitumenemulzió törése

A bitumenemulzió törésének folyamata az emulgeátor tulajdonságaitól függ, amely szerint megkülönböztetünk:

- kationaktív bitumenemulziókat,
- anionaktív bitumenemulziókat.

A kationaktív bitumenemulzió emulgeátora zsírsavamin ( $\text{RNH}_2$ ) és sósav ( $\text{HCl}$ ), amelyeket vízben oldva só ( $\text{RNH}_3\text{Cl}$ ) keletkezik. Ennek hidrolízisekor a leszakadó  $\text{Cl}^-$  ion a vízhez kötődik és a megmaradó sósavval az emulzió vizét savas kémhatásúvá teszi. Az  $\text{RNH}_3^+$  molekula hidrofób része a diszpergált bitumenszemcséhez kötődik, azt védőburokként vonja be. Az emulgeátorból kialakuló védőburok külső felületét az emulgeátor molekula pozitív elektromos töltésű hidrophil végei alkotják, ezért a bevont bitumenszemcse pozitív töltést mutat, ezáltal erősen vonzódik a negatív töltésű kőzetek felületéhez (2.2-8. ábra). A kationaktív bitumenemulzió ionos kötése a kőzet felületéhez erősebb, mint a víz kötése, ezért a vizet a kőzet felületéről leszorítja. A kationaktív bitumenemulzió a nedves (nyirkos) felületen is köt, sőt a jobb terület miatt a kissé nyirkos kőzet a tapadást javítja.



2.2-8. ábra. Kationaktív bitumenemulzió tapadása a kőzet felületéhez

Az anionaktív bitumenemulzió fizikai-kémiai felépítése hasonló. Az emulgeátor ekkor zsírsav (RCOOH) és lúg (NaOH), ami a bitumenszemcséknek negatív védőburkot kölcsönöz. Az azonos töltésű részek egymást taszítva lebegnek. A közet felületéhez érve az elektromos töltések egyensúlya megbomlik és az emulzió a közet felületén kiválik. A tapadás a közethez azonban csak a víz eltávozása után következik be, kémiai értelemben vett kötések kialakulása nélkül.

A sok víz jelenléte (nedves közet, eső stb.) az anionaktív bitumenemulzió kötődését a közethez hátrányosan befolyásolja. A kötés teljes kialakulása előtt a közet felületéről az anionaktív bitumenemulzió könnyen lemosódik.

Útépítési célra napjainkban kizárólag a kationaktív bitumenemulziót használják előnyösebb tulajdonságai miatt.

#### *2.2.1.3.2. A kationaktív bitumenemulzió jellemzői*

##### *2.2.1.3.2.1. A bitumenemulzió kinézetének leírása*

A kationaktív bitumenemulzió külső megjelenését szemrevételezéssel állapítjuk meg. Színe barnás-fekete, a tároló edényben el nem keverhető kemény bitumenréteg nem látható, 24 órán keresztül nyugalomban tartva a felszínen vékony hártya keletkezhet, kialakulhat egy többékevésbé elkülönülő vizes réteg, amelyet egyszerű keveréssel meg lehet szüntetni.

##### *2.2.1.3.2.2. A viszkozitás*

A kationaktív bitumenemulzió viszkozitását utikátrány-viszkoziméterrel határozzuk meg. A kationaktív bitumenemulzió viszkozitása az 50 cm<sup>3</sup> bitumenemulzió kifolyási ideje 4 mm átmérőjű kifolyónyíláson, 20, illetve 40 °C-on.

##### *2.2.1.3.2.3. A kémhatás*

A kémhatást a pH érték jellemzi, amit indikátor papírral határozzuk meg. Értéke 2–6 között változik.

##### *2.2.1.3.2.4. A törési idő*

A technológia szempontjából talán legfontosabb jellemző a törési idő. Ennek vizsgálatához az építéshez felhasznált közetből 100 g-ot 5 cm<sup>3</sup> vízzel benedvesítünk, majd 10 g bitumenemulzióval összekeverjük. A keverés után 10 egyenlő részre osztjuk az anyagot és óraüvegre helyezzük. Az óraüvegeken feltüntetjük azokat az előre meghatározott, keveréstől eltelt állásidőket, amelyek után a törést vizsgáljuk. Ezeknek az állásidőknek az elteltével az óraüvegről gyenge vízszugárral lemoszuk az emulziót. A mosás befejezése után a mintákat szobahőmérsékleten kiszárítjuk és megvizsgáljuk a bevont felületeket. Ahhoz a mintához tartozó állásidő, amelyen a zúzottkö felületén egyenletes, fekete bitumenes bevonat látható a törési idő percben kifejezve. A vizsgálatához UNZ5/12 uzsai bazaltot és 5/12 hegyeshalmi zúzott kavicsot kell használni. Erdészeti útépítéseknél célszerű a vizsgálatokat az építéshez használt kőanyagon is elvégezni.

##### *2.2.1.3.2.5. Tapadóképesség*

A tapadóképesség vizsgálatához 100 g zúzottkővet összekeverünk 10 g bitument tartalmazó emulzióval és 24 órán keresztül, illetve a törési idő elteltével 300 cm<sup>3</sup>, 60 °C hőmérsékletű desztillált vizet adunk hozzá. A keveréket 18 órán keresztül 60 °C-on tároljuk. Ezután a vizet leöntjük és szemrevételezéssel megállapítjuk a bevont felület százalékos arányát. A vizsgálatához UNZ5/12 uzsai bazaltot és 5/12 hegyeshalmi zúzott kavicsot kell használni. Erdészeti útépítéseknél célszerű a vizsgálatokat az építéshez használt kőanyagon is elvégezni.

### 2.2.1.3.3. A kationaktív bitumenemulzió választékai

A kationaktív bitumenemulziót a gyártó háromféle törési idővel gyártja:

- gyorsan törő bitumenemulzió (Gy jelű), amely permetezési technológiához használható;
- közepesen törési idejű bitumenemulzió (K jelű), amely permetezési és keverési technológiához egyaránt használható;
- lassan törő bitumenemulzió (L jelű), amelyből tárolható hideg aszfaltokat lehet keveréssel előállítani.

A bitumenemulzió fajtáját a meghatározza a technológia is. Ennek alapján megkülönböztetünk:

- |   |          |
|---|----------|
| • ragasztáshoz felhasznált                          | R jelű   |
| • permetezési felületi bevonatokhoz használt        | FB jelű  |
| • keverési, terítési felületi bevonatokhoz használt | KFB jelű |
| • aszfaltkeverékhez használt                        | EA jelű  |

bitumenemulziót.

A bitumenemulziót többféle bitumentartalommal gyártják:

- 40% bitument tartalmazó emulzió számjele: 40
- 60% bitument tartalmazó emulzió számjele: 60
- 65% bitument tartalmazó emulzió számjele: 65
- 70% bitument tartalmazó emulzió számjele: 70

A felhasznált útépitési bitumen szerint az emulzió lehet:

- 80-as penetráció értékű, számjele: 70/100
- 200-as penetráció értékű, számjele: 160/220
- elasztomerrel modifikált útépitési bitumen, betűjele PmB-A
- plasztomerrel modifikált útépitési bitumen, betűjele PmB-B

A termékfajta elnevezésének tartalmazni kell:

- a termék nevét,
- a termék fajtára utaló betű-, illetve számjeleket, valamint a gyártáshoz felhasznált útépitési bitumen termékre utaló számjelet vagy betűjelet,
- a vonatkozó műszaki előírás azonosító jelzetét.

Pl.: Kationaktív bitumenemulzió, Gy-R 60 (160/220), ÚT 2-3.504

Általános útépitési körülmények között a kationaktív bitumenemulzió választékai közül azt kell kiválasztani, amely megfelel a felhasználás módjának, a kőanyag minőségének, az alkalmazott berendezéseknek és az időjárási viszonyoknak. Különleges beépítési körülmények között célszerű a gyártóval konzultálni, aki az építés körülményeinek figyelembevételével a körülményekhez legjobban alkalmazkodó bitumenemulziót tudja rendelkezésre bocsátani.

### 2.2.1.3.4. A kationaktív bitumenemulzió szállítása, tárolása, kezelése

A kationaktív bitumenemulziót tartálykocsiban szállítják. Fontos, hogy a tartály tiszta legyen, mert szennyeződések hatására az emulzió megtörik. A törés után kivált bitument csak melegítéssel lehet eltávolítani. A bitumenemulziót technikailag korlátlan távolságra lehet szállítani, de 40% víztartalma miatt a gazdaságos szállítás határa mintegy 100 km.

A bitumenemulzió tárolására bármely folyadék tárolására alkalmas tiszta tartály alkalmas (acél, beton stb.) A tartályt csak akkor kell a lehülés ellen szigetelni, amikor a bitumenemulziót fagyponthoz alatti hőmérsékleten is tárolni kell. Elvben a tároló tartályban lévő bitumen fel-

melegítéséről sem kell gondoskodni, bár célszerű ennek lehetőségét egy csőrendszer beépítésével biztosítani, mert a tartályban véletlenül megtörő bitumenemulziót csak felmelegítés után lehet eltávolítani, illetve hideg időben a hőmérséklet csak így tartható fagypont felett.

Tárolás közben a bitumenemulzió lassan ülepedik, ami azonban keveréssel megszüntethető. A tárolt bitumenemulziót ezért hetente legalább egyszer át kell keverni. Ekkor a lefejtéshez használt fogaskerék szivattyúval a tartályból kiszivattyúzott bitumenemulziót egy csővezetékén keresztül visszajuttatjuk a tartályba.

A kationaktív bitumenemulzió vízzel hígítható, de pH-ját sósav adagolással 2–5 közötti értéken kell tartani.

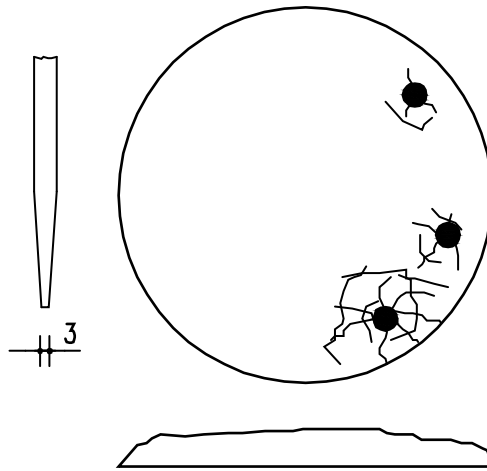
### **2.2.2. Cement**

A cement hidraulikus kötőanyag, amelyet cementes talajstabilizáció és betonburkolatok készítéséhez használunk.

A cement kötésének folyamata vázlatosan a következőképpen játszódik le. A cement gyártásakor az égetés folyamán vízmentes klinkerásványok keletkeznek, amelyek víz hatására felhasadnak, a vizet hidroxil-gyök alakjában megkötik. Ez a folyamat a hidratáció, amely közben telített, vagy túltelített kolloidális oldat keletkezik. A kalciumhidroxid – kalciumszilikát – kalciumaluminát gélrendszer instabil, amelyből kristályok alakjában szilárd vegyületek válnak ki. A közet felületét bevonó hidratált cement kristályosodás közben kötődik a közet felületéhez, valamint összeköti a szemcséket. A hidratációban kezdetben csak a cementszemcse felülete vesz részt. Minél nagyobb a szemcse felülete – örlési finomsága – annál aktívabban játszódik le a vázolt folyamat. A cement felületi hidratációja mellett a belső hidratáció is megindul, amelyhez a szükséges vizet a külső gélrétegből vonja el. A külső gélréteg a kötés beállta és a szilárdulás megindulása után ezért fokozatosan kiszárad, a kristályosodási folyamat felgyorsul, a kötőerők növekednek. A hidratáció folyamán a cementszemcse először megduzzad, majd a belső vízelszívás és a párolgás hatására száradni, zsugorodni kezd. Amennyiben a gél kiszáradása nem rohamos – vagyis a külső felületet kellőképpen nedvesen tartva a párolgás akadályozott – a zsugorodási hajlam csökken, a szilárdulás folyamata kedvezőbbé válik. Ez a jelenség hívja fel a figyelmet arra, hogy a cement kötőanyagot felhasználó szerkezeteket a kötés intenzív szakaszában folyamatosan nedvesen kell tartani. A cementben lejátszódó kémiai folyamatok évekig eltartanak, azért a beton kötése is hosszú ideig tartó folyamat.

A cementes talajstabilizáció építéséhez bármely általánosan használt cementet fel lehet használni. A betonburkolat készítéséhez azonban olyan cement szükséges, amelyből nagy húzószilárdságú, jó minőségű beton állítható elő úgy, hogy a hajlításból eredő húzófeszültséget vasalás nélkül felvegye és ezáltal nagy tömegben beépítve se legyen hajlamos a zsugorodási repedések kialakulására. A hazai betonútépítés hagyományainak hiánya miatt nálunk kimondottan útépítési célra nem gyártanak cementet. Felhasználás előtt ezért ki kell tapasztalni, hogy melyik gyárból származó cement felel meg céljainknak és a betonkészítés receptjét ennek megfelelően kell összeállítani.

A betonburkolatok készítésénél fontos ismerni a kötés kezdetének idejét azért, hogy a bedolgozásra rendelkezésre álló időt meg lehessen határozni. A kötés kezdetének és végének idejét közelítően egy előírt folyósságú cementpépből készített lepényen lehet meghatározni. A szilárduló lepény szélétől 15 mm-re 15 percenként egy szabványosan kialakított fa rudacskát kell beszúrni, aminek hatására a lepényben repedések keletkeznek (2.2-9. ábra). A kötés kezdete a víz hozzáadásától eltelt az az időtartam, amidőn a lepénybe szúrt rudacskából kiinduló repedés eléri a lepény szélét. A kötés vége az az időpont, amikor a lepény felülete körömmel, enyhe nyomással nem karcolható.



2.2-9. ábra. Cement kötési idejének meghatározása

A cementeket 28 napos nyomószilárdságuk és összetételük alapján osztályozzák. A 28 napos nyomószilárdságot előírás szerinti összetételű cementhabarcsból készített 7,07 cm élhosszúságú kockán határozzák meg. Az eredményt  $10 \text{ MN/m}^2$  ( $\text{kp/cm}^2$ ) dimenzióban adják meg. A gyártott cementek szilárdsága eszerint lehet:

550 ( $\text{kp/cm}^2$ ) 450 ( $\text{kp/cm}^2$ ) 350 ( $\text{kp/cm}^2$ ) 250 ( $\text{kp/cm}^2$ )

A szilárdság mellett a cementet összetétele is jellemző, amit szintén fel kell tüntetni. Az összetétel feltüntetésénél ki kell térni az alapanyag vegyi összetételét leíró megnevezésre, a felhasznált alkalikus gerjesztőanyag megnevezésére és tömegarányban kifejezett mennyiségére.

Hazai viszonylatban a szilikát alapanyagú portland cementeket gyártják (pc) kohósalak, vagy pernye alkalikus gerjesztőanyaggal. Ezek szerint megkülönböztetünk:

- portland cementet (pc)
- kohósalak-portlandcementet (ks pc):
  - legfeljebb 20 tömeg % granulált kohósalak tartalommal (ks pc 20)
  - 20–40 tömeg % közötti granulált kohósalak tartalommal (ks pc 40)
- pernye-portlandcementet (ppc):
  - legfeljebb 10 tömeg % pernyetartalommal (ppc 10)
  - 10–20 tömeg % pernyetartalommal (ppc 20)

A cementek szabványos megnevezése a fenti adatokat a következő sorrendben tartalmazza:

- 28 napos szabványos nyomószilárdság,
- különleges tulajdonságra utaló jel,
- cementfajták összetételére utaló jel.

Pl.: a 350-K ppc 10 jelű cement szilárdsága  $35 \text{ MN/m}^2$  készletetett szilárdulású (kötési idejű) pernye-portland cement, amely legfeljebb 10 tömeg % pernyét tartalmaz.

A cementet ömlesztve, vagy zsákolva lehet beszerezni és tárolni. Az ömlesztett cementet főként keverőtelepen célszerű felhasználni, ahol a tároló silóból közvetlenül a keverőgépbe juttatható a kötőanyag. Erdészeti útépítéseknél, ahol nem áll rendelkezésünkre cementadagolóval egybeépített talajmaró és a cementszállító tartálytehergépkocsi mozgásához sincs elég hely, a zsákolt cementet is fel lehet használni megfelelő munkamódszer kialakításával. A zsákolt



cementet száraz helyen kell tárolni. A központi tárolóhelyről az útépités helyszínére csak az egy nap alatt felhasználható mennyiséget célszerű kiszállítani.

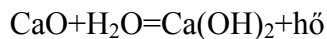
### 2.2.3. Mész

A mész kötőanyagot mészkőből égetéssel állítják elő. Az égetés alatt a következő vegyi folyamat játszódik le:



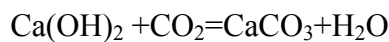
Az égetés eredményeként égetett darabos meszet kapunk, amelyet közvetlenül nem lehet felhasználni, ezért azt őrlik, illetve vízzel összekeverve oltják. A liszt finomságúra őrölt darabos égetett mész az égetett mézspor.

Az égetett meszet vízzel keverik össze, amit a mész oltásának neveznek. Az oltás eredménye a kalciumhidroxid:



A keletkező oltott mész nagy diszperzitású, ezért a kémiai folyamat lejátszódásához feltétlenül szükséges vízen kívül további vízmolekulák megkötésére is képes, ennek hatására zsíros tapintású, kenhető anyag keletkezik. A meszet kevés vízzel (mintegy 32%) porrá lehet oltani. A keletkező választék a mézshidrát, vagy porrá oltott mész. Több víz adagolásával (50–70%) kapjuk a mézspépet, vagy oltott meszet.

A szilárdulás vegyi folyamata:

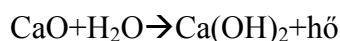


amelynek eredményeként a cementnél kisebb szilárdság alakul ki. Az útépitésben a meszet ezért nem közvetlenül szilárdságnövelő tulajdonsága miatt, hanem kémiai hatásai miatt használjuk.

A mész különböző fajtái közül a felhasználás körülményei és a technológia előírásai alapján kell a megfelelőt kiválasztani.

Az útépitésben a meszet általában meszes talajstabilizáció készítésére használják. A legfontosabb hatások ekkor a talajok víztelenítése, a kötött talajrészecskék kémiai összetapadása (aggregációja), az ionkicserélés és a puzzolános reakciók. Hosszú távú hatásként felléphet karbonátosodás is. A kívánt hatásokat égetett mész, mézshidrát és mézspép bekeverésével érhetjük el.

Az őrölt égetett fehérmeszet akkor célszerű használni, amikor a talajt ki kell szárítani. A szárító hatás a mész oltódása miatt következik be:

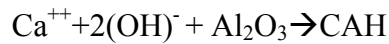
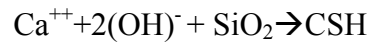


Egy kg mész oltódásakor mintegy 300 g póruszvizet von el a talajból. Nagyon jelentős a reakcióhő kialakulása miatt bekövetkező párolgás és a mész bekeverésével együtt járó átfogatás, szellőztetés. Gyakorlati szabályként elfogadhatjuk, hogy a talaj víztartalma az őrölt égetett mész bekeverése után a felhasznált mész arányának megfelelően csökken. Ez egy azonnal észlelhető hatás, aminek eredményeként a kezelt kötött talaj beépítésre alkalmassá válik.

A mész bekeverése után jelentkező azonnali hatást követi egy hosszú ideig tartó folyamat. Ezt a kalciumhidroxid, illetve a közvetlenül bevitt mézshidrát disszociációja vezeti be:

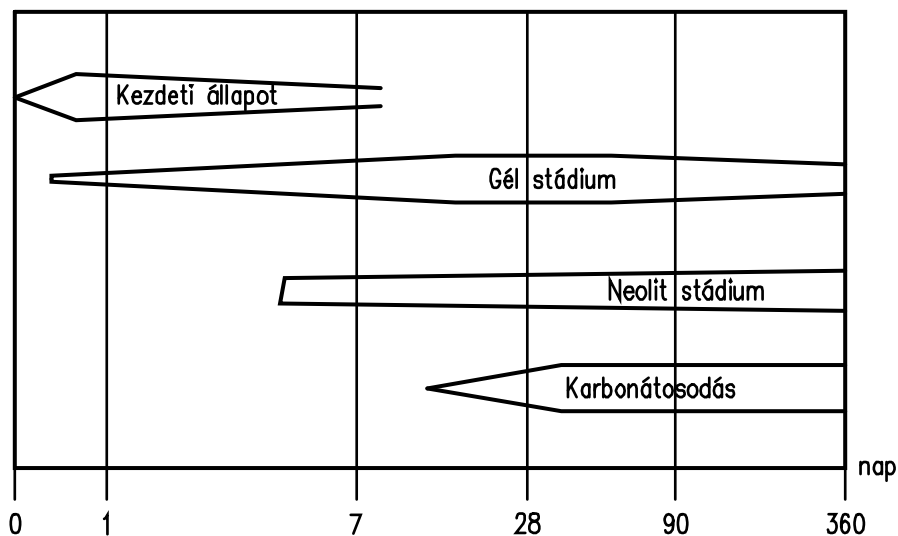


A disszociált ionok növelik az elektrolit koncentrációt és a pórusvíz pH értékét. Ennek hatására oldódásnak indulnak az agyagrészecskékben lévő  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vegyületek, valamint az amorf felületek anyagai. A hatás ionkicserélés, hidrogénhid képzés és puzzolános reakció.



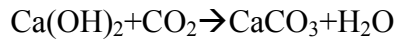
Ezeknek a reakcióknak az eredménye a megkívánt talajmechanikai hatás, amelyet szemmel láthatóan is érzékelni lehet és talajfizikai vizsgálatokkal kimutathatók.

A hosszú távú folyamat több évig is eltarthat és különböző szakaszokra osztható a jellemző változások szerint (2.2-10. ábra).



2.2-10. ábra. A mész hatásának szakaszai

Az azonnali reakció a vízháztartás változásában jelentkezik, ami a szívóerők megnövekedésében és a morzsálékossá válásban jut kifejezésre. Ebben az időben indul meg az ionkicserélés. A nátrium és egyes más kationok kalcium ionokkal cserélődnek ki. A szívóerők és a részecskék között megváltozott kapcsolatok miatt megindul egy struktúraváltozás: az agyagrészecskék nagyobb szemcsékké egyesülnek, tapadnak össze. Talajmechanikai szempontból ez alatt az idő alatt nő meg a plasztikus határ, csökken a plasztikus index, és nő meg a konzisztencia index. Ezzel egy időben megváltozik a *Proctor*-görbe helyzete is, a legnagyobb száraz halomsűrűség lecsökken, az optimális tömörítési víztartalom megnő. A pH értéktől függő összetapadási folyamat a talaj finomrész tartalmától és a talajhoz adott mész mennyiségétől függ. A reakció 2–3% mésztartalom után kimerül. Az azonnali reakciót követő ionkicserélődés hatását a talaj ásványi összetétele befolyásolja, amelyben meghatározó az ionkicserélődési kapacitás. Ekkor alakul ki a gél állapot. A mész, a szilikátok és aluminátok között meginduló puzzolános reakciók a hidratáció után néhány nappal megindulnak és 1–5 évig is eltarthatnak. Ezt a szakaszt a neolit szakasznak hívjuk. A szilikátok és aluminátok gélszerűen kitöltik a hézagokat, a puzzolános reakciók hatására a szemcsék cementálódnak vagy összeragadnak, növelve ezzel a talaj szilárdságát. Az eredmény függ a mészmennyiségtől és a talaj finom részének ásványi összetételétől. Amikor a talaj ásványi összetétele nem ismert, a hatást gyors vizsgálatok alapján kell megjósolni. A kis reakcióképességű agyagásványok esetében ezek a reakciók nem játszódnak le, ezért szilárdságnövekedést sem tapasztalunk. Ilyenkor a mész reakcióképességének növelésével érhetünk el eredményt. További hosszú távú reakció a karbonátosodás:



Építéstechnikai szempontból ezt a folyamatot inkább kedvezőtlennek ítéelhetjük meg, mert az egyesével képződő karbonát kristályok nem kapcsolódnak össze, ezért a kezelt réteg szilárdságcsökkenéséhez vezethet. Ezzel a hatással a burkolt, vagy levegőtől elzártan beépített stabilizációknál nem is számolhatunk, mert a reakció lefolyásához szükséges levegő nem áll rendelkezésre.

A hidraulikus kötések kialakulásában a víz közvetítőelemként vesz részt. A vízhiány csökkenti, vagy meggátolja a hidratáció folyamatát, a puzzolános reakciók kialakulását.

### 2.3. Másodlagos ipari nyersanyagok (ipari melléktermékek)

A föld lakosságát érintő világméretű problémák, mint a

- hagyományos energiaforrások kimerülése,
- a hulladék, a szemét felhalmozódása,

nem kerülte el az útépités területét sem. Az útépités speciális problémája ezeken túl a kő- és kavicsbányák kitermelhető készletének csökkenése a szigorodó környezetvédelmi előírások miatt. Az egyik oldalon szűkülő anyagforrások, a másik oldalon a felhalmozódó feleslegek új megoldások keresését indították el:

- új energiatakarékos eljárások kidolgozására,
- a jó minőségű ásványi anyagok helyettesítésének lehetőségére.

A fejlesztések irányának meghatározása érdekében új alapelveket kellett megfogalmazni:

- a klasszikus alapelvek felülvizsgálatával meg kell teremteni a jó minőségű ásványi anyagokkal való ésszerű takarékoság alapjait;
- energiatakarékos technológiát kell megvalósítani;
- a helyi talajokat széles körben be kell vonni a pályaszerkezet építésébe;
- új módszereket kell kidolgozni a helyi talajok alkalmassá tételére;
- a nagy mennyiségben keletkező ipari hulladékok és melléktermékek felhasználásával az értékes anyagokat helyettesíteni kell, illetve ezeket alkalmassá kell tenni az útépités céljaira.

Az ipari melléktermékek útépitési hasznosítása előnyös, mert:

- a természetes építőanyag forrásokat nem érinti;
- a környezetet szennyező és csúfító hányók létesítését részben szükségtelenné teszik;
- értékes területeket szabadít fel;
- felhasználásukkal gyakran megoldható egy-egy régióban a hiányzó szemcsés anyag pótlása.

#### 2.3.1. Kő- és kavicsbánya meddők, a kohósalakkő

A kiváló minőségű ásványi anyag termelésekor melléktermékek keletkeznek, amelyeket depóniákban helyeznek el. Ez olyan mennyiséget érhet el, hogy felhalmozódva akadályozhatja a bányák és anyagnyerőhelyek művelését is. A termelés folyamatában ezek a

- lefedéskor,
- a zúzottkő gyártásakor,
- a homokos kavics osztályozásakor

keletkeznek.

A különböző meddők, különböző összetételben keletkeznek, de egy fajtán belül összetételük egyenletes. Megismerve ezeknek a meddőknek az összetételét el lehet dönteni, hogy az erd-

szeti útépítés területén milyen ezek felhasználási lehetősége. A deponáláskor összekeveredő anyagok minősége rendkívül változó lesz, ami a felhasználás lehetőségét korlátozza.

A kő- és kavicsbánya meddőket általában alaprétegekbe építve lehet felhasználni:

- Meddős zúzottkőként, ami az előtörő előtt vagy után leválasztott 0/50, 0/80 mm-es bányauzemi meddő. Erdészeti utakon mechanikai stabilizáció készíthető belőle, amennyiben kielégíti a szemeloszlási és kötöttségi előírásokat.
- Meddős zúzalék, amely 0/5-0/30 mm méretű üzemtelepi meddő, ami kötőanyagok alapok készítésére használható.

A kohósalakkő a nyersvas gyártás mellékterméke. A nyersvas csapolásakor a fölötte úszó salakot hűtőárokba eresztik, ahol 6–8 nap alatt kihűl és megszilárdul. A keletkező 10–20 cm vastag kristályos szerkezetű lepényt feltörik, ez a kohósalakkő. A kohósalakkövet zúzás és osztályozás után útalapkőként lehet hasznosítani. Előnyös tulajdonsága, hogy levegővel és a csapadékkal érintkezve lassú hidraulikus kötések indulnak meg az anyagban.

### 2.3.2. A granulált kohósalak és a pernye

A kohósalak kedvezőbben hasznosítható kötőanyagként, granulátum formájában. A granulált kohósalak előállításakor a forró salakot vízzel hirtelen hűtik le. Ennek hatására egy üvegszerű, metastabil anyag keletkezik, amelynek szemnagysága a hűtővíz hőfokától és mennyiségétől függ. Az a cél, hogy minél nagyobb fajlagos felületű, apró, morzsalékos, üveges szemcsék keletkezzenek, amelynek kötési aktivitása kellően magas.

A pernye porszéntüzelésű hőerőművek füstgázainak mechanikus és elektrosztatikus tisztítása-  
kor keletkezik, mintegy 5 millió t/év mennyiségben. A sokoldalúan felhasználható anyagot az erdészeti útépítésben szintén kötőanyagként használhatjuk.

A granulált kohósalak és pernye rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságai miatt használható fel kötőanyagként. Kötőképességüket puzzolános tulajdonságuk biztosítja, vagyis víz jelenlétében Ca ionokat képesek lekötni és hidraulikus tulajdonságú vegyületeket létrehozni. A kötés kezdetekor a keverék bázikus vízének hatására a granulátum felülete bomlásnak indul. Az oldat telítődése után a hidratált kalcium aluminátjai és szilikátjai kristályosodása megindul és a kristályok a kőanyag felületén kiválnak. Ennek hatására először az anyag belső súrlódása nő meg, majd a kristályok hálót alkotva kohéziót kölcsönöznek, összekristályosodva pedig kötéseket hoznak létre. A kapcsolódás kedvezőtlenebb sima felülethez, mint érdeshez. A cement kötésénél lassabban alakulnak ki ezek a kötések. Az aktív részek csak részben mobilizálódnak, a kristályosodás ezért később ismét megindulhat. A nem aktivizált szemcsék nagy belső súrlódása már a kötés kezdetekor növelik a keverék stabilitását. Az ilyen kötések különösen előnyösek az erdészeti útépítés területén, mert:

- rugalmas felhasználást tesz lehetővé,
- a kész keverék néhány napig tárolható,
- a kötés kezdetekor a földmű alakváltozásait követni tudja,
- a kötés kezdeti időszakában – a kötések lassú kialakulása miatt – bizonyos önregeneráló hatása van,
- a megsérült felületek viszonylag hosszú ideig javíthatók, hiányosságaik pótolhatók,
- nagy belső súrlódása miatt a beépített keverék a forgalomnak azonnal átadható.

A granulált kohósalak és pernye mésszel és vízzel keverve válik kötőképessé, amelyet kőanyaghoz keverve soványbeton típusú anyagot kapunk.

A granulált kohósalak legelőnyösebben frissen használható fel kötőanyagként. A fajlagos felület növelésével a granulált kohósalak aktivitása is nő, ezért a  $d < 0,08$  mm átmérőjű szemcsék részaránya legalább 5–10 tömeg % legyen. Amennyiben ezt a mennyiségű finom részt

granuláláskor nem lehet előállítani, célszerű a durvább granulátumot megőrölni. Az őrölt granulált kohósalakban a finom rész aránya legalább 15% legyen.

A friss pernye akkor használható kötőanyagként, ha

- izzítási vesztesége 8%-nál alacsonyabb,
- a  $d < 0,045$  mm frakció részaránya legalább 45 tömeg %,
- fajlagos felülete legalább 2000 m<sup>2</sup>/g.

A kötéshez szükséges aktivizáló anyag a mész, amelyet őrölt égetett mészpor, vagy mészhidrárt formájában adagolhatunk. A mészhidrátból – kisebb aktivitása miatt – mintegy 20%-kal többet kell adagolni mint égetett mészporból. Az adagolás mennyisége égetett mészporból:

- a granulált kohósak száraz tömegének 5–10%-a,
- a pernye száraz tömegének 20–30%-a.

A kőanyaghoz adagolt kötőanyag mennyiségét pontosan laboratóriumi vizsgálatokkal kell megállapítani. A szükséges mennyiség a kőanyag száraz tömegének 20–25%-a.

A keverék készítéséhez tiszta, a beton készítéséhez megfelelő vizet kell használni. A szükséges víz mennyiségét laboratóriumban úgy kell megállapítani, hogy az a kémiai folyamatok lejátszódásához és a beépítéshez is elegendő legyen.

## 3. ERDÉSZETI UTAK PÁLYASZERKEZETE

### 3.1. Követelmények a pályaszerkezettel szemben, a pályaszerkezet felépítése

A faanyag gazdaságos szállítása, az üzemirányítás hatékonysága, a vadgazdálkodás és a közjóléti szolgáltatások megalapozása megkívánja, hogy az erdészeti utak forgalma

- biztonságos,
- gyors,
- gazdaságos,
- kényelmes

legyen.

A pályaszerkezetnek ezért olyannak kell lenni, amelynek felülete:

- egyenletes,
- kellően érdes,
- ellenáll a forgalom és az időjárás károsító hatásainak, valamint
- ezeket a tulajdonságokat az élettartama alatt megőrzi.

A forgalom a járművek abroncsain keresztül adja át a terhelését. Ennek hatására függőleges (nyomó, ütő, rázó, hajlító, szívó) igénybevételek és vízszintes hatásokból (fékezésből, gyorsításból, koptatásból) származó, általában nyíró igénybevételek keletkeznek. Ezeket az igénybevételeket a pályaszerkezetnek a földművön el kell osztani azért, hogy a viszonylag kis teherbírású földműnek – ezzel együtt magának a pályaszerkezetnek – a káros alakváltozásait megakadályozza.

A forgalom hatása mellett nem hanyagolhatók el az időjárásból (fagy, hőség, csapadék) származó igénybevételek sem, amelyeket ugyancsak károsodás nélkül kell a pályaszerkezetnek elviselni.

A változatos igénybevételnek kitett pályaszerkezet a vele szemben támasztott igényeknek akkor tud megfelelni, ha kialakítása korszerű alapelvek szerint történik:

- a pályaszerkezet felépítése és anyaga megfelel a várható igénybevételeknek,
- a pályaszerkezet felépítéséhez felhasznált anyagok minősége arányos az igénybevételekkel.

Ilyenek a többrétegű pályaszerkezetek, amelyeknek két csoportját különítjük el alapvető tulajdonságaik alapján:

- hajlékony útpályaszerkezetek,
- merev pályaszerkezetek.

Hajlékony útpályaszerkezetek azok, amelyeknél a kerékterhelés alatt 1,0–2,0 mm-es rugalmas alakváltozás (behajlás) alakul ki, kisebb teherelosztó képességük miatt (pl.: aszfalt pályaszerkezetek).

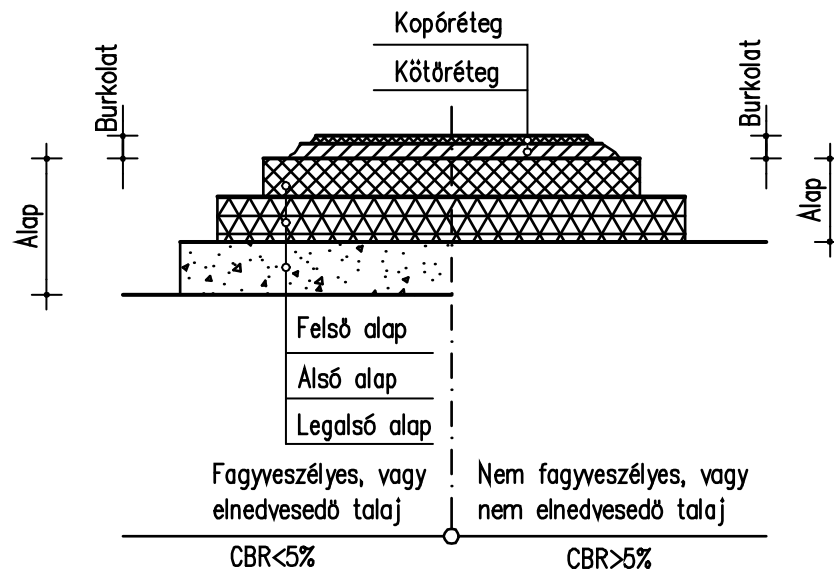
Merev pályaszerkezetek azok, amelyek nagyobb merevségük miatt jobb teherelosztó képességgel rendelkeznek és ezért a kerékterhelés alatt kisebb (0,1 mm nagyságú) behajlások keletkeznek (pl.: beton pályaszerkezetek).

Az erdészeti útépítésben használt félmerev pályaszerkezeteket a hajlékony pályaszerkezetek közé soroljuk. A merev pályaszerkezetek jelentősége erdészeti utakon alárendelt, ezért a következőkben részletesen a hajlékony útpályaszerkezetekkel foglalkozunk.

A többrétegű hajlékony pályaszerkezet részei:

- a burkolat,
- a burkolatalap,
- a védőréteg.

A pályaszerkezetnek nem része a földmű felületén elhelyezkedő javított talajréteg (3.1-1. ábra).



3.1-1. ábra. Hajlékony útpályaszerkezetek felépítése

A burkolat a pályaszerkezet legfelső része. A forgalom ennek felületén halad, az időjárással közvetlen kapcsolatban áll. A forgalom szempontjából ezért a burkolat felületi tulajdonságai lesznek a mértékadók (egyenletesség, érdesség, vízelvezető képesség stb.). A pályaszerkezet időjárásnak legjobban kitett részeként el kell viselni azokat az igénybevételeket is, amelyeket a fagy, a csapadék és a hőmérséklet okoz. Nagyobb forgalmú utakon két rétegből épül fel. A kopóréteg helyezkedik el felül, amelyet egy durvább, a vízszintes erőhatásokat felvevő kötőréteg támaszt alá és köt az alaphoz.

Az alap vagy burkolatalap általában szintén többrétegű szerkezet, amely alátámasztja a burkolatot és biztosítja annak teherbírását. Jó teherelosztó képessége miatt a földműre jutó terheléseket erősen lecsökkenti. Az alapot funkcionálisan további részekre osztjuk. Ezek:

- az alap felsőrétege,
- az alap alsó rétege,
- a legalsó alapréteg, vagy védőréteg.

Ezek a rétegek nagy forgalmi terhelésnél önmaguk is további rétegekből állhatnak. Az alap felső rétegének feladata, hogy nagy stabilitása és szilárdsága mellett a hajlítási húzásokat felvegye, valamint a víz elleni szigetelést is biztosítsa. Az alap alsó rétege tovább csökkenti a földműre jutó terhelést. A fokozatosan csökkenő igénybevételek miatt itt már megfelelnek az olcsóbb anyagok felhasználásával készített, kisebb szilárdságú és stabilitású anyagból kialakított rétegek is.

Az alsó alapréteg alatt helyezkedik el a legalsó alapréteg, amely a védőréteg szerepét is betöltheti. Ezt a réteget elnedvesedésre, vagy olvadási kárra érzékeny földművön kell építeni, legtöbbször homokos kavicsból. A pályaszerkezet részeként – legalsó alapként – akkor vehető figyelembe, ha vastagságát méretezéssel határozzuk meg, teherbírása a pályaszerkezet teherbírásába beszámít, egyébként javított talajréteggént a földmű felső rétegének tekintjük.

A földmű a teljes pályaszerkezetet alátámasztó, bevágásban, vagy töltésben lévő tömörített talaj. A földmű megfelelő teherbírását biztosítani kell azért, hogy a pályaszerkezet és a rajta áthaladó forgalom terheit el tudja viselni. Ezt csak optimális tömörítési víztartalmon végzett tömörítéssel lehet elérni. A földmű felületén esetenként kialakított javított talajréteget is ide kell sorolni.

A javított talajréteg a földmű felső része, amely nem tartozik a pályaszerkezethez. Ez lehet a pályaszerkezet teherbírásába be nem számított védőréteg, vagy az építés közben elnedvesedett földmű kellő teherbírását biztosító talajréteg. A pályaszerkezet méretezésekor ennek a rétegnek a felületén kialakuló teherbírást tekintjük a földmű mértékadó teherbírásának.

Az erdészeti utak forgalmából származó igénybevételek nem teszik szükségessé a klasszikus felépítésű hajlékony pályaszerkezet teljes rétegsorának megépítését. Az erdészeti utak pályaszerkezetéből ezért elhagyhatók azok a rétegek, amelyeknek szerepe alárendelt, de meg kell tartani azokat, amelyek műszaki, vagy egyéb szempontok miatt szerepet játszanak a pályaszerkezet stabilitásának és teherbírásának kialakításában. Ennek figyelembevételével elhagyható a kötőréteg és az egyik alapréteg. Nem hagyható el a védőréteg, amelyet legalsó alapként célszerű figyelembe venni. Az erdészeti utak pályaszerkezetének felépítése:

- kopóréteg,
- alapréteg,
- legalsó alapréteg, vagy védőréteg.

A pályaszerkezet felépítésének ilyen egyszerűsítése azért fontos a kis forgalmú erdészeti utakon, mert a rajtuk áthaladó forgalom megengedi a törekvést egy „technikai minimum” megvalósítására. Ezért sokszor elég egyetlen olyan réteget alkalmazni, amely az alappal és a burkolattal szemben támasztott követelményeket egyaránt kielégíti (pl. mechanikai stabilizáció).

A pályaszerkezet vastagságát méretezéssel állapítjuk meg. A szükséges vastagság ismeretében megtervezzük a pályaszerkezet felépítését, amikor az egyes rétegek geometriai vastagságát határozzuk meg a kiválasztott anyagok mechanikai és építéstechnikai tulajdonságai alapján. A következőkben ezért először a pályaszerkezet építéséhez felhasználható anyagok tervezésével, és építési technológiával foglalkozunk.

### **3.2. A pályaszerkezeti rétegek anyagai**

A pályaszerkezeti rétegekbe a különböző anyagok egymást helyettesíthetik úgy, hogy azokból műszakilag egyenértékű pályaszerkezetek épülnek fel. Ezek közül az anyagok közül egyesek olyanok, amelyek a pályaszerkezet különböző rétegeitől megkívánt igényeket egyaránt kielégítik, ezért burkolatként, vagy alapként is használhatók. Ezeket az anyagokat burkolat-alapnak fogjuk nevezni.

Az egyes pályaszerkezeti rétegekbe beépített anyagok fogják biztosítani

- a pályaszerkezet teherbírását,
- a pályaszerkezet stabilitását.

A teherbírás az az igénybevétel, amelyet túllépve az anyag rendeltetésszerűen tovább nem használható. Ez az igénybevétel származhat a forgalom dinamikus igénybevételeiből és a haj-



lításokból, ezért főként az ebből származó igénybevételekkel szembeni ellenállást fejezi ki az élettartam alatt.

A stabilitás különféle egyéb hatásokkal (időjárásból származó hatások, kopásellenállás, nyomvályú képződés stb.) szembeni ellenállást fejezi ki és biztosítja.

A pályaszerkezeti anyagok teherbírása, illetve stabilitása az alapanyagok célszerű összeállításával teremthető meg. A teherbírást és a stabilitást biztosíthatja:

- a kötőanyag,
- a kiékelés,
- a térkitöltés.

A kötőanyag hatása kétféleképpen érvényesül:

- a kohézió nélküli szemcsés anyagnak kohéziót kölcsönöz a kohézióval rendelkező kötőanyag (bitumen);
- a hidraulikus kötőanyagok hidraulikus kötése közben kialakuló kristályosodási folyamatok összekristályosítják (összecementálják) a szemcsés anyagokat.

Kiékeléskor az ékhatást és a belső súrlódást használjuk ki úgy, hogy a nagyobb szemcsék közé egy külön technológiai lépésben kisebb szemcsékből álló kiékelő réteget hengerlünk, aminek eredményeként szakaszos szemeloszlás alakul ki. Térkitöltéskor a szemcsék elmozdulását a hézagot kitöltő egyre kisebb szemcsék akadályozzák meg, amelynek feltétele az anyag folyamatos szemeloszlása.

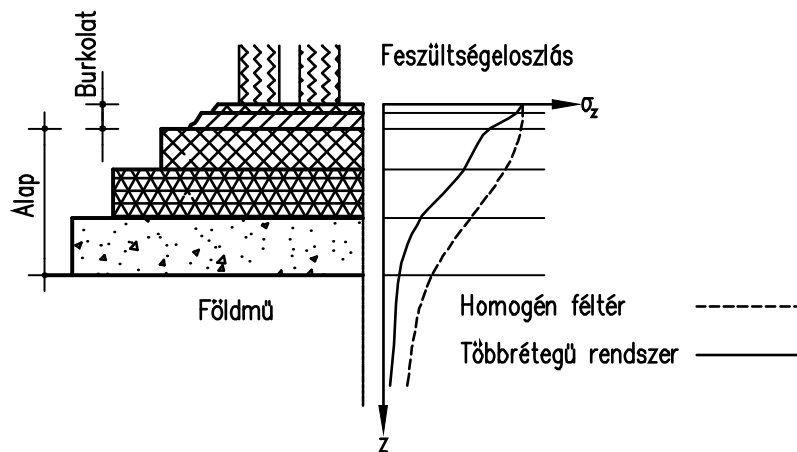
Nem minden pályaszerkezeti réteg anyagát lehet építés közben a végső tömörségnek megfelelően megépíteni. Ezek a pályaszerkezeti rétegek végső tömörségüket a forgalom hatására érik el. Az ilyen pályaszerkezeteket utántömörödő pályaszerkezeteknek nevezzük.

A pályaszerkezeti rétegek anyagának összetételét, az építést és építési minőséget a közúti igények figyelembevételével elkészített műszaki irányelvek írják elő. A közúti és erdészeti útépités feltételei és igényei közötti különbség (pl.: építési minőség egyenletessége, építési, megvalósulási minőség szigorú betartása, alapanyag felhasználás elvei stb.) miatt ezeket az előírásokat nem mindig lehet és célszerű figyelembe venni. Különösen érvényes ez a helyi talajok felhasználását lehetővé tevő talajstabilizációk és a hagyományos, egyszerű zúzottkő pályaszerkezeteknél, míg az igényesebb, korszerűbb és drágább rétegeknél ezeket figyelembe kell venni.

### **3.2.1. Alaprétegek**

Az alapréteg a burkolat és a földmű közötti kapcsolatot biztosítja. Alátámasztja a burkolatot és teherelosztó hatásán keresztül megakadályozza, hogy a forgalom a földműben olyan alakváltozásokat hozzon létre, amelyek a burkolaton káros alakváltozásokként jelennek meg. Az alapréteg a felülről lefelé jelentősen csökkenő feszültségek miatt (3.2-1. ábra.) csak kis igénybevételnek van kitéve, mégis a rétegek feladatukat csak akkor tudják maradéktalanul ellátni, ha a földmű:

- talaja megfelelő állapotú,
- kellően tömör,
- gondosan víztelenített és
- a tervnek megfelelő szintben készült.



3.2-1. ábra. Feszültségeloszlás a többrétegű pályaszerkezetekben

Az alaprétegek anyaga különféle ásványi anyagokból és kötőanyagokból készíthető el. Az alapon fellépő kisebb igénybevételek miatt ehhez gyengébb minőségű alapanyagok is felhasználhatók. Alaprétegek lehetnek:

- a stabilizációs alapok,
- a zúzottkő alapok,
- a hidraulikus kötőanyag felhasználásával készülő alapok,
- az aszfalttípusú burkolat-alapok.

A stabilizációs alapok a helyi talaj felhasználását teszik lehetővé, meghatározott szemeloszlás előállításával, vagy talaj és kötőanyag (cement, bitumen, mész stb.) keverék készítésével. A zúzottkő alapokhoz kötőanyagot nem használunk, a teherbírást és a stabilitást a kiékeléssel előállított nagy belső súrlódás biztosítja. A hidraulikus kötőanyag felhasználásával készülő alapok kötőanyaga a cement, a pernye, a granulált kohósalak. Az aszfalttípusú burkolat-alapok kötőanyaga a bitumen, amely különféle kőtermékekből álló vázat köt össze.

#### 3.2.1.1. Stabilizációs alapok

A pályaszerkezetek gazdaságos és olcsó kialakításának feltétele, hogy a kisebb igénybevételeknek kitett alsóbb rétegekbe, mint amilyenek az alaprétegek, ne építsünk be kiváló minőségű zúzottkövet, hanem törekedjünk a helyi anyagok széles körű felhasználására. A kőbányák leterheltsége ezzel csökkenthető, amelyek

- így több energiát fordíthatnak a felsőbb rétegek építéséhez szükséges jó minőségű kőanyag előállítására,
- közúti és vasúti szállítási kapacitást lehet felszabadítani,
- a bányák száma elvben csökkenthető.

Mindezek a hatások a természet- és környezetvédelem szempontjából egyaránt kedvezőek. Előnyös a helyi anyag stabilizálása azért is, mert azt korszerű gépekkel lehet elkészíteni, amely az önköltséget és az építési időt csökkenti le.

A közgazdasági és környezetvédelmi előnyök mellett jelentősek a műszaki előnyök is. A helyi anyagok stabilizálásával olyan alaprétegeket tudunk létrehozni, amelyek a vizet nem eresztik át és nem tárolják, valamint a forgalom hatására nem tömörödnek (nem utántömörödő rétegek).

A stabilizációk pályaszerkezetben elfoglalt helyét a forgalom nagysága határozza meg:

- közepes és nagy forgalmú utak hajlékony pályaszerkezetének alsó alaprétege;
- kis forgalmú utak (ide tartoznak a nagyobb forgalmú erdészeti utak) alapja;

- igen kis forgalmú utak (mint az alsórendű erdészeti utak) burkolata valamilyen vékony bitumenes lezárással, vagy önállóan mechanikai stabilizáció formájában.

Stabilizáláskor a talaj nyírószilárdságát a körülmények által meghatározott feltételek között, adott követelményeknek megfelelően növeljük, azt az időjárástól és forgalomtól függetlenül állandósítjuk, stabilizáljuk.

A talajok stabilizálásakor a talaj tulajdonságait céljainknak megfelelően változtatjuk meg:

- talajkeverék készítésével,
- kötőanyag bekeverésével,
- tömörítéssel.

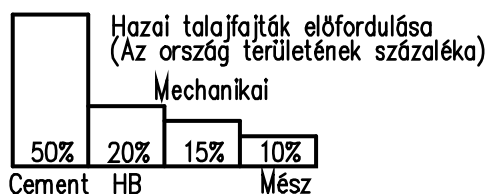
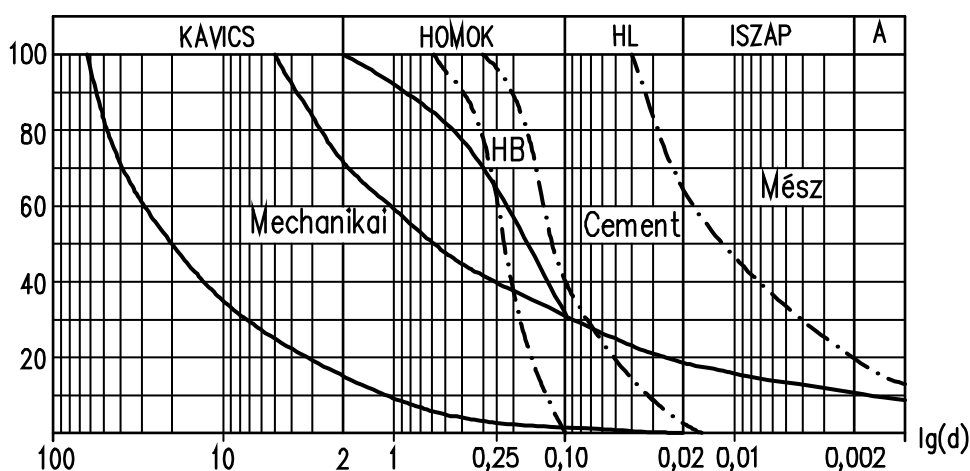
Fontos az optimális tömörítési víztartalomon történő gondos tömörítés. Ennek hatására

- nő a belső súrlódás, ezzel együtt a teherbírás,
- a hézagok csökkenésével pedig csökken a vízáteresztő és víztartó képesség.

A kötőanyag cement, mész, bitumen, pernye, granulált kohósalak, esetleg különféle vegyszerek lehetnek, ezeket a talaj tulajdonságai alapján választjuk ki. Többféle kötőanyag közül közgazdasági elemzések alapján kell a megfelelőt kiválasztani.

A különféle stabilizációk felhasználási lehetőségét elsősorban a helyszíni talajviszonyok határozzák meg (3.2-2. ábra):

- Mechanikai stabilizáció készíthető a kedvező szemeloszlású, kötött frakciót viszonylag magas arányban tartalmazó kavicsos talajokból, valamint az egyenletes szemeloszlású kavics talajokból, amelyek szemeloszlását iszapos agyag hozzákeverésével javítjuk.
- Cementes talajstabilizációra elsősorban az iszap, iszapos homok, iszapos kavics talajok alkalmasak. Egyenletes szemeloszlású homokos kavics és homok csak nagy mennyiségű cement adagolásával stabilizálható.



3.2-2. ábra. A különféle talajokon gazdaságosan alkalmazható stabilizációk

- Bitumenes talajstabilizációt az egyenletes szemeloszlású homoktalajokból készíthetünk, mint amilyen a futóhomok, durva homok, kavicsos homok.
- Meszes talajstabilizáció kötött talajokból, vagy agyagos kavics talajokból készíthető.
- Pernye és granulált kohósalak kötőanyag felhasználásával szemcsés, kissé kötött, agyagmentes talajok stabilizálhatók.

### 3.2.1.1.1. Mechanikai stabilizáció az erdészeti útépitésben

A mechanikai stabilizáció:

- kisebb forgalomnál önmagában egyrétegű pályaszerkezet lehet,
- nagyobb forgalmú utakon burkolatalapként, vagy védőréteggént használható.

A mechanikai stabilizáció egyesíti magában a szemcsés és kötött talajok jó tulajdonságait. Teherbírása nedvesen és szárazon is jó, mert a szemcsés rész a víznek ellenálló vázat alkot, szárazon pedig a kötött részek kohéziója kapcsolja a szemcséket egymáshoz. Az ilyen tulajdonságokkal rendelkező anyagoknak egyrészt szemeloszlási, másrészt kötöttségi feltételeket kell kielégíteni. (A mechanikai stabilizáció olyan „beton”, amelynél a meghatározott szemeloszlású szemcsés anyagot a talaj finom része köti össze.)

A mechanikai stabilizáció építésére a gazdaságosan tömöríthető, nagy nyírószilárdságot és hézagminimumot biztosító folytonos szemeloszlású talajok vagy talajkeverékek alkalmasak. Ezek legkedvezőbb szemeloszlását a hatványparabola megközelítése adja, amelynek egyenlete:

$$p\% = 100 \cdot \frac{d^m}{D^m}$$

- ahol:  $D$  = a talajkeverék legnagyobb szemcseátmérője  
 $d$  = a szemeloszlási görbe egy pontjához tartozó szemcseátmérő  
 $p$  = mindazon szemcsék összességének súlyszázaléka, amelyek átmérője kisebb, mint  $d$  (a szemeloszlási görbe  $d$  átmérőjéhez tartozó  $p$  súlyszázalék)  
 $m$  = 0,4~0,6 a parabola kitevője

A hatványparabola kitevőjét 0,5-nek választva az ún. Fuller-görbe egyenletét kapjuk:

$$p\% = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

A Fuller-görbe egyenletét kielégítő szemeloszlás biztosítja a szemcsés halmazban a legkisebb hézagtartalmat.

A legnagyobb szemcseátmérő a stabilizált réteg tömör vastagságának ( $v$ ) felét nem haladhatja meg:

$$D_{\max} = \frac{v}{2}$$

A mechanikai stabilizációban a kötőanyag szerepét betöltő és talajhabarcsot alkotó finom résznek ( $d < 0,1$  mm) kötöttségi feltételeket kell kielégíteni. Így a finom rész:

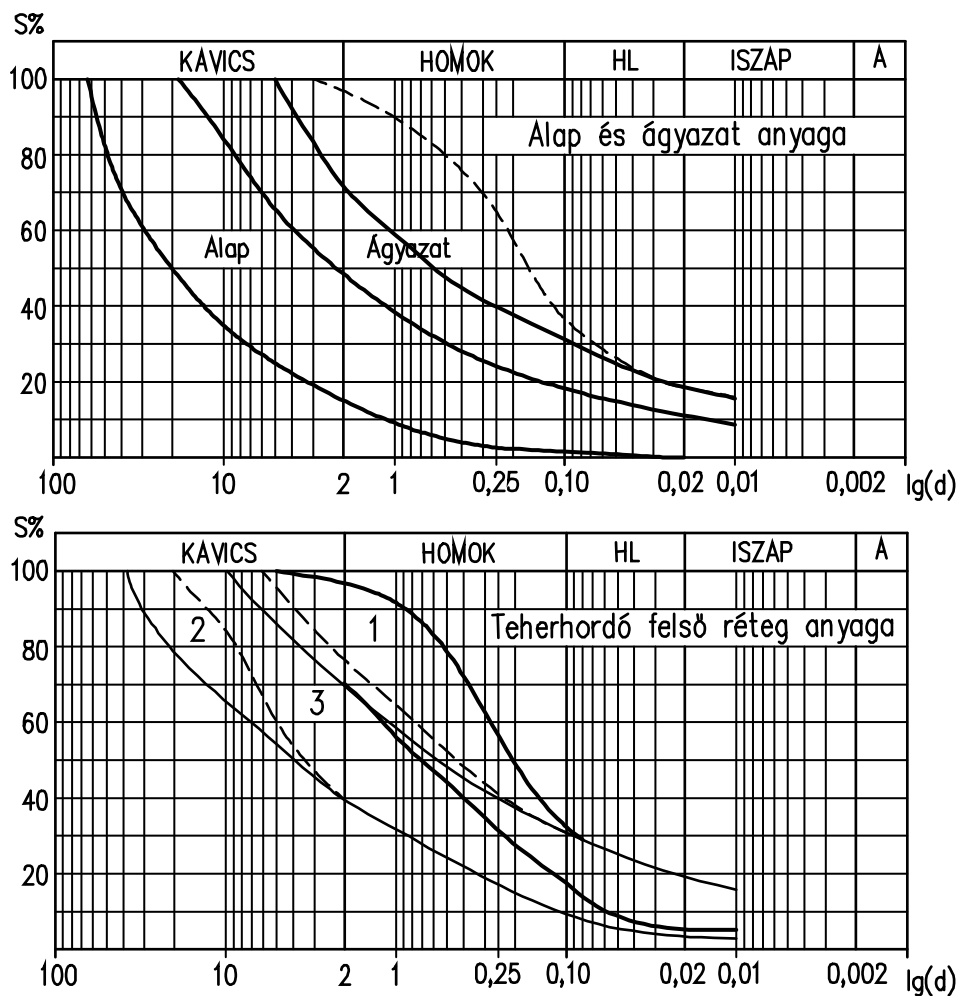
- folyási határa  $W_L = 25\% - 35\%$ ,
- plasztikus indexe  $I_p = 3\% - 15\%$ .

A mechanikai stabilizáció készítésére megfelelő anyag szemeloszlását határgörbékkel vagy táblázatokkal adják meg. A táblázatok feltüntetik a szükséges és megengedett kötöttségi elő-

írásokat is (3.2-3. ábra és 3.2-1. táblázat). Amennyiben a helyszínen nem található a mechanikai stabilizáció előírásait kielégítő talaj, akkor azt talajkeverék készítésével kell előállítani két vagy több talaj összekeverésével. A keverési arányokat numerikus és grafikus eljárásokkal lehet meghatározni.

A hazai adottságokat figyelembe vevő táblázatból látható, hogy kopórétegnek a kisebb maximális szemcseátmérővel rendelkező talajok vagy talajkeverék felelnek meg, míg a nagyobb maximális szemcseátmérővel rendelkező talajok, vagy talajkeverékek teherelosztó-réteggé használhatók.

A plasztikus index és folyási határ megválasztásánál a terület klímáját kell figyelembe venni. Száraz klímában, kiszáradásnak kitett felső rétegben, valamint szögletes szemcséknél a plasztikus index a felső határhoz, nedves klímában, nehezen kiszáradó helyeken és gömbölyű szemcsék esetén a plasztikus index alsó határhoz közelebb kell az értéket kiválasztani.



1. száraz klíma, 2. nedves klíma, 3. átlagos viszonyok

3.2-3. ábra. Mechanikai stabilizáció építéséhez felhasználható talajok (KÉZDI szerint)

A talaj, vagy talajkeverék nyírószilárdsága zúzott (érdes) anyag adagolásával növelhető. Igényesebb szerkezeteknél a stabilitás jelentősen növelhető a nagy kavicszemcsék zúzásával.

A szemeloszlási vagy a kötöttségi feltételek kielégítésére esetenként a könnyen vízteleníthető szemcsés anyaghoz finom, kötött anyagot kell keverni. Ezáltal az addig fagyveszélytelen talaj

a vizet nehezen áteresztő, fagyveszélyes anyaggá változik. Célszerű ezért mindig megvizsgálni, hogy az építés helyén a jó víztelenítés feltételei adottak-e. Amennyiben ez nem megoldott, úgy az építés első lépésben a vízvezetést kell kialakítani.

Természetes állapotukban, keverés nélkül általában a következő anyagok alkalmasak mechanikai stabilizáció készítésére:

- iszapos kavicsos homok, gödörkavics (főként Nyugat-Dunántúlon található megfelelő gödörkavics),
- iszapos durva homok,
- kőbányák iszapos bányameddője,
- válogatás (villázás) nélküli régi bontott makadámburkolat.

Szita átmérő (mm)	Homok-agyag keverék		Durvaszemcséjű keverék				
	koptató-réteg	teherelosztó-réteg	koptatóréteg		teherelosztóréteg		
			Legnagyobb szemcseátmérő (mm)				
			25,4	19,1	76,2	50,8	25,4
Áthullott anyag, súlyszázaléka (%)							
76,20	A keverék 100%-a áthull a 25,4 mm-es szitán, 65–100%-a a 2,0 mm-esen. Az áthullott rész a következő szemcse összetételű legyen:				100		
50,00					65–100	100	
38,10			100		45–75	70–100	
35,40			85–100			55–85	100
19,10			65–100	100	30–60	50–80	75–100
9,500			55–85	70–100	25–50	40–70	50–80
4,800						30–60	35–65
2,000	100	40–70	35–80	20–40	20–50	25–50	
0,840	55–90						
0,420	35–70	25–45	25–50	10–25	10–30	15–30	
0,074	8–25	10–25	8–25	3–10	5–15	5–15	
$I_p$	Nedves klíma	3	6	3		3	
	Normál klíma	4–8	6	4–3		3	
	Száraz klíma	9–15	6	9–15		3	
$W_L$ nem nagyobb mint	35	25	35		25		

**Megjegyzés:** a finom rész mennyisége: 0,074 mm szitán áthullott anyag legyen kevesebb a 0,42 lyukbőségű szitán áthullott anyag 2/3-ánál.

### 3.2-1. táblázat. Mechanikai stabilizáció céljára alkalmas talajkeverékek (KÉZDI szerint)

Fontos, hogy az előírt szemeloszlási és kötöttségi kritériumoknak ezek az anyagok is megfeleljenek.

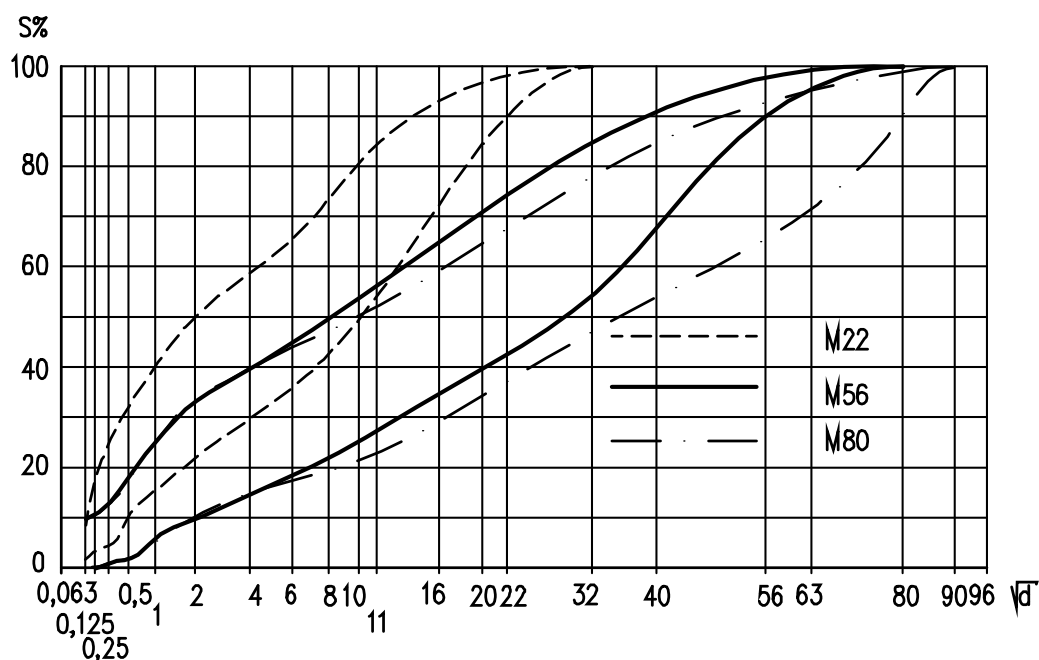
Az érvényes műszaki előírások szerint a mechanikai stabilizáció

- M22
- M56
- M80

változatban készülhet, amelynek szemeloszlási határait a 3.2-2. táblázat és a 3.2-4. ábra mutatja be.

Szítaméret	M22	M56	M50
(mm)	Áthullott anyag súlysúlyaléka (%)		
90		-	100
80		100	90-99
56		90-99	-
40		-	55-85
31,5 (32)	100	55-85	-
22,4 (22)	90-99	-	-
20	-	-	35-65
16	-	35-65	-
11,2	55-85	-	-
10	-	-	22-50
8	-	22-50	-
5,6	35-65	-	-
4	-	15-40	15-40
2	22-50	10-33	10-33
1	15-40	6-25	6-25
0,5	10-33	3-18	3-18
0,25	6-25	2-14	2-14
0,125	3-18	0-12	0-12
0,063	2-14	0-10	0-10
Folyási határ $W_L$	25	35	35
Plasztikus index $I_p$	6	10	10

3.2-2. táblázat. Mechanikai stabilizáció szemeloszlásának határai és konzisztenciahatárai (ÚT 2-3.207 szerint)



3.2-4. ábra. Mechanikai stabilizáció szemeloszlásának határai (ÚT 2-3.207 szerint)

Az erdészeti útépítésben a műszaki előírás javaslatai helyett célszerűbb a klasszikus elveket figyelembevevő, a helyi adottságokból kiindulva megtervezett anyagot használni, mert a műszaki előírásoknak megfelelő szemszerkezet tisztán helyi anyagok felhasználásával nem valószínűsíthető meg. Az anyag összetételében előírt 40-60 tömeg % zúzott frakció biztosítása jelentősen növeli az építési költségeket, a finom rész csekély aránya miatt pedig a gumiabroncsos

forgalomnak nem áll ellen, ezért az csak alaprétegbe építhető. Az M20, M56, M80 jelű rétegek helyett célszerűbb erdészeti utak alaprétegét folyamatos szemeloszlású zúzottkő alapként megépíteni. Az erdészeti útépitésben tehát a klasszikus mechanikai stabilizáció építése javasolható, a helyi anyagok vizsgálata és a helyi adottságok figyelembevételével.

A klasszikus elvek szerint a helyi anyagokból készülő mechanikai stabilizációt a kész, teherbíró földműre kell megépíteni a következő lépésekben:

- kiegyenlítő földművön:
  1. tükörkiemelés gréderral, a kikerülő talaj elhelyezése a padkán,
  2. padkaszivárgók megépítése a tükörbe hulló csapadék azonnali gondos elvezetésére, a tükör elázásának megakadályozására,
  3. a tükör tömörítése gumi vagy juhláb hengerrel, optimális tömörítési víztartalom mellett 90% *Proctor*-tömörtség eléréséig,
- földműszinten ezek a lépések elmaradnak, a pályaszerkezet építése a kész földmű felületén történik, tükörvágás nélkül.

Az építés további menetében már nincs különbség:

- anyag beszállítása és elterítése,
- a talajok összekeverése, keverékkészítés,
- nedvesítés,
- tömörítés,
- felület rendezése (profilalakítás).

A tükörbe szállított anyag anyagot a tömörödés mértékét figyelembe vevő laza terítési vastagságban kell elteríteni:

$$h_t = 1,2 \cdot h$$

ahol:  $h_t$  = a terítési vastagság

$h$  = a tömör rétegvastagság.

Talajkeverék készítésekor az összekeverendő talajokat a keverési arálynak megfelelő laza rétegvastagságban kell egymásra teríteni. A talajok keverésére talajmarót, rotációs kapát, vagy grédert használhatunk. A keverés közben a talajszemcsék aprózódnak, ami a jó és egyenletes keveréknek is a feltétele.

A nedvesítéssel biztosítjuk az optimális tömörítési víztartalmat és elősegítjük a nagyobb szilárdságú rögök szétesését a további keverés alatt. A keverés kezdetén szükséges víztartalom:

$$w_{sz} \% = w_{opt} + 2\%$$

mert a beépítés közben fellépő párologást mintegy 2% víztartalomtöbblettel tudjuk pótolni. A nedvesítéshez szükséges víz locsolókocsiból, vagy lajtból biztosítható. Nedves időjárásban az anyag víztartalma a beépítés idején nagyobb lehet a szükségesnél. Ekkor gondoskodni kell a stabilizáció anyagának kiszáritásáról.

Ez megvalósítható a talaj többszöri átkeverésével, átkeverésenként 1–2% víztartalom csökkenést előidézve, 2–3% örölt égetett mészpor adagolásával, amely oltódása közben vizet von el, illetve az optimális tömörítési víztartalom értékét emeli.

A tömörítést gumi, sima vagy vibrációs hengerrel kell elvégezni 95–100% *Proctor*-tömörségi fokig.



A felület rendezését (profilalakítás) a tömörítéssel párhuzamosan kell végezni. Ekkor a gréder néhány menetével a felületet a keresztdöléseknek megfelelően alakítjuk ki.

Bitumennel kezelt mechanikai stabilizáció készíthető úgy, hogy a 3–5 cm mélyen fellazított réteget 2–3 kg/m<sup>2</sup> higított bitumennel vagy bitumenemulzióval lepermetezzük, majd betömörítjük. Az így kapott rétegre újabb 0,7–1,0 kg/m<sup>2</sup> higított bitument vagy bitumenemulziót permetezünk ki, amelyre homokot, murvát szórunk és hengerlünk. Az így kezelt mechanikai stabilizációs alsó alaprétegre vagy alaprétegre bitumenes alapréteg, illetve vékony aszfaltréteg helyezhető. Az ilyen módon kezelt mechanikai stabilizációs réteg megfelelő fenntartás mellett kis forgalmú erdészeti utak önálló burkolata is lehet.

### 3.2.1.1.2. Cementes talajstabilizáció az erdészeti útépitésben

A hazai talajok legnagyobb része cementtel stabilizálható. Egy, legfeljebb két rétegben készíthető. Nagyobb forgalomnál alsó alapként, kisebb forgalomnál alapként építhető bitumenes alapok és burkolatok alá. Önálló pályaszerkezetként nem használható, mert a kopás elleni stabilitása alacsony, a könnyű forgalom hatását sem viseli el. Lezárásáról gondoskodni kell.

A cementes talajstabilizáció készítésére alkalmas talajoknak meg kell felelni előírt talajfizikai és kémiai feltételeknek:

- talajfizikai feltételek:
  - iszap és agyagtartalom ( $d < 0,02$  mm) 50%-nál kevesebb,
  - finom rész ( $d < 0,5$  mm)
    - plasztikus indexe 0–15% között van,
    - folyási határa < 35%.
- kémiai feltételek:
  - szulfáttartalom max. 0,2%,
  - szervesanyagtartalom 5% alatti,
  - pH érték 6-nál nagyobb.

A cementek közül felhasználható minden 350 vagy 250 portland, kohósalak portland, vagy pernye portland cement, amelynél a kötési idő kezdete 4 óránál hosszabb.

A cementadagolást laboratóriumi kísérletekkel kell meghatározni. A cementes talajstabilizáció anyagával szemben követelmény, hogy:

- mozaikosan összeropedezzen,
- anyaga víz- és fagyálló legyen.

A fagy és vízállóság biztosítása érdekében egy minimális cementadagolást biztosítani kell. A cement mennyisége azonban nem lehet nagyobb egy maximális értéknél. A magasabb cementadagolással arányosan nő a stabilizáció húzószilárdsága, valamint kötés közbe arányosan megnő az anyag zsugorodása is. A zsugorodásból származó húzófeszültségek hatására az anyag nagyobb távolságokban kialakuló szabálytalan repedésekkel táblákba reped szét. Ezek a repedések nem zárnak össze, megnyílnak, ami növeli a cementstabilizációra helyezett aszfaltréteg átrepedésének veszélyét, ezenkívül a feleslegesen felhasznált cement miatt gazdaságtalan is. A viszonylag kisebb szilárdságú stabilizáció sűrűn, mozaikosan ropedezik össze, amelynek hatására az anyag elveszti merevségét, a repedések később sem nyílnak meg, az egyes részek a terhelést jól átadva együttműködnek. A minimális szélességű hajszálrepedések miatt a felettük lévő rétegek sem repednek át.

A túl alacsony szilárdság azért kedvezőtlen, mert a szükséges teherbírás és stabilitás nem biztosított, a vízzel szembeni ellenállás lecsökken, a szerkezet nem lesz fagyálló.

Főként homoktalajok stabilizálásakor előnyös porszéntüzelésű erőművekben keletkező pernyét keverni a cementhez. Ez a szemeloszlás javításán keresztül jelentős cement megtakarítást eredményez. A pernye felhasználását laboratóriumi vizsgálat előzze meg. Ennek eredményeként csak akkor célszerű a pernye felhasználása mellett dönteni, ha az jelentős cement megtakarítást eredményez, mert egyébként a közgazdasági előnyt a bonyolultabb technológia leontja.

Az adagolandó cement mennyisége általában 5–14 tömeg % között változik a talaj és a felhasznált cement fajtájától függően.

A kedvező cementadagolást laboratóriumi vizsgálatokkal lehet megállapítani. Ehhez először meg kell határozni a talaj:

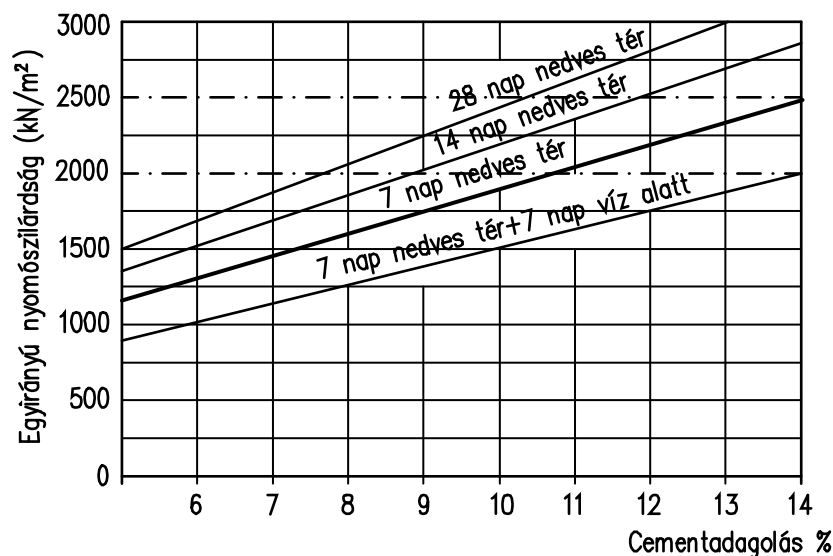
- szemeloszlását,
- plasztikus indexét, (folyási határát, sodrási határát)
- maximális száraz halomsűrűségét és optimális tömörítési víztartalmát.

Ezek ismeretében cement-talaj keveréket készítünk különböző cementadagolással. (Alacsonyabb szilárdságú cementből 6–9–12%; magasabb szilárdságú cementből 5–7–9% adagolással.) Ezekből a keverékekből szabványos méretű mintahengereket készítünk 93–95% *Proctor*-tömörséggel.

A próbatestek különböző módon és ideig tároljuk:

- nedves térben tárolva 7 napig, majd törve ( $\sigma_7$ ),
- nedves térben tárolva 14 napig, majd törve ( $\sigma_{14}$ ),
- 7 napig nedves térben, 7 napig víz alatt tárolva, 14 nap múlva eltörve ( $\sigma_{7+7}$ ),
- 7 napos próbatestek fagyasztásnak kitéve, (amely 12 napon keresztül 8 óras  $-22^\circ\text{C}$  fagyasztást és 16 óras felengedést jelent,) majd törve.

A tárolás után a próbatesteket eltörjük és megállapítjuk az egyirányú nyomószilárdságukat. A kapott eredményeket a cementadagolás függvényében diagramban ábrázoljuk (3.2-5. ábra), amelynek értékelése alapján a szükséges cementadagolást a következőképpen állapítjuk meg.



3.2-5. ábra. A cement mennyiségének meghatározása

A 7 napig nedves térben tárolt minták  $\sigma_7$  nyomószilárdsága essen a következő határértékek közé:

$$2000 \text{ kN/m}^2 < \sigma_7 < 2500 \text{ kN/m}^2$$

Az így kiválasztott előzetes C% cementadagolást le kell ellenőrizni, a  $\sigma_{7+7}$  nyomószilárdság alapján. Az előzetes cementadagolás megfelelő, ha a  $\sigma_{7+7}$  nyomószilárdság értéke nagyobb, mint a  $\sigma_7$  nyomószilárdság 70–80%-a:

$$\sigma_{7+7} > 0,7 \approx 0,8 \cdot \sigma_7$$

Amennyiben ez a feltétel nem teljesül és a

$$\sigma_{7+7} < 0,7 \approx 0,8 \cdot \sigma_7$$

akkor nagyobb cementadagolást kell választani úgy, hogy a  $\sigma_{7+7}$  szilárdság legalább

$$0,75 \cdot 2000 = 1500 \text{ kN/m}^2$$

legyen. Ekkor meg kell vizsgálni, hogy ez az új cementadagolás nem növeli-e meg jelentősen a szilárdságot. A magasabb cementadagoláshoz tartozó  $\sigma_7$  nyomószilárdság a  $2500 \text{ kN/m}^2$ -es felső határt legfeljebb 20~30%-kal lépheti túl:

$$\sigma_{7\max} \approx 3200 \text{ kN/m}^2$$

A fentiekén túl a fagyasztásnak kitett minták legkisebb nyomószilárdsága legalább  $1000 \text{ kN/m}^2$  legyen.

A cement hidraulikus kötéseket hoz létre, ehhez vízre van szükség. A talajstabilizáció készítéséhez csak tiszta ivóvíz minőségű vizet szabad felhasználni. A víz mennyiségét úgy kell meghatározni, hogy biztosítsa a cement kötéséhez, valamint az optimális tömörítési víztartalomhoz szükséges mennyiséget. A kész cementes talajstabilizáció utókezeléséről állandó nedveségtartás formájában gondoskodni kell.

A cementes talajstabilizáció a legelterjedtebb stabilizáció, amelynek típusait az erdészeti útépítésben a felhasznált alapanyag és a készítés módja szerint osztályozzuk:

CK<sub>t</sub> jelű stabilizált kavics (szemcsés anyag), telepen (géppen) keverve;

CK<sub>h</sub> jelű stabilizált kavics (szemcsés anyag), helyszínen (talajmaróval) keverve,

CT<sub>t</sub> jelű stabilizált talaj, telepen (géppen) keverve,

CT<sub>h</sub> jelű stabilizált talaj, helyszínen (talajmaróval) keverve.

