NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

Dr. Kecskés Sándor
egyetemi tanár

Dr. Kosztka Miklós
egyetemi adjunktus

ERDÉSZETI ÚTÉPÍTÉSTAN II/B

Sopron, 1985.

ERDÉSZETI ÉS FAIPARI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

Dr. Kecskés Sándor
egyetemi tanár

Kosztka Miklós
egyetemi adjunktus

ERDÉSZETI UTÉPITÉSTAN II/B

Kézirat

Sopron, 1985.

Lektor:

Bogár István
okl.erdőmérnök, osztályvezető helyettes

2.8. *Erdészeti utak műtárgyai*

Műtárgynak nevezzük az út alépítményének nem földből készülő létesítményeit, amelyek csoportosítása rendeltetésük szerint:

- támasztófalak a töltések vagy bevágások földanyagát megtámasztó létesítmények,
- hidak, illetve áteresztők a vízfolyások fölötti átvezetésre szolgálnak,
- két közlekedési pálya különszintű keresztezését oldja meg az alul-, illetve felüljáró,
- térszín alatti zárt vonalvezetést tesz lehetővé az alagút.

Számunkra a fenti csoportok közül a támasztófalak és a hidak, illetve áteresztők fontosak, mert a forgalom nem igényli a keresztező közlekedési pályák forgalmának különszintű átvezetését, a terepviszonyok pedig nem indokolják a terep alatti zárt vonalvezetés megvalósítását. A műtárgyak létesítése erősen megnöveli az alépítmény költségeit, (10 - 20 % többletet is okozhat) ezért arra kell törekedni, hogy olyan egyszerű megoldásokat alkalmazzunk, amelyek a műszaki igényeket kielégítik, az erdőgazdaság eszközeivel megvalósíthatók és lehetőség szerint helyi anyagokat használnak fel.

Ennek a törekvésnek kedvez, hogy az erdészeti utak földművei viszonylag kicsik, és nem kereszteznek nagyobb vízfolyást. Ez önmagában már azt jelenti, hogy az erdészeti utak műtárgyai is kicsik, szerkezetük ezért egyszerű lehet. Törekedni kell azonban még így is, hogy a műtárgyak számát megfelelő vonalvezetéssel csökkentsük (pl.: hossz-szelvény tervezésekor a nagy keresztdőlésű 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 nem hatnak idegenül, megjelenésüket a természetes környezethez tartozónak érezzük.