### 3.2.1.1.3. Meszes talajstabilizáció

Meszes talajstabilizáció készítésére azok a kötött talajok alkalmasak, amelyeknek plasztikus indexe 15%-nál (esetleg 12%-nál) magasabb. A meszes talajstabilizáció készítésekor általában a mész és talaj között lejátszódó gyors folyamatok hatását használjuk ki, ami alapvetően háromféle:

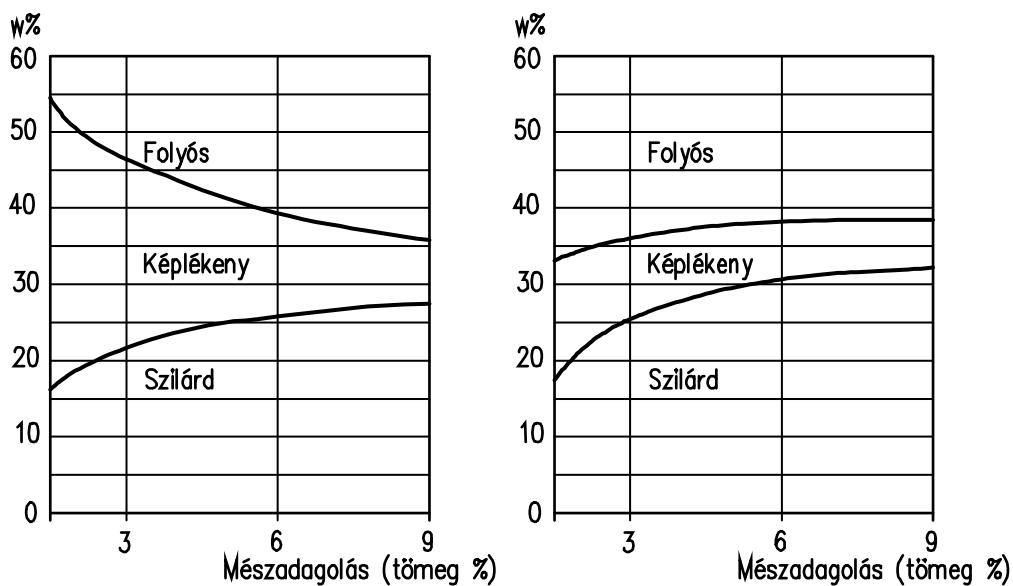
- oltódásakor kiszárítja a talajt,
- megváltoztatja a talajra jellemző konzisztencia határokat,
- megváltoztatja a talajok tömöríthetőségét.

A mész szárító hatását úgy fejt ki, hogy oltódásakor 1 kg mész 300 g vizet von el a talajból. Ehhez járul még az átkeverés szárító hatása, amit 1–2% nedvességvesztéssel lehet számításba

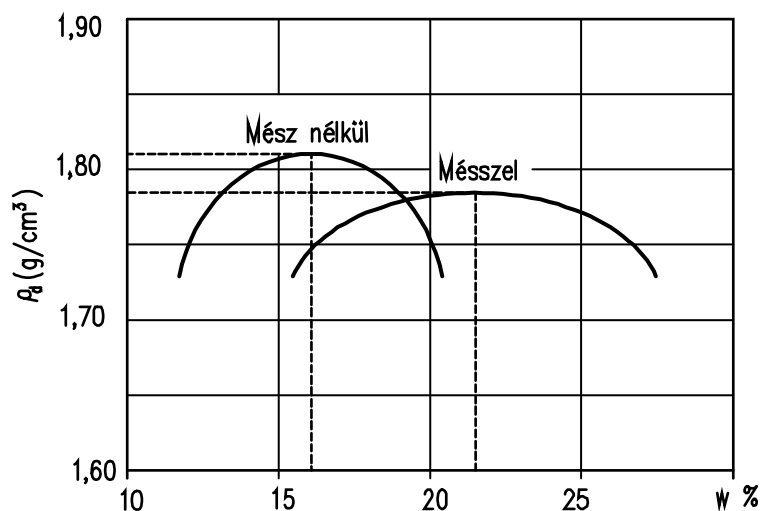
venni. Gyakorlati szabályként elfogadható, hogy ahány százalék meszet keverünk a talajhoz, ugyanakkora nedvességveszteséggel számolhatunk.

A konzisztencia határok kétféle módon változhatnak (3.2-6. ábra):

- a plasztikus index csökken, mert a sodrási (plasztikus) határ nő a folyási határ változatlan marad, illetve kismértékben csökken;
- a plasztikus index nem változik, azonban a sodrási és a folyási határ víztartalma is megnő. A talaj ezért vízzel szemben érzéketlenebbé válik, mert felpuhulása magasabb víztartalomnál következik be.



3.2-6. ábra. Mész hatása a konzisztencia határokra



3.2-7. ábra. Mész hatása a tömöríthetőségre

A mész hatására a talajok tömörítési tulajdonságai és ezzel együtt tömöríthetőségük is előnyösen megváltozik (3.2-7. ábra). A mésszel kezelt talaj:

- legnagyobb száraz halomsűrűsége lecsökken,
- az optimális tömörítési víztartalma megnő,
- a tömörítési görbe pedig ellaposodik.

Ennek jelentősége az, hogy a tömörítés magasabb víztartalomnál is jól elvégezhető és a talaj kevésbé érzékeny a tömörítési víztartalom változására.

A meszes talajstabilizáció készítéséhez felhasználható mész lehet:

- őrölt égetett mészpor,
- porrá oldott mész (mészhidrát),
- péppé oltott mész,
- mésztej.

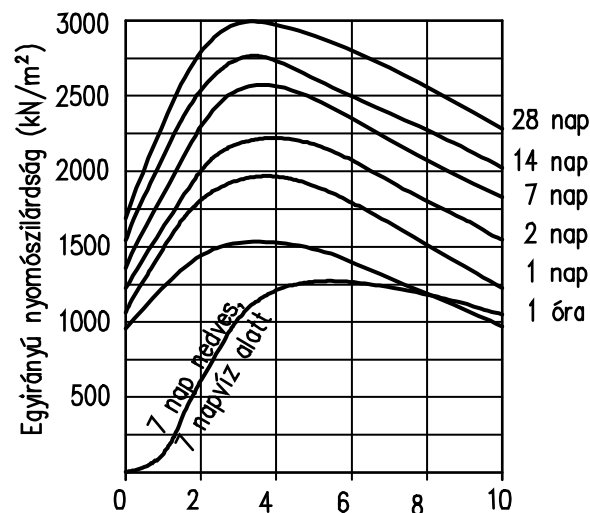
Őrölt, égetett mészport az elnedvesedett talajokon célszerű használni, mert a mész oltódásához felhasznált vizet a talajból vonja ki és ezzel bizonyos szárító hatást is elérünk.

Száraz talajokhoz mésztejet vagy péppé oltott meszet adagolunk, így biztosítva a szükséges víztartalmat.

A mész kolloidkémiai hatását az agyagásványokon tudja kifejteni, iszapos talajokon akkor érünk el eredményt, ha a talaj megfelelő mennyiségű agyagásványt (illit, montmorillonit stb.) tartalmaz. Jó eredmény érhető el a kötött részt magas részarányban tartalmazó homokos kavicsoknál, amelyek ezért mechanikai stabilizáció készítésére nem alkalmasak. A mészadagolást ekkor a kötött rész mennyiségének figyelembevételével kell meghatározni. Kimondottan szemcsés talajokon a mész csak saját alacsony szilárdságú kötéseit hozza létre, ezért ezeket a talajokat célszerűbb cementtel stabilizálni. A mész adagolását laboratóriumi kísérletekkel kell meghatározni. A szokásos adagolás:

- pályaszerkezeti réteg stabilizálásához kötött talajban 3–8 tömeg %,
- kötött talajú földmű javítására, morzsalékossá tételére 2–3 tömeg %.

A laboratóriumi vizsgálatokat a cementstabilizációhoz hasonlóan végezzük el. A különböző mészadagolással készített próbatestek részben víz alatt, részben nedves térben tároljuk, majd 2, 4, 7, 14 és 28 nap múlva eltörjük. Az egyirányú nyomószilárdságot a mészadagolás függvényében ábrázolva határozott maximummal bíró görbéket kapunk. A mészadagolást a szilárdság maximumában kell előírni (3.2-8. ábra). Olyan különleges összetételű talajoknál ahol maximum nem alakul ki a görbén, ott azt a mészadagolást kell kiválasztani, amely kellő szilárdságot biztosít a stabilizáció anyagában (pl. 7 napos korban 2000 kN/m<sup>2</sup>).



3.2-8. ábra. A mészadagolás és az egyirányú nyomószilárdság

#### 3.2.1.1.4. Bitumenes talajstabilizáció

A bitumenes talajstabilizáció anyagában a kötőanyag a bitumen, ami kohéziót kölcsönöz a talajnak és vízzáróvá teszi azt. Általában a kohézió nélküli, szemcsés talajok stabilizálhatók bitumennel (kavicsos homok, vagy egyenlő szemcséjű futóhomok). A felhasznált talaj iszap-tartalma nem haladhatja meg az 5%-ot, mert az ugrásszerűen megnövő fajlagos felület megnöveli a kötőanyag szükségletet, ami rontja a stabilitást.

A bitumenes talajstabilizáció kötőanyaga:

- a kis viszkozitású higított bitumen (HB-A 20/40, HB-R 20/40),
- a lassan törő kationaktív bitumenemulzió, legalább 60% bitumentartalommal.

A keverékhez 2% mészhidrátot vagy 3% portlandcementet adhatunk, ami a kötőanyag jobb eloszlását és tapadását segíti.

A kötőanyag mennyiségét laboratóriumi vizsgálattal kell megállapítani. A túl sok kötőanyag inkább „kenőanyagként” viselkedik, míg a szükségesnél kevesebb nem kölcsönöz kellő kohéziót a keveréknek, tehát mindkét esetben csökken a stabilitás.

A vizsgálatokhoz különböző bitumentartalmú próbatestet kell készíteni:

- kavicsos homoknál 4–5–6%,
- egyenletes szemcséjű homokoknál 4,5–5,5–6,5%,
- vegyes szemcséjű homokoknál 5–6–7%,
- iszapos homokoknál 6–7–8%.

A vizsgálatokhoz keverékenként 2–2 db *Marshall*-próbatestet (101,6 mm átmérőjű és 63,5 mm vastagságú) kell készíteni *Proctor*-gépbe helyezett *Marshall*-formába. A próbatest mindkét oldalára 25–25 ütést kell mérni (4,5 kg-os döngölővel, 46 cm magasságból). Az elkészített 6 db próbatestet 6 napig tároljuk, felét szobahőmérsékleten, felét víz alatt. Ezután meghatározzuk a *Marshall*-stabilitást.

A *Marshall*-stabilitás (MS) a próbatest palást irányú törésekor fellépő maximális erő N-ban kifejezve. A vizsgálatot a törőgépbe helyezett *Marshall*-nyomófeltéttel végezzük el (3.2-24. ábra; 3.2-25. ábra), amely palást irányban terheli a próbatestet. A törőerőhöz tartozó összenyomódás értéke a *Marshall*-folyás. (A *Marshall*-vizsgálatot részletesebben a 3.2.2.2.2.4. fejezet ismerteti.)

A bitumenadagolás függvényében ábrázolva a stabilitást egy maximummal bíró görbét kapunk. Azt a bitumentartalmat fogadjuk el mértékadónak, amelyik a legnagyobb stabilitást adja. Ennek értéke nem lehet kisebb:

szabad levegőn tárolt minták esetében 2 kN-nál ( $MS > 2 \text{ kN}$ ),

6 napig víz alatt tárolt mintáknál 1 kN-nál ( $MS > 1 \text{ kN}$ ).

Építés közben az elkészített stabilizáció anyagának stabilitását folyamatosan ellenőrizni kell. Ez akkor megfelelő, ha eléri a laboratóriumban optimális kötőanyag adagolás mellett kapott stabilitás értékének 70%-át. Ennél kisebb érték keverési elégtelenségre utal.

A bitumenstabilizáció építéséhez felhasznált talaj víztartalma

$$w\% = \left( \frac{w_{opt}}{B} \right) \% - B$$

ahol:  $w\%$  = a bitumenstabilizáció építéséhez felhasznált talaj víztartalma

$w_{opt}$  = az optimális tömörítési víztartalom

$B\%$  = a bitumentartalom

A  $w_{opt}$  megállapításánál figyelembe kell venni az adagolt cement vagy mész hatását is. A bitumenemulzió nagy víztartalma miatt a talaj víztartalmát az optimális tömörítési víztartalom fölé emelheti, ezért azt vagy száraz talajon alkalmazzuk, vagy tömörítés előtt kivárjuk, míg a keverék az optimális víztartalomig kiszárad.

#### 3.2.1.1.5. Stabilizációk építése kötőanyaggal az erdészeti útépítésben

A kötőanyagot felhasználó talajstabilizációk építése nagyon hasonló. Mindegyik stabilizációt általában 13–18 cm ritkán 20 cm tömör vastagságban építik meg, mert ez az a vastagság, amely a helyszínen még jól megkeverhető és betömöríthető. Vastagabb stabilizációt több rétegben kell megépíteni.

A stabilizációk készítése két fő lépésre bontható:

- a keverék előállítás,
- a keverék beépítése.

Ezt a két fő lépést négy alapvető műveletben kell elvégezni megfelelő sorrendben:

- a stabilizálandó talaj egyenletes fellazítását, felaprítását,
- a kötőanyag és víz előírt mennyiségének egyenletes bekeverését a talajba,
- a talaj-kötőanyag-víz keverék gondos és hatékony tömörítését,

utókezelést.

A kötőanyag-talaj keverék elkészíthető:

- keverőgéppel, keverőtelepen
- talajmaróval, a helyszínen keverve.

Keverőgépben a keverés történhet:

- adagokban, 700–1000 liter nagyságú betonkeverőben,
- folyamatos keveréssel, keverőteknőben.

A keverőgépes keveréskor:

- a stabilizálandó talajt, a vizet és a kötőanyagot a keverőgéphez szállítjuk,
- elkészítjük a talaj-kötőanyag-víz keveréket,
- a kész keveréket a beépítés helyére szállítjuk,
- a keveréket elterítjük,
- betömörítjük és közben a profilt kialakítjuk.

A keverőgép felállítható:

- a keverés súlypontjában,
- az anyagnyerőhelyen,
- állandó jelleggel kialakított keverőtelepen.

Anyagnyerőhelyre telepíteni a keverőgépet azért előnyös, mert egy keverőgéppel több távolabbi munkahely is kiszolgálható.

A keverőgépben történő keveréskor a keverék egyenletes minőségű lesz és a kész keverék ellenőrzése is könnyen megszervezhető. Az eljárás hátránya, a nagy szállítási munkaigény, amely csak akkor válhat gazdaságossá, vagy indokolttá, ha a stabilizáció anyaga nem a helyi talaj, hanem az a tükörbe szállított idegen anyag.

A keverőgépes keverés általában akkor célszerű, amikor nem a helyi talajt stabilizáljuk, illetve olyan helyeken, ahol a keveréket talajmaróval nem tudjuk előállítani (pl. útszélesítéseknel, tagolt felületeknél stb.).

A helyszíni keverés vezérgépe a talajmaró, amely dolgozhat önállóan, vagy gépláncba szerelve.

A helyi talaj helyszíni keverésekor is fontos, hogy a földmú, amelyre a stabilizáció kerül kellően tömör legyen. Ezért a felső, később stabilizálandó réteget gréderrel félre kell húzni a padkára és a földmú felső rétegét, illetve a tükröt tömöríteni kell. Ezután a félrehúzott stabilizálandó talajt gréderrel visszahúzzuk és elterítjük a tömörített tükröbe.

Amikor a stabilizációt helyszíni keveréssel, de tükröbe szállított anyagból készítjük, akkor a földművet betömörítve készre építjük, felszínét egyenletesre alakítva. Ezután egy közeli anyagnyerőhelyről, vagy a bevágási, illetve a töltési rézsú lazább részeiből nyert stabilizálandó anyagot laza terítési rétegvastagságban elterítjük a földművön. (A földmú kitűzésekor a szükséges túlméretet biztosítani kell.)

Mivel a keverő és tömörítő eszközök megszabják a hatékony keverés és tömörítés felső határát, ezért vastagabb stabilizációt több rétegből kell építeni. Általában a 15–18 cm tömör vastagságot (20–22 cm laza vastagságot) kell az építhető maximumnak tekinteni, amely egyben a leggazdaságosabb vastagság is a gépek maximális kihasználása miatt. A legkorszerűbb talajmarók (pl.: Stehr) és nehéz hengerek munkába állításával, a technológia gondos betartásával a legnagyobb rétegvastagság 40 cm lehet. A többrétegű stabilizáció úgy építhető, hogy a földmú felső részéről első menetben lehúzzuk a felső stabilizálandó réteg anyagát, illetve a földmúre az alsó réteg anyagát terítjük el és ezt stabilizáljuk. Ezután elterítjük a második réteg anyagát és azt a már elkészült alsó rétegen stabilizáljuk.

Por alakú kötőanyagot használva, helyszíni keveréssel a következőképpen készíthető el a stabilizáció:

- profilgazítás, valamint az egyenletes felszínű tükr kialakítása gréderrel,
- talaj fellazítása talajmaróval,
- por alakú kötőanyag egyenletes elosztása géppel, vagy kézzel,
- száraz keverés talajmaróval az egyenletes elkeveredés biztosítása érdekében,
- nedvesítés,
- nedves keverés,
- előtömörítés vibrólap sorral, vagy könnyű hengerrel,
- főtömörítés gumihengerrel.
- profilgazítás gréderrel, majd simítóhengerlés.

A por alakú kötőanyagot célszerű cementelosztóval felszerelt talajmaróval elosztani és azonnal a talajba keverni. Ezzel biztosítható a pontos adagolás és elosztás. Ekkor a kötőanyag adagoló és a kötőanyag szállító tehergépkocsi között a folyamatos kapcsolatot meg kell teremteni, ami a keskeny erdészeti utakon esetenként nem megoldható.

A kötőanyagot kézzel is el lehet teríteni. Zsákolt cementet, vagy mészhidrátot használva ez egyszerűen megoldható, ha a padkán olyan szakaszokat jelölünk ki, amelyekben az adagolásnak megfelelő kötőanyag mennyisége kerek számú zsákkal biztosítható, majd a zsákokat ennek megfelelően kiosztjuk. Ezekből az egymástól néhány méterre lévő depóniákból a kötőanyagot kézzel elterítjük, majd azt talajmaróval azonnal szárazon bekeverjük. Az örölt égetett mészpor kezelése nehezebb és balesetveszélyes. Célszerű ezért azt előre, az adagolástól függő adagokba zsákokba tölteni, majd a továbbiakban az előzőekben elmondottak szerint eljárni.

A kötéshez szükséges vizet locsolókocsi permetezheti ki a felszínre. Amennyiben a talajmaró kialakítása olyan, hogy azzal a nedvesítés is megoldható, akkor a vízadagolás és a nedves keverés egy ütemben történhet. Ennek szintén feltétele, hogy a vízzállító tehergépkocsi és a talajmaró között folyamatos kapcsolat legyen.



A meszes talajstabilizáció építésekor a tömörítést csak a mész oltódásának lejátszódása után szabad elkezdni, mert oltódás közben a felszabaduló gőzök és gázok a réteg fellazulását eredményezik. Az oltódás időtartama mintegy 90 perc. Az oltódás folyamatának végét jelzi az, amikor felmelegedett réteg hőmérséklete a kezdeti hőmérsékletre lecsökken.

A bitumenstabilizáció kivitelezése annyiban különbözik az előbbiektől, hogy a talaj fellazítása után azonnal a kötőanyag adagolása és ennek megfelelően azonnal a nedves keverés történik.

Kis volumenű útépítéseknél a keverék előállítása helyszíni keveréssel, egy talajmaróval, mint vezérgéppel is elvégezhető. A szükséges gépek:

- gréder a felületek kialakításához, esetleg a felszín felszaggatásához
- talajmaró, a lazításhoz és keveréshez
- henger a tömörítéshez.

Ennél az eljárásnál célszerű akkora szakaszt munkába venni, amelyet a rendelkezésre álló idő alatt (egy műszak, a várható eső időpontja) el lehet készíteni. A talaj lazítását, a száraz és nedves keverést a talajmaró többszöri járatásával végezzük el. A kötőanyag adagolása és elosztása géppel vagy kézzel történhet, a vizet locsolókocsiból biztosítjuk. A locsolást közvetlenül követő nedves keverés után a réteget azonnal – meszes stabilizációnál esetleg valamivel hosszabb idő múlva – be kell tömöríteni.

A helyszíni keveréssel készülő stabilizációt el lehet készíteni géplánccal is. A géprendszer összeállításánál figyelembe kell venni, hogy:

- a géplánc egy menetben végezze el az összes részfeladatot,
- kevés gépegységből álljon,
- a gépsor tagjai egyenkapacitásúak legyenek.

A géplánctól a következő gépegységből kell összeállítani:

- összkerék hajtású traktor, amelynek mászó sebességfokozata három pont felfüggesztésű hidraulikus emelőrendszere, meghajtó tengelycsokja van;
- gréder a profil alakítására a talaj félrehúzására és elterítésére;
- terítő és adagoló berendezés a kötőanyag elosztására, talajmaróval egybeépítve;
- talajmaró, amelyet a vontató tengelycsokja hajt meg és olyan kialakítású, hogy keverés közben a vizet, illetve a bitument a keverőtérbe lehet adagolni;
- tehergépkocsik a cement, a bitumen és víz szállítására, mászó sebességfokozattal és elosztó egységgel felszerelve;
- gumihenger tömörítéshez (6–8 t-ás, önjáró);
- simahenger (6–8 t-ás, kéthengerlőjű).

A meszes és cementes talajstabilizáció utókezelést igényel, amellyel a felület állandó nedvesen tartását biztosítjuk. Ez megoldható öntözéssel, locsolókocsiból vagy a felület párologtatását megakadályozó műanyagfilm vagy bitumenemulzió bevonat készítésével.

### *3.2.1.1.6. Granulált kohósalak, pernye és erőművek zagyteri anyagából épülő alapok*

Az ipari termelés melléktermékeként jelentős mennyiségű környezetszennyező anyag keletkezik, amelynek hasznosítása úgy környezetvédelmi, mint nemzetgazdasági cél. Ezért jelentős a pernye, az erőművek zagyteri anyaga, valamint a granulált kohósalak felhasználása útépítési célokra.

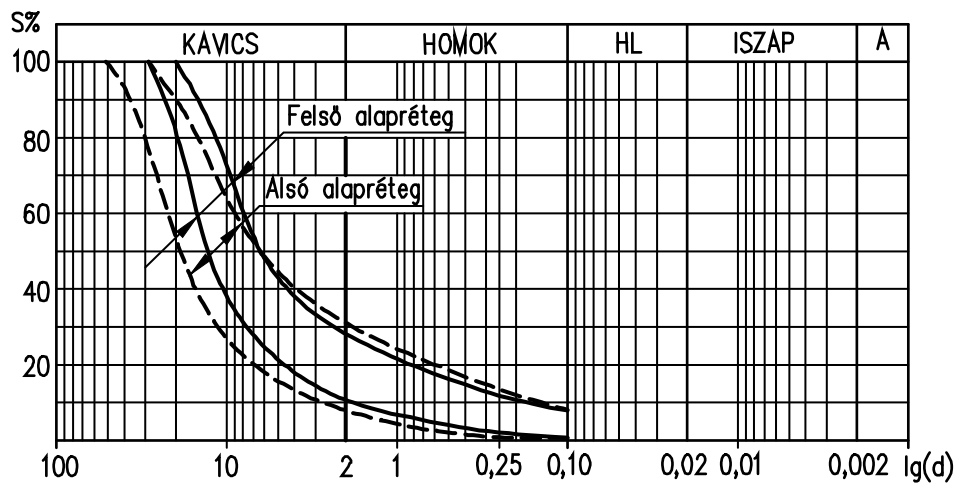
Ezeket az anyagokat puzzolános tulajdonságuk jellemzi. A puzzolános tulajdonságú anyagok (puzzolánok) erősen bázikus közegben, víz jelenlétében hidraulikus kötéseket hoznak létre. Ezek a kötések a cement kötésénél lényegesen lassabban alakulnak ki, ezért az ilyen kötő-

anyaggal készített keverékek beépítésével nem kell sietni. A kész keveréket tárolni lehet, illetve az nagy távolságra is elszállítható. A beépített keverék kötés utáni tulajdonságai a sóványbetonhoz hasonlóak. A kész szerkezet szilárdsága nem egyenletes, mert a kötőanyagként használt anyag maga sem homogén, stabilizációs pályaszerkezetek készítésére azonban alkalmas. A granulált kohósalakot kohóművek, a zagyteri anyagot és pernyét porszéntüzelésű erőművek környékén lehet gazdaságosan felhasználni.

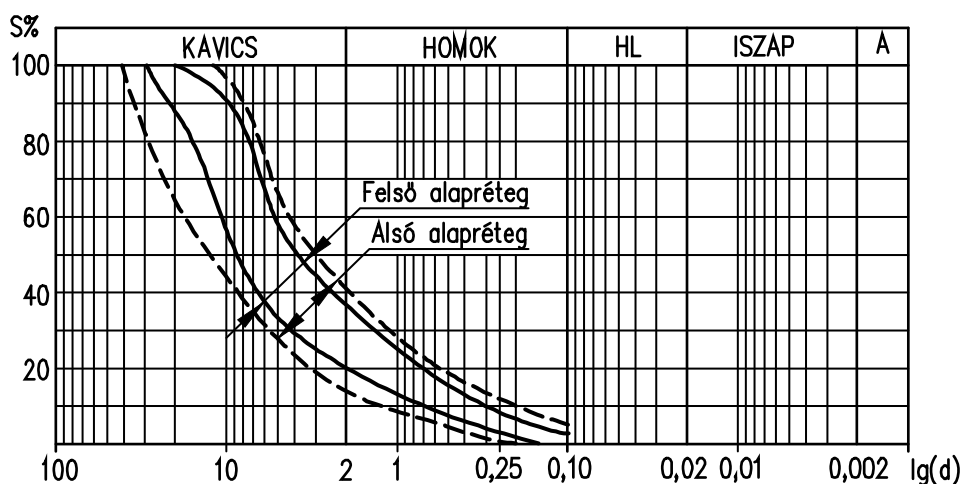
Az ásványi anyag:

- zúzott kőtermék,
- murva,
- kőbányameddő,
- homokos kavics, esetleg homok.

Előnyösen felhasználható még a homokos kavicsbányákban az osztályozás közben feleslegessé váló 0/3–0/5 mm-es frakciók, amelyek kielégítik a szemeloszlási követelményeket (3.2-9. ábra, 3.2-10. ábra).



3.2-9. ábra. Az ásványi anyag szemeloszlása granulált kohósalak kötőanyag alkalmazásakor



3.2-10. ábra. Az ásványi anyag szemeloszlása pernye kötőanyag alkalmazásakor

A pernye, zagyteri anyag és granulált kohósalak akkor használható fel kötőanyagként, ha bizonyos további feltételeket is kielégítenek.

A granulált kohósalakban a 0,08 mm szemcseátmérőnél kisebb finom résznek az aránya legalább 10 tömeg % legyen. Ilyen granulátumot a hazai gyártásban a különleges gép- és a nagy vízigény miatt nem állítanak elő. Megfelel azonban, ha a hazai forgalomban kapható, kevés finomrészt tartalmazó granulált kohósalakot megőrölik. Ekkor az őrlött granulátumban legalább 20–25% legyen a 0,08 mm átmérő alatti frakció. A kötőanyagként felhasznált pernye izzítási vesztesége nem lehet nagyobb 8%-nál, a 0,45 mm alatti frakció pedig legalább 45% legyen.

A kötés létrejöttéhez szükséges meszet őrlött égetett mészpor formájában célszerű felhasználni, mert mészhidrátból, mintegy 25%-kal kell többet adagolni. Amennyiben a laboratóriumi vizsgálatok kedvező eredményt mutatnak, akkor néhány % cement adagolása előnyös lehet. A keverék nedvesítésére tiszta ivóvíz minőségű vizet kell használni.

A keverési arányokat laboratóriumi vizsgálatokkal kell meghatározni. Tájékoztató adatként elfogadható, hogy a kellő (cementes talajstabilizációnak megfelelő) szilárdság eléréséhez szükséges kötőanyag mennyisége a határgöbékkel jelzett anyagokhoz:

- 8–20 tömeg % pernye,
- 2–5 tömeg % mész;

illetve:

- 15–20 tömeg % granulált kohósalak,
- 2–5 tömeg % mész.

Az olyan homokot, amelynek 0,1 mm alatti szemcsefrakciója 5–25%, iszaptartalma legfeljebb 5%, azt

- 15–30% friss pernye és 3–7% mész, vagy
- 15–25% őrlött granulált kohósalak és 2–3% mész

adagolásával lehet stabilizálni.

A keverékeket helyszíni vagy keverőtelepi keveréssel készíthetjük. A helyszíni keverést ugyanúgy kell elvégezni, mint ahogyan azt a por alakú stabilizáció készítésénél ismertettünk. Az állandó keverőtelepek felépítése szintén hasonló az előzőekhez, azonban vagy a kötőanyag, vagy a kőanyag előfordulási helyén célszerű felállítani. A keverék folyamatosan készíthető a beépítés ütemétől függetlenül, mert a lassú kötés lehetőséget biztosít a kész keverék tárolására, illetve nagyobb távolságú szállítására. Ez a tulajdonság az erdészeti útépítésnél különösen előnyös, mert a keveréshez kis teljesítményű keverőgépet lehet használni, majd a néhány nap alatt elkészített keveréket egyszerre be lehet építeni.

Beépítéskor először egy hengerjáratot elötömörítünk, majd a felületi hibák kijavítása után végleg betömöríthető a réteg. A szerkezet mechanikai stabilitása már közvetlenül a beépítés után megfelel a kisebb forgalom igénybevételeinek elviselésére, de az első időszakban célszerű könnyített, terelt és kíméletes (pl. erős fékezések kerülése stb.) forgalmat fenntartani. A kialakuló keréknyomok napok múlva is javíthatók.

A további burkolati rétegeket megépíthetjük közvetlenül a szilárdulás után, vagy később, esetleg a következő évben. Ilyenkor a felületet póruszárással, vagy felületi bevonással le kell zárni.

### *3.2.1.1.7. Vegyszerek alkalmazása talajok stabilizálására*

Régi törekvés az útépítésben, hogy kis szállítási munkát igénylő építőanyagokkal és egyszerű eszközökkel lehessen utat építeni. Ezért kutatásokat folytatnak annak érdekében, hogy a megfelelő vegyszereket találjanak talajok tulajdonságainak megváltoztatására. A cél nem mindig

az, hogy ezek a vegyszerek a talajok stabilitását növeljék, hanem csak az, hogy a talajok egyes kellemetlen tulajdonságait megváltoztassák.

Útépítés szempontjából a talajok legkellemetlenebb tulajdonságai a víztartalom változásával függenek össze. A vegyszeres talajkezelések célja ezért az, hogy a talaj és víz kölcsönhatásából származó kellemetlen tulajdonságokat megszüntessék. Ezek a vegyszerek ezt úgy kívánják elérni, hogy a talajszemcsék felületén adszorbeálódó vizet nem engedik megkötni. Más esetben az a cél, hogy a nedvességtartalmat fenntartsuk (pl. látszólagos kohézió fennmaradásához szükséges vízmennyiség biztosítása). A vegyi anyaggal történő talajkezelések eredménye erősen függ a talajszemcsék felületének reakcióképességétől és vegyi tulajdonságaitól, valamint a vegyszerek ezekre gyakorolt hatásától. Ezeket a tulajdonságokat és folyamatokat még kevésbé ismerjük, ezért további kutatásokra van szükség.

Az erdészeti utak építésénél a következő vegyi anyagok alkalmazását javasolják:

- kloridok,
- szulfitlé,
- RRP, CBV-75, CBV-77, SC-444, SCX, stb.

A kalciumkloridot és nátriumkloridot a makadámburkolatokat és más szemcsés anyagból épült (pl.: mechanikai stabilizáció) burkolatok anyagának stabilizálására javasolják. Ezek az anyagok csökkentik a fagyáspontot, valamint vízvisszatartó képességük (higroszkóposságuk) miatt a párolgást. A párolgás csökkentésének előnye, hogy tömörítés közben nem szárad ki a talaj, tehát azt hatékonyabban végezhetjük, a látszólagos kohézió fenntartása pedig a szemcséket összetartó erőket növelheti meg. A fagyáspont csökkenése azért kedvező, mert a réteg átfagyása lassabban történik meg, ezért az olvadás és fagyás periódusai időben elhúzódnak, kisebb károkat okozva a pályaszerkezet anyagában.

A szulfitlé a papíripar mellékterméke. Földutak stabilizálására kívánták korábban felhasználni. A szulfitlében található gyanták kötése átmeneti és csak száraz körülmények között ad bizonyos stabilitást a szemcsés anyagoknak.

Kötött talajok víz hatására fellépő kellemetlen tulajdonságait szüntetheti meg az RRP (*Reynolds Road Packer*), a CBV-75 és CBV-77 (*Chemische Bodenverbesserung*), az SC-444 (*Soil Consolid*) és az SCX (*Soil Concervex*) nevű vegyszerek. Ezeknek a vegyszereknek az alkalmazása rendkívül egyszerűnek tűnik. A 3–6 l/100 m<sup>2</sup> koncentrátumot 100–200-szoros hígításban a kezelendő földmű fellazított felső rétegeire kell kipermetezni, majd bekeverni. Száraz időjáráskor a nedvesítést ismételni kell addig, amíg a felületegységre előírt vízmennyiséget ki nem permetezzük, majd az optimális tömörítési víztartalom elérését kívárva gondosan be kell tömöríteni a földművet. A kezelés és tömörítés hatására egy víznek ellenálló, és megnövekedett teherbírású földművet kellene kapni. A kereskedelmi leírások szerint a trópusi agyagokon ezeket a vegyszereket sikerrel alkalmazták, de a hazai sikertelen laboratóriumi és a nem meggyőző helyszíni kísérletek miatt alkalmazásuk még nem javasolható. (A hatást az egykori NSZK-ban sem sikerült bizonyítani, ezért ott az alkalmazást egyes tartományokban tiltják.)

### 3.2.1.2. Makadám szerkezetű alapok és burkolatok

A nagyobb forgalmú erdészeti útjaink hagyományos pályaszerkezete makadám rendszerű, zúzottkőből készülő burkolatokból és alapokból épül fel. Ma már nem tekinthetők korszerű pályaszerkezeteknek részben utántömörödő tulajdonságuk, részben a nagy szállítási munkagényük miatt. Megfelelő útépítési követ szolgáltató helyi vagy közeli kőbányák az építésüket gazdaságossá tehetik, mégis célszerűbb a szállítóképesség túlzott leterhelése miatt más burkolatokat, illetve alapokat tervezni. (15 cm cementes talaj stabilizáció és 10 cm vastag szórt alap szállítási igényének aránya kb. 1,5; míg 15 cm cementes talaj stabilizáció és 15 cm vastag

szórt alap szállítási igényének aránya kb. 1:7,5). Erdészeti utak pályaszerkezetében az egyszerűbb építési technológia miatt részesíthetők előnyben.

Ezekre a szerkezetekre egységesen jellemző, hogy kötőanyagot nem tartalmaznak, stabilitásukat a nagy belső súrlódású zúzottkőnek és a kiékelésnek köszönhetik. A kiékelés feltétele, hogy a kiékelendő és a kiékelő anyagokat külön rétegekben, rétegenként építsék össze. A kész pályaszerkezet szemeloszlása szakaszos lefutású. Az anyagból a kohéziót adó részek hiányoznak, ezért a gumiabroncsok által keltett szívóhatásnak nem állnak ellen. Hézagtartalmuk nagy, ennek következménye, hogy a forgalom hatására egyenlőtlenül utántömörödnek, deformálódnak, ami a rájuk helyezett tömör aszfaltrétegek összeroppedéséhez vezet.

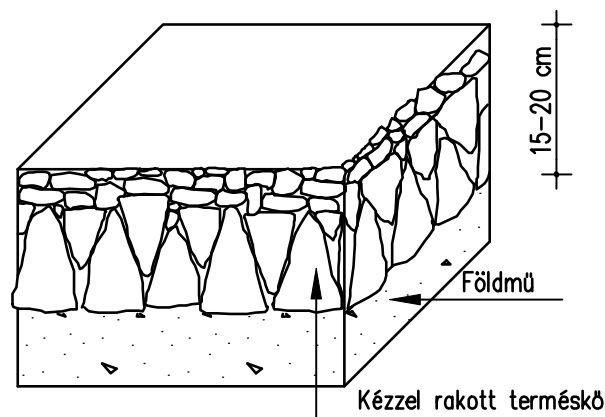
A nagy hézagokat tartalmazó alapréteget közvetlenül kötött talajú földműre építeni nem szabad, mert a kötött talaj a nagy szemcséket kenőanyaghoz hasonlóan síkossá teszi és a szerkezet a terhelés hatására elsüllyed. Ilyen esetben mindig minimálisan 10 cm vastag homokos kavics védőréteget kell a kötött talajú földmű felületére elhelyezni.

A zúzottkő alapok és burkolatok:

- rakott terméskő útalap,
- szórt útalap,
- durva zúzottkőalap,
- szakaszos szemeloszlású (vízzel kötött) makadám rendszerű alap és burkolat,
- hézagkiöntéssel bevibrált zúzottkőalap.

#### 3.2.1.2.1. Rakott terméskő alap

A klasszikus kiékelésen alapuló pályaszerkezet, amelyen a makadám rendszerű burkolatalapok elvét lehet bemutatni. Nagy kézimunka- és anyagigénye miatt ma már nem használják, de átépítéseknél, korszerűsítéseknél még mint meglévő és felhasználható alapréteget megtalálhatjuk.



3.2-11. ábra. Rakott terméskő alap

Korábban a klasszikus makadám pályaszerkezetek alapját képezte. Kézzel rakott "B" vagy "C" minőségű helyszínen alakított alapkövekből készült, 15–20 cm vastagságban. A süvegformájú, alul legalább 150 cm<sup>2</sup> alapterületű köveket szorosan egymás mellé, a tengelyre merőleges sorokba rakták le, és felülről kisebb ék alakú kövekkel ékelték ki. A hézagokat az alakításkor lepattintott vegyes szemnagyságú kövekkel – a forgácskövel – töltötték ki (3.2-11. ábra). A hatékony kiékelést tömörítéssel érték el, amelyhez háromkerékű nehéz úthengert használtak, hengerlés közben kiegyenlítve a keletkező süllyedéseket és egyenetlenségeket.

Nagy kézimunka igénye miatt az 1950-es években épültek utoljára ilyen szerkezeteket, az útépítés gépesítésével később a szórt útalapot kezdték el építeni.

#### *3.2.1.1.1. Szórt útalap*

A rakott terméskő alap nagy kézimunka igényét csökkentő, annál kisebb, vegyes szemeloszlású terméskőből készülő szerkezet. A 150 mm-t meg nem haladó ( $d_{max} = 150$  mm) vegyes szemszerkezetű terméskövet a szállítójárműről az úttükörbe kell szórni, elegyengetni és hengerrel betömöríteni.

A kapott szerkezet műszakilag hátrányos tulajdonságú, mert nem történik meg a gondos kiékelés, illetve az nem is valósítható meg a szemszerkezet összetétele és az építési technológia miatt. Mivel szemeloszlási előírások nem vonatkoznak rá, a térkitöltés sem valósul meg, ami a stabilitás biztosításának másik feltétele. Az alapanyag egyenlőtlen minősége, valamint a kötött építési technológia hiánya miatt ezeknek az alapoknak a teherbírása nem egyenletes. Az ilyen alapra épített burkolat a kisebb teherbírású szakaszokon rohamosan tönkremehet, amit normális útfenntartási munkával megszüntetni nem lehet. Előnye egyedül kisebb kézimunka igényéből származik. Alkalmazása nem javasolt, bár jelenleg a hegyvidéki erdészeti útépítés leggyakrabban épített útalapja. Szórt útalap építése helyett célszerűbb lenne a kedvezőbb tulajdonságú durva zúzottkő alap, vagy a folyamatos szemeloszlású zúzottkő alap építése.

#### *3.2.1.2.3. Durva zúzottkő alap*

A durva zúzottkő alap Z 56/80, vagy Z 56/100 jelű zúzottkőből készül egy rétegben maximum 15 cm tömör vastagságban. A felhasználható anyag legnagyobb szemnagysága nem lehet nagyobb a tömör rétegvastagság 2/3-nál. A 15 cm-nél vastagabb réteget több vékonyabb réteg egymásra építésével kell kialakítani.

A zúzottkövet a tömör vastagság 20%-kal növelt rétegvastagságában kell elteríteni a betömörített tükörre, a padkaszivárgók elkészítése után. A zúzottkövet billenőplatós tehergépkocsival célszerű szállítani és a követ közvetlenül a tükörbe billenteni. Az elterítést gréder végzi. Az egyenletes laza terítési rétegvastagságot terítőládával is ki lehet alakítani, ami azért előnyös, mert így egy egyenletesen tömör, azonos laza rétegvastagságot lehet tömörítés előtt megvalósítani, ami az egyenletes tömörítés és így az egyenletes teherbírás feltétele is.

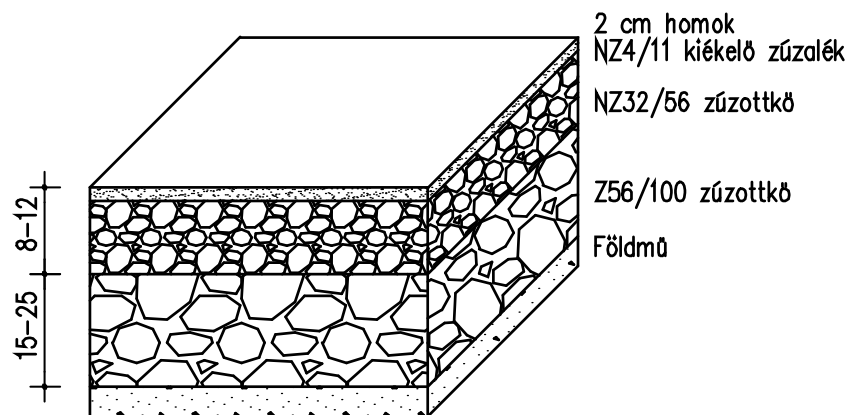
A tömörítést 13–15 t-s három hengerlőjű úthenger végezi, miközben a profil kialakítását folyamatosan ellenőrizni kell. A hengerjáratokat a szélen kell indítani, majd befelé haladni. Az egyes hengeremenetek 1/3–1/4 részben fedjék át egymást. A hengerlést szárazon kell kezdeni, majd  $1 \text{ m}^2$  kőhöz  $0,3\text{--}0,5 \text{ m}^3$  vizet permetezve kell a hatékony tömörítést addig folytatni, amíg a henger már nem hagy nyomot, illetve a henger elé dobott kő nem nyomódik a felületbe, hanem összetörik. Az összetört „rózsásodott” köveket és a fészkes helyeket ki kell cserélni.

A hengerlés befejezése előtt gondoskodni kell a nagy hézagtartalmú zúzottkőréteg felső részében lévő hézagok kitöltéséről, a felület „bekötéséről”, ami a szabad hézagok megszüntetésével megakadályozza a zúzottkőszemcsék elmozdulását. Ehhez homokot, homokos kavicsot, mészkő vagy dolomit murvát kell sepréssel, további hengerléssel és locsolással a hézagokba juttatni. A hengerlés befejezése után az alapot két hétre át kell adni a forgalomnak, amelynek tereléséről gondoskodni kell. Ez alatt az idő alatt az utántömörödés jelentős része lejátszódik, az építési hibák előjönnek. A hibákat ki kell javítani, a felületről lesodort részeket pedig vissza kell juttatni a felületre. Az így elkészített alapon a nehéz forgalom hatására még további jelentős utántömörödés következhet be (3.2-11. ábra alsó rétege).

#### 3.2.1.2.4. Szakaszos szemeloszlású (egyszerű, vagy „vízzel kötött”) makadám rendszerű alap és burkolat

A szakaszos szemeloszlású (az erdészeti útépítésben vízzel kötött, vagy egyszerű) makadám a durva zúzottkő szórt alap továbbfejlesztett változatának tekinthető. Az általános megoldás szerint a szakaszos szemeloszlású makadám réteget egy jól betömörített 15–20–25 cm vastag zúzottkő szórt alapra építjük. Első lépésként egy zúzottkő pályát hozunk létre. ekkor NZ 32/56 méretű zúzottkőből 8–10–12 cm vastagságot terítünk el, majd először szárazon, később nedvesen hengereljük. A teljes tömörség elérése előtt, amikor a zúzottkő réteg már elég stabil, elterítjük a NZ 4/11 mm nagyságú szemekből álló kiékelő zúzalékot („hengerlési zúzalékot”), amelynek mennyisége a tömör zúzottkőréteg 25%-a. További hengerléssel ezt a zúzalékréteget a zúzottkőréteg hézagaiba nyomjuk. A hengerlést addig kell végezni, amíg a henger már nem hagy nyomot. Végül 2 cm homokot terítünk a felületre a szabad hézagok kitöltésére, majd két hétre átadjuk a forgalomnak a durva zúzottkő alapnál említett utókezelés céljából (3.2-12. ábra).

A felület beköthető iszapolással is. Ekkor egy cm vastag iszapos homokréteget terítünk a zúzottkő rétegre, majd erre kerül a kiékelő zúzalék. Ezt bő locsolás mellett kell behengerelni, ami az iszapos homokpépet a hézagokba nyomja. Ezután újabb 2 cm vastag védőhomokot terítünk el a felületen és két hétig a már ismert utókezelésnek adjuk át.



3.2-12. ábra. Durva zúzottkő alapra épített szakaszos szemeloszlású (vízzel kötött) makadám

A szakaszos szemeloszlású makadám burkolatként és alapként egyaránt használható. Burkolatként azonban a gumiabroncsos forgalom szívóhatásának csak akkor tud ellenállni, ha felületi bevonást helyezünk rá, vagy a látszólagos kohézió fenntartása érdekében biztosítjuk az állandó optimális nedvességtartalmat, pl. kalcium kloridos kezeléssel. Ott, ahol az erdőállomány árnyékoló hatása miatt a megfelelő „nyirkos” állapot hosszabb ideig megmarad, a forgalom szívóhatásának viszonylag jól ellenáll. A kiékeléshez mészkőzúzalékot használva, – annak cementálódása miatt – a szerkezet jobban ellenáll a gumiabroncsos forgalomnak. A mészkő kisebb kopószilárdsága miatt az ilyen utak száraz időszakban azonban nagyon porosak.

Nagy gumiabroncsos forgalom hatására a vízzel kötött makadám burkolatok fenntartási igénye jelentősen megnő, amit folyamatosan megvalósítani nem lehet. Az ilyen burkolat gyakorlatilag fenntarthatatlanná válik. A felületen kialakulnak a nyomvályúk a ráhulló csapadékot összegyűjtik, ami felületi erózióhoz vezet. A rezgések hatására a sok fedőanyag bordásodást okoz, ami a forgalom számára káros és kényelmetlen. A vizes makadám burkolatok felületét gréderezéssel és hengerléssel lehet fenntartani. Ekkor a finom részt ismét egyenletes vastagságúra gyaluljuk és tömörítjük. A deformáció előrehaladott állapotában, amikor a zúzottkőré-

teg alakját is helyre kell állítani, már nem elég egy egyszerű gréderezés. Ilyenkor a felső réteget egy folyamatos szemeloszlású réteggé kell átalakítani. Ezt önjáró kötővel lehet megvalósítani, ami a makadám felületén haladva 10-15 cm vastagságban azt fellazítja és a nagyobb szemcséket szétzúzza. Ezzel egy egyenletes vastagságú, folyamatos szemeloszlású laza réteg alakul ki, amelyet profilba hozva és betömörítve, a forgalom számára kedvező felület alakítunk ki. Később ezt a felületet gyalulással és tömörítéssel ismét jó állapotba lehet hozni. (Ezt a módszert az alpesi országokban már hosszabb ideje eredményesen használják a kötőanyag nélküli pályaszerkezetek fenntartásában. Ilyen gép már néhány hazai erdőgazdaságban is sikerrel működik.)

#### 3.2.1.2.5. Folytonos szemeloszlású zúzottkő alap

A zúzottkövet felhasználó kötőanyag nélküli alaprétegek építéséhez felhasználható legkorszerűbb anyag a szigorú szemeloszlási követelményeket kielégítő, csak zúzott anyagból előállított keverék. Ezt az anyagot a saját kőbányával rendelkező erdőgazdaságok tudnák előnyösen használni, mert jó tömörítést feltételezve minden forgalmi terhelést jól elviselhető, gazdaságos alapréteg építhető belőle.

A zúzottkőből, zúzalékból, zúzott homokból esetleg természetes homokból álló keverékben a maximális szemcseátmérő:

$$D_{\max} \leq \frac{v}{3}$$

ahol:  $v$  = a tömör réteg vastagsága, amely általában 12–30 cm

A felhasználható kőanyag Kf C, Kf-D minőségi osztályú NZ jelű zúzottkő. A hézagminimumra törekedő szemeloszlást a *Fuller*-görbe szerint kell összeállítani, amelynek egyenlete a már ismert összefüggés:

$$p\% = 100 \cdot \sqrt{\frac{d}{D}}$$

A legtömörebb állapotot megvalósító keverékek tervezésekor a szemcseátmérőt négyzetgyökös léptékben ábrázoló szemeloszlási görbét használjuk. Ebben a rendszerben a *Fuller*-görbe egyenesként jelenik meg. A legtömörebb állapotot adó szemeloszlás szemléletesen jelenik meg és az eltérés jól felismerhető. A betartandó szemeloszlási határokat a saját bánya anyagának vizsgálata alapján kell meghatározni a mechanikai stabilizációnál ismertetett módszerrel.

A 0,06 mm-nél kisebb szemcsék mennyisége beépítés után se haladhatja meg a 8%-ot, csökkentve ezzel az anyag fagyveszélyességét. Az alapréteg anyagát különböző frakciók keverésével állíthatjuk elő. A keverési arányokat a frakciók saját szemeloszlási görbéi és a határgörbék figyelembevételével kell meghatározni.

A frakciók összekeverhetők:

- gépben,
- úttükörben gréderrel.

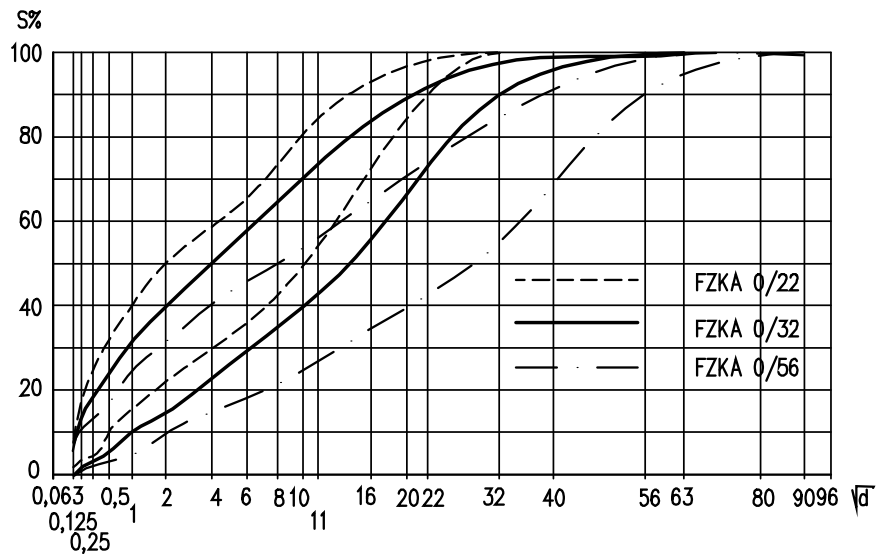
Helyszíni keveréskor az anyagot az előírásnak megfelelő arányban az úttükörbe terítjük, majd gréderrel az egyik oldalról a mási oldalra tolva összekeverjük. A keverést addig kell végezni, amíg egyenletes keveréket kapunk.

A keverőgépben kevert anyaghoz a tömörítéshez szükséges víz is hozzáadható. A keverőgépből kikerülő egyenletes minőségű keverék szállításkor szétosztályozódhat, amit meg kell akadályozni.



A megkevert anyagot a tömör vastagságnál 20%-kal vastagabb laza rétegben terítjük el, majd optimális víztartalom mellett lapvibrátorral, vibrációs hengerekkel, illetve statikus simahengerrel 100%-os tömörségi fokig betömörítjük.

A műszaki előírások szerint használható 22, 32 és 56 mm maximális szemnagyságú zúzott anyagból előállított, FZKA0/22, FZKA0/32, FZKA0/56 jelű anyagok szemeloszlási előírásait a 3.2-13. ábra és a 3.2-3. táblázat mutatja be.



3.2-13. ábra. Folytonos szemeloszlású zúzottkő alap szemeloszlása (ÚT 2-3.207:2007 szerint)

Szitaméret (mm)	FZKA0/22	FZKA0/32	FZKA0/56
Áthullott anyag súlysúlyszázaléka (%)			
90		-	100
63		100	
56		-	90-99
40		-	
31,5 (32)	100	90-99	55-85
22,4 (22)	90-99	-	-
20	-	-	-
16	-	55-85	35-65
11,2	55-85	-	-
10	-	-	-
8	-	35-65	22-50
5,6 (5)	35-65	-	-
4	-	22-50	15-40
2	22-50	15-40	10-32
1	15-40	10-32	7-25
0,5	10-32	7-25	5-18
0,25	7-25	4-19	3-14
0,125	5-17	2-13	2-10
0,063	3-9	0-8	0-7

3.2-3 táblázat. Folytonos szemeloszlású alapréteg szemeloszlásának határai (ÚT 2-3.207:2007 szerint)

### 3.2.1.2.6. Hézagkiöntéssel bevibrált zúzottkő alap

A hézagkiöntéssel bevibrált zúzottkő alap készítésénél az elterített durva zúzottkő rétegre a tömör rétegvastagság 1/3-ának megfelelő vastagságban cement- vagy mészhabarcot terítünk,

és ezt a hézagokba vibráljuk. A megkötött habarcs az utántömörödést megakadályozza. Nagyon drága, ezért erdészeti utaknál nem használt szerkezet.

Ennek az alaprétegnek a kedvező tulajdonságait a hazánkban elterjedt, az aszfaltok felé átmenetet jelentő itatott és kötőzúzalékos aszfaltmakadám szerkezetekkel tudjuk megvalósítani.

### 3.2.1.3. Hézagminimum elvén alapuló kötőanyag nélküli alapok, burkolatok

A hézagminimum elvén alapuló kötőanyag nélküli alaprétegek erdészeti utak alapjaiként, nagyobb forgalmú utak alsó alaprétegeként építhetők, homok, kavics, homokos kavics, illetve murva felhasználásával. Közös jellemzőjük, hogy folyamatos szemeloszlású hézagszegény szerkezetet alkotnak.

#### 3.2.1.3.1. Kavicsalap

A hézagszegény folytonos szemeloszlású kavicsalap előállítására hazai előírás nincs. Az ágyazat anyagára vonatkozó előírások kevésbé szigorúak, mint a külföldön használt kavicsalapokkal szemben támasztott követelmények.

Az ágyazat anyagától megkívánjuk, hogy:

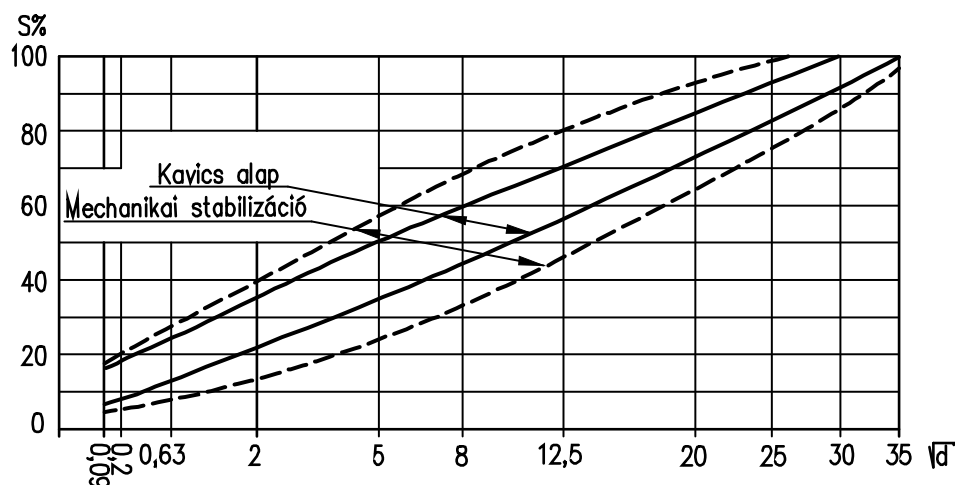
- az egyenlőtlenégi együttható ( $U$ ) és az iszap-agyagtartalom ( $d < 0,02$  mm) között a következő összefüggés álljon fenn:

$5 < U < 15$	$d < 0,02$ mm rész súlyaránya:	max. 10%
$15 < U < 50$	$d < 0,02$ mm rész súlyaránya:	10–20%
$U < 50$	$d < 0,02$ mm rész súlyaránya:	max. 20%

- az egyenlőtlenégi együttható legkisebb értéke:  $U_{min} = 5$
- a legnagyobb szemcseméret:  $D_{max} = 2/3v$

legyen, ahol a  $v$  az alkalmazott rétegvastagság 15–35 cm.

Az ágyazat anyagára megadott értékek nem elegendőek a kellő teherbírású alapréteg előállításához. Ehhez még a folyamatos és a hézagminimumot biztosító szemeloszlás is szükséges. Az elméletileg legtömörebb állapotot kifejező Fuller-görbétől megengedett eltérést a 3.2-14. ábrán bemutatott szemeloszlási határok adják a 35  $\square$  mm maximális szemcseméretnél. (Az összehasonlítás kedvéért az ábrán szaggatott vonallal jelöljük a mechanikai stabilizáció határgörbéit, amelyből látható, hogy a kavics alapréteg szemeloszlása jobban megközelíti az elméletileg legtömörebb szemeloszlást, mint a mechanikai stabilizáció anyaga.)



3.2-14. ábra. Az ágyazat anyagának szemeloszlási határgörbéi

A szerkezet teherbírása tört kőanyag, vagy zúzott kavics bekeverésével növelhető, mert az fokozza az anyag belső súrlódását. A kavics alapréteg anyaga megfelelő szemeloszlású homokos kavicsból, vagy különböző szemeloszlású szemcsés anyagok összekeverésével állítható elő keverőgépben. Az előírt arányok betartása mellett végzett gondos, egyenletes keverés után a szétosztályozódást megakadályozva a tükörbe szállítjuk az anyagot, ahol a tömör vastagságnál 20%-kal vastagabb laza rétegben elterítjük, majd optimális víztartalom mellett 97%-os *Proctor*-tömörségi fokra tömörítjük. Tömörítéshez lapvibrátort, vibrációs hengert, gumiabroncsos hengert használhatunk.

#### 3.2.1.3.2. Murva alapréteg

Az erdészeti utak alapja, nagyobb forgalmú utak alsó alaprétege megépíthető a kavics alapréteghoz hasonlóan, mészkő vagy dolomit mura felhasználásával.

A folytonos szemeloszlást és hézagszegény szerkezetet biztosító *Fuller*-görbét kielégítő szemeloszlás murva, homok, esetleg zúzott kőanyag összekeverésével állítható elő. A legnagyobb szemcseméret 35–55 mm között választható a rendelkezésre álló alapanyagtól függően, amelynek alapján az elméleti szemeloszlási határgörbék megszerkeszthetők.

Az építhető rétegvastagság:

$$v = 15\text{--}35 \text{ cm}$$

A természetben előforduló, megfelelő szemeloszlású természetes anyag vagy a keverőgépben, illetve tükörben gréderrel előállított keverék beépítése megegyezik a kavics alap vagy mechanikai stabilizációs réteg beépítésével.

A réteget 97% *Proctor*-tömörségi fokra kell betömöríteni.

#### 3.2.1.3.3. Mészköliszttel kötött burkolat

Burkolat építhető mészkő- és dolomitmurva felhasználásával, ha a kőanyag kellő mennyiségű finom részt, mészkőlisztet tartalmaz.

A szemeloszlási határgörbék egyenletének kitevői

- $d = 10$  mm szemnagyságnál 0,40
- $d = 30$  mm szemnagyságnál 0,45

A kötést a mészkőliszt karbonátosodása biztosítja, ezért a finom résznek ( $d < 0,06$  mm) mintegy 10% súlyarányal kell a szemeloszlásban megjelenni.

A legnagyobb szemnagyság nem lépheti túl a tömör rétegvastagság harmadát:

$$d_{max} = v/3$$

Az építhető rétegvastagság:

$$v = 6\text{--}7 \text{ cm}$$

A legnagyobb szemcseméret ezért:

$$d_{max} = 20\text{--}25 \text{ mm}$$

A megfelelő szemeloszlású anyagot a murvabányában célszerű előállítani majd a kész anyagot a szokásos módon beépíteni.

Ez a burkolati réteg jól használható a vízzel kötött makadám burkolatok átburkolására és egyenes felületi állapotának helyreállítására.

#### 3.2.1.4. Kohósalakkő alapréteg

Nagykohók jó minőségű salakjából a folytonos szemeloszlású zúzottkő alapokhoz hasonló réteg alakítható ki.

A szerkezet megfelelő szemeloszlású kohósalakkból, vagy ha ilyen nem áll rendelkezésre, akkor kohósalakkból, természetes homokból, illetve zúzott homokból készített kedvező szemeloszlású keverékből készítjük.

A szemeloszlásra vonatkozó előírások megegyeznek a folytonos szemeloszlású zúzottkő alapok szemeloszlási előírásaival. Alkalmazható megfelelő 0–140 mm közötti vegyes szemeloszlású anyagból készülő kohósalakkő réteg is, amelynek teherbírása azonban lényegesen alacsonyabb.

A kohósalakkő előnyös tulajdonsága, hogy locsolás hatására lassú hidraulikus kötések alakulnak ki, ami jelentős utólagos szilárdulást eredményez. A hatás 1–2% mész adagolásával fokozható.

A kohósalakkő alapréteg megépítése a kavics alapréteghez hasonlóan történik azzal a kiegészítéssel, hogy az optimális tömörítési víztartalom biztosítására kipermetezett vízben 1–2% meszet oldunk fel. A kohósalakkő alapréteg tehát átmenetet képez a kötőanyag nélküli és a hidraulikus kötőanyaggal készülő alapok között.

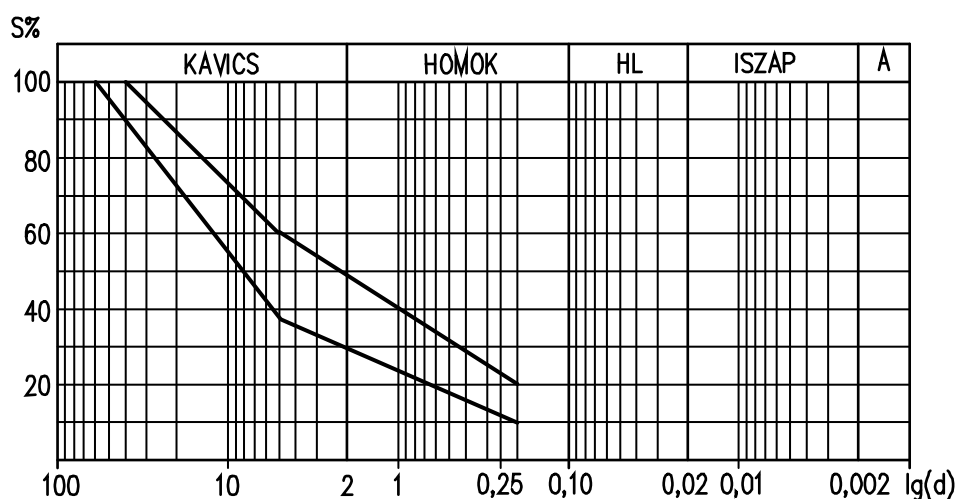
#### 3.2.1.5. Soványbeton alapréteg

A soványbeton útalap C8–C10 minőségű betonból készül, amely kőanyag („adalékanyag”), portlandcement és víz keveréke.

A kőanyag lehet:

- homokos kavics HK 0/35,
- zúzott kőanyag,
- homok,
- zúzott kohósalakkő.

Ezek szemeloszlásának ki kell elégíteni a folytonos szemeloszlást és hézagminimumot biztosító Fuller-görbét, amelytől az előírt határgörbék mértékében el lehet térni (3.2-15. ábra).



3.2-15. ábra. Soványbeton alap adalékanyagának szemeloszlása

A szemeloszlással kapcsolatos további előírás, hogy:

- az agyag iszaptartalom ( $d < 0,02$  mm) max. 5%,
- $d < 5$  mm                      40–60%,
- $d < 35$  mm                      legalább 90%,
- a 35 mm rostán fennmaradó rész legfeljebb 10%, amely teljes egészében essen át az 55 mm nyílású rostán.

A zúzott adalékanyag szemeloszlására is az előbbi előírások érvényesek, azzal az engedménnyel, hogy a maximális szemcseméret 55 mm-ig növelhető. A kielégítendő *Fuller*-görbe számítható, amelytől az eltérés csak korlátozott lehet.

A cement 350 vagy 250 portland, kohósalak portland vagy pernye portland cement, amelynek mennyiségét úgy kell megválasztani, hogy az alapbeton szilárdság  $9000\text{--}12000$  kN/m<sup>2</sup> között legyen. Szabványos kőanyag alkalmazásakor az előírt szilárdság  $150\text{--}180$  kg/m<sup>3</sup> cement adagolásával érhető el.

A beton készítéséhez felhasznált víz ivóvíz minőségű legyen, amely nem zavaros és nem agresszív tulajdonságú. Célszerű laboratóriumi vizsgálattal a víz felhasználhatóságát ellenőrizni.

A soványbeton útalap építhető vastagsága:

$$v = 13\text{--}20 \text{ cm}$$

A beton alapanyagait (a kőanyagot, a cementet és a vizet) keverőgépben kell összekeverni úgy, hogy földneves konzisztenciájú anyagot kapjunk.

A beton elterítése előtt a tükröt végső formájára kell kialakítani, majd közvetlenül a terítés előtt meg kell nedvesíteni. Ennek az a célja, hogy a földmű a kötéshez szükséges vizet ne vonja ki a betonból.

A beton keveréket formasínek, zsaluzat vagy szegélyek közé terítik kézi erővel, vagy betonelosztóval. Az elterítést és elegyengetést kézzel lehúzópallóval, vagy bedolgozógéppel, finiserrel végzik. A terítés utáni tömörítést a finiser, vagy ennek hiányában vibrációs palló, lapvibrátor esetleg könnyű úthenger végezheti. Tömörítés közben és tömörítés után a profil helyességét és az egyenletességét ellenőrizni kell, a hibás helyeket ki kell javítani.

Az elkészült szerkezetet utókezelést igényel, amely folyamatos nedvesen tartást jelent. Ez megoldható:

- folyamatos locsolással,
- kazettázással,
- védőbevonat permetezésével.

Kazettázáskor a kész felületre talajból 1–2 négyzetméteres kazettákat építünk, és ezeket vízzel feltöltjük. Az egyszerű eljárás hátránya, hogy a kazettákat kialakító talaj, vagy homok a felszínről nehezen távolítható el.

A védőbevonat permetezésekor a megszáradt betonfelületre  $0,6\text{--}0,8$  l/m<sup>2</sup> mennyiségben bitumenemulziót vagy egyéb folyékony anyagból álló védőbevonatot permeteznek, megakadályozva ezzel a beton kiszáradását.

A soványbeton alapréteget zsugorodási hézagok nélkül építik. A kis szilárdság miatt korán és sűrűn fellépő repedések azonban megnyílni nem tudnak, érdes törési felületükkel egymásba kapcsolódva a teherbíróképessége megmarad, de merevsége lecsökken.

A soványbeton útalapra legalább 10 cm aszfaltréteget kell építeni, hogy az esetleg kialakuló nagyobb repedések fölött az aszfaltréteg átrepedését megakadályozzuk.

A soványbeton útalap jól bedolgozható, kedvező felületképzési tulajdonságokkal rendelkező anyagból készül, nagy teherbírású alapréteg, amelyet szélesítésnél, tagolt felületű tereknél és folyó pályánál egyaránt használni lehet. Hátránya, hogy a beton szilárdulása az aszfalthoz viszonyítva lassú. A kötés ideje alatt utókezelní kell és a forgalom elöl is el kell zárni.

Erdészeti utak alapjaként nem terjedt el, mert a cementstabilizáció építésének technológiája viszonylag egyszerűbb.

A soványbeton útalapot bedolgozógéppel lehet a legjobb minőségben elkészíteni. Ennek előnye, hogy egyenletes minőségű tömörített réteget kapunk. Gazdaságos építési mód azonban erdészeti utakon ez csak akkor lesz, ha a nagyon drága formasínes bedolgozógépek helyett olyan kis teljesítményű csúszózsarus gépek jelennek meg a piacon, amelyek ára alacsony, valamint kialakul az aszfaltkeverő telepekhez hasonlóan a betonkeverő telepek hálózata.

### 3.2.1.6. Bitumenes alapok

Az útpályaszerkezetek építésénél általánosan elterjedt kötőanyag a bitumen, amelynek felhasználásával alap-, kötő- és kopóréteg, vagyis a teljes pályaszerkezet megépíthető.

A korszerű bitumenes alaprétegek folytonos szemeloszlású kőváz, töltőanyag és bitumen keverőtelepen előállított keverékéből állnak, amelyek tervezése, készítése és bedolgozása a tömör aszfalt burkolatokhoz hasonlóan történik, ezért ezekkel részletesen ott foglalkozunk.

Az erdészeti utak építésénél elterjedten használják a hideg vagy félmeleg eljárással, permetezéssel vagy keveréssel készülő, utántömörödő, aszfaltmakadám alapokat, amelyek burkolatként is használhatók. Ezek a szerkezetek átmenetnek tekinthetők a kötőanyag nélküli makadámok és a tömör aszfaltok között. A felületi tulajdonságokra igénytelenebb, illetve kis forgalom mellett hátrányos tulajdonságaik ellenére jelentőségük ma is nagy, mert építési technológiájuk egyszerű, nem kíván bonyolult berendezéseket. A hígított bitument felváltó kationaktív bitumenemulzió kötőanyag pedig a környezet terhelését is csökkenti.

Az erdészeti útépités gyakorlatában az aszfaltmakadámot főként burkolatként használjuk, ezért azokat részletesen a burkolati rétegek között ismertetjük.

### 3.2.2. Burkolatok (kötő- és kopórétegek)

A gépjárművek gumibroncsos forgalmát elviselő korszerű burkolatok készítése csak megfelelő kötőanyag felhasználásával lehetséges. Kötőanyag lehet:

- a cement, amely hidraulikus kötéseket hoz létre,
- a bitumen, amely a szemcsés ásványi váz kohézióját növeli és ezáltal biztosítja azokat a tulajdonságokat, amelyeket a burkolatoktól megkövetelünk.

Cement felhasználásával a betonburkolatok, míg bitumen felhasználásával az aszfaltok készülnek. Mindkét típusú burkolati anyagnak vannak előnyös és hátrányos tulajdonságai, amelyek alapján nem lehet egyik vagy másik szerkezet alkalmazása mellett egyértelműen állást foglalni. A döntést mindig az adott gazdasági és műszaki színvonal elemzése alapján kell meghozni.

#### 3.2.2.1. Betonburkolatok

Nagy teherbírású, tartós pályaszerkezet, amelynek fenntartási igénye csekély. Alkalmazása erdészeti útépitéseknél a közgazdasági és műszaki háttér hiánya miatt nem terjedt el, ezért részletesen nem foglalkozunk vele.

### 3.2.2.2. Aszfaltok

Az erdészeti útépitések legelterjedtebb építőanyagai az aszfaltok, amelyeket szerkezetük, készítési és beépítési technológiájuk valamint a beépítés után lejátszódó tömörödésük alapján osztályozhatunk (3.2-4. táblázat).

A szerkezet szempontjából jelentőséggel bír

- a kőanyag (kőváz) maximális szemnagysága,
- az ásványi rész (kőváz és töltőanyag) szemeloszlása,
- a kész aszfalt hézagviszonyai.

A kőanyag maximális szemcse-nagysága meghatározza a beépíthető réteg vastagságát, míg a szemeloszlás megszabja az ásványi rész hézagviszonyait. A folytonos szemeloszlású aszfaltokat 5–6 frakció keverésével állítják elő, amely tömör aszfaltokat eredményez. A szakaszos szemeloszlású kővázból készített aszfaltokból (aszfaltmakadámokból) a forgalom hatására utántömörödő szerkezet jön létre. A szakaszos szemeloszlás 2–3 frakció összekeverésével készül. A folytonos-kihagyásos szemeloszlású kővázat 4–5 frakció összekeverésével állítják elő, amelyből pl. nagyon tömör, de érdesítő zúzalékot befogadó réteg építhető.

Aszfaltok				
Jelleg	Tömör		Utántömörödő	
Technológia	habarcsosított kevert-főzött	kevert	kevert	permetezett
Adalékanyag jellemző frakciók	töltőanyag, homok, apró zúzalék	töltőanyag homok, zúzalék	zúzalék apró zúzottkő	zúzalék, zúzottkő
Szemeloszlás	folytonos	folytonos vagy folytonos-kihagyásos	szakaszos vagy közel folytonos	szakaszos
Kőváz tömör hézagtartalma	lehetőleg kicsi 15–20%	lehetőleg kicsi 15–20%	nagyobb 25–30%	nagyobb 25–30%
Kötőanyag leggyakoribb fajtája	kemény utibitumen	utibitumen	hígított bitumen	hígított bitumen
Kötőanyaggal ki nem töltött hézag	nincs „bitumenfelesleg” (1–2%)	van, de kicsi, 1–4% (hézagsegény)	nagyobb 5–10%	nagyobb 10–15%
Stabilitásuk legfőbb tényezője	Aszfalthabarcs (sok finom szemcse, kemény utibitumen)	kőváz közötti töltőanyag és bitumen kohéziója	szemcsék belső súrlódása és a köttőanyag	szemcsék kiékelődése, súrlódása és a köttőanyag
Milyen alapot kíván	kötőréteg, alatta szilárd alap, mozgás nélkül	kötőréteg, alatta szilárd, stabil alap	hajlékonyabb, de szilárd alap	az alap tömörödésére, süllyedésére legkevésbé érzékeny
Alkalmazás erdészeti útépitéseken	nem alkalmazott	igényes burkolatok nagy forgalom esetén	egyszerű technológia miatt gyakran alkalmazott	egyszerű technológia miatt gyakran alkalmazott
Jellemző burkolat példák	öntött aszfalt	aszfaltbeton meleg bitumenes alap	kevert aszfaltmakadám, aszfaltszőnyeg, kötőzúzalék	itatott aszfaltmakadám, felületi bevonás

3.2.-4. táblázat. Aszfaltanyagok fő tulajdonságai és szerkezeti fajtái

A kész aszfaltkeverék tulajdonságait erősen meghatározza és befolyásolja a benne lévő szabad hézagok mennyisége, amelyet elsődlegesen a kőváz hézagtartalma határoz meg. A kőváz hé-

zagtartalma a folytonos és a folytonos-kihagyásos szemeloszlás esetén 15–20%, a szakaszos szemeloszlásnál 20–25%. A kész aszfaltkeverék hézagtartalma másodsorban attól függ, hogy a bitumen mennyire tölti ki a kőváz és töltőanyagból álló halmaz hézagait. A nagy hézagtartalmú aszfaltok utántömörödők, a hézagszegény aszfaltok nem utántömörödők. Az utóbbiak szemeloszlását és bitumentartalmát gondosan úgy kell összeállítani, hogy azok szabad hézagtartalma 2–6% legyen. A bitumenfelesleggel készülő aszfaltok nagy töltőanyag tartalommal rendelkeznek, építésük tömörítés nélkül történik (öntött aszfalt).

Készítés szempontjából a felhasznált bitumen fajtája bír jelentőséggel. Meleg eljárással készülő aszfaltokhoz utibitument, a félmeleg és hideg eljárással készülő aszfaltokhoz hígított bitument vagy bitumenemulzió kötőanyagot kell használni.

Az előállítás módja szerint az aszfaltok készülhetnek:

- főzéssel,
- keveréssel,
- permetezéssel.

A kevert aszfaltokat keverőgépekben állítják elő. A keverés történhet:

- melegen,
- félmelegen,
- hidegen.

A meleg eljárásakor a kőanyagot 170–220 °C-ra hevítik fel, és ezen a főfokon keverik össze a szintén felmelegített kötőanyaggal. A félmeleg eljárással készülő aszfaltok előállításánál a kőanyagot nem, a kötőanyagot viszont 80–120 °C-ra melegítik fel. Hideg keverésnél a kőanyagot és a kötőanyagot normál hőmérsékleten keverik össze. A kész keveréket tehergépkocsikkal szállítják a beépítés helyére, és ott kezdetlegesebb módon kézzel, fejlettebb módszerrel géppel (finiserrel) terítik szét, majd tömörítik be. A meleg és félmeleg keverékek beépítését még kihűlés előtt el kell végezni.

Permetezéssel készülnek az aszfaltmakadámok és a felületi bevonatok. A kötőanyagot bitumenszóró gépkocsikkal melegen, vagy hidegen permetezik a felületre, majd erre terítik a zúzalékot.

A főzéssel készülő (habarcsosított) aszfaltokat keverés után még tovább főzik. Ezekre jellemző, hogy hézagtartalom nélkül készülnek. Erdőgazdasági jelentőségük nincs.

Az aszfaltanyagok beépítésük után:

- tömörek,
- utántömörödők

aszerint, hogy a beépített rétegben a forgalom hatására további tömörödés kialakul-e.

A tömör aszfaltok ásványi anyagának szemeloszlása folytonos, vagy folytonos-kihagyásos, kötőanyaguk utibitumen, keveréssel vagy főzéssel készülnek. Beépítés közben a hengerlés a tömörítést majdnem teljesen elvégzi, a forgalomnak már nincs jelentős tömörítő hatása. Ezek az aszfaltok nagy teherbírásúak, teherbíró alapon alakváltozásra kevésbé hajlamosak. Az utántömörödő aszfaltok szakaszos szemszerkezetűek, kötőanyaguk a hígított bitumen vagy bitumenemulzió. Előállításuk félmeleg keveréssel vagy hidegen permetezéssel történik. A legtömörebb állapotot csak a forgalom tömörítő hatása után éri el. A szerkezet az alapok kisebb-nagyobb mozgásait jól tudja követni. Az erdészeti útépítéseknél alkalmazásuk kiterjedt, mivel építési technológiájuk egyszerű.



### 3.2.2.2.1. Aszfaltmakadám burkolatok

Az aszfaltmakadám burkolatok átmenetet képeznek a makadám rendszerű és a tömör aszfalt pályaszerkezeti rétegek között. Teherbírásukat a durva szemcsékből álló, érdes, nagy belső súrlódású, jól kiékelte köváz biztosítja, amelynek szemeloszlása szakaszos, ezért hézagtartalmuk magas. A köváz nagy hézagait csak részben tölti ki a kötőanyag, ezért a kész szerkezet hézagtartalma maga is nagy, három fázisú anyag. A forgalom hatására utántömörödik, sőt a szemcsék aprózódnak, ezért idővel a kezdeti szakaszos szemeloszlás a folyamatos szemeloszlás felé közeledik. Az aprózódás folyamán új, kötőanyaggal be nem vont szemcsefelületek keletkeznek. Az idő múlásával ezért a stabilitás csak akkor marad fenn, ha a friss törési felületeket a kötőanyag bevonja. Ez a hosszabb ideig tartó folyamat tehát olyan kötőanyagot kíván, amely az utántömörödés ideje alatt alacsony viszkozitású marad és a végső állapothoz szükséges magasabb viszkozitást csak később éri el. Erre a célra a legalkalmasabb kötőanyag a hígított bitumen.

Kötőanyagként hígított bitumen helyett bitumenemulziót is használhatunk, amelynek hatása eltér a hígított bitumentől, mert a megtört emulzió már nem tud új felületeket bevonni. Használata azért előnyös, mert a kationaktív bitumenemulzió formában felhasznált keményebb bitumen a törés után azonnal nagyobb stabilitást kölcsönöz a szerkezetnek, amelyben ezért az utántömörödés mértéke kisebb lesz. Előnye az is, hogy nem kell megvárni a hígítóanyag elpárolgását az újabb tömör réteg ráépítése előtt.

Az aszfaltmakadám burkolatok építése viszonylag egyszerű a felhasznált kötőanyag tulajdonságai miatt. Ennek ellenére a technológiának vannak kényes pontjai. Hígított bitumen kötőanyagot felhasználó burkolatoknál az építés után áthaladó túl nagy forgalom hatására az utántömörödés gyorsan lezajlik. A hígított bitumenből az oldószer erre az időre még nem tud elpárologni, tehát az még nem keményedik meg. A szerkezet stabilitása kicsi, ezért felületi hullámok, helyi deformációk lépnek fel. Túl kicsi forgalomnál a hígított bitumen megkeményedése előtt nem játszódnak le az utántömörödés, a szerkezet túl nagy hézagtartalmú marad, amely a teherbírás és fagyállóság csökkenéséhez, vagyis a szerkezet korai romlásához vezet. Bitumenemulzió használatakor, ha a tömörítést gondosan végezzük, ezek a jelenségek ritkábbak.

A nyitott szemszerkezetű aszfaltmakadám burkolatokat záróréteggel kell ellátni a vízzárás biztosítása érdekében. Ez lehet felületi bevonás, vagy egyéb vékony rétegben felhordható aszfaltválaszték.

Az aszfaltmakadám burkolatok hátrányos tulajdonságai miatt a közúti gyakorlatból kiszorultak. Erdészeti utak pályaszerkezeteként előnyei és viszonylag alacsony építési költségei miatt alkalmazhatók, főként ott, ahol a kivitelező rendelkezik a szükséges gépparkkal, illetve az építési anyagot a közeli kőbányából biztosítani lehet.

Az aszfaltmakadám burkolatok permetezéssel (itatott aszfaltmakadám) kötőzúzalék felhasználásával (kötőzúzalékos aszfaltmakadám) és keveréssel (kevert aszfaltmakadám) készülnek.

#### 3.2.2.2.1.1. Itatott aszfaltmakadám

A vízzel kötött makadám burkolatok bitumenes kötőanyaggal készített fejlettebb, permetezéssel készülő változata, amely egyben az aszfalt burkolatok legegyszerűbb építési módja.

Permetezéssel a bitumenadagolást nem lehet pontosan beállítani. A bizonytalan kötőanyag adagolás miatt gyakran alakulnak ki „izzadó” vagy „sovány” foltok, illetve csíkok a burkolatok felületén, amit ki kell javítani. Az így épített szerkezet végleges tömörsége csak a forgalom hatására alakul ki – ezért utántömörödők –, azonban a túl nagy forgalom alatt könnyen deformálódik. Építésük közepes erdészeti forgalomig javasolható.

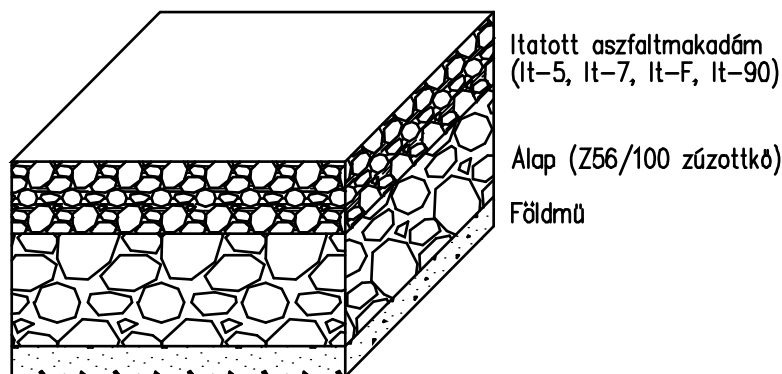
Az építés fő lépései a következők:

- zúzottkő pálya készítése,
- kötőanyag kipermetezése,
- zúzalékterítés.

Az itatott aszfaltmakadámot (3.2-16. ábra.) teherbíró, gondosan letisztított és profilba hozott alaprétegre kell építeni (kavics, mechanikai stabilizáció, zúzottkő stb.).

Az itatott aszfaltmakadám a korábbi előírások szerint különféle változatban lehetett megépíteni, amely lehetővé tette a réteg variálható alkalmazását. Az új előírás szerint az itatott aszfaltmakadámnak egy változatát ismeri, ami a felhasználási kört leszűkíti. További tárgyalásainknál az itatott aszfaltmakadám korábbi és jelenlegi változatait is ismertetjük.

A teherbíró alapra 5–7 cm vastagságú zúzottkő pályát kell építeni. Ehhez NZ 22/32, illetve NZ 32/56 mm szemmagyságú zúzott követ kell az úttükörben elteríteni, majd behengerelni. Az így elkészített zúzottkő pályára ki kell permetezni a bitument, majd azonnal el kell teríteni a kiékelő zúzalékot és be kell tömöríteni. Ezt az első itatást egy második itatás is követheti, amikor kevesebb kötőanyagot permeteznek ki és kevesebb kiékelő zúzalékot terítenek el.



3.2-16. ábra. Itatott aszfaltmakadám

Az első itatáskor  $4 \text{ kg/m}^2$  bitument permetezünk ki, és azonnal elterítjük a  $22 \text{ kg/m}^2$  NZ 11/22 mm szemmagyságú kiékelő zúzalékot. A zúzalékot nehéz úthengerrel a hézagokba nyomjuk. Ezután következik a második itatás és zúzalékterítés, amelyhez  $2 \text{ kg/m}^2$  hígított bitument és  $18 \text{ kg/m}^2$  KZ 8/11 zúzalékot használunk fel. Ezt a réteget is úthengerrel tömörítjük.

A kiékelő zúzalék impregnált zúzalék is lehet. Impregnálásakor a száraz zúzalékot 2% bitumennel kell összekeverni. A felületet ekkor jól és egyenletesen bevonja a bitumen, de a zúzalékszemek még nem tapadnak össze, tehát szórhatók.

A kötőanyag permetezési hőmérséklete:

- HB 20/40 használatakor  $115\text{--}125 \text{ }^\circ\text{C}$
- HB 150/300 használatakor  $145\text{--}155 \text{ }^\circ\text{C}$

Az elkészült rétegre ezután lehetőleg azonnal, de legfeljebb 4–6 hét elteltével záróréteget kell helyezni. A későbbi lezárás a hígított bitumen oldóanyagának gyors elpárolgását megkönnyíti és a forgalom hatására az utántömörödés jelentős része lejátszódik. Hátrányos, hogy a felület elszennyeződik, ezért a záróréteg rosszul tapad hozzá, illetve a víz ebben az időszakban akadálytalanul bejuthat a szerkezetbe. A lezárás történhet kevert záróréteggel (HAB-5 vagy HAB-8) vagy felületi bevonással. A hígított bitumen oldószerének elpárolgását gátolni ezeknek a rétegeknek nem szabad, mert ez a burkolat korai tönkremeneteléhez vezethet. Az elkészült burkolat néhány heti utókezelést kíván, amikor az izzadó foltokat zúzalékkal szórjuk be.

A hazai erdészeti útépités gyakorlatában az itatott aszfaltmakadám négy típusát ismerik (3.2-5. táblázat):

It-90 jelű itatott aszfaltmakadám kétszeri itatással és kiékeléssel készül. A zúzottkő laza terítési vastagsága 6 cm ( $90 \text{ kg/m}^2$ ), a kész szerkezet tömör vastagsága záróréteg nélkül 6 cm.

It-5 jelű itatott aszfaltmakadám csökkentett vastagságban, egyszeri permetezéssel és kiékeléssel készül. A zúzottkő laza terítési vastagsága 5 cm, a kész szerkezet tömör összvastagsága záróréteggel 5,5 cm.

It-7 jelű aszfaltmakadám normál vastagságban, kétszeri permetezéssel és kiékeléssel készül. A zúzottkő laza terítési vastagsága 7 cm, tömör összvastagsága záróréteggel 7,5 cm.

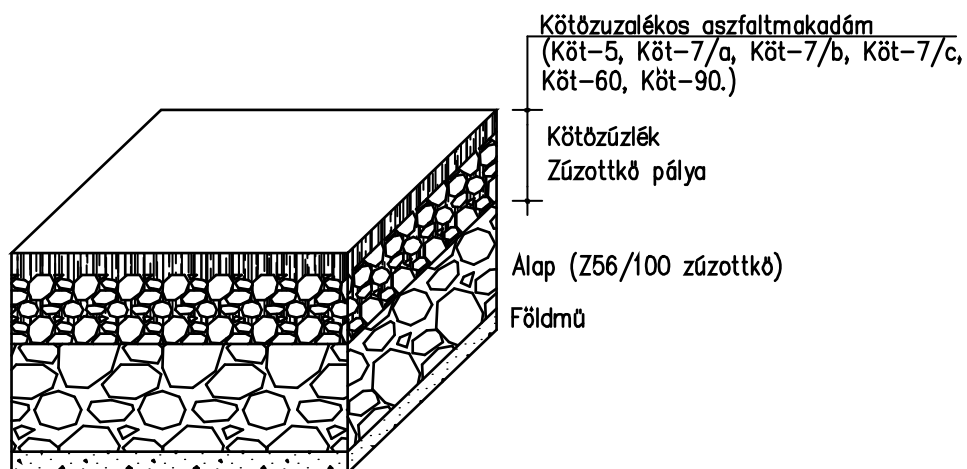
It-F jelű itatott aszfaltmakadám normál vastagságban, egyszeri permetezéssel és kiékeléssel készül. A zúzottkő laza terítési vastagsága 7 cm, tömör összvastagsága záróréteggel 7,5 cm.

Burkolattípus jele	It-90	It-5*	It-7*	It-F*
	$\text{kg/m}^2$			
Zúzottkőterítés 22/45 mm-es 32/56 mm-es	90	75	105	105
	90	-	105	105
Első itatás hígított bitumen NZ 11/22 zúzalék, (vagy KZ 8/11 mm-es)	3,5	4,0	4,0	3,6
	20	28	22	26
Második itatás hígított bitumen KZ 4/8 vagy KZ 8/11 zúzalék	2,0	-	2,0	-
	15	-	18	-
Burkolat esetén felületi zárás kevert záróréteg, pl.: HAB-8 felületi bevonás hígított bitumen NZ 4/11 zúzalék (száraz, vagy impr.)		20		-
		1,2		1,5
		15		10

(\*ÚT 2-3.304:1989 útügyi műszaki előírás szerint)

3.2-5. táblázat. Itatott aszfaltmakadám burkolat és alap anyagszükséglete

### 3.2.2.2.1.2. Kötőzúzalékos aszfaltmakadám



3.2-17. ábra. Kötőzúzalékos aszfaltmakadám

A kötőzúzalékos aszfaltmakadám az itatott aszfaltmakadám fejlettebb változata. Ennél a szerkezetnél a zúzottkő pályát nem permetezéssel és zúzalékterítéssel, hanem keverőgépben előre megkevert és melegen vagy hidegen elterített és behengerelt kötőzúzalék köti be (3.2-17. ábra).

A kötőzúzalékos aszfaltmakadámot zúzottkő alpra, vagy más teherbíró rétegre kell megépíteni. A teherbíró alpra 5–7 cm vastagú zúzottkő pályát kell építeni NZ 22/32, vagy NZ 32/56 zúzottkőből az itatott makadám szerkezetekhez hasonlóan. Ezt a réteget 1,5 kg/m<sup>2</sup> hígított bitumennel kell alápermetezni, amely a szemcsék megfelelő kenését biztosítja. Erre a rétegre helyezük el egy, vagy két részletben a keverőgépben hígított bitumennel összekevert folytonos szemeloszlású zúzalékot, a kötőzúzalékot.

Terítés közben folyamatosan hengerelni kell, miközben a kötőzúzalék egy része benyomódik a zúzottkő hézagaiba, másik része vékony rétegben a felületen marad. Megfelelő forgalom és meleg hatására a felület „elaszfaltozódik”, és az utántömörödés jelentős része megtörténik. A jó vízzárás érdekében a felületet valamilyen záróréteggel kell ellátni, az itatott aszfaltmakadámnál elmondottak figyelembevételével.

A kötőzúzalék természetes homok, zúzott homok és zúzalék felhasználásával készül (3.2-6. táblázat) a következő összetétel szerint:

- 20% természetes homok (0/4 szemnagysággal),
- 30% zúzott homok (0/4 szemnagysággal),
- 50% zúzalék (4/11 és 11/22 szemnagyságú frakciók 1–1 arányú keveréke).

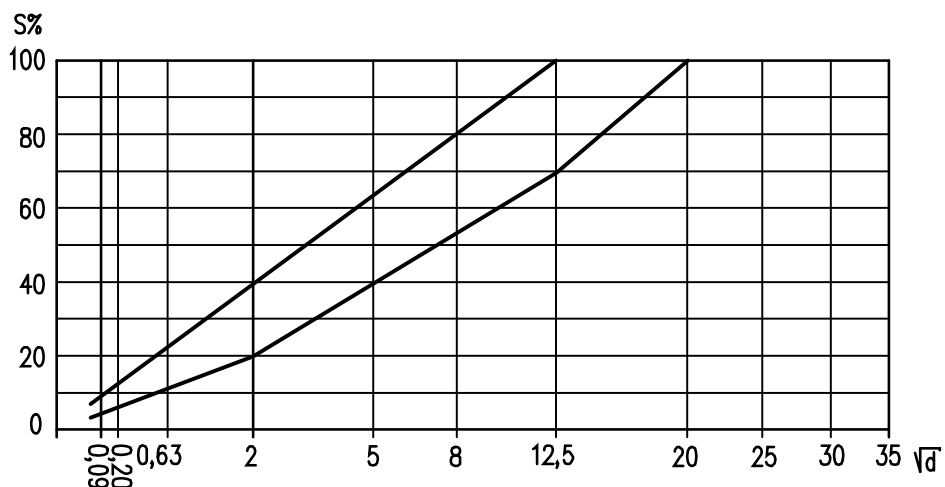
Kőanyag Szita és □-rostaméret	Szemeloszlás
0,00...0,09 mm	2–5%
2,00 mm	20–40%
5,00 mm	40–65%
12,00 mm	70–100%
20,00 mm	100%
Kötőanyag-szükséglet (HB) tájékoztató érték	5,0–6,5%
Az elfogadott szemeloszlás szemcsehatárai:	Egyes frakciók külön kötőanyag Szükséglete 100 súlyrész könyaghoz:
0–3 mm	8,0–9,0%
3–5 mm	5,5–6,5%
5–12 mm	4,5–5,5%
12–20 mm	3,5–4,5%

3.2-6. táblázat. A kötőzúzalék összetétele és anyagszükséglete

A köváz összetétele feleljen meg a folyamatos szemeloszlás feltételeinek. (3.2-18. ábra).

A kötőzúzalék készítéséhez felhasznált hígított bitumen mennyisége 5,0–6,5 tömeg % a könyag tömegére vonatkoztatva. A kötőzúzalékot általában keverőgépben, meleg eljárással készítik. A keverőgépből kikerülő anyagot célszerű azonnal, még melegen beépíteni, de hosszabb szállítás és tárolás után is felhasználható. A nagyobb depóniában tárolt anyag külső rétege megszilárdulhat a hígítóanyag elpárolgása miatt. Ez a kéreg megakadályozza a párolgást a depónia belsejéből, ezért a kihűlt és hosszabb ideig tárolt kötőzúzalék is beépíthető és tömöríthető marad. (Azonnali beépítés esetén az élettartam természetesen nagyobb.)

A depóniába kerülő kötőzúzalékhoz mindig nagyobb mennyiségű tapadásjavító szert kell adagolni, mert a víz ennek hiányában a hígított bitument leválaszthatja az adalékanyagról.



3.2-18. ábra. Kötőzúzalék kővázának szemeloszlása

A kötőzúzalékos aszfaltmakadám az érvényes szabványok szerint kettő, a korábbi szabványok szerint négyféle változatban építhető. Az erdészeti útépítésben elterjedt és továbbra is jól használható pályaszerkezeti réteg minden változatát ismertetjük, hogy a pályaszerkezet tervezésekor több variáció álljon rendelkezésünkre. A kötőzúzalékos aszfaltmakadám változatai (3.2-7. táblázat):

Burkolattípus jele	Köt35	Köt60	Köt-5*	Köt-7/a*	Köt-7/b*	Köt-7/c*
	kg/m <sup>2</sup>					
Zúzottkőterítés 22/32 mm-es 32/56 mm-es	90	90	75	105	105	105
Hígított bitumen alápermetezés	1,5	1,5	1,4	1,6	1,6	1,6
Első réteg	25	25	40	40	30	35
Pótlás kiegyenlítésre	10	-	10	10	-	-
Második réteg	-	25	-	-	30	-
Pótlás kiegyenlítésre	-	10	-	-	10	-
Kopóréteg esetében :						
záróréteg				20		
kevert záróréteg					16	
felületi bevonás hígított bitumen 8/12 mm-es zúzalék						5
póruszárás (hideg eljárással) 0/5 mm-es				1,2		

(\*ÚT 2-3.304:1989 útügyi műszaki előírás szerint)

3.2-7. táblázat. A kötőzúzalékos aszfaltmakadám anyagszükséglete

Köt-35 egyrétegű kötőzúzalékos aszfaltmakadám. A Z 22/45, vagy NZ 22/32 jelű zúzott-köböl készített réteg laza vastagsága 6 cm ( $90 \text{ kg/m}^2$ ). A kötőzúzalék terítés egy rétegben  $25 \text{ kg/m}^2$ , majd  $10 \text{ kg/m}^2$  pótlást kap a kiegyenlítéshez. Kopórétegbe építve  $20 \text{ kg/m}^2$  kevert záróréteggel azonnal lezárandó.

Köt-60 kétrétegű kötőzúzalékos aszfaltmakadám. A Z 22/45, vagy NZ 22/32 jelű zúzott-köböl készített réteg laza vastagsága 6 cm ( $90 \text{ kg/m}^2$ ). A kötőzúzalékot kétszer  $25 \text{ kg/m}^2$  mennyiségben terítik szét, rétegenként betömörítve, további  $10 \text{ kg/m}^2$  kötőzúzalékot használva a kiegyenlítésre. Kopórétegbe építve  $20 \text{ kg/m}^2$  kevert záróréteggel azonnal lezárandó.

Köt-5 jelű kötőzúzalékos aszfaltmakadám csökkentett vastagságú, egy kötőzúzalékos réteggel bekötött változat. A NZ 22/32 zúzottkö réteg laza terítési vastagsága 5 cm ( $75 \text{ kg/m}^2$ ). A kötőzúzalék egy rétegben  $40 \text{ kg/m}^2$  és  $10 \text{ kg/m}^2$  kiegyenlítő réteg, összesen tehát  $50 \text{ kg/m}^2$  mennyiségű. Összes tömör vastagság záróréteggel 6–7 cm.

Köt-7/a jelű kötőzúzalékos aszfaltmakadám normál vastagságú, egy kötőzúzalékos réteggel bekötött változat. A NZ 32/56 zúzottkö réteg laza terítési vastagsága 7 cm. A kötőzúzalék egy rétegben  $40 \text{ kg/m}^2$  és  $10 \text{ kg/m}^2$  kiegyenlítőréteg, összesen tehát  $50 \text{ kg/m}^2$  mennyiségű, összes tömör vastagság záróréteggel 7,5–8,5 cm.

Köt-7/b jelű kötőzúzalékos aszfaltmakadám az általában használt normál vastagságú, két kötőzúzalékos réteggel bekötött változat. A NZ 32/56 zúzottkö réteg laza terítési vastagsága 7 cm. A kötőzúzalék két rétegben  $30+30 \text{ kg/m}^2$  és  $10 \text{ kg/m}^2$  kiegyenlítőréteg, tehát összesen  $70 \text{ kg/m}^2$  mennyiségű. Összes tömör vastagság záróréteggel 8–9 cm.

Köt-7/c jelű aszfaltmakadám alapként alkalmazott réteg, amely egy réteg kötőzúzalékos bekötéssel készül. A NZ 32/56 zúzottkö réteg laza terítési vastagsága 7 cm. Az egy rétegben elterített kötőzúzalék mennyisége  $35 \text{ kg/m}^2$ . Kiegyenlítő és záróréteg nem készül. Összes tömör vastagság 7–8 cm.

#### 3.2.2.2.1.3. Kevert aszfaltmakadám

Az aszfaltmakadám burkolatok legnagyobb teherbírású és legnagyobb stabilitású változata a kevert aszfaltmakadám, amely teljes egészében keveréssel előállított szerkezet. Az igényektől függően készíthető egy, két sőt három rétegben is.

A kövázuk szakaszos eloszlású, amely kizárólag Kf-A vagy Kf-B minőségű kőzetből készített NZ minőségű zúzalékból áll. A kétrétegű KM-120 típusú kevert aszfaltmakadám alsó rétege NZ 11/22 és NZ 22/32 zúzalék 1:2 arányú keveréke, a felső réteg NZ 0/4 és NZ4/11 zúzalék 1:2 arányú keveréke. A KM-60 kevert aszfaltmakadám kövása NZ 4/11, vagy NZ 11/22 zúzalék, 3/12 mm vagy 5/12 mm, esetleg 3/20 mm nagyságú zúzalék használható fel.

A kötőanyag higított bitumen, amelynek mennyiségét a felhasznált zúzalék szemnagysága határozza meg:

- alsó rétegnél 3,0-3,5%
- felső rétegnél 5,5-6,0%%

A kevert aszfaltmakadám készítése és beépítése a következőképpen történik: a kövázat a kötőanyaggal kényszerkeverőgépben melegen vagy félmelegen összekeverik. Meleg keveréskor a zúzalékot szárítódobban  $70\text{--}120 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra fel kell melegíteni. Ezzel a köváz anyagát is kiszárítottuk, ami a higított bitumen tapadásának előfeltétele. A zúzalék túlmelegítését el kell kerülni, mert az oldóanyag gyors elpárologtatása növeli a viszkozitását, a tapadásjavító hatását lerontja, valamint növeli a tűzveszélyt. A száraz zúzalék melegítését el lehet hagyni. A higított bitument  $80\text{--}120 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten kell a keverőtérbe adagolni.

Az alsó rétegbe épített anyag keveréséhez szabadesésű betonkeverőgép is használható, a kópórég anyaga azonban csak kényszerkeveréssel készíthető el. Keverésre jól használhatók a kisebb teljesítményű tömör aszfaltok keverésére alkalmas keverőgépek, amelyek előadagoló bunkereiből az egy-két esetleg három frakcióból álló, előírt szemeloszlású keverék a szárítódobba, majd a felmelegített és kiszárított anyag innen a meleg bunkerbe kerül. A meleg bunkerből az ásványi anyag mérlegelés után jut a keverőtérbe, ahova a kötőanyagot súly vagy térfogat szerinti adagolással permetezik. A megkevert anyagot tárolóban, vagy depóniában gyűjtik, majd onnan melegen vagy hidegen a beépítés helyére szállítják.

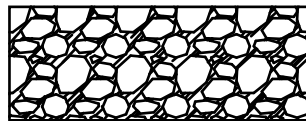
A beépítés első lépésében az anyagot kézzel, terítőládával vagy finisserrel egyenletes vastagságú és tömörségű rétegben kell elteríteni. Az alsó réteget ezután 12–14 tonnás úthenger 2–3 járatával előtömörítik, ezáltal a nem teljesen tömör alsó réteghez a következő réteg jól hozzá tud kötni. Az alsó rétegre azonnal, de mindenképpen még aznap a felső réteget meg kell építeni. Ennek anyagát terítőládával vagy finisserrel célszerű elteríteni majd nehéz hengerrel behengerelni, tovább tömörítve a még friss alsó réteget is.

A kevert aszfaltmakadám két fajtája ismert (3.2-19. ábra):

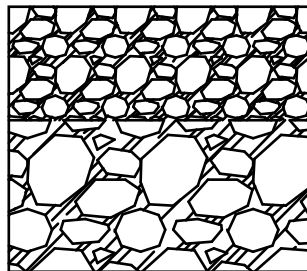
KM-120 jelű kevert aszfaltmakadám burkolat  $120 \text{ kg/m}^2$  összmenyiséggel, 6 cm vastagságban, két rétegben készül. Az alsó, durvább réteg kialakításához  $80 \text{ kg/m}^2$  mennyiségű anyagot használunk. Beépítéskor az elterített alsó réteget 3–5 hengerjáratall részlegesen tömörítik, majd erre épül lehetőleg még aznap a finomabb felső réteg, amelyet 4–6 hengerjáratall kell betömöríteni. A végleges tömörítést a forgalom fogja elvégezni. A hengerlés hőfoka a hígított bitumen lassú keményedése miatt ekkor nem lényeges.

KM-60 jelű aszfaltmakadám-szőnyeg  $60 \text{ kg/m}^2$  anyag felhasználásával készül egy rétegben. Készítésére és építésére értelemszerűen alkalmazhatók az előbb elmondottak.

KM-60 szőnyeg



KM-120 burkolat



3.2-19. ábra. Kevert aszfaltmakadám

A kevert aszfaltmakadám szőnyeg és burkolat összetételét a 3.2-8. táblázat foglalja össze.

Burkolattípus jele	KM-60	KM-120
Aszfaltmennyiség (záróréteg nélkül) (kg/m <sup>2</sup> )	60	120
Tömör vastagság (záróréteggel együtt) (cm)	3,5	6,0
<i>Alsó (kötő) réteg</i>		
mennyiség (kg/m <sup>2</sup> )	-	80
NZ zúzalék 1:2 arányban (mm)	-	11/22+22/32
hígított bitumen (%)	-	3,5–3,0
<i>Felső (kopó) réteg</i>		
mennyiség (kg/m <sup>2</sup> )	60	40
NZ zúzalék (mm) 1:2 arányban, vagy-vagy	4/11 vagy 11/22	0/4+4/11
hígított bitumen (%)	5,5–5,0	5,5–6,0
<i>Kopóréteg eseti felületi zárás</i>	-	-
a) kevert záróréteg (pl. HAB-8 záróréteg):	-	-
mennyiség, (kg/m <sup>2</sup> )	20	20
vagy	-	-
b) felületi bevonás:	-	-
hígított bitumen (kg/m <sup>2</sup> )	1,2	1,2
NZ-8/2 zúzalék (kg/m <sup>2</sup> )	16	16

3.2-8. táblázat. Kevert aszfaltmakadám szőnyeg és anyagszükséglete

### 3.2.2.2.2. Tömör aszfalt alapok és burkolatok

A tömör aszfaltból készülő meleg bitumenes alap-, kötő- és kopórétegek anyaga a betonelv alapján összeállított köváz, töltőanyag és utibitumen kötőanyag hézagszegény keveréke. A keveréket forró állapotban keverőgépben keverik össze és forró állapotban építik be. A beépített aszfalt jelentéktelen utántömörödést szenved a forgalom alatt, amelynek végén továbbra sem tölti ki teljesen a hézagokat a bitumen. A kész szerkezet szabad hézagtartalma az anyagokra jellemző, tervezett mennyiség, amely az aszfalt stabilitását biztosítja.

A köváz legnagyobb szemcseátmérője, szemeloszlása, szemcseformája, a bitumen minősége és mennyisége befolyásolja a kész keverékek tömöríthetőségét, stabilitását, kopásellenállását, felületi struktúráját, valamint a beépíthető réteg vastagságát.

Az aszfaltbeton burkolatok nagy teherbírással és jó felületi tulajdonsággal rendelkeznek. Nagy forgalmú erdészeti utak drága, de hosszú élettartamú, kis fenntartási igényű burkolata. A meleg bitumenes útalapok az aszfaltbeton burkolatok alaprétegeként valamint záróréteggel ellátva erdészeti utak burkolataként építhető meg.

#### 3.2.2.2.2.1. Követelmények az alapanyagokkal szemben

Az aszfaltanyagok tulajdonságait alapvetően meghatározzák a készítésükhöz felhasznált alapanyagok tulajdonságai. Az alapanyagoknak ezért meg kell felelni az előírásokban foglalt minőségi követelményeknek.

Az aszfaltok kötőanyaga:

70/100      50/70      35/50      20/30

jelű utibitumen. A keverék készítéséhez felhasznált bitument a választéknak és a beépítés helyének megfelelően kell kiválasztani.

Az aszfaltot felépítő ásványi anyagot szemmagyságuk alapján a következő három csoportba soroljuk:

- töltőanyag
- homok
- kőanyag



Az egyes frakciók különféle feladatokat töltenek be az aszfaltkeverékekben:

A töltőanyag az aszfalt ásványi keverékének 0,09 mm alatti része, amely a köváz finom részének szemeloszlását biztosítja, csökkenti a köváz hézagtartalmát, merevíti a bitument és ezzel magas hőfokon is biztosítja az aszfalt stabilitását. A töltőanyag lehet saját – a porleválasztóban összegyűjtött és visszaadagolt – finom ásványi rész, illetve idegen töltőanyag, amely leggyakrabban meghatározott minőségű mészkőliszt.

A homok az aszfalt anyagának ásványi keverékében a 0,09–2,0 mm közötti frakció, amely egyrészt biztosítja a szemeloszlás és hézagtartalom egyenletességét, másrészt befolyásolja a bedolgozhatóságát. Szemeloszlásnál lényeges, hogy a 0,02 mm alatti szemcsefrakció 5%-nál kevesebb legyen. Aszfaltok készítéséhez zúzott és természetes homokot lehet felhasználni. A zúzott homok nagy belső súrlódásával a stabilitást növeli, de egyben a bedolgozhatóságot csökkenti. A gömbölyű szemű természetes homok csökkenti a köváz belső súrlódását ezzel biztosítja a jó bedolgozhatóságot és tömöríthetőséget, de kisebb stabilitást kölcsönöz az anyagnak.

A kőanyag az aszfalt ásványi részének 2,0 mm feletti része. Felhasználhatók a zúzottkő termékek 2,0 mm feletti frakciói, a folyami vagy bányai kitermelésű kavics és a természetes állapotban előforduló murva 2,0 mm feletti frakciói. Ezekben az anyagokban 0,02 mm alatti frakció nem haladhatja meg a 10%-ot.

Fentiekén kívül felhasználhatók osztályozott zúzott murvák, zúzott kavicsok és zúzott vagy granulált kohósalakok, amelyek kielégítik a közetfizikai előírásokat.

A köváz kőanyagának minőségét az aszfaltválaszték burkolatban elfoglalt helye határozza meg így:

Bitumenes alaprétegben felhasználható részben vagy egészben a Kf D, illetve Kf C közetfizikai osztályba sorolt osztályozatlan homokos kavics, osztályozott zúzott murva, zúzott osztályozott kavics és zúzott vagy granulált osztályozott kohósalak, amely megfelel a Z, vagy NZ szemeloszlási minőségeknek.

Aszfaltbeton kopóréteghez Kf A közetfizikai csoportba sorolt, KZ szemeloszlási minőségű zúzottkő használható.

#### 3.2.2.2.2.2. Tömör aszfaltok hézagviszonyai

A tömör aszfaltok beépítés után háromfázisú diszperz rendszert alkotnak. Ebben a rendszerben a szabad hézagok mennyiségének ( $h\%$ ) jelentős szereppel bír, mert döntően befolyásolja a kész pályaszerkezeti réteg felületi tulajdonságait, teherbíróképességét és állékonyságát (stabilitását).

A túl alacsony szabad hézagtartalom ( $h\% < 0,5-1,0\%$ ) miatt beépítés közben a tömörítés a felszínre nyomja a 100–140 °C hőmérsékletű, megnövekedett térfogatú bitument. A pályaszerkezet felülete ezáltal simává, csúszóssá, „elzsírosodottá” válik, a makro- és mikroérdesség lecsökken. További kedvezőtlen hatás, hogy az anyagban meglévő kevés hézag sem oszlik el egyenletesen, sok helyen hézag nem is alakulhat ki ( $h = 0\%$ ). A sűrű folyadékként viselkedő bitumenben terhelés hatására a semleges feszültségekhez hasonló feszültségállapot alakul ki, ami az anyag teherbírását és stabilitását csökkenti.

A túlságosan nagy szabad hézagtartalom ( $h\% > 6-7\%$ ) ugyancsak kedvezőtlen. A réteg felszíne ilyenkor nyílt, nem eléggé vízzáró, télen a bejuto – és fagy hatására térfogatát változtató – víz szétfeszíti az anyagot. A hézagok mennyiségének növekedésével csökken az aszfaltok fáradási szilárdsága is. Kedvezőtlen a nagy szabad hézagtartalom azért is, mert a levegővel jobban érintkező bitumen oxidációja felgyorsul, hamarabb öregszik és ezzel kötőképessége is

gyorsabban lecsökkenik. (Speciális aszfaltokban – pl. drén aszfaltokban – a jobb mikrovíztelenítés érdekében magas  $h\% = 14\text{--}16\%$  szabad hézagra törekszenek. Ebből az anyagból a víz kifolyik, a fagy nem repeszti, felületi tulajdonságai is kiválóak, de élettartalmuk kicsi.)

A kedvező mennyiségű szabad hézagtartalom tartománya hosszú forgalom után 3–5%, mert

- ilyenkor a bitumen már nem nyomódik ki,
- érvényesül a kőváz belső súrlódása, tehát stabil és teherbíró réteget kapunk,
- kellően vízzáró, egyben fagyálló lesz a réteg,
- ez az érték még nem kedvezőtlen a fáradási és öregedési hatások szempontjából sem.

A szabad hézagtartalom nagyságát – annak fontossága miatt – a keverék tervezésekor az előzetes számítások alapján megadott mennyiségű anyagok összemérésével készített próbatesten, a kész aszfaltkeverék ellenőrzésekor a friss aszfaltból készített próbatesten, a beépített aszfalt-réteg minősítésekor fűrt magmintákon vizsgáljuk.

A vizsgálat a próbatest  $G_a$  tömegének (g) és  $V$  térfogatának ( $\text{cm}^3$ ) mérésével kezdődik, amelyből az aszfalt halomsűrűsége számítható:

$$s_a = \frac{G_a}{V}$$

Ezután megállapítják az aszfaltalkotók tömegarányát. Tervezéskor az egyes alkotók tömege ismert, ellenőrzéskor a kész aszfaltból készült próbatestből kiválasztják a bitumént és a kővázat, majd a tömegüket megméri.

A kőváz tömegaránya ( $K\%$ ):

$$K\% = 100 \cdot \frac{G_k}{G_k + G_b} = 100 \cdot \frac{G_k}{G_a}$$

A bitumen tömegaránya ( $B\%$ ):

$$B\% = 100 \cdot \frac{G_b}{G_k + G_b} = 100 \cdot \frac{G_b}{G_a}$$

ahol:  $G_k$  = a kőváz tömege

$G_b$  = a bitumen tömege

Helyes számítás és mérés esetén:

$$K\% + B\% = 100\%$$

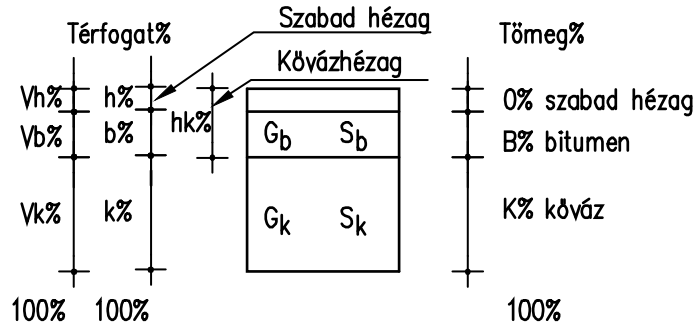
A hármofázisú aszfaltban (3.2-20. ábra) a szabad hézag ( $h\%$ ) mennyiségét térfogatarányban értelmezzük.

A teljes  $V$  térfogat 100%, amely három részre oszlik:

$V_k$  térfogatú kővázra, amely a teljes térfogattól  $k\%$  arányt foglal el

$V_b$  térfogatú bitumenre, amely a teljes térfogattól  $b\%$  arányt foglal el

$V_h$  térfogatú szabad hézagra, amely a teljes térfogattól  $h\%$  arányt foglal el



3.2-20. ábra. Háromfázisú aszfalt

A teljes térfogat tehát:

$$V = V_k + V_b + V_h$$

térfogatarányban kifejezve ( $V$ -vel végigosztva):

$$100\% = k\% + b\% + h\%$$

Az egyes alkotók térfogatát tömegükből és sűrűségükből számíthatjuk:

$$k\% = 100 \frac{V_k}{V} = 100 \cdot \frac{G_k}{s_{kk}} \cdot \frac{s_a}{G_a} = 100 \cdot \frac{G_k}{G_a} \cdot \frac{s_a}{s_{kk}} = K \cdot \frac{s_a}{s_{kk}}$$

$$b\% = 100 \frac{V_b}{V} = 100 \cdot \frac{G_b}{s_b} \cdot \frac{s_a}{G_a} = 100 \cdot \frac{G_b}{G_a} \cdot \frac{s_a}{s_b} = B \cdot \frac{s_a}{s_b}$$

$$h\% = 100\% - k\% - b\% = 100 - K \cdot \frac{s_a}{s_{kk}} - B \cdot \frac{s_a}{s_b}$$

Mivel:

$$K\% + B\% = 100\%.$$

ezért:

$$h\% = 100 - (100 - B) \cdot \frac{s_a}{s_{kk}} - B \cdot \frac{s_a}{s_b}$$

ahol:  $s_{kk}$  = köváz keverék sűrűsége

$s_b$  = a bitumen sűrűsége

A  $h\%$  szabad hézag mennyiségének meghatározásának másik módja a 3.2-20. ábra alapján:

$$h\% = 100 \cdot \frac{V_h}{V} = 100 \cdot \frac{V - (V_k + V_b)}{V} = 100 \left(1 - \frac{V_k + V_b}{V}\right)$$

Sűrűséggel és tömeggel kifejezve:

$$h\% = 100 \cdot \left(1 - \frac{\frac{G_k + G_b}{s_{ao}}}{\frac{G_k + G_b}{s_a}}\right) = 100 \left(1 - \frac{s_a}{s_{ao}}\right)$$

ahol  $s_{ao}$  az aszfalt testsűrűsége (hézag nélküli sűrűsége). Az aszfalt testsűrűségét vagy közvetlen méréssel határozzuk meg, vagy számítjuk:

$$s_{ao} = \frac{G_k + G_b}{V_k + V_b} = \frac{G_a}{\frac{G_k}{s_{kk}} + \frac{G_b}{s_b}} = \frac{100}{\frac{K\%}{s_{kk}} + \frac{B\%}{s_b}}$$

A  $h\%$  szabad hézagtartalmat akkor tudjuk biztosítani, ha a kőváz hézagtartalma ( $h_k\%$ ) akkora, hogy abban a szükséges bitumen ( $b\%$ ) és szabad hézag ( $h\%$ ) elférjen. A kőváz  $h_k\%$  szabad hézagtartalma:

$$h_k\% = 100 - k\% = 100 - (\% + \%)$$

Ezt a hézagmennyiséget a kőváz szemeloszlása határozza meg, amely befolyásolja a felhasználható bitumen mennyiségét és ezzel együtt a kész aszfalt tulajdonságait is.

Ugyancsak lényeges és jellemző érték a hézagok bitumen telítettsége. Ez kifejezi, hogy a kőváz összes hézagának hányad részét foglalja el a bitumen:

$$t_b\% = 100 \cdot \frac{b}{h_k} = 100 \cdot \frac{b}{b+h}$$

### 3.2.2.2.3. Tömör aszfaltok kővázának szemeloszlása és a kőváz összetételének tervezése

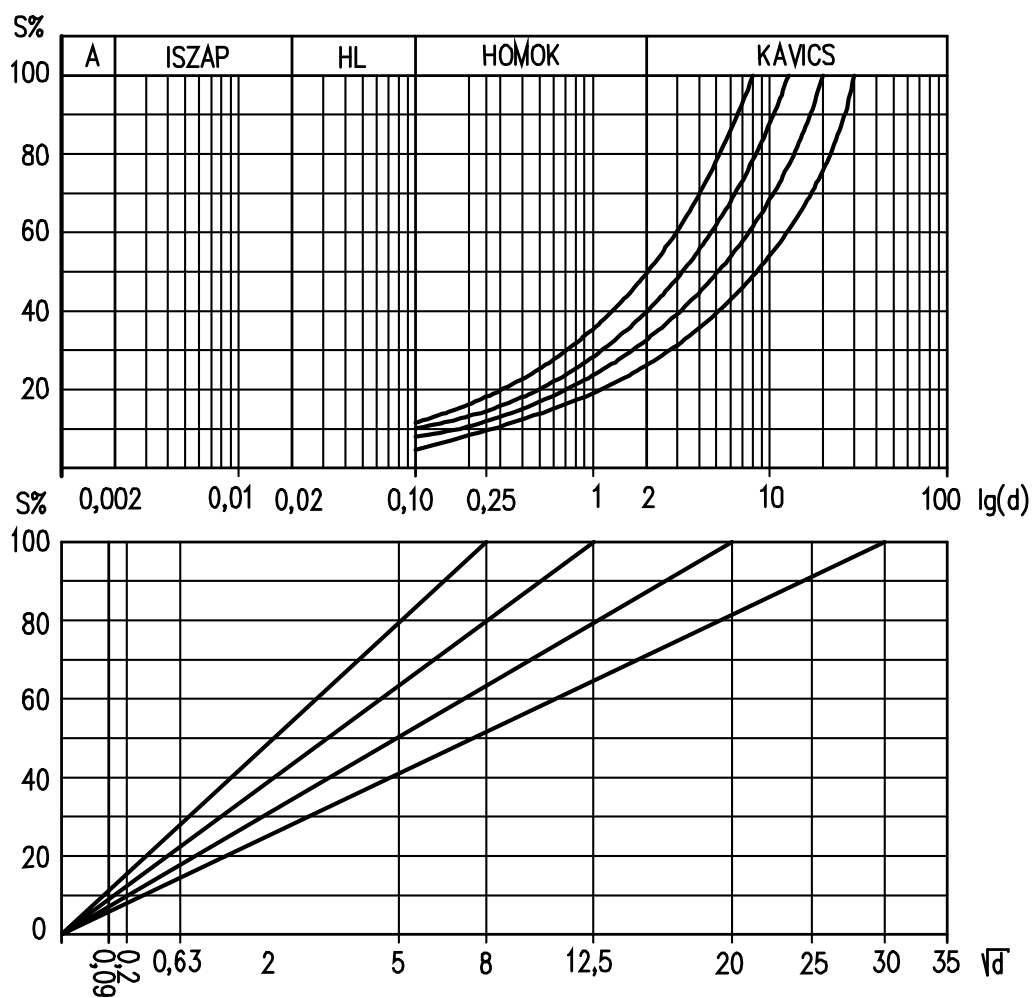
A tömör aszfaltok kővázának ki kell elégíteni az aszfaltválasztékra előírt szemeloszlást. Elméletileg ez a legtömörebb állapotot adó folytonos szemeloszlást megközelítő szemeloszlás lenne, amelytől azonban céljainknak megfelelően el kell térni. Az aszfalt kővázát ezért különböző szemeloszlású kőanyagok keverésével állítják elő úgy, hogy az kedvező hézagtartalmú és a célnak megfelelő tulajdonságú aszfaltválasztéket adjon.

A legtömörebb állapotot adó szemeloszlás a 0,5 hatványkitevővel jellemzett hatványparabola, a Fuller-görbe. Ezt négyzetgyökös léptékben ábrázolva egyenes vonalat kapunk. Ennek az ábrázolásnak az előnye, hogy az ideálistól – az egyenestől – való eltérés jellege és helye jól érzékelhető, valamint egy egyszerű grafikus keveréktervezést tesz lehetővé (3.2-21. ábra).

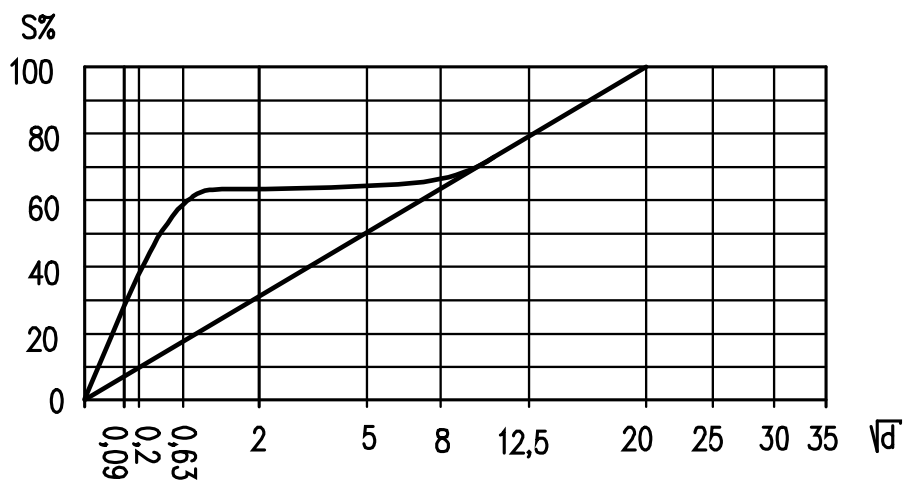
A tömör aszfaltok kővázának szemeloszlása azonban nem fedi a legtömörebb állapotot jellemző ideális Fuller-görbét, hanem attól legtöbbször el kell térni. Így különböző szemeloszlású kővázakat állíthatunk össze:

- A „homok-hasas” szemeloszlás aránylag nagyobb mennyiségű finom frakciót tartalmaz. A folyamatos szemeloszlású kőváz  $h_k$  hézagtartalma túl kicsi ahhoz, hogy elegendő bitumént fogadjon be megfelelő szabad hézag biztosítása mellett ( $h_k < b+h$ ). A nagyobb mennyiségű finom frakciót tartalmazó („homok-hasas”) kőváz hézagtartalma megnő ( $h_k = 15\text{--}22\%$ ), amelyben jó tömörség mellett elegendő bitumen fér el és az előírt mennyiségű szabad hézag is kialakulhat.
- A folytonos-kihagyásos szemeloszlású kőváz az előbbieken túl az aszfaltréteg érdesítését teszi lehetővé. A sok töltőanyagból és homokból álló habarcsrészt tartalmazó réteg beépítése közben a felületre kiszórt nagyszemű érdesítő zúzalékot befogadja, ami jelentős makroérdességet kölcsönöz a felületnek. (3.2-22. ábra).

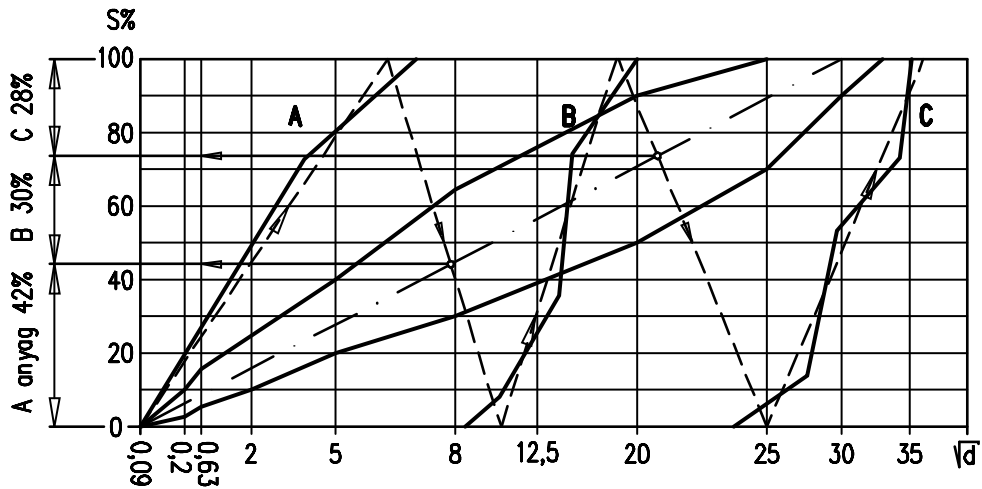
Az aszfaltok kővázát alkotó ásványi anyagok szemeloszlását szemeloszlási határgörbék rögzítik. Ezt a szemeloszlást a felhasználásra szánt különböző szemeloszlású zúzalékfrakciók, többféle homok és töltőanyag keverékéből kell összeállítani. Az egyes alkotók mennyiségét a Rotfuchs-féle grafikus szerkesztéssel határozhatjuk meg de léteznek optimalizálási eljárások alapuló számítógépes programok is az ideális keverék megtervezésére.



3.2-21. ábra. A legtömörebb állapotot adó szemeloszlás ábrázolása logaritmusos és négyzetgyökös abszcisszán



3.2-22. ábra. Aszfalt-technológiában használt szemeloszlási görbék



3.2-23. ábra. Rotfuchs-féle szerkesztés elve

A Rotfuchs-féle grafikus szerkesztéskor (3.2-23. ábra), a négyzetgyökös léptékű grafikonban együtt ábrázoljuk az adott aszfaltválaszték szemeloszlási határgörbéit és az egyes összetevők saját szemeloszlási görbéit. A szerkesztés első lépéseként megrajzoljuk az összetevők kiegyenlítő vonalát úgy, hogy a kiegyenlítő vonal fölé és alá eső területek azonosak legyenek, majd a határgörbék közé behúzzuk a választott szemeloszlás görbéjét (eredményvonal). Az egyes összetevők kiegyenlítő vonalainak felső végpontját összekötve a következő alkotó kiegyenlítő vonalának alsó kezdőponjával olyan szerkesztési segédvonalakat kapunk, amelyek a választott szemeloszlás vonalát metszik. A metszéspontokat az ordinátára kivetítve megkapjuk az összetevők arányát.

A grafikus szerkesztéssel kapott értékek megfelelőek egy közelítő pontosságú szemeloszlás meghatározásához, amelyet táblázatos formában, numerikusan ellenőrizni lehet. (Ezt az módszert használhatjuk más esetekben is, amikor a különböző szemeloszlású szemcsés anyagok keverési arányát kell meghatározni egy előírt szemeloszlás előállítására.)

#### 3.2.2.2.2.4. Tömör aszfaltok összetételének meghatározása alkalmassági vizsgálattal

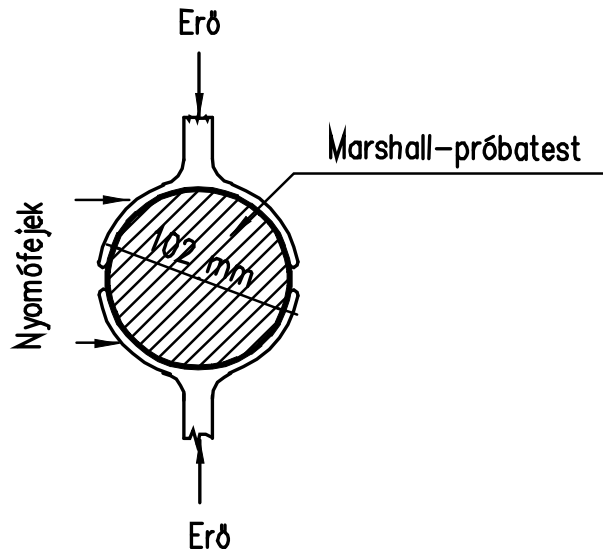
A tömör aszfaltok összetételének meghatározásakor az a feladatunk, hogy az adott kövázhoz olyan bitumentartalmat rendeljünk, amely biztosítja a tervezett szabad hézagok mennyiségét és az előírt mechanikai tulajdonságokat.

Az alkalmassági vizsgálatot Marshall-próbatesteken végezzük. A próbatesteket ötféle bitumenadagolással kell elkészíteni úgy, hogy az adagolás a keverékre megengedett határértékek között helyezkedjen el. Az előkészített kövázat és bitument 140 °C-on összekeverjük, majd 140 °C-on 101,6 mm átmérőjű 63,5 mm magasságú korong alakú próbatesteket készítünk meghatározott tömörítési munkával. (A próbatestek készítésénél 3140 J/m<sup>3</sup> fajlagos tömörítőmunkát kell alkalmazni. Ez azt jelenti, hogy egy 4,55 kg tömegű döngölőt 0,46 m magasságból 75-ször ejtünk le a próbatest mindkét oldalára.) Az így elkészített próbatestek következő jellemzőit kell meghatározni:

- a próbatest halomsűrűségét -  $S_{aM}$
- a próbatest szabad hézagtartalmát -  $MH$
- a próbatest bitumentelítettségét -  $t_b$
- a próbatest Marshall-stabilitását -  $MS$
- a próbatest Marshall-folyásértékét -  $MF$
- a próbatest merevségi hányadosát -  $MS/MF$

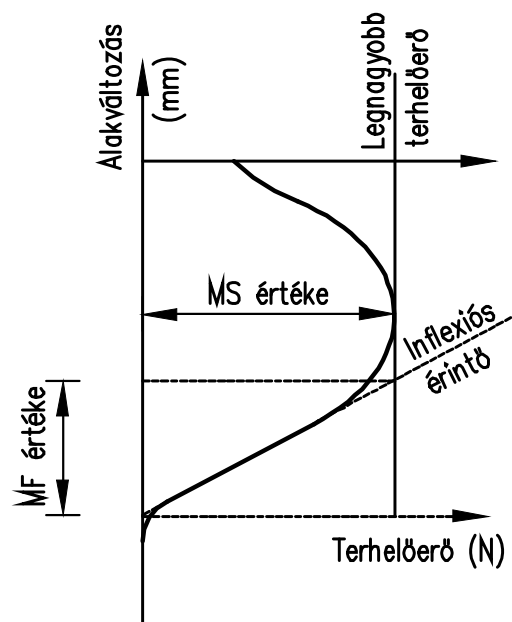
A jellemzők közül a  $s_{aM}$  halomsűrűség, az  $MH$  szabad hézagtartalmát és a  $t_b$  bitumentelítettség a fázisos összetétel ismertetésénél levezetett módon számítható ki.

A *Marshall*-próbatestek mechanikai vizsgálatát *Marshall*-nyomógéppel végezzük el. Ez a nyomógép a pontosan 60 °C hőmérsékletűre beállított próbatestet 50 mm/perc előtolással két körpalást alakú nyomófejvel palást irányában terheli (3.2-24. ábra).



3.2-24. ábra. *Marshall*-féle nyomófej

A *Marshall*-stabilitás ( $MS$ ) az a maximális erő N-ban kifejezve, amelyet a törésig terhelt próbatest a vizsgálat során felvett. A *Marshall*-folyás ( $MF$ ) érték az a mm-ben kifejezett összenyomódás, amelyet a próbatesten a kezdeti és a legnagyobb erő kialakulása között észlelünk. A terhelési vizsgálat közben felvett erő-út görbe (3.2-25. ábra) irántangense a merevségi hányados, vagyis a *Marshall*-stabilitás és folyásérték hányadosa ( $MS/MF$ ).



3.2-25. ábra. *Marshall*-vizsgálat erő-alakváltozás görbéje

A próbatesten elvégzett vizsgálatok eredményeként kapott jellemző értékeket kiértékelés céljából a  $B\%$  bitumentartalom függvényében kell ábrázolni, ahol az egyes görbék lefutása jellegzetes (3.2-26. ábra, 3.2-27. ábra):

- az  $MH$  szabad hézagtartalom görbéje eső vonal, nincs szélső értéke,
- az  $s_{aM}$  halomsűrűség felülről domború lefutású, határozott maximummal bíró görbe,
- az  $MS$  Marshall stabilitást jellemző görbének ugyancsak kifejezetten maximuma van, az  $s_{aM}$  maximum közelében, de alacsonyabb bitumentartalomnál,
- az  $MF$  Marshall-folyás görbe emelkedő vonal, geometriai szélsőértéke nincs,
- az  $MS/MF$ , merevségi hányados görbéje enyhe ellenívvel eső vonal,
- a  $t_b\%$  bitumentelítettség emelkedő vonal.

A diagramok értékelése alapján kell a bitumenadagolást meghatározni aszerint, hogy aszfaltbeton típusú burkolati réteg, vagy meleg bitumenes útalap anyagának tervezését végezzük.

A pályaszerkezet legfelső rétegébe kerülő kopóréteg anyagát szolgáltató aszfaltbeton típusú választékoknál – felületi érdesség és fagyállóság biztosítása érdekében – a  $B\%$  bitumentartalmat az  $MH = 3\text{--}4\%$  szabad hézag helyén kell kiválasztani az  $MH\%$ – $B\%$  görbe alapján (3.2-26. ábra). A tervezett szabad hézag által meghatározott  $B_e$  előírt bitumentartalom általában nem esik az  $s_{aM}$  és  $MS$  görbék maximumához, hanem attól kissé jobbra, a leszálló ágon helyezkedik el. Ellenőrizni kell ezután, hogy az így kiválasztott  $B_e\%$  előírt bitumentartalomnál:

- a Marshall-stabilitás értéke meghaladja-e az előírt minimumot,
- a Marshall-folyás az előírt határok közé esik-e,
- a merevségi hányados az előírt minimum fölött van-e,
- a  $t_b$  bitumentelítettség a kedvező  $70\text{--}80\%$  közé esik-e.

Ezek az előírt értékek aszfaltbeton típusú burkolatoknál (kopó- és kötőrétegeknél):

- $MS = 6\text{--}8$  kN kopórétegnél,
- $MS = 5\text{--}6$  kN kötőrétegnél,
- $MF = 1,5\text{--}4,5$  mm,
- $MS/MF = 1,5$  kN/mm választéktól függően.

A meleg bitumenes útalapok kőváza kevesebb komponensből, homokos kavicsból vagy helyi szemcsés anyagból, murvából, kevés mészkőliszt töltőanyagból, esetleg a belső sűrűdést növelő tört anyagból áll. A kőváz ilyen összetétele önmagában egy kisebb stabilitású anyag előállítását teszi lehetővé. A bitumenes útalapokban a legnagyobb stabilitás biztosítása a cél. A tervezett  $B_e\%$  bitumentartalmat ezért célszerűen a Marshall-stabilitás ( $MS$ ) és a halomsűrűség ( $s_{aM}$ ) maximumánál kell megválasztani, mert a felhasznált ásványi anyagokból így lehet a legteherbíróbb, legellenállóbb alaprétetet készíteni (3.2-27. ábra). Ennek következtében a szabad hézag mennyisége megnő, ami nem lesz kedvezőtlen, mert az alapba beépített rétegre egy kopóréteg kerül, ami megakadályozza a víz behatolását és az anyag szétfagyását, illetve az oxidációt és bitumen öregedését.

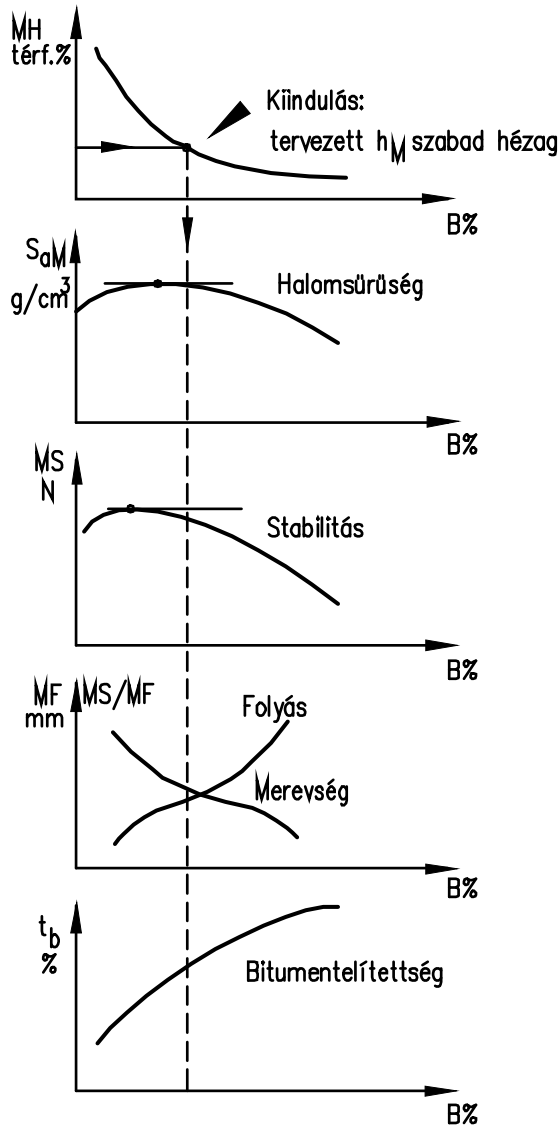
A választéktól függően előírt minimumot, alsó-felső határértékeket ekkor is be kell tartani, amelyek tájékoztatóul a következők:

- $MS > 4$  kN
- $MF = 1\text{--}4$  mm
- $MS/MF > 0,75$  kN/mm
- $MH = 6\text{--}10\%$

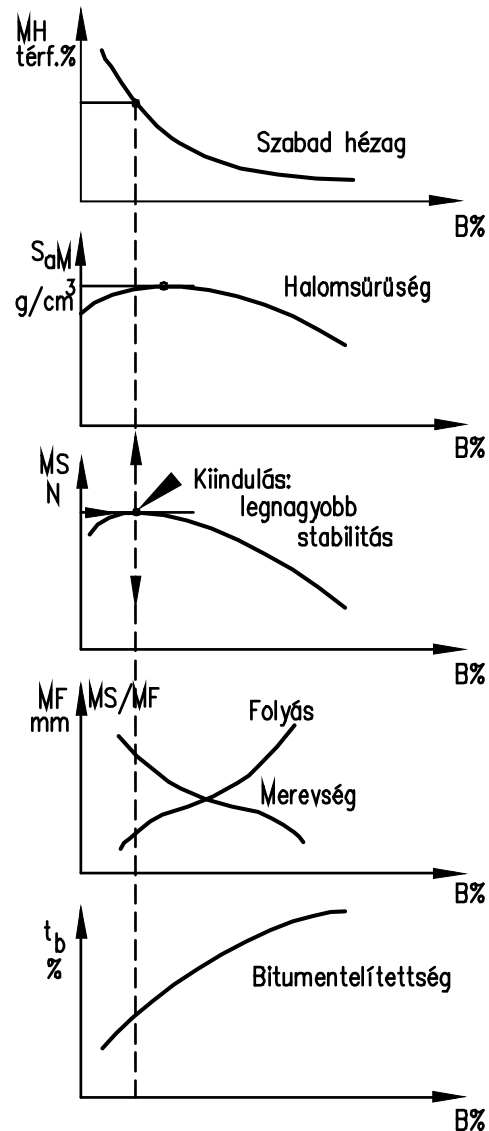
Az erdészeti utak pályaszerkezetében a meleg bitumenes útalap választékokat kedvező áruk miatt a legfelső kopórétegbe szokták beépíteni. Ekkor célszerű a Marshall-stabilitás maximumától eltérve az  $MH$  szabad hézagtartalmat az alsó határérték körül tervezni, mert ezzel a



kopóréteggel szemben támasztott más irányú igényeket is ki lehet elégíteni. A stabilitásra előírt minimális értéket azonban ekkor is ki kell elégíteni. A kopórétegbe épített meleg bitumenes útalapot felületi bevonással kell ellátni, hogy a víz beszívargását és ezzel a szétfagyás veszélyét csökkentsük.



3.2-26. ábra. Marshall próbatestek jelleggörbéi aszfaltbeton alkalmassági vizsgálatában



3.2-27. ábra. Marshall-próbatetek jelleggörbéi meleg bitumenes útalapok alkalmassági vizsgálatában

Az alkalmassági vizsgálat alapján meghatározott  $B_e\%$  előírt bitumentartalomhoz egy meghatározott  $s_{aM}$  halomsűrűség tartozik, amely egy jól tömörített és nehéz forgalommal évekig járt aszfaltburkolat valóságos tömörségének felel meg. Ez az érték tehát a teljes, 100%-os tömörségnek felel meg. A beépített aszfaltanyag tömörsége ennek alapján ellenőrizhető:

$$T_{rM} \% = 100 \frac{s_a}{s_{aM}}$$

ahol:  $T_{rM}$  = a Marshall-féle tömörségi fok

$s_a$  = a pályaszerkezetből vett minta halomsűrűsége

$s_{aM}$  = az alkalmassági vizsgálatból nyert  $B_e\%$ -hoz tartozó halomsűrűség

Általában elfogadható az aszfaltburkolat tömörsége, ha a  $T_{rM} = 96-98\%$ , ami azonban azt jelenti, hogy a kész rétegben levő  $h\%$  szabad hézag mennyisége nagyobb, mint az  $MH$  tervezett szabad hézag. A kész szerkezetben lévő  $h\%$  hézagtartalom

$$h\% = MH \cdot \frac{T_{rM}}{100} + (100 - T_{rM})$$

összefüggéssel számítható. Mivel a tömörségi fok  $96-102\%$  között szokott változni, ezért a  $T_{rM}/100 \approx 1$ -nek vehető így:

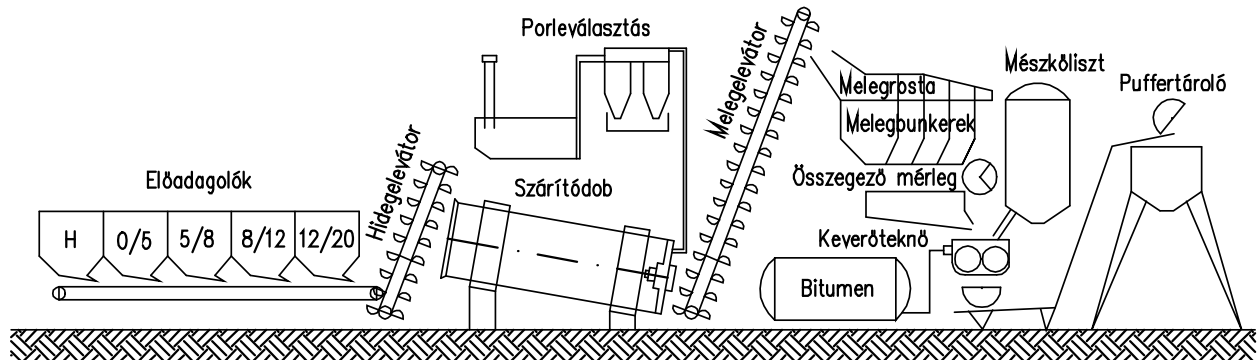
$$h\% = MH + (100 - T_{rM})$$

A pályaszerkezet élettartamát a tömörítés és forgalom hatására kialakuló végleges  $h\%$  szabad hézagtartalom befolyásolja. Mivel a tömörség értékét  $97-98\%$ -ban szokás előírni, ezért tervezésnél az  $MH\%$  Marshall-próbatest szabad hézagát (a tervezési hézagtartalmat)  $2-3\%$ -kal kisebbre kell választani.

Az aszfalt pályaszerkezeti rétegek építésénél a károsan kis tömörség mellett kerülni kell a „túltömörítést” is. A túlzottan kicsi szabad hézagtartalom ( $MH = 2\%$ ) és a túl intenzív tömörítés ( $T_{rM} = 102\%$ ) hatására előfordulhat, hogy  $0\%$  vagy negatív szabad hézagot ( $h = 2 + (100 - 102)$ ) hozunk létre, annak összes kedvezőtlen hatásával együtt.

#### 3.2.2.2.5. Tömör aszfaltok készítése

A tömör aszfaltkeverékeket aszfaltkeverő telepeken állítják elő. (3.2-28. ábra).



3.2-28. ábra. Aszfaltkeverő berendezés vázlatos elrendezése

Az aszfaltkeverő berendezés fő részei:

az előadagolókat, amelyek a kőváz frakcióit térfogat arány alapján adagolják egy szállítószalagra,

a hideg elevátor, amely a szállítószalagon érkező kőanyagot a szárítódobba juttatja,

a szárítódob, amelyben megtörténik a kőanyag felmelegítése, kiszárítása és a por leválasztása,

a meleg elevátor, amely a meleg kőanyagot a meleg rostákra szállítja,

a meleg rosták, ahol a kőanyagot frakciókra választják szét,

a meleg bunkerek, amelyben a meleg kőzetet frakciók szerint tárolják,

az összegező mérleg, amely a kőzetfrakciókat súlyarány szerint beméri,  
a keverőtér, ahol a keverés történik,  
bitumen tartály és adagoló,  
mészköliszt tartály és adagoló,  
porleválasztó, amely a keletkező port leválasztja,  
kőpor tároló, amely tárolja a porleválasztó anyagát és lehetővé teszi annak visszaadagolását a kővázhoz.

A rakodógéppel feltöltött előadagoló tartályaiból térfogat szerinti adagolással az előírt keverési aránynak megfelelő mennyiségű kőanyag kerül egy szállítoszalagra, amelyet a hideg elevátor a közel vízszintes tengely körül forgó szárítódobba juttat. A szárítódobban a kőanyag elveszti nedvességtartalmát és kellő hőmérsékletre melegszik fel, valamint megtörténik a por leválasztása is. A tiszta, száraz anyagot innen a meleg elevátor a meleg rostákra juttatja, ahol a kőanyag újra frakciókra osztályozódik. Az osztályozott anyag a meleg bunkerekbe kerül, ahonnan összegező mérleg segítségével az előírt szemeloszlásnak megfelelő keveréket állítják elő és engedik be a keverőtérbe. A mézsköliszt, illetve visszanyert szárított kőpor töltőanyagot hideg állapotban szállítócsiga adagolja a keverőtérbe, súly szerint pontosan bemérve.

A keverőtérbe rövid száraz keverés után bepermetezik a súly szerint bemért bitument. Előírt keverési idő eltelte után a kész meleg aszfalt puffertárolóba jut, ahonnan tehergépkocsikkal történik a kiszállítás az építés helyére.

Az aszfaltkeverékek gyártása közben nagyon lényeges az egyes összetevők megfelelő hőmérséklete. Ez biztosítja:

- a tökéletes keverést,
- megakadályozza a bitumen krakkolódását (elégését),
- elég hőtartalékot kölcsönöz a rövid ideig tartó tároláshoz, illetve a szállításhoz, ezzel biztosítva a beépítéshez szükséges hőmérsékletet is.

A betartandó hőmérséklet a felhasznált bitumen fajtájától függ (3.2-9. táblázat).

A kész aszfaltkeveréket tehergépkocsival szállítják a beépítés helyére. A szállítási távolságot az aszfalt tárolóban mért hőmérséklete, az időjárás és a szállítókeszi típusa határozza meg. Ezek függvényében olyan távolságra lehet a meleg anyagot szállítani, hogy annak hőmérséklete ne csökkenjen a beépítési hőmérséklet alá.

Mérési hely	A felhasznált bitumen fajta			
	70/100	50/70	35/55	20/30
Az ásványi anyag hőmérséklete a meleg bunkerben °C	150–190	160–190	160–190	170–200
A kötőanyag hőmérséklete az adagoló ellátó tartályban °C	145–165	150–170	155–175	160–180
Az aszfaltkeverék hőmérséklete a szállítójárműbe eresztéskor °C	140–160	145–170	150–170	160–180

3.2-9. táblázat. Aszfaltkeverékek gyártásakor betartandó hőmérsékletek tájékoztató értékei

Az aszfalt lehülése:

- nyitott tehergépkocsin 36 °C/óra
- ponyvával letakart tehergépkocsin 10 °C/óra
- hőszigetelt tehergépkocsin 5 °C/óra.

Ezt figyelembe véve, 20 km/óra átlagsebességet és 20 °C megengedett hőmérsékletcsökkenést feltételezve a legnagyobb szállítási távolságok:

- nyitott tehergépkocsival 12 km,
- ponyvázott tehergépkocsival 40 km,
- hőszigetelt tehergépkocsival 80 km lehet.

#### 3.2.2.2.2.6. Tömör aszfaltok beépítése

A tömör aszfaltok beépítésével kapcsolatos teendők három csoportba oszthatók:

- az alap előkészítése,
- a szegélyek kialakítása,
- a keverék beépítése.

A meleg bitumenes alapréteget új utak építésénél a teherbíró földműre, vagy nem utántömörödő, teherbíró alapra kell építeni.

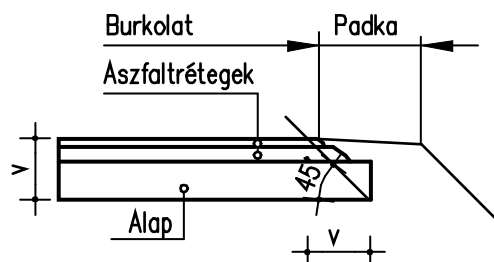
Utak korszerűsítésénél a bitumenes alapréteget csak a profilozási munkák (javítás, áthengerlés vagy kiegyenlítés) befejezése után lehet megépíteni. Alapként szolgáló régi makadampályán és aszfaltburkolaton a nagyobb deformációkat meg kell szüntetni, a be nem kötött, mozgó zúzottkő- és kavicszemeket a szennyeződéssel együtt el kell távolítani.

Az aszfaltréteg építése előtt a következő előírásokat kell betartani:

- az aszfaltbeton jellegű pályaszerkezeti réteget csak szennyeződéstől megtisztított, hó- és jégmentes, száraz felületre szabad ráépíteni,
- a bitumenes alapréteget +3 °C, kötő- és kopóréteget +5 °C léghőmérséklet alatt nem szabad építeni,
- a rétegek kifogástalan ragasztásáról bitumenemulzió kipermetezésével kell gondoskodni (hígított bitument használni tilos),
- az alapot az első aszfaltréteg építése előtt, illetve a régi burkolatot az új aszfaltréteg építése előtt 0,5–1,0 kg/m<sup>2</sup> bitumenemulzióval kell lepermetezni,
- kötő- és kopóréteg építése előtt 5%-nál nagyobb hosszúságú szakaszon a meglévő bitumenes alapréteg, illetve kötőréteg felületére 0,3–0,8 kg/m<sup>2</sup> bitumenemulziót csak akkor kell kipermetezni, ha az a kifogástalan tapadás biztosításához szükséges,
- a bitumenemulzió kipermetezése, illetve az új réteg építése előtt a felület szennyeződését mindig el kell távolítani, és a további elszennyeződést meg kell akadályozni.

A szegély kialakításakor fontos a megtámasztást és a lezárást biztosítani:

- a tömör aszfaltból készülő rétegeket tartalmazó pályaszerkezetet úgy kell felépíteni, hogy az alsóbb rétegeket a felső réteg szelétől számítva a saját vastagságával szélesebbre építjük (3.2-29. ábra),
- a kiemelt és süllyesztett szegélyt, vagy a szegélyezés egyéb formáját az erdészeti utaknál nem használjuk.



3.2-29. ábra. Szegély kialakítás tömör aszfaltburkolatoknál

Az előkészített alapra megkezdődhet az aszfalt beépítése a következő fő követelmények figyelembevételével:

- az elterítés a tömörödést figyelembevevő vastagságában, profilhelyesen, hullámmentesen történjen,
- az elterített réteg egyenletes tömörségű legyen, hogy az esetleges utántömörödés hullámokat ne képezzen,
- a terítés közben az aszfalt hőmérséklete számottevően ne csökkenjen,
- az aszfalt tömörítése 97–98% relatív *Marshall*-tömörösgre történjen, az aszfalt lehülése előtt. Lehült aszfalt eredményesen nem tömöríthető.

Ezeket a követelményeket csak akkor lehet kielégíteni, ha az aszfalt elterítését és tömörítését gondosan, megfelelő eszközökkel végzik.

Az aszfalt elterítése történhet:

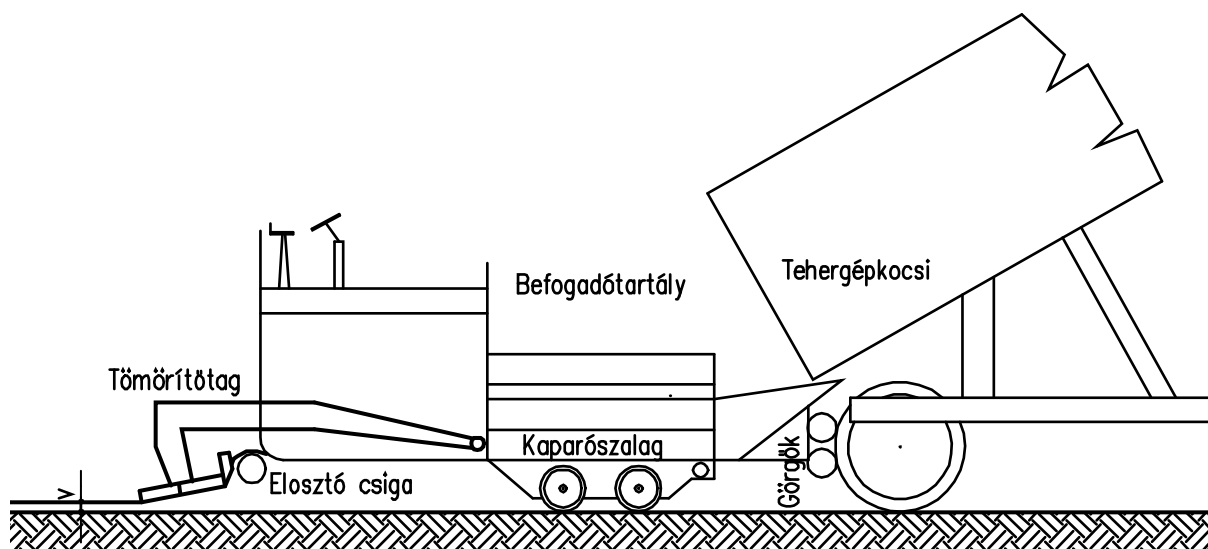
- kézzel,
- gréderrel,
- aszfaltfiniserrel (aszfalt bedolgozó géppel).

A kézi terítés ma már erdészeti utak építésénél sem ajánlható, mert a viszonylag nagy értékű anyag előnyös tulajdonságait nem érdemes a gyengébb minőségű beépítéssel elrontani. Kézi terítéskor a tehergépkocsiból az aszfaltot tiszta acéllemezzre kell leeresztani úgy, hogy karoláson belül lapáttal, vagy talicskával a bedolgozás helyére lehessen juttatni, lehülés és tömörödés nélkül. Az elterítéshez gereblyét, kézi lehúzópallót kell használni. Az elterített rétegnek egyenletes vastagságúnak és egyenletesen tömörnek (lazának) kell lenni.

Gréderrel az aszfaltot teríteni nem célszerű még erdészeti utakon sem. Ezzel a módszerrel a keskeny burkolaton az általában előforduló vékony rétegeket nem lehet kellő minőségben megépíteni.

Az aszfaltkeverék elterítését és előtömörítését aszfaltfiniserrel lehet a legtokéletesebben elvégezni (3.2-30. ábra). Az aszfaltfiniser részei:

- a befogadó tartály a kaparó (szállító) szalaggal,
- az elosztócsiga,
- terítőgerenda.



3.2-30. ábra. Aszfaltfiniser jellegrajza

Az aszfaltfiniser gumikeréken vagy lánctalpakon lassan előrehaladó berendezés, amelynek befogadótartályába tehergépkocsi billenti az aszfaltot. A feltöltés közben a finisernek folya-

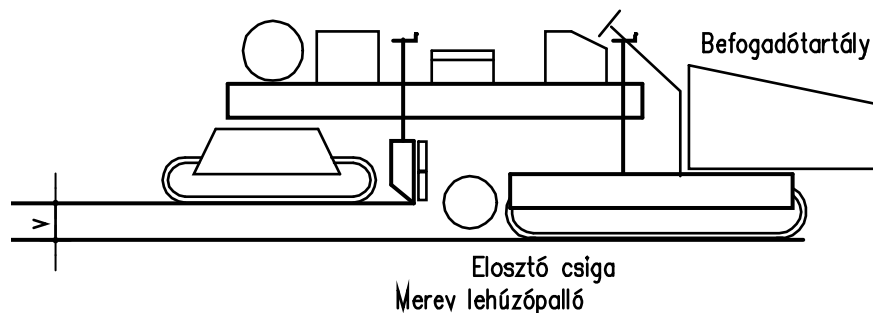
matosan haladni kell, ezért a tehergépkocsit a billentés alatt maga előtt tolja. A tárolótartályból kaparószalag juttatja az aszfaltot a keresztirányú elosztócsigához, amely egyenletes rétegben és laza tömörségben elteríti az anyagot a terítőgerenda előtt.

Az aszfaltfiniserek a terítőgerenda rendszere alapján lehetnek:

- merev terítőgerendás finiserek,
- úszó terítőgerendás finiserek.