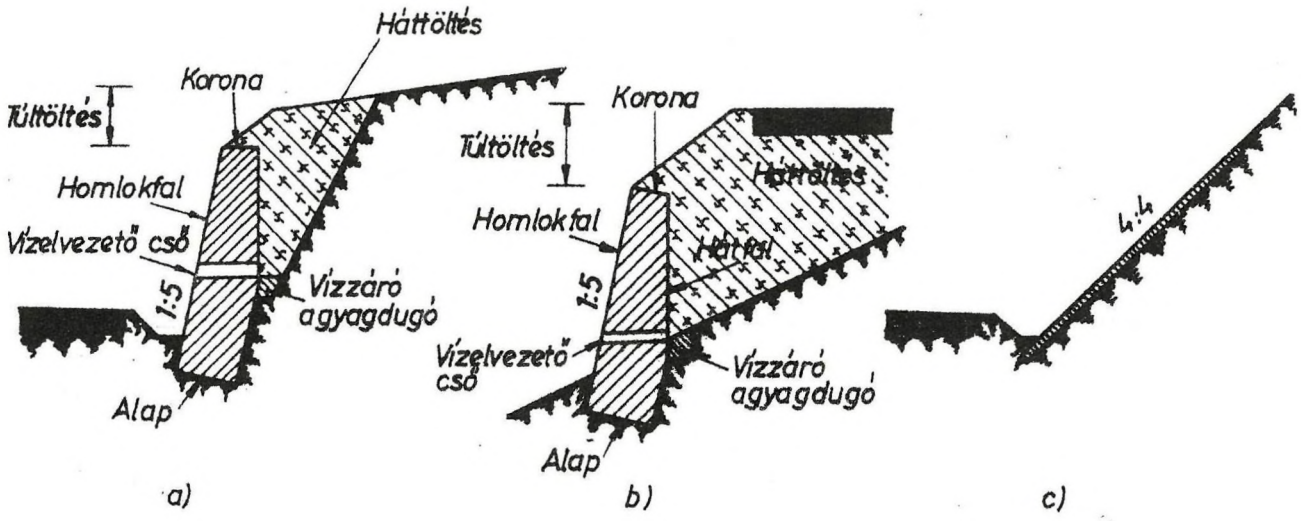
2.8.1. *Támasztófalak*

A műtárgyaknak ebbe a csoportjába azok az építmények tartoznak, amelyek a földtömegek állékonyságát biztosítják. Ezeket olyan helyen alkalmazzuk, ahol a földmű belső ellenállásai által megengedett rézsűknél meredekebb rézsűkkel kell a földművet megépíteni. 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 rombolják a környezet képét. Ilyen helyeken meg kell vizsgálni, hogy a nagyobb földmű támasztófal nélkül, vagy a kisebb földmű támasztófallal jelent-e gazdaságosabb és esztétikusabb megoldást.

Feladatuk szerint a támasztófalakat három csoportba oszthatjuk:

- A bevágások állékonyságának biztosítására bélésfalakat használunk. Ezekre a földnyomáson kivül általában egyéb igénybevétel nem hat (2.8-1/a. ábra)
- A töltést megtámasztó támasztófalakat támfalaknak nevezzük. Ezekre a földnyomáson kivül általában még a pálya és a forgalom terhei is hatnak. Ide sorolhatók a hídfők és azok szárnyfalai is (2.8-1/b. ábra)
- Bevágási vagy töltési rézsűk felületének védelmére borítófalat használunk, amelynek feladata kimondottan csak a védelem. Ezekre földnyomás nem hat (2.8-1/c. ábra).

A támasztófalak külső – levegővel érintkező – falát homlokfalnak, talajjal érintkező falát



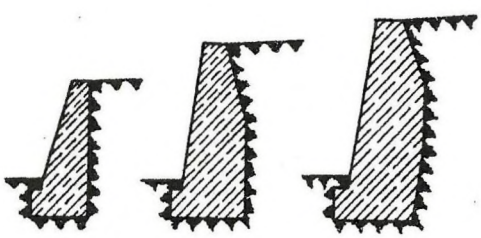
2.8-1. ábra.
Támasztófalak
a/ bélésfal, b/ támfal, c/ borítófal

hátfalnak nevezzük. A falazat felső síkja a korona, alsó síkja az alap. A korona fölött elhelyezkedő földtömeg a túltöltés. A támfal hátoldalához a háttöltés csatlakozik.

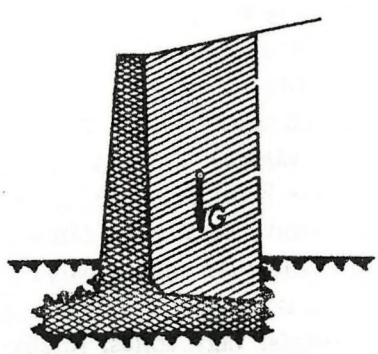
A támasztófalak szerkezeti kialakításuk szerint súlytámasztófalak, talpas támasztófalak vagy vasalt földtámfalak lehetnek. Ezekre jellemző, hogy az állékonyság biztosításába különböző mértékbe vonják be a háttöltésben lévő talajt.

A súlytámfalak a megtámasztott földtömeg egyensúlyát saját súlyukkal biztosítják (2.8-2. ábra). Kialakításuk a jelentős önsúly biztosítása érdekében zömök. Kedvezőtlen, hogy építőanyag-igénye nagy, előnye, hogy építése egyszerű. A súlytámfalak építőanyaga terméskő, vagy beton, amelyhez célszerű a helyi előfordulású anyagot felhasználni. Az erdészeti útépítés területén ez a típus tekinthető jellemzőnek.