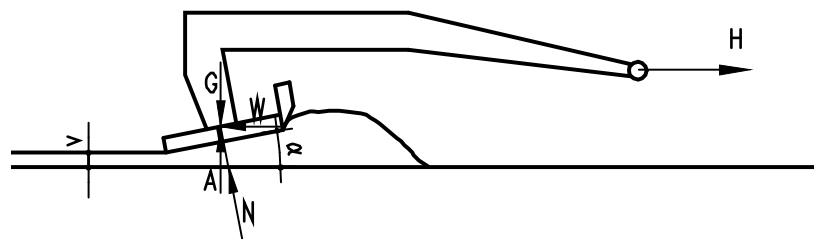
Az erdészeti utak építésénél jól használhatók az olcsóbb, általában tömörítőtag nélküli, merev terítőgerendás aszfatterítőgépek. Ezek a gréder elve szerint működnek és csak egy egyenletesen vastag, laza réteget tudnak kialakítani. Az alap egyenetlenségét kevésbé tüntetik el, mint az úszógerendás finiserek és szintvezérléssel sem láthatók el. Előnyük, hogy a megállásoknál kisebb keresztirányú hullámot képeznek, ezért kevésbé érzékenyek a folyamatos anyagellátás hiányára (3.2-31. ábra).

A legkorszerűbb úszó terítőgerendás finisereknél a terítőgerenda fűtött, valamint vibrációs és döngölő taggal egészülnek ki. A finiserrel magával végzett előtömörítés ezzel mintegy 92% relatív *Marshall*-tömörséget érhet el.



3.2-31. ábra. Merev terítőgerendás aszfalterítőgép

Az úszó terítőgerenda – amely jelentősen lecsökkenti az alap egyenetlenségeit – a következő elven működik (3.2-32. ábra). A  $G$  súlyú terítőpalló  $\alpha$  lapos szögben fekszik fel az aszfaltra. A vízszintes vonóerő ( $H$ ) és a reakcióerők ( $A$  és  $W$ ), amelynek eredője ( $N$ ) a lassú menet közben dinamikus egyensúlyban tartják a terítőgerendát. A kívánt rétegvastagságot az  $\alpha$  szög változtatásával lehet beállítani. A finiser megállásokor megbomló egyensúlyi helyzet miatt a terítőpalló lesüllyed, aminek következménye a felületen kialakuló hullám lesz. A hullámosság elkerülése miatt a finiser folyamatos haladását jól szervezett anyagellátással kell biztosítani. Az úszógerendás finiserek szintvezérléssel is elláthatók.



3.2-32. ábra. Úszó terítőgerenda működése

Azért, hogy az aszfalt bedolgozására kellő idő álljon rendelkezésre, vagyis, hogy az aszfalt ne hűljön gyorsan a bedolgozási hőmérséklet alá, az aszfaltkeverék hőmérsékletének a finiser tartályában, a bitumen választéktól függően egy minimális hőmérsékletűnek kell lenni:

- 70/100 bitumennél 110 °C
- 50/70 bitumennél 125 °C
- 35/50 bitumennél 140 °C
- 20/30 bitumennél 150 °C

Az elterítést az aszfalt tömörítése követi. Erre annyi idő áll rendelkezésünkre, amíg a 110–150 °C terítési hőmérsékletű aszfalt 80–100 °C hőmérsékletre hűl le, mert ez alatt a hőmérséklet alatt az aszfalt már nem tömörödik.

Tömörítést különféle hengerek végzik:

- acélköpenyű statikus hengerek,
- önjáró gumihengerek,
- acélköpenyű vibrációs hengerek.

Az acélköpenyű statikus hengerek a leggyakrabban használtak. Sebességük 3 km/óra (50 m/perc). 3–5 tonnás változatuk vékony rétegek előtömörítésére, 8–12 tonnás közepes változatuk vékony rétegek fő- és utántömörítésére, vastag réteg előtömörítésére 14–16 tonnás nehéz változatuk vastag rétegek fő- és utántömörítésére használható.

Az önjáró gumihengereknek általában 7 lapos szögletes keresztmetszetű gumiabroncsuk van, amely különbözik a földmunkát tömörítő gumihenger gömbölyű kialakítású abroncsától. Korszerű, gyors tömörítőeszköz, a sebessége 8–10 km/óra (140–170 m/perc). Gyúró tömörítő hatása miatt zárt, vízzáró felületet hoz létre. Vastag rétegek hatékony tömörítésre kiválóan alkalmas, amely még a 80–100 °C hőmérsékletűre kihűlt aszfaltot is tömöríti.

Az acélköpenyes vibrációs hengert aszfaltok tömörítésére ritkán használják, mert irányváltás előtt a vibrációt ki kell kapcsolni. Tömörítő hatása jelentős.

A gyors és hatékony tömörítés feltétele egy hengerlési séma kidolgozása, amely összhangot teremt az aszfaltfiniser és a különböző hengerek munkája között. A hengerek számát és elosztását a keverőtelep és bedolgozó gép teljesítménye határozza meg. Az erdészeti utakon egy menetben általában 3,00–4,00 m széles sávot építünk meg. Ehhez többnyire két hengert, 50 t/óra keverőtelep kapacitás mellett három hengert kell a finiser mögött munkába állítani. Egy könnyű, vagy közepes henger előtömörít, erősen megközelítve a finisert azért, hogy tömörítő hatását még forró, jól tömöríthető anyagon fejtsse ki. A főtömörítést egy-két közepes vagy nehéz henger végzi. A szükséges áthaladási számok:

- 3 cm vastag ( $75 \text{ kg/m}^2$ ) aszfaltnál 5–7 járat,
- 4–6 cm vastag ( $100\text{--}150 \text{ kg/m}^2$ ) aszfaltnál 8–10 járat.

Ez a járatszám még vastagabb rétegek tömörítésére is elegendő, mert a vastagabb réteg jó hőtároló képessége a hatékony tömörítést nagyban elősegíti. A vékonyabb rétegek alulról és felülről hamar lehűlnek, így tömörítésükre alig marad idő. A 3–4 cm-nél vékonyabb réteget ezért meleg, utibitumennel kevert aszfaltokból nem szabad építeni.

A hatékony és korszerű „hot and dry” tömörítési módnál már az első hengerlést forró, száraz gumikkal nehéz henger végzi, szorosán a finiser után igen forró anyagot bedolgozva. A második – acélhengerlőjű – henger utóhengerlést és simítást végez.

A hengerlés közben a következő szabályokat kell betartani:

- a henger hajtott kerekével halad a finiser felé, mert a tolt kerék hullámokat okoz;
- a hengerlést oldalt, alulról kell kezdeni és oda-vissza ugyanazon a sávon kell haladni, sávot váltani csak kihűlt aszfalton lehet;
- a sávok között fél-egyharmad átfedést kell biztosítani;

- acélhengerek palástját kevés választóvízzel kell letörölni, hogy az aszfaltot a sok folyadék ne hűtse le, az aszfalt feltapadásának megakadályozására gázolajat használni tilos;
- a henger megállása, lökésszerű irányváltása, a vibráció kikapcsolásának elmulasztása irányváltás előtt egyenetlenséget okoz;
- gumihengert főtömörítésre csak forró gumival szabad használni, a felmelegítés betömörített, de még forró szakaszokon történjen;
- sávokban végzett tömörítéskor a széleken még 1–2 hengerjárat áthaladása szükséges;
- a hosszvarratokat gondosan kell kialakítani, az új forró aszfaltot 4–5 cm-es átfedéssel kell elteríteni úgy, hogy az a régi aszfalt szélét felmelegítse, majd az első nehéz hengernek a hideg sávon kell úgy végighalad, hogy 10–15 cm szélességben átnyújtva tömörítse az új aszfaltot. A szokásos tömörítés ezután történik.

A viszonylag drága aszfaltoktól a tőlük elvárható előnyös tulajdonságukat csak akkor várhatjuk el, ha a keveréstől a beépítésig minden fázisban a vonatkozó szabályokat betartják. Amennyiben az előírásokat nem lehet maradéktalanul betartani (géphiány, stb.), csak csökkentett értékű réteget lehet építeni. Ilyenkor meggondolandó a drága anyag beépítése, inkább olyan egyszerű és olcsóbb anyagot kell beépíteni, amelyhez a megfelelő eszközök rendelkezésre állnak.

#### 3.2.2.2.2.7. Tömör aszfaltok választékai és felhasználási területük

A tömör aszfaltok választékainak jelölése a választék nevének rövidítését (AC alap) és a legnagyobb szemcseátmérőt jelző számból áll, külön „F” betűvel jelölve a fokozott igénybevételre kialakított anyagokat és „NM” jelöléssel a nagy modulusú aszfaltokat.

A meleg bitumenes alapréteget (AC alap) nagy forgalmú utak alsó és felső alaprétegeként, erdészeti utaknál záróréteggel ellátva burkolatként használható. Erdészeti utak pályaszerkezetében előnyösen használható, mert:

- ára kedvező a készítéséhez felhasználhat helyi homokos-kavics miatt,
- teherbírása és stabilitása az erdészeti utak forgalmának megfelelő, amennyiben az előírt összetétel és a gondos beépítés biztosított,
- könnyen bedolgozható a sok gömbölyű szemcse miatt.

A meleg bitumenes alapok keveréktípusai:

AC 16 alap	AC 22 alap	AC 32 alap	AC 32 alap (F)
------------	------------	------------	----------------

Az AC 16 alap, AC 22 alap, AC 32 alap meleg bitumenes útalapok ásványi anyagának előírt szemeloszlásában a mészköliszt mennyisége 3-4%, a homok tartományban a zúzott homok arányára nincs előírás, a zúzalék ( $d > 2$  mm) mennyisége legalább 40%. Az AC 32 alap (F) aszfaltbeton alapréteg ásványi anyagának szemeloszlásában a zúzott rész arányának 10%-nak kell lenni. A felhasználható kötőanyag 70/100, 50/70, 35/50 jelű bitumen. A kötőanyagtartalom 3,5–6,0 tömeg %. A Marshall-próbatest szabad hézagtartalma 4,0–8,0 térfogat %, stabilitása 3,5–4,0 kN.

A kötőréteg (AC kötő) feladata, hogy a kopórétegben fellépő vízszintes irányú feszültséget lecsökkentve az alaprétegre juttassa, valamint a kopóréteg és a felső alapréteg együttdolgozását, összekötését biztosítsa. Ezeket a feladatokat akkor tudja a kötőréteg ellátni, ha nagy belső súrlódású anyag felhasználásával készítjük a keveréket és a réteg tömörsége megfelelő. A nagy belső súrlódású anyag miatt bedolgozása nehéz, ami sokszor vezet tömörítési hiányosságokhoz.

A kötőréteg keveréktípusai:



AC 11 kötő AC 16 kötő (NM) AC 22 kötő AC 22 kötő (F) AC 22 kötő (MN)

Kötőréteget csak nagy forgalmi terheléseknél kell építeni, kisebb forgalmú utakon és erdészeti utakon építése szükségtelen. Ilyenkor a kopóréteg közvetlenül az alpra kerül.

Az AC kopó jelű aszfaltbeton kopóréteg keveréktípusait a pályaszerkezet legfelső rétegébe a kopórétegbe építik. Feladata, hogy rajta a forgalom gyorsan, biztonságosan és alacsony költséggel bonyolódjon. Ezért:

- felülete a forgalom biztonságának megfelelően érdes legyen,
- stabilitása olyan legyen, hogy az alakváltozásoknak (nyomvályuképződésnek) ellenálljon,
- teherbírása az élettartam alatti forgalom terhelését elviselje.

Az aszfaltbeton kopóréteg keveréktípusai:

AC 4 kopó AC 8 kopó AC 11 kopó AC 11 kopó (F) AC 16 kopó (F)

Az AC kopó aszfaltbetonok ásványi anyagának előírt szemeloszlásában a mészköliszt mennyisége 6–7 tömeg %, a homok tartományban a zúzott homok aránya 60–100 tömeg %,  $d > 2$  mm részt csak zúzott termékek képezhetik. A felhasználható kötőanyag 70/100, 50/70 jelű bitumen. A kötőanyagtartalom 4,5–8,0 tömeg %. A Marshall-próbatest szabad hézagtartalma 1,5–2,5 térfogat %, stabilitása 6,0–8,0 kN.

Az F jelű aszfalt kopóréteg keverékeket az erdészeti utak pályaszerkezetének építésénél nem használjuk.

A tömör aszfaltok további választékai:

- a zúzalékvázás masztixaszfalt (SMA 4, SMA 8(F), SMA 11 (F)),
- az öntött aszfalt (MA 4, MA 8, MA 11, MA 11(F)),

amelyeket az erdészeti útépítésben nem használunk.

Az egyes aszfaltválasztékok felhasználását a beépítés helye és a forgalmi terhelés határozza meg. Eszerint megkülönböztetünk:

- mérsékelt igénybevételű (M jelű),
- normál igénybevételű (N jelű),
- fokozott igénybevételű (F jelű)

kategóriát. (3.2-10. táblázat.)

Járolékos igénybevétel jele	A járolékos igénybevételek a terep és a klimatikus körülmények együttes figyelembevételével	Forgalmi terhelési osztály				
		A	B	C	D	E és K
		szerint az igénybevételi kategória				
I.	Hűvös, árnyékos, hegyvidéki útszakaszok, magas épületek közötti utak	M	M	N	N	F
II.	Jó benapozású, sík- és dombvidéki útszakaszok és ezek településen átvezető szakaszai, belterületi gyűjtőutak	M	N	N	F	F
III.	Csatornázottan közlekedő nehéz forgalommal járt utak, kapaszkodósávok, szintbeni csomópontok járműosztályozói, körforgalmú főúti csomópontok, belterületi főutak, autóbusz- és trolibuszsávok	N	N	F	F	F

**Megjegyzés:** a forgalmi terhelési osztályok a közúti előírások szerint értelmezendők (ÚT 1-1.202).

3.2-10. táblázat. Az aszfaltválasztékok felhasználási helye

Az erdészeti utakat ezek szerint M esetleg N kategóriába kell besorolni. Az igénybevételi kategória szerint a 3.2-11. táblázatban megadott aszfaltkeverék-típusok építhetők az pályaszerkezetbe. A közutakra vonatkozó műszaki előírásokat összefoglaló táblázatot kiegészítettük az erdészeti utakra vonatkozó ajánlással (E jelű kategória.).

Útpályaszerkezet réteg	Igénybevételi kategória			
	M	N	F	E
Kopóréteg	AC 4 kopó AC 8 kopó AC 11 kopó AC 16 kopó SMA 4, SMA 8 MA 4, MA 8, MA11	AC 4 kopó AC 8 kopó, AC 11 kopó, AC 16 kopó SMA 4, SMA 8 MA 4, MA 8, MA11	AC 11 kopó (F) AC 16 kopó (F)	AC 4 kopó AC 8 kopó, AC 11 kopó, AC 16 kopó
Kötőréteg	AC 11 kötő AC 22 kötő AC 16 alap AC 22 alap AC32 alap	AC 11 kötő AC 22 kötő AC 16 alap AC 22 alap AC 32 alap	AC 22 kötő (F), AC 16 kötő (NM) AC 22 kötő (NM) AC 16 kopó (F)	nem használt
Aszfalt alapréteg	AC 16 alap AC 22 alap AC32 alap	AC 16 alap AC 22 alap AC32 alap	AC 32 alap (F) AC 22 kötő (NM)	AC 22 alap AC32 alap
Kiegyenlítő réteg	AC 8 kopó AC 11 kopó AC 11 kötő	AC 8 kopó AC 11 kopó AC 11 kötő	nem építhető	AC 8 kopó AC 11 kopó

3.2-11. táblázat. Aszfaltkeverék-típusok építése az igénybevétel szerint

A réteg típusa	Vastagság (mm)	
	legalább	legfeljebb
AC 16 alap	45	80
AC 22 alap	70	100
AC 32 alap AC 32 alap(F)	90	120
AC 11 kötő	35	50
AC 11 kötő kiegyenlítő réteg	25	60
AC 16 kötő (NM)	50	70
AC 22 kötő	60	100
AC 22 kötő (F) AC 22 kötő (NM)	70	100
AC 4 kopó kerékpár útra	15	30
AC 8 kopó	25	40 (45)
AC 8 kopó kiegyenlítő réteg	15	40
AC 11 kopó	35	50(55)
AC 11 kopó kiegyenlítő réteg	20	60
AC 11 kopó (F)	35	60 (65)
AC 16 kopó (F)	50	60 (75)

3.2-12. táblázat. Aszfalt pályaszerkezeti rétegek építhető vastagsági határai

Az építhető rétegvastagságok (3.2-12. táblázat.):

- legkisebb méretét a választék kővázában megengedett legnagyobb szemcseátmérő határozza meg,
- legnagyobb méretét a hatékonyan beépíthető vastagság szabja meg.

### 3.2.2.3. Hézagszegény hidegaszfaltok

A hézagszegény hidegaszfaltok kis forgalmú utak burkolata, útkorszerűsítéseknél és pályaszerkezet felújításoknál kiegyenlítőréteg lehet. A hígított bitumen vagy bitumenemulzió kötőanyag és folytonos, illetve szakaszos szemeloszlású ásványi anyag felhasználásával, félmeleg vagy hideg keveréssel előállított hézagszegény keverékek beépítése hidegen, esetleg hosszabb tárolás után is elvégezhető.

#### 3.2.2.3.1. Hidegen bedolgozható aszfaltbeton

A hidegen bedolgozható aszfaltbeton (HAB) hígított bitumen kötőanyag, valamint töltőanyagból, zúzott homokból és zúzalékból összeállított folytonos szemeloszlású kőváz keveréke. A hígított bitumen kötőanyag miatt utántömörödő szerkezetek. Ez a tulajdonsága a hígítóanyag elpárolgásáig marad meg. Előnye, hogy a keveréket egyszerű gépekkel, egyszerű eljárással lehet elkészíteni. A kötőanyagot 70–100 °C-ra kell felmelegíteni és a kővázhoz keverni. A félmeleg eljárással előállított keveréket célszerű azonnal beépíteni, de hidegen is beépíthető. Nagyobb tömegben deponálható, mert a hígítóanyag csak a depónia külső kérgéből távozik el. Deponáláskor a hígított bitumenhez nagyobb mennyiségű tapadásjavítót kell adagolni. Ezzel megakadályozható, hogy tárolás közben az aszfaltra jutó víz a kötőanyagot lemossa. A réteg beépítése hidegen 10–20 °C hőmérsékleten történik, ezért vékony, 1–2 cm vastag rétegben záróréteggé is alkalmazható.

A hazai előírások szerint háromféle változatban állítható elő:

- HAB-5 jelű záróréteg 0/5, ill. 0/8 mm közötti szemeloszlással,
- HAB-8 jelű záróréteg 0/8, ill. 9/12,5 mm közötti szemeloszlással,
- HAB-20 jelű záróréteg 0/20 illetve 0/25 mm közötti szemeloszlással.

A szükséges bitumenmennyiséget 4,5–6,0% között kell tervezni.

Szita-rosta méret (mm)	Keveréktípus jele		
	HAB-5	HAB-8	HAB-20
	Áthullott köanyag tömegaránya (%)		
0,00–0,09	4–20	4–12	3–7
0,09–0,20	14–35	10–18	5–12
0,20–0,63	25–50	15–30	10–32
0,63–2,00	65–88	40–60	25–55
2,00–5,00	95–100	65–85	40–65
5,00–8,00	100	80–100	55–80
8,00–12,5	-	100	75–3
12,5–20,0	-	-	95–100
20,0–25,0	-	-	100
Kötőanyag mennyisége, tömegarány (%)	4,5–6,0		4,3–5,5

3.2-13.táblázat. Hígított bitumen kötőanyagú keverék szemeloszlása és kötőanyag szükséglete

### 3.2.2.3.2. Kationaktív bitumenemulzió kötőanyagú alapok és burkolatok

Az emulziós aszfaltkeverék (EA) L-EA60 jelű kationaktív bitumenemulzióból, ásványi anyagból vagy ásványi anyagok keverékéből (zúzott kavics, homokos kavics, osztályozott és zúzott salakkó, esetleg töltőanyag) áll.

Típusai:

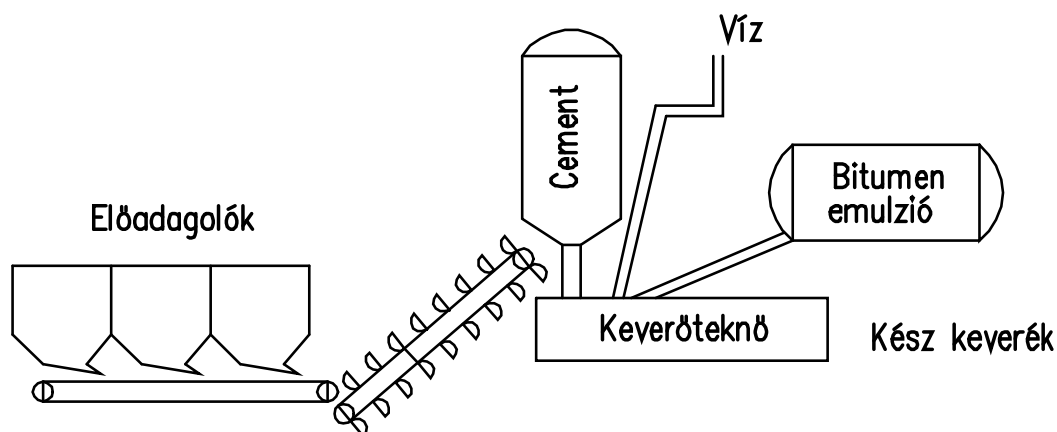
- alaprétegbe építve A-EA0/20, A-EA0/35,
- kopóréteggént beépítve Ko-EA0/20,
- kötőréteggént használható a K-EA0/20jelű választék, amit azonban az erdészeti útépitésben nem használunk.

A köváz tervezett szemeloszlását a *Rotfuchs*-féle szerkesztés elve alapján kell összeállítani, a kationaktív bitumenemulzió mennyiségét a tömör aszfaltoknál megismert alkalmazási vizsgálathoz hasonlóan kell meghatározni. Optimálisnak azt a keveréket kell elfogadni, amelynek *Marshall*-stabilitása a legnagyobb, folyási értéke a legkisebb. (3.2-14.táblázat.)

Szita-rosta méret (mm)	Keveréktípus jele		
	A-EA 0/20	A-EA 0/35	Ko-EA 0/20
	Áthullott köanyag tömegaránya (%)		
0,00–0,09	3–7	3–6	5–9
0,09–0,20	7–15	7–15	12–20
0,20–0,63	15–25	15–25	20–28
0,63–2,00	26–38	25–38	29–44
2,00–5,00	44–58	39–50	44–58
5,00–8,00	55–70	40–60	55–70
8,00–12,5	68–85	55–75	68–85
12,5–20,0	90–100	70–90	90–100
20,0–25,0	100	90–100	100
25,0–35,0	-	100	-
Felhasználható bitumenemulzió típusa	L-EA 60 (70/100)		L-EA 60 (70/100) L-EA 60 (160/220)
Emulzió mennyisége, tömegarány (%)	5,0–7,0	5,0–6,0	6,5–9,0
Visszamaradó bitumen mennyisége (%)	3,0–4,2	3,0–3,96	3,9–5,4
Keverék összes víztartalma (%)	5–8		

3.2-14. táblázat. Emulziós aszfaltok szemeloszlása és kötőanyag szükséglete. (ÚT 2-3.310:2004 szerint)

Az emulziós aszfaltok gyártására megfelel minden olyan hagyományos beton vagy aszfaltkeverő berendezés, amelybe az adalékanyagok, a bitumenemulzió és a víz adagolása megoldható. Gazdaságossági okokból célszerű nagyteljesítményű, folyamatos működésű keverőgéppel központi keverőtelepet kialakítani. A keverőtelepen (3.2-33. ábra) a köanyag depóniákat egymástól elkülönítve helyezzük el. Innen rakodógép tölti fel az előadagolókat, amely az ásványi anyagok előírt arányát állítja be térfogatarányuk szerint. Az előadagolókból szállítószalagon jut a köanyag a keverőteknőbe, ahova a víz és bitumen emulzió adagolószivattyún és csővezetéken keresztül jut el. A keverőtérbe a köanyaghoz először a vizet majd rövid keverés, az egyenletes átnedvesedés után az emulziót kell bepermetezni.



3.2-33. ábra. Keverőtelep folyamatos üzemű keverőteknővel

A keverés közben a vízadagolást úgy kell beállítani, hogy a bitumenemulzió víztartalmával együtt az összes víztartalom ne haladja meg a 8–9 tömeg %-ot. Ez a víztartalom magasabb az optimális tömörítési víztartalomnál, de az emulzió egyenletes eloszlása érdekében erre szükség van. Keveréskor az emulzió részben megtörik, de a végleges törés csak tömörítéskor következik be. A keveréket a beépítés helyére billenőplatos tehergépkocsival célszerű szállítani, ahol az elterítést 5–15 cm vastagságban gréder vagy finiser végzi.

A tömörítéshez gumi- és vibrációs henger használható. Mivel a tömörítés hatására következik be az emulzió végleges megtörése, ezért ezt a műveletet gondosan kell elvégezni. A kész felületet felületi zárással kell ellátni.

A hideg kavicsaszfalt tárolható, eközben a keveréket időnként meg kell locsolni, hogy ki ne száradjon. Beépítés előtt az optimális tömörítési víztartalmat be kell állítani.

### 3.2.3. A felületi zárás és az útfenntartás anyagai

Felületek lezárására és az útfenntartás céljaira elsősorban azok az anyagok felelnek meg, amelyek vékony rétegben beépíthetők, kész keverék formájában tárolhatók és a forgalomnak beépítés után azonnal átadhatók.

Teljes felületek felújítására és a teherbírás bizonyos mértékű növelésére a szőnyegszerűen 2–3 cm vastagságban beépíthető anyagok alkalmasak. Ilyen a KM-60 kevert aszfaltmakadám, vagy a HAB-5, HAB-8 hígított bitumennel készülő aszfaltbeton záróréteg. A burkolatok víz-zárását, az érdesség helyreállítását vékonyabb – sokszor az kőanyag szemcseméretével azonos vastagságú – rétegek készítésével végezzük el, mint amilyen a póruszárás és a felületi bevonás. Az útfenntartás fontos anyaga a tárolható hideg keverék, amely a tömegesen fellépő burkolatkárok gyors helyreállítását teszi lehetővé.

#### 3.2.3.1. Felületi (pórus) zárás

Repedezett felületű, előregedett aszfaltok állagmegóvására használható réteg, amely egy kipermetezett bitumenemulzió rétegre hengerelt homokterítésből áll.

A felhasznált kötőanyag az időjárástól függően gyorsan törő (RG) vagy közepesen törő (EK) kationaktív bitumenemulzió. A kipermetezendő emulzió mennyisége visszamaradó bitumenre számítva 0,3–0,5 kg/m<sup>2</sup>, mely 60%-os bitumenemulziót használva 0,5–0,9 kg/m<sup>2</sup> emulziót jelent. A bevonandó felület legyen pormentes. A kissé nedves, nyirkos felület az emulzió jobb terülését elősegíti. A bitumenemulziót a kötőanyag jellegének megfelelően kialakított bitumenszóró kocsival kell kipermetezni. Ebben a bitumenemulzió megtörését előidéző szennye-

zódás nem lehet, fűvókái pedig le vannak szűkítve. (HB szórásához nagyobb átmérőjű fűvókák kellene). A szoros illesztésű (még új) fogaskerékszivattyú megtörheti a bitumenemulziót, ekkor újrainduláskor a szivattyút fel kell melegíteni.

A kötőanyag kipermetezésénél a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- ha fajlagosan kis mennyiségű bitumenemulziót kell kipermetezni, akkor célszerű azt vízzel hígítani úgy, hogy pH-ja 4–5 fölé ne emelkedjen, mert akkor megtörik,
- fagypont körül a bitumenemulziót a benne levő víz fagyveszélyessége miatt 20–25°C-ra melegítve szabad permetezni,
- a kipermetezést követő 15–20 percen belül bekövetkező eső – intenzitásától függően – az emulziót lemoshatja a pályáról.

A homok egyenletes szemeloszlású iszap- és agyagmentes legyen, legnagyobb szemnagysága a 2 mm-t ne haladja meg. A homokot kézzel vagy géppel kell elteríteni. Célszerű, ha ilyenkor a homok enyhén nedves. Terítés után a homokot gumihenger 1–2 járatával a kötőanyagba be kell nyomni. A bitumenemulzió megtörése után a felület a forgalomnak átadható.

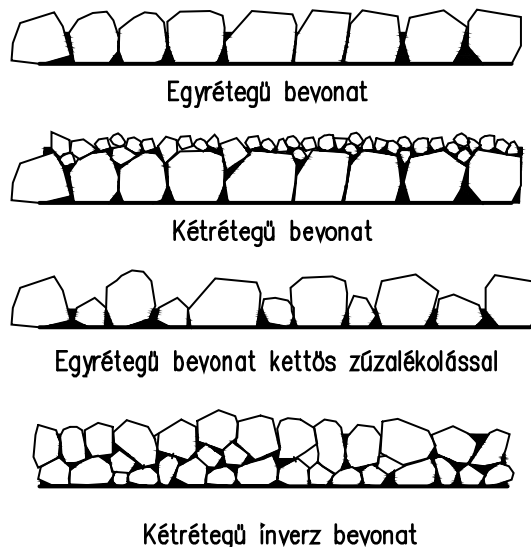
### 3.2.3.2. Felületi bevonás

A felületi bevonásnak az a szerepe, hogy:

- a burkolatot vízzáróvá tegye,
- állapotát megóvja,
- kisimult felületeket érdesítse.

A felületi bevonatok négyféle változatban készülhetnek (3.2-34. ábra):

- egyrétegű bevonatok egyszeri kötőanyag permetezéssel, egyszeri zúzalékolással, (BZ jelű),
- kétrétegű bevonatok kétszeri kötőanyag permetezéssel és kétszeri zúzalékolással (BZBz jelű),
- egyrétegű bevonatok kettős zúzalékolással (BZz jelű),
- kétrétegű inverz felületi bevonatok kétszeri kötőanyag permetezéssel és kétszeri zúzalékolással, az alsó rétegben a kisebb zúzalékkal (BzBZ jelű).



3.2-34. ábra. Felületi bevonatok

Az erdészeti útépítésnél a BZ és BZBz jelű bevonatok használata terjedt el és annak használata javasolt a továbbiakban is.

A higított bitumen kötőanyaggal készülő felületi bevonás (FB/HB) a higítóanyag elpárolgásáig kézimunka igényes, utókezelésre szorul. Az így kialakított réteg élettartama a higított bitumen készítéséhez felhasznált puhább bitumen miatt rövidebb.

Felületi bevonatok készítésére legelőnyösebben használható kötőanyag a kationaktív bitumenemulzió (FB/E). Az építési technológia bizonyos fegyelmet kíván, de nem bonyolultabb, mint a higított bitumenes építési módszer. A felületet a forgalomnak az emulzió megtörése után rövid időn belül át lehet adni, utókezelést nem igényel. Erdészeti utak építésénél tehát alkalmazása ajánlható.

A felületi bevonatokhoz felhasználható szemcsés anyagok a forgalom nagyságától és a kötőanyag fajtájától függően:

- higított bitumenes felületi bevonatoknál CC UNZ kőzetfizikai csoportú és termékosztályú zúzott szemcsés anyagok,
- kationaktív bitumenemulziós felületi bevonatoknál BB UNZ, illetve BB UKZ kőzetfizikai csoportú és termékosztályú zúzott szemcsés anyagok lehetnek.

A felületi bevonás készítésére csak tiszta, szennyeződés és pormentes zúzalék használható, mert a szennyezettség nehezíti a közet felületének benedvesítését. Fontos, hogy a szemcsék kubikus alakúak legyenek. A zúzalékban lapos, túszerű kedvezőtlen alakú szemcsék nem lehetnek.

A felhasználható zúzalékok:

- egyrétegű felületi bevonáshoz
 

BE kötőanyaghoz	2/5	5/8	8/12	12/16	16/20
HB kötőanyaghoz	5/12	8/12	12/16	16/20	20/25
- kétrétegű felületi bevonathoz bitumenemulzió kötőanyagnál
 

alsó rétegben	5/8	8/12	8/12	12/16
felső rétegben	2/5	2/5	5/8	8/12
- higított bitumen kötőanyagnál
 

alsó rétegben	12/16	12/20
felső rétegben	8/12	5/12
- egyrétegű kettős zúzalékolású bevonat
 

alsó rétegben	8/12	12/16
felső rétegben	2/5	5/8
- kétrétegű inverz bevonat
 

alsó rétegben	2/5	5/8
felső rétegben	5/8	8/12

A kötőanyag HB-R 150/300 és HB-A 150/300 higított bitumen, vagy gyorsan törő (Gy-R60, GY-FB60 típusú) kationaktív bitumenemulzió lehet. A fajlagos anyagszükséglet a kezelendő út állapotától és a bevonandó felület típusától függ. Porózus felületnél több, zárt felületnél kevesebb kötőanyagot kell felhasználni. (3.2-15. táblázat).

A felületi bevonat készítése egyszerűnek tűnik, de jó felületi bevonatot „művészet” készíteni. Azt megvalósítani, hogy a felületen ne maradjanak be nem kötött szemcsék illetve izzadó sávok és foltok, csak a technológiai folyamatok lelkiismeretes betartásával lehet megvalósítani.

A felületi bevonás készítése előtt a bevonandó felületet le kell tisztítani. Higított bitumént használva a tisztítás csak söpréssel történhet, mert a felületnek száraznak kell maradni. Kationaktív bitumenemulzió használatakor a felület mosható, mert a nedves útfelület nem akadályozza az építést. A permetezést a felületi zárásnál elmondottakhoz hasonlóan kell elvé-

gezni úgy, hogy az egymás mellé kerülő sávok között 10–20 cm átfedés legyen. A zúzalék elterítése az emulzió szórását 5–10 percen belül kövesse azért, hogy zúzalékszemek bevonódása még az emulzió megtörése előtt megtörténjen. Erre a célra a zúzalékterítő adapterrel ellátott gépkocsik a legalkalmasabbak, amelyek az egyenletes elterítést biztosítják. Az elterített zúzalékot gumi vagy simahenger járatásával kell a kötőanyagba beágyazni.

A többrétegű felületi bevonat készítése megegyezik az egyrétegű készítésével. A második réteg építése akkor kezdődhet meg, amikor az alsó rétegben az emulzió törése befejeződött. A hosszabb várakozás a felület elszennyeződése miatt kerülendő.

A hígított bitumenes felületi bevonat az építés után azonnal átadható egy terelt, lassú forgalomnak. A kationaktív bitumenemulziós felületi bevonatot a bitumenemulzió teljes megtörése és a víz elpárolgása után (2–4 óra) lehet a forgalomnak átadni.

Zúzalék		Kötőanyag	
mérete (mm)	mennyisége	bitumenemulzió (65% bitumentartalommal)	hígított bitumen
		kg/m <sup>2</sup>	
Egyrétegű felületi bevonat			
2/5	5,0–7,5	1,0	-
5/8	6,5–9,0	1,2	-
8/12	11,0–14,0	1,5	1,25
12/16	14,0–13,5	1,6	1,4
5/12	10,5–13,5	-	1,2
12/20	15,0–18,0	-	1,5
Kétrétegű felületi bevonat			
ar 5/8	6,0–8,0	1,2	-
fr 2/5	3,5–5,5	1,0	-
ar 8/12	10,0–13,0	1,3	-
fr 2/5	4,5–6,5	1,1	-
ar 8/12	10,0–13,0	1,3	-
fr 5/8	6,0–8,5	1,2	-
ar 12/16	13,0–16,0	1,5	1,3
fr 8/12	8,5–11,0	1,3	1,0
ar 12/20	15,0–19,0	-	1,4
fr 5/12	7,0–10,5	-	0,9
Egyrétegű, kettős zúzalékolású felületi bevonat			
ar 8/12	8–12	1,6	-
fr 2/5	4–6	1,6	-
ar 12/16	11–16	1,8	-
fr 5/8	5–8	1,8	-
Kétrétegű, inverz zúzalékolású felületi bevonat			
ar 2/5	3,0–4,5	1,2	-
fr 5/8	6,5–9,0	1,2	-
ar 5/8	5,0–7,5	1,4	-
fr 8/12	10,0–13,5	1,4	-

3.2-15. táblázat. Felületi bevonatok zúzalék és kötőanyag adagolása



A kationaktív bitumenemulziós felületi bevonatkészítése után 24 órán belül a kipergett szemek eltávolításáról gondoskodni kell. A köfelverődést 1–2 napig sebességkorlátozással (40 km/h) kell csökkenteni.

Hígított bitumenes felületi bevonatoknál a forgalom által lesodort zúzottkőszemeket a burkolat felületére egyenletesen vissza kell seperni és a hiányzó zúzottkővet pótolni kell. A felületen megjelenő bitumendús „izzadásos” foltokra a lepergett vagy új zúzottkő elterítésével le kell fedni. Az utókezelés időszakára sebességkorlátozást kell elrendelni.

### 3.2.3.3. Finn Aszfalt

A Finn Aszfalt egy védett technológiával készülő eruptív kőanyagból és a speciálisan erre a célra kifejlesztett úgynevezett finn bitumenből áll.

A száraz kőanyagot hidegen keveri össze az MX-30 jelű finn mobil aszfaltkeverő. A beépítés szintvezérlésű aszfaltfiniserrel történik.

A teljes technológia szabadalmaztatott és az engedélyes cég a szaktanácsadástól a beépítésig teljes szolgáltatást nyújt.

Jelenleg háromféle Finn Aszfalt készül:

- FA-8
- FA-12
- FA-20

Az építhető rétegvastagság:

$$v = 2 \sim 2,5 D_{max}$$

### 3.2.3.4. Tárolható hideg fenntartási keverék

Útfenntartás körébe sorolt állapotfenntartáshoz célszerűen felhasználhatók a bitumenemulzióval készített tárolható, hideg fenntartási keverék. Ez közepes törési idejű (RE típusú) bitumenemulzió, 5/8, 5/12 vagy 5/20 jelű zúzalék keverékéből állítható elő a hideg kavicsaszfalt keverékhez hasonlóan, többlet vízadagolás nélkül. A felhasznált zúzalék víztartalma se legyen 1,0–1,5%-nál több. Az emulzió mennyisége visszamaradó bitumenre számítva:

- |                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| • 5/12 zúzalékot használva | 4,8–5,2 tömeg % |
| • 5/10 zúzalékot használva | 3,7–4,2 tömeg % |
| 5/8 zúzalékot használva    | 5,0–5,4 tömeg % |

A kész keveréket több héten keresztül tárolni lehet anélkül, hogy összetapadna, legfeljebb néhány cm vastag kéreg alakul ki a depónia felületén.

### 3.2.3.5. Pályaszerkezet anyagának újrahasznosítása helyszíni hideg keveréssel

A helyszíni hideg újrahasznosítás (helyszíni hideg REMIX) az útfenntartás állapot fenntartási eljárásai közül egy olyan technológia, amelyet a nagyon tönkrement, deformálódott, nem víz-záró, megerősítésre szoruló pályaszerkezetek felújításakor használhatunk a meglévő pályaszerkezet anyagának felhasználásával. Ekkor a leromlott állapotú pályaszerkezetet adott mélységig, esetenként teljes vastagságban felmarják, homogenizálják, a szemeloszlást kiegészítő kőanyag hozzáadásával javítják, egyben a vastagságot megnövelik, majd kötőanyag hozzákeverésével és tömörítéssel elkészítik az új, alapnak használható réteget. A lényegében helyszíni stabilizálással újrahasznosított alaprétegre a forgalom igényeit kielégítő burkolatot kell építeni.

A helyszíni hideg újrahasznosítás három változatban valósítható meg:

- Hidraulikus kötőanyaggal, célszerűen cementtel,
- Bitumen kötőanyaggal, célszerűen kationaktív bitumenemulzióval, vagy habosított bitumennel,
- Hidraulikus és bitumen alapú kötőanyagok együttes alkalmazásával

Hidraulikus kötőanyag beépítését célszerű alkalmazni akkor, amikor

- A teherbírás alacsony,
- A bontásra szánt anyagkeverék kedvezőtlen szemeloszlású
- A megmunkálendő anyag kereszt- és hosszirányban egyenlőtlen

Bitumen alapú kötőanyag használata javasolt, ha

- A teherbírás megfelelő,
- A megmunkálendő anyagban az aszfalt aránya magas (50%-nál több)
- A bontásra szánt anyag szemeloszlása egyenletes
- A hajlékony pályaszerkezet megtartása a cél.

Vegyes kötésű keverék egyesíti a hidraulikus és bitumen kötésű alapréteg előnyeit. A teherbírást növeli, a hidraulikus kötéskor keletkező repedések számát csökkenti.

Helyszíni marás nem alkalmazható, ha a felújítandó réteg kockakő, rakott terméskő alap, vagy beton.

A megfelelő eljárást és a kötőanyag adagolást a próbamarás anyagának laboratóriumi vizsgálatával lehet megállapítani.

Hidraulikus kötőanyag felhasználásával készülő újrahasznosítás kötőanyaga a cement, amelyből erdészeti utakon a helyszíni cementes talajstabilizáció szilárdságát biztosító adagolást kell alkalmazni.

Az újrahasznosítás bitumenes kötőanyaga a bitumen emulzió. Az emulzió bitumentartalma 60-65% között legyen, törése 1 óra elteltével fejeződjön be. A bitumenadagolást laboratóriumban kell meghatározni.

A kötőanyag szükséglet tájékoztató mennyisége:

- Cement 3-6%
- Bitumenemulzió 2-6%

Az építés munkafázisai:

- Padkanyesés, ároktisztítás
- Az egyenetlen, vegyes anyagból álló felső réteg átdarálása 15-20 cm vastagságban
- Profil kiegyenlítése, keresztdőlés kialakítása
- A anyag pótlására vagy vastagításra szánt kőanyag elterítése
- Együttes marás, keverés
- Kötőanyag adagolás, ami történhet egyszerűen a felületre szórással, vagy célgéppel a maróba juttatva.
- Nedvesítés, nedves keverés
- Tömörítés, profil kialakítása.
- Utókezelés hidraulikus kötőanyag használatakor.

A hideg remix eljárásnál célszerű speciális célgépet használni, de erdészeti utakon, megfelelő munkaszervezéssel a helyszíni keveréssel készülő cementes talajstabilizációnál ismertetett eljárás is alkalmazható.

## **4. HAJLÉKONY PÁLYASZERKEZETEK TERVEZÉSE ERDÉSZETI UTAKON**

A pályaszerkezetek használhatóságának idejét (a pályaszerkezet élettartamát) a pályaszerkezet és a földmű teherbírása valamint a rajta áthaladó forgalom viszonya határozza meg. A pályaszerkezet tervezésekor az a feladatunk, hogy olyan teherbírású és felépítésű pályaszerkezetet hozzunk létre, amely az út élettartama alatt áthaladó forgalom elviselésére alkalmas, normális nagyságú útfenntartás mellett. Az út használata folyamán leromló pályaszerkezet teherbírása fokozatosan csökken, majd elér egy olyan állapotot, amikor biztonságosan a további forgalom elviselésére alkalmatlanná válik. Ilyenkor a pályaszerkezetet meg kell erősíteni úgy, hogy a lecsökkent teherbírású régi pályaszerkezet megmaradt teherbírását még figyelembe vesszük. A pályaszerkezetek megerősítésének tervezett időpontját már a tervezés időpontjában fel kell mérni.

### **4.1. A pályaszerkezet tervezés műszaki, közgazdasági problémái**

Az utak pályaszerkezetének ellen kell állni a forgalom és az időjárás rongáló hatásának, egyben ki kell elégíteni a forgalom által keltett igényeket is.

A forgalom a járművek abroncsain keresztül terheli a pályaszerkezetet. A nyomó, ütő, hajlító, rázó, szívó hatásokra függőleges, a fékezés, gyorsítás, koptatás hatására pedig vízszintes igénybevételek lépnek fel, amelyeket a pályaszerkezet oszt el a földművön úgy, hogy a viszonylag kis teherbírású földmű – ezzel együtt a pályaszerkezet – káros alakváltozásait is megakadályozza. A pályaszerkezetnek ezért mindenekelőtt kellő teherbírással kell rendelkezni.

A forgalom mellett számottevő még az időjárás – fagy, hőség, csapadék – hatása is. Ezt szintén károsodás nélkül kell elviselni, amit a pályaszerkezet szakszerű kialakításával, felépítésével érhetünk el.

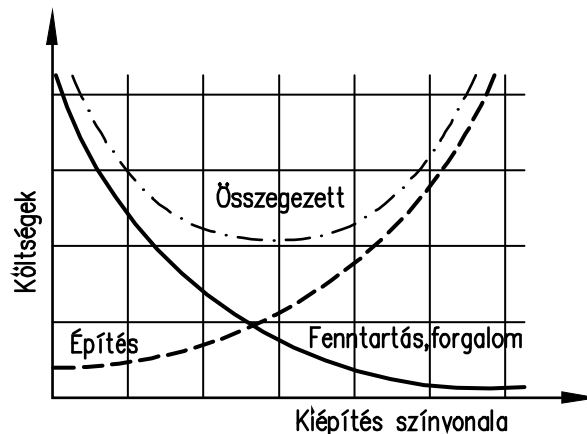
A gépjárműforgalom igényei a pályaszerkezettel szemben a közúton és az erdészeti úton lényegében hasonlóak.

A közúti közlekedésben elsőrendű cél, hogy adott körülmények között a forgalmat biztonságosan és gazdaságosan tudjuk fenntartani. Arra kell ezért törekedni, hogy a forgalom egy bizonyos – a gazdaságosság szempontjából minimálisnak tekinthető – sebességnél gyorsabb legyen, összhangban a vízszintes és magassági vonalvezetés adta lehetőségekkel, valamint hogy ez a sebesség se a járművet, se a vezetőt ne vegye a szükségesnél jobban igénybe. A faanyag gazdaságos szállítása részben a forgalom gazdaságossága is, tehát az erdészeti utaktól is elvárhatjuk, hogy rajtuk a forgalom biztonságos, gazdaságos, gyors és kényelmes legyen. Ezeket az igényeket olyan pályaszerkezettel lehet kielégíteni, amelyek felülete egyenletes, kellően érdes, a kopásnak ellenáll, és ezeket a tulajdonságait az élettartam alatt a forgalom és az időjárás károsító hatásai ellenére megőrzi. A pályaszerkezet építéséhez felhasznált építőanyagok és a pontosan betartott építési technológia általában biztosítja azokat a felületi tulajdonságokat, amelyek az erdészeti utak biztonságos forgalmának fenntartását a pályaszerkezet élettartama alatt lehetővé teszik, feltéve ha a pályaszerkezet teherbírása megfelelő és az időjárás kedvezőtlen hatásainak is ellenáll.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének tervezésekor közgazdasági szempontokat is figyelembe kell venni. A pályaszerkezeteket ebből a szempontból úgy kell megtervezni, hogy azokra az út élettartama alatt – ami nem azonos a pályaszerkezet élettartamával – a legkisebb költségeket

kelljen fordítani. Adott szállítási és forgalmi igénybevétel mellett meg kell keresni azt a megoldást, amelynél az építési, útfenntartási és forgalmi költségek összege a minimumot adja (4.1-1. ábra). Helytelen a gazdaságosság érve mögé bújva csupán az építési költségek minimumára törekedni, figyelmen kívül hagyva a később szükségessé váló útfenntartási költségeket.

A pályaszerkezet tervezése tehát egy összetett műszaki, közgazdasági probléma, amelyet hosszú távú szemlélettel kell végezni.



4.1-1. ábra. A forgalom, az építés és a fenntartás költségei, valamint a kiépítés színvonala

## 4.2. A pályaszerkezet tervezés elvi folyamata

Az erdészeti utak pályaszerkezetének tervezése nem tekinthető egyszerűen méretezésnek, hanem az egy átfogó műszaki- közgazdasági vizsgálatot igénylő rendszer, amely a következő lépésekből áll (4.2-1. ábra):

- méretezés,
- felépítés megtervezése,
- útfenntartási igények számbavétele, pályaszerkezet gazdálkodás.

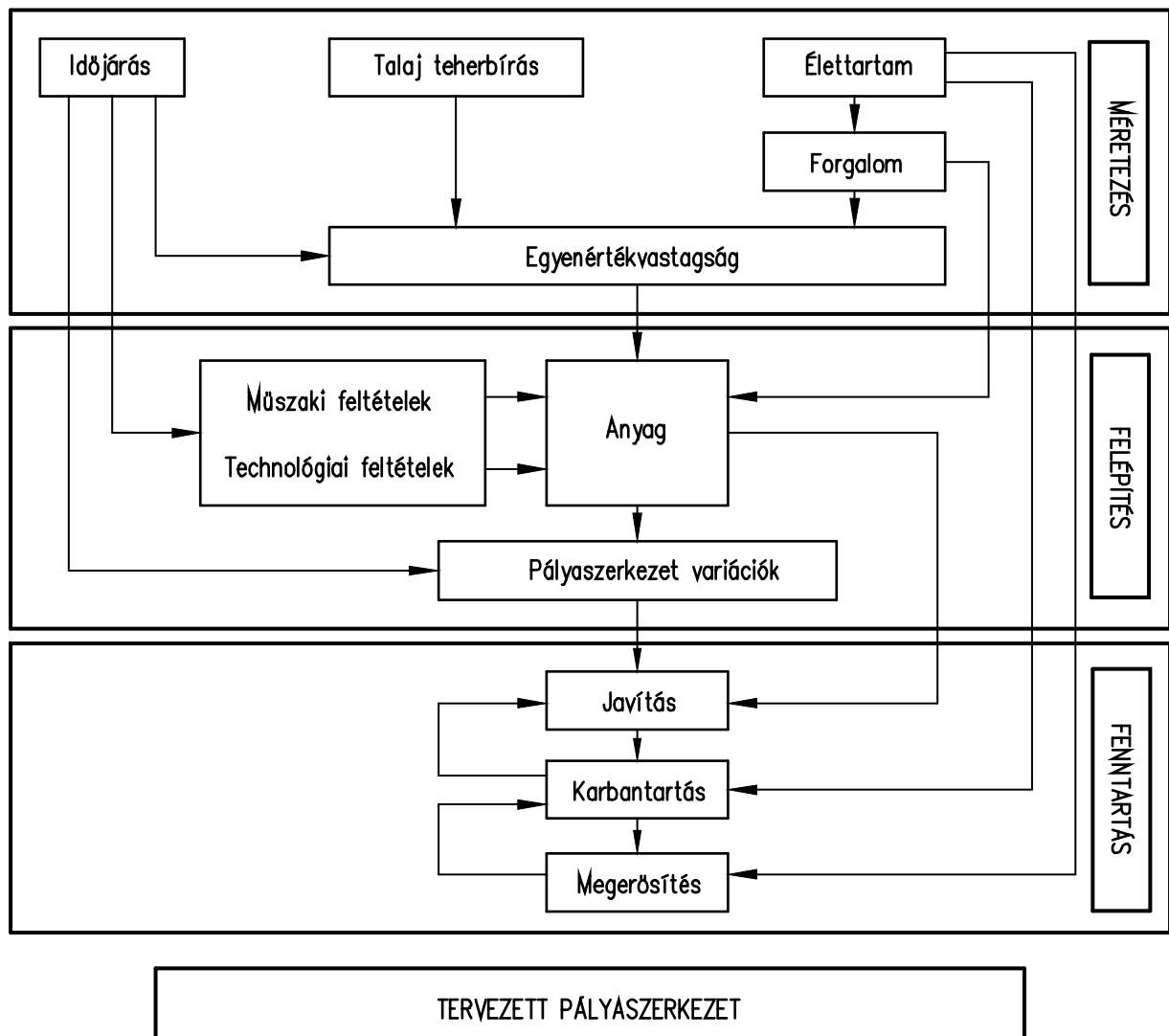
Méretezéskor a pályaszerkezet teherbírását határozzuk meg úgy, hogy az a forgalom terhelését az élettartam alatt elviselje. A leromlási folyamattal összhangban álló útfenntartási tevékenységre gyakorolt hatása miatt ebben a szakaszban az élettartam megválasztásának van különös jelentősége. A pályaszerkezet élettartamának végén a pályaszerkezetet egy méretezett réteg építésével kell megerősíteni, amely további méretezési feladatot jelent.

A pályaszerkezet felépítésének tervezésekor azt vizsgáljuk, hogy a rendelkezésre álló különböző anyagokból létrehozható-e műszakilag azonos értékű pályaszerkezet, figyelembe véve az eszközállomány és a technológia által szabott korlátokat. A tervezési folyamatnak ebben a szakaszában hozott döntések az építési költségeket befolyásolják alapvetően.

Az útfenntartás főbb beavatkozásainak számbavételekor felmérjük a javítási igényeket, kijelöljük a karbantartási ciklusokat és meghatározzuk a felújítás – megerősítés – várható időpontját. A karbantartási, felújítási ciklusokat alapvetően a tervezéskor meghatározott élettartam befolyásolja.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének tervezésekor tehát nem elég a pályaszerkezetet csupán teherbírásra méretezni, hanem törekedni kell az építési anyagok ésszerű kiválasztásával a meglévő gépparkhoz és technológiához alkalmazkodó, kis építési költségű pályaszerkezet variációkat tervezni, amelyek közül azt a változatot kell kiválasztani, amelynél az építési, forgalmi és fenntartási költségek összege az élettartam alatt a minimumot adják. A pályaszerke-

zetek ilyen szemléletű tervezése már nem egyszerű méretezés, hanem azt pályaszerkezet gazdálkodásnak tekinthetjük.



4.2-1. ábra. Erdészeti utak pályaszerkezetének tervezése

### 4.3. A hajlékony pályaszerkezetek méretezése teherbírásra

#### 4.3.1. A méretezési módszerekről általában

A hajlékony útpályaszerkezetek méretezésére alapvetően kétféle módszer alakult ki:

- a semiempirikus módszerek,
- a mechanikai alapokon álló módszerek.

A forgalom növekedésével merült fel az igény arra, hogy a pályaszerkezet vastagsága a forgalom és a földmű teherbírásával arányos legyen. Ebben az időszakban gyakorlati megfigyeléseken, nagyminta kísérleteken és elméleti alapokon nyugvó méretezési módszereket dolgoztak ki. Ezek a semiempirikus módszerek sok esetben még most is használhatók. Az igények és az igénybevételek növekedése miatt a méretezési eljárásokkal szemben támasztott követelmények is megváltoztak. A korszerű gépjárműforgalom igényeit gazdaságosan kielégítő pályaszerkezeteket ugyanis csak úgy lehet létrehozni, ha azok tervezését és méretezését elméletileg megalapozott mechanikai elvekre támaszkodva végezzük. Ennek a folyamatnak az eredmé-

nyeként alakultak ki a mechanikai alapú pályaszerkezet méretezési módszerek, amelyek ma jelentős fejlődés előtt állnak.

A mechanikai alapú méretezési módszerek a pályaszerkezetet rugalmasságtani alapon számítható szerkezetnek (többrétegű rendszereknek) fogják fel. Egy sor közelítéssel és egyszerűsítéssel a terhelés hatására az egyes rétegekben ébredő feszültségeket és alakváltozásokat a rétegekre jellemző anyagállandókkal számítják, majd méretezési kritériumok alapján méretezik, vagy ellenőrzik a pályaszerkezetet. Az összetett számításokat igénylő eljárás támogatására számítógépes programokat dolgoztak ki. Gondos előkészítő munkát kíván ennek a módszernek az alkalmazásánál az anyagállandók meghatározása, valamint a fáradási és deformációs jelenségek leírása. Azok az elméleti ismeretek és az ezeket igazoló laboratóriumi vizsgálatok, amelyek a mechanikai alapokon álló méretezési módszer kidolgozását és fejlesztését lehetővé tették, nagy hatást gyakoroltak a pályaszerkezet építésének technológiájára is.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének méretezéséhez jelenleg ezt a legkorszerűbbnek tekinthető eljárást még nem lehet, illetve nem célszerű felhasználni, mert:

- az erdészeti útépítésben gyakran kell felhasználni a költségcsökkentés érdekében nem szabványos alapanyagot, amelyek szilárdsági jellemzőit (modulusait) sem ismerjük, laboratóriumi meghatározásukra pedig még nincs kiforrott eljárás,
- az erdészeti utak építésénél a technológiai fegyelem alacsony, ezért, amennyiben bizonyos építési technológiát feltételezve az építőanyag jellemzőire laboratóriumban tudnánk is következtetni, azokat a feltételeket építés közben nem biztosítanak, tehát általában alulméreteznénk a pályaszerkezetet,
- a jelenleg kidolgozott elméletek és számítógépes programok módosítás nélkül nem alkalmasak az erdészeti gyakorlatban elterjedt pályaszerkezetek számítására.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének méretezésénél a mechanikai alapú módszer bevezetésével meg kell várni azt az időt, amikor ez a méretezési módszer a közúti gyakorlatban elterjed és ott kellő tapasztalat gyűlik össze. Ezeket saját tapasztalatainkkal összevetve kell kidolgozni az erdészeti utak sajátos viszonyainak megfelelő mechanikai alapú méretezési eljárást.

A semiempirikus módszerek nagyminta kísérletek matematikai statisztikai kiértékelésének eredményein alapulnak. Ezeket a kísérleteket valóság-hű körülmények között végezték úgy, hogy a kísérleti utak szakaszait a tönkremenetelig forgalommal terhelték. A semiempirikus alapon álló módszer kiforrott, áttekinthető, könnyen kezelhető, ezért széles körben elterjedt, de tovább ma már jelentősen nem fejleszhető eljárás. Ez az alapja a korábban alkalmazott és általánosan elterjedt Hajlékony Útpályaszerkezetek Méretezési Utasításának (HUMU) is, amelynek elveit az Erdészeti Utak Tervezési Irányelvei (EUTI) is átvett, beépítve az Erdészeti Szállítástani Tanszék irányításával végzett hazai kiegészítő kísérleteknek a tudományos eredményeit, amelyek alapján az erdészeti utak sajátos jellegét is figyelembe lehetett venni. Jelenleg az látszik célszerűnek, ha az erdészeti utak pályaszerkezetét továbbra is a semiempirikus eljárásra támaszkodva méretezzük, figyelembe véve azonban annak korlátait és az erdészeti utak sajátos forgalmi és építési viszonyait.

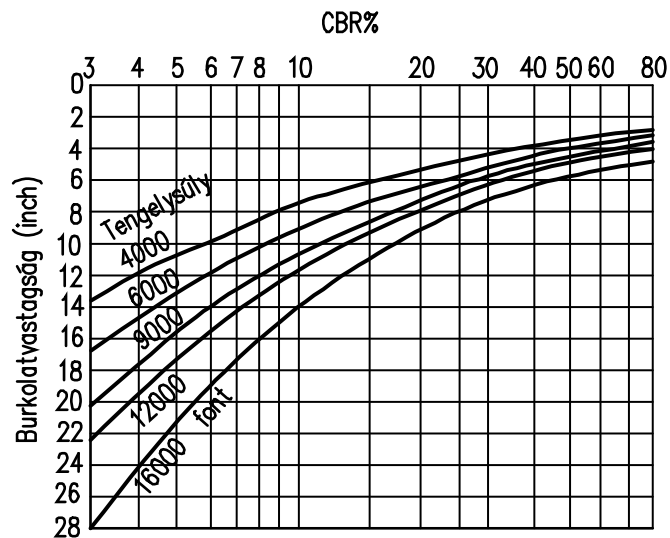
#### **4.3.2. A CBR alapú méretezési módszer**

Kezdetben az útpályaszerkezeteket szinte a forgalom nagyságától és a talaj teherbírásától függetlenül, közel azonos anyagból és azonos vastagságban építették meg. Tipikusan jellemző volt erre hazánkban a vízzel kötött (egyszerű) makadám-burkolat, amelyet sohasem méreteztek, a kisebb jelentőségű utakon vékonyabbra építették, de „szokásos” vagy „szabványos” vastagsággal, amiből csak ritkán tettek 5–8 cm-es vastagsági engedményt.

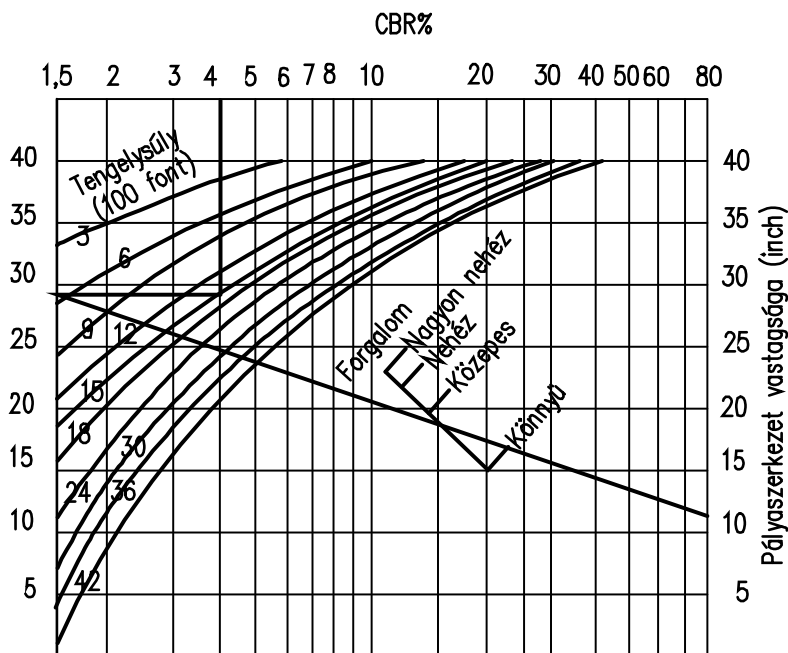
A zúzottkő pályaszerkezetek méretezésére az 1940-es években dolgoztak ki semiempirikus módszereket, amelyek közül leginkább a PORTER által bevezetett *CBR* módszer terjedt el, ami

sok tönkrement és bevált vastagságú burkolat adatának az elemzésén alapul. (A  $CBR\%$  a talaj relatív teherbírási jellemzője.)

A módszer kidolgozói abból a nyilvánvaló tényből indultak ki, hogy minél alacsonyabb a talaj teherbírási, annál vastagabb pályaszerkezet szükséges. A vastagság és a talajteherbírási közötti összefüggés egy parabolával közelíthető. Az egyetlen parabolával leírt összefüggést később kiegészítették úgy, hogy egy görbesereget adtak meg, ahol a paraméterként a mértékadó legnagyobb keréksúly szerepel. Ezzel egyszersmind érzékeltetni lehetett a forgalomnak, mint paraméternek a fontosságát, és hatását is (4.3-1. ábra).



4.3-1. ábra.  $CBR$  alapú méretezési görbék



4.3-2. ábra.  $CBR$  alapú méretezési nomogram

A fejlesztés további útját jelentette az, amikor a mértékadó keréksúllyal jellemzett görbesereget egy nomogramos korrekcióval egészítették ki úgy, hogy a könnyű, közepes és nehéz forgalom nagyságára is tekintettel lehetett lenni (4.3-2. ábra).

Ebből az időből származik FERGUS tapasztalati képlete is, amely szerint a szükséges zúzottkőréteg vastagsága fordítottan arányos a földmű  $CBR$ -ben kifejezett teherbírásával:

$$H = k \cdot CBR^{-0,6}$$

ahol:  $H$  = a zúzottkő réteg szükséges vastagsága

$k$  = állandó

$CBR \%$  = a talaj teherbírása

Különböző teherbírású altalajon a pályaszerkezet szükséges vastagsága számítható, ha ismert  $H_1$  rétegvastagság, amely kielégítően viselkedik a  $CBR_1$  teherbírású földművön.

Ekkor a  $CBR_2$  teherbírású földművön a pályaszerkezet szükséges vastagsága:

$$H_2 = H_1 \cdot \left[ \frac{CBR_1}{CBR_2} \right]^{0,6}$$

Ezek a pályaszerkezet méretezési módszerek kimondottan zúzottkő pályaszerkezetek méretezésére alkalmasak. A zúzottkő rétegre helyezett vékony aszfaltburkolatokat teherbírás szempontjából alig vették figyelembe, azok szerepét a portalanításban és az útfenntartási munkák hatékony csökkentésében látták.

#### 4.3.3. Az AASHO nagyminta kísérlet eredményein alapuló méretezés

Az empirikus pályaszerkezet-méretezési eljárások fejlődésére jelentős hatást gyakorolt az 1958–59 években végzett nagyszabású kísérlet, amelyet az USA-ban 800 millió dollár költséggel folytattak. Az „AASHO útkísérlet” néven ismert, sok tanulságot adó kísérletsorozat Illinois államban, Ottawa közelében, hazánkkal közel azonos klímájú területen, egyenletesen kis teherbírású földműre ( $CBR = 2,5\%$ ) épített pályaszerkezeteken valósult meg.

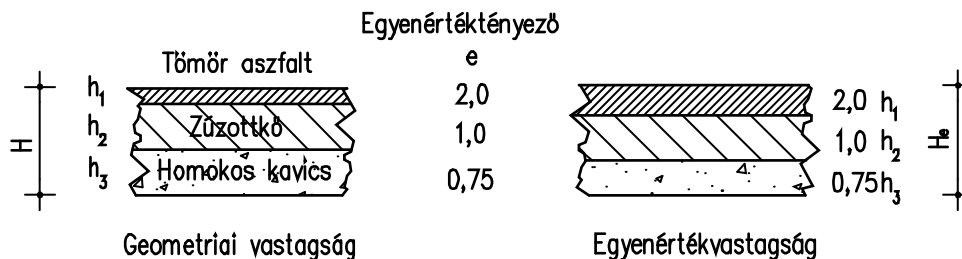
A 6 db, összesen mintegy 20 km hosszú, zárt hurokalakú, több sáv széles pálya 470-féle pályaszerkezetből épült meg. Ezek egységesen a földműre helyezett homokos kavics – zúzottkő – aszfalt rétegekből álltak. Azért, hogy a különböző rétegvastagsággal megépült pályaszerkezet variációkat teherbírás szempontjából egymással össze lehessen hasonlítani, mindegyik pályaszerkezetet egy olyan egyrétegű elméleti pályaszerkezetté alakították át, amely teherbírás szempontjából egyenértékű a vizsgált pályaszerkezettel és anyaga a középső réteget képező zúzottkő anyagával egyezik meg. A helyettesítő pályaszerkezet vastagsága, amelyet egyenértékvastagságnak nevezünk, a

$$H_e = 2,0 h_1 + 1,0 h_2 + 0,75 h_3$$

összefüggéssel számítható (4.3-3. ábra). (Dimenziója: egyenérték-centiméter, ecm.)

Az együtthatók – az egyenérték-tényezők – azt fejezik ki, hogy valamely réteg teherbírása hogyan viszonyul egy szabványos zúzottkőpálya teherbírásához. Az AASHO kísérletben ez azt jelenti, hogy 1 cm geometriai vastagságú tömör aszfaltréteg teherbírása (egyenérték-tényezője  $e_1 = 2,0$ ) megfelel 2 cm geometriai vastagságú zúzottkőrétegnek, ugyanígy az  $e_3 = 0,75$  egyenérték-tényező a homokos kavicsréteg esetében azt jelenti, hogy 10 cm vastag homokos kavicsréteg teherbírása 7,5 cm vastagságú zúzottkőréteg teherbírásával egyezik meg.





4.3-3. ábra. Egyenértékvastagság értelmezése az AASHO nagyminta kísérletben

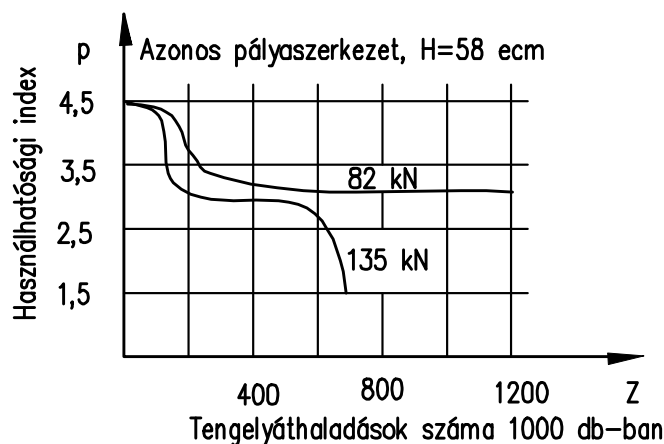
A forgalmat műforgalommal biztosították, amelyben:

- az egyes (solo) tengelyek 6 változatban (9 kN és 136 kN tengelyterhelés között),
- a kettős (tandem) tengelyek (tengelytáv kisebb 2,00 m) 4 változatban (109 kN és 218 kN tengelyterhelés között) szerepeltek.

Az egyes járművek csak a számukra kijelölt nyomon közlekedhettek, ezzel jól megfigyelhetővé vált a különböző tengelysúlyok hatása az azonos pályaszerkezeteken.

A pályaszerkezetek állapotát minden második héten értékelték, amelynek eredményeiből egy használhatósági indexet képeztek. A használhatósági index ( $PSI = p$ ) 4–5 közötti értéke kiváló állapotú, 1–2 közötti értéke tönkrement, igen rossz állapotú pályaszerkezetet jellemzett.

A kísérlet alapján jól meg lehetett ismerni a pályaszerkezetek elhasználódásának folyamatát (4.3-4. ábra). Példaként egy  $H_e = 58$  ecm egyenérték-vastagságú pályaszerkezetten a 135 kN tengelysúly hatása a következő: 150–200 ezer áthaladás után a  $p = 3$  értékre csökkent, mintegy 600 ezer áthaladáskor elérte a  $p = 2,5$ -öt, ami után rohamos romlás következett be és mintegy 640 ezer áthaladás után a  $p = 1,5$  tönkrement állapotot jelző értéket mutatott. Ugyanezen a pályaszerkezet-variáción a 82 kN súlyú tengely 200–300 ezer áthaladásának hatására a  $p = 3$  értékre változott, majd utána nem, vagy csak lassan csökkent.



4.3-4. ábra. A pályaszerkezet elhasználódásának folyamata

A pályaszerkezet tönkremenetele számos esetben úgy következett be, hogy a  $p = 2,5$  index elérése után a romlás rohamossá vált és hamar elérte a  $p = 1,5$  értéket, ezért a pályaszerkezet élettartamát azzal a tengelyáthaladási számmal jelzik, amely mellett a használhatósági index a még éppen elfogadható minőséget jelző  $p = 2,5$  értékig csökken.

#### 4.3.3.1. A pályaszerkezet elhasználódása és a forgalom

A kísérleti eredményeket regressziós analízissel értékelték ki. Keresték azt az összefüggést, amely megadja annak a pályaszerkezetnek a vastagságát, amely az adott talajviszonyok között ( $CBR = 2,5\%$ ) a  $T$  tengelysúlyú járművek  $Z$  áthaladási számát elviseli úgy, hogy közben a pályaszerkezet élettartama kimerül, amit a  $p = 2,5$  használhatósági indexszel jelölhető állapot jelent. A kapott regressziós vonal az esetek 50%-ában alulméretezéshez vezetett volna, ezért azt a szórásmező felső része felé tolták el úgy, hogy az esetek 97%-ában azt felülről burkolja. Így a forgalom és teherbírás viszonya:

$$H_{ez} = -52,00 + 14,00 \cdot \lg Z + 0,375 T$$

ahol:  $H_{ez}$  = a pályaszerkezet szükséges egyenérték-vastagsága

$T$  = a tengelysúly

$Z$  = a  $T$  súlyú tengelyek áthaladási száma

A valóságban különböző súlyú tengelyeken gördülő járművek vesznek részt a forgalomban, ami a méretezést ezzel a képlettel nehézkessé teszi. Ezért célszerűen a különböző súlyú tengelyeket egy egységnek választott súlyú (100 kN) tengely áthaladási számában kifejezni. A tengelyáthaladási szám jellemzésére ezért bevezették a 100 kN egységtengely áthaladás (100 kN e.t.á.) fogalmát, amely db számban azt fejezi ki, hogy a forgalomban résztvevő járművek összes tengelyáthaladási száma hány darab 100 kN e.t.á.-nak felel meg. A különböző súlyú tengelyeket tengelysúly átszámítási értékkel ( $b$ ) lehet 100 kN súlyú tengelyre átszámítani. A tengelysúly átszámítási érték megadja, hogy egy db  $T$  súlyú tengely áthaladása hány db 100 kN súlyú tengely áthaladásának felel meg. A tengelyátszámítás értéket ki lehet számítani, ha a  $H_e$  egyenérték-vastagságot a 100 kN súlyú és a  $T$  súlyú tengelyek áthaladási számaival is kifejezzük:

$$H_e = -52,00 + 14,00 \cdot \lg Z_{100} + 0,375 \cdot 100 = -52,00 + 14,00 \cdot \lg Z_T + 0,375 T$$

Innen:

$$14,00 \cdot (\lg Z_{100} - \lg Z_T) = 0,375 \cdot (100)$$

$$14,00 \cdot \lg \frac{Z_{100}}{Z_T} = 0,375 \cdot (100)$$

Elvégezve a

$$\frac{Z_{100}}{Z_T} = b$$

helyettesítést:

$$\lg b = 0,0268 \cdot (100)$$

vagy más alakban:

$$b = 10^{0,0268 \cdot (100)}$$

Ez az egyenlet egy negyedfokú, de még jobban egy hatodfokú parabolával közelíthető:

$$b \approx \left( \frac{T}{100} \right)^4 \approx \left( \frac{T}{100} \right)^6$$

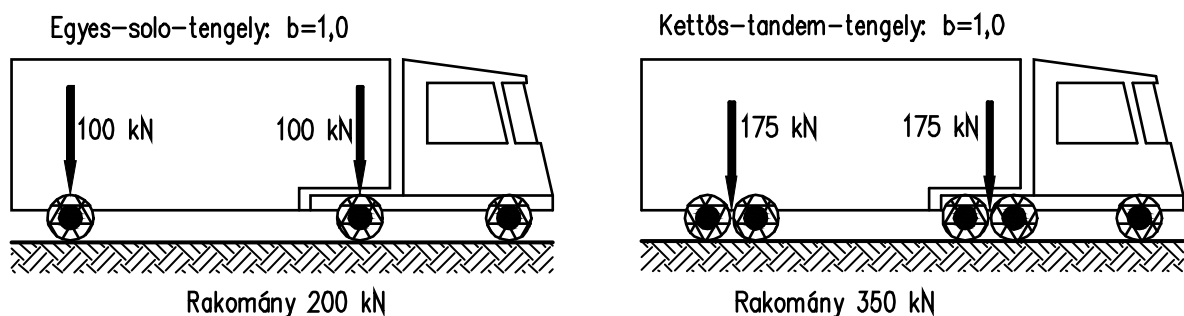
A tengelysúly átszámítási érték tehát közelítően a tengelysúly negyedik-hatodik hatványa szerint változik, ami azt jelenti, hogyha két tengely súlya közül az egyik kétszerese a másiknak, akkor az azonos fáradást okozó tengelyáthaladási számok között legalább  $2^4 = 16$ -szoros különbség van. (4.3-1. táblázat.) Hasonló regressziós egyenletet állapítottak meg a kettős (tandem) tengelyekre is:

$$b = 10^{0,01493 \cdot (T-5)}$$

A pályaszerkezet elhasználódása szempontjából a kettős tengely elrendezés lényegesen kedvezőbb, mert  $b = 1,0$  tengelysúly átszámítási értéke a 175 kN súlyú kettős tengelynek van. Ennek hatása úgy érzékelhető, hogy azonos elhasználódást okoz egy 200 kN összsúlyú egyes tengelyeken gördülő és egy 350 kN összsúlyú kettős tengelyeken gördülő nyergesvontatós tehergépkocsi (4.3.-5. ábra).

Egyes tengely (s) (solo)		Kettős tengely (t) (két tengely együtt)	
kN	<i>b</i>	kN	<i>b</i>
10	0,004	50	0,01
20	0,007	60	0,02
30	0,013	70	0,03
40	0,025	80	0,04
50	0,046	90	0,05
60	0,085	100	0,08
70	0,157	110	0,11
80	0,291	120	0,15
90	0,540	130	0,21
100	1,000	140	0,30
110	1,854	150	0,42
120	3,436	160	0,60
130	6,368	170	0,84
140	11,803	180	1,19
X		190	1,67
		200	2,36
		210	3,33
		220	4,70
		230	6,62
		240	9,34
		250	13,17
		260	18,58

4.3-1. táblázat. Tengelysúly átszámítási értékek



4.3-5. ábra. Azonos elhasználódást okozó tehergépkocsik

A pályaszerkezet szükséges egyenérték-vastagságát – az AASHO útkísérlet talajviszonyai mellett – ezután a 100 kN egység tengely áthaladást figyelembe véve úgy kapjuk, ha az eredeti képletbe a 100 kN-os tengelyekre vonatkozó értékeket helyettesítjük:

$$H_e = -52,00 + 14,00 \cdot \lg Z_{100} + 0,375 \cdot 100$$

az összevonásokat elvégezve és a:

$$Z_{100} = F_{100}$$

helyettesítést elvégezve a következő összefüggéshez jutunk:

$$H_e = -14,50 + 14,00 \cdot \lg F_{100}$$

ahol: az  $F_{100}$  az élettartam alatti forgalom nagysága 100 kN e.t.á. (db) kifejezve.

Az AASHO kísérletektől független régebbi – a FERGUS-tól származó CBR-módszer *Asphalt Institut* által módosított – tapasztalati összefüggés szerint a különböző teherbírású talajokon szükséges pályaszerkezetek vastagságai fordítva arányosak a talaj teherbírását jellemző CBR%-ok, 0,4-ik hatványával:

$$\frac{H}{H_1} = \frac{CBR_1^{0,4}}{CBR^{0,4}}$$

innen kifejezve:

$$H = H_1 \cdot \left( \frac{CBR_1}{CBR} \right)^{0,4}$$

A képletbe  $CBR_1$  helyébe az AASHO útkísérlet talajának teherbírását jelző  $CBR=2,5\%$ -ot,  $H_1$  helyébe az ilyen talajviszonyok mellett szükséges  $H_e$  értéket helyettesítve megkapjuk a hajlékony útpályaszerkezetek méretezésére szolgáló teljes összefüggést:

$$H_{esz} = (-14,5 + 14,00 \cdot \lg F_{100}) \cdot \left( \frac{2,5}{CBR\%} \right)^{0,4}$$

Ezzel a képlettel kiszámítható, hogy adott talajteherbírás mellett milyen egyenérték-vastagságú (teherbírású) pályaszerkezetet kell építeni ahhoz, hogy az a választott élettartam alatti forgalmat elviselje. A tervezés következő lépésében a pályaszerkezetet úgy kell felépíteni a különböző teherbírású és vastagságú rétegekből, hogy az a szükséges egyenérték-vastagságot elérje.

#### 4.3.3.2. A tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága, az egyenérték-tényező értelmezése

A tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagságát a rétegek geometriai vastagsága és a rétegek teherbírására jellemző egyenérték-tényezők segítségével lehet kiszámítani:

$$H_e = \sum_1^n h_i \cdot e_i$$

ahol:  $H_e$  = a tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága (ecm)

$h_i$  = az  $i$ -ik réteg valódi (geometriai) vastagsága (cm)

$e_i$  = az  $i$ -ik réteg anyagára jellemző egyenérték-tényező

$n$  = a pályaszerkezet rétegeinek száma

A forgalom, a talajteherbírás és az egyenérték-vastagság közötti kapcsolatot leíró összefüggés statisztikai korrelációs alapokon született, amely szorosan csak az AASHO kísérletben vizsgált pályaszerkezet-variációkra érvényes, feltételezve a

$$H_e = 2,0 h_1 + 1,0 h_2 + 0,75 h_3$$

összefüggést. A kísérlet maga csak igen korlátozott felvilágosítást adott arra, hogy a különböző anyagfajtákat milyen egyenérték-tényezővel lehet számításba venni. Nem áll rendelkezésünkre olyan elméleti és kísérleti úton alátámasztott eljárás, amellyel az AASHO kísérletekben nem használt (pl.: cementes talajstabilizáció) vagy az azóta elterjedt új anyagokra (pl.: pernye kötőanyagú alapok, drénaszfaltok stb.) az egyenérték-tényezőt meg lehetne határozni.