A talpas támfal az egyensúly biztosításába bevonja a háttöltés földtömegének talplemez fölött elhelyzkedő részét is (2.8-3. ábra). Ezáltal önsúlya csökkenthető, kevesebb anyag felhaszná-



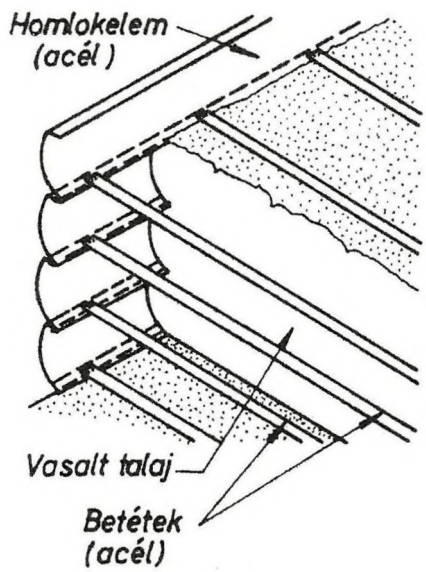
2.8-2. ábra.
Különböző kialakítású súlytámasztófalak



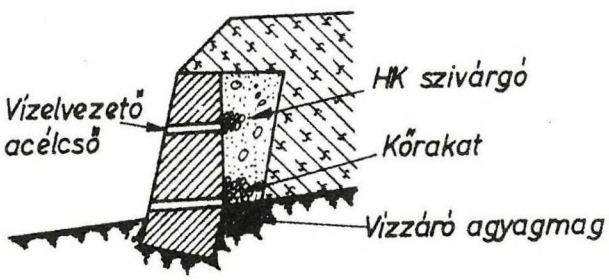
2.8-3. ábra.
Talpas támasztófal

lásával megépíthető. A talplemezben és a falazatban fellépő jelentős hajlítónyomatékokból származó húzóigénybevétel miatt csak vasbetonból építhető, amely drágább, építése az összetettebb szerkezet és a szigorúbb építési előírások miatt bonyolultabb, szakképzettebb munkát igényel.

A háttöltés anyagát teljes mértékben bevonja az állékonyság biztosításába a vasalt talaj felhasználásával épülő támasztófal – a vasalt talajtámfal. (Ez a Franciaországban már elterjedőben lévő támasztófal-típus nálunk még csak kísérletként került alkalmazásra (pl. Siófokon a Siót átívelő híd mellett)). A háttöltés talajának anyagszerkezeti tulajdonsága javítása érdekében – a vasbeton elvéhez hasonlóan – a talajba húzószilárdsággal rendelkező anyagot építünk. Ennek hatására a talaj húzószilárdság felvételére lesz képes, nyírószilárdsága megnő, mechanikai tulajdonságai kedvezőbbé válnak. A betétekhez előregyártott homlokfalelemek csatlakoznak, amelyek megakadályozzák a felület erózióját (2.8-4. ábra). A korrózióálló acélbetétekkel együttdolgozó talajtömeg hagyományos töltésépítési módszerrel megépíthető. Az acélbetétekhez csatlakozó homlokelemek előregyárthatók (acélból vagy vasbetonból) és a helyszínen szerelési munkával összeállíthatók.



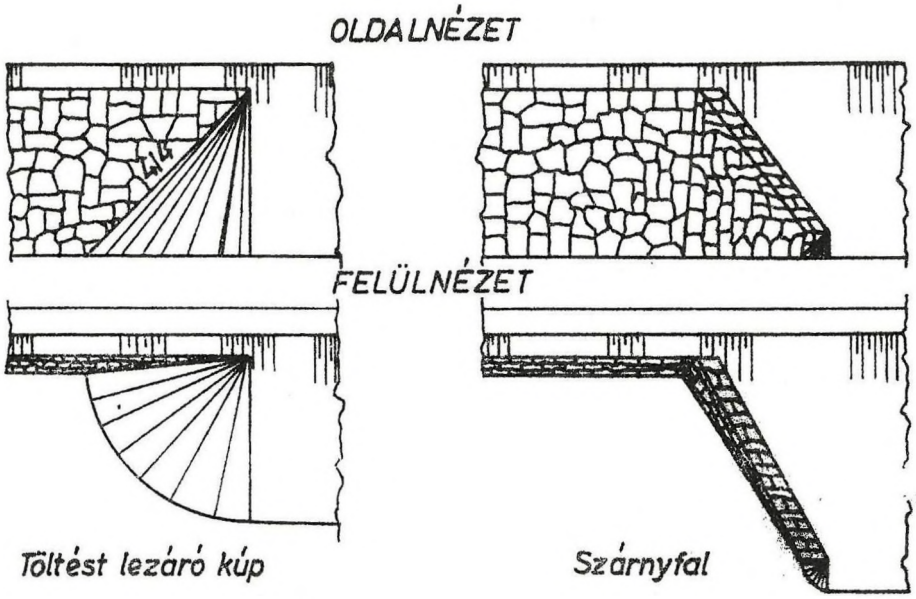
2.8-4. ábra.
Vasaltföld támasztófal



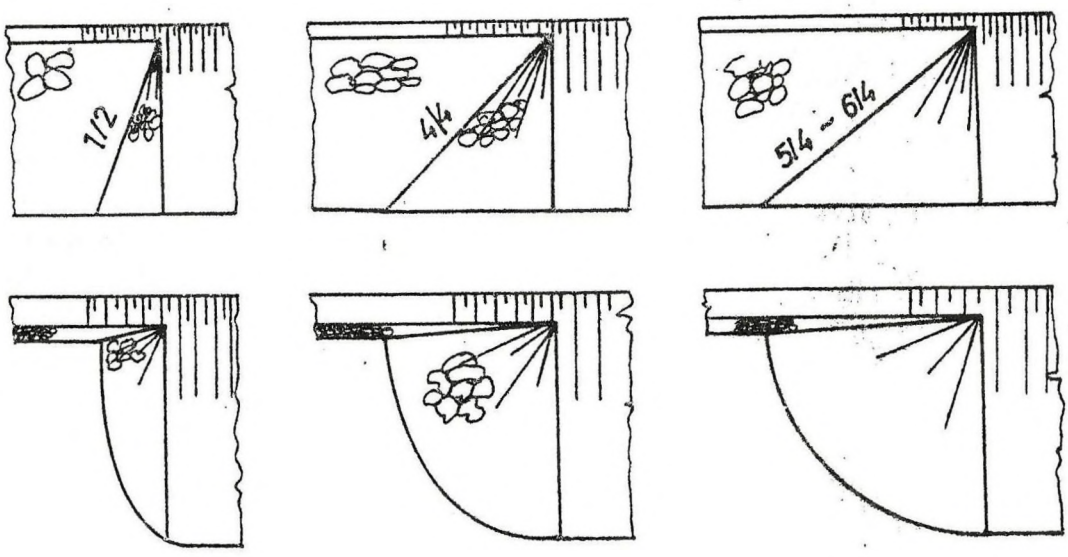
2.8-5. ábra.
Háttöltés kialakítása

A támasztófalakra jutó káros többletterhelések megakadályozása érdekében a háttöltés szakszerű kialakítása és megépítése rendkívül fontos. Elsőrendű cél az, hogy a háttöltésbe bejutó vizet a lehető leggyorsabban kivezessük. Ennek érdekében a hátfal és a megtámasztott talaj közé homokoskavics háttöltést kell helyezni, amelynek alsó része vízzáró agyagdugóra támaszkodik. A szivárgón leszivárgó és az agyagdugó felületén összegyülő vizet a falba épített 10-15 cm átmérőjű 3-6 % eséssel elhelyezett acélcsövekkel kell elvezetni (2.8-5. ábra). A cső eltömődését a beömlési nyilásnál elhelyezett kőrakattal kell megakadályozni. A szivárgót felül is vízzáró réteggel kell lezárni, hogy a felszínen lefolyó víz ne kerülhessen a támfal mögé, mert ez káros többletterhelést okozhat.

A támasztófalak végeinek csatlakoztatását a földműhöz a támfal magasságának fokozatos csökkentésével, vagy a földmű lezárásával oldhatjuk meg (2.8-6. ábra). A földmű lezárására szárnyfalat, vagy töltést lezáró kupot kell építeni. A szárnyfal anyaga megegyezik a támfal anyagával. A töltést lezáró kupok kőből, földből és kővel burkolt földből készülhetnek. A földkup rézsűje 5/4; 6/4 a csatlakozó földmű rézsűjétől függően. A kőkup rézsűje a támfalnál 1/2, a burkolt földkupé 4/4, ami folyamatosan változik úgy, hogy a földmű rézsűjével csatlakozzon (2.8-7. ábra).