Az egyenérték-tényező értékének meghatározására 1965-ben a francia LPCP ideiglenes módszert dolgozott ki, amely a rétegmerevségek egyenlővé tételének elvén alapul.

Eszerint az egyenérték-tényező szilárdságtani értelmezése a következőképpen adható (4.3-6. ábra). Két hajlítás szempontjából egyenértékű réteg  $E \cdot I$  merevségének egyenlőnek kell lenni. Ezért legyen a két réteg szélessége  $a$ , az  $E_i$  rugalmassági modulusú réteg vastagsága  $h$ , az  $E_o$  rugalmassági modulusú jellemzett hajlítás szempontjából egyenértékű réteg vastagsága  $h_e = e_i h$ .

Felírható, hogy:

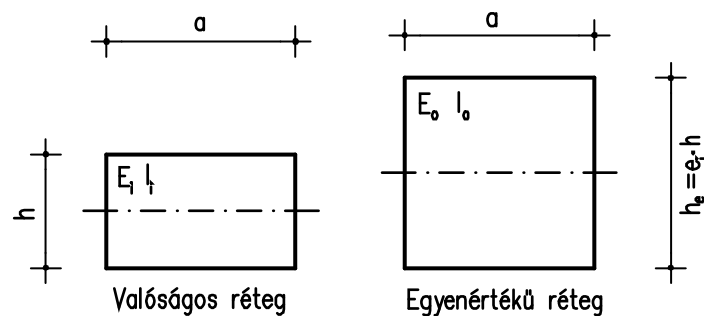
$$E_i \cdot I_i = E_o \cdot I_o$$

$$E_i \cdot \frac{a \cdot h^3}{12} = E_o \cdot \frac{a \cdot (e_i \cdot h)^3}{12}$$

innen az egyenérték-tényező:

$$e_i = \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_o}} = \sqrt[3]{\frac{E_i}{500}}$$

- ahol:
- $e_i$  = vizsgált réteg egyenérték-tényezője
  - $E_i$  = a vizsgált réteg rugalmassági modulusa ( $\text{MN/m}^2$ )
  - $E_o$  = az összehasonlító réteg rugalmassági modulusa (Esetünkben pl. a zúzottkő rétegre vonatkozó  $500 \text{ MN/m}^2$ )



4.3-6. ábra. Az egyenérték-tényező szilárdságtani értelmezése

Ez a módszer a gyakorlatban nem terjedt el, mert még ma sem teljesen tisztázott, hogy:

- hogyan mérjük a rugalmassági modulusokat?
- mitől függ a modulus nagysága?

(Pl.: az aszfaltoknál használt  $e = 2,0$  egyenérték-tényezőnek  $E = 400 \text{ MN/m}^2$  rugalmassági modulus felel meg, amit az aszfalt minőségétől összetételétől és a hőmérséklettől függetlenül

használunk a teherbírás jellemzésére.) Az egyenérték-tényező ilyen értelmezése mégis fontos állomást jelentett, mert utat mutat a mechanikai alapú pályaszerkezet méretezési eljárások felé, ahol az anyagjellemzőkkel összefüggő problémák továbbra is fennállnak.

Az egyenérték-tényezőket a hazai gyakorlat számára egy bizottság alakította ki, amely a behajlásmérésekben nagy tapasztalatokkal bíró kutatók reális mérlegelésén alapuló véleményének összegzésén alapul. Az egyenérték-tényezők kialakításának alapja az AASHO útkísérletben használt egyenérték-tényezők voltak, amelyekhez viszonyították az egyes pályaszerkezetek teherbírását. A viszonyítás alapja a széleskörű szakmai áttekintésen alapuló reális szakmai becslésen kívül a hazai pályaszerkezetépítési módszerek és tapasztalatok voltak, amelyeket befolyásolt az egyes rétegek preferálandó vagy kevésbé értékes volta.

A réteg megnevezése	Egyenérték-tényező (e <sub>i</sub> )	Építhető vastagsági határok (cm)
Öntött aszfalt	2,2	3–4
Aszfaltbeton (AC kopó)		2–6
Kötőréteg (AC kötő)		2–9
Meleg bitumenes alap (AC alap F)	2,0	3–12
Meleg bitumenes alap (AC alap)	1,8	4–12
Kevert aszfaltmakadám (KM-60, KM-120)		3–15
Emulziós aszfalt	1,6	5–15
Cementtel stabilizált homokos kavics gépben keverve (CK <sub>i</sub> )	1,2	10–25
Kötőzúzalékos aszfaltmakadám (Köt-35, Köt-60, Köt-5, Köt-7a/7b/7c)	1,0	5–6–7
Itatott aszfaltmakadám (It-90, It-5, It-7, It-7F)		5–6–7
Folytonos szemeloszlású zúzottkő alap (FZKA)		10–25
Cementtel stabilizált homokos kavics helyszínen keverve (CK <sub>h</sub> )		10–25
Cementtel stabilizált talaj gépben keverve (CT <sub>i</sub> )		10–25
Granulált kohósalak, pernye kötőanyagú homokos kavics gépben keverve		10–25
Egyszerű (vízzel kötött) makadám burkolat (EM)		0,7
Durva zúzottkő alap (DZK)	12–25	
Cementtel stabilizált talaj helyszínen keverve (CK <sub>h</sub> )	12–25	
Granulált kohósalak, pernye kötőanyagú homokos kavics helyszínen keverve	12–25	
Bitumenes talajstabilizáció (SB)	12–25	
Mechanikai stabilizáció (M56, M80)	10–25	
Osztályozatlan zúzottkő alap (OZKA)	0,6	10–25
Mechanikai stabilizáció (M22)	0,5	10–25
Meszes talajstabilizáció (SME)		10–25
Kavicsos homok, homokos kavics	0,3–0,5	10–20
Mésszel kevert védő talajréteg		10–20

4.3-2. táblázat. Új pályaszerkezeti rétegek tervezési egyenérték-tényezői

Az egyenérték-tényezők kialakításakor felhasználták mindazokat a tapasztalatokat is, amelyeket a billenőkaros behajlásmérővel végzett országos felmérés során a kutatók összegyűjtöttek az egyes rétegek szerepéről a teherelosztásban. (Magyarország – Hollandia mellett – Európában elsőként mérte fel úthálózatának jelentős részét teherbírás szempontjából az 1960-as évek elején. Ennek tapasztalatait használták fel az egyenérték-tényezők megállapításánál.) (4.3-2. táblázat)

Az egyes pályaszerkezeti rétegekre kialakított egyenérték-tényezőt a következő indokkal hozták létre:

Az aszfaltbeton 2,2 egyenérték-tényezője a technológiai fontosságát emeli ki szimbolikusan, ami nem veszélyezteti a biztonságot, mert az AASHO kiértékelések kiemelik, hogy az átlagosan jó aszfaltra figyelembevett 2,0 érték igen nagy biztonságot tartalmaz, de hozzásegít ahhoz, hogy ez a kopóréteg elterjedjen.

Az alapanyag felhasználása szempontjából kevésbé szigorú előírások szerint készített meleg aszfaltok (meleg bitumenes alapok) egyenérték-tényezője 1,8 amit az AC alap (F) jelű választéknál 2,0 értékre emeltek a kőváz nagyobb zúzott rész aránya miatt.

Az  $e = 1,0$  egyenérték-tényezőjú folytonos szemeloszlású, keverőgéppel az optimális víztartalom beállításával megkevert zúzottköréteg hazánkban nem terjedt el. Feltehető azonban, hogy az ennél nagyobb hézagtartalmú, de bitumen kötőanyagot tartalmazó aszfaltmakadámok teherviselő és elosztó képessége ezzel azonos lehet.

A nagy hézagtartalmú zúzottkő alapokat az AASHO iszapmentes homokos kavicsával vették azonosnak. Az egyenérték-tényező ezért kellő biztonsággal 0,7.

A helyszíni talaj felhasználásával készülő cementes talajstabilizáció teherbírását szintén 0,7 értékben határozták meg, mert ez az összeropedező réteg egy jól kiékelt zúzottkő-réteghez hasonló. A homokos kavicsból készített, kevert cementstabilizáció és a sovány beton egyenérték-tényezőit jobb teherelosztása miatt 1,0–2,0 érték között helyezték el.

A hazai magas iszaptartalmú kavicsok, a meszes és bitumenes talajstabilizáció teherbírását a 0,5-ös egyenérték-tényezővel jellemezték.

#### 4.3.3.3. Az AASHO kísérlet eredményei a méretezésre

Az AASHO útkísérletek eredeti célja az volt, hogy az úthasználati díjakat az elhasználódást előidéző rongálásokkal arányosan állapítsák meg. A pályaszerkezet leromlásáról gyűjtött óriási adathalmaz feldolgozása azonban a pályaszerkezet tervezésben hasznosult. A kidolgozott méretezési módszeren kívül még több fontos eredményt hozott:

- jól leírja a pályaszerkezetek állapotváltozásának folyamatát;
- megbízható eredményt ad a nehéz járművek hatásáról a  $p = 2,5$  illetve a  $p = 1,5$  szintekkel jellemzett élettartamra;
- bizonyította, hogy a leromlást a nehéz tengelyek forgalma okozza hatványozottan;
- felhívta a figyelmet arra, hogy a könnyű tehergépkocsik és a személygépkocsik rongáló hatása teljesen elhanyagolható;
- bizonyította, hogy a forgalom egységtengety áthaladásokra átszámítható;
- kialakított egy olyan méretezési elvet, amely szerint a réteges felépítésű pályaszerkezet az anyagok tulajdonságait figyelembe véve átszámítható egy egyenértékű egyréteges pályaszerkezetté;
- kezdettől fogva eredményesen használható módszert adott a hajlékony pályaszerkezetek méretezésére, különösen a  $CBR = 2-4\%$  körüli talajteherbírásra.

Az AASHO kísérlet tapasztalatait felhasználó méretezési módszer széles körben elterjedt, mert:

- a valóságot jól tükröző, reális eredményeket ad, különösen, ha a kísérlet körülményeihez közelítünk,
- a tervezés áttekinthetően, egyszerűen, gyorsan elvégezhető,
- ismert útépitési anyagok mellett megbízható pályaszerkezetek hozhatók létre.

A kedvező tapasztalatok ellenére fel kell hívni a figyelmet arra, hogy

- a módszer mechanikailag nem megalapozott,
- általánosítására alig van lehetőség,
- új anyagokkal nem ad egzakt megoldást.

#### 4.3.4. A hajlékony pályaszerkezetek méretezése az erdészeti utakon

A hajlékony útpályaszerkezetek méretezésére kidolgozott hazai módszer alapja is az AASHO útkísérlet volt, amelynek eredményeit a hazai viszonyokra adaptálták. Azért esett a választás erre a módszerre, mert az adott időszakban – 1971-ben – ennél biztonságosabb, bizonyos elvi-gyakorlati megalapozottsággal rendelkező, egyszerű módszer nem állt rendelkezésre. A köz-utak hajlékony pályaszerkezeteit ettől kezdve a Hajlékony Útpályaszerkezetek Méretezési Utasítása (HUMU) alapján méretezték. (A közútépítésben jelenleg a mechanikai alapokon kidolgozott típus pályaszerkezeteket alkalmaznak.)

Az erdészeti utak hajlékony pályaszerkezetének méretezésére abban az időben általánosan elterjedt módszer nem állt rendelkezésre. Célszerűnek látszott, hogy a HUMU jól áttekinthető, egyszerű módszere alapján méretezzük az erdészeti utak pályaszerkezetét is. Indokolta ezt az is, hogy ezeken az utakon a pályaszerkezet hasonlít az AASHO kísérletben vizsgáltakhoz. Felmerült azonban a kétség, hogy az erdészeti utak sajátos forgalmi viszonyai nem jelentenek-e olyan eltérést, ami a HUMU változatlan használatát elviekben is korlátozná. Az erdészeti utak élettartam alatti forgalma ugyanis megegyezik a kisforgalmú közutak forgalmával, vagy annál jóval kisebb. Ez a forgalom nem egyenletesen, hanem forgalmi csúcsokban jelentkezik, közben a forgalom gyakorlatilag elhanyagolható. Felmerült a kérdés:

Érvényes-e a korrelációs számítással meghatározott eredeti regressziós vonal az erdészeti utak kis forgalmára?

A forgalmi csúcsok közötti kíméletes forgalom – „pihentetés” – hatására nem lép-e fel javulás a teherbírásban, különösen a lágyabb bitumen felhasználásával készülő pályaszerkezetekben?

Ennek a felvetésnek jogosságát alátámasztja egyrészt az, hogy az AASHO kísérleteken alapuló méretezési összefüggéssel helyesen méretezett pályaszerkezetek nagyobb forgalmat viselnek el, mint a feltételezett, másrészt az, hogy a laboratóriumi aszfaltfárasztási kísérletek közben a beépített szünetperiódusok alatt a próbatestek regenerálódtak és merevségük megközelítette a kiinduló merevséget.

Annak tisztázására, hogy

- a regressziós vonal érvényessége kiterjeszhető-e az erdészeti utak forgalmi viszonyaira,
- a „pihentetés” valóban kedvező hatású-e,
- a nagy teherbírású fagyveszélytelen talajokon épülő vékony pályaszerkezetek kis forgalom hatására bekövetkező állapotváltozását meg lehessen állapítani,

egy NDK (Német Demokratikus Köztársaság) és magyar kutatási együttműködés keretében az Erdészeti és Faipari Egyetem (EFE) Erdészeti Szállítástani Tanszékének koordinálásával egy kísérleti út épült, amely nagyminta kísérletek végzésére alkalmas volt.

Az 1,7 km hosszú út futóhomokon épült, 6,00 m burkolatszélességgel, 72 db pályaszerkezet-variáció vizsgálatát lehetővé téve (egy szakasz mérete 3×45 m volt). A pályaszerkezetet 11417 db egység tengely áthaladásának megfelelő műforgalom terhelte, 15503 db IFA és 8627 db Skoda áthaladás formájában. A pályaszerkezetek jelentős részének ilyen terhelés hatására tönkrek kellett volna menni, ami azonban nem következett be. Bár számszerű eredményt a kísérlet korai befejezése miatt nem kaptunk, mégis van néhány olyan megfigyelés, amit a kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezésekor és tervezésekor fel lehet használni:

Kimutatható, hogy a méretezési összefüggéssel a kisebb forgalmú tartományban a pályaszerkezeteket kissé túlméretezzük.



Bizonyítást nyert, hogy a méretezési utasításban előírt 20 ecm minimális pályaszerkezet vastagság túlzott, azt a kisforgalmú erdészeti utak esetében 10 ecm-re lehet csökkenteni.

Feltételezhető a kísérleti eredmények alapján, hogy a kísérleti területen lévő futóhomokból készült földmű 20 CBR%-nál nagyobb teherbírással rendelkezik, ezért célszerű lenne az eddig figyelembe vehető legnagyobb 20 CBR%-os talaj-teherbírás értékét 30%-ra emelni, alkalmazását azonban talajmechanikai vizsgálatokhoz kötni.

Az erdészeti utakon alkalmazhatók olyan, a klasszikus felépítésnek ellentmondó, de műszakilag megfelelő pályaszerkezetek, amelyek költségmegtakarítást jelentenek.

Felhívja a figyelmet arra, hogy a félmerevnek tekinthető cementstabilizációs réteget is tartalmazó pályaszerkezetek méretezésére ezt a módszert csak finomításokkal lehet használni.

Felveti a kérdést, hogy a mértékadó behajlások alapján számítható forgalomnagyság valóban jól jellemzi-e a pályaszerkezet várható élettartamát. Feltételezhető, hogy az így számított és megengedhető forgalomnak tekinthető tengelyáthaladásokat a pályaszerkezetek nem viselik el, azok hamarabb tönkremennek. (Ennek becslésére azonban még nincs jobb módszerünk.)

A kísérleti úton folyó mérések alapján jelentős tapasztalatot szereztünk a vékony útpályaszerkezetek állapotértékelésében.

Kiderült, hogy a behajlási teknő görbületi sugarának változása jól jellemezheti a pályaszerkezet további élettartamát, azonban ehhez a mérési módszert finomítani és néhány elméleti alapot tisztázni kell.

Eredménynek tekinthetjük azt is, hogy a vékony útpályaszerkezetek behajlási teknőjének kiterjedéséről képet kaptunk, aminek eredményeként úgy módosítottuk a használt behajlásmérőnket, hogy annak tartószerkezete a terheléstől távolabb, a behajlási teknőn kívülre került. (Későbbi összehasonlító vizsgálataink is bizonyították megállapításunk helyességét.)

Az elméleti megállapítások, a kísérleti eredmények és a gyakorlati megfigyelések alapján az erdészeti utak hajlékony pályaszerkezetének méretezésére vonatkozó szabályokat a következőképpen foglalhatjuk össze:

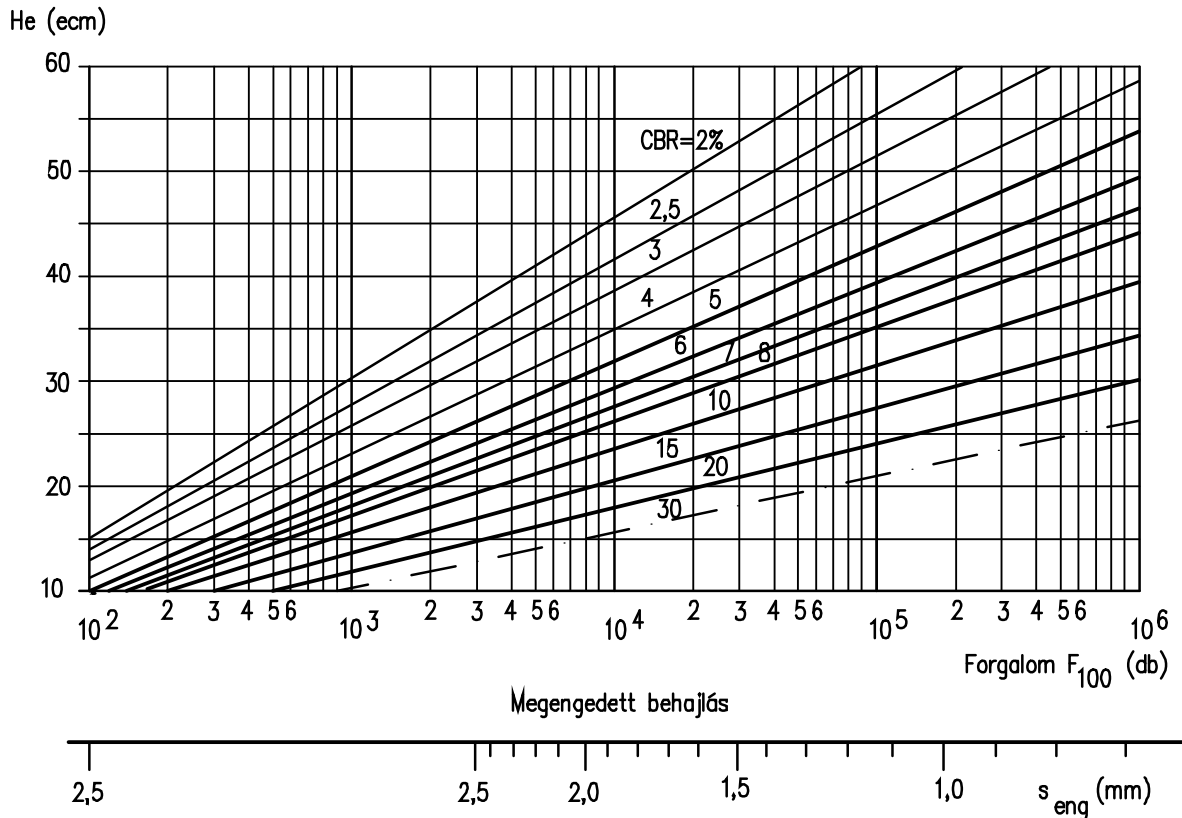
Az erdészeti utak hajlékony pályaszerkezetének egyenérték-vastagságát:

$$H_e = (-14,5 + 14,00 \cdot \lg F_{100}) \cdot \left( \frac{2,5\%}{CBR\%} \right)^{0,4}$$

Összefüggéssel állapítjuk meg annak figyelembevételével, hogy az egyenérték-vastagság 10 ecm-nél kisebb nem lehet ( $H_{emin} = 10$  ecm) és figyelembe vehető legnagyobb talajteherbírás  $CBR_{max} = 30\%$ . A 20 CBR%-nál nagyobb talajteherbírást célszerű laboratóriumi vizsgálatokkal indokolni.

Az összefüggés csak a hajlékony pályaszerkezetek méretezésére használható megalapozottan. Hajlékonynak tekintjük a pályaszerkezetet akkor, ha az legalább egy bitumen kötőanyagú réteget tartalmaz és nincs benne soványbeton, vagy ezt meghaladó szilárdságú réteg. Amennyiben a tervezett pályaszerkezet ennek a feltételnek nem felel meg, de egyéb módszer hiánya miatt a méretezést mégis így végezzük, a kapott eredmény megbízhatóságát egy megalapozott becslés megbízhatóságával vehetjük azonos értékűnek.

A méretezésre használt numerikus alapösszefüggést diagram formájában szokták megadni; ami szemléletes képet ad az egyes paraméterek hatásáról és egyszerűbbé teszi a szükséges pályaszerkezetvastagság meghatározását (4.3-7. ábra).



4.3-7. ábra. Méretezési diagram

#### 4.3.5. A tervezési paraméterek hatása a pályaszerkezet vastagságára

A pályaszerkezet tervezett egyenérték-vastagsága az ismertett összefüggés szerint a számításba vett forgalom nagyságától és a földmű teherbírásától függ. A tervezés szempontjából érdekes következtetésekre juthatunk, ha megvizsgáljuk azt, hogy ezek a tervezési paraméterek milyen hatással vannak a pályaszerkezet egyenérték-vastagságára.

A forgalomban résztvevő különböző típusú és ezért különböző tengelysúlyú járművek forgalmát 100 kN-os egységtengety áthaladásra számítjuk át. Ismert az is, hogy a pályaszerkezet rongálódása arányos a tengelysúly növekedésének 4–6. hatványával. A tengelyátszámítási tényezők ilyen rohamos változása azonban nem jelenti egyben a pályaszerkezet vastagságának hasonló növekedését. A pályaszerkezet egyenérték-vastagsága ugyanis a forgalom logaritmusával arányos egyenesen, tehát a forgalom növekedésének a hatása erősen csillapítva érvényesül. Jól érzékelhetjük ezt a méretezési diagramon, ha megfigyeljük, hogy azonos talajteherbírás mellett hogyan változik meg a szükséges egyenérték-vastagság a forgalom (tengelyáthaladási szám) egy nagyságrendű (10-szeres) változása hatására. Azt tapasztaljuk, hogy a nagyobb forgalom csak néhány egyenérték cm vastagítást kíván, ami tehát a beruházási költségeket nem emeli meg jelentősen. Egyenletes forgalmat feltételezve ez azt is jelenti, hogy az út élettartamának jelentős (példánkban 10-szeres) emelése viszonylag kis beruházási költségtöbblettel megvalósítható. A forgalomelemzés elvégzésekor tehát egy olyan reálisan hosszú időszakot figyelembe véve kell a forgalmat megállapítani, amelyre azt biztonságosan számítani tudjuk. (Ez az időszak nagyjából 20 év lehet, de Svájcban a javasolt élettartam 40 év.) Alapvetően hibás szemlélet tehát az, amikor költségcsökkentést célzó „fokozatos kiépí-

tésre” hivatkozva rövid tervezési élettartamot veszünk figyelembe. Az élettartam kedvező hosszát egy átgondoltan kialakított pályaszerkezet-gazdálkodási politikának megfelelően kell meghatározni, összhangban a fakitermelési munkák gyakoriságával és időbeni elhúzódásával.

A földmű teherbírásának hatását a pályaszerkezet vastagságára szintén a méretezési diagramon érzékelhetjük jól. Közepes forgalmi kategóriát feltételezve (pl. 10000 db egységtengelyáthaladást az élettartam alatt) a *CBR*%-ban bekövetkező 1%-os változás (pl. *CBR* = 6%-ról *CBR* = 5%-ra csökkenő talajteherbírás) megközelítően ugyanakkora pályaszerkezet vastagítást igényel, mint amikor a forgalmat (illetve ezzel együtt az élettartamot) kétszeresére növeljük. A földmű teherbírásának megállapítása ezért nagy gondosságot igényel és azt egy reális és egyben biztonságos értékben kell meghatározni. Rendkívül fontos, hogy a megépült földmű teherbírása is érje el ezt az értéket. Alapvető fontosságú ebből a szempontból az, hogy építés közben biztosítsuk a kellő tömörséget és megakadályozzuk a földmű elázását. Feltétlenül olcsóbb a szakszerű tömörítést elvégezni, mint a pályaszerkezetet indokolatlanul vastagabbra építeni, vagy annak korai tönkremenetele miatt a pályaszerkezetet újjáépíteni.

Fontossága miatt összefoglalva az előző gondolatokat, megállapíthatjuk:

A tervezési forgalom nagyságát egy reálisan hosszú élettartam figyelembevételével kell megállapítani, mert a rövid élettartam alapján megállapított alacsonyabb forgalomra tervezett pályaszerkezet nem lesz jelentősen vékonyabb és ezzel együtt olcsóbb;

A földmű teherbírását egy reálisan magas értéken kell megállapítani, ami még kellően biztonságos, és amit a földmű építésekor is biztosítani lehet.

#### **4.3.6. A tervezési paraméterek meghatározása**

##### **4.3.6.1. A tervezési forgalom**

Az erdészeti utak nehéz forgalmát különböző forgalomkeltő hatások generálják. A legjelentősebb ezek közül az erdőhasználat, amely az üzemtervek előírásai szerint kitermelt faanyag szállításával kelti a forgalmat. A munkásszállítás és a turizmus forgalomkeltő hatása számunkra csak akkor érdekes, ha azt autóbusszokkal bonyolítják le. (A személygépkocsikat és könnyű tehergépkocsikat kis tengelysúlyuk miatt a forgalomelemzésben nem vesszük figyelembe az ismert okok miatt.)

A teherbírásra történő méretezésekor az a célunk, hogy olyan pályaszerkezetet tervezzünk, amely az élettartam alatti forgalmat elviseli. A pályaszerkezet teherbírását ezért az élettartam alatt áthaladó forgalommal jellemezhetjük, amelyet 100 kN-os egységtengely áthaladásban fejezünk ki. Meg kell tehát először határozni a tervezési élettartamot, majd ennek ismeretében a keletkező szállítási feladatokat és a figyelembe vehető szállítójárművek típusát kell számba venni.

A pályaszerkezet tervezett „*t*” tervezési élettartamát a területen folytatott fahasználati munkák időbeni elhúzódása, illetve gyakorisága, valamint a később ismertetett pályaszerkezet gazdálkodási elvek alapján kell meghatározni. (Ez utóbbi esetben azt kell mérlegelni, hogy hosszabb időszakot érdemes-e figyelembe venni, vagy jobb rövidebb időszakra tervezni, számításba véve a pályaszerkezet korábbi megerősítésének szükségét is. Előzetesen megállapíthatjuk, hogy a tervezési élettartamot 10–20 év között célszerű felvenni.) A tervezési időszak forgalmát a gazdálkodási tervek (üzemtervek, erdőtervek stb.) alapján lehet kiszámítani, mert a mértékadó nehézforgalom keltésében alapvetően az erdőgazdálkodással összefüggő szállítási feladatok játszanak szerepet, amelyben döntő az erdőhasználat közben kitermelt faanyag szállítási igénye.

A forgalomelemzés lépései a következők:

- a tervezési élettartam megállapítása,
- a tervezett út gravitációs körzetének lehatárolása (anyagmozgatási tervek, feltárási alaptervek és tapasztalat alapján),
- az élettartam alatt leszállítandó fatérfogat meghatározása,
- a szállítójárművek vagy szerelvények jellemzőinek felderítése, amelyek: a szállítmány súlya ( $1 \text{ m}^3 \approx 10 \text{ kN}$ ), tengelysúlyok (üresen, rakottan) és ezek értékei 100 kN-os e.t.á.-ban kifejezve ( $b$ )
- járműtípusonként az általuk leszállított fatömeg a tervezett élettartam alatt.

A leszállítandó fatömeg és a szállítást végző gépjárművek típusának ismeretében meg tudjuk határozni a szállítójárművek fordulóinak számát típusonként, ehhez hozzáadva az egyéb forgalomkeltő hatásokból eredő fordulók számát megkapjuk az élettartam alatt teljesített fordulók összes számát szállítójármű típusonként:

$$N_j = \frac{Q_j}{q_j} + n_j$$

- ahol:  $N_j$  = a  $j$ -ik szállítójármű fordulóinak száma a „ $t$ ” tervezési időszak alatt (db)  
 $Q_j$  = a  $j$ -ik szállítójárművel leszállított összes fatömeg (kN)  
 $q_j$  = a  $j$ -ik szállítójármű raksúlya (kN)  
 $n_j$  = a  $j$ -ik szállítójármű egyéb fordulóinak száma (db)

A szállítójármű műszaki adatai alapján kiszámítható egy forduló forgalom terhelése 100 kN egységtengeleyáthaladásban:

$$f_{100j} = \sum_1^n b_{iü} + \sum_1^n b_{ir}$$

- ahol:  $f_{100j}$  = a  $j$ -ik szállítójármű egy fordulója 100 kN e.t. áthaladásban  
 $n$  = a  $j$ -ik szállítójármű tengelyeinek száma  
 $b_{iü}$  = az üres szállítójármű  $i$ -ik tengelyének súlyához tartozó tengelysúlyátszámítási érték  
 $b_{ir}$  = a rakott szállítójármű  $i$ -ik tengelyének súlyához tartozó tengelysúlyátszámítási érték

A  $b_i$  értéket a tengelysúlyok függvényében az 4.3-1. táblázat tartalmazza külön egyes- és kettőtengelyekre vonatkoztatva. (Kettőtengelynek vehető az a két egymást követő tengely, melyek távolsága 2,0 m-nél kisebb.) A fordulók száma és az egy forduló által okozott hatás ismeretében a mértékadó forgalom:

$$F_{100} = \sum_1^m N_j \cdot f_{100j}$$

- ahol:  $F_{100}$  = a tervezési időszak forgalma 100 kN e.t. áthaladásban, amit mértékadó forgalomnak tekintünk  
 $m$  = a szállítójárművek típusának száma

A mértékadó forgalom számításának másik módszere szerint minden gépjárműfordulót először fatömegben fejezünk ki:

$$Q_j' = Q_j + n_j \cdot q_j$$

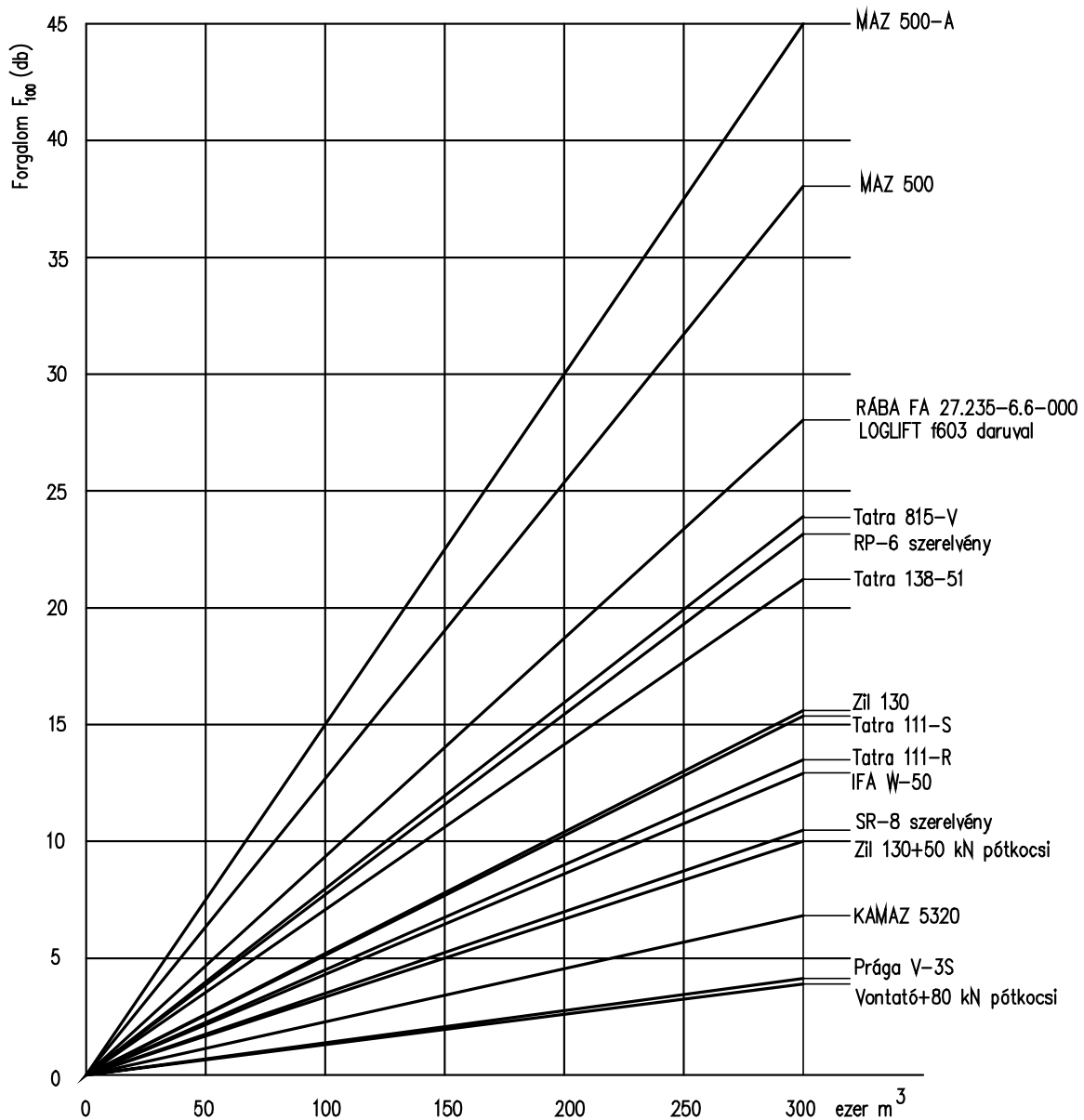
Ahol  $Q_j$  az élettartam alatti forgalommal leszállított fatömeg. Ezt a fatömeget forgalomterhelésre kell átszámítani úgy, hogy kiszámítjuk az adott j típusú szállítójármű egy fordulójában leszállított fatömeg  $1 \text{ m}^3$ -re eső fajlagos forgalomterhelést, vagyis:

$$T = \frac{f_{100}}{q}$$

ahol  $T$  a fajlagos forgalomterhelés (db  $100 \text{ kN e.t.}\dot{\text{a.}}/\text{m}^3$ )

A mértékadó forgalom:

$$F_{100} = \sum_1^m Q_j' \cdot T_j$$



4.3-8. ábra. A különböző járművekkel leszállított fatömeg forgalomterhelése

Az összefüggés alapján készített diagram segítségével a mértékadó forgalmat egyszerűen meg lehet állapítani, ha az egyes szállítójárművekkel szállított fatömegekhez tartozó forgalmakat összegezzük (4.3-8. ábra).

A diagram egyben jól szemlélteti azt is, hogy azonos fatömeg szállítása különböző típusú szállítójárművel milyen jelentős különbséget okozhat a forgalomterhelésben. A szállítójárművekre jellemző görbék esését a  $T$  fajlagos forgalomterhelés határozza meg, ezért ezt az értéket jól felhasználhatjuk a szállítójárművek jellemzésére.

A fajlagos forgalomterhelés alapján az a szállítójármű a kedvezőbb, amelynél ez az érték alacsony, mert ugyanannyi faanyag leszállításánál keletkező kisebb terhelés a pályaszerkezetet is jobban megkíméli. Különösen fontos ennek a mutatónak az értékelése akkor, amikor az erdőgazdaság új szállítójárműveket állít forgalomba, mert az – azonos szállítási feladatot feltételezve – növelheti vagy csökkentheti a pályaszerkezetek terhelését, ami egyben gyorsíthatja vagy lassíthatja a tönkremenetel folyamatát is. (A típusváltás hatásának elemzésére a későbbiekben még visszatérünk.)

#### 4.3.6.2. A földmű tervezési teherbírása

A földmű tervezési teherbírását jellemző  $CBR\%$  értékét meghatározhatjuk

- táblázatokból (4.3-3. táblázat),
- laboratóriumi vizsgálatokkal.

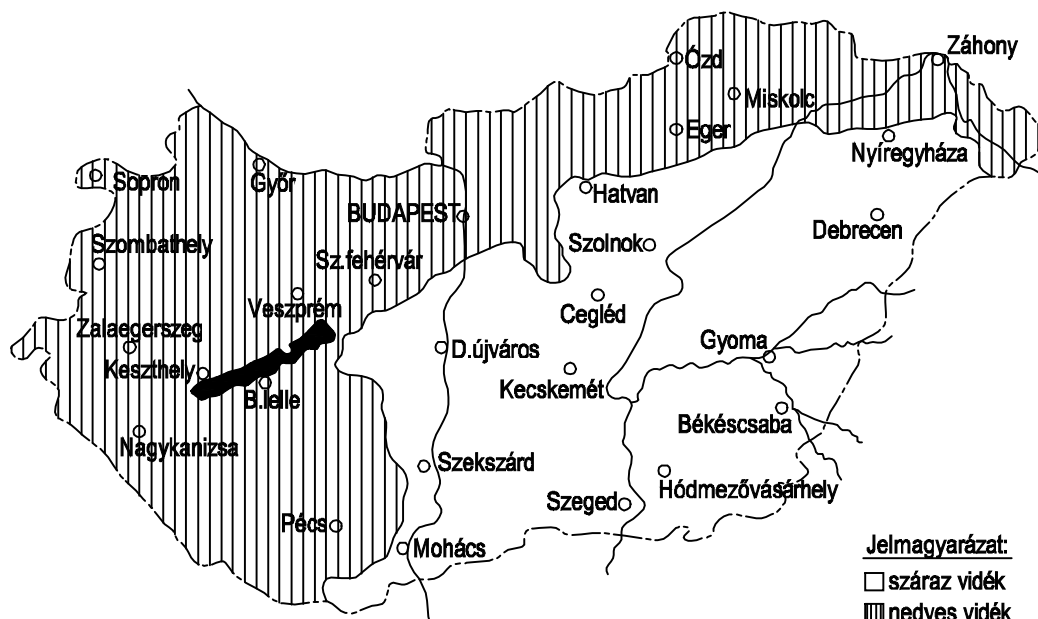
A táblázat használatakor

- a talajokat szemeloszlási és plasztikus tulajdonságuk alapján I–VI. osztályba,
- az útépítés körülményeit pedig kedvező (K) és nem kedvező (NK) kategóriába soroljuk.

Kedvezőnek (K) ítéltjük az állapotot, ha:

- az útszakasz az 4.3-9. ábrán bemutatott térképészlet alapján az ország száraz vidékén fekszik,
- a tervezett pályaszerkezet vízzáró.

Ellenkező esetben a nem kedvező (NK) esetre vonatkozó értéket kell figyelembe venni.



4.3-9. ábra. Éghajlati térképészlet

Vízzárónak tekinthető a pályaszerkezet, ha legalább egy vízzáró réteget tartalmaz. Nem vízzáró réteg az itatott aszfaltmakadám a hézagos zúzottkő és 10 cm-nél vastagabb mechanikailag nem stabil szemcsés réteg (homok, homokos kavics stb.).

A.) Talajok osztályba sorolása

A talaj									
jele	megnevezése	szemeloszlása				U	plasztikus index $I_p$	$\Delta w\%$	
		2,00 mm	0,10 mm	0,02 mm	alatt tömeg %			K	NK
		I.	Mechanikailag stabil szemcsés talajok	max. 60 min. 20		max. 25	max. 15		
II.	Homok		max. 25	max. 5	min 2,5				
II.	Az I. és II. csoportba nem tartozó talajok		max. 35	max. 15			1	2	
IV.	Homoklisztek, iszapos homoklisztek					max. 10	2	3	
V.	Homoklisztes iszapok Iszapok, agyagos iszapok					10–20	3	5	
VI.	Iszapos agyagok, agyagok					min. 20	7	7	

B.) Talajosztályok teherbírasi jellemzői

A talaj									
jele	megnevezése	A mértékadó CBR érték				$E_2$ modulus min. értéke (MPa)		Tárcsás behajlás max. $s_r$ (mm)	
		$\Delta w\%$		az MSZ 2509 szerint				K	NK
		K	NK	K	NK	K	NK		
I.	Mechanikailag stabilizált szemcsés talajok			11–13		55–60		1,3	
II.	Homok								
II.	Az I. és II. csoportba nem tartozó talajok	1	2	6	8	35	45	2,1	1,7
IV.	Homoklisztek, iszapos homoklisztek	2	3	5	6	30	35	2,4	2,1
V.	Homoklisztes iszapok Iszapok, agyagos iszapok	3	5	5	7	30	40	2,4	1,9
VI.	Iszapos agyagok, agyagok	7	7	5	5	30	30	2,4	2,4

4.3-3. táblázat. A hazai talajfajták osztályozása, becsült mértékadó CBR-értékei és a kész földmű tervezési teherbírasi jellemzői

Mivel tervezésről van szó, fel kell tételeznünk azt, hogy a földmű építése szabályosan történik, vagyis, hogy a földmű felső 0,50 m vastag rétegének tömörségi foka legalább  $T_{rp} = 90\%$ , ez alatt pedig legalább  $T_{rp} = 85\%$ , a tömörítést az optimális víztartalom környékén végzik és a földmű építés közben nem ázik el. Amennyiben ezeket a feltételeket nem lehet betartani, a reálisan lecsökkentett teherbírásra kell a méretezést elvégezni, ez azonban gazdaságatlanabb, mint a földmű gondos megépítése, mert mint láttuk a pályaszerkezet vastagságát mértékadóan a földmű teherbírása határozza meg.

A talaj teherbírásának laboratóriumi meghatározásakor egy jól tömörített, kissé elázott földmű építési körülményeit modellezzük. A különböző tömörségű mintákon végzett teherbírasmérés eredményeinek kiértékelésekor – amelynek részletezésére nem térünk ki – annak a  $T_{rp} = 90\%$

tömörségű minta teherbírását állapítjuk meg, amelynek víztartalma az optimális tömörítési víztartalomnál ( $w_{opt}$ )  $\Delta w$  víztartalommal nagyobb:  $w_{CBR} \% = w_{opt} \% + \Delta w \%$

A  $\Delta w$  víztartalomtöbbletet 2–7% között rögzítették, amelynek értékét a talajfajta és az építés körülményeit figyelembe véve a 4.3-3. táblázat tartalmazza.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének tervezésekor a táblázat használata terjedt el, ami egy kedvezőtlen szemlélet kialakulásához vezetett. Az erdészeti utak földrajzi elhelyezkedése és a pályaszerkezet felépítése miatt általában a körülmények nem kedvezők, a talajokat pedig főként a IV–VI. kategóriába sorolhatjuk, ahol a talaj teherbírása a még elfogadható  $CBR=5\%$ . Ennek az értéknek az automatikus és kritikátlan figyelembevételét magyarázhatja az a bizonytalanság is, amit a tervezés időszakában a részletes talajmechanikai szakvélemény hiánya, építés közben pedig az építési minőségellenőrzés hiánya okoz. A biztonságra való törekvésnek ez a formája azonban jelentős beruházási költségtöbbletet okoz. Műszakilag indokolhatóbb és közgazdaságilag is kedvezőbb megoldás lenne, ha a pályaszerkezet méretezésekor a reális, laboratóriumi vizsgálatokra támaszkodó talajteherbírásra méretezünk, építés közben pedig biztosítjuk, hogy ezt a talajteherbírást meg is valósítsák. Ehhez azonban el kell érni, hogy az épülő földmű folyamatos ellenőrzése megtörténjen.

#### 4.3.7. A szükséges egyenérték-vastagság és a tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága

A pályaszerkezet szükséges egyenérték-vastagságát ( $H_{esz}$ ) az élettartam alatti forgalom ( $F_{100}$ ) és a földmű teherbírása ismeretében a már ismert összefüggéssel, illetve az annak alapján szerkesztett diagrammal (4.3-7. ábra) lehet megállapítani.

A diagramban a logaritmus léptékű abszcisszán az  $F_{100}$  tervezési forgalom, az aritmetikus léptékű ordinátán a  $H_{esz}$  szükséges egyenérték-vastagság található. A földmű tervezési teherbírását a diagramba rajzolt egyenesek paraméterei jelölik. A  $CBR = 5-20\%$  közötti talajteherbírásokat jelentő folytonos vonalak alapján kell a pályaszerkezetet egyenérték-vastagságát meghatározni, míg a  $CBR = 2-3-4\%$ -kal jelzett szaggatott vonalak lecsökkent teherbírást jelölnek és a védőréteg tervezésére szolgálnak. A  $CBR = 30\%$  talajteherbírást (eredményvonallal jelölve) csak akkor lehet figyelembe venni, ha azt talajmechanikai vizsgálattal alátámasztották és az építés közben a földmű minőségellenőrzése biztosított.

A tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága ( $H_e$ ) a szükséges egyenérték-vastagságnál vékonyabb nem lehet túlméretezés pedig gazdaságossági okokból az 5%-ot nem haladhatja meg.

$$H_{esz} < H_e < 1,05 \cdot H_{esz}$$

A tervezett pályaszerkezet egyenérték-vastagsága:

$$H_e = \sum_1^h h_i \cdot e_i$$

ahol:  $h_i$  = az  $i$ -ik réteg valódi (geometriai) vastagsága (cm)  
 $e_i$  = az  $i$ -ik réteg anyagára jellemző egyenértéktényező  
 $h$  = a pályaszerkezet rétegeinek száma



## 4.4. Hajlékony pályaszerkezetek felépítése erdészeti utakon

### 4.4.1. A védőréteg méretezése

A védőréteget a pályaszerkezet és a földmű határán építjük be legalsó alapréteggként (a pályaszerkezet részeként) vagy fagyvédő rétegnek javított talajréteggként (a földmű felső szintjeként). A legalsó alapréteggként beépített réteg anyaga szigorú előírásokat kielégítő jól osztályozott, tiszta, iszapmentes homokos kavics réteg, amelynek teherbírása 0,5 egyenérték-tényezővel a pályaszerkezet teherbírásába beszámít. A méretezéskor ebben az esetben a földmű lecsökkent teherbírásból ( $CBR=2-3-4\%$ ) kell kiindulni. A legalsó alapréteg céljaira az anyag akkor felel meg, ha:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 7 \text{ (esetleg) és az}$$

- iszap- és agyagtartalom  $d \leq 0,02$  mm 3–6% alatt,
- homokliszt-iszap és agyagtartalom  $d \leq 0,1$  mm 15% alatt található.

A földmű felső szintjére kerülő réteg anyagára vonatkozó előírás lazább:

$$U > 5$$

- iszap- és agyagtartalom  $d \leq 0,02$  mm 10% alatt,
- homokliszt-, iszap- és agyagtartalom  $d \leq 0,01$  mm 25% alatt található.

Az ilyen anyagból készült védőréteg a pályaszerkezet teherbírásába nem, de hőszigetelő képességével a fagyvédő vastagságba beszámít. Ennek a rétegnek vízvezető szerepe nincs, de a lecsökkent teherbírású vagy olvadási és fagykára érzékeny talajú földmű teherbírását  $CBR=5\%$ -ra növelheti, a pályaszerkezet méretezésénél tehát ezt vehetjük figyelembe.

Modernebb felfogás szerint a drága homokos kavics, vagy szemcsés anyagú védőréteg a talaj tulajdonságait figyelembe vevő stabilizációval helyettesíthető. Ennek előnye az, hogy a helyi anyagot használjuk fel, valamint a stabilizáció jobb hőszigetelő hatását kihasználva a fagyhatást lecsökkentjük.

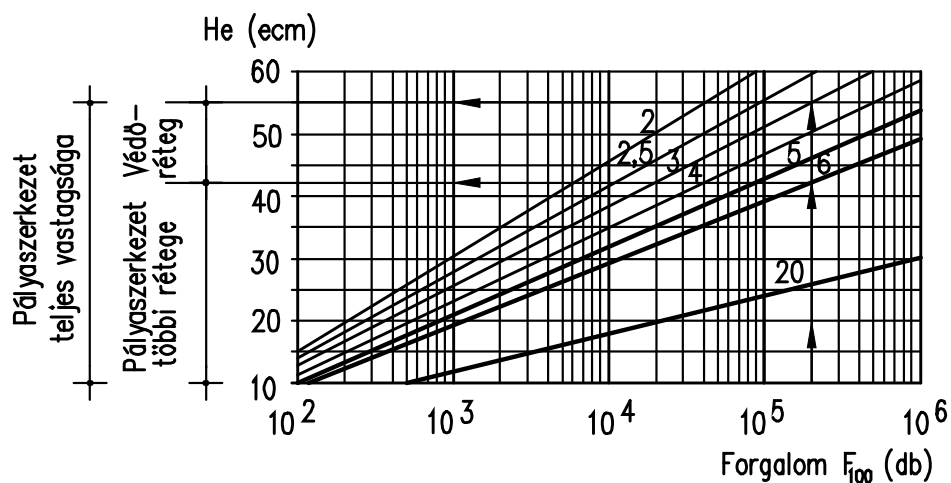
#### 4.4.1.1. A pályaszerkezet részét képező védőréteg méretezése

Laboratóriumban végzett  $CBR$  vizsgálat vagy tapasztalat alapján a földmű tervezési teherbírását sokszor csökkent értékűnek ( $CBR < 5\%$ ) találjuk. Ilyenkor tanácsos a földmű felületére egy olyan vastagságú jó minőségű homokos kavics ( $e_i = 0,5$ ) vagy stabilizációs ( $e_i = 1,0-1,2$ ) védőréteget (legalsó alapréteget) tervezni, amelynek felületén a teherbírás eléri a pályaszerkezet alatt megkívánt  $CBR = 5-6\%$  értéket. Ez a védőréteg tehát a pályaszerkezet része, vastagságát a méretezési diagramon határozhatjuk meg. A tervezési forgalom függőlegességében az alacsony teherbírású ( $CBR = 2-4\%$ ) és a védőréteg felületén megkívánt magasabb teherbírású ( $CBR = 5-6\%$ ) jelző vonalak között a  $\Delta h_e$  erősítő réteg egyenérték-vastagságát leolvassuk (4.4-1. ábra).

Ebből a védőréteg valódi vastagsága számítható:

$$h_v = \frac{\Delta h_e}{e_v}$$

- ahol:  $h_v$  = a védőréteg vastagsága (cm)  
 $\Delta h_e$  = a védőréteg egyenértékvastagsága (ecm)  
 $e_v$  = a védőréteg egyenérték-tényezője



4.4-1. ábra. A védőréteg vastagságának számítási elve

A pályaszerkezet többi rétegét ezután a megnövelt teherbírásnak ( $CBR=5-6\%$ ) megfelelően méretezzük.

#### 4.4.1.2. A földmű felső rétegét képező fagyvédő réteg méretezése

Ennek a védőrétegnek a szerepe a fagy és olvadási károkra érzékeny földművek megóvása a télvégi káros hatásoktól. A méretezéskor a pályaszerkezet  $H'$  fagyálló összvastagságát kiegészítjük egy  $h_{vf}$  védőréteg vastagsággal úgy, hogy a szükséges  $F$  fagyálló összvastagságot hozzuk létre.

Fagyhatár-zóna	A pályaszerkezet víztelenítése	Az $F$ fagyálló összvastagság (cm) értéke erdészeti utaknál			
		I. osztályban		II. osztályban	
		magas	mély	magas	mély
		talajvíz			
I.	rossz	65	60	60	50
	közepes	60	55	60	40
	jó	55	50	60	–
II.	rossz	70	65	50	40
	közepes	70	60	50	–
	jó	70	–	50	–

4.4-1. táblázat. A szükséges fagyálló összvastagság ( $F$ ) értéke erdészeti utaknál

Az  $F$  fagyálló összvastagságot erdészeti utaknál a 4.4-1. táblázatból választjuk ki. (Közutaknál ezeket az értékeket az érvényes műszaki előírások szerint kell figyelembe venni.) A táblázatban levő szempontok értelmezése a következő:

Az I. fagyhatárzónába tartoznak a 250 m Tszfm-nál magasabban és a Dunaalmás-Berettyóújfalu vonaltól É-ra eső országrészek.

A pályaszerkezet víztelenítés szempontjából rossz, közepes és jó fokozatokba osztható: rossz a víztelenítés, ha a pályaszerkezet széle függőleges, közepes ha a pályaszerkezet széle  $45^\circ$ -ban végződik és rétegenként lépcsősen szélesedik, jó a víztelenítés ha a víz-záró alapréteg a padka alá ér a burkolatszélétől 1,0 m távolsáig.

Forgalmi kategóriák szerint az erdészeti utak a közepes és könnyű kategóriákba sorolhatók.

Magas a talajvízszint, ha a decemberi talajvízszint a pályaszintet 2,0 m-re közelíti meg.

A táblázatból kiválasztott  $F$  fagyálló összvastagságot a pályaszerkezet fagyálló összvastagságából és a védőréteg vastagságából kell összeállítani:

$$F = H' + h_{vf}$$

ahol:  $F$  = fagyálló összvastagság  
 $h_{vf}$  = a védőréteg fagyálló vastagsága

$$H' = \sum_1^n h_i \cdot f_i$$

ahol:  $H'$  = a pályaszerkezet fagyálló összvastagsága  
 $h_i$  = az  $i$ -ik réteg valódi vastagsága  
 $f_i$  = a réteg hőszigetelő- és lemezhatására jellemző érték (4.4-2. táblázatból)  
 $n$  = a pályaszerkezet rétegeinek száma

Az előbbi képletből kifejezhető a védőréteg fagyálló összvastagsága:

$$h_{vf} = F - H' = F - \sum_1^n h_i \cdot f_i$$

amelyből a védőréteg valódi vastagsága:

$$h_v = \frac{h_{vf}}{f_v}$$

ahol  $f_v$  a védőréteg fagyálló egyenértéke.

A réteg megnevezése	Fagyálló egyenérték ( $f$ )
Zúzott alapok Mechanikai stabilizáció	1,0
Cementtel stabilizált talaj Bitumennel stabilizált homok	1,2
Cementtel stabilizált HK Aszfaltmakadám alap vagy burkolat Sovány beton alap	1,3
Betonburkolat Aszfaltbeton, öntött aszfalt Meleg bitumenes alap	1,5

4.4-2. táblázat. A pályaszerkezeti rétegek lemez- és hőszigetelő hatását jellemző becsült átszámítási érték ( $f$ )

#### 4.4.2. A pályaszerkezet felépítésének elvei

A pályaszerkezet rétegeinek kiválasztását és azok egymásra építését teljes pályaszerkezetté csak kellő műszaki és közgazdasági megfontolások alapján lehet elvégezni. Itt csak azokat a

legfontosabb irányelveket ismertetjük, amelyek érvénye általánosnak tekinthető, az erdészeti utakra vonatkozó bizonyos mértékig speciális szempontokat később foglaljuk össze.

A legfontosabb alapszempontok a következők:

- a rétegek minősége, teherbírása és az ezeket kifejező egyenérték-tényezők alulról felfelé fokozatosan növekedjenek;
- a szerkezeti rétegek a technológiai vastagságot ne lépjék túl, vastagabb réteget több azonos réteg egybeépítésével alakíthatunk ki;
- törekedni kell a nagyobb élettartamú aszfaltrétegek beépítésére;
- hígított bitumenes alapréteget és burkolatot akkor tervezzünk, ha a tömör aszfaltot felszerelés hiányában nem tudjuk előállítani és beépíteni,
- hígított bitumenes alapok fölé meleg eljárással készült tömör aszfaltburkolatot nem szabad tervezni, mert a hígító anyagot bezárjuk,
- zúzottkő alapok helyett előnyösebb stabilizációs alapréteget alkalmazni;
- hézagos zúzottkő alapot kötött talajú földműre csak 10 cm vastag homokos kavicsréteg közbeiktatásával szabad elhelyezni;
- soványbeton alapra min. 10 cm vastag aszfaltréteg építése szükséges az átrepedések meggátolására;
- gyenge, elázott, vagy kis teherbírású földműre utántömörödő pályaszerkezet építése a célszerű, mert ez a kialakuló nagy alakváltozásokat kisebb károsodással tudja követni.

#### **4.4.3. Szempontok a pályaszerkezet rétegeinek megválasztásához és felépítéséhez**

A pályaszerkezet különböző feladatot ellátó részei célszerűen különböző anyagokból épülnek fel. Az azonos célt szolgáló pályaszerkezeti részek (pl. kopóréteg) készítéséhez is fel lehet használni különböző anyagokból készülő rétegeket úgy, hogy adott kiindulási feltételek mellett (élettartam, forgalom, földmű teherbírása stb.) műszakilag egyenértékű pályaszerkezetet hozunk létre.

A műszakilag egyenértékű – a méretezési utasítás alapján egyenértékű teherbírással rendelkező – pályaszerkezetek közül közgazdasági, építési és gépesítési szempontok alapján kell a megfelelő variánst kiválasztani.

Az összehasonlító közgazdasági elemzésekhez meg kell határozni az egyes pályaszerkezeti rétegek fajlagos építési költségét, majd ennek ismeretében a teljes pályaszerkezet építési költségének 1 m<sup>2</sup>-re eső részét.

A pályaszerkezet variációk építési költségei ennek alapján összehasonlíthatók, ami azonban a pályaszerkezet gazdaságossági szempontú értékeléséhez még nem elég. A reális képhez ismerni kell ezen kívül a pályaszerkezet fenntartására fordítandó költségeket is. Az ilyen átfogó gazdaságossági vizsgálat eredménye lehet, hogy egy magasabb építési költségű pályaszerkezet gazdaságosabb, mint egy alacsonyabb építési költségű, de nagyobb fenntartási igényű pályaszerkezet.

Itt lehetne figyelembe venni a szállítási költségek alakulását eltérő felületű burkolatokon. A közlekedési üzemköltségekben lényegtelen különbségek alakulnak ki a modern burkolattípusokon az élettartamuk alatt, ezért ezeket nem szükséges figyelembe venni. (Természetesen azt eldönteni, hogy pályaszerkezettel ellátott utat vagy földutat kell-e építeni csak a közlekedési üzemköltségek alakulásának ismeretében lehet.)

Az építési és gépesítési szempontok figyelembevételénél ismerni kell az építő szervezet lehetőségeit. Hibás egy olyan gazdaságilag megfelelő pályaszerkezet tervezése, amelyet a kivitelező gépesítettségének hiánya miatt nem tud elkészíteni. Pl. egy erdőgazdaság még nincs felszerelve aszfaltbeton előállítására alkalmas keverőteleppel és bedolgozógépekkel, a környéken pedig nincs olyan keverőtelep, ahonnan a szükséges anyagot be lehetne szerezni. Ebben az esetben kénytelenek vagyunk az esetleg drágább, élettartamukban kedvezőtlenebb, korszerűtlenebb, nagyobb fenntartási költségeket igénylő kötőzúzalékos aszfaltmakadámot tervezni és beépíteni.

Az útpályaszerkezet csak abban az esetben tudja feladatait jól ellátni, ha az egyes rétegekbe a rétegnek műszakilag megfelelő anyagokat építjük be, de annál jobbat az utépítési költségek növekedése miatt tilos felhasználni. Ezt a kettős szempontot optimálisan összhangba tudjuk hozni, ha az egymást helyettesíteni tudó anyagokból gondosan megfontolva állítjuk össze a pályaszerkezetet.

Korábban a teljes pályaszerkezetet kőbányában előállított zúzottkőből és zúzalékból állították össze, ezért ezek alkották az utépítés legfontosabb anyagait. Fontosságuk jelenleg sem csökkent, azonban a felhasználási területük és a felhasználás módja változott meg. A nagyobb szilárdságú de nagyobb szállítási költséggel is terhelt anyagot olyan rétegek építésénél kell felhasználni, ahol a kedvező tulajdonságokat ki is lehet használni. Ezek az anyagok tehát a burkolati rétegek építési anyagai. Az alaprétegbe a régen használt zúzottkő alapok helyett inkább a helyi anyagok felhasználásával készülő stabilizált burkolatalapokat kell építeni. Nagy forgalmú utakon ez a réteg általában az alap alsó rétegét képezi. Kis forgalmú utakon (pl. erdészeti utak) ez a réteg a teljes burkolatalap lehet, amelyre vékony aszfalt vagy aszfaltmakadám burkolatot helyezve megfelelő és gazdaságos pályaszerkezetet hozhatunk létre.

Nagy forgalmú erdészeti utakon a felső alapréteget U vagy JU típusú meleg bitumenes út-alapból (bitumenes kavics – kavicsaszfalt) építhetjük. Ezekből az anyagokból burkolati réteget is készíthetünk, ha felületi bevonással látjuk el a vízzárás növelése érdekében.

Az erdészeti utak korszerű burkolata lehet a helyi anyag felhasználását is lehetővé tevő kavics-aszfaltbeton (KAB).

#### **4.4.4. Kisforgalmú közutak pályaszerkezetének tervezése**

A közutak pályaszerkezetének tervezését (méretezés és felépítés tervezés) az előzőekben ismertetett elvektől eltérő, más alapelvek szerint végzik. Ennek lényege, hogy a forgalom nagysága, a talajfajta, a javítóréteg szükségességének eldöntése után előre meghatározott típuspályaszerkezetet kell kiválasztani, közgazdasági, építésszervezési és a helyi technológiai adottságoknak megfelelően.

##### **4.4.4.1. A tervezési eljárás alkalmazásának feltételei**

Az eljárás alkalmazásának általános feltétele, hogy

- a földmű mindenkor megfelelően tömör és teherbíró,
- a pályaszerkezet anyagainak minősége megfelel az érvényben lévő műszaki előírások követelményeinek,
- az út használata során a szükséges üzemeltetési és fenntartási munkákat rendszeresen és időben elvégzik,
- az út geometriai jellemzői a közutakra meghatározott geometriai jellemzőkkel tervezik meg.

A környezeti feltételek közül legfontosabb a víztelenítés gondos és hatékony megteremtése, a földműre, a földműbe és a pályaszerkezetbe jutó vizek elvezetésének biztosítása. A földmű

fagyveszélyessége, vagy fagyérzékenysége miatt kialakuló olvadási és fagykárak megelőzése érdekében javítóréteg építése szükségességes.

#### 4.4.4.2. A tervezés elvi alapjai

A műszaki irányelvekben rögzített típus pályaszerkezeteknél a szükséges rétegvastagságokat a többrétegű útpályaszerkezetek mechanikai modellje alapján, tízéves élettartamra határozták meg.

A típus pályaszerkezet felépítése:

- Burkolat,
- Burkolat alap,
- Védőréteg vagy javítóréteg, szükség szerint tervezendő.

A megvalósítandó pályaszerkezetet a földmű minősége (fagyérzékenység, fagyveszélyesség) és a forgalmi terhelési osztály szerint megadott típus pályaszerkezetek közül kell kiválasztani.

#### 4.4.4.3. A tervezés folyamata

A tervezés lépései:

- A forgalmi terhelési osztály megállapítása
- A talajfajta meghatározása
- A szükséges javítóréteg kiválasztása
- A típus pályaszerkezet kiválasztása
- A kiválasztott pályaszerkezet ellenőrzése a télvégi burkolatkárok megelőzése szempontjából

A forgalmi terhelési osztály megállapítást fogalomelemzéssel meg kell határozni a 10 év alatt áthaladó összes forgalom nagyságát 100 kN egységtengely áthaladásban kifejezve.

A talajfajta egy egyszerűsített talajosztályozás alapján kiválasztani:

- Szemcsés talaj: iszapos kavics, homokos kavics, kavicsos homok, homok,
- Kissé kötött talaj: lösz, iszap
- Kötött talaj sovány agyag

A szükséges javítóréteg a talajfajtától függően:

- Szemcsés talajon javítóréteg nem kell,
- Kissé kötött talajon  
20 cm szemcsés anyag, vagy  
15 cm vastag cementtel, vagy pernyével stabilizált talaj
- Kötött talajon  
25 cm szemcsés anyag, vagy  
15 cm vastag cementtel, vagy pernyével stabilizált talaj

A típus pályaszerkezet kiválasztása a műszaki, gazdasági, építésszervezési és helyi technológiai adottságoknak leginkább megfelelő burkolat-alap fajták figyelembevételével táblázatból történik.

A kis forgalmú utak típus pályaszerkezetei készülhetnek

- kötőanyag nélküli alapréteggel
- hidraulikus kötőanyaggal készült alapréteggel

amelyeken aszfalt kopóréteg helyezkedik el.

A kiválasztott pályaszerkezetet a télvégi burkolatkárok megelőzése szempontjából ellenőrizni kell. Amennyiben a tervezett pályaszerkezet fagy és olvadási kár szempontjából nem felel meg, akkor fagyvédő réteget kell tervezni. Ennek vastagsága a javító réteg vastagságába beszámítható.

#### 4.4.4.4. A tervezési eljárás alkalmazása az erdészeti útépítésben

Az egyszerű és korszerű tervezési módszert az erdészeti útépítés területén a külső feltételek hiánya miatt nem lehet használni. A típus pályaszerkezetek kötött rétegfelépítése nem ad lehetőséget olyan változtatásokra, amely az erdészeti utak pályaszerkezetétől megkívánt kisebb követelmények kielégítését teszi lehetővé, költségcsökkentést és a rugalmas anyagfelhasználást eredményezve.

### 4.5. A pályaszerkezet megerősítésének tervezése

Azért, hogy az élettartama végén lévő pályaszerkezet a további forgalmat el tudja viselni, illetve egy adott pályaszerkezet a megnövekedett forgalmi igényeket ki tudja elégíteni, szükségessé válik egy újabb, erősítőréteg építése. Ennek a rétegnek a vastagságát kétféle elv alapján határozhatjuk meg:

a terhelés hatására kialakuló rugalmas alakváltozások nagysága alapján,

pályaszerkezetfeltárással, a lecsökkent teherbírású pályaszerkezet anyagára jellemző egyenérték-tényező alapján számított egyenérték-vastagságból kiindulva.

#### 4.5.1. Az erősítő réteg méretezése a rugalmas alakváltozások (behajlások) alapján

##### 4.5.1.1. A pályaszerkezet teherbírása és annak változása, valamint a rugalmas alakváltozások

A pályaszerkezet teherbírásán azt az igénybevételt értjük, amelynek túllépése után az anyagot rendeltetészerűen nem lehet tovább használni. A teherbírást esetünkben a teherismétlődések számával jellemezzük. Ennek hatására az anyag tönkremenetele a fáradás miatt alakul ki. A mozgó terhelés vízszintes és függőleges nyomó-, hajlító- és nyírófeszültségeket hoz létre, amelyek eredményeként rugalmas és maradó alakváltozások, törések és szerkezeti átrendeződések alakulnak ki az anyagban. Ezek az átalakulások a rugalmas alakváltozás nagyságának változásával jellemezhetők, amelynek nagysága behajlásméréssel határozható meg. A behajlás értéke tehát magában foglalja a teherismétlődéseknek azt a számát, amely a pályaszerkezet élettartama végéig áthaladhat. Ezzel a pályaszerkezet még hátralévő élettartama megadható.

Ezt az elméletet támasztják alá az AASHO útkísérlet tapasztalatai is, ahol a kísérlet alatt rendszeresen mérték az  $s$  behajlás értékeit és azt tapasztalták, hogy a  $T$  tengelysúlyok, illetve a  $Z$  tengelyáthaladási számok növelésével a kezdeti  $s_0$  behajlás értéke fokozatosan növekszik egy pillanatnyi  $s$  értékre. A kísérleti adatok korrelációs elemzése kimutatta, hogy azonos használhatósági index (pl.  $p = 2,5$ ) által jelzett minőségi állapotnál az eredeti behajlás és a tengelyáthaladási szám között szoros kapcsolat áll fenn, amelyre azonban a pályaszerkezet  $H_e$  egyenérték-vastagsága nincs hatással. Ez azt jelenti, hogy létezik egy olyan kezdeti behajlás, amelynek nagysága meghatározza azt a 100 kN e.t. áthaladásban kifejezett forgalmat, amit az élettartam alatt a pályaszerkezet el fog viselni. Ezt a behajlást megengedett behajlásnak tekinthetjük, mert ha biztosítjuk, hogy a kezdeti behajlás ( $s$ ) kisebb mint a megengedett behajlás ( $s < s_{meg}$ ), akkor az  $s_{meg}$  behajlásához tartozó forgalom lefutása után fog csak a pályaszerkezet tönkremenni. A megengedett behajlás és a 100 kN e.t. áthaladásban kifejezett forgalom közötti összefüggés:

$$\lg F_{100} = 5,27 - 4,55 \cdot \lg s_{eng}$$

vagy más formában:

$$F_{100} = \frac{10^{5,27}}{s_{eng}^{4,55}}$$

A pályaszerkezet pillanatnyi teherbírását rendkívül sok tényező befolyásolja. Függetlenül a pályaszerkezetet alátámasztó földmű teherbírásától, amely a víztartalom változásával állandóan változik, továbbá függ a pályaszerkezeti rétegek anyagától és korától is. (A tömör aszfaltréteg teherbírása még idősebb korban is nagyobb lehet, mint egy utántömörödő szerkezeté.)

Az utakon végzett tavaszi behajlásméréseket kiértékelve azt tapasztalhatjuk, hogy homokos talajon a teherbírás általában jó, míg kötött talajon gyakran alacsony. Ennek magyarázata az lehet, hogy a szemcsés talajokon épült utak esetében az elmaradt karbantartások kevésbé érzékeltektik negatív hatásukat.

A behajlások értéke a pálya közepén 20–30%-kal kisebb, mint a pálya szélétől kb. 50 cm-re. (6 m-es burkolatot figyelembe véve.) Ez magyarázza meg az egy forgalmi sávú erdészeti utakon a bukólatszélék korai tönkremenetelét, amelyet csak gondos útfenntartással tudunk lassítani.

A behajlások nagyságára hatással van az időjárás is. A tavaszi hónapokban a földmű nagyobb víztartalma miatt lecsökkent teherbírás nagyobb behajlásokat eredményez. A földmű kiszáradásával nő a teherbírás, csökkennek a behajlások. A minimális behajlásokat a nyár vége felé mérhetjük.

A vastag aszfaltrétegek teherbírása függ a hőmérséklettől is. Mintegy 10 °C hőmérsékletváltozás 0,10 mm behajlás módosulást eredményez.

A fahasználatok tervezésekor és a szállítások szervezésekor figyelembe kell venni az út teherbíróképességének változását, ha nem akarjuk idő előtt tönkretenni a fahasználatra kijelölt terület úthálózatát. Célszerű lenne ezért az erdőgazdaságokban a fahasználatok és a szállítások tervezése előtt legalább két évvel korábban kezdett és évenként többször (legalább tavasszal és nyár végén) végzett behajlásmérésekkel az utak teherbírását ellenőrizni és a tervezést ezek eredményeinek alapján elvégezni.

A pályaszerkezetben a rugalmas alakváltozások mérésére két módszer áll rendelkezésünkre:

- billenőkaros behajlásmérővel (Benkelman tartóval) statikus, vagy félig statikus terhelés alatt, amelyet elterjedten használunk az útépités minden területén;
- ejtősúlyos behajlásmérő készülékkel dinamikus terhelés alatt, amely egy jelenleg elterjedőben lévő módszer és az erdészeti útépitésben is előnyösen lehet használni.

#### 4.5.1.2. Az erősítőréteg méretezése a behajlások alapján

Az AASHO útkísérlet során kimutatták, hogy a pályaszerkezet egyenérték-vastagsága és a behajlás között:

$$H_1 = A - B \cdot \lg s_1$$

alakú összefüggés áll fenn. Legyen egy adott pályaszerkezet  $H_1$  egyenérték-vastagságú, amelyhez  $s_1$  behajlás tartozik. Növeljük ennek a pályaszerkezetnek a vastagságát  $\Delta H$  értékkel  $H_2$  vastagságig, amely vastagsághoz az előbbi behajlásnál kisebb  $s_2$  érték tartozik.

Felírható:

$$H_1 = A - B \cdot \lg s_1$$

$$H_2 = A - B \cdot \lg s_2$$



A két egyenlet egymásból kivonva az erősítőréteg vastagságát ( $\Delta H$ ) kapjuk

$$\Delta H = H_2 - H_1 = B \cdot (\lg s_1 - \lg s_2)$$

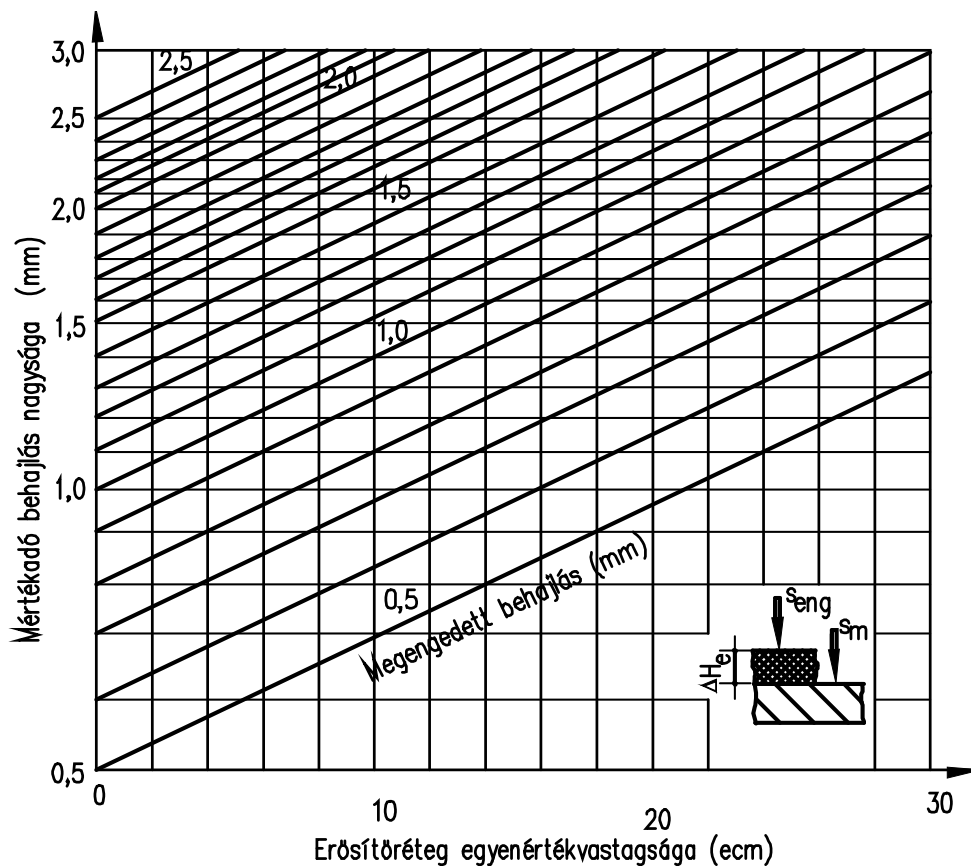
illetve más formában:

$$\Delta H = B \cdot \lg \frac{s_1}{s_2}$$

$B$ -t anyagállandónak tekintve a méretezés elvégezhető, mert a  $H_1 + \Delta H = H_2$  megerősített pályaszerkezet behajlásának akkorának kell lenni, hogy a tervezési időszak  $F_{100}$  forgalmát elviselje, vagyis ez az  $F_{100}$  forgalomhoz tartozó megengedett behajlás lesz ( $s_2 = s_{eng}$ ), míg az  $s_1$  behajlás a  $H_1$  vastagságú megerősítendő pályaszerkezeten mért behajlások közül a mértékadó behajlás ( $s_1 = s_m$ ). A  $B$  anyagállandó nagyságának szilárdságtani értelmezése nem megoldott. Nagyságát hosszú ideig  $B = 70$  értékben állapították meg, amely egy jó átlagértéknek tekinthető. Valódi anyagállandóként ezt az értéket a megerősítő réteg mechanikai tulajdonságainak függvényében kellene felvenni. Újabban ezért azt javasolják, hogy  $B$  értéke 65–70 között változzon. Elméletileg a  $B$  állandónak ezek a határértékei sincsenek bizonyítva. Megfelelőnek tartjuk ezért, ha  $B = 70$  értéket használjuk addig, amíg kellő tapasztalatot nem szerzünk az erdészeti utak pályaszerkezetének megerősítésével kapcsolatban. Így a képlet végleges formában:

$$\Delta H_e = 70 \cdot \lg \frac{s_m}{s_{eng}}$$

amely képletet az 4.5-1 ábrán diagram formájában ábrázolunk.



4.5-1. ábra. Az erősítőréteg vastagsága

Az erősítőrétegnek a mértékadó és megengedett behajláson alapuló méretezésére kidolgozott eljárással kapcsolatban az utóbbi időben kételyek merültek fel. A feltárt ellentmondások miatt használatát csak fenntartásokkal javasolják. Az erdészeti utakkal kapcsolatos további elemzéseinket mégis erre alapozva végezzük, mert pillanatnyilag jobban használható elmélet nem áll rendelkezésünkre, a pályaszerkezet viselkedésének tendenciáját pedig ez az összefüggés is jól leírja.

#### 4.5.1.3. A teherbírás meghatározása billenőkaros behajlasmérővel (Benkelman-tartóval)

A pályaszerkezet teherbírásának jellemzésére a terhelés hatására kialakuló rugalmas alakváltozás nagyságát használjuk, amelyet billenőkaros behajlasmérővel, behajlasméréssel tudunk meghatározni. A behajlasméréseken alapuló eljárás úgy a közúti gyakorlatban, mint az erdészeti útépítés gyakorlatában széles körben elterjedt, bevált sok tapasztalatra alapozott módszer.

##### 4.5.1.3.1. A behajlasmérés alapelve

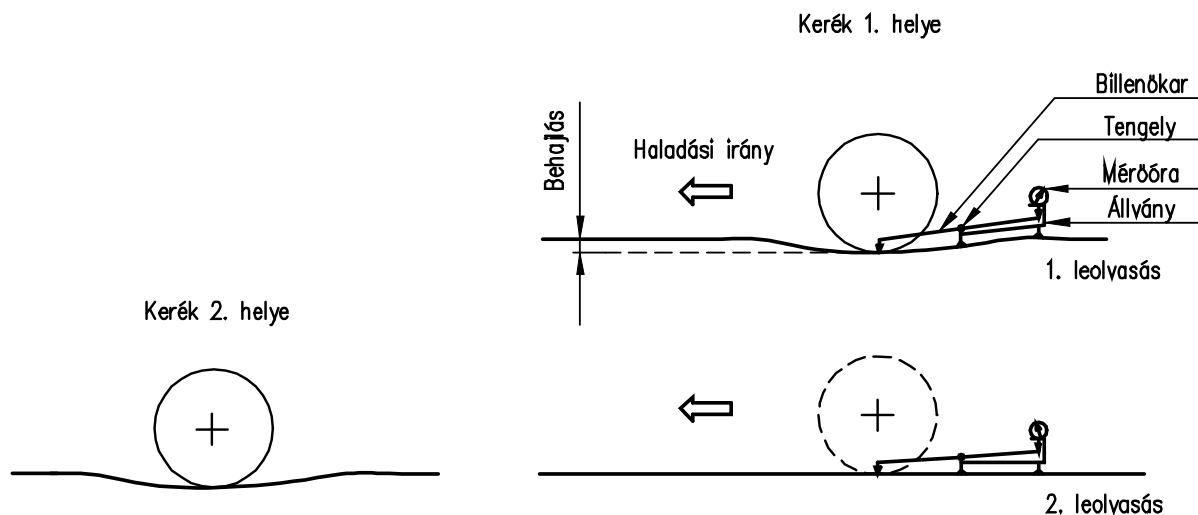
A behajlasmérés alapelve ismert (4.5-2. ábra). A terhelt tehergépkocsi ikerabroncsa közé a maximális behajlás helyén – a kerék felfekvési középpontjába – elhelyezett 1:1 arányú mérőkarokkal rendelkező behajlasmérőről leolvasott és 50 kN keréksúlyra – lineáris összefüggést feltételezve – átszámított alakváltozást nevezzük behajlásnak.

A billenőkaros behajlás mérhető:

- kézi behajlasmérővel,
- automatikus mérőkocsival.

A kézi behajlasmérést a fenti meghatározás szerint el lehet végezni, az automata mérőkocsi módszere azonban ettől eltérő. A folyamatosan végzett mérés miatt az automata mérőkocsi a berendezés mérőcsúcsát a kerék elé helyezi el és ehhez, mint kiindulási állapothoz viszonyítva a benyomódás nagyságát, ami bizonyos eltérést ad az eredeti behajlasméréshez viszonyítva.

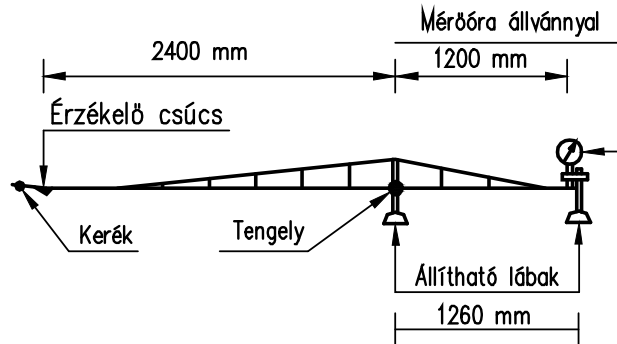
Vékony pályaszerkezeteken az 1:1 arányú mérőkarokkal bíró kézi behajlasmérővel végzett behajlasméréseknél az a probléma, hogy a berendezés állványának lábai a pályaszerkezet deformálódó szakaszára eshetnek. Az NDK-ban szerzett és hazai viszonylatban is megerősített tapasztalatok alapján vékony pályaszerkezetnél az ebből származó hiba jelentős lehet.



4.5-2. ábra. A behajlasmérés alapelve

A vázolt két probléma kiküszöbölésére ezért a behajlasmérés módosítását javasoltuk a következőképpen. Azért, hogy a behajlasmérő talpai a tehergépkocsitól távolabb kerüljenek, a tapogatócsúcs felé eső mérőkart 2-szeresére kellett megnyújtani, tehát a mérőkarok aránya így

2:1 lett (4.5-3. ábra). Ez a túlnyújtás általában elég ahhoz, hogy a lábak deformációmentes helyre kerüljenek, a műszer hossza pedig még ne befolyásolja a kezelhetőséget. Kedvezőtlen ennél az elrendezésnél az, hogy a leolvasott értékből a valódi értéket kettővel való szorzás után nyerjük, ami az esetleges hiba nagyságát is ugyanígy növeli. Mint látni fogjuk, gondos méréssel ez a hiba minimálisra csökkenthető és a várható végeredményt nem befolyásolja.



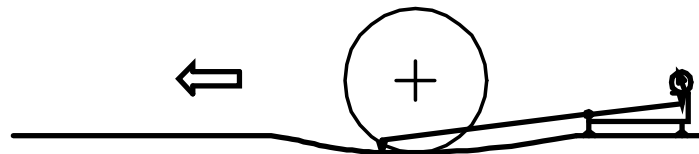
4.5-3. ábra. A módosított behajlásmérő

További módosítást javasoltunk a mérési módszerben is. A mérőcsúcsot nem a kerék felfekvésének vonalába, hanem az elé kell helyezni (4.5-4. ábra). Ezáltal a kerék áthaladásakor a pályaszerkezet először benyomódik, a mérőóra negatív szélső értéket jelez, majd a kerék továbbhaladásakor rugalmasan visszaugrik, a mérőóra pozitív szélső értéket mutat. A behajlás nagyságát a két szélső érték különbségének kétszerese adja. Ezzel a módszerrel végeredményben az automata mérőkocsi által követett elvet valósítottuk meg.

A kézi behajlásmérés végrehajtásához:

- 1 db rakott tehergépkocsi vezetővel,
- 2 db kézi behajlásmérő,
- 3 fő mérőszemélyzet

szükséges.



4.5-4. ábra. Módosított behajlásmérés

A méréseket mindkét kerék alatt, forgalmi sávonként kell elvégezni. A mérési pontok közötti távolság konkrét megerősítések tervezésekor legfeljebb 25 m, hosszú távú útfenntartási tervek készítésekor legfeljebb 100 m. A távolságot a tehergépkocsi km órája alapján kell becsülni, és az út szelvényezését jelző km-kövek alapján kell ellenőrizni. Ezzel a módszerrel gyakorlott személyzet 100 méterenkénti mérést feltételezve mintegy 3 km hosszúságú forgalmi sávot tud végigmérni óránként. Az elviselhető napi teljesítmény ekkor 15 km, de szélső esetben napi 20–25 km is teljesíthető. A méréssel kapcsolatban felmerülő költség csekély, az attól függ, hogy a mérést az erdőgazdaság önállóan végzi, vagy azt idegen vállalattal végezteti, valamint, hogy a terhelő tehergépkocsinak mekkora az önköltsége.

Az automatikus mérőkocsi 2 fő (gépkocsivezető és mérőtechnikus) személyzettel mintegy 4 m-enként méri a pályaszerkezet alakváltozását, miközben rögzíti a szelvényezési értékeket is. Mód van arra is, hogy mérés közben az út egyes elemeinek (útsatlakozás, vasúti átjáró, híd

stb.) szelvényezési értékeit is rögzítsék. Az adatok adathordozóra kerülnek, amelyeket számítógép megadott program szerint értékeli. A mérőkocsi teljesítménye óránként 2,5 km, egy műszakban mintegy 20 km. A méréseket a közúti minőségellenőrző laboratóriumok tudják elvégezni. Az egy forgalmi sávú erdészeti utakon a mérés idejére a forgalmat le kell zárni, mert a mintegy 16 t tömegű, az alvázra függesztett mérőberendezés miatt alacsony szabad magasságú nagy értékű tehergépkocsi a keskeny és puha padkára, vagy terepre a meghibásodás komoly veszélye nélkül nem tud lemenni.

A két módszert az elmondottak és a saját tapasztalataink alapján a következőképpen értékelhetjük. Az automatikus mérőberendezéssel végzett munkát egyértelműen kényelmesebbnek, a kapott adatokat úgy mérés technikailag, mint statisztikailag megbízhatóbbnak kell minősíteni. Amennyiben az erdőgazdaságok nem önállóan végzik a kézi behajlásmérést, a felmerülő költségek között nincs jelentős különbség. Az automata mérés ellen szól a rendkívül magas vételárú mérőkocsi, aminek beszerzését az ágazat jelenleg nem vállalhatja, illetve az, hogy a hazánkban jelenleg dolgozó mérőkocsik kapacitását a közúti feladatok lekötik. Az erdészeti utak teherbírásának mérését általánosan és minden időben tehát gyakorlatilag nem lehet ezzel elvégezni.

A teherbírás mérésére reális lehetőség erdészeti utakon a kézi behajlásmérés. Vizsgálataink szerint a javasolt módszerrel mért behajlások megbízhatóak és a további tervezéshez megfelelő információ tartalmú adatokat szolgáltatnak.

#### *4.5.1.3.2. A mérési adatok feldolgozása*

A mérési adatok feldolgozásakor két feladatot kell megoldani:

el kell különíteni a homogén teherbírású útszakaszokat,

ki kell számítani az útszakaszok teherbírását jellemző  $s_m$  mértékadó behajlás nagyságát.

##### *4.5.1.3.2.1. A homogén szakaszok elkülönítése*

A homogén útszakaszokat más módon különítjük el az automata mérőkocsi nagy mennyiségű és a kézi behajlásmérés szerényebb mennyiségű adatai alapján.

Az automata mérőkocsi által felvett mérési adatokat számítógéppel dolgozzák fel, amely elvégzi az út homogén teherbírású szakaszokra bontását is. A program a mérési adatsorozat első 50 értékéből (kb. 200 m hosszú útszakasz adataiból) átlagot, szórást és mértékadó behajlást számít. Ezután egyesével továbbhaladva a feldolgozandó mérési értékeken, mindig 50 mérésre számolja ugyanezeket az adatokat, és a két szakaszt összehasonlítja. Amennyiben a léptetett szakasz mértékadó behajlása 30%-kal eltér az előző szakasz hasonló értékétől, akkor új homogén szakaszt jelöl ki a program. Ilyenkor visszamenőleg a teljes homogén szakaszra kiszámítja az átlagot, szórást és a mértékadó behajlást, megadja a kezdő- és végszelvény értékeit, valamint kijelöli a szakaszban lokálisnak tekinthető kiugró értékeket. Ezután a homogén szakaszok kijelölése újra kezdődik. Az erdészeti utakon automatikus mérőkocsival felvett adatok kiértékelésénél is megfelelő eredményt ad ez a módszer, tehát ezt kell alkalmazni.

A kézi behajlásmérés adatainak kiértékelésére a lényegesen kevesebb adat miatt más, egyszerűbb eljárás bevezetését javasoljuk. Az 50 kN keréksúlyra átszámított behajlásértékeket hossz-szelvény szerűen kell ábrázolni, célszerűen egy burkolatállapotot kifejező járhatósági értékkel együtt. (Az ábrán szelvényenként a két kerék alatt mért értéket külön tüntetjük fel úgy, hogy az áttekinthető legyen.) A kapott ábrát gondosan áttanulmányozva, a behajlásokat és a burkolatállapotot összevetve, rövid gyakorlattal a homogén teherbírású szakaszok kijelölhetők. Bizonytalan esetben célszerűbb több szakaszt elkülöníteni, de a legrövidebb szakasz is tartalmazzon legalább 10 db mérési adatot. (A szakasz minimális hossza tehát 500 m).

A homogén szakaszok elkülönítése után ki kell számítani a szakaszra jellemző átlag és szórás nagyságát, majd matematikai statisztikai próbákkal meg kell vizsgálni, hogy az egymást követő szakaszok egymástól valóban különböznek-e.

A számítás menete a következő:

Az összehasonlítandó szakaszokra kiszámítjuk az átlagot, a szórást és az eltérés négyzet-összegét.

$F$  próbával megvizsgáljuk, hogy a szórások megegyeznek-e.

$t$  próbával ellenőrizzük, hogy a középértékek eltérőek-e. (A felhasznált képletek ennél az eljárásnál aszerint változnak, hogy a szórások azonosak-e vagy sem.)

Az elemzések alapján azok a szakaszok vonhatók össze, amelyek középértékei egymástól 90%-os valószínűségi szinten szignifikánsan nem különböznek. Minden más esetben célszerű a szakaszokat elkülöníteni. Az összevont szakaszok új átlagát és szórását ezután ismét ki kell számítani.

Az elmondottakból úgy érezhető, hogy a szakaszokra bontásnak ez a módja szubjektív. A tapasztalatunk ezzel kapcsolatban az, hogy kb. azonos gyakorlattal rendelkező személyek hasonló szakaszokat jelölnek ki. Fokozza a szakaszolás biztonságát, ha kezdetben rövidebb szakaszokat jelölünk ki, majd ezeket az objektív statisztikai adatok alapján összevonjuk. A kiértékelésre az Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Tanszéken fejlesztett számítógépes program is rendelkezésre áll, amely nagyban segíti a variációk kialakítását és az objektív döntést.

#### 4.5.1.3.2.2. A mértékadó behajlás kiszámítása

Mértékadónak a tavaszi, lecsökkent talajteherbírás időszakában mért behajlások alapján számított teherbírást kell tekinteni.

A teherbírást jellemző mértékadó behajlás:

$$s_m = e \cdot k \cdot \left( \bar{s} + c \cdot sz \right) + t$$

- ahol:
- $s_m$  = a mértékadó behajlás
  - $e$  = az évszaki korrekció
  - $k$  = átszámítási tényező a különböző behajlásmérési módszerekről a szabványos módszerre
  - $\bar{s}$  = az átlagos behajlás
  - $c$  = megbízhatósági szorzó
  - $t$  = hőmérsékleti korrekció
  - $sz$  = szórás

A mértékadó behajlás kiszámítására azonban a közúti gyakorlatban sem ezt a teljes formát szokták használni, mert még ott sem rendelkeznek – a nagyszámú mérési adat birtokában sem – megbízható paraméterekkel. Célszerű ezért az erdészeti utak mértékadó behajlásának kiszámítására használt képletet is úgy megváltoztatni, hogy az a lehető legkevesebb bizonytalanságot tartalmazza. Vizsgáljuk meg ezért az egyes paramétereket olyan szempontból, hogy azok mennyire megbízhatók egyrészt a közutak vonatkozásában, másrészt mennyire érvényesek ezek erdészeti utakra.

Az  $e$  évszaki korrekcióval a különböző évszakokban mért behajlásokat számítjuk át tavaszi behajlásokra. Ennek megállapítására etalon szakaszokon végeztek vizsgálatokat. Javaslat formájában értékeiket közutakra meghatározták, de kis megbízhatóságuk miatt nem használják. Nagyobb megbízhatóságuk esetén sem lehetne ezeket az értékeket erdészeti utaknál használni a lényegesen eltérő körülmények miatt. Indokoltan elhagyható ez a korrekciós tényező, ha a behajlásokat a tavaszi olvadási időszakban, vagy azt követően rövid időn belül mérjük. Ebből következően az erdészeti utak teherbírását mindig tavasszal, március és május között kell megmérni, és a mértékadó behajlást évszaki korrekció nélkül kell számítani.

A  $t$  hőmérsékleti korrekcióra sincs megbízható adat az előbbihez hasonlóan. Elhagyható ez az érték is, ha a pályaszerkezet hőmérséklete mérés közben  $+5\text{ °C}$  és  $+20\text{ °C}$  közé esik, tehát a behajlásméréseket is ilyen körülmények között kell elvégezni.

A különböző mérési módszerek közötti átszámítást teszi lehetővé a  $k$  tényező. A közutakra vonatkozóan megfelelő adatokkal rendelkezünk arra, hogy az automata mérőberendezéssel mért adatokat a hagyományos mérési rendszerre átszámítsuk. Az erdészeti utakon javasolt behajlásmérési módszer jól egyezik az automata mérőkocsi által nyújtott eredményekkel, mégsem biztos, hogy az átszámításra javasolt  $k$  tényezőre megadott értékek az erdészeti utakra is érvényesek lesznek. Javasoljuk ezért, hogy ezt az értéket hagyjuk figyelmen kívül, helyette a  $c$  megbízhatósági szorzó értékét változtassuk meg úgy, hogy az eredmény megbízhatósága nőjön.

A mértékadó behajlást pályaszerkezetek méretezéséhez használjuk. Amennyiben ezt az átlag alapján végeznék el, akkor az esetek 50%-ában alulméreteznék a pályaszerkezetet. Ennek a hányadnak a csökkentésére a mértékadó behajlást a szórásmező felső szélében kell meghatározni úgy, hogy a szórásmező egy előre meghatározott hányada a mértékadó behajlás alá essen. A  $c$  megbízhatósági szorzó értéke a:

szabványos kézi behajlásmérővel végzett méréseknél 2,0 ami azt jelenti, hogy az összes adat 97,72%-kal kisebb a mértékadó behajlásnál,

automata behajlásmérésnél a  $k$  mérési módszerek különbségét kiküszöbölő tényező figyelembevételével mellett 1,6 ami a szórásmező 94,52%-ának kihasználását jelenti.

Javasoljuk, hogy az erdészeti utakon a mértékadó behajlás számításához a

$$c = 2,0$$

értéket használjuk, ami ellensúlyozza a  $k$  tényező elhagyásából származó bizonytalanságot. Az erdészeti utak teherbírását jellemző mértékadó behajlást tehát a következőképpen határozzuk meg:

$$s_m = \bar{s} + c \cdot sz$$

ahol:  $s_m$  = a mértékadó behajlás  
 $\bar{s}$  = az átlagos behajlás  
 $c$  = megbízhatósági szorzó: 2,0  
 $sz$  = a szórás

Az átlagos behajlás:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n}$$

ahol:  $s_i$  = a módosított mérési eljárással, tavasszal (márciustól májusig), +5 és +20 °C pályaszerkezet hőmérséklet között mért és 50 kN keréksúlyra átszámított behajlás

$n$  = a mérési adatok száma

A szórás a korrigált szórás képletével számítható:

$$sz = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\bar{s} - s_i)^2}{n-1}}$$

#### 4.5.1.3.2.3. A mértékadó behajlás értékelése

A mértékadó behajlás nagyságáról önmagában nem lehet eldönteni azt, hogy az számunkra megfelelő teherbírást jelöl-e. Ugyanaz a behajlás kisebb forgalomnál ugyanis megfelelő, nagyobb forgalomnál már lecsökkent teherbírást jelölhet.

A nagymintakísérletek alapján levezetett összefüggéssel megállapítható, hogy

egy adott  $s_m$  mértékadó behajlásnál az úton csak egy meghatározott  $F_{100eng}$  megengedett forgalom haladhat át, amelynek nagysága:

$$\lg F_{100eng} = 5,27 - 4,55 \cdot \lg s_m$$

Illetve:

egy adott  $F_{100m}$  mértékadó forgalmat a pályaszerkezet csak akkor visel el, ha a pályaszerkezet kezdeti behajlása nem lép túl egy  $s_{eng}$  megengedett behajlási értéket:

$$\lg s_{eng} = 1,158 - 0,2198 \cdot \lg F_{100m}$$

A megengedett és mértékadó értékek összehasonlításával a pályaszerkezet teherbírása minősíthető. A behajlás nagysága szerint megfelelő a pályaszerkezet teherbírása, ha az

$$s_m < s_{eng}$$

ahol az  $s_{eng}$  megengedett behajlást egy vizsgált időszak mértékadó forgalma alapján számítjuk. A forgalom nagysága szerint megfelelő a pályaszerkezet teherbírása, ha az:

$$F_{100m} < F_{100eng}$$

ahol az  $F_{100eng}$  engedélyezett forgalmat (db 100 kN e. t. áthaladásban) az  $s_m$  mértékadó behajlás alapján számítjuk.

A megerősítés szükségességét és sürgősségét ezután az dönti el, hogy milyen időszakra határozzuk meg az  $F_{100m}$  mértékadó forgalom nagyságát. A forgalomelemzést általában az üzemterv, illetve erdőterv 1. és 2. ciklusára kell elvégezni. Ezeket összevetve az  $F_{100eng}$  megengedett forgalommal meg lehet állapítani a beavatkozás szükséges időpontját. A teherbírásra, mint állapotra jellemző állapotjelző paraméter (osztályzat) a következő:

1. jelű: nagyon jó teherbírású, ha a megerősítést 15 év után kell elvégezni,
2. jelű: jó teherbírású, ha a megerősítés időpontja 11–15 év közé esik,
3. jelű: közepes teherbírású, ha a megerősítést 6–10 éven belül kell végrehajtani,
4. jelű: rossz teherbírású, ha a megerősítést 3–5 éven belül kell elvégezni,
5. jelű: tűrhetetlen teherbírású, ha 2 éven belül szükséges a megerősítés.

Az állapotjelző paraméterek ebben a formában megfelelő tervezést is lehetővé tesznek. A 3-as figyelmeztető szint elérésekor még elegendő idő áll rendelkezésre, hogy alternatív megoldásként olyan karbantartást végezzünk el, amely az élettartamot meghosszabbítja. Lehetőségünk nyílik ezáltal a pályaszerkezettel történő gazdálkodásra, egy ésszerű megerősítési ciklus kialakítására. A 4-es sürgősség már nem enged alternatívákat, ekkor már csak a megerősítés az egyetlen járható út. A 3–5 év azonban olyan időtartam, ami lehetővé teszi a megerősítési munkák szakszerű megtervezését (behajlásméréseket, kis teherbírású helyek kijavítását, vízelenítés helyreállítását stb.), a nyugodt előkészítést. Nem célszerű, ha az úthálózat egyes elemeinek teherbírása eléri az 5-ös értéket, mert akkor a megerősítést azonnal, kellő előkészítés hiányában kell elvégezni, ami nem vezet mindig megfelelő eredményre.

Állapot beavatkozási sürgőssége	Állapotjelző paraméter	Sürgősség
Nagyon jó teherbírású, megerősítendő 15 év után.	1	0
Jó teherbírású, megerősítendő 11 – 15 éven belül.	2	0
Közepes teherbírású, megerősítendő 6 – 10 éven belül.	3	1
Rossz teherbírású, megerősítendő 3 – 5 éven belül.	4	2
Tűrhetetlen teherbírású megerősítendő 2 éven belül.	5	3

4.5-1. táblázat A teherbírás szolgáltatási színvonalára

Az állapotjelző paraméterek mellé rendelhető egy sürgősséget kifejező érték, amely a szolgáltatási színvonalat fejezi ki. (4.5-1. táblázat). Ez a sürgősség útosztálytól független, az egy műszaki sürgősséget fejez ki.

#### 4.5.1.4. A teherbírás meghatározása ejtősúlyos (FWD) berendezéssel.

Az ejtősúlyos behajlásmérő készülék (Falling Weight Deflectometer) jelenleg az egyik legkorszerűbb mérési eszköz, amellyel a pályaszerkezet teherbírására következtetni tudunk.

A készülék egy adott magasságból leejtett súllyal szimulálja a mozgó kerék által okozott terhelést és így sokkal alkalmasabb a forgalom okozta ismétlődő, dinamikus terhelések szimulálására, mint a statikus, vagy félig-stadikus terhelések. A terhelési idő csupán 25–30 ms ami körülbelül egy 60–80 km/h sebességgel közlekedő tehergépkocsi igénybevételeivel egyenlő. A készüléket a pályaszerkezet függvényében (szerkezeti rétegek merevsége, felépítése) széles határok között változtatható terhelőerő (7–120 kN) jellemzi, ami így szinte bármilyen típusú burkolat esetében alkalmazható (makadám, hajlékony, illetve félmerev). A mérés megbízható és gyors, akár 60 mérési pont/óra.

A készülékkel végzett mérési sorozat lehetővé teszi a vizsgálatot végző mérnök számára a behajlási teknő meghatározását ellenőrzött terhelés mellett. A behajlási teknő alakjának ismerete lényegesen több információt szolgáltat a pályaszerkezet pillanatnyi állapotáról mint a központi behajlás, így pontosabban határozható meg annak teherbírása, hátralévő élettartalma és a szükséges erősítőrétteg vastagsága. A módszert ezért célszerű az erdészeti útépítésben is általánossá tenni, mert a pályaszerkezet állapotáról lényegesen több adatot szolgáltat, valamint több összehasonlító vizsgálat is bizonyította hasznosságát a gyakorlatban.



#### 4.5.1.4.1. A Dynatest FWD 8000 típusú berendezés ismertetése

A Dynatest nehéz ejtősúlyos teherbírásmérő berendezés egy igen pontos, világszerte elterjedt, megbízható és folyamatosan fejlesztett eszköz a behajlás/teherbírás mérések elvégzésére. A Dynatest FWD technológia megoldást kínál az analitikus-empirikus pályaszerkezet számítások elvégzéséhez, automatikus pályaszerkezet mérésekhez és mérnöki menedzsment rendszerek alkalmazásához. A Dynatest FWD 8000 alkalmazásának előnyei, főbb paraméterei:

- Roncsolásmentes vizsgálatokat tesz lehetővé,
- Széles határok között, a pályaszerkezet függvényében (szerkezeti rétegek merevsége, felépítése) változtatható terhelőerő (7-120 kN),
- Bármilyen típusú burkolat esetében alkalmazható (makadám, hajlékony, merev illetve félmerev burkolatok),
- A vizsgálatok megismételhetők és összehasonlíthatók,
- A mérésekkel kapott adatok felhasználhatók a mechanikai/analitikus méretezési eljárásokhoz,
- Megbízható és gyors (akár 60 mérési pont/óra).

A berendezés fő részei:

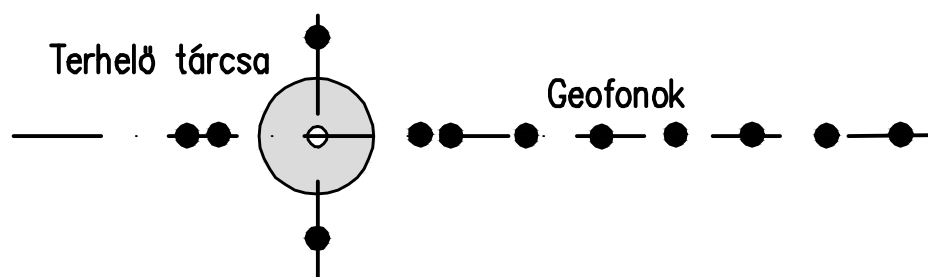
Érzékelők:

- 9-15 db behajlásmérő (geofon), melyek a terhelés középpontjától egészen 2,4 m-es távolságig állíthatóak,
- 1 db tárcsa alatti erőmérő cella,
- 1 db infravörös felületi hőmérsékletmérő,
- Terhelési idő 25-30 ms.

Kiegészítő berendezések:

- Infravörös hőmérsékletmérő,
- Automatikus levegőhőmérséklet mérő,
- Aszfalt réteg hőmérsékletmérések,
- Távolságmérő egység (DMI),
- Mérési pontot megjelölő berendezés,
- GPS.

A behajlás érzékelők (geofonok) elhelyezkedését a 4.5-5. ábra mutatja be.



4.5-5. ábra. A geofonok elhelyezkedése

#### 4.5.1.4.1. A mért adatok értelmezése, felhasználási lehetőségei

A különböző ejtősúlyos berendezések más-más távolságban és hosszon 5-8 pontban mérik a lehajlásvonal egy-egy pontját, ami lehetővé teszi a lehajlásvonal részletesebb elemzését. A mérési eredmények közül a tárcsaközépen mért alakváltozás a kézi behajlásmérővel mért ér-

téssel egyenértékű, a számított felületi modulus jellemzi a szerkezet teherbírási állapotát, de ezek nem jelentenek több információt mint a hagyományos behajlásmérés eredménye.

Az ejtősúlyos berendezés mérési eredményét kiegészítve a pályaszerkezet felépítésének adataival (rétegek típusa, vastagsága), meg lehet meghatározni a pályaszerkezet rétegeinek modulusát. A többrétegű pályaszerkezetekre kidolgozott mechanikai számítási módszereket alkalmazva, az ismert adatokból kiindulva, iterációs eljárással meghatározható a mért lehajlásvonalat legjobban megközelítő pályaszerkezet jellemzők, majd ezek ismeretében ismét a mechanikai számítási módszert alkalmazva az erősítés vastagsága is számítható.

#### 4.5.1.4.1.1. Felületi modulus

A felületi modulusok alapján el lehet végezni egy adott útszakasz előzetes értékelését, a felületi modulusok értékei alapján kijelölhetőek azok a szakaszok, ahol inhomogenitások, lokális teherbírás problémák vannak. Így információkat kaphatunk pl. a földmű jellemzőiről, esetleges elnedvesedési problémákról is (a terhelés középpontjától távolabbi, a távolság arányával egyező mélységben lévő réteg, határfelület, esetünkben a földmű modulusa is meghatározható, amely közvetlenül utalhat lokális földmű problémákra). *Boussinesq*-képlete a felületi modulus számítására:

$$E_0 = \frac{2r(1-\mu^2)p}{d_0}$$

ahol:

$E_0$	=	felületi modulus
$p$	=	felületi nyomás a tárcsa alatt
$r$	=	a terhelő tárcsa sugara ( $r = 150$ mm)
$d_0$	=	a legnagyobb behajlás a terhelő tárcsa alatt
$\mu$	=	<i>Poisson</i> -tényező

A felületi modulus kiszámításával a teljes pályaszerkezetet mint fél-végtelen teret tekintjük, így a kapott egyenértékű modulus értékek a pályaszerkezet felépítésétől, az azt alkotó rétegek jellegétől (hajlékony / rugalmas/, illetve merev) függenek. Az adott útszakasz teherbírása hálózati szintű értékelésének alapja az egyenértékű felületi modulus:

$$E_{em} = \overline{E_e} - u \cdot \sigma$$

ahol:

$E_{em}$	=	mértékadó egyenértékű teherbírási modulus
$E_e$	=	egyenértékű teherbírási modulusok mintaátlag
$\sigma$	=	egyenértékű teherbírási modulusok mintaszórása
$u$	=	megbízhatósági tényező, főúthálózaton $u = 1,64$ alsóbbrendű utakon $u = 1,28$

#### 4.5.1.4.1.2. A behajlás

A behajlás a terhelés középpontjától adott távolságra lévő behajlásmérő alatti süllyedés mértéke. A terhelés középpontjától távolodva a behajlások értéke csökken. A tárcsaközép alatti

lehajlás értékkel jellemezhető a pályaszerkezet egyedi behajlása, ez az érték a szükséges terhelőerő normalizálás, illetve hőmérsékleti korrekció elvégzése után átszámítható egy olyan statikus behajlás értékévé, mely a *Benkelman*-típusú behajlásmérővel mért behajlással összemérhető.

A 2007-ben kísérleti céllal elvégzett összemérés eredményeként megállapítható, hogy a mért statikus és dinamikus behajlásértékek statisztikai jellemzői jól egyeztek egymással. (A kísérleti útszakasz a Szántód - Jaba pusztai feltáróút volt. A mérést az 5 km hosszú úton 25 m-ként végeztük el a jobboldali keréknyomban, az átlag hőmérséklet 25 °C volt.) A fenti eredmények alapján a behajlásértékek átszámítást tehát szükségtelennek találjuk erdészeti utak esetében. A dinamikus behajlási adatok alapján elvégezhető egy adott útszakasz homogenizálása, majd a homogén szakaszokon a jellemző mértékadó behajlás kiszámítása a korábbiakhoz hasonlóan:

$$s_m = \bar{s} + 2 \cdot sz$$

ahol:  $s_m$  = a mértékadó behajlás  
 $\bar{s}$  = az átlagos behajlás  
 2 = megbízhatósági szorzó (c)  
 $sz$  = a szórás

#### 4.5.1.4.1.3. Homogén szakaszok képzése, a kapott eredmények értékelése

Egy adott útszakaszt vizsgálva szükséges lehet az utat homogén szakaszokra bontani. A homogén szakaszok képzése a következőkben ismertetett módszerekkel lehetséges:

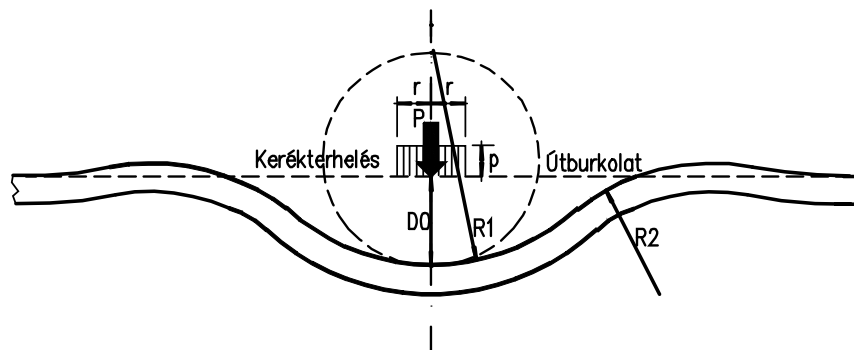
- a korábban ismertetett hagyományos módszerrel
- a behajlások átlagtól való eltérése kumulált összegének grafikus ábrája elemzésével.

Mindkét módszerre számítógépes programok állnak rendelkezésünkre.

#### 4.5.1.4.1.4. A görbületi sugár meghatározása

A burkolat repedésképződésének mértékét – a burkolat anyagi minőségén kívül – döntő mértékben a fűrésztő igénybevétel nagysága szabja meg. Repedés akkor áll elő, ha a burkolat húzószilárdságát meghaladó feszültség keletkezik. A forgalom alatt lévő burkolat elsősorban hajlító igénybevételt szenved, a húzófeszültség tehát hajlításból ered. A hajlításból származó húzófeszültség nagysága pedig a hajlítás minimális sugarától függ. (4.5-6. ábra.)

Az aszfaltburkolatok viszonylag kisméretű ívben is lassan meghajlíthatóak anélkül, hogy eltörnének. Svéd vizsgálatok szerint, ha az aszfaltburkolatot  $R = 30$  m-nél kisebb sugarú ívben hajlítják meg, törés következik be, ami a minimális sugarának is tekinthető. Természetesen ez függ a burkolat vastagságától és anyagi minőségétől.



4.5-6. ábra. A lehajlásvonal és a görbületi sugár

A forgalom rövid ideig tartó terhelésének hatására azonban ennél sokkal kisebb mértékű igénybevétel is repedéseket okoz akkor, ha ez az igénybevétel gyakran ismétlődik, mert a burkolat „fáradási” szilárdsága lényegesen kisebb a „statikus” szilárdságnál.

Ha pedig az egyébként megfelelő minőségű burkolat és alap között gyenge minőségű vékony réteg fekszik, akkor a mért behajlás nagysága még megengedhető lehet, a burkolat mégis rövid idő alatt összeroppan. Nyilvánvaló, mert ez esetben a görbületi sugár kicsi, holott a teljes pályaszerkezet alakváltozása nem nagy. A fárasztás igénybevételének kitett burkolat tehát ott fog megrepedni, ahol a hajlítás a legnagyobb mértékű. A törés szempontjából a hajlítás sugara lesz a döntő és nem pedig a behajlás nagysága. Ezért, ha a burkolatra nézve veszélyes alakváltozást vizsgáljuk, tulajdonképpen a hajlított burkolat görbületi sugarát kell mérni és elemezni. Az ilyen irányú fejlesztések folynak. A kutatási eredmények alapján előre jelezhető, hogy a görbületi sugár alakjából és nagyságából kiinduló állapotértékelések előtt biztató jövő áll az erdészeti útépités területén is.

#### 4.5.2. Az erősítő réteg méretezése a pályaszerkezet feltárása alapján

Ennél az eljárásnál 500 m-ként vagy szüksége esetén sűrítve feltárják a régi pályaszerkezetet, megállapítva ezzel a pályaszerkezeti rétegek anyagát és vastagságát. A mért vastagságokat a régi csökkent teherbírású pályaszerkezeti rétegek egyenérték-tényezőivel (4.5-2. táblázat) besorozva megkapjuk a régi pályaszerkezet egyenérték-vastagságát:

$$H_{er} = \sum_1^n h_i \cdot e_r$$

- ahol:  $H_{er}$  = a régi pályaszerkezet egyenérték-vastagsága (ecm)  
 $h_i$  = a régi pályaszerkezeti réteg vastagsága (cm)  
 $e_r$  = a régi pályaszerkezeti réteg egyenérték-tényezője  
 $n$  = a régi pályaszerkezet rétegeinek száma

A megnövekedett forgalom alapján számított egyenérték-vastagság ( $H_{esz}$ ) és a régi pályaszerkezet egyenérték-vastagságának ( $H_{er}$ ) különbsége adja a szükséges erősítőréteg egyenérték-vastagságát ( $\Delta H_e$ )

$$\Delta H_e = H_{esz} - H_{er}$$

A  $\Delta H_e$  értékből az új erősítőréteg anyagára vonatkozó egyenérték-tényező (4.5-2. táblázat) segítségével a méretezésnél megismert módon meghatározhatjuk az erősítőréteg valódi geometriai vastagságát.

#### 4.5.3. A behajlasmérés eredményeinek és a pályaszerkezet feltáráson alapuló méretezés eredményeinek értékelése

A pályaszerkezet megerősítésének tervezését nem szabad mechanikusan végrehajtani, hanem megfelelő műszaki szemlélettel a kapott adatokat értékelni kell.

Célszerű, ha a megerősítés tervezését legalább 3 évvel megelőzi egy előzetes tavaszi behajlasmérés. Ennek alapján ki tudjuk jelölni az azonos teherbírású helyeket, megállapíthatjuk a kiugróan rossz teherbírású szakaszokat és kijelölhetjük azokat a helyeket, ahol a pályaszerkezet feltárásokat sűríteni kell. Ugyanakkor meg kell vizsgálni a tévégi burkolatkárok fellépésének helyeit és okait.

A réteg megnevezése és állapota	Egyenérték-tényező
Betonburkolatok	1,8
Öntöttaszfalt, aszfaltbeton és kötőréteg repedésmentes	1,8
Ritkán repedezett (min. 2,0 m <sup>2</sup> )	1,5
Sűrűn repedezett	1,3
Kevert bitumenes alapok és aszfaltmakadámok	1,5
Kötőzúzalékos, itatott és vízzel kötött makadámok zúzottkő- és kohósalakkő-alapok Idomkő burkolatok hézagkiöntéssel	1,0
Soványbeton alapok, kavicsbeton-burkolatok Idomkő burkolatok hézagkiöntés nélkül	1,2
Cementes és bitumenes talajstabilizáció Mechanikai stabilizáció 0/50	0,7
Mechanikai stabilizáció 0/20	0,5
Kavicsos homok, homokos kavics	0,5
Homok (kötött talajú földművön)	0,3

4.5-2. táblázat. Régi pályaszerkezeti rétegek tervezési egyenérték-tényezői

A következő lépésként az így felmért útszakaszon meg kell keresni a helyi teherbíráscsökkenés okait és a végleges behajlásmérés elvégzése előtt az okokat meg kell szüntetni, visszaállítva ezzel az átlag körüli teherbírást.

A méretezés alapjául fegyelembé vehető behajlásméréseket ezeknek a munkáknak az elvégzése után tavasszal kell végrehajtani. Abban az esetben, ha a burkolat teljesen tönkrement, öszszerepedezett, a vizet átterszti, illetve a földmű teljesen átázott, a pályaszerkezet félmerev (soványbeton vagy ehhez hasonló nagy szilárdságú cementstabilizáció) réteget tartalmaz a behajlásmérés eredményei a megerősítés tervezéséhez nem használhatók fel. Ilyen esetben pályaszerkezetfeltárással kell az erősítőréteg vastagságát meghatározni. A végleges tavaszi behajlásmérés és a pályaszerkezet feltárás alapján meghatározott két egyenérték-vastagság közül általában a nagyobbik figyelembevételével tervezzük a megerősítő réteget. Ettől csak akkor térhetünk el, ha komoly megfontolások alapján valamelyik módszert nem lehet, vagy csökkent súllyal lehet csak elfogadni.

A behajlásméréseket célszerű lenne az erdőgazdaságoknak rendszeresen (legalább 5 évenként és a koncentrált fakitermelések megkezdése előtt 3 évvel legalább évenként) elvégezni. Az eredmények kiértékelésével az esetleg megerősítés szükségességének megállapításán kívül olyan adatokhoz jutnánk, amelyből a pályaszerkezet teherbírásának változását jól lehetne követni. Ezek ismeretében a szállítások jó szervezésével sok korai, idő előtt bekövetkező burkolatkárt lehetne elkerülni.

#### 4.6. Pályaszerkezet-gazdálkodás

Az erdészeti utak pályaszerkezetének tervezésekor célként fogalmazható meg, hogy olyan pályaszerkezetet hozzunk létre, amely hosszútávon gazdaságosnak tekinthető. Alapvető feltétel ekkor, hogy az út pályaszerkezete az élettartam alatti forgalom terhelését elviselje, tehát teherbírása megfelelő legyen. A gazdaságosságot befolyásoló további tényező a választott élettartam, a különböző rétegek építési költségei és az útfenntartási költségek alakulása.

A gazdaságosság szempontjait jelenleg csak az egyes rétegek és azok anyagának megválasztásánál vesszük figyelembe úgy, hogy az építési költségeket a minimumra szorítsuk, figyelmen kívül hagyva sokszor a később szükségessé váló útfenntartási költségeket. Ez a pillanatnyi érdekeket előnyben részesítő szemlélet azonban nem biztosítja azt, hogy az útra hosszútávon ráfordítandó pénzeszközök a legalacsonyabbak lesznek. Adott szállítási és forgalmi

igénybevétel mellett ugyanis azt a megoldást kellene megkeresni, amelynél az építési, útfenntartási és forgalmi költségek összegei a legalacsonyabbak lesznek.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének tervezésekor tehát nem lehetne megelégedni azzal, hogy azokat csak teherbírásra méretezzük az építési költségek csökkentésére törekedve, hanem átgondoltan meg kellene tervezni a később feltétlenül szükségessé váló fő útfenntartási beavatkozások időpontjait és azok mértékét is. Gondosabb tervezéskor ezekre változatokat kell kidolgozni, amelyek közül a közgazdaságilag és műszakilag is legmegfelelőbb megoldást ki lehet választani. A pályaszerkezetek ilyen szemléletű tervezése már nem egyszerűen méretezés, hanem az pályaszerkezet-gazdálkodásnak is tekinthető.

#### 4.6.1. A pályaszerkezet-gazdálkodási politika általános megfogalmazása

Ahhoz, hogy a pályaszerkezetet gazdálkodási szemlélettel tudjuk megtervezni, ki kell alakítani a pályaszerkezet-gazdálkodási politikát, amely:

- hosszú távú stratégiájában kijelöli a pályaszerkezeten végzendő fő beavatkozások időpontját,
- taktikájában pedig alkalmazkodik az út pillanatnyi állapotához.

A pályaszerkezet fenntartási politika stratégiája tehát meghatározza, hogy mikor válik szükségessé a pályaszerkezet megerősítése (felújítása), vagy mikor elégséges csak egy vékony réteg beépítésével a homogén útállapotot létrehozni (karbantartani). A pályaszerkezet-gazdálkodási politika stratégiájának kialakításakor tehát a következő kérdések merülnek fel:

Milyen élettartamra tervezzük az új pályaszerkezetet és a megerősítő réteget?

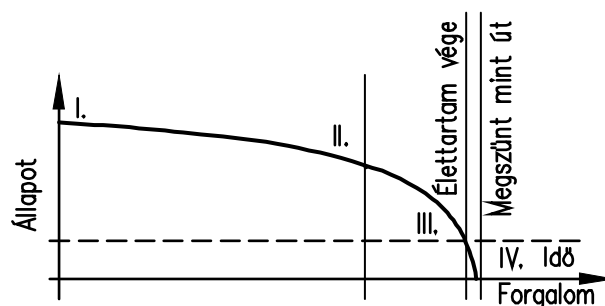
Mikor elég a teherbírást csak másodlagosan növelő vékony réteggel a homogén útállapotot létrehozni?

Hogyan váltsák egymást ezek a beavatkozások?

A pályaszerkezet leromlási modelljének ismeretében ezekre a kérdésekre választ lehet adni, a pályaszerkezetet pedig gazdálkodási szemlélettel meg lehet tervezni.

##### 4.6.1.1. A pályaszerkezet leromlási folyamata

A pályaszerkezet leromlási folyamatát a következőképpen lehet leírni (4.6-1. ábra)



4.6-1. ábra. A pályaszerkezet leromlási folyamata

Az út maximálisan jó állapotának az átadás időpontjában meglévő állapotot tekinthetjük (I.). Ezután az idő múlásával a peremfeltételek (kivitelezés minősége, a forgalom nagysága és időbeni eloszlása, időjárás stb.) hatásának függvényében megindul az út fokozatos leromlása. A tönkremenetel folyamatában három szakaszt lehet elkülöníteni. A kezdeti időben (I-II.) a leromlás folyamata lassú, az útfenntartás feladata ebben az időszakban a keletkező apróbb lokális hibák rendbetétele. A második szakaszban (II-III.) a leromlás felgyorsul, a beavatkozások sűrűsége, mennyisége és sürgőssége is megnő. Ezt a szakaszt egy figyelmeztető tartománynak kell tekinteni, ami arra hívja fel a figyelmet, hogy az út

állapotát valamilyen komolyabb állapotfenntartási módszerrel helyre kell állítani. A harmadik szakaszban (III-IV.) az út állapota rohamosan megy tönkre, azt megállítani már csak komolyabb, építés jellegű felújítással (pályaszerkezet rekonstrukció, új burkolat vagy kopóréteg építés stb.) lehet.

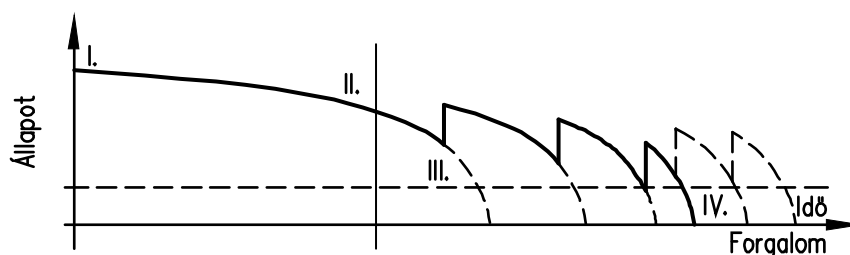
A megfelelő útállapot létrehozásához szükséges költségek az első szakaszban a legalacsonyabbak, ezért igyekezni kell, hogy ott minden keletkező hibát kijavítsunk, mert így a hibák elfajulását megakadályozhatjuk, végeredményben a leromlás folyamata lassítható. A második szakaszban már jelentősebb költségeket emészt fel a szükséges munkák elvégzése, míg a harmadik szakaszban fellépő költségek a legmagasabbak, végeredményben új szerkezetek építését kell elvégezni. A III. pont ezért határértéknek tekinthető, amely azt az állapotot jelöli, amikor a beavatkozást még gazdaságosan végre lehet hajtani, ez alatt nagy költségű beavatkozásra - új szerkezet létrehozására - van szükség. (A pályaszerkezetek méretezésekor ezt az állapotot tekintjük az élettartam végének.)

#### 4.6.1.2. A pályaszerkezet-gazdálkodási politika stratégiája

Mivel az utak élettartama viszonylag hosszú időszakot ölel fel, szükség van egy olyan hosszú távon is elfogadható alapelv megfogalmazására, amely szerint a változó feltételek között végzett útfenntartási tevékenység a kitűzött célokat eléri. Azt a koncepciót, amely meghatározza úgy hosszú, mint rövidtávon az útfenntartási tevékenység szükségességét és módját, útfenntartási politikának nevezzük. Más módon megfogalmazva az útfenntartási politika az úthálózat egészét és a leromlás időbeli lefolyását figyelembe véve meghatározza hosszútávon az egyes utakon végzendő beavatkozások időpontját és módját (útfenntartási stratégia), illetve az utak pillanatnyi állapotát is figyelembe véve kijelöli a rövid távon szükséges konkrét beavatkozások helyét és módszerét (útfenntartási taktika).

A pályaszerkezet-gazdálkodási stratégiát a pályaszerkezet leromlási folyamatának és az útfenntartási beavatkozások erre gyakorolt hatásának figyelembevételével lehet és kell kialakítani. A leromlás folyamatába különféle mélységet jelentő állapot fenntartási móddal tudunk beavatkozni, amit a kialakult vagy kialakított útfenntartási politika fog meghatározni. A beavatkozások sorozatát és az állapotváltozás összefüggéseit vizsgálva, alapvetően háromféle stratégia alakítható ki.

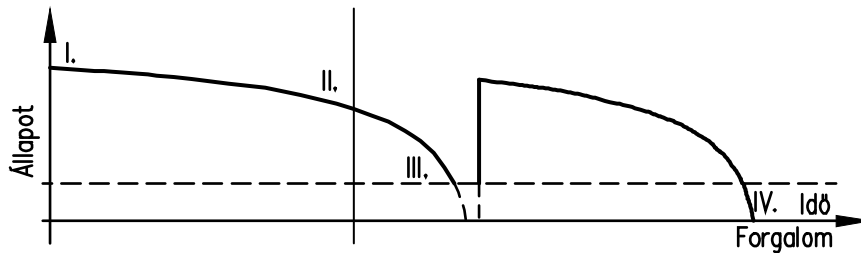
A pályaszerkezet-gazdálkodási stratégia első formájában (4.6-2. ábra) a szükséges beavatkozásokat spontán, nem tudatos tevékenység alapján végzik. Jellemző formája, hogy mindig ott avatkozik be, ahol az a legégetőbb, de soha nem teremt olyan állapotot, amely hosszabb távon megnyugtató megoldást hozna. Mint az az ábráról is kitűnik, az ilyen jellegű politika eredményeként a pályaszerkezet fokozatos, végső leromlása csak állandó javítgatással akadályozható meg, vagy egyáltalán nem állítható meg. Az úthálózatot figyelembe véve ez a megoldás azt eredményezi, hogy a teljes hálózat leromlik, azon folyamatosan mindig javítgatni kell. Ez a politika az úthálózatban végzett rablógazdálkodást jelenti.



4.6-2. ábra. A spontán beavatkozásokon alapuló pályaszerkezetgazdálkodási stratégia

A pályaszerkezet-gazdálkodás második formájában már érvényesül a tudatosság (4.6-3. ábra). Eszerint mindig akkor kell beavatkozni, amikor a pályaszerkezet állapota eléri a II-III. pont közötti szakaszt. A beavatkozás mélysége olyan legyen, hogy a pályaszerkezet állapota elérje

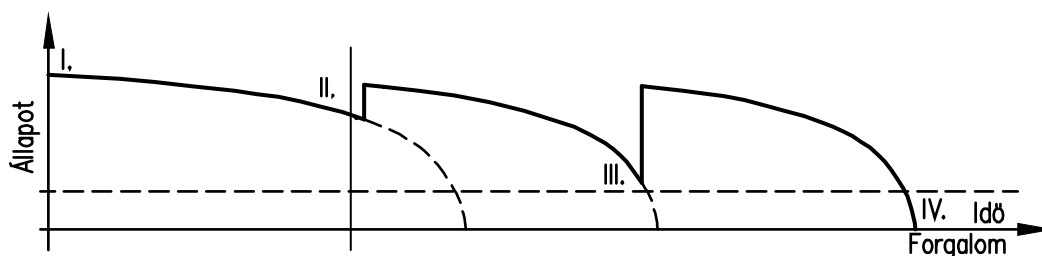
az új út minőségével szemben támasztott igényeket. Ilyenkor az úton mindig csak építés jelle-  
gű beavatkozás folyik. Ez egy viszonylag kényelmes megoldás akkor, ha rendkívül erős  
pénzügyi háttérrel rendelkezünk, vagy olyan jelentőségű az út, hogy azon csak ritkán lehet  
munkákat végezni (pl. autópálya). Ezek közül a feltételek közül azonban egyik sem jellemző  
az erdészeti utakra, illetve azok tulajdonosainak pénzügyi helyzetére.



4.6-3. ábra. Nagyvonalú pályaszerkezet-gazdálkodási stratégia

Az erdészeti utak fenntartási alapelveinek a pályaszerkezet-gazdálkodási politika harmadik  
stratégiája (4.6-4. ábra) a megfelelő, amely egyértelműen a leggazdaságosabb megoldást is  
jelenti. Eszerint az I–II. szakaszban a keletkező hibákat folyamatosan javítva azok elfajulását  
megakadályozzuk. Ezzel a munkával biztosítjuk az utak egységes használati értékét, de a le-  
romlás időbeni lefolyását alig befolyásoljuk. (Pontosabban ezeket a kisebb javítgatásokat a  
különböző inhomogenitásokból kialakuló, lokálisan előforduló hibák miatt kell elvégezni.  
Ezeknek a munkáknak a mindenkori elvégzését feltételezzük a pályaszerkezet tervezésénél és  
ez biztosítja, hogy a leromlási folyamat a vázoltak szerint játszódjon le. Ennek a munkának az  
elhagyása a hibák elfajulásához vezet, ami rohamos tönkremenetelt eredményezhet, nem a  
vázolt függvény szerint.) A beavatkozásnak ezt a típusát fogjuk javításnak nevezni. Ez olyan  
munkákat ölel fel, mint a kezdődő kátyúk helyreállítása, kisebb helyi repedezett felületek le-  
zárása, egyes repedések kiöntése stb. Amikor az út a II. ponttal jelölt állapot környékére kerül,  
akkor egy nagyobb méretű beavatkozásra van szükség, amely az egész felületen a korábbinál  
jobb, egységes állapotot hoz létre vékony, a teherbírást közvetlenül lényegesen nem befolyá-  
soló rétegekkel (pl. felületi bevonás, vagy vékony aszfaltréteg). Ez a karbantartás fogalomköré-  
rébe eső tevékenység már lényegesen befolyásolja a leromlás időbeni lefolyását is. Ide kell  
sorolni az olyan tevékenységet is, amikor fenntarthatatlan pályaszerkezetet alakítunk át haték-  
konyan fenntarthatókká, illetve az egységes fenntartási technológia szerint nem fenntartható  
szerkezeteket olyanokká, amelyek azokkal már fenntarthatóvá válnak. A megfelelően karban-  
tartott út állapota javulni fog, egy magasabb szintről folytatódik a leromlási folyamat. Ez a  
szint nem éri el az új állapot szintjét, a leromlás folyamata az eredeti vonal azonos pontja utá-  
ni görbe szakasz szerint fog futni. Ez azt jelenti, hogy az út állapota a karbantartás előtti álla-  
potot lényegesen rövidebb idő alatt fogja elérni, mint amekkora idő a forgalombahelyezés és  
az első karbahelyezés közben eltelt. Ezután két lehetőség között választhatunk. Az első lehe-  
tőség az, hogy egy tudatosan végzett tevékenységgel, a felújítással – aminek időpontja a II–  
III. szakaszra essen – a pályaszerkezet állapotát az új útnak megfelelő állapotba hozzuk úgy,  
hogy új pályaszerkezetet vagy csak kopóréteget építünk, aszerint, hogy a pályaszerkezet te-  
herbírása egy hosszabb időszakot (10–15 év) figyelembe véve megfelelő-e. Ezzel a munkával  
elérjük, hogy a leromlás az I. pontnak megfelelő állapotból indul és évekig jelentősebb be-  
avatkozást az úton nem kell végrehajtani. A másik lehetőség szerint egy újabb karbantartással  
a felújítás időpontját még eltoljuk. Figyelembe kell venni azonban azt, hogy a többszöri kar-  
bantartás költségei meghaladhatják a felújítás költségeit, amit végül egyszer feltétlenül el kell  
végezni. A második karbantartás után ezért célszerű a felújítást végrehajtani, aminek pontja  
most is a II–III. szakaszba esik.





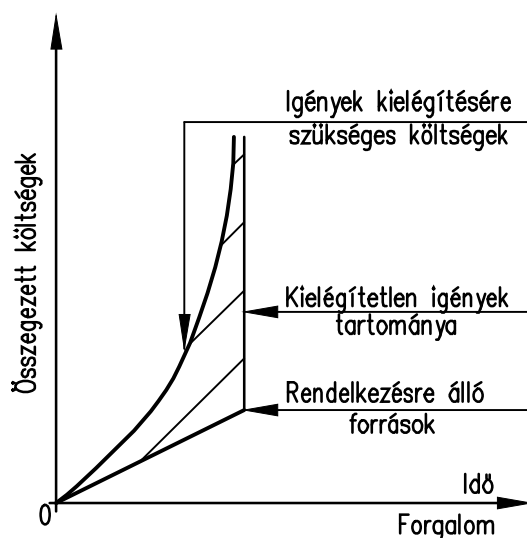
4.6-4. ábra. A javasolt pályaszerkezet-gazdálkodási stratégia

A helyesen kialakított és alkalmazott pályaszerkezet-gazdálkodási politika hosszútávon létrehoz egy ciklust, amelyben a beavatkozásokat tudatosan a leromlás függvényében hajtjuk végre (stratégia). Mivel az útfenntartási politika a mindenkori útállapot szerint dönti el a beavatkozás szükségességét és módját, ezért a közvetlen beavatkozások eldöntésénél a váratlanul bekövetkező helyzetekhez rugalmasan lehet alkalmazkodni (taktika).

#### 4.6.1.3. A pályaszerkezet-gazdálkodási politika közgazdasági összefüggései

Az útfenntartásra fordítható pénzügyi háttér nem teszi lehetővé az utak állapotának folyamatosan magas szinten való tartását. Ez azt jelenti, hogy nem minden időben tudunk az útállapot változásának folyamatába beavatkozni, illetve már csak ésszerűségi alapon sem lehet elvárni azt, hogy pl. egy túlméretezett útfenntartási egységet tartsunk fenn ennek érdekében.

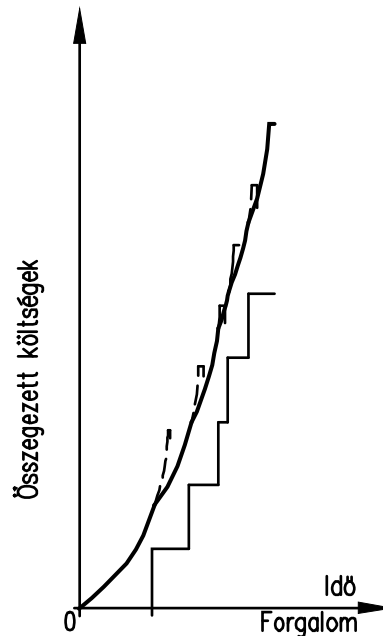
Mivel a rendelkezésre álló pénzeszköz sokszor a szükségesnél is kevesebb, a kielégítetlen igények nagysága az évek folyamán növekedni fog (olló jelenség) (4.6-5. ábra). A helyesen kialakított pályaszerkezet-gazdálkodási politika a nehézségek ellenére biztosítani tudja, hogy a szükséges költségeket előre megtervezzük és a rendelkezésre álló anyagi erőforrásokat jól használjuk fel.



4.6-5. ábra. Az útfenntartáshoz szükséges és a rendelkezésre álló pénz

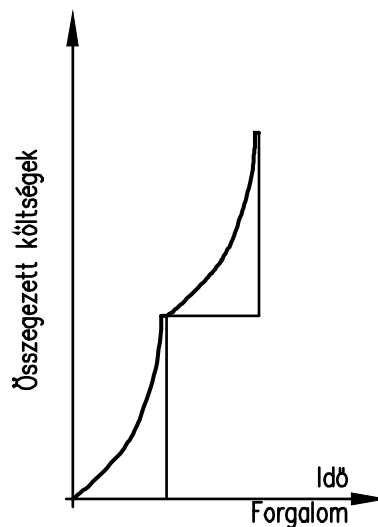
A három felvázolt pályaszerkezet-gazdálkodási politika eredményét ilyen szempontból vizsgálva, a következőket tapasztalhatjuk. Az 4.6-6. ábra az első pályaszerkezet-gazdálkodási politika közgazdasági eredményét mutatja be. Látható, hogy a ráfordítások ellenére az „olló” folyamatosan nyílik, a kielégítetlen igények nőnek, mert az alkalmazott kis költségű beavatkozásokkal nem lehet az igényeket kielégíteni. A ráfordítások tehát nem hozzák a várt ered-

ményt, vagyis azt feleslegesen használtuk fel, ami alátámasztja ennek a politikának jellemzésére használt rablógazdálkodás fogalmát.



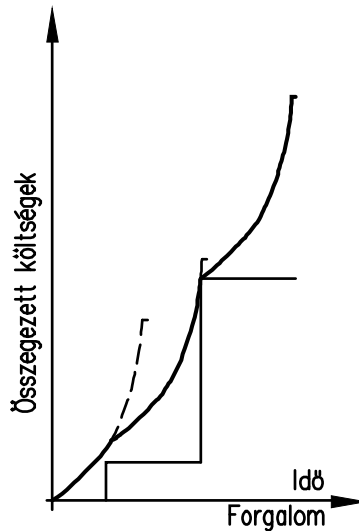
4.6-6. ábra. A spontán pályaszerkezet-gazdálkodási stratégia közgazdasági hatása

A második stratégia az „olló” zárását már időszakonként elvégzi, de az mindig egyszeri, jelentős költségráfordítással jár (4.6-7. ábra).



4.6-7. ábra. A nagyvonalú pályaszerkezet-gazdálkodási stratégia közgazdasági hatása

A harmadik pályaszerkezet-gazdálkodási politika szerint az optimális időpontokban végzett beavatkozások miatt viszonylag kis költségű beavatkozással először csökkentjük a kielégítetlen igények tartományát, lassítjuk a leromlás folyamatát, tehát csökkentjük a szükséges ráfordítások emelkedésének ütemét, majd egy hatásos beavatkozással az „ollót” zárja, ami azonban lényegesen kisebb költségeket emészt fel, mint amit a második stratégia szerint kell felhasználni (4.6-8. ábra). Mivel az „olló zárásáig” eltelt idő a második politikához viszonyítva hosszabb, ezért ez a politika az időegység alatti ráfordítások tekintetében is kedvezőbb lesz.



4.6-8. ábra. Az erdészeti utak pályaszerkezet-gazdálkodási stratégiájának közgazdasági hatása

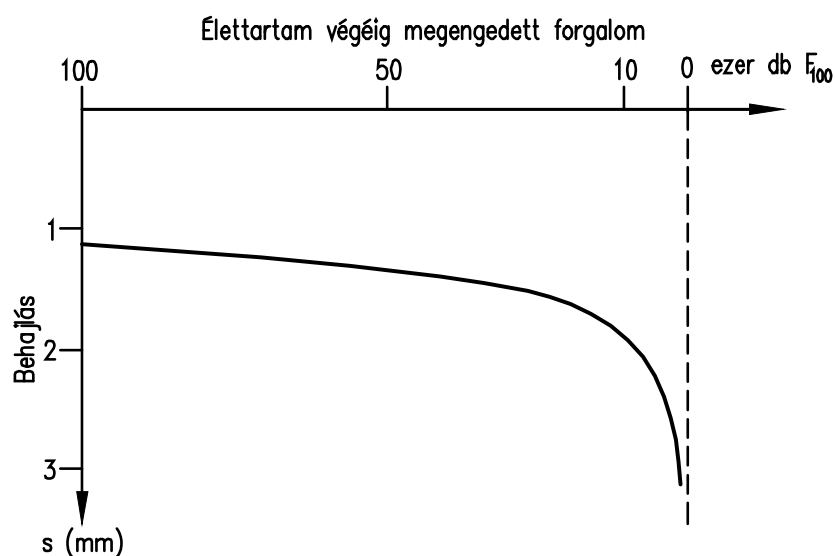
#### 4.6.2. Pályaszerkezet-gazdálkodás az erdészeti utakon

##### 4.6.2.1. A teherbírás változásának modellje

Az AASHO útkísérletek összefüggést mutattak ki a pályaszerkezet rugalmas alakváltozása és az út forgalomban kifejezett teherbírása között. Az

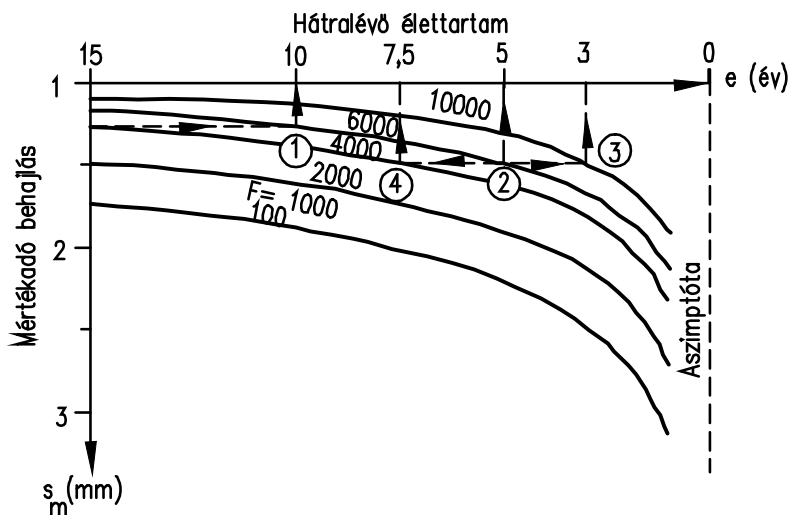
$$F_{100} = \frac{10^{5,27}}{s^{4,55}}$$

összefüggés a forgalom hatására fellépő teherbírásnövekedést írja le és azt fejezi ki, hogy az adott  $s$  (mm) behajlással jellemzett pályaszerkezeten még hány db 100 kN e.t.á.-ban kifejezett forgalom haladhat át a teljes tönkremenetelig (4.6-9. ábra). Az ábrából jól kitűnik, hogy a behajlások növekedésével rohamosan csökken annak a forgalomnak a nagysága, amely az élettartam végéig a pályaszerkezeten áthaladhat.



4.6-9. ábra. A pályaszerkezet teherbírásának változása a forgalom függvényében

Szemléletesebb és elemzésekhez alkalmasabb forma, ha a leromlás modelljét az idő függvényében ábrázoljuk (4.6-10. ábra). Ekkor az évenkénti forgalom nagyságát a görbék paramétereiben tüntettük fel.



4.6-10. ábra. A teherbírás csökkenése az idő függvényében

Az ábra alapján elemezni lehet a forgalom változásának hatására (pl.: a szállítójármű típusváltásának hatására) bekövetkező állapotváltozást. Legyen a vizsgálat kezdetén a pályaszerkezet teherbírását jellemző mértékadó behajlás  $s_m = 1,28$  mm. Vizsgáljuk a leromlási folyamatot az élettartam változásán keresztül a következő feltételek szerint:

az évi átlagos szállítási kötelezettség a vizsgálat kezdetét követő  $n = 5$  éven keresztül legyen  $F_{e0} = 6000$  db/év

$n = 5$  év eltelte után változzon a forgalom

1. esetben  $F_{e1} = 10000$  db/év

2. esetben  $F_{e2} = 4000$  db/év

Feltételezéseink szerint tehát:

$$F_{e2} < F_{e0} < F_{e1}$$

Az elemzés lépései:

1. A függőleges tengelyen felkeressük az  $s_m$  behajlást és rávetítjük az  $F_{e0}=6000$  jelű görbére (1.), majd a metszésponthez tartozó értéket a vízszintes tengelyen leolvassva megkapjuk a pályaszerkezet még hátralévő élettartamát ( $e_0 = 10$  év).

2. Amennyiben az élettartam első  $n = 5$  évében továbbra is ez a forgalom halad át az úton, a pályaszerkezet leromlása is a kiválasztott görbe szerint következik be.

3. Az 5. évben azonban változzon a forgalom (aminek oka pl. változatlan szállítási feladat mellett a szállítóeszköz típusváltozása). Ebben az évben a teherbírást a 2. pont jelöli, a hátralévő élettartam pedig  $e = 5$  év.

3.1. Első esetben nőjön a forgalom  $F_{e1} = 10000$  db/év nagyságra. Ennek a forgalomnak a hatását a pályaszerkezet hátralévő élettartamával jellemezhetjük, amit úgy kapunk meg, hogy a 2 jelű pontot vízszintesen az  $F_{e1}$  jelű görbére vetítjük (3), majd a metszésponthez tartozó értéket a vízszintes tengelyről leolvassuk ( $e_1 = 3$  év). Látható, hogy:

$$\acute{e} > \acute{e}_1$$

tehát a pályaszerkezet:

$$e = \acute{e} - \acute{e}_1$$

idővel (2 évvel) korábban megy tönkre.

3.2. A második esetben  $n = 5$  év eltelte után csökkenjen a forgalom  $F_{\acute{e}2} = 4000$  db/év nagyságúra. Ennek hatását az előbbiekhöz hasonlóan vizsgálhatjuk. Az 1-es pontot most az  $F_{\acute{e}2}$  jelű görbére vetítve (4) a hátralévő évek számát a vízszintes tengelyről olvashatjuk le ( $\acute{e}_2 = 7,5$  év).

Ekkor:

$$\acute{e} < \acute{e}_2$$

a pályaszerkezet:

$$e = \acute{e}_2 - \acute{e}$$

idővel (2,5 évvel) később megy tönkre.

Az elemzéseket hasonló módon egymást követő eltérő éves forgalmakra is el lehet végezni és az út élettartamát eltérő forgalmi körülmények között kiszámítani.

#### 4.6.2.2. Az erdészeti utak pályaszerkezetének karbantartási és megerősítési stratégiája

A teherbírás időbeni változásának ismeretében lehetőségünk van arra, hogy az útfenntartási politika javasolt formáját a pályaszerkezet megerősítési stratégia vonatkozásában leellenőrizzük.

A vizsgálat érdekében szimuláljuk a teherbírás változásának időbeni lefolyását. Ennek matematikai leírásához egyrészt ismerjük a forgalom és a teherbírás összefüggését leíró függvényt az 4.5.1.2. fejezet szerint, míg az új pályaszerkezeti réteg teherbírásra gyakorolt hatását az erősítőrétég méretezésére használt összefüggésből lehet kifejezni. A szükséges erősítőrétég vastagsága:

$$\Delta H_e = 70 \cdot \lg \frac{s_e}{s_u}$$

ahol:  $\Delta H_e$  = a megerősítő réteg egyenérték-vastagsága

$s_e$  = behajlás a beavatkozás előtt

$s_u$  = behajlás a beavatkozás után.

A képletből a beavatkozás utáni teherbírás kifejezhető:

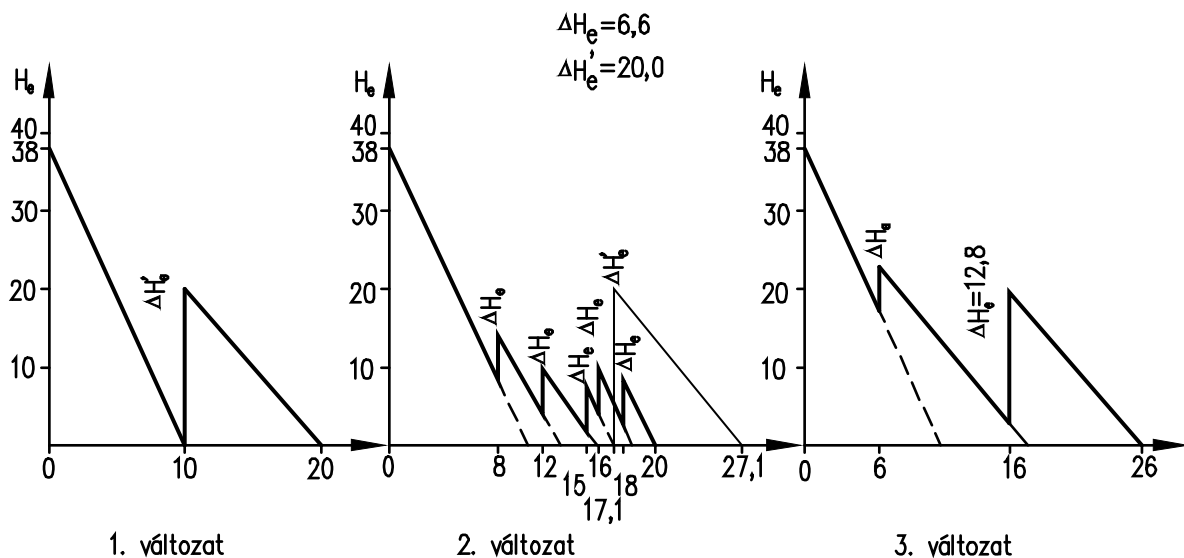
$$\lg s_u = -\frac{\Delta H_e}{70} + \lg s_e$$

A teherbírás változását leíró és az új pályaszerkezeti réteg hatását kifejező összefüggéseket összevonva és céljainak megfelelően átalakítva egy olyan kifejezést kapunk, amellyel ki lehet számítani a pályaszerkezet beavatkozás utáni élettartamát:

$$e_u = \frac{10^{5,27-4,55 \cdot (1,158-0,2198 \cdot \lg((e_e-e_b) \cdot F_{e1})) - \frac{\Delta H_e}{70}}}{F_{e2}}$$

- ahol:
- $e_u$  = a beavatkozás utáni élettartam
  - $F_{e2}$  = az évenkénti forgalom nagysága a beavatkozás után
  - $F_{e1}$  = az évenkénti forgalom nagysága a beavatkozás előtt
  - $e_e$  = a pályaszerkezet várható élettartama az utolsó beavatkozás után
  - $e_b$  = az utolsó és a vizsgált beavatkozás közötti eltelt idő ( $e_e > e_b$ )
  - $\Delta H_e$  = a vizsgált beavatkozás idején beépített pályaszerkezeti réteg vastagsága

A beavatkozás utáni élettartam ismeretében kijelölhetők azok az időpontok, amikor feltétlenül szükségessé válik valamilyen új pályaszerkezeti réteg építése és felrajzolható a pályaszerkezet leromlásának egyszerűsített modellje is (4.6-11. ábra). (Ez a függvény alkalmas a forgalom változásának figyelembevételére is. Ekkor beavatkozásnak a forgalom változását kell tekinteni, építési beavatkozás pedig nem történik, tehát  $\Delta H_e = 0$ .)



4.6-11. ábra. A pályaszerkezet egyszerűsített leromlási modellje, különböző pályaszerkezet-gazdálkodási stratégiáknak megfelelően

A teherbírás változását azonban nem tekinthetjük lineárisnak a két beavatkozás között eltelt időben. A teherbírás változását pontosan a következő összefüggés írja le:

$$s = 10^{\left(1,158-0,2198 \cdot \lg\left(10^{\lg((e_e-e_b) \cdot F_{e1})+0,065 \cdot \Delta H_e+0,0011} - e \cdot F_{e2}\right)\right)}$$

- ahol:
- $e_e$  = élettartam az utolsó beavatkozás után
  - $e_b$  = az utolsó és tervezett beavatkozás között eltelt idő ( $e_e$  nagyobb  $e_b$ )
  - $F_{e1}$  = éves forgalom az utolsó beavatkozás után
  - $F_{e2}$  = éves forgalom a tervezett beavatkozás után

- $\Delta H_e$  = a tervezett beavatkozással beépített pályaszerkezet vastagsága  
 $s$  = a pályaszerkezet teherbírása a beavatkozás utáni  $e$  évvel  
 $e$  = az utolsó beavatkozástól eltelt idő

A teherbírás-változás hosszú távú modelljét a függvény segítségével létrehozhatjuk, de grafikus formában is elő lehet állítani. Ekkor az 4.6-10. ábráról kiválasztjuk azt a görbét, amely a vizsgált esetben fellépő éves forgalomnak ( $F_{e1}$ ) felel meg és ezt ábrázoljuk. A beavatkozás időpontjában megengedett behajlás az ábráról leolvasható. A  $H_e$  erősítőréteg hatására fellépő teherbírás-növekedést jelző behajlás számítható, amely értéket felrakjuk és innen kiindulva ismét berajzoljuk azt a 4.6-10. ábráról levett görbét, amely a beavatkozás utáni forgalomnak ( $F_{e2}$ ) felel meg. Az összehasonlíthatóság érdekében célszerű közelítő költség számítást is végezni úgy, hogy a felmerülő költségeket a kezdő (építés) évére vonatkoztatjuk:

$$K_0 = \sum_1^n \frac{\Delta H_e \cdot k}{(1+q)^i}$$

- ahol:
- $K_0$  = a kezdő időpontra számított összes költség
  - $n$  = a beavatkozások száma
  - $\Delta H_e$  = az egy beavatkozáskor beépített egyenérték-vastagsága
  - $k$  = 1 ecm vastagságú pályaszerkezeti réteg építési költsége adott úthosszon
  - $q$  = kamatláb viszonyszám formájában, amelyet a mindenkorai pénzügyi rendelkezések határoznak meg
  - $i$  = a kezdés és beavatkozás között eltelt évek száma

Az összefüggések segítségével modellezünk három pályaszerkezet-gazdálkodási stratégiát és ennek alapján kiválaszthatjuk a számunkra legmegfelelőbb változatot. A vizsgált három alapvető stratégia legyen a következő:

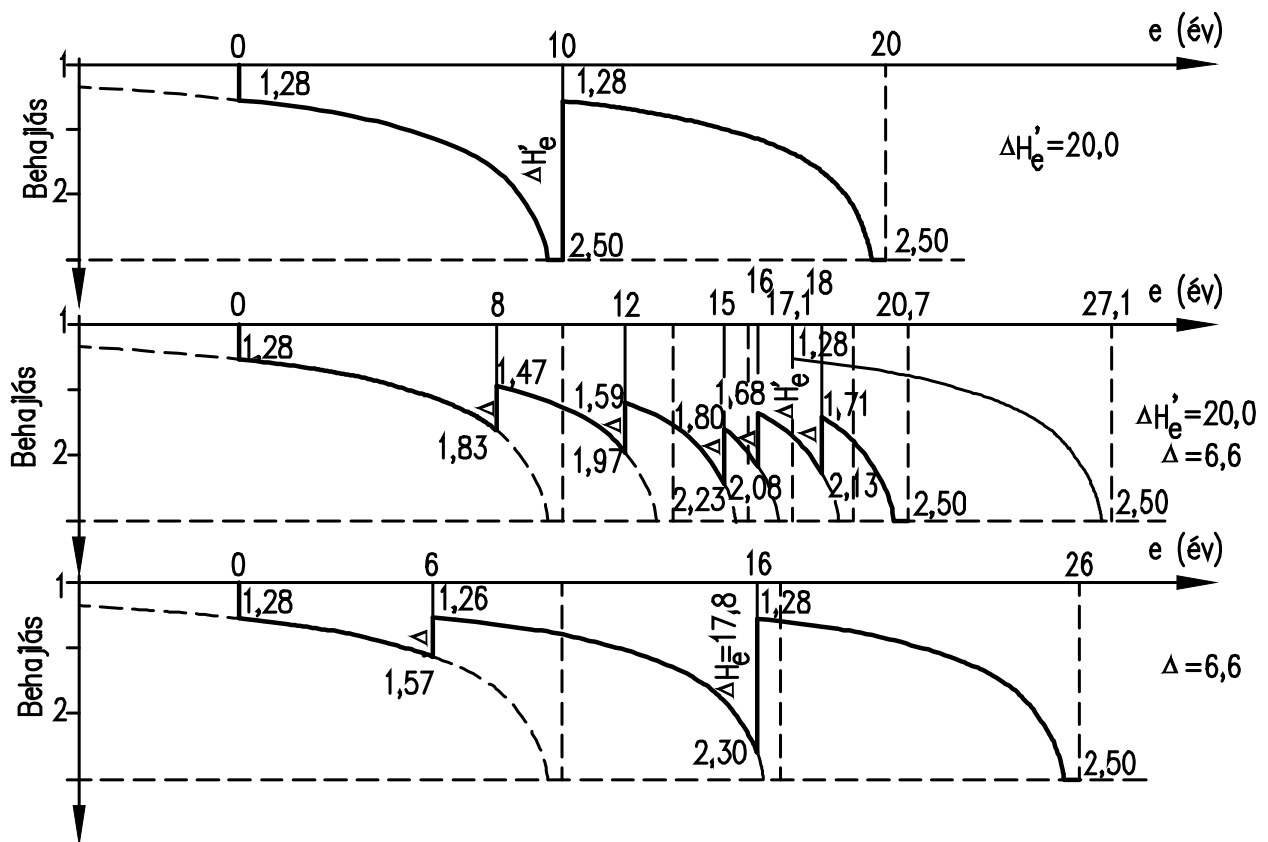
1. változat: A pályaszerkezeten csak a szükséges javításokat végzik el, majd 10 év elteltével az akkor mértékadó ( $s_e = 2,50$  mm) behajlás alapján újabb 10 év élettartamra megerősítik a pályaszerkezetet. (Az erősítés utáni kezdeti megengedett behajlás  $s_u = 1,28$  mm).

2. változat: A pályaszerkezeten az átadás utáni 8. évig csak a szükséges javításokat végzik el. Ekkor, majd később az élettartam vége előtti években karbantartásként egy-egy minimális vastagságú réteget építenek a pályaszerkezetre. Ennek a rétegnek a vastagsága  $H_e = 6,6$  ecm legyen. (Ezt közelítően a technikailag beépíthető minimális vastagságnak tekinthetjük.)

3. változat: A pályaszerkezeten az átadás utáni 6. évig csak a szükséges javításokat végzik el, majd a 6. évben karbantartásként egy  $H_e = 6,6$  ecm vastagságú réteget építenek be. Ezután a 16. évig megint csak a szükséges javításokat végzik el. A 16. évben a mértékadó ( $s_e = 2,30$  mm) behajlás alapján 10 év élettartamra megerősítik a pályaszerkezetet. (Az erősítés utáni kezdeti megengedett behajlás  $s_u = 1,28$  mm.)

A modellben felhasznált alapadatok:

- az úton évenként 6000 db 100 kN e.t.á. forgalom halad át,
- a talaj teherbírása  $CBR = 5\%$ ,
- az építéskor a tervezett élettartam 10 év,
- a fenti adatok alapján az új út pályaszerkezete 38,0 ecm vastagságú.