2.8-6. ábra.
Támfal és földmű csatlakozása

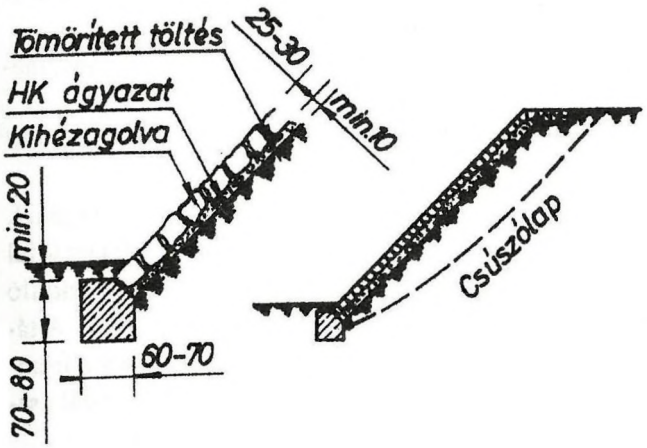


2.8-7. ábra.
Töltést lezáró kupok

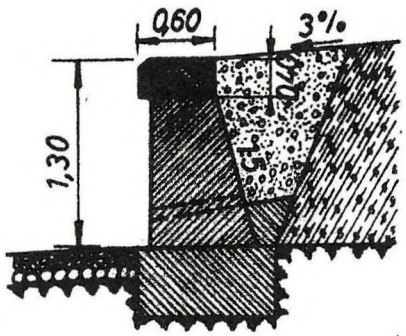
A földkupot jól tömöríthető talajból kell készíteni, 20-25 cm-es rétegekben gondosan tömörítve.

A kővel burkolt földkup burkolata fagyálló kőből készül 25-30 cm vastagságban, 10-15 cm kavics vagy sovány beton ágyazatban. A falazott kőburkolat betonlábazatra támaszkodik, ame-

lyet úgy kell kialakítani, hogy a rézsűben csúszólap ne alakulhasson ki és az alapozási sík a fagyhatár alá kerüljön. (2.8-8. ábra.)



2.8-8. ábra.
Kőburkolatok megtámasztása



2.8-9. ábra.
Rakodóponkként kialakított támfal

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 támfalaknak az előbbieken kivül egyéb 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.

A támfalak rakodóponkként is kiképezhetők. Ezek magassága – a tehergépkocsi rakodófelületének megfelelően – az útburkolat felszíne fölött 1,30 m. Felső részét vasbeton fejgerenda zárja le, amelynek útfelőli élét idomacél (L szelvényű) vagy kisvasúti sín beépítésével kell megvédeni (2.8-0. ábra).

2.8.1.1. *Súlytámasztófalak tervezése*

A támasztófalak tervezését az alábbi lépések szerint hajtjuk végre:

1. Megválasztjuk a támasztófal helyét, anyagát és szerkezetét.
2. Megválasztjuk a támasztófal méreteit.
3. Megállapítjuk a támasztófalra ható erőket.
4. Ellenőrizzük a támasztófal állékonyságát.

A súlytámasztófalak tervezését a fenti lépések szerint a következőképpen kell elvégezni:

1. A támasztófal helyének, anyagának és szerkezetének megválasztása.
   A támasztófal helyét az útépítés műszaki terve jelöli ki, megadva a támasztófal hosszát, magasságát és az esetleg előforduló egyéb előírásokat.

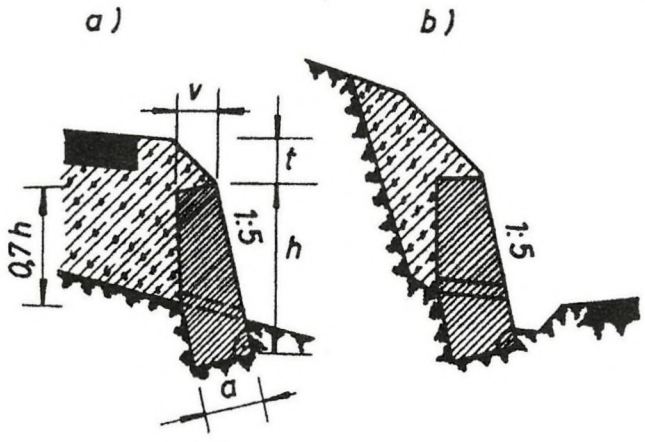
A súlytámasztófal szerkezetének megfelelően a falazatot betonból vagy terméskőből készíthetjük. A beton adalékanyagát képező homokos-kavics és terméskő célszerűen helyi kitermelésű anyag lehet. Kötőanyagként cementet használunk. A betonból készült falazat kavicsbeton vagy kőbeton lehet. A kőbeton készítésekor a betonszerkezet méretének 2/3-ánál kisebb, gondosan letisztított követ, – úgynevezett usztatott követ – ágyazunk be. A beton az alapban B 70, a falazatban B 100 minőségű legyen.
A terméskő falazat cementhabarcsba szabálytalanul vagy rétegesen rakva készülhet, melyet azután kihézagolunk. (Lásd: Építési anyagok és szerkezetek c. tárgy.)