4.6-12. ábra. Pályaszerkezet karbantartási és megerősítési stratégiák modellje

Az egyes karbantartási és megerősítési stratégia-változatok hatására bekövetkező teherbírás-változásokat az 4.6-12. ábra mutatja be. A számítások elvégzése közben ésszerűnek látszott a 2. változatban megvizsgálni azt, hogy miként módosul a teherbírás egy megfontolt megerősítés hatására. A további elemzéseket ezért a második változatban mindkét formára elvégeztük. Felmerült az a kérdés is, hogy mi a hatása annak, ha a pályaszerkezetet eleve nagyobb élettartamra méretezzük. Ennek vizsgálatához számítottuk ki az egyes stratégiáknál kialakult végső élettartamra is a pályaszerkezet szükséges vastagságát.

Az egyes változatokra vonatkozó fő adatokat az 4.6-1. táblázatban foglaltuk össze, amelyek elemzésével az alábbi következtetések vonhatók le:

Különösebb számítások elvégzése nélkül az ábráról egyértelműen megállapítható, hogy gyakorlatilag ugyanazt az élettartamot valósítja meg, a 2/2 változat többszöri beavatkozással, mint a 3. változat. A 2/1 változatot 20,7 év után folytatva a 2/2 változatnál is kedvezőtlenebb eredményre jutunk.

Összehasonlítva az egyes stratégiák hatására az élettartam végére kialakuló pályaszerkezet vastagságát az élettartam végére méretezett vastagsággal kiderül, hogy az utóbbi minden stratégiai változatban kedvezőbb, ideálisnak tehát a hosszú élettartamra méretezett pályaszerkezet tekinthető.

A felvázolt stratégiákat különböző élettartamuk miatt az egy évre vonatkoztatott fajlagos adatok alapján lehet összehasonlítani. Ezért kiszámítottuk az évi átlagban beépített pályaszerkezet vastagságát, valamint az összes költségek évi hányadát. Mindkét mutató alapján látható, hogy a stratégiák közül a 3. változat a legkedvezőbb, míg a legrosszabbnak a 2/1 változat bizonyul.



Vizsgálatokat végezhetünk úgy is, hogy kimutatjuk az ideális állapot és az egyes stratégiák költségei közötti különbséget. Ideális állapotnak ekkor a stratégiának megfelelő élettartam végére tervezett pályaszerkezetet tekintettük. Az összehasonlítást elvégezve azt tapasztaljuk, hogy az ideálisnak tekinthető állapotot legjobban a harmadik változat közelíti meg.

Változat	Élettartam (év)	A pályaszerkezet		Beavatkozások száma építéssel együtt (db)	Az élettartam végére méretezett pályaszerkezet		Költségek eltérése az ideálistól	
		Összes beépített vastagsága (ecm)	Évi átlagban beépített vastagsága (ecm/év)		Vastagsága (ecm)	Évi átlagban beépített vastagság (ecm/év)	Az összes vastagságnál (ecm)	Az éves hányadban (ecm/év)
1	20,0	58,0	2,98	2	42,9	2,15	15,1	0,83
2/1	20,7	71,0	3,43	6	43,1	2,08	27,9	1,35
2/2	27,1	77,8	2,87	5	44,3	1,63	33,5	1,24
3	26,0	62,4	2,40	3	44,1	1,70	18,3	0,70

4.6-1. táblázat. A karbantartási és megerősítési stratégiák jellemző adatai

A fenti megállapításokat összefoglalva kimondható, hogy

Új utak tervezésekor a pályaszerkezetet célszerűbb hosszabb élettartamra méretezni, mint fokozatosan kiépíteni. Természetesen ennek is vannak ésszerű határai, amit egyrészt befolyásolnak a pályaszerkezetre ható, de a hosszú távú tervezéskor figyelembe nem vehető tényezők, valamint a pillanatnyi gazdasági helyzet. A tervezési élettartam hosszát tehát úgy kell megválasztani, hogy az a pillanatnyi gazdasági lehetőségek között a leghosszabb legyen, de ne legyen 10 évnél rövidebb, illetve 30 évnél hosszabb. Célszerűnek látszik a 15–20 éves élettartamot minden esetben célul kitűzni. (A svájci előírások szerint a pályaszerkezet tervezési élettartamát 40 évben kell felvenni.) Az optimális élettartamra tervezett pályaszerkezeten később egy jó karbantartási és megerősítési stratégiával kell a műszakilag és gazdaságilag egyaránt megfelelő helyzetet megteremteni.

A helyes karbantartási és megerősítési stratégia a 3. változatnak felel meg, amely a következőképpen határozható meg: az élettartam vége előtt a teherbírás-csökkenés felgyorsulása előtti időben, egyszer, vagy legfeljebb kétszer karbantartás jellegű beavatkozással egy vékony réteg beépítésével homogén felületet állítunk elő, egyben kissé megerősítve a pályaszerkezetet, majd az újabb élettartam végén – de a teljes tönkremenetel előtt – a pályaszerkezetet megerősítjük az új útnak megfelelő élettartamot figyelembe véve.

#### 4.6.2.3. A karbantartás kedvező időpontjának meghatározása

A helyes stratégia tehát ismert, de felmerül a kérdés, hogy mely időpontban végezzük el a soron következő beavatkozást. A felújítás jellegű tudatos megerősítés időpontjának kijelölésekor nincs gond, mert azt legkésőbb az élettartam végén vagy célszerűen 1–2 évvel korábban kell elvégezni. A karbantartást jelentő vékony réteg beépítése időpontjának meghatározása már nem ilyen egyértelmű, mert ezt befolyásolja az is, hogy milyen vastagságú (teherbírású) réteget kívánunk beépíteni. A kérdést tehát kétféleképpen lehet megfogalmazni:

Milyen időpontban végezzük el a beavatkozást, ha azt mindig azonos vastagságú réteg építésével akarjuk megoldani ( $\Delta H = \text{const.}$ )

Milyen vastagságú rétegeket kell beépíteni, ha azonos időközönként kívánjuk a karbantartást elvégezni ( $\Delta e = \text{const.}$ )

A kérdések megválaszolásához vizsgáljuk meg azt, hogy egy adott azonos színvonal megtartásához szükséges anyagi eszközök értéke hogyan változik az élettartam alatt és azt hogyan befolyásolják az egyes beavatkozások.

Teherbírás szempontjából folyamatosan fenntartandónak tekintjük ekkor a behajlásnak azt a megengedett nagyságát, amely lehetővé teszi egy adott forgalom, adott élettartam alatti áthaladását. Az előbbieket alapján kiszámítható, hogy a teherbírást jelző behajlás nagysága hogyan változik az évek során, ha semmiféle beavatkozást nem végzünk, és az is, hogy mekkora annak a megerősítő rétegnek a vastagsága, amelyet a megengedett behajlás biztosításához adott időpontokban be kell építeni. A kapott eredmények alapján a beépítendő réteg értéke is kiszámítható. A folyamatos szintentartás érdekében beépítendő rétegvastagság az élettartam vége előtti  $i$ -edik évben:

$$\Delta H_{ei} = 70 \cdot \lg \frac{s_{eng}}{1,158 - 0,2198 \cdot \lg((e_s - e_i) \cdot F_e)}$$

ahol:  $\Delta H_e$  = a szintentartás érdekében az  $i$ -edik évben beépítendő rétegvastagság  
 $e_s$  = a szintentartáshoz kijelölt élettartam  
 $e_i$  = a beavatkozások nélkül eltelt idő  
 $F_e$  = évi fajlagos forgalom  
 $s_{eng}$  = a szintentartáshoz kijelölt élettartam alatt áthaladó forgalomnál megengedett kezdeti behajlás

Ennek a rétegnek az értéke:

$$\dot{E} = k \cdot \Delta H_{ei}$$

ahol:  $\dot{E}$  = a réteg értéke  
 $k$  = 1 ccm vastagságú pályaszerkezeti réteg építési költsége adott úthosszon  
 $\Delta H_{ei}$  = a szintentartás érdekében az  $i$ -edik évben beépítendő rétegvastagság

A fenti elgondolások szerint a három stratégiai változatot a következő kiindulási feltételekkel vizsgáltuk meg:

az új pályaszerkezet tervezési élettartama:  $e = 10$  év,

az évi fajlagos forgalom:  $F_e = 6000$  db 100 kN e.t.á,

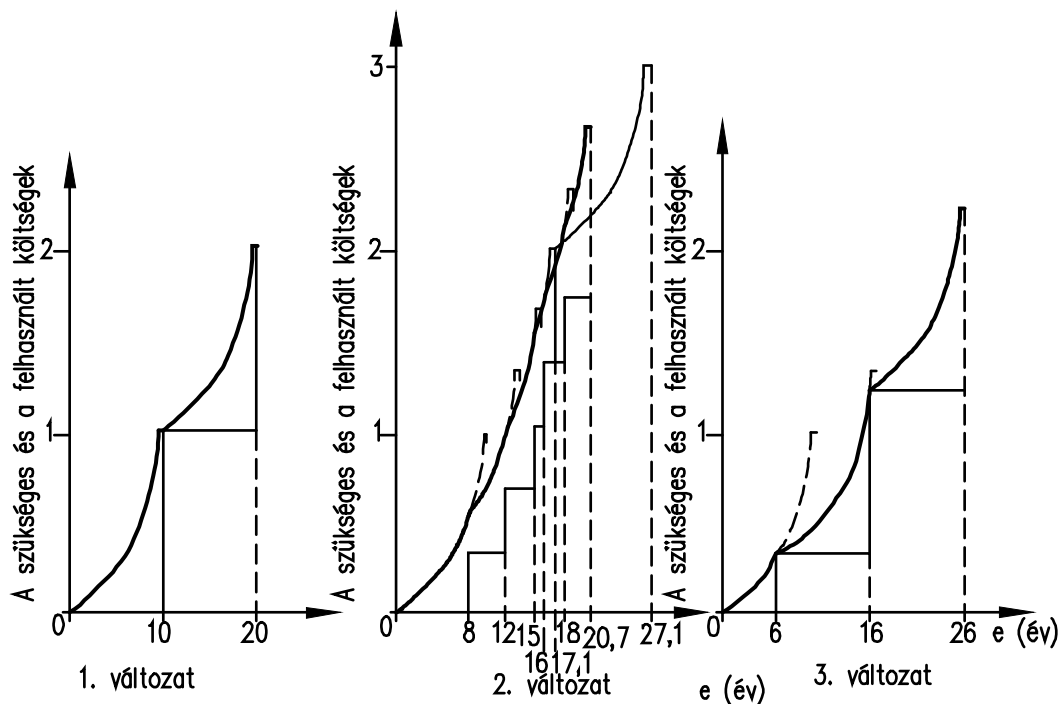
a megengedett behajlás:  $s_{eng} = 1,26$  mm

A kapott eredményeket grafikusán ábrázolva (4.6-13. ábra) szemléletes képet kapunk annak az értéknek a változásáról, amely a folyamatos szintentartáshoz szükséges. Az egyes stratégiákat jól jellemzik a szükséges és a felhasznált ráfordítások függvényei által lehatárolt területek. Ezeket grafikusán az eredeti méretarányban meghatározva a következő nagyságúnak találtuk:

1,0 variációban:	3328 mm <sup>2</sup>
2/1. variációban:	4778 mm <sup>2</sup>
2/2. variációban:	4688 mm <sup>2</sup>
3,0 variációban	3299 mm <sup>2</sup>

A területek jelentésének értelmezése nélkül is látható, hogy az élettartam alatt a legkisebb kielégítetlen tartományt a 3. variáció adja. Az 1. és 3. valamint 2/1. és 2/2. variáció között adódó különbség kicsi, ami a grafikus terület-meghatározásból származó pontatlanság is lehet. Megbízhatóbb összehasonlítást tesz lehetővé, ha ezeket a területeket is az élettartam 1 évére vetítve vizsgáljuk, aminek eredménye:

1,0 variációban:	166 mm <sup>2</sup> /év
2/1. variációban:	321 mm <sup>2</sup> /év
2/2. variációban:	173 mm <sup>2</sup> /év
3,0 variációban:	125 mm <sup>2</sup> /év



4.6-13. ábra. A szintentartáshoz szükséges és a felhasznált pénzeszközök változása az élettartam alatt az egyes stratégiák szerint

A kielégítetlen tartomány évekre vetített hányada már meggyőző különbségeket mutat. Jól látható a görbékről a tudatos megerősítés („olló záródások”) hatása a 2. variációban. (2/2. változat.)

A felújítások közé eső karbantartások kedvező időpontjának kijelölésére a 3. variációt ábrázoló görbe alapján lehet javaslatot tenni. Látszik, hogy az adott példában a 6. évben beépített technikailag minimálisnak tekinthető rétegvastagság az új út teherbírásánál ( $s = 1,28$  mm) jobb teherbírást hoz létre ( $s = 1,26$  mm) vagyis ekkor a szintentartáshoz képest valamivel többet költünk az útra. Ugyanezt a réteget a 7. évben beépítve maradna kielégítetlen tartomány és a végső élettartam is lecsökkenne. A karbantartások kedvező időpontját tehát ennek alapján a következőképpen lehet rögzíteni: *adott forgalmi viszonyok között a karbantartást akkor kell elvégezni, amikor a területen szokásos építési módnak megfelelő technológiailag minimális rétegvastagság beépítésével a kielégítetlen költségeket megszüntetjük.* (A 3. variációban ez az optimális időpont 6,3 év lenne.) Természetesen a szintentartáshoz szükséges és a tervezett ráfordításokat is ennek a technológiának megfelelően kell kiszámítani. (Mivel mindkét esetben

ugyanazzal a  $k$  fajlagos költséggel számolunk, ebből következik az is, hogy ugyanarra az eredményre jutunk, ha a költségek figyelembevétele nélkül, csak a műszakilag szükséges  $\Delta H_{ei}$  érték változását vesszük figyelembe. A költségek beépítése talán csak kézzelfoghatóbbá teszi az elemzést. Ugyanez megmagyarázza azt is, hogy miért nem szükséges a két függvény közötti terület jelentésének értelmezése.

Az azonos időközönként elvégzett karbantartásoknál olyan változó rétegvastagságokat kell beépíteni, amelyek jelentősen lecsökkentik a kielégítetlen igények tartományát. Ennek a stratégiai változatnak a bevezetése nem tekinthető előnyösnek, mert könnyen a 2/1. változatnak megfelelő stratégiává változhat, ha nem kellő átgondolással végezzük a beavatkozások tervezését, ezért részletesebben ezzel a megoldással nem is foglalkozunk.

## 5. ERDÉSZETI UTAK FENNTARTÁSA

### 5.1. Az erdészeti útfenntartásról általában

#### 5.1.1. A téma időszerűsége

A hazai erdészeti szállítópálya hálózat gerincét kereken 3000 km hosszúságú erdészeti út alkotja, amely jelenetős nemzetgazdasági értéket képvisel. Ennek az úthálózatnak a zöme a motorizáció hazai rohamos fejlődése előtt, illetve kezdetén alakult ki és az adott időszakra jellemző fogatos és pótkocsis forgalmat figyelembe vevő paraméterekkel épült meg. A motorizáció általános fejlődésének hatására az erdészeti utak forgalmában is a tehergépkocsi vált az uralkodó szállítóeszközzé, amelynek szélessége és tengelysúlya nagyobb a korábban figyelembe vett mértékadó szállítójárművek hasonló méreteinél. A tengelysúly növekedésének kedvezőtlen hatását fokozta, hogy a kerekek a pályaszerkezet széle felé tolódtak el, amelyet a szokásos építési mód szerint függőleges széllal alakítottak ki. A pályaszerkezetek teherbírási tartalékát az így fellépő igénybevételek túllépték, ezért azok gyors tönkremenetele megindult.

Kedvezőtlennek tekinthető ebben az időben az is, hogy az előnyös gazdasági helyzetben – néhány kivételtől eltekintve – többségében mindenki a hálózatfejlesztést szorgalmazta, a kevésbé látványos útfenntartással szemben. A szükséges útfenntartási munkák elmaradtak, az utak állapota leromlott.

A jelenlegi gazdasági helyzet az új utak építése szempontjából kedvezőtlen. Ebben az esetben az egyetlen ésszerű megoldásnak látszik, ha az adott pénzügyi feltételek között arra törekszünk, hogy a már meglévő úthálózatot megvédjük a teljes tönkremeneteltől. Ezzel mintegy felkészülünk azokra az időkre, amikor a közgazdasági viszonyok kedvezőbbé válásával a hálózat bővítését lehet folytatni anélkül, hogy egy teljesen leromlott úthálózat terheit kellene viselni.

Az erdészeti útfenntartás kérdésének felvetését indokolhatja az is, hogy az úthálózat nagysága egyes erdőgazdaságoknál elérte azt a szintet, amely fölött a spontán útfenntartás már nem lehet hatékony. A kérdés az, hogy mekkora úthálózatot tekintünk olyan nagyságúnak, amelynél az utak mennyiségi változása az útfenntartás minőségi változtatását követeli meg. Természetesen erre a kérdésre egy konkrét adattal nem lehet választ adni, csak egy tartomány jelölhető ki. Más útfenntartással foglalkozó szervezeteknél, úgy hazai (közutak és önkormányzati utak), mint külföldi viszonylatban azt tapasztaljuk, hogy egy-egy önállóan működő útfenntartási egység nagyjából 200 km út fenntartási és üzemeltetési munkálatait végzi el önálló koncepció és felső irányítás mellett. Ennek alapján valószínűsíthető, hogy amikor egy-egy erdőgazdaság úthálózata eléri a 150 km körüli úthosszat, az a továbbiakban spontán végzett beavatkozásokkal már nem óvható meg hatékonyan, tehát minőségi változásokat kell annak fenntartásában bevezetni.

Az erdőgazdaságokat úthosszuk alapján csoportosítva látható, hogy a 150 km-es határt 6 db erdőgazdaság lépi túl vagy közelíti meg (5.1-1. táblázat). Ezek összes úthossza 1191 km, ami azt jelenti, hogy a teljes erdészeti úthálózat felének (57%-ának) leromlását lehetne megakadályozni vagy lelassítani akkor, ha ezeknél az erdőgazdaságoknál egy átfogó koncepción alapuló útfenntartási rendszert vezetnénk be.

Az erdőgazdálkodás időszerű kérdéseit elemezve dr. Sólymos Rezső megállapítja: „Itt kell még kiemelnem az erdőfeltárást, az útépités továbbfejlesztését. Nem kevésbé fontos az utak, a szállítópályák fenntartásának fejlesztése sem.” (DR. SÓLYMOS 1983.) Ennek a fejlesztésnek az

első lépése lehet az egységes útfenntartási szemléletet megalapozó útfenntartási rendszer kialakítása.

Erdőgazdasági Rt. <sup>1</sup>	Úthossz 1998-ban <sup>2</sup>			Burkolt utak hossza <sup>3</sup> 1984. január 1.
	Burkolt út	Földút	Összesen	
km				
Szombathely	422	138	560	152,4
Mátrai	340	906	1246	247,6
Északerdő	305	803	1108	238,0
Balatonfelvidék	273	75	348	240,9
Somogy	200	900	1100	166,5
Vértes	166	149	315	145,6
Ipoly Erdő	147	83	230	107,2
Zalaerdő	144	170	314	105,4
Mecsek	136	167	303	127,2
Pilis <sup>4</sup>	127	229	356	96,2
HM VERGA	99	5	104	100,4
Tanulmányi	61	25	86	64,7
Kisalföld	Nincs adat			124,9
HM Budapest				44,4
Mezőföld				37,9
Gyulaj				35,9
Nyíredő				19,4
Gemenc				4,4

1. Az Rt-k elnevezése 1998-ban

2. WÁGNER TIBOR adatai

3. BONCZ TIBOR adatai

4. A volt Budavidéki EVAG úthosszával együtt

#### 5.1-1. táblázat. Az erdészeti utak hossza

Az útfenntartás kérdése különösen élesen vetődik fel napjainkban. Csatlakozásunk az Európai Unióhoz azt is jelenti, hogy az eddig megengedett 100 kN tengelyterhelést 115 kN-ra kellett megemelni. Mivel a tehergépkocsik kialakítása lehetővé teszi a rakomány súlyának növelését, azzal a fuvarozók élni is fognak, a megengedett tengelyterhelést ki fogják használni. Ezzel párhuzamosan megjelentek a 400–500 kN raksúlyú nehéz tehergépkocsik is, amelyek a korábban megépített erdészeti utakat erősen igénybe fogják venni. (Ezek a tehergépkocsik nem csak nagyobb teherbírású pályaszerkezetet igényelnek, hanem gyakran a vonalvezetési és keresztmetszeti elemekkel szemben is magasabb igényekkel lépnek fel, ami egyes útszakaszok átépítését, korszerűsítését is maga után vonhatja.) E két kedvezőtlen hatás eredményeként erdészeti úthálózatunk rohamos leromlása várható. Ezt a folyamatot megelőzni, vagy megakadályozni csak tudatos útfenntartással, vagy szállításszervezési intézkedésekkel egybekötött határozott forgalomkorlátozással lehet.

#### 5.1.2. Néhány jelenség, ami nem csak az erdészeti útfenntartásra jellemző

Amíg egy-egy út megvalósul, a beruházók, tervezők és kivitelezők időt és pénzt nem kímélve a tervek és megoldások változatát készítik el, vitatják meg és nagy erőfeszítéseket tesznek a szüksége pénzügyi fedezet előteremtésére. A megvalósítás érdekében kifejtett néhány éves intenzív tevékenységet az út átadása után sokszor évtizedben mérhető mély csend követ, majd később „fájdalmas” sóhajokat lehet hallani az útfenntartási terhek jelentkezése és hordozása miatt. Pedig ezek a terhek nem jelentkeznek váratlanul, mert minden létesítmény megvalósulása után akkor tudja kellő idegi szerepét jól betölteni, ha megfelelően gondoskodnak róla. A fenntartási költségek jelentkezését azért sem lehet váratlannak tekinteni, mert a beruházás lebonyolítása közben kellett, vagy kellett volna olyan vizsgálatokat végezni, amelyekben az útfenntartási költségek is szerepelnek. Az úttal szemben ezután csak akkor lehet követelmé-

nyeket támasztani, ha az elképzelt fenntartási munkákat elvégezzük a korábbi prognosztizált tervek szerint.

Azt amit más műszaki létesítményeknél természetesnek tartunk, nevezetesen hogy azok üzemeltetéséről, fenntartásáról és karbantartásáról gondoskodni kell, azokra különféle ráfordítások szükségesek, azt az utakkal kapcsolatban valószínűleg egy korábban kialakult helytelen szemléletből adódóan nem találjuk mindig természetesnek. Ennek az lehet az oka, hogy amíg más műszaki létesítmények (gépek, épületek, hidak stb.) az elmaradt fenntartások miatt látványosan mennek tönkre (gépek leállnak, épületek összedőlnek stb.) sokszor súlyos büntetőjogi következményeket vonva maguk után, addig az utak tönkremenetele többnyire anyagi kár formájában jelentkezik. Ennek kimutatása nehéz, mert a költségnövekedések nem közvetlenül, hanem áttételesen, más csatornában, más költséghelyet terhelve jelentkeznek, mint amilyen például a gépjárművek üzemeltetési költségeinek növekedése.

Felmerülhet ezután az a kérdés, hogy nem lenne-e célszerűbb az utak leromlásának megakadályozása rendszeresen végzett útfenntartással még akkor is, ha ez a gazdálkodó szintjén esetleg közvetlen megtakarítást nem is jelent, értve ezalatt azt, hogy a többletköltséget nem arra áldozzuk, hogy a rossz utakon a forgalmat fenntartsuk, hanem arra, hogy az utak jó állapotát biztosítsuk. Röviden: a pénzt ott helyezzük el, ahol arra valóban szükség van.

Az útfenntartásban további problémát jelent az a tény is, hogy a műszakilag indokolt beavatkozáshoz szükséges és a rendelkezésre álló pénzügyi keretek egymást nem fedik, általában a pénzhiány jellemző, vagy ha esetenként váratlanul pénzhez jutunk, annak felhasználásáról gyorsan, nem mindig megalapozottan kell dönteni, tehát nem tudjuk azokat hatékonyan felhasználni.

A vázolt problémák megoldását az útfenntartási rendszert adhatja, amely megteremti az összhangot a műszaki szükségesség és a rendelkezésre álló pénzügyi lehetőségek között a pénzeszközök hatékony felhasználásának biztosításával. A rendszer bevezetése segítséget nyújt a rövid és hosszú távú tervezéshez, valamint bizonyos kényszert is jelent azáltal, hogy lehetővé teszi az egyes intézkedések későbbi hatásának mérlegelését is.

### **5.1.3. Az útfenntartással kapcsolatban felmerülő kérdések**

Egy úthálózat útfenntartási munkáinak megtervezésekor különböző kérdések merülnek fel, amelyekre választ kell adni, illetve velük kapcsolatban döntéseket kell hozni. Ezek a kérdések nagyjából így hangzanak:

- Hol? Az úthálózat mely szakaszán szükséges valamilyen beavatkozás? A választ a hálózatot alkotó útszakaszok pillanatnyi állapotának ismeretében lehet megadni.
- Mi a hiba? Pontosán meg kell határozni a hiba típusát, kiterjedését, a leromlási folyamat előrehaladásának fokát.
- Mit kell tenni? Az útfenntartás során arra kell törekedni, hogy ne csak tüneti kezelést végezzünk, hanem szüntessük meg a hibák kialakulásának okát. Ehhez ismernünk kell a hibák kialakulásának folyamatát (a kárláncot) és az út általános leromlási folyamatát.
- Mennyibe kerül? A megfelelő alternatív megoldások közül azt a változatot kell kiválasztani, amelyik a leghatékonyabb megoldást adja. Mivel az összes időszerűvé vált munka elvégzéséhez szükséges pénzügyi fedezet általában nem áll rendelkezésre, felmerül az elvégzendő munkák besorolásának problémája.
- Mikor kell a munkát elvégezni? Erre a kérdésre a beavatkozás sürgősségének eldöntésével lehet válaszolni, amit részben a meghibásodás pillanatnyi állapota, az út fontosságát kifejező igény szint, és a leromlási folyamat határoz meg. A sürgősség eldöntésénél, vagyis a munkák ütemezésénél minden esetben azt kell mérlegelni, hogy a ké-

söbbre elhalasztott munkálatoknak milyen műszaki és ennek vonzataként mekkora pénzügyi következményei lesznek.

Az útfenntartás hatékonyságának egyik alapja a folyamatosság, tehát a vele kapcsolatos kérdések is folyamatosan merülnek fel az út élettartama alatt. A választ ezekre változó körülmények között kell úgy megadni, hogy a beavatkozások minden időben a lehető leghatékonyabban legyenek. Ennek érdekében ismerni kell az út leromlási folyamatát, valamint azt, hogy egy-egy útfenntartási munka elvégzése vagy elhagyása hogyan befolyásolja ezt a folyamatot. Az útfenntartási tevékenység akkor lesz hatékony, ha azt a leromlási folyamattal összhangban végezzük el.

## **5.2. Az útfenntartás célja, értelmezése és megjelenési formái**

Az útfenntartás forgalmának meghatározására jelenleg egységesen elfogadott definíció még nem áll rendelkezésre. Országonként, de sokszor szerzőként is eltérően fogalmazzák meg az útfenntartással megvalósítandó célokat, ezért eltérően ítélik meg azt is, hogy mely munkálatok tartoznak az útfenntartás fogalmkörébe. Mivel a zavart alapvetően most is az okozza, hogy az elérendő célok meghatározása hiányzik, illetve azok sokszor csak látszólagos közvetlen célok, amelyeken keresztül a távlati valós céljainkat nem érhetjük el, ezért először itt is meg kell határozni az útfenntartás valódi célját. A célok helyes meghatározása érdekében meg kell vizsgálni, hogy a jelenlegi cél- és értékrendszerünk valóban olyan rendszer-e, amelyre cselekvésünket és így döntésünket is építeni kívánjuk, majd ennek ismeretében meg kell fogalmazni az erdészeti útfenntartás célját és tevékenységi körét.

Előzetesen rögtön le kell szögezni azt, hogy az útfenntartással kapcsolatos elméleti megállapítások közutakra vonatkoznak, ezek erdészeti utakra és úthálózatokra nem mindig alkalmazhatók változatlanul. A helyes álláspont kialakítása érdekében azonban mint egyetlen lehetőség-ből, ezek vizsgálatából kell kiindulni, majd a kellő következtetések levonása után megtehetjük az erdészeti utak fenntartására vonatkozó megállapításainkat.

### **5.2.1. Az út élettartama alatt végzett tevékenységek**

Az útépités befejezése után a forgalomnak átadott úton szerteágazó tevékenység folyik. Szabályozzák és irányítják a forgalmat, elemi károk bekövetkezése után elhárítják az üzemzavart, tisztítják az út felületét és az úttartozékokat, javítják, gondozzák, helyreállítják az építmény tönkrement részeit, megerősítik a pályaszerkezetet, helyileg vagy átfogóan korszerűsítik az utat. Mivel az útfenntartás céljaként adott meghatározások ezeknek a tevékenységeknek a körét bővítik, vagy szűkítik szükséges, hogy az azonos jellegű tevékenységeket csoportokba foglaljuk (5.2-1. táblázat).

A csoportok kialakításánál és elnevezésénél csak műszaki szempontokat vettünk figyelembe. Nem igazodtunk a közgazdasági élet beosztásához, amely a munkák finanszírozásának alapja szerint csoportosít. Ezt azért tettük, mert műszaki szempontból bizonyos munkák elvégzése akkor is szükséges, ha az valamelyik olyan közgazdasági csoportba tartozik, amelyet a szabályozók pillanatnyilag nem támogatnak. Azért kellett így eljárunk, mert az útfenntartási rendszer csak akkor tudja szerepét betölteni, ha az a pillanatnyi pénzügyi szabályozástól függetlenül írja elő a szükséges beavatkozásokat, amelyektől azután a pénzügyi helyzet ismeretében tudatosan, a következményekkel számolva, lehet elérni.



Tevékenység jellege	Útfenntartási munkák	
	közúton	erdészeti úton
Üzemeltetés	hatósági tevékenység forgalom befolyásolása üzemi feltételek biztosítása üzemi létesítmények fenntartása környezetvédelem információáramlás biztosítása	üzemi feltételek biztosítása üzemi létesítmények fenntartása környezetvédelem információáramlás biztosítása
Állapotfenntartás	javítás karbantartás felújítás	javítás karbantartás felújítás megerősítés
Fejlesztés	megerősítés szélesítés korszerűsítés	

5.2–1. táblázat. Útfenntartási munkák

#### 5.2.1.1. Üzemeltetés

Azokat a tevékenységeket, amelyek a pálya és környezet műszaki jellemzőinek megváltoztatása nélkül biztosítják a biztonságos és gazdaságos gépjármű közlekedést, üzemeltetésnek nevezzük. Nem célja ezeknek a munkáknak, hogy az út állapotát megjavítsák, feladatuk csupán az, hogy elősegítsék az út kapacitásának minél hatékonyabb kihasználását az üzemzavarok elhárításával és a leromlási folyamatnak megfelelő állapot visszaállításával. Általánosságban ebbe a kategóriába sorolhatók:

- a hatósági tevékenységek
- az információk beszerzése, tájékoztatás, útellenőrzés, útfelügyelet
- a forgalom befolyásolása:
  - forgalmi rend meghatározása
  - forgalmi rend fenntartása
  - forgalom irányítása
  - rendkívüli segélyszolgálat
- az üzemi feltételek biztosítása:
  - üzemzavar elhárítás, mint pl.: elemi kár megszüntetése, iszap és sárfelhordás eltávolítása, tisztítás az úton és az úttartozékon
- az üzemi létesítményekkel kapcsolatos munkák:
  - világítás biztosítása
  - biztonsági berendezések működtetése, pótlása
  - szolgáltatások nyújtása pl.: pihenőhelyek kialakításával
- a környezetvédelem:
  - fásítás
  - vizek védelme
  - zaj elleni védekezés.

Az erdészeti utak üzemeltetési feladatai nem ilyen összetettek. Ezeknél az utaknál elsősorban azokat a munkákat soroljuk ide, amelyeknek feladata, az út üzemének és rendeltetésszerű használatának biztosítása, valamint a váratlanul bekövetkező eseményekből vagy rendellenes használatból származó károk, üzemzavarok egyszeri, egyedi elhárítása. Nem cél az út állapotának javítása, de követelmény, hogy a leromlási folyamatok megfelelő állapotot visszaállítsa.

Az erdészeti utakkal kapcsolatos üzemeltetési feladatok így a következők lesznek:

- üzemi feltételek biztosítása,
- információk beszerzése, útellenőrzés, útfelügyelet,
- a forgalom befolyásolása,
- üzemi létesítményekkel kapcsolatos munkák

Az erdészeti utakon az üzemi feltételek biztosításával összefüggő munkák alkotják az útüzemeltetés súlypontos feladatait, mert az erdőgazdálkodással összefüggő tevékenységek – főként a fakitermelés és szállítás – közben sok olyan hiba keletkezik, amely az út szempontjából üzemzavart okoz (árkok betöltése, kérgezés a burkolaton, sárfelhordás, stb.) Ezek további romlások kezdetei lehetnek, ezért megszüntetésük az út üzemeltetőjének elsőrendű feladata.

Az információk beszerzése, útellenőrzés, útfelügyelet az a tevékenység, amely hozzájuttat azokhoz az ismeretekhez, amelyek alapján az elvégzendő munkákat meghatározhatjuk, illetve különböző intézkedéseket hozhatunk. Az erdészeti utakon ez a tevékenység sok helyen szaszorult, pedig az útfenntartást csak naprakész információk alapján lehet elvégezni és minősíteni. Az útfelügyelet keretében olyan információkat kell beszerezni, amelyek alapján meghatározhatók azok a munkák, amelyekkel az üzemi feltételeket biztosítani lehet. Az útellenőrzéskor időszakonként azokat az adatokat kell összegyűjteni, amelyek az útfenntartás rövid és hosszú távú tervezéséhez szükségesek, valamint ennek feladata az elvégzett munkák ellenőrzése és minősítése is.

A forgalom befolyásolásának feladata nem játszik jelentős szerepet az erdészeti utakon. A forgalmi rend meghatározásakor a legegyszerűbb megoldásokra törekszünk, tehát ennek fenntartása sem okoz jelentős problémát. Komolyabb feladatot jelenthetne a forgalomkorlátozások szakszerű elrendelése a fagyveszélyes talajokon épült erdészeti utakon a télvégi veszélyes időszakokban.

Az üzemi létesítményekkel kapcsolatos munkák végeredményben az úttartozékok megőrzésére és pótlására, a pihenőhelyek tisztítására és javítására szorítkozik. Ennek elsősorban a turizmust szolgáló erdészeti utakon van nagyobb jelentősége.

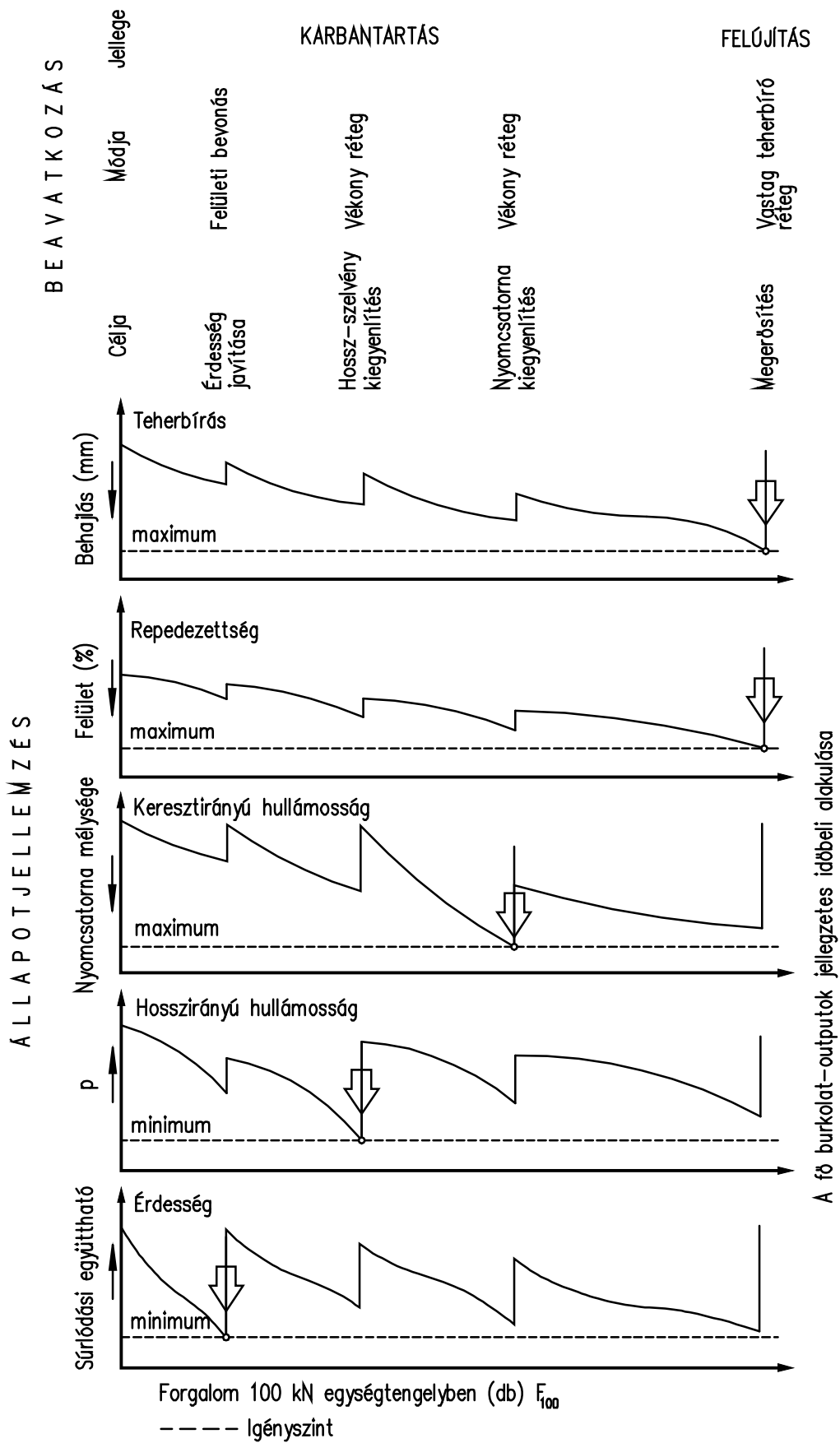
#### 5.2.1.2. Állapotfenntartás

Azokat a főként építés jellegű tevékenységeket, amelyeknek célja, hogy az út rendeltetésszerű használatából adódó leromlási folyamatokat lassítsa, valamint időszakonként az új útállapotot megközelítő minőséget hozzon létre, állapotfenntartásnak nevezzük. Ez a tevékenység az út néhány vagy összes tulajdonságát megjavítja. (5.2-1. ábra).

Az állapotfenntartási beavatkozások módját alapvetően a megjavítandó állapotjellemző határozza meg. Gyakori, hogy ugyanazt a célt különböző módszerekkel is elérhetjük, valamint igaz az is, hogy ugyanolyan módszerrel egyszerre többféle tulajdonságot is meg lehet hatékonyan javítani. Ebből következik, hogy a különféle beavatkozási módok között minőségi eltérés van aszerint, hogy azok milyen beavatkozási szintet jelentenek. A beavatkozás mélysége szerint az elvégzendő munkákat három csoportba sorolhatjuk

- javítás,
- karbantartás,
- felújítás.

Javításról beszélünk, ha helyi, lokálisan kialakuló meghibásodásokat állítunk helyre azért, hogy a hibák elfajulását a leromlási lánc megszakításával megakadályozzuk. Ezekkel a munkákkal nem célunk az útállapot javítása, elvégzése azonban fontos, mert ez biztosítja azt, hogy az út leromlási folyamata normálisnak tekinthető ütemben folyjon le. A munkákat a hiba ki-



5.2-1. ábra. Összefüggés az utak leromlása és a beavatkozások között

alakulásának kezdetén kell elvégezni, amikor az még egyszerű és olcsó módszerrel megszüntethető. Előre tervezni nem lehet, mert sok véletlenszerű tényező befolyásolja (az építőanyag minőségének egyenetlenségei, a helyi tervezési és kivitelezési hibák stb.)

A karbantartási munkák elvégzésekor az a célunk, hogy hosszabb útszakaszon egységes műszaki állapotot hozzunk létre, így a leromlási folyamatot is lelassítjuk. Ezért egy-egy hosszabb útszakaszt egy vagy több szempontból az új út állapotának megfelelő vagy azt megközelítő állapotba hozunk. Ez a beavatkozás általában az egész felületre kiterjed, vékony rétegek beépítésével. A beavatkozás időpontja előre megtervezhető.

Felújításkor az út valamennyi paraméterét az új állapotnak megfelelően szintre kell emelni. Kimondottan építés jellegű beavatkozás, amelyet az út fő szerkezeti részeinek tönkremenetelkor kell elvégezni. Lényeges jellemzője, hogy a pályaszerkezetet egy méretezett réteg építésével megerősítjük úgy, hogy az egy meghatározott időszak (10–15 év) forgalmát elviselje. Ez a munka lényegében tehát egy elhasználódott érték pótlásának tekinthető.

### 5.2.1.3. Fejlesztés

Minden olyan tevékenységet fejlesztésnek nevezünk, amelynek az a célja, hogy az eredeti építési állapothoz viszonyítva jobb műszaki jellemzők biztosításán keresztül a gépjármű közlekedés igényeit magasabb színvonalon elégítsük ki. Ezeket a tevékenységeket általában a beruházások körébe utalhatjuk. Ilyenek például a:

- pályaszerkezet szélesítése,
- pályaszerkezet megerősítése,
- korszerűsítés, helyileg vagy átfogó jelleggel.

Az erdészeti utakon fejlesztésnek tekinthető munkákat ritkán kellett végezni, mert azok a követelmények, amelyeket ezekkel az utakkal szemben támasztunk, a viszonylag egységes forgalom miatt hosszútávon jól rögzíthetők, valamint tervezésük is hosszú távú tervek – az Erdőfeltárási Alaptervek – adatai alapján történik. Gondos tervezés után csak ritkán fordulhatott elő olyan szélsőséges állapot, amikor az út fejlesztése szükségessé válik. Kapacitáshiányt jelentő időszakok még ilyenkor is felléphetek, de ezek általában rövid ideig tartóak, tehát célszerűbb bizonyos kényelmetlenséget elviselni, mint az út fejlesztését elvégezni, amit pénzügyi lehetőségeink erősen korlátoznak. A tehergépkocsik nagyságának jelentős növekedése azonban az ilyen intézkedések megtételére is kényszeríthet, amit azonban szállításszervezéssel el lehet kerülni.

Az erdészeti utak pályaszerkezetének megerősítése sorolható a fejlesztési kategóriába, különösen akkor, ha az a meglévőnél korszerűbb szerkezettel történik. Mivel az erdészeti útépítés területén olyan eset még nem fordult elő – és előfordulásának valószínűsége is csekély – amikor csupán az a cél, hogy egy hagyományosnak tekinthető, de jó pályaszerkezetet cserélünk korszerűbbre, hanem azt mindig összekötjük a lecsökkent teherbírású, elhasználódott pályaszerkezet megerősítésével, vagyis egy elhasználódott érték pótlásával, ezért ezt a tevékenységet az állapotfenntartás felújítási kategóriájába soroljuk.

Végeredményben kimondható, hogy az erdészeti utakkal kapcsolatban a fejlesztési kategóriába nem szükséges munkákat sorolni, azt az útfenntartási munkák között lehet számon tartani. A fejlesztéseket az útfenntartás fogalomrendszerébe nem építjük be.

### 5.2.2. Az útfenntartás fogalmának általános értelmezései a célok függvényében

Az útfenntartás fogalmának meghatározásai egyetlen esetben sem tekinthetők úgynevezett éles definíciónak, azokat mindig körülírással, a célok és azok eléréséhez szükséges munkálatok összefoglalásával, életlen definícióként adják meg. Helyesebb tehát, ha az útfenntartás definíciója helyett az útfenntartás értelmezéséről beszélünk.

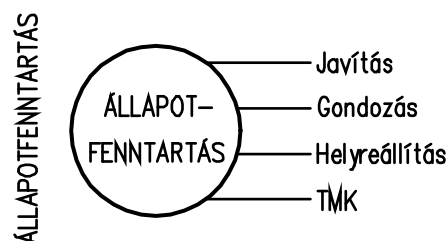
A jelenlegi felfogások szerint az útfenntartás fogalmát alapvetően háromféleképpen értelmezhetjük:

- állapotfenntartásként,
- útüzemeltetésként,
- komplex útüzemeltetésként.

#### 5.2.2.1. Az útfenntartás, mint állapotfenntartás

Az útfenntartás legegyszerűbb értelmezése, amely az elérendő célt a beruházott tőke értékének megőrzésében jelöli meg (5.2-2. ábra).

Ez az értelmezés erősen leszűkíti az útfenntartás fogalmát és csak azokat a tevékenységeket sorolja ide, amelyeket a pályaszerkezeten, a földművön, úttartozékokon és a műtárgyakon időszakonként végzünk a jó műszaki állapot fenntartása érdekében. Ezeket a tevékenységeket a javítási, karbantartási munkák csoportjába soroltuk.



5.2-2. ábra. Az útfenntartás, mint állapotfenntartás

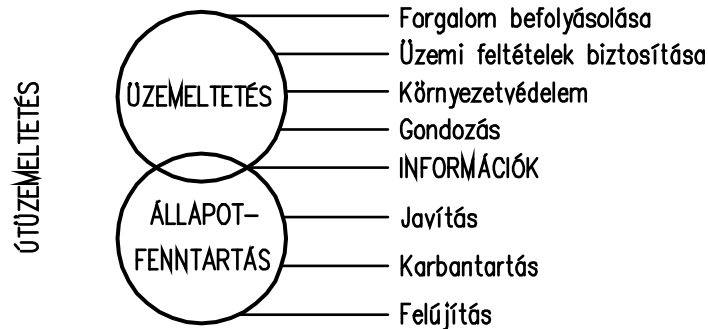
Az útfenntartásnak ez a leszűkített értelmezése több okból nem fogadható el. Alapvetően a meghatározott cél csak látszólagos célnak tekinthető, mert az úttal összefüggő tevékenységet sohasem az útért, mint pályáért kell elvégezni, hanem annak mindig a forgalom igényeit kell kielégíteni. A közlekedési rendszerben ez a felfogás a pályát tartja elsődlegesnek és a rendszer meghatározó tényezőjének, a forgalomnak az igényei itt elsikkadnak. A megfogalmazás másik hibájának tekinthető, hogy az állapotfenntartási munkákat elválasztja az egyéb, szintén úttal kapcsolatos munkáktól. Ennek hátránya az, hogy nincs kapcsolat a felvázolt három (állapotfenntartás, üzemeltetés, fejlesztés) tevékenység között, ezért munkájuk összehangolása hiányos, egyenként és összességében sem hatékony.

#### 5.2.2.2. Az útfenntartás, mint útüzemeltetés

Az útüzemeltetés célja az, hogy reálisan hosszú időszakon belül megteremtse és biztosítsa a biztonságos és gazdaságos közlekedés feltételeit.

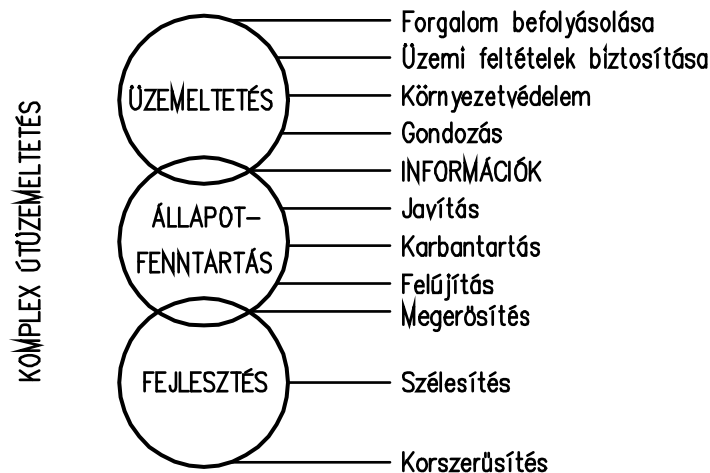
A célnak ilyen formájú megjelölése már kibővíti a tevékenységek körét. Ide kell sorolni a forgalom lefolyását közvetlenül érintő üzemeltetési feladatokat és azokat az állapotfenntartási munkákat is, amelyek az út műszaki állapotának megjavításán keresztül javítják a forgalom számára nyújtott szolgáltatásokat (5.2-3. ábra).

A megfogalmazás szerint az üzemeltetési és karbantartási tevékenységek egymással összhangban a forgalom igényeinek figyelembevételével kell elvégezni. Ez a meghatározás nem sorolja az útfenntartás témakörébe a fejlesztési munkákat, mert a cél csak annyi, hogy a forgalom igényeit reálisan hosszú időszakot figyelembe véve elégítsük ki.



5.2-3. ábra. Az útfenntartás, mint útüzemeltetés

### 5.2.2.3. Az útfenntartás, mint komplex útüzemeltetés



5.2-4. ábra. Az útfenntartás, mint komplex útüzemeltetés

A komplex útüzemeltetés célja, hogy megteremtse a biztonságos és gazdaságos közlekedés feltételeit az út élettartama alatt (5.2-4. ábra). Ezt a meghatározást tekinthetjük a legátfogóbbnak, mert felöleli az építés utáni összes tevékenységet. Tágabb értelemben ugyanis minden tevékenység az út megfelelő „üzemi” körülményeinek biztosítását, javítását, azaz a forgalom zavartalan áramlását szolgálja. Egyértelműen következik ebből, hogy a burkolatok fenntartása, javítása, vagy az utak jelzési rendszerének kialakítása és karbantartása éppen úgy a közlekedési rendszer érdekében történik, mint egy korszerűsítés, vagy kapacitásbővítő beruházás. Ez a tágabb értelmezés egyúttal lehetővé teszi a legjobb alkalmazkodást a költségvetés kényszerítő lehetőségeihez a leggazdaságosabb megoldás megkeresésén és alkalmazásán keresztül.

### 5.2.3. A komplex útfenntartás, mint az erdészeti útfenntartás formája

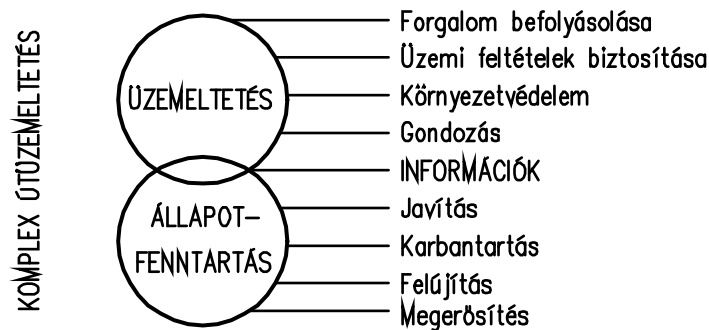
Az erdészeti útfenntartás céljának megfogalmazása érdekében induljunk ki az erdészeti út feladatából.

„Az erdészeti utak olyan építmények, amelyeknek elsősorban az a célja, hogy az erdei termékek szállítását járművek nélkül, vagy járművek különböző fajtájával lehetővé tegye, ezenkívül

biztosítsa az erdőn belüli forgalom lehetőségét és megteremtse az erdőség és a közutak kapcsolatát.” (HAFFNER 1971.)

Mint látható, az erdészeti utat egy olyan sajátos közlekedési rendszer részének kell tekinteni, amelynek elsődleges feladata az erdőgazdálkodással összefüggő szállítások gazdaságosságának megteremtése. A szállítási folyamat által keltett forgalom gazdaságossága azonban erősen függ a szállítóeszköz és szállítópálya összhangjától, ezért annak biztosítása folyamatos feladatot, és különféle tevékenységet kíván. Ezeket a tevékenységeket már korábban üzemeltetési, állapotfenntartási és fejlesztési tevékenységekre osztottuk, amely csoportosítást célszerű lesz továbbra is fenntartani. Az egyes csoportok közötti arányt azonban nem lehet változtatlanul hagyni. Addig, amíg a magasabb szintű közúti közlekedési rendszerben az üzemeltetés és karbantartás közel egyenlő mértékű feladatot jelent a fejlesztési kérdéseket megelőzve, addig az alacsonyabb szintű erdészeti közlekedési rendszerben a fő feladatot az állapotfenntartás jelenti, lényegesen csekélyebb, de még jól érezhetően szerepel az üzemeltetés, míg a fejlesztési feladatok elhanyagolhatók.

A helyes szemlélet szerint a korábban ismertetett és megfelelőnek elfogadott felfogások szerint a 5.2.2.2. pont alatt tárgyaltak felelnek meg legjobban azon munkák céljával, amelyeket a forgalomnak átadott erdészeti úton kell elvégezni. Ezt azonban nem lenne helyes üzemeltetésnek nevezni, mert az üzemeltetési feladatok alárendelt szerepet játszanak. Javasoljuk ezért, hogy azoknak a munkáknak az összességét, amelyeknek célja az, hogy reálisan hosszú időszakon belül megteremtse a biztonságos és gazdaságos forgalom körülményeit, komplex útfenntartásnak nevezzük (5.2-5. ábra).



5.2-5. ábra. Komplex útfenntartás az erdészeti utakon

A komplex útfenntartás tehát magába foglalja a forgalomban lévő úton az élettartam alatt végzett összes olyan tevékenységet, amely az állapotfenntartással és üzemeltetéssel összefügg. Ennek a formának a működési határát jelenti az, mikor a közlekedési rendszer elemeinek az összehangolását már nem lehet a komplex útfenntartási tevékenységgel elvégezni, hanem az már csak fejlesztési munkával oldható meg ésszerűen. A komplex útfenntartás határát ezért a fejlesztés szükségességét megállapító döntés fogja jelenteni. A komplex útfenntartás határának ez a megjelölése azért is célszerű, mert itt válik el egymástól határozottan közgazdaságilag is a fenntartás és beruházás (korszerűsítés), mint finanszírozási forma. A következőkben az útfenntartás és útfenntartási tevékenység fogalma alatt mindig a komplex útfenntartást kell érteni.

### 5.3. A leromlási folyamat és az útfenntartás kapcsolata

Az eddigiekből látható, hogy az útfenntartás során meglehetősen sokrétű tevékenységgel különböző követelményeket (forgalmi, közgazdasági stb.) kell kielégíteni. A szükség azt diktálja, hogy ezeket a munkálatokat ésszerűen és hatékonyan végezzük el, vagyis olyan beavatko-

zásokat kell tenni, amelyek a lehető legkisebb ráfordítással a lehető legnagyobb eredményt hozzák, ezáltal biztosítják azt, hogy az egész úthálózat állandóan közel azonos állapotban legyen.

A hatékonyság biztosításának alapja, hogy ott, akkor és úgy avatkozzunk be, ahol az pillanatnyilag szükséges. Mivel általában különféle kapacitáskorlátok jelentkeznek, amelyek megakadályozzák, hogy egyszerre minden munkát el lehessen végezni, lesznek olyan feladatok, amelyeket későbbre kell halasztani. Ebben az esetben csak akkor lehet pontosan mérlegelni, ha a halasztás következményét ismerjük. A hatékony útfenntartás alapja tehát az, hogy ismerjük az úthálózat pillanatnyi állapotát, ismerjük az állapotváltozás időbeni lefolyását, valamint tudjuk, hogy a különböző tevékenységek és a leromlás folyamata között milyen kapcsolat áll fenn.

Az út állapotváltozását előidéző tényezők nagy száma az út egyes elemein kifejtett eltérő hatásuk miatt az utak leromlása bonyolult összefüggések szerint játszódik le, amelyet általános érvényű analitikus egyenletekkel jelenleg nem tudunk megnyugtatóan leírni, csak közelítő tapasztalati összefüggéseiket ismerjük. Ezekre jellemző, hogy a hatótényezőket és a kialakult károkat szubjektíven meghatározott súlyokkal veszik figyelembe. Az így meghatározott és az út komplex állapotát kifejező számértékben mindig szerepel egy dominánsan ható tényező, amely aszerint változik, hogy az összefüggést milyen alapvető cél érdekében hozták létre, illetve a létrehozókat milyen szubjektív indulatok vezérelték a súlyozások kialakításakor. Ezen okok miatt a közeljövőben – különösen erdészeti utakra vonatkozóan – nem is várható olyan általános érvényű matematikai formula megszületése, amelyre a hosszú távú útfenntartási munkákat tervezni lehet.

Az útfenntartási munkák szervezése szempontjából vizsgálva a matematikai modellekkel kialakított komplex útállapotjelző mérőszámot megállapíthatjuk, hogy azzal nem lehet kifejezni a szükséges beavatkozások mibenlétét, mert ugyanaz a számérték különböző szerkezeti elemek, különböző meghibásodását fejezheti ki. Célszerűbbnek látszik ilyen szempontból, ha az út elemeinek állapotát önállóan jellemezzük, és leromlásuk folyamatát is így modellezzük.

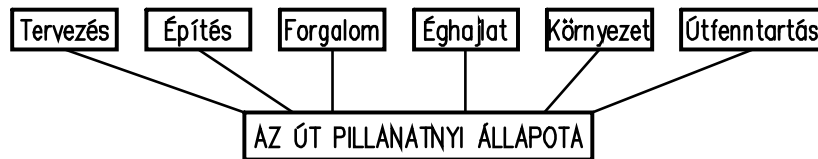
Az út minden elemének leromlási folyamatát jelenleg még nem ismerjük, ugyanúgy ahogy a leromlási folyamatban fennálló kapcsolataik és szerepük sem tisztázott. Ismereteink jelenlegi szintjén a leromlási folyamat és az útfenntartás közötti kapcsolatot úgy lehet megteremteni, hogy az út részei közül kiválasztjuk azt az elemet, ami mértékadó az út állapotának megítélésében, majd ennek a leromlási folyamatát – mint mértékadót – hozzuk az útfenntartási munkákkal összhangba, a többi elem fenntartási munkáit ennek alárendelve végezzük.

Mivel a forgalom lefolyásának minősége szempontjából a pályaszerkezet állapota a mértékadó, valamint ennek értéke a legnagyobb, ezért ennek az állapotát kell megfelelő szinten tartani jelentős összegek feláldozásával, így az útfenntartási tevékenységek sorában az ezzel kapcsolatos intézkedéseket kell mértékadónak tekinteni. A pályaszerkezeten kívül végzet útfenntartási tevékenységeket (padka, árok, átereszt stb. megfelelő állapotban tartása) ezzel összhangban, de annak alárendelve kell elvégezni. Az alárendelés ebben az esetben nem azt jelenti, hogy a munkákat nem kell elvégezni vagy azok jó minőségű elkészítésére nem kell hangsúlyt fektetni. A pályaszerkezeten kívüli szerkezeti részek biztosítják azt, hogy a pályaszerkezet leromlása – amelyet tehát mint mértékadó elemet tekintünk – normális keretek között folyjon le. Az alárendeltséget szervezési szempontok alapján kell értelmezni azáltal, hogy a beavatkozások időpontját a pályaszerkezeten végzett jelentősebb munkákkal – mint meghatározó tevékenységgel – kell összhangba hozni.



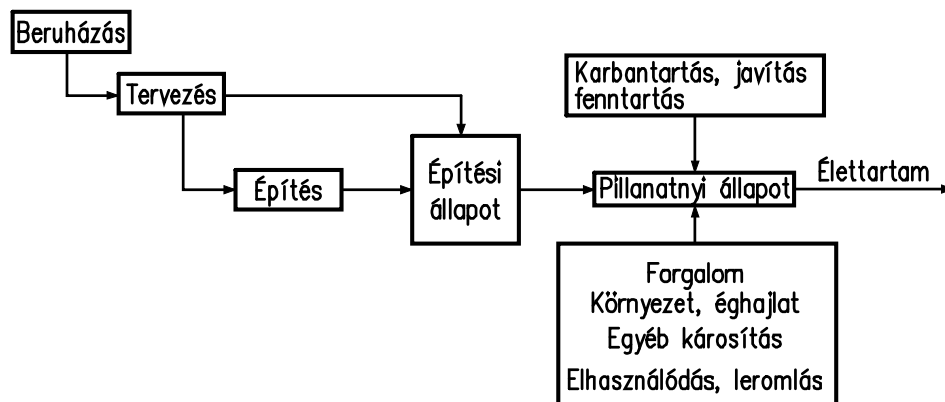
### 5.3.1. Az út pillanatnyi állapotát kialakító tényezők

Az utak pillanatnyi állapota a különböző komplexen együttműködő tényezők együttes hatására az élettartam alatt folyamatosan alakult ki. Ezeknek a tényezőknek a hatása eltérő lehet aszerint, hogy azok kedvezően az út állapotát javítják vagy kedvezőtlenül rontják, illetve, hogy hatásuk folyamatosan vagy csak esetenként jelentkezik-e. Mivel az útfenntartási beavatkozásokat a meghibásodásnak megfelelően mindig az út pillanatnyi állapota határozza meg, meg kell ismerni a hatótényezők főbb csoportjait (5.3-1. ábra).



5.3-1. ábra. Az út pillanatnyi állapotát befolyásoló tényezők

Az út akkor van a legjobb állapotban, amikor azt a forgalomnak átadják. Ezt az állapotot a beruházó, tervező és kivitelező közös munkája hozza létre, és később alapvetően meghatározza az út leromlási folyamatának lejátékozását (5.3-2. ábra).



5.3-2. ábra. A pillanatnyi útállapot kialakulása

A tervezés alapvetően meghatározza azt a kiindulási állapotot, amelyet elméletileg a legkedvezőbbnek tekinthetünk. Amennyiben a tervező megfelelően felmérte és figyelembe vette a legtöbb, leglényegesebb hatótényezőt, és az általuk támasztott igényeket, azokat az ésszerűség (műszaki és gazdasági) határain belül a beruházóval kötött kompromisszumokon keresztül kielégítette, akkor megteremtette a feltételeit annak, hogy az út pillanatnyi állapotában egy reálisan hosszú időszak alatt ne következzen be lényeges változás, illetve egy bizonyos elérni kívánt állapotot egyszerű és gazdaságos eszközökkel lehessen fenntartani. A kellően át nem gondolt tervezés viszont már ekkor csökkent értékű kiindulási állapotot eredményez, ami azal jár, hogy az út állapotában is viszonylag gyors – legtöbbször kedvezőtlen irányú – változás lép fel. A tervezés, mint hatótényező tehát alapvetően megszabja és kedvezően vagy kedvezőtlenül befolyásolja az elkészült utak állapotváltozását.

A kivitelezés a tervek megvalósításának a folyamata. Ennek a folyamatnak az eredménye a megépített út, amelynek állapota a reálisan elérhető legjobbnak tekinthető. Kedvező esetben ez a színvonal megfelel a megtervezett ideális állapotnak. Általában azonban a megépült út még gondos építés esetében sem éri el a tervben szereplő ideálisnak tekinthető állapotot, részben az építőanyag inhomogenitása, részben az építési minőség ingadozása miatt. Építés köz-

ben tehát kialakul egy valóságos útállapot, amely most már ténylegesen meg fogja határozni az út állapotváltozásának folyamatát. Gondos kivitelezéssel olyan kezdeti állapotot lehet megteremteni, amely eredményeként az út pillanatnyi állapota reálisan hosszú időszak alatt nem fog változni, illetve egy megkívánt állapotot egyszerűen és gazdaságosan lehet fenntartani. Gondatlan kivitelezéssel olyan kedvezőtlen állapotot teremtünk, amikor az út állapota a tervezettnél korábban – általában kedvezőtlen irányba – megváltozik és a megkívánt állapotot is csak nagy nehézségek árán lehet fenntartani. A kivitelezés, mint hatótényező tehát ugyancsak alapvető fontosságú és kedvező vagy kedvezőtlen befolyásoló tényező lehet.

A forgalom: olyan hatótényező, amelynek érdekében az utat létesítik, ezért igényeinek kielégítése alapvető fontosságú. Mindenek előtt azt kell biztosítani, hogy az úton folyó forgalom balesetmentesen, zavartalanul és gazdaságosan tudjon lebonyolódni. Az utak pillanatnyi állapotát a forgalom által keltett igénybevételek rontják. Az állapotváltozás sebessége a tervezés és kivitelezés által létrehozott kezdeti állapottól függ. Kedvező előfeltételek között a forgalom hatására az állapotváltozás lassabban, míg kedvezőtlen feltételek között gyorsabban következik be. Az útállapot leromlását közvetlenül előidéző oknak tekinthetjük.

Az éghajlat: a forgalom mellett folyamatosan ható és az útállapot leromlását közvetlenül előidéző ok. Hatásának intenzitását erősen befolyásolja a tervezés és építés idején létrehozott állapot, valamint a forgalom nagysága.

A környezeti tényezők hosszútávon éreztetik hatásukat, befolyásuk akkor válhat jelentőssé, ha tervezéskor nem vették figyelembe meglétüket, vagy az idők folyamán a tervezési állapothoz képest jelentősebb változás következett be. Hatásuk lehet kedvező vagy kedvezőtlen. A kedvezőket általában nem vagy csekély mértékben érzékeljük a kedvezőtlenek azonban markánsan jelentkeznek, ezért inkább ezeket érzékeljük.

Az egyéb okok közé azokat a tényezőket sorolhatjuk, amelyek esetleges jellege az előbbiekhöz képest rövidebb ideig hatnak. (Pl.: nem rendeltetésszerű használat stb.) Szintén kedvezőtlen hatásuk jellemzi őket.

Az útfenntartás állagmegóvó és javító tevékenységével az utak állapotát egyértelműen kedvező irányba változtatja meg. A leromlási folyamat lassításával az út használhatóságát meghosszabbítja, élettartamát megnöveli. A szakszerűtlenül végzett útfenntartás azonban csak tüneti kezelést ad, a hibák kialakulásának okát nem szünteti meg, hatékonyan a használhatóságot és az élettartamot sem növeli meg.

### **5.3.2. Az útfenntartási politika**

Az utak tönkremenetelét az útfenntartással tudjuk lassítani, vagy megakadályozni. Az időben elhúzódó tevékenységet összehangolni csak úgy lehet, ha hasonlóan a pályaszerkezet-gazdálkodáshoz kialakítunk egy hosszútávon érvényes alapelvet – az útfenntartási politikát – amely összehangolja és szervezi tevékenységünket.

Az út egyes részei különböző módon és eltérő ciklusban mennek tönkre. Az útfenntartási politikának össze kell hangolni a különféle leromlási folyamatokat megállító útfenntartási munkákat. Ehhez hosszú távú elképzeléseket kell kidolgozni, amely az útfenntartási politika stratégiája lesz, amit az út pillanatnyi állapota szerint a taktikában valósíthatunk meg.

A stratégia kialakítását az út leromlási folyamatának ismeretében kellene meghatározni. A teljes út tönkremenetelének leírása ma még nem modellezhető, ezért ki kell választani az út mértékadó elemét, erre ki kell dolgozni, a megfelelő útfenntartási politikát, majd ezzel összehangolni az út többi részének fenntartási munkáit.

Az út mértékadó része a pályaszerkezet, amelynek fenntartásához kell igazítani a többi tevékenységet. A pályaszerkezet fenntartásának politikáját a pályaszerkezet gazdálkodási politi-

kában már rögzítettük, az mértékadóan meghatározza a többi beavatkozás várható idejét és módját.

Az erdészeti útfenntartási politika stratégiája szerint a pályaszerkezet fenntartását a pályaszerkezet-gazdálkodási stratégia szerint kell elvégezni. A pályaszerkezeten kívüli részek fenntartását ezzel összhangban kell végezni a következőképpen: a pályaszerkezeten kívül minden esetben el kell végezni a szükséges beavatkozásokat és az új állapotnak megfelelő színvonalat létre kell hozni, amikor a pályaszerkezeten karbantartási vagy felújítási munkákat végzünk. A közbenső időszakban a beavatkozásokat egy – a szerkezeti részre (padka, árok stb.) jellemző és a helyi viszonyokhoz (talaj, növényzet stb.) alkalmazkodó – ciklus szerint kell elvégezni, illetve be kell avatkozni akkor is, ha szakaszonként, vagy teljes hosszban károsodások alakulnak ki.

A helyesen kialakított és alkalmazott fenntartási politika hosszútávon létrehoz egy ciklust, amelyben a beavatkozásokat tudatosan az út leromlásának függvényében hajtjuk végre (stratégia). Mivel az útfenntartási politika a mindenkori útállapot szerint dönti el a beavatkozás szükségességét és módját, ezért a közvetlen beavatkozások eldöntésénél váratlanul bekövetkező helyzetekhez rugalmasan lehet alkalmazkodni (taktika).

#### **5.4. Az útfenntartási rendszer**

Az utak leromlási folyamata és az útfenntartás közötti kapcsolatot megteremtő útfenntartási politika csak akkor válhat valóban hatékony vezérelvvé, ha az nem szakad el az úttól és környezététől.

Az útfenntartással kapcsolatban felmerülő kérdések, az útfenntartási politikának megfelelő döntések meghozatalához szükséges naprakész információk beszerzése, az útfenntartási munkák szervezése, elvégzése olyan szerteágazó, több síkon mozgó feladatot jelent, amelyet egy nagyobb úthálózattal rendelkező erdőgazdaságban már nehéz hatékonyan összehangolni egy átfogó szemlélettel kialakított rendszer nélkül, különösen akkor, ha az egymást befolyásoló tevékenységek között évek telhetnek el.

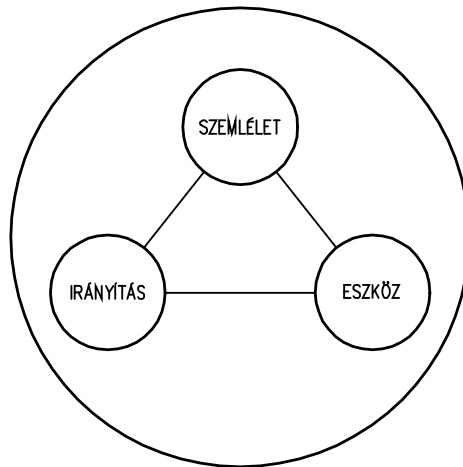
Az útfenntartási politika megfelelő érvényesítésére ezért létre kell hozni egy olyan rendszert, amely folyamatosan kapott és feldolgozott információk alapján döntéseket hoz, irányít egy hatékony útfenntartási műszaki, technológiai bázist, az egyes részfeladatokat az összefüggések alapján szervezi és egységbe foglalja, valamint megteremti saját optimális működési feltételeit is. Az útfenntartási rendszert zárt folyamatnak kell tekinteni, amelyben a közlekedési rendszer által támasztott igények a folyamat bemenő adatai, míg kimenete a közlekedési rendszer kielégített igényei.

Az útfenntartási rendszer feladatait és céljait a következőképpen lehet meghatározni:

- legyen az útfenntartással összefüggő döntések alapja (mit – mikor – hogyan stb.),
- vizsgálja a korábban hozott döntések hatékonyságát,
- adjon érveket a pénzeszközök nagyságának és felhasználásának meghatározásához.

A gazdálkodási egységek területén az útfenntartási rendszernek három síkon kell megnyilvánulni (5.4-1. ábra).

- útfenntartási szemléletként, amely alapvetően átfogja és összehangolja az összes úti tevékenységet és ezzel megteremti a hatékony útfenntartás alapjait;



5.4-1. ábra. Az útfenntartási rendszer

- irányítási rendszerként, amely érvényesíti az alapvető szemléletet a begyűjtött és feldolgozott információk alapján, dönt a beavatkozások helyéről, módjáról, idejéről, valamint megteremti és mozgatja a rendelkezésre álló eszközrendszert;
- eszközrendszerként, amely magában foglalja a végrehajtáshoz szükséges összes személyi, műszaki és technológiai eszközt, amely az útfenntartással összefüggő összes munkák elvégzéséhez szükséges.

#### 5.4.1. Az útfenntartási szemlélet

Az üzleti tevékenységekkel különféle létesítményeket és állapotokat hozunk létre, teremtünk meg, amelyeket a továbbiakban fenn kell tartani. Maga az útfenntartás is végeredményben ugyanezeket a tevékenységeket végzi el, tehát bármilyen állapotot hoz létre, azzal saját munkáját könnyíti vagy nehezíti. A hatékony útfenntartás alapjait tehát csak úgy lehet megteremteni, ha minden tevékenységünket egy általános útfenntartási szemlélettel végzünk. Az út állandó jó állapotának biztosításához e mellett szükség van egy megfelelő üzemeltetési szemléletre, a munkák besorolásánál pedig a teljes hálózatot figyelembe vevő hálózati szemléletre.

Az útfenntartási szemléletnek tehát:

- általános útfenntartási szemléletként,
- üzemeltetési szemléletként,
- hálózati szemléletként

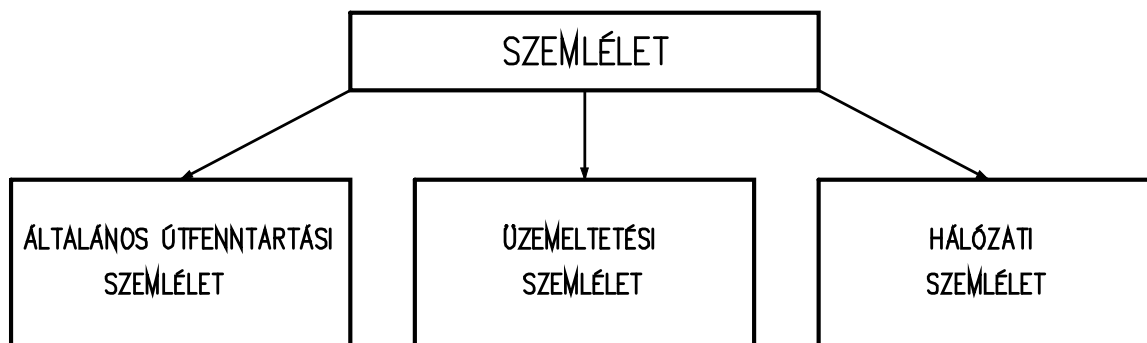
kell megjelenni (5.4-2. ábra).

##### 5.4.1.1. Az általános útfenntartási szemlélet

Az utakkal kapcsolatos tevékenységeket alapvetően eltérő jellegük alapján:

- tervezésre,
- építésre
- útfenntartásra

oszthatjuk.



5.4-2. ábra. Az útfenntartási szemlélet

Annak ellenére, hogy ezeket a tevékenységeket eltérő időben, esetenként különböző szervezetek végzik, az egyes részek között mégis szoros kapcsolat áll fenn. Ennek a kapcsolatnak az alapja az a közös törekvés, hogy a forgalom számára minden időben olyan kedvező feltételeket biztosítsunk, hogy az biztonságos és gazdaságos legyen.

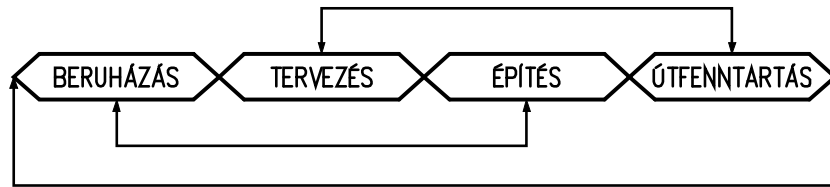
A tervező és kivitelező közös munkájaként elkészült útnak a forgalom igényeit egész élettartama alatt ki kell elégíteni. Az elhasználódást okozó hatások miatt az út állapota az idő múlásával fokozatosan leromlik és a forgalom által támasztott igényeket egyre kevésbé elégíti ki. A forgalom és az útállapot közötti összhangot csak folyamatosan végzett útfenntartással lehet megteremteni.

Az útfenntartás körülményeit, műszaki feltételeit és költségeit a kiépítettség műszaki színvonala és a forgalmi terhelés nagysága közötti összhang határozza meg. Elméletileg elképzelhető, hogy egy utat olyan műszaki paraméterekkel építünk meg, amelynek fenntartásáról az élettartama alatt nem kell gondoskodni. Ezt a „zéró fenntartás” állapotát azonban csak nagyfokú biztonság létrehozásával, aránytalanul magas költségek mellett lehet megvalósítani. A másik véglet, amikor az építési költségek minimumára törekedve sokszor a műszakilag indokolt alsó határt sem tartjuk be. Ilyenkor az út megfelelő állapotának fenntartása csak irreálisan magas költségekkel valósítható meg, szélső esetben műszakilag meg sem oldható (a romlás folyamata gyorsabb, mint a helyreállítás), vagyis az utak fenntarthatatlanná válnak. Az útfenntartás ésszerű feltételeinek megteremtése és költségei reális színvonalának biztosítása érdekében a forgalmi terhelés és kiépítettség színvonala közötti összhangot alapvetően a tervezés és kivitelezés időszakában kell megteremteni.

A forgalom és a kiépítettség színvonala közötti összhangot egy bizonyos alsó határ fölött különböző mértékben lehet megteremteni. A kérdés ekkor az, hogy milyen színvonalon elégítsük ki az igényeket? Erdészeti utak esetében ezt a kérdést közgazdasági oldalról kell megközelíteni. Adott szállítási, forgalmi igénybevétel mellett annak az úttípusnak az alkalmazása a leg gazdaságosabb, amelynek építési, útfenntartási és közlekedési költsége az út élettartama alatt minimumot ad (4.1-1. ábra).

Útfenntartás szempontjából tehát a korszerű út nem jelenti egyértelműen azt, hogy az út a legkorszerűbb műszaki újításokat felhasználva épült, hanem a korszerűséget inkább az jellemzi, hogy az út a forgalmi, üzemeltetési és egyéb igényeket (pl. környezetvédelem, természetvédelem) együttesen optimálisan elégíti ki. A vázolt követelményeket kielégíteni és az optimális megoldást megtalálni csak úgy lehet, ha minden egyes résztvevő tevékenységet úgy végzünk, hogy az útfenntartás igényeit messzemenően figyelembe vesszük, és az egyes résztvevő tevékenységek között szoros, kétirányú kapcsolat áll fenn (5.4-3. ábra).

Az általános útfenntartási szemlélettel elsősorban a beruházónak, a tervezőnek és a kivitelezőnek kell rendelkezni, pontosan és tudatosan felmérve munkájuk útfenntartási kihatásait. Az út fenntartójának saját munkájában megvalósított általános szemlélet mellett elsőrendű feladata a tapasztalatok összegyűjtése és közreadása, valamint ennek a szemléletnek a tudatosítása.



5.4-3. ábra. Az általános útfenntartási szemlélet érvényesülése

#### 5.4.1.2. Az üzemeltetési szemlélet

Az üzemeltetési szemlélet a vasútüzemél jelenik meg élesen, amelyhez hasonlóan ezt az utakkal kapcsolatban is ki kell alakítani.

Az út élettartama alatt fellépő váratlan és sokszor elháríthatatlan meghibásodások megbontják az út és a forgalom között kialakított összhangot, esetenként annak tönkremenetelét gyorsítják. Az út ezért nem tudja a vele szemben támasztott igényeket megfelelő szinten kielégíteni, röviden az út üzemi állapota leromlik. A forgalom biztonságos és gazdaságos lebonyolítása érdekében a hibákat sürgősen helyre kell állítani, újra megteremtve a szükséges összhangot. Ehhez a különféle munkálatoknak széles skáláját kell elvégezni, amely felöleli az üzemeltetési és állapotfenntartási munkákat is. Ezeket a munkákat úgy kell elvégezni, hogy az út „üzemében” hosszú ideig törés ne legyen. Az üzemeltetési szemlélet szerint tehát törekedni kell:

- az üzemzavarok kialakulásának megelőzésére,
- a kialakult hiányosságok gyors megszüntetésére,
- a munkák folyamatos végzésére.

Az üzemeltetési szemlélettel már egyértelműen az útfenntartással foglalkozóknak kell rendelkezni. Ezek közül is elsősorban azoknak, akik az út üzemeltetési feladatait látják el azért, hogy saját hatáskörben tudják a legégetőbb beavatkozásokat elvégezni. Az olyan feladatokat, amelyek meghaladják szervezetének lehetőségeit, azokat egy információs vonalon keresztül jelezni kell az irányítási rendszer felé, hogy az a további intézkedéseket ugyanilyen szemlélettel megtegye.

Az erdészeti gyakorlatban az út üzemeltetője az erdészeti. A legtöbb üzemeltetési feladat a fáhasználatok után keletkezik, amikor a rézsűk, árkok, padkák tönkremennek, a pályaszerkezet elszennyeződik. Ezeket a hibákat a fáhasználat után, annak terhére kell helyreállítani, illetve olyan megelőző intézkedéseket kell hozni, amivel a károk kialakulása megelőzhető.

#### 5.4.1.3. A hálózati szemlélet

Az erdészeti útfenntartási rendszer vonatkozásában egységként az erdőgazdaságot kell tekinteni, mert ő az út „tulajdonosa”, és ő rendelkezik minden olyan eszközzel (pénzügyi, műszaki, személyi stb.), amellyel az útfenntartást el lehet végezni. Ennek az egységnek pedig nem lehet célja, hogy egy-egy utat kiváló minőségben fenntartson a hálózat többi útjának leromlása mellett, hanem az, hogy a teljes úthálózaton egy megfelelő, átlagos színvonalat biztosítson. A korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások miatt mindenhol nem lehet hatékonyan beavatkozni, a szükséges munkálatokat sorrendbe kell állítani. Az ésszerű sorrendet pedig csak az egész hálózat összes problémájának ismeretében lehet felállítani.

A másik szempont, ami a hálózati szemlélet mellett szól az, hogy a korlátozott nagyságú erőforrásokat tovább lebontva alacsonyabb szintekre (erdészetekre, utakra stb.) olyan kis kapacitású lehetőségeket teremtünk meg, amellyel hatékonyan egyik helyen sem lehetne beavatkozni. Ennél célszerűbb a már említett sorrend felállítását, amely egyes utakon meghagy bizonyos megoldatlan problémákat, de ennek árán más utakon hosszabb időszakra érvényes véglegesnek tekinthető állapotot hoz létre.

A hálózati szemlélet biztosítja tehát, hogy:

a beavatkozások sürgősségét a teljes hálózat problémájának ismeretében lehessen megítélni,

megakadályozza az erőforrások felaprózását a minimálisan hatékony szint alá.

Hálózati szemlélettel alapvetően az útfenntartási munkák irányítóinak kell rendelkezni. Az út üzemeltetőjétől bizonyos lojalitást lehet elvárni annyiban, hogy a reá nézve hátrányosnak tűnő döntéseket elfogadja, bízva a döntést hozók elfogulatlanságában szélesebb információs skálán nyugvó ítéletében.

#### 5.4.1.4. A szemlélet jelenlegi helyzete, a továbblépés szükségessége és iránya

Az erdészeti utakkal kapcsolatos tevékenységek megfelelő szemléletű elvégzésének potenciálisan kedvező feltételei vannak.

A létesítendő erdészeti utak terveinek jelentős részét az erdőgazdaságok maguk terveztetik meg kellően felkészült erdészeti szakemberekkel. A tervek megvalósítása általában az azonos vállalat egy másik részlege a műszaki erdészet vagy építésvezetőség feladatkörébe tartozik, amely később az út karbantartását és javítását is végezni fogja. Külső vállalkozóval dolgoztatva a minőségellenőrzés által biztosított magasabb minőség lehet a feltétele a később szükséges fenntartási munkák csökkenésének. Az utak üzemeltetésének egyéb feladatait az erdészetek látják el. Mindezen tevékenységek pénzügyi fedezetét az erdőgazdaságok önmaguk kezelik.

A valós helyzetet elemezve arra a következtetésre juthatunk, hogy a kedvező feltételeket nem használjuk ki kellőképpen és az útügyi tevékenységet helytelen szemlélettel végezzük. A probléma már az általános útfenntartási szemlélet érvényesítésénél kezdődik. Ezt általában mindenki helyesen felismeri, hangoztatja, csak a gyakorlatban sokszor nem alkalmazzák, ami kedvezőtlen helyzetet teremt. Az erdészeti utak tervezőit ugyanis erősen befolyásolja a rendelkezésre álló szűkös anyagi lehetőség, ami sokszor a költségek kritikátlan csökkentéséhez vezet, a helyes és gazdaságos műszaki megoldások terhére. Helytelen felfogásukat a „technikai minimum” elvével támasztják alá, amit azonban nem lehet elfogadni. A technikai minimumra való törekvés nem azt jelenti, hogy a teljes útüzem gazdaságosságának figyelembevétel nélkül a kivitelezési költségek csökkentésére törekszünk, hanem azt, hogy az alapvetően szállítópálya szerepet betöltő utat a neki megfelelő műszaki paraméterekkel építjük meg, az ezekhez szükséges költségek mellett.

A tervezés után az erdészeti utak építése sem történik mindig úgy, ahogy az az útfenntartás szempontjából megfelelő lenne. Ennek okát főként közgazdasági, de nagyon gyakran emberi tényezőkben kell keresni. Azok az erdőgazdaságok, amelyek saját kivitelezésben próbálják megoldani úthálózatuk megépítését, sokszor nem rendelkeznek alapvető útépitő gépekkel, azokat legjobb esetben bérelik. A hiányos gépparkkal megépített utak minőségi színvonalát természetesen nem lehet megfelelő. A bérelt gépek kezelői – akik nem szokták meg a sokszor extrém nehéz körülményeket – kellő ösztönzés hiányában nem törekednek kiváló minőség elérésére. Az erdőgazdaságok másik része útjaikat bér munkában különböző építővállalatokkal építteti meg. Az itt dolgozó műszaki vezetők nem érzékelik az erdészeti útépités jelentőségét,

célját, nem jól mérik fel az erdészeti út építésénél fellépő – a kedvezőtlen viszonyokból adódó – problémák súlyát, azokat nem oldják meg, végül irányításukkal nem megfelelő minőségű út épül. Ezeknek a vállalatoknak a fizikai dolgozóira is vonatkozik az, hogy a megszokottnál nehezebb körülmények között munkájukat kisebb figyelemmel végzik.

A nem kellő minőségű építési állapot kialakulásában a hiányos minőségellenőrzés a másik alapvető tényező. Az erdőgazdaságok műszaki ellenőrei – néhány eset kivételével – nem törekednek arra, hogy az az út, amelyet önmaguknak építenek, a lehető legjobb minőségben épüljön fel, mert erre sokszor lehetőségük sincs. A lehetőség hiánya itt azt jelenti, hogy nem rendelkezünk olyan szabályokkal, normákkal, minősítési rendszerrel, amely alapján az erdészeti utak építésekor egy objektív minőségellenőrzést lehet végezni. A közutakra vonatkozó egyes előírások sokszor szigorúak, azok alkalmazása ésszerűtlen lenne. Ennek eredményeként a saját kivitelezésű utakra semmiféle normát nem veszünk figyelembe. Az idegen kivitelező esetenként már a szerződéskötéskor kiköti, hogy a közutakra vonatkozó előírások betartását körülményeink között nem vállalja, ami azt eredményezi, hogy sokszor alapvető munkákat (pl. tömörítés) sem teljesít, követelményeket nem elégít ki.

Az építés minőségi javításának érdekében ezért feltétlenül szükséges a műszaki ellenőrzés technikai feltételeinek biztosítása, aminek alapját az erdészeti utakra vonatkozó építés minősítési előírások kidolgozása jelenthetné.

Az erdészeti utak üzemeltetésének színvonala az üzemeltetési szemlélet hiánya miatt szintén nem tekinthető megfelelőnek. Az elkészült út üzemeltetése az erdészetek feladata lenne az apróbb javításokkal bezárólag, nagyobb karbantartási munkákat a műszaki erdészetek, vagy idegen vállalatok végeznék bér munkában. Az erdészetnél az úttal kapcsolatos problémák a nagyobb faanyagszállítások időszakában merülnek fel, általában ez is csak akkor, ha az út állapota olyan rossz, hogy azon a szállítási költségek megnövekedése már jelentős lett. Két nagy szállítási ciklus között az út állapotát nem kísérik kellő figyelemmel, kisebb javításokat – amelyeket az állapot romlásának megakadályozása érdekében el kellene végezni – nem végeznek el. (Pl.: nem állítják helyre sem az árkot, sem a padkát azokon a helyeken, ahol közeli-téskor azokat tönkretették. Ezek a helyek a rohamos állapotromlás kiinduló pontjaivá válnak.)

Bizonyos esetekben a hálózati szemlélet sem érvényesül maradéktalanul, amely alapvetően két okra vezethető vissza. Egyrészt az erdőgazdaságok nem rendelkeznek saját úthálózatukról olyan adatokkal, amelyek alapján az egyes utak állapota, a beavatkozás sürgőssége és a szükséges költségek megítélhetők lennének, tehát a pénzeszközök felhasználási helyének kijelöléséhez szükséges objektív alapok hiányoznak. A másik problémát az jelenti, hogy nincs meghatározva az, hogy az úttal kapcsolatos különféle munkákat kinek kell elvégezni és azokat milyen forrásokból kell finanszírozni. Ezek a tényezők azt eredményezik, hogy az erdőgazdaságnál rendelkezésre álló pénzeszközöket erdészetekhez osztják szét, ami a hatékony felhasználást eleve nem teszi lehetővé.

Az útfenntartási rendszer bevezetésekor első lépésként a helyes szemlélet kialakításán kell fáradozni. Mint már említettük, ennek potenciális lehetőségeivel az erdőgazdaságok rendelkeznek, vagyis:

- a teljes útügyi irányítás és annak finanszírozása egy helyen összpontosul,
- rendelkeznek a szemlélet befogadására alkalmas szellemi kapacitással,
- kialakítása pedig gyakorlatilag költségeket nem igényel.

#### **5.4.2. Az útfenntartás irányítási rendszere**

Az útfenntartási rendszer – a kifejtett egymástól erősen eltérő feladatok és munkák miatt – bonyolult jelenségsorozatnak tekinthető, amely csak bizonyos belső rend szerint válik haté-



konnyá. Ennek a belső rendnek a megteremtéséhez egy olyan irányítási rendszer szükséges, amely a részfeladatok és munkák közötti kapcsolat ismeretében a fenntartásnak, mint szemléletmódnak az érvényesítésén keresztül a fenntartási rendszer eszközeinek segítségével megteremti a közlekedési rendszer összhangját.

Az irányítás folyamatát az teszi nehezzé, hogy a folyamatosan változó körülményekhez és feltételekhez állandóan igazodni kell. Az irányítási rendszer ezt a feladatát akkor tudja ellátni, ha úgy építjük fel, hogy az minden várható kérdéseinkre gyors és pontos válaszokat tud adni. Az irányítási rendszer feladatainak meghatározása előtt először tegyük fel a várható kérdéseinket – konkrétabb formában, mint azt korábban tettük –, és a rendszert építsük úgy fel, hogy az a szükséges válaszokat megadja.

A kérdések két alapvető csoportba oszthatók:

azokra, amelyek az állapotjavító beavatkozásokkal kapcsolatosak és főként műszaki jellegűek,

azokra, amelyek a pénzügyi tervezéssel és helyzettel összefüggőek.

Az állapotjavító beavatkozásokkal kapcsolatban felmerülő kérdések:

1. Milyen útállapot mellett kell beavatkozni? Milyen állapotjellemzőkkel jellemezhető az állapot? Az állapotjellemzőknek melyik szintjén, milyen a beavatkozás sürgőssége?
2. Belátható időn belül eléri-e az állapotjellemzők a meg nem engedhető szintet? Milyen közeli vagy távolabbi időben válik szükségessé a beavatkozás?

A beavatkozás szükségességének eldöntése után folytatódnak a kérdések:

3. Milyen módszerek jönnek számításba? Rövid, vagy hosszú távú megoldást választunk?
4. Mekkora a várható költség? Milyen források állnak rendelkezésünkre?
5. Milyen hatások várhatók a beavatkozástól rövid, közép és hosszútávon?

A kidolgozott változatokból a megvalósításra vonatkozó döntéskor a mértékadó kérdés:

6. Hogyan értékelhetők a változatok a forgalom, a gazdaságosság és az erőforrás kímélése szempontjából?

A pénzügyi tervezéssel összefüggő kérdések:

1. Mekkora anyagi eszköz szükséges az útfenntartás céljaira jelenleg, a közeli jövőben, egy bizonyos évben, vagy egy bizonyos időszakban?
2. Hol és milyen időpontban kell az anyagi eszközöket felhasználni?

A szükséges eszközök nagysága számos tényezőtől függ, mint pl.: az útállapottal szemben támasztott igényszinttől, az állagmegóvás követelményeitől, a rövidtávú megoldást adó, de gyorsan végrehajtható átmeneti intézkedésektől stb. Ez további kérdéseket vet fel:

3. Milyen anyagi eszközök szükségesek az optimális útállapot kialakításához? Milyen mennyiségű pénzeszköz szükséges az elfogadható minimális útállapot biztosítására? Mekkora a költségkülönbség a minimális és optimális megoldások között? Mikor és mekkora pótlólagos pénzeszközt igényel a későbbiekben egy most elvégzett – esetleg ideiglenes jellegű – beavatkozás, ami kis ráfordítású?
4. Mi történne, ha a ráfordítások hosszú ideig nem lennének kielégítő mennyiségűek? Milyen póttintézkedések válnának szükségessé? Milyen következményei lennének a forgalomra, a gazdaságosságra és az erőforrások kihasználtságára?

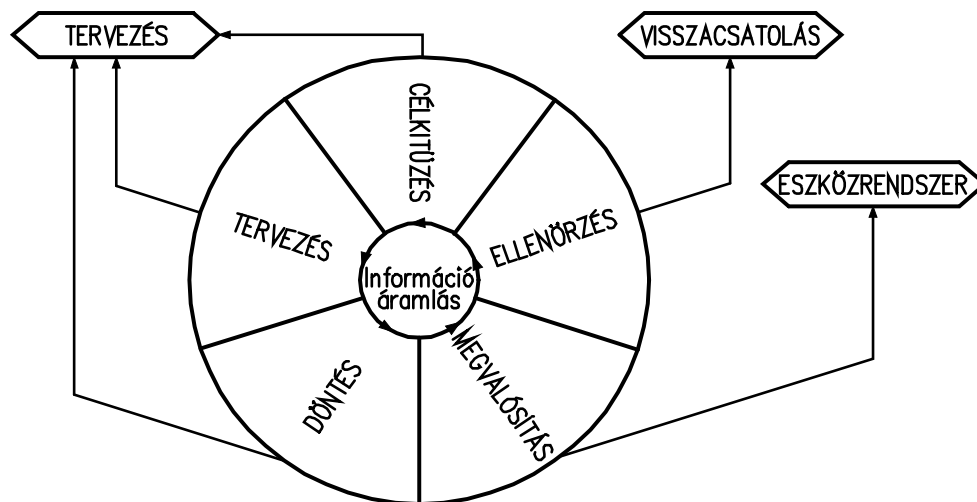
A vázolt problémát megoldó irányítási rendszer alapja az ún. „management” rendszer, amelynek az erdészeti útfenntartásra alkalmas változatát kell kialakítani.

#### 5.4.2.1. A management rendszerről általában

A management rendszer egy megfelelő szemlélettel kialakított gazdálkodási, tevékenységi rendszernek tekinthető, amelynek működési elvét a management körrel lehet ábrázolni (5.4-4. ábra). Ez az ábra magában foglalja a tevékenységek irányításához szükséges lépéseket, amelyek:

- a célkitűzés,
- a tervezés,
- a döntés,
- a megvalósítás és
- az ellenőrzés.

A rendszer elemei közötti kapcsolatot és összhangot az információs rendszer biztosítja. Az információáramlástól megkövetelt, hogy gyors és két irányú legyen. A rendszertől nagyfokú rugalmasságot követelünk. Az egyes tevékenységek időbeli sorrendje és tartalma nem tekinthető merev sémának. A sorrend rugalmasan alakítható, és tartalma a korábbi tevékenységektől függ. Lehetőség van pl.: ebben a rendszerben arra, hogy a döntések meghozatala fázisban a célkitűzéseket módosítsuk, majd a megvalósítást folytassuk. A rendszer rugalmassága azonban csak úgy használható ki, ha a naprakész információk zavartalan és folyamatos áramlása biztosított.



5.4-4. ábra. A management kör

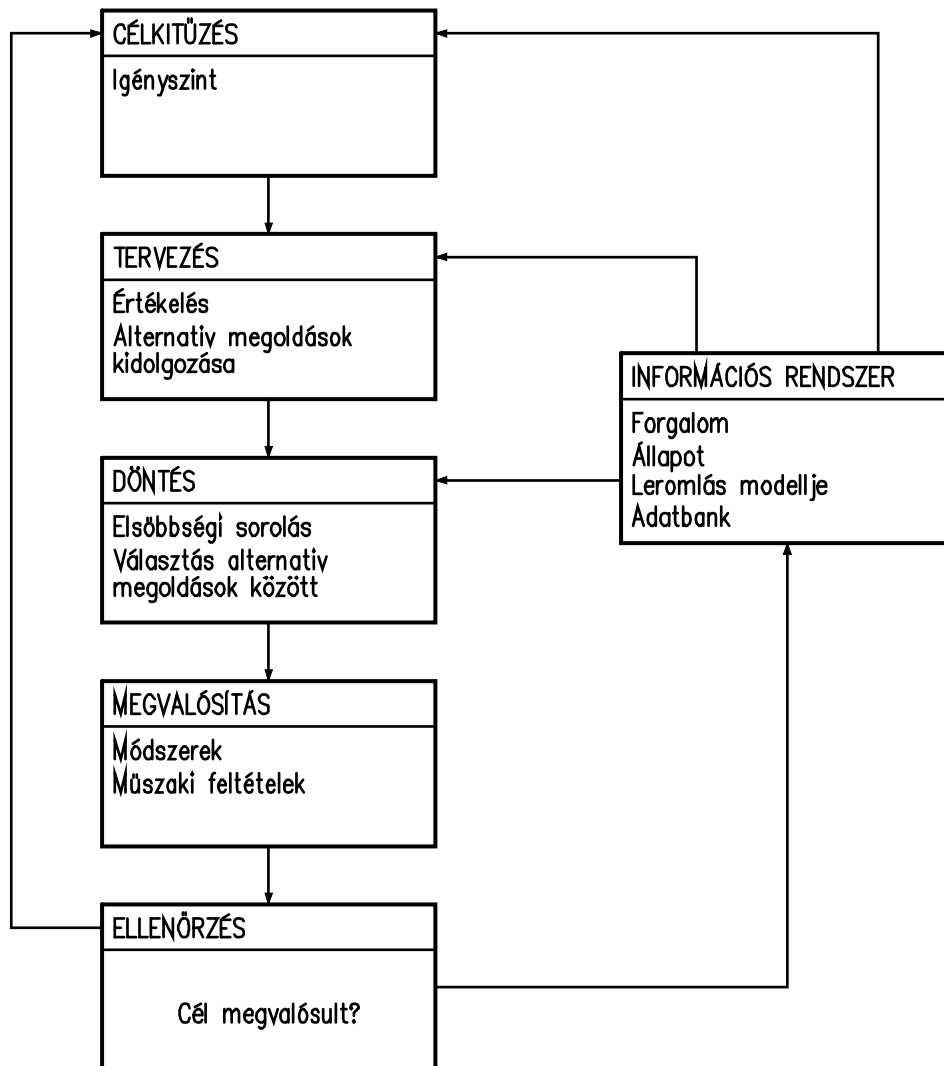
A management rendszer további sajátossága, hogy azt nem csak az irányítási rendszerben, hanem a tevékenységek minden szintjén alkalmazni kell. Ezáltal biztosítható, hogy az összes tevékenységet azonos szemlélettel, logikával és módszerekkel végezzük el, ami nagyban emeli az egész rendszer hatékonyságát.

#### 5.4.2.2. Az útfenntartási management

Az útfenntartási „management” rendszer is az általános tevékenységi körfolyamatból vezethető le (5.4-5. ábra). Látható, hogy a rendszer egyes fő elemei maguk is több egységből állnak, amelyeket az irányítás alrendszereinek tekinthetünk. Az erdészeti útfenntartás irányítási rendszere ezeknek az alrendszereknek a logikai kapcsolatából alakul ki (5.4-6. ábra).

### 5.4.2.3. Az irányítási rendszerrel kapcsolatban felmerülő problémák

Jelenleg az erdőgazdaságoknál az erdészeti útfenntartás rendszere gyakorlatilag hiányzik. A rendszertelenül végzett útfenntartás miatt ezzel kapcsolatban igény sem merült fel eddig

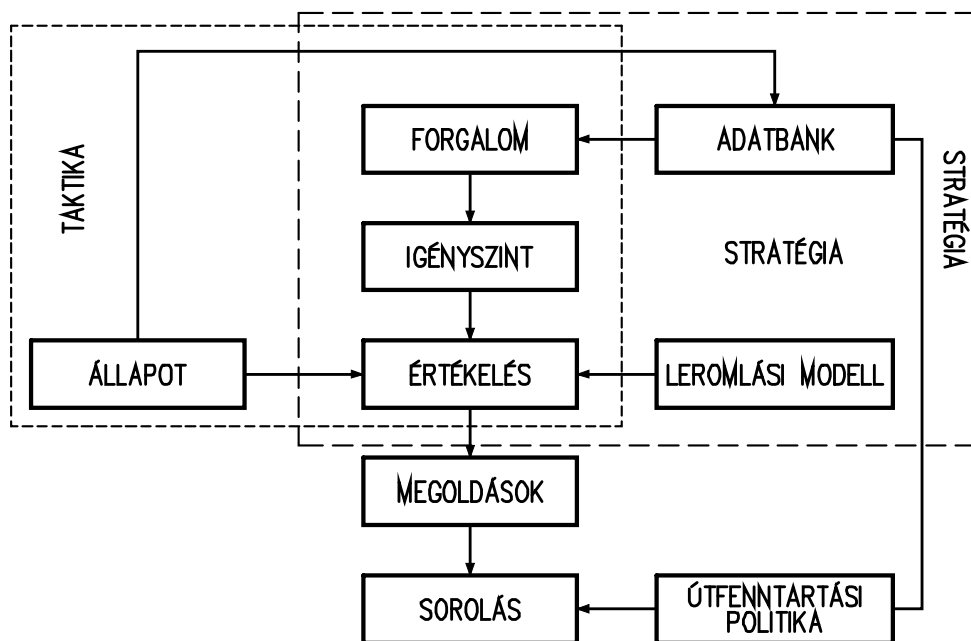


5.4-5. ábra. Az útfenntartási management

ennek kialakítására. A rendszerszemléletű útfenntartás bevezetése azonban nem nélkülözheti ezt, ennek létrehozása elsőrendű fontosságú. Az irányítási rendszer működésének hatékonysága szempontjából jelenleg problémát jelent az, hogy az erdészeti utakra vonatkozóan nincs a rendszer minden eleme részletesen kidolgozva az elméleti alapok hiánya miatt. (Ugyanez vonatkozik a közutakra is!) Az irányítási rendszer hatékonyságának fokozása érdekében tehát további – sokszor több éves megfigyelésen alapuló – kutatásokra van szükség.

A vázolt probléma az útfenntartási rendszernek és az irányítási rendszernek csak a hatékonyságát rontja, működőképessége azonban a következőkben javasolt áthidaló megoldásokkal biztosítható.

Jelenlegi ismereti szintünkön a kutatási eredmények messzemenő figyelembevételével és a tapasztalatokra támaszkodva az egyes elemekre modelleket kell kialakítani. A javasolt modellekkel a rendszer működtethető, miközben ezeket tesztelni kell, amint a „management” rendszerben meglévő visszacsatolások amúgy is folyamatosan elvégeznek.



5.4-6. ábra. Az irányítási rendszer belső kapcsolatai

A további vizsgálatok, az összegyűjtött adatok és tapasztalatok alapján a modellben a szükséges változtatásokat el kell végezni. A finomítások eredményeként idővel a rendszer hatékonysága javulni fog.

Amennyiben a rendszert a vázolt kompromisszumokkal nem vezetjük be, akkor az elméletileg még ki nem dolgozott elemek megszületésére esetleg hosszú éveket kell várni, vagy adatok és tapasztalatok hiányában azok nem is hozhatók létre. Az irányítási rendszer elemeinek kialakításánál a megoldandó problémák a következők voltak:

Ki kellett dolgozni a forgalomelemzés módszerét, amelynek segítségével útszakaszonként megállapíthatjuk a forgalom nagyságát rövid, közép és hosszútávon, valamint a forgalom változásának tendenciáját.

Ki kellett alakítani az állapotfelvétel és értékelés eljárásait. Ennek keretében meg kell határozni az erdészeti útfenntartás szempontjából lényeges állapotjellemzőket, ki kell dolgozni, vagy adaptálni kell az állapotfelvétel módszerét, meg kell határozni a felvételek időbeni sorrendjét és gyakoriságát, ki kell alakítani a minőségi osztályozás módszerét, majd ezzel összefüggésben az értékeléshez szükséges igényszintet is meg kell állapítani.

Az előrejelzés lehetővé tétele érdekében meg kellett vizsgálni a meglévő, illetve ki kellett alakítani a hiányzó leromlási modelleket.

Meg kellett teremteni az adatban kialakításának alapelveit.

Ki kellett dolgozni az elsőbbségi sorolás szempontjait.

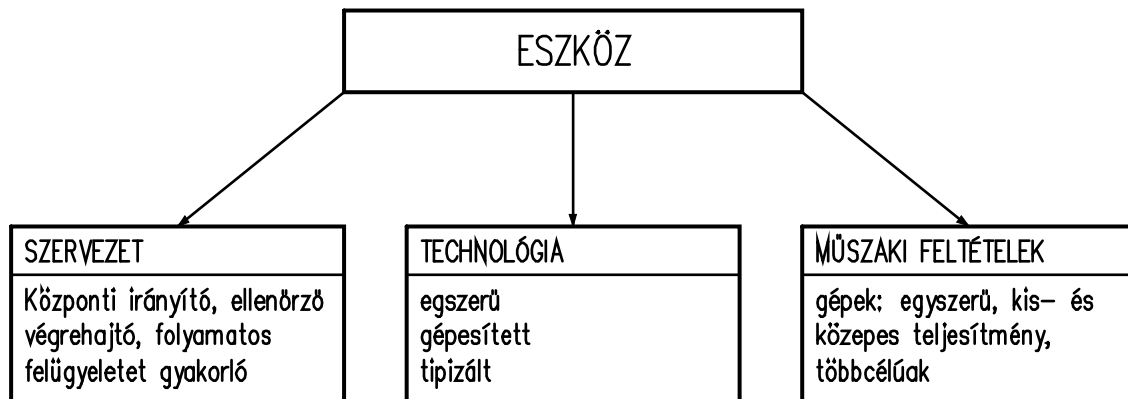
(Mindezeknek a problémáknak a megoldása után az 1980-as évek második felében elkészült mintegy 1000 km erdészeti útra vonatkozóan a forgalomelemzés, az állapotfelvétel, az értékelés és minősítés. Hat erdőgazdaság számára ezeket az adatokat adatbankban foglaltuk össze, majd javaslatot tettünk a beavatkozások elsőbbségi sorolására. Ezekre a tapasztalatokra ala-

pozva, kihasználva az informatika fejlődését mára kialakult az erdészeti utak állapotfelvételének és értékelésének digitális változata, valamint létrejött a térinformatikára alapozott digitális erdészeti útdatbank is.)

### 5.4.3. Az útfenntartás eszközszerkezete

Az útfenntartás eszközszerkezete (5.4-7. ábra) soroljuk az útfenntartás:

- szervezetét,
- technológiáját,
- műszaki feltételeit.



5.4-7. ábra. Az útfenntartás eszközszerkezete

#### 5.4.3.1. Az útfenntartás szervezete

Az útfenntartás rendszer elvű végrehajtása nem nélkülözhet egy olyan önálló szervezetet, amely beépül az erdőgazdaság irányítási és végrehajtási rendszerébe. Ez azonban nem jelenti új szervezeti egységek létrehozását, helyesebb, ha a meglévő szervezet bizonyos átalakításával, hatáskörök, feladatok módosításával hozzuk ezt létre.

A szervezet részei:

- a központi irányító és ellenőrző,
- a végrehajtó,
- a folyamatos felügyeletet gyakorló egységek.

Mivel ezeket az egységeket egy adott feltételekkel rendelkező struktúrába kell beilleszteni, kialakításukra sémát nem lehet kidolgozni, csak annak alapelvei határozhatók meg. Lényeges ennek során tisztázni, hogy a szervezetben ki milyen munkák elvégzéséért felelős és a munkavégzéshez szükséges anyagi fedezetet milyen forrásból kell biztosítani.

##### 5.4.3.1.1. A központi irányító és ellenőrző egység

Fő feladata az útfenntartás irányítási rendszerének kézbentartása, valamint az összes útfenntartási munka ellenőrzése.

Ezt a munkát az erdőgazdaság valamely központi – általában műszaki osztályán kell elvégezni. Itt alkalmazni kell egy olyan munkatársat – az útfenntartási előadót – akinek elsődleges munkaköre, feladata az útfenntartás irányításához kapcsolódik, további munkát csak ennek alárendelve végezhet.

Tapasztalataink és elemzéseink szerint a beindított útfenntartási rendszer működtetéséhez szükséges munkaerők száma az úthálózat hosszának függvényében az alábbi:

- 150–200 km hosszú úthálózatnál 0,5 fő
- 200–300 km hosszú úthálózatnál 1,0 fő
- 300 km-nél hosszabb úthálózatnál 1,5 fő

A ki nem töltött munkaidőben ezek a munkatársak célszerűen, mint műszaki ellenőrök tevékenykedhetnek. Mintegy 300 km úthossz felett már egy ember a szükséges munkákat nem tudja elvégezni, ezért ezen a területen még egy munkatársat kell alkalmazni.

#### 5.4.3.1.2. A végrehajtó egység

Az erdészeti utak fenntartásában jelentős gondot okoz az, hogy ki végezze el, és az erdőgazdaság mely egységét terheljék az útfenntartási munkák költségei. A probléma objektív megoldása érdekében közelítsük meg a kérdést az útfenntartás közben elvégzendő munkák irányából.

Az állapotfenntartás fogalomkörébe tartozó javítási, karbantartási és felújítási munkákat, amelyeket a pályaszerkezeten, földművön, úttartozékokon és műtárgyakon kell elvégezni, egy önálló kivitelező egységgel kell megoldani. Ez az egység nagyobb úthálózattal bíró erdőgazdaságoknál célszerűen a műszaki erdészet keretében létrehozott önálló építésvezető irányítása alatt álló, csak útfenntartási céllal működtetett és felszerelt egység lehetne. Kisebb úthálózatok esetében a meglévő útépitési kapacitást kell az útfenntartás céljaira felhasználni. Amennyiben az erdőgazdaság saját útfenntartási egységgel nem rendelkezik, akkor egy olyan idegen vállalatot kell ezekkel a munkákkal megbízni, amelynek tapasztalatai vannak az állapotfenntartási munkák elvégzésében.

Az állapotfenntartás körében elvégzendő munkákat alapvetően az útfenntartás irányítási rendszer határozza meg központilag, valamint a munkák pénzügyi fedezetét is innen kell biztosítani a mindenkori rendelkezések szerint. Nagyobb munkákat (mint pl.: felújításokat) idegen szakvállalatokkal is el lehet végeztetni, ha az erdőgazdaság megfelelő saját kapacitással nem rendelkezik. Az állapotfenntartási tevékenységet, különösen, ha az a pályaszerkezettel kapcsolatos, nem szabad az erdészetek kezébe adni, mert az átfogó koncepció ismerete nélkül és a hiányos feltételek (pénzügyi, szakmai stb.) miatt csak ritkán sikerül szakmailag kifogástalan megoldásokat megvalósítani. Kivételt képeznek ezek közül a műszelvényen elhelyezkedő növényzettel kapcsolatos munkák (fűkaszás, cserjeirtás stb.), amit automatikusan, minden évben, különösebb központi iránymutatás nélkül lehet elvégezni. Ezeket a munkákat az erdészetek is elvégezhetik, munkájukat pedig a központi szervezet felé leszámlázhatják.

Az üzemeltetés fogalomkörébe sorolt munkák szétbontása már nem ilyen egyértelmű, a terheket közösen kell vállalni a központi egységeknek és az utat zömmel használó, ezért üzemeltetőnek tekinthető erdészeteknek. A munkák a következőképpen oszthatók fel:

Az üzemi feltételeket elsősorban az erdészeteknek kell megteremteni és fenntartani főként saját anyagi forrásaikra támaszkodva, mert azokat saját tevékenységük szünteti meg. Elsősorban a fakitermelés és a szállítás gondatlan és szervezetlen végzése támaszt üzemzavart, ami kellő előrelátással csökkenthető. Mivel ezek az erdőgazdálkodással szorosan összefüggő tevékenységek nem végezhetők úgy el, hogy az úton semmiféle rongálódás ne lépjen fel, ezért a költségek egy minimális részét központilag kell viselni és azt az erdészetekhez az úthálózat hosszától függően fix összegben át kell utalni. Az indokolatlan többletköltségeket az üzemeltető erdészetnek kell viselni, ami bizonyos fokig ösztönöz a jobban átgondolt munkavégzésre, és arra, hogy a szükségesnél jobban ne rongálják az út állapotát, illetve esetenként olyan intézkedéseket hozzanak, amelyekkel a nagyobb károk megelőzhetők. A konkrét munkák közül az erdőgazdálkodás tevékenysége miatt megsérült padkát, árkot, rézsút az erdészetnek saját hatáskörben helyre kell állítani, a sárfelhordásokat ugyanígy meg kell szüntetni.

A pályaszerkezeten hasonló okból bekövetkező károkat az útfenntartással foglalkozó egységnél kell megrendelni, amely az elvégzett munkát az üzemeltető erdészet felé leszámlázza. Nem kötelezhetők viszont az erdészetek a váratlan elemi károkból származó meghibásodások megszüntetéséhez szükséges terhek viselésére. Az ilyen jellegű munkák költségeit központilag kell viselni, helyreállításukról vagy az erdészet, vagy nagyobb károknál a végrehajtó egység gondoskodik.

Az üzemi létesítményekkel összefüggő üzemeltetési feladatokat az illetékes erdészeteknek kell elvégezni, a költségeket központilag kell viselni, mivel ezek a problémák elsősorban a turizmust is szolgáló utaknál jelentkeznek.

Információgyűjtést, útellenőrzést, mint útüzemeltetési feladatot a központi irányítási szervezetnek kell végezni. Évente legalább kétszer, egyszer tavasszal és egyszer ősszel, a központi útfenntartási előadó utazza be az utakat, miközben véleményt formál az utak állapotáról és az útfenntartási munkákról, valamint az útfelügyelőket is ellenőrzi. Az útállapot felvételének rendje szerint végezze vagy végeztesse el az aktuális részletes útállapot felvételt, majd az összes befutó adatot gyűjtse az adatbankba. Ugyancsak feladata a rövid és hosszú távú forgalmi elemzések elvégzése és az ehhez szükséges adatok beszerzése.

A forgalmi rend kialakítását az érvényes jogszabályok szerint kell elvégezni, fenntartását az útfelügyelő hatáskörébe célszerű besorolni.

#### *5.4.3.1.3. A folyamatos felügyeletet gyakorló egység*

A folyamatos felügyelet munkáját korábban az útüzemeltetés tevékenységi körébe soroltuk, de mint szervezeti egységet külön kell kezelni. Az útfelügyelet kérdésének megoldására ki kell építeni a korábban már elterjedten működő, de jelenleg megszűnt útori beosztáshoz hasonlóan egy valamivel magasabb szintű útfelügyelői rendszert. Ezeknek a motorizált és egyszerű eszközökkel rendelkező útfelügyelőknél a feladata lenne, hogy rendszeres időközönként és feltételezett káros események (felhőszakadás stb.) után a gondjaikra bízott utakat beutazzák, a kisebb üzemzavarokat gyorsan elhárítsák, a nagyobb üzemzavarok elhárítására az illetékesek figyelmét felhívják, bizonyos üzemeltetési feladatokat rendszeresen ellássanak, és folyamatosan ellenőrizzék az erdészetek üzemeltetői tevékenységét. Személyük a végrehajtó szervezethez tartozzon, költségeit központilag fedezzék. Mint az információs rendszer tagja, az utakkal kapcsolatos észrevételeiket, tevékenységüket és intézkedéseiket a központi irányítás felé mint információkat jutassák el.

Az útfelügyelői körzetek nagyságát a helyi viszonyok (a hálózat térbeli tagolódása, üzemeltetési feladatai stb.) alapján annak megfelelően kell kialakítani.

#### *5.4.3.2. Az útfenntartási technológia*

Az útfenntartási technológia és az útfenntartás műszaki bázisát egymással összehangoltan kell kialakítani. A rendszer szempontjából mégis az útfenntartási technológiát kell – nagyobb költötségei miatt – a mértékadónak tekinteni, amihez a megfelelő műszaki bázist hozzá kell rendelni.

Az útfenntartási technológia hatékonyságát és gazdaságosságát úgy biztosíthatjuk, ha az:

- egyszerű,
- tipizált,
- gépesített.

Miután az erdészeti utak önmagukban egyszerű szerkezetek, ezért az állapotuk fenntartása érdekében sem kell bonyolult módszerekkel dolgozni, sokszor csak azért, mert az éppen a

legmodernebbnek tekinthető, vagy máshol, más körülmények között nagy hatékonysága bizonyított. Természetesen a műszaki fejlődéstől sem szabad elzárkózni, azt kellő körültekintéssel feltétlenül alkalmazni kell. Az egyszerű technológia megalapozza annak a lehetőségét, hogy a kialakítandó műszaki bázis se legyen bonyolult.

Az útfenntartási technológia hatékonysága szempontjából alapvetően fontos még, hogy az a teljes úthálózaton azonos legyen. Egyetlen erdőgazdaság sem engedheti meg magának azt a meggondolatlannak nevezhető megoldást, hogy úthálózatán többféle útfenntartási technológiát alkalmazzon. Erre sem anyagilag, sem személyi állományukban az erdőgazdaságok nem felkészültek, sőt ez el sem várható tőlük. Meg kell ezért határozni azt, hogy az adott úthálózaton melyek azok a módszerek, amelyekkel az út egyes elemeit az úthálózat zömén fenn lehet tartani, azt mértékadó technológiának kell tekinteni és a célnak megfelelően gépesíteni kell. A hálózat azon részén pedig, ahol a mértékadó technológia nem használható, ott a körülményeket fokozatosan, a különféle beavatkozásokkal úgy kell alakítani, hogy azok később annak megfeleljenek. A mértékadó technológia általánossá tétele több éves, vagy évtizedes koncepciózus munka eredménye lehet csak, amelynek alapját az útfenntartási szemlélet biztosítja.

A jelenlegi munkaerőhelyzetben alapvető követelmény az is, hogy a mértékadó technológia megfelelően gépesíthető legyen. Ezzel munkaerőt takaríthatunk meg és biztosíthatjuk a közel azonos szintű teljesítményt is, ami az útfenntartási munkák ciklikusságának kialakulását erősen befolyásolhatja.

#### 5.4.3.3. Az útfenntartás műszaki bázisa

Az útfenntartás műszaki bázisa magában foglalja mindazokat a gépeket és eszközöket, amelyekkel az útfenntartással összefüggő munkákat el lehet végezni.

Az útfenntartás gépparkjának kialakításakor célszerűen az erdőgazdaság tulajdonában lévő, de nem teljesen kihasznált általános útépítő gépekből kell kiindulni. Ezekre a gépekre ki kell dolgozni a megfelelő technológiát és azokat az útfenntartásban alkalmazni kell.

Az új gépek beszerzésénél törekedni kell arra, hogy a kiválasztott berendezés egyszerű, kis-közepes teljesítményű és többcélú legyen. A géppark kialakításánál figyelembe kell venni azt is, hogy más a gépekkel szemben támasztott követelmény abban az időszakban, amikor a hiányos útfenntartás miatt elhanyagolt, leromlott úthálózatot hozzuk rendbe, illetve akkor, amikor a rendszeres útfenntartás miatt szélsőségesen rossz állapot már csak elvétve fordulhat elő. Az első esetben a felmerülő problémákat sokszor csak útépítő gépekkel lehet megoldani, a későbbiekben aztán a vázolt jellemzőkkel bíró gépparkkal is el lehet végezni a szükséges munkákat.

### 5.5. Az útfenntartási rendszer bevezetésének lehetőségei

Az útfenntartási rendszer bevezetésével kapcsolatban felmerülhet az a kérdés, hogy megvan-e és ha igen, milyen mértékben állnak rendelkezésre ennek feltételei. Az előzőekben már elvégeztük a rendszer elemeire vonatkozó elemzéseinket, amelyből összefoglalva az alábbiak derültek ki.

A szemléletrendszer alapvető kérdéseit általában jelenleg is hangoztatjuk, csak a gyakorlatban nem mindig ezek szerint végezzük a munkákat. A megfelelő szemlélet kialakítása pénzbe nem kerül, tehát az egyszerűen kialakítható. Az útfenntartás eszközrendszere is rendelkezésre áll azoknál az erdőgazdaságoknál, ahol a rendszerszemléletű útfenntartást célszerű bevezetni, csak legfeljebb jelenleg ezeknek más a megjelenési helye és formája. A rendszer leggyengébb láncszeme az irányítási rendszer. Itt jelenik meg a legtöbb személyt érintő munka- és hatás-



kört érintő változás. Költségigénye ennek az elemnek csekély. Látható tehát, hogy az útfenntartási rendszert kevés anyagi, több szemléletbeli változtatással be lehetne vezetni.

A rendszer bevezetésének fő lépései a következőképpen képzelhetők el:

Ki kell jelölni az útfenntartási előadó személyét.

Fel kell tölteni az adatbankot a szükséges adatokkal. Ezt a munkát célszerű szakvállalatokkal elvégeztetni, mert így kb. egy év alatt összegyűjthetők és rendszerezhetők az adatok, valamint a kijelölt előadó ezeket a tevékenységeket begyakorolja.

Az adatok birtokában meg kell tervezni a rövid- és hosszú távú munkálatokat, a szükséges gépeket és a felhasználandó költségeket.

A megfelelő szervezeti változtatásokkal létre kell hozni az eszközrendszert.

A rendszert folyamatosan működtetni kell.

Téves azt gondolni, hogy a rendszer bevezetésére hozott határozat után az útfenntartási rendszer 1–2 éven belül egy optimális állapotot teremt. Ez nem igaz, mert az optimális működés feltételeit – alapvetően a pénzügyi források szűkössége miatt – nem lehet ilyen rövid idő alatt megteremteni. Az átmenet ideje alatt céltudatosan, a megfelelő szemlélet szerint kell a munkákat elvégezni, ezáltal a hálózat állapota folyamatosan javul és kialakul egy egységesnek tekinthető, már optimálisnak mondható helyzet.

Az átmenet időszakában lehet kialakítani az útfenntartási technológiát és megteremteni az útfenntartás műszaki bázisát. Az átmeneti időszak 5–10 évet ölel fel a pénzügyi helyzettől és a bevezetés eltökélttségének erősségétől függően. Nagyon megnyújthatja az átmeneti időszakot, sőt lehet, hogy sohasem alakul ki az optimális állapot, ha nem hozzuk létre a teljes rendszert, illetve, ha bizonyos időszakokban egyes szükséges munkákat nem végzünk el. Amennyiben a bevezetés kezdeti időszakában ilyen akadályokat észlelünk, célszerűbb, ha a rendszer bevezetését elhalasztjuk egy politikailag kedvezőbb időszakra. Ezáltal nem használunk fel feleslegesen pénzt, és a kezdeti időszakban jelentkező szkeptikusoknak sem adunk érveket a feltételek hiánya miatt akadozó rendszer használhatóságának bírálatára.



# ÁBRÁK JEGYZÉKE

1.1-1. ÁBRA. FÖLDMŰVEK RÉSZEI.....	14
1.1-2. ÁBRA. HARANGSZELVÉNY.....	18
1.1-3. ÁBRA. TALAJTÖRÉS ELLENI VÉDEKEZÉS FIÓKTÖLTÉSSEL.....	19
1.1-4. ÁBRA. TÖLTÉSEK ALATT ÉBREDŐ HÚZÓFESZÜLTÉG KIALAKULÁSA.....	20
1.1-5. ÁBRA. TÖLTÉSEK ALÁ ÉPÍTETT CSŐÁTERESZTŐ SZÉTNYÍLÁSA.....	20
1.1-6. ÁBRA. TÖLTÉS ÉPÍTÉSE KÜLÖNBÖZŐ MINŐSÉGŰ TALAJOKBÓL.....	21
1.1-7. ÁBRA. TÖLTÉSEK ALAPOZÁSA LÉPCSŐZÉSSEL.....	22
1.1-8. ÁBRA. TÖLTÉSEK ALAPOZÁSA FOGAZÁSSAL.....	22
1.1-9. ÁBRA. TÖLTÉSALAPOZÁS GEOTEXTÍLIÁRA.....	23
1.1-10. ÁBRA. RÉTEGVÍZ FELFOGÁSA SZIVÁRGÓVAL.....	24
1.1-11. ÁBRA. CSÉSZESZELVÉNY KIALAKÍTÁSA.....	24
1.1-12. ÁBRA. BEVÁGÁSI RÉZSŰK KIALAKÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ ÁLLÉKONYSÁGÚ RÉTEGEKBE.....	25
1.1-13. ÁBRA. LAZA RÉTEG BIZTOSÍTÁSA.....	25
1.1-14. ÁBRA. LÖSZBEN KIALAKÍTOTT BEVÁGÁS.....	26
1.1-15. ÁBRA. MAGAS BEVÁGÁSI RÉZSŰ LÉPCSŐS KIALAKÍTÁSA.....	26
1.1-16. ÁBRA. VÖLGY FELÉ KINYITOTT BEVÁGÁS.....	26
1.1-17. ÁBRA. BEVÁGÁSI RÉZSŰ HAJLÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE.....	28
1.1-18. ÁBRA. BEVÁGÁSI RÉZSŰ CSÚSZÁSÁNAK HELYREÁLLÍTÁSA.....	29
1.1-19. ÁBRA. TÖLTÉS HÁMLÁSÁNAK ÉS KAGYLÓSODÁSÁNAK HELYREÁLLÍTÁSA.....	29
1.1-20. ÁBRA. TÖLTÉSI RÉZSŰSZAKADÁS HELYREÁLLÍTÁSA.....	30
1.1-21. ÁBRA. TÖLTÉSEK MÁLLÁSA.....	30
1.1-22. ÁBRA. TÖLTÉS ROSKADÁSA.....	31
1.1-23. ÁBRA. TÖLTÉSEK SZÉTCSÚSZÁSA.....	31
1.1-24. ÁBRA. GYEPTÉGLÁK ELHELYEZÉSE.....	32
1.1-25. ÁBRA. GYEPTÉGLA RÁCSOS ELHELYEZÉSE.....	33
1.1-26. ÁBRA. RÖZSEFONÁS ELHELYEZÉSE.....	33
1.1-27. ÁBRA. KŐLÁB, KÖRÉZSŰ ÉS GABION.....	34
1.1-28. ÁBRA. KŐBORDÁVAL KOMBINÁLT SZIVÁRGÓK.....	35
1.1-29. ÁBRA. SZABÁLYTALAN ALAKÚ TEST MÉRETEI.....	35
1.1-30. ÁBRA. A TERÜLETSZELVÉNY ÉRTELMEZÉSE.....	36
1.1-31. ÁBRA. TENGELYVONAL KIBIZTOSÍTÁSA KÉT OLDALRÓL.....	39
1.1-32. ÁBRA. TENGELYVONAL KIBIZTOSÍTÁSA A HEGY FELŐLI OLDALON.....	40
1.1-33. ÁBRA. FÁK VÉDELME A LEGÖRDÜLŐ TALAJTÓL, SZIKLÁTÓL.....	41
1.1-34. ÁBRA. TUSKÓ ELŐKÉSZÍTÉSE ROBBANTÁSHOZ.....	41
1.1-35. ÁBRA. LEJTŐ IRÁNYÚ HOSSZ-SZÁLLÍTÁS SZERVEZÉSE.....	43
1.1-36. ÁBRA. TOLÓLAP ÁLLÍTÁSI LEHETŐSÉGEI KÜLÖNBÖZŐ TÍPUSÚ FÖLDTOLÓGÉPEKNÉL.....	44
1.1-37. ÁBRA. TOLÓLAP VÁGÁSSZÖGE.....	44
1.1-38. ÁBRA. MELLÉKVÖLGY BETÖLTÉSE INGAMOZGÁSSAL.....	46
1.1-39. ÁBRA. BULLDÓZER OLDALAZÓ MOZGÁSA VEGYESSZELVÉNY ÉPÍTÉSEKOR.....	46
1.1-40. ÁBRA. SÍKVIDÉKI UTAK KIEMELÉSE ANYAGÁROKBÓL NYERT TALAJBÓL.....	47
1.1-41. ÁBRA. FÖLDGYALU KÉSÉNEK OLDALIRÁNYÚ MOZGÁSA.....	47
1.1-42. ÁBRA. A FÖLDGYALU KÉSÉNEK ÁLLÁSÁT JELLEMZŐ SZÖGEK.....	48
1.1-43. ÁBRA. TALAJSZEMCSÉK MOZGÁSA A FÖLDGYALU KÉSE ELŐTT.....	49
1.1-44. ÁBRA. ÖNJÁRÓ FÖLDGYALU JELLEGRAJZA.....	49
1.1-45. ÁBRA. VONTATOTT FÖLDGYALU JELLEGRAJZA.....	49
1.1-46. ÁBRA. FÖLDGYALU VONTATÁSA HOSSZÚ VONÓRÚDDAL.....	50
1.1-47. ÁBRA. VONTATOTT FÖLDGYALU FERDE HALADÁSA.....	50
1.2-1. ÁBRA. TÁMASZTÓFALAK A./ BÉLÉSFAL, B./ TÁMFAL, C./ BORÍTÓFAL.....	58

1.2-2. ÁBRA. KÜLÖNBÖZŐ KIALAKÍTÁSÚ SÚLYTÁMASZTÓFALAK	58
1.2-3. ÁBRA. TALPAS TÁMASZTÓFALAK	59
1.2-4. ÁBRA. VASALTFÖLD TÁMASZTÓFAL	59
1.2-5. ÁBRA. HÁTTÖLTÉS KIALAKÍTÁSA	60
1.2-6. ÁBRA. TÁMFAL ÉS FÖLDMŰ CSATLAKOZÁSA SZÁRNYFALLAL	60
1.2-7. ÁBRA. TÖLTÉST LEZÁRÓ KÚPOK	61
1.2-8. ÁBRA. KŐBURKOLATOK MEGTÁMASZTÁSA	61
1.2-9. ÁBRA. TÁMFAL ÉS BÉLÉSFAL SZERKESZTÉSI SZABÁLYAI	62
1.2-10. ÁBRA. STABILITÁSI VIZSGÁLAT BILLENÉSRE	63
1.2-11. ÁBRA. STABILITÁSI VIZSGÁLAT ELCSÚSZÁSRA	64
1.2-12. ÁBRA. STABILITÁSI VIZSGÁLAT KIFORDÍTÁSRA	65
1.2-13. ÁBRA. FESZÜLTSEGEK ELLENŐRZÉSE	65
1.2-14. ÁBRA. FOGAZÁS KIALAKÍTÁSA	67
1.2-15. ÁBRA. VASALT TALAJTÁMFAL HOMOKFAL ELEMEL	67
1.2-16. ÁBRA. GEORÁCCSAL ERŐSÍTETT FALAZAT	68
1.2-17. ÁBRA. SZIVÁRGÓ KIALAKÍTÁSA	68
1.2-18. ÁBRA. VASALTTALAJ-TÁMFAL JELLEMZŐ MÉRETEI	69
1.2-19. ÁBRA. HIDAT JELLEMZŐ ADATOK	72
1.2-20. ÁBRA. FERDE HIDAK ÉRTELMEZÉSE	73
1.2-21. ÁBRA. KERESZTMETSZET KIALAKÍTÁSA A MŰSZAKI ELŐÍRÁS SZERINT	73
1.2-22. ÁBRA. ERDÉSZETI UTAK HÍDJAINAK KERESZTMETSZETE	74
1.2-23. ÁBRA. TÚLTÖLTÉS	74
1.2-24. ÁBRA. ÍVBEN FEKVŐ HÍD SZÉLESSÉGE	75
1.2-25. ÁBRA. ÉLVÉDŐ IDOMACÉL ÉS LEZÁRÓ IDOMACÉL ELHELYEZÉSE	76
1.2-26. ÁBRA. CSEPEGŐ VAGY VÍZORR	77
1.2-27. ÁBRA. VÍZNYELŐK ELHELYEZÉSE ÉS KIALAKÍTÁSA 0,0–0,1% HOSSZESÉSŰ PÁLYÁN	77
1.2-28. ÁBRA. FOLYÓKA	78
1.2-29. ÁBRA. FAKORLÁT RÉSZEI	80
1.2-30. ÁBRA. FAKORLÁTOK	80
1.2-31. ÁBRA. VASBETON LEMEZHÍDON KIALAKÍTHATÓ KERÉKHÁRÍTÓK	81
1.2-32. ÁBRA. GYALOGJÁRÓK ÉS KERÉKHÁRÍTÓK KIALAKÍTÁSA FAHIDAKON	82
1.2-33. ÁBRA. SÚLYTÁMFALSZERŰEN KIALAKÍTOTT HÍDFŐ	83
1.2-34. ÁBRA. FAHIDAK HÍDFŐI	84
1.2-35. ÁBRA. REJTETT HÍDFŐ	84
1.2-36. ÁBRA. PILLÉREK, A) MASSZÍV PILLÉR, B) CŐLÖPJÁRMOS PILLÉR, C) ELŐREGYÁRTOTT VASBETON PILLÉR	85
1.2-37. ÁBRA. SZÁRNYFALAK A) B) ÉS C) PÁRHUZAMOS SZÁRNYFAL FÖLD-, KŐVEL BORÍTOTT FÖLD- ÉS KŐKÚPPAL, D) MERŐLEGES SZÁRNYFAL, E) FERDE SZÁRNYFAL	86
1.2-38. ÁBRA. FAHIDAK FERDE SZÁRNYFALA	87
1.2-39. ÁBRA. HÁTTÖLTÉS KIALAKÍTÁSA	87
1.2-40. ÁBRA. EGYSZERŰ VASBETON LEMEZHÍD FELSZERKEZETE	88
1.2-41. ÁBRA. SZEGÉLYBORDÁS VASBETON LEMEZHÍD FELSZERKEZETE	89
1.2-42. ÁBRA. FATARTÓK VÉDELME VÍZ ELLEN	90
1.2-43. ÁBRA. EGYSZERŰ GERENDATARTÓS FAHÍD SZERKEZETE	90
1.2-44. ÁBRA. LEFOGÓFA	91
1.2-45. ÁBRA. SZEGÉLYGERENDA	91
1.2-46. ÁBRA. KAVICSOLT PÁLYA	92
1.2-47. ÁBRA. EGYSZERŰ GERENDATARTÓS HÍD FELSZERKEZETE IDOMACÉL FŐTARTÓVAL	92
1.2-48. ÁBRA. SARUK A) FIX SARU, B) MOZGÓSARU, C) BILLENŐ ÉS GÖRDÜLŐ SARU	93
A) GERENDABETÉTES, B) EGYÜTTDOLGOZÓ, C) KERESZTIRÁNYÚ FESZÍTÉSSEL	94
1.2-49. ÁBRA. ELŐREGYÁRTOTT GERENDÁS HÍDSZERKEZETEK	94
1.2-50. ÁBRA. FT GERENDABETÉTES LEMEZHÍD	94
1.2-51. ÁBRA. ÜZEMBEN ELŐREGYÁRTOTT ELŐFESZÍTETT HÍDGERENDÁK	95

1.2-52. ÁBRA. ELŐREGYÁRTOTT FESZÍTETT HÍDGERENDÁS EGYÜTTDOLGOZÓ SZERKEZET .....	95
1.2-53. ÁBRA. SZABVÁNY KÖZÚTI JÁRMŰTERHEK .....	97
1.2-54. ÁBRA. TEHERELOSZTÓ NÉGYSZÖG MÉRLETE .....	97
1.2-55. ÁBRA. TEHERELOSZTÓ NÉGYSZÖG MÉRLETEI VASBETON LEMEZNÉL .....	98
1.2-56. ÁBRA. TALPAS BETONCSŐ ÁTERESZTŐK .....	101
1.2-57. ÁBRA. KÜLÖNFÉLE KIS ÁTMÉRŐJŰ BETONCSÖVEK .....	102
1.2-58. ÁBRA. KÚTGYŰRŰKBŐL KIALAKÍTOTT CSŐÁTERESZTŐ .....	102
1.2-59. ÁBRA. HULLÁMLEMEZ CSŐÁTERESZTŐ .....	103
1.2-60. ÁBRA. HULLÁMLEMEZ CSŐÁTERESZTŐ BEÉPÍTÉSE .....	103
1.2-61. ÁBRA. KIS ÁTMÉRŐJŰ MŰANYAGCSÖVEK AKNÁI .....	104
1.2-62. ÁBRA. MEDERÁTJÁRÓ KIALAKÍTÁSA .....	105
1.2-63. ÁBRA. VÍZTERELŐK KIALAKÍTÁSA .....	105
1.2-64. ÁBRA. VÍZTERELŐK ELHELYEZÉSE .....	106
1.2-65. ÁBRA. SÍKALAPOZÁS FAJTÁI .....	107
1.2-66. ÁBRA. DÚCOLAT ÉS RÉSZEI .....	109
1.2-67. ÁBRA. SZÉLES MUNKAGÖDÖR DÚCOLATA FERDE TÁMASSZAL .....	110
1.2-68. ÁBRA. DÚCOLAT KIHORGONYZÁSA .....	110
1.2-70. ÁBRA. FA SZÁDPALLÓK KIALAKÍTÁSA .....	111
1.2-71. ÁBRA. VEZÉRCÖLÖP KIALAKÍTÁSA .....	112
1.2-72. ÁBRA. ACÉL SZÁDPALLÓK KIALAKÍTÁSA .....	112
1.2-73. ÁBRA. VASBETON SZÁDPALLÓ KERESZTMETSZETE .....	113
1.2-74. ÁBRA. FA SZÁDFAL ÉPÍTÉSE .....	114
1.2-75. ÁBRA. JÁSZOLGÁT .....	114
1.2-76. ÁBRA. GYÚJTŐÁROK-HÁLÓZAT KIALAKÍTÁSA .....	115
1.2-77. ÁBRA. KÚTALAP RÉSZEI .....	116
1.2-78. ÁBRA. KÚT VÁGÓÉLÉNEK KIALAKÍTÁSA .....	117
1.2-79. ÁBRA. KÖPENYFAL ALAKJAI .....	117
1.2-80. ÁBRA. KÚT KÖPENYSÚRLÓDÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE .....	118
1.2-81. ÁBRA. FESZÜLTSGSZÁMÍTÁS ELVE TÁMASZKODÓ CÖLÖPÖKNÉL .....	119
1.2-82. ÁBRA. FESZÜLTSGEK LEHATOLÁSA TÁMASZKODÓ CÖLÖPCSOPORT ESETÉBEN .....	119
1.2-83. ÁBRA. VERT VASBETON CÖLÖP .....	121
1.2-84. ÁBRA. ELŐREGYÁRTOTT FEJELEM ÉS CÖLÖP .....	122
1.2-85. ÁBRA. CÖLÖPRÁCSOK .....	122
2-1. ÁBRA. AZ ÚTÉPÍTÉSI ANYAGOK ÁRÁT MEGHATÁROZÓ KÖLTSÉGTÉNYEZŐK .....	124
2.1-1. ÁBRA. LOS ANGELES-DOB .....	126
2.1-2. ÁBRA. DEVAL-DOB .....	126
2.1-3. ÁBRA. SZEMELOSZLÁS ÁBRÁZOLÁSA SEMILOGARITMIKUS ÉS NÉGYZETGYÖKÖS LÉPTÉKBEN .....	128
2.1-4. ÁBRA. HOMOKEGYENÉRTÉK VIZSGÁLATA .....	129
2.1-5. ÁBRA. A SZEMCSE TENGELEI .....	130
2.1-6. ÁBRA. SZEMCSESEALAKOK A TENGELYARÁNYOKKAL KIFEJEZVE .....	130
2.1-7. ÁBRA. SZEMCSESEALAK VIZSGÁLÓ TOLÓMÉRCÉK .....	131
2.1-8. ÁBRA. BÁNYA ÁLTALÁNOS KIALAKÍTÁSA .....	136
2.1-9. ÁBRA. KÖZETEK ELVÁLÁSI FELÜLETEI ÉS A FÚRÓLYUKAK TELEPÍTÉSE .....	138
2.1-10. ÁBRA. A ROBBANTÁSI TÖLCSÉR JELLEMZŐI .....	139
2.2-1. ÁBRA. A PENETRÁCIÓ MEGHATÁROZÁSA .....	142
2.2-2. ÁBRA. GYŰRŰS-GOLYÓS LÁGYULÁSPONT MÉRÉSE .....	142
2.2-3. ÁBRA. TÖRÉSPONT MEGHATÁROZÁSA .....	143
2.2-4. ÁBRA. DUKTILITÁS MEGHATÁROZÁSA .....	143
2.2-5. ÁBRA. A BITUMENEK HŐMÉRSÉKLET-VISZKOZITÁS ÖSSZEFÜGGÉSEI AZ EGYES MUNKAMŰVELETEKKEL .....	145
2.2-6. ÁBRA. A NEDVESÍTÉS FELTÉTELE .....	146
2.2-7. ÁBRA. A KATIONAKTÍV BITUMENEMULZIÓ .....	147

2.2-8. ÁBRA. KATIONAKTÍV BITUMENEMULZIÓ TAPADÁSA A KÖZET FELÜLETÉHEZ .....	148
2.2-9. ÁBRA. CEMENT KÖTÉSI IDEJÉNEK MEGHATÁROZÁSA .....	152
2.2-10. ÁBRA. A MÉSZ HATÁSÁNAK SZAKASZAI .....	154
3.1-1. ÁBRA. HAJLÉKONY ÚTPÁLYASZERKEZETEK FELÉPÍTÉSE .....	159
3.2-1. ÁBRA. FESZÜLTSGELOSZLÁS A TÖBBRÉTEGŰ PÁLYASZERKEZETEKBEN .....	162
3.2-2. ÁBRA. A KÜLÖNFÉLE TALAJOKON GAZDASÁGOSAN ALKALMAZHATÓ STABILIZÁCIÓK .....	163
3.2-3. ÁBRA. MECHANIKAI STABILIZÁCIÓ ÉPÍTÉSÉHEZ FELHASZNÁLHATÓ TALAJOK (KÉZDI SZERINT) .....	165
3.2-4. ÁBRA. MECHANIKAI STABILIZÁCIÓ SZEMELOSZLÁSÁNAK HATÁRAI (ÚT 2-3.207 SZERINT) .....	167
3.2-5. ÁBRA. A CEMENT MENNYISÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA .....	170
3.2-6. ÁBRA. MÉSZ HATÁSA A KONZISZTENCIA HATÁROKRA .....	172
3.2-7. ÁBRA. MÉSZ HATÁSA A TÖMÖRÍTHETŐSÉGRE .....	172
3.2-8. ÁBRA. A MÉSZADAGOLÁS ÉS AZ EGYIRÁNYÚ NYOMÓSZILÁRDSÁG .....	173
3.2-9. ÁBRA. AZ ÁSVÁNYI ANYAG SZEMELOSZLÁSA GRANULÁLT KOHÓSALAK KÖTŐANYAG ALKALMAZÁSOKOR .....	178
3.2-10. ÁBRA. AZ ÁSVÁNYI ANYAG SZEMELOSZLÁSA PERNYE KÖTŐANYAG ALKALMAZÁSOKOR 178	
3.2-11. ÁBRA. RAKOTT TERMÉSKŐ ALAP .....	181
3.2-12. ÁBRA. DURVA ZÚZOTTKŐ ALAPRA ÉPÍTETT SZAKASZOS SZEMELOSZLÁSÚ (VÍZZEL KÖTÖTT) MAKADÁM .....	183
3.2-13. ÁBRA. FOLYTONOS SZEMELOSZLÁSÚ ZÚZOTTKŐ ALAP SZEMELOSZLÁSA (ÚT 2-3.207:2007 SZERINT)185	
3.2-14. ÁBRA. AZ ÁGYAZAT ANYAGÁNAK SZEMELOSZLÁSI HATÁRGÖRBÉI .....	186
3.2-15. ÁBRA. SOVÁNYBETON ALAP ADALÉKANYAGÁNAK SZEMELOSZLÁSA .....	188
3.2-16. ÁBRA. ITATOTT ASZFALTMAKADÁM .....	194
3.2-17. ÁBRA. KÖTŐZÚZALÉKOS ASZFALTMAKADÁM .....	195
3.2-18. ÁBRA. KÖTŐZÚZALÉK KŐVÁZÁNAK SZEMELOSZLÁSA .....	197
3.2-19. ÁBRA. KEVERT ASZFALTMAKADÁM .....	199
3.2-20. ÁBRA. HÁROMFÁZISÚ ASZFALT .....	203
3.2-21. ÁBRA. A LEGTÖMÖREBB ÁLLAPOTOT ADÓ SZEMELOSZLÁS ÁBRÁZOLÁSA LOGARITMIKUS ÉS NÉGYZETGYÖKÖS ABSZCISSZÁN .....	205
3.2-22. ÁBRA. ASZFALT-TECHNOLÓGIÁBAN HASZNÁLT SZEMELOSZLÁSI GÖRBÉK .....	205
3.2-23. ÁBRA. ROTFUCHS-FÉLE SZERKESZTÉS ELVE .....	206
3.2-24. ÁBRA. MARSHALL-FÉLE NYOMÓFEJ .....	207
3.2-25. ÁBRA. MARSHALL-VIZSGÁLAT ERŐ-ALAKVÁLTOZÁS GÖRBÉJE .....	207
3.2-26. ÁBRA. MARSHALL PRÓBATESTEK JELLEGGÖRBÉI ASZFALTBETON ALKALMASSÁGI VIZSGÁLATÁBAN209	
3.2-27. ÁBRA. MARSHALL-PRÓBATESTEK JELLEGGÖRBÉI MELEG BITUMENES ÚTALAPOK ALKALMASSÁGI VIZSGÁLATÁBAN .....	209
3.2-28. ÁBRA. ASZFALTKEVERŐ BERENDEZÉS VÁZLATOS ELRENDEZÉSE .....	210
3.2-29. ÁBRA. SZEGÉLY KIALAKÍTÁS TÖMÖR ASZFALTBURKOLATOKNÁL .....	212
3.2-30. ÁBRA. ASZFALTFINISER JELLEGRAJZA .....	213
3.2-31. ÁBRA. MEREV TERÍTŐGERENDÁS ASZFALTTERÍTŐGÉP .....	214
3.2-32. ÁBRA. ÚSZÓ TERÍTŐGERENDA MŰKÖDÉSE .....	214
3.2-33. ÁBRA. KEVERŐTELEP FOLYAMATOS ÜZEMŰ KEVERŐTEKNŐVEL .....	221
3.2-34. ÁBRA. FELÜLETI BEVONATOK .....	222
4.1-1. ÁBRA. A FORGALOM, AZ ÉPÍTÉS ÉS A FENNTARTÁS KÖLTSÉGEI, VALAMINT A KIÉPÍTÉS SZÍNVONALA228	
4.2-1. ÁBRA. ERDÉSZETI UTAK PÁLYASZERKEZETÉNEK TERVEZÉSE .....	229
4.3-1. ÁBRA. CBR ALAPÚ MÉRTEZÉSI GÖRBÉK .....	231
4.3-2. ÁBRA. CBR ALAPÚ MÉRTEZÉSI NOMOGRAM .....	231
4.3-3. ÁBRA. EGYENÉRTÉKVASTAGSÁG ÉRTELMEZÉSE AZ AASHO NAGYMINTA KÍSÉRLETBEN .....	233
4.3-4. ÁBRA. A PÁLYASZERKEZET ELHASZNÁLÓDÁSÁNAK FOLYAMATA .....	233
4.3-5. ÁBRA. AZONOS ELHASZNÁLÓDÁST OKOZÓ TEHERGÉPKOCSIK .....	235
4.3-7. ÁBRA. MÉRTEZÉSI DIAGRAM .....	242
4.3-8. ÁBRA. A KÜLÖNBÖZŐ JÁRMŰVEKKEL LESZÁLLÍTOTT FATÖMEG FORGALOMTERHELÉSE .....	245
4.3-9. ÁBRA. ÉGHAJLATI TÉRKÉPVÁZLAT .....	246
4.4-1.ÁBRA. A VÉDŐRÉTEG VASTAGSÁGÁNAK SZÁMÍTÁSI ELVE .....	250

4.5-1. ÁBRA. AZ ERŐSÍTŐRÉTEG VASTAGSÁGA.....	257
4.5-2. ÁBRA. A BEHAJLÁMÉRÉS ALAPELVE.....	258
4.5-3. ÁBRA. A MÓDOSÍTOTT BEHAJLÁSMÉRŐ.....	259
4.5-4. ÁBRA. MÓDOSÍTOTT BEHAJLÁSMÉRÉS.....	259
4.5-5. ÁBRA. A GEOFONOK ELHELYEZKEDÉSE.....	265
4.5-6. ÁBRA. A LEHAJLÁSVONAL ÉS A GÖRBÜLETI SUGÁR.....	267
4.6-1. ÁBRA. A PÁLYASZERKEZET LEROMLÁSI FOLYAMATA.....	270
4.6-2. ÁBRA. A SPONTÁN BEAVATKOZÁSOKON ALAPULÓ PÁLYASZERKEZETGAZDÁLKODÁSI STRATÉGIA.....	271
4.6-3. ÁBRA. NAGYVONALÚ PÁLYASZERKEZET-GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIA.....	272
4.6-4. ÁBRA. A JAVASOLT PÁLYASZERKEZET-GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIA.....	273
4.6-5. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁSHOZ SZÜKSÉGES ÉS A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ PÉNZ.....	273
4.6-6. ÁBRA. A SPONTÁN PÁLYASZERKEZET-GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIA KÖZGAZDASÁGI HATÁSA.....	274
4.6-7. ÁBRA. A NAGYVONALÚ PÁLYASZERKEZET-GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIA KÖZGAZDASÁGI HATÁSA.....	274
4.6-8. ÁBRA. AZ ERDÉSZETI UTAK PÁLYASZERKEZET-GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIÁJÁNAK KÖZGAZDASÁGI HATÁSA.....	275
4.6-9. ÁBRA. A PÁLYASZERKEZET TEHERBÍRÁSÁNAK VÁLTOZÁSA A FORGALOM FÜGGVÉNYÉBEN.....	275
4.6-10. ÁBRA. A TEHERBÍRÁS CSÖKKENÉSE AZ IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN.....	276
4.6-11. ÁBRA. A PÁLYASZERKEZET EGYSZERŰSÍTET.....	278
4.6-12. ÁBRA. PÁLYASZERKEZET KARBANTARTÁSI ÉS MEGERŐSÍTÉSI STRATÉGIÁK MODELLJE.....	280
4.6-13. ÁBRA. A SZINTENTARTÁSHOZ SZÜKSÉGES ÉS A FELHASZNÁLT PÉNZESZKÖZÖK VÁLTOZÁSA AZ ÉLETTARTAM ALATT AZ EGYES STRATÉGIÁK SZERINT.....	283
5.2-1. ÁBRA. ÖSSZEFÜGGÉS AZ UTAK LEROMLÁSA ÉS A BEAVATKOZÁSOK KÖZÖTT.....	291
5.2-2. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁS, MINT ÁLLAPOTFENNTARTÁS.....	293
5.2-3. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁS, MINT ÚTÜZEMELTETÉS.....	294
5.2-4. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁS, MINT KOMPLEX ÚTÜZEMELTETÉS.....	294
5.2-5. ÁBRA. KOMPLEX ÚTFENNTARTÁS AZ ERDÉSZETI UTAKON.....	295
5.3-1. ÁBRA. AZ ÚT PILLANATNYI ÁLLAPOTÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK.....	297
5.3-2. ÁBRA. A PILLANATNYI ÚTÁLLAPOT KIALAKULÁSA.....	297
5.4-1. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁSI RENDSZER.....	300
5.4-2. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁSI SZEMLÉLET.....	301
5.4-3. ÁBRA. AZ ÁLTALÁNOS ÚTFENNTARTÁSI SZEMLÉLET ÉRVÉNYESÜLÉSE.....	302
5.4-4. ÁBRA. A MANAGEMENT KÖR.....	306
5.4-5. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁSI MANAGEMENT.....	307
5.4-6. ÁBRA. AZ IRÁNYÍTÁSI RENDSZER BELSŐ KAPCSOLATAI.....	308
5.4-7. ÁBRA. AZ ÚTFENNTARTÁS ESZKÖZRENDSZERE.....	309

# TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1.1-1. TÁBLÁZAT. ERDÉSZETI UTAKNÁL JAVASOLT RÉZSŰK.....	18
1.1-2. TÁBLÁZAT. A TALAJOK FEJTÉSI OSZTÁLYA.....	28
1.1-3. TÁBLÁZAT. DÓZER TELJESÍTMÉNYÉNEK VÁLTOZÁSA A SZÁLLÍTÁSI TÁVOLSÁG SZERINT.....	45
1.1-4. TÁBLÁZAT. FÖLDGYALU KÉSSZÖGEINEK BEÁLLÍTÁSI ÉRTÉKEI MUNKAMŰVELETEK SZERINT.....	48
1.1-5. TÁBLÁZAT. AZ OPTIMÁLIS TÖMÖRÍTŐGÉP KIVÁLASZTÁSA (ÚTÜGYI KUTATÓ INTÉZET SZERINT).....	54
1.1-6. TÁBLÁZAT. A ROAD RESEARCH LABORATORY TÖMÖRÍTÉSI KÍSÉRLETEI KÜLÖNBÖZŐ TÖMÖRÍTŐGÉPEKKEL.....	55
1.1-7. TÁBLÁZAT. A FÖLDMŰ SZÜKSÉGES TEHERBÍRÁSA AZ 1971. ÉVI PÁLYASZERKEZET MÉRETEZÉSI UTASÍTÁS SZERINT.....	56
1.2-1. TÁBLÁZAT. SÚLYTÁMASZTÓFALAK KORONASZÉLESSÉGE.....	62
1.2-2. TÁBLÁZAT. FALAZATI ANYAGOK HALOMSÚRÚSÉGE.....	63
1.2-3. TÁBLÁZAT. IRÁNYÉRTÉKEK HÍDFŐK KORONASZÉLESSÉGÉNEK MEGVÁLASZTÁSÁHOZ.....	83
1.2-4. TÁBLÁZAT. VÍZTERELŐK KIOSZTÁSA (HAFNER SZERINT).....	106
1.2-4. TÁBLÁZAT. A SZÁRAZ BEVÁGÁSOK MEGENGEDETT RÉZSÚHAJLÁSA A RÉZSÚMAGASSÁG FÜGGVÉNYÉBEN.....	108
2.1-1. TÁBLÁZAT. KÖZETEK KÖZETFIZIKAI OSZTÁLYOZÁSA.....	133
3.2-1. TÁBLÁZAT. MECHANIKAI STABILIZÁCIÓ CÉLJÁRA ALKALMAS TALAJKEVERÉKEK (KÉZDI SZERINT).....	166
3.2-2. TÁBLÁZAT. MECHANIKAI STABILIZÁCIÓ SZEMELOSZLÁSÁNAK HATÁRAI ÉS KONZISZTENCIAHATÁRAI (ÚT 2-3.207 SZERINT).....	167
3.2-3 TÁBLÁZAT. FOLYTONOS SZEMELOSZLÁSÚ ALAPRÉTEG SZEMELOSZLÁSÁNAK HATÁRAI (ÚT 2-3.207:2007 SZERINT).....	185
3.2-4. TÁBLÁZAT. ASZFALTANYAGOK FŐ TULAJDONSÁGAI ÉS SZERKEZETI FAJTÁI.....	191
3.2-5. TÁBLÁZAT. ITATOTT ASZFALTMAKADÁM BURKOLAT ÉS ALAP ANYAGSZÜKSÉGLETE.....	195
3.2-6. TÁBLÁZAT. A KÖTŐZÚZALÉK ÖSSZETÉTELE ÉS ANYAGSZÜKSÉGLETE.....	196
3.2-7. TÁBLÁZAT. A KÖTŐZÚZALÉKOS ASZFALTMAKADÁM ANYAGSZÜKSÉGLETE.....	197
3.2-8. TÁBLÁZAT. KEVERT ASZFALTMAKADÁM SZŐNYEG ÉS ANYAGSZÜKSÉGLETE.....	200
3.2-9. TÁBLÁZAT. ASZFALTKEVERÉKEK GYÁRTÁSOKOR BETARTANDÓ HŐMÉRSÉKLETEK TÁJÉKOZTATÓ ÉRTÉKEI.....	211
3.2-10. TÁBLÁZAT. AZ ASZFALTVÁLASZTÉKOK FELHASZNÁLÁSI HELYE.....	217
3.2-11. TÁBLÁZAT. ASZFALTKEVERÉK-TÍPUSOK ÉPÍTÉSE AZ IGÉNYBEVÉTEL SZERINT.....	218
3.2-12. TÁBLÁZAT. ASZFALT PÁLYASZERKEZETI RÉTEGEK ÉPÍTHETŐ VASTAGSÁGI HATÁRAI.....	218
3.2-13. TÁBLÁZAT. HIGÍTOTT BITUMEN KÖTŐANYAGÚ KEVERÉK SZEMELOSZLÁSA ÉS KÖTŐANYAG SZÜKSÉGLETE.....	219
3.2-14. TÁBLÁZAT. EMULZIÓS ASZFALTOK SZEMELOSZLÁSA ÉS KÖTŐANYAG SZÜKSÉGLETE. (ÚT 2-3.310:2004 SZERINT).....	220
3.2-15. TÁBLÁZAT. FELÜLETI BEVONATOK ZÚZALÉK ÉS KÖTŐANYAG ADAGOLÁSA.....	224
4.3-1. TÁBLÁZAT. TENGELYSÚLY ÁTSZÁMÍTÁSI ÉRTÉKEK.....	235
4.3-2. TÁBLÁZAT. ÚJ PÁLYASZERKEZETI RÉTEGEK TERVEZÉSI EGYENÉRTÉK-TÉNYEZŐI.....	238
4.3-3. TÁBLÁZAT. A HAZAI TALAJFAJTÁK OSZTÁLYOZÁSA, BECSÜLT MÉRTÉKADÓ CBR-ÉRTÉKEI ÉS A KÉSZ FÖLDMŰ TERVEZÉSI TEHERBÍRÁSI JELLEMZŐI.....	247
4.4-1. TÁBLÁZAT. A SZÜKSÉGES FAGYÁLLÓ ÖSSZVASTAGSÁG (F) ÉRTÉKE ERDÉSZETI UTAKNÁL.....	250
4.4-2. TÁBLÁZAT. A PÁLYASZERKEZETI RÉTEGEK LEMEZ- ÉS HŐSZIGETELŐ HATÁSÁT JELLEMZŐ BECSÜLT ÁTSZÁMÍTÁSI ÉRTÉK (F).....	251
4.5-1. TÁBLÁZAT A TEHERBÍRÁS SZOLGÁLTATÁSI SZÍNVONALA.....	264
4.5-2. TÁBLÁZAT. RÉGI PÁLYASZERKEZETI RÉTEGEK TERVEZÉSI EGYENÉRTÉKTÉNYEZŐI.....	269
4.6-1. TÁBLÁZAT. A KARBANTARTÁSI ÉS MEGERŐSÍTÉSI STRATÉGIÁK JELLEMZŐ ADATAI.....	281
5.1-1. TÁBLÁZAT. AZ ERDÉSZETI UTAK HOSSZA.....	286
5.2-1. TÁBLÁZAT. ÚTFENNTARTÁSI MUNKÁK.....	289