2. A támfal kiinduló méreteit egyrészt táblázatból választjuk ki, másrészt a szerkesztési szabályok figyelembevételével elvégzett szerkesztésből kapjuk.
A súlytámasztófalak koronaszélességét (v), a falazat (h) és a túltöltés (t) magasságának függvényében táblázatból választjuk ki (2.8-1. táblázat, 2.8-10. ábra). A támasztófal homlokfalának dőlése 1/5. A hátfal szokásos kialakítása tört vonalú: a koronától induló felső, 0,7 h magasságú szakaszon függőleges, ez alatt párhuzamos a homlokfallal. A támasztófal alapsíkját minimálisan a fagyhatár alá kell helyezni vízszintesen vagy a homlokfalra merőlegesen. A korona síkjának iránya támfal esetében vízszintes, bélésfal esetében a homlokfalra merőleges.

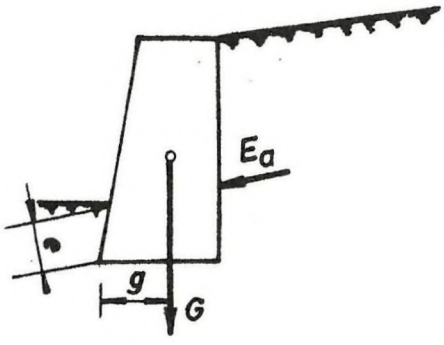
2.8-1. táblázat.

Súlytámasztófalak koronaszélessége

Falmagasság (m)	Koronaszélesség (m), ha a túltötlés (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



2.8-10. ábra.
Támfal és bélésfal szerkesztési szabályai



2.8-11. ábra.
Stabilizálási vizsgálat billenésre

3. A támasztófalra ható erők: a falazat önsúlya, a földnyomás, az állandó és esetleges hasznos terhelések, valamint a járulékos hatásokból származó erők. Ezeket az erőket 1 m széles falazatsávon vesszük figyelembe, és az ellenőrzéseket is ilyen szélességre végezzük el.

A falazat önsúlyát a geometriai méretek és a falazat anyagára vonatkozó halomsűrűségek alapján számíthatjuk ki (2.8-2. 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.

2.8-2. táblázat.

Falazati anyagok halomsűrűsége

Falazat minősége	t/beépített m^3
Falazótégla javított habarcsban	1,60
Réteges terméskőfal cementhabarcsba rakva	
homokkő	2,20
mészkő	2,60
gránit	2,70
kavicsbeton	2,20
zúzottkőbeton	2,30
vasbeton	2,40

4. A támfal állékonyságának ellenőrzése során meg kell vizsgálni, hogy a falazat stabilitása megfelelő-e, valamint, 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 támfal billenése az első sarokpont körül következik be. Az egyensúly feltétele, hogy

a falazatra ható erők e pontra számított forgatónyomatékainak algebrai összege zérus (2.8-11. ábra). A biztonság:

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

amely megfelelő, ha $\beta \geq 2{,}0$.

A támfal elcsúszása az alapsíkon következik be. Az egyensúly feltétele az, hogy a surlódó erő egyenlő legyen az eredő erő csúszási síkkal párhuzamos komponensével (2.8-12. ábra). A biztonság:

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

ahol: $f = tg\varphi$ a surlódási együttható, melybe:

$\varphi = 26^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 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 támfal kifordulása akkor következik be, ha a falazat a földmű egy részével együtt a falazat alatt kialakuló csúszólapon lecsúszik. A csúszólap alakját itt is körnek tételezhetjük fel. Az egyensúly feltétele, hogy a csúszólap középpontjára számított nyomatékok algebrai összege zérus legyen (1.8-13. ábra). A biztonság:

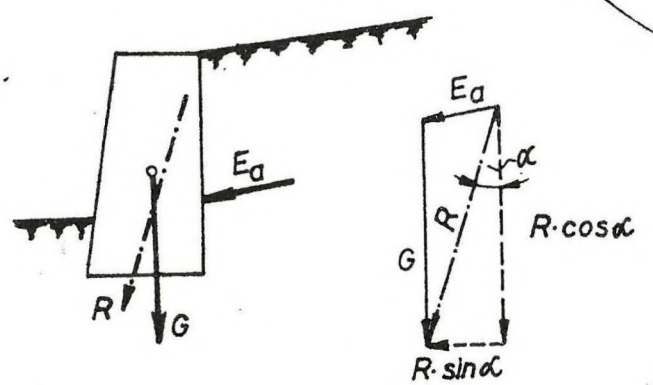
$$\beta = \frac{c \cdot L \cdot r}{G \cdot g + G_f \cdot g_f}$$

ahol: c - a kohézió

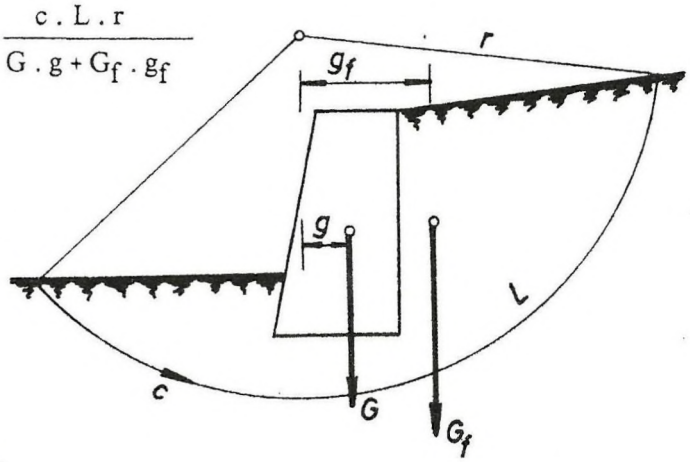
L - a csúszólap hossza

r - a körcsúszólap sugara.

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



2.8-12. ábra.
Stabilitási vizsgálat elcsúszásra



2.8-13. 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

szelvényt meg kell vizsgálni így bizonyítva, hogy az előbbi feltételek a teljes falazatban kielégítettek. A vizsgálatok elvégzését az alapsíkra vonatkoztatva mutatjuk be, amelynek alapján az összes szelvényben elvégezhető az ellenőrzés.

A falazatra ható erők eredője ferde terhelésként jelentkezik, döféspontja az alapsíkon külpontosan hat (2.8-14. ábra). 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:

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

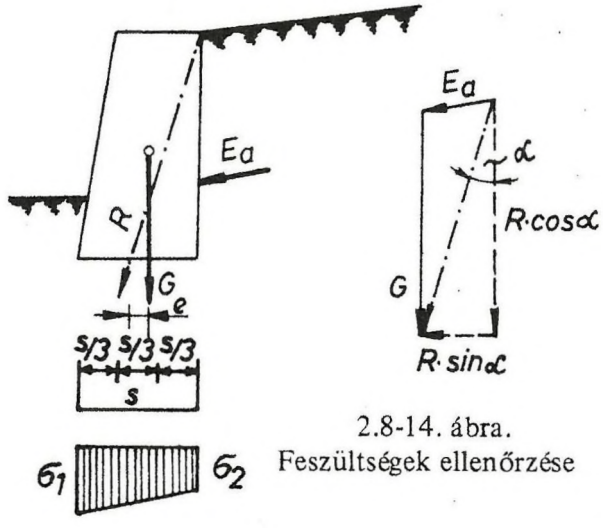
ahol:

s - az alap szélessége,

e - az excentricitás nagysága,

K - a keresztmetszeti tényező, amelynek értéke az egy méter széles falazatsáv esetén:

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



2.8-14. ábra.
Feszültségek ellenőrzése

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 a közül a nagyobbik (σ_1) értéke nem haladhatja meg a talajra, illetve a falazat anyagára megengedett feszültség értékét.

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

A súlytámfalak anyagára (beton, kő) káros feszültséget jelent mindennemű húzófeszültség, tehát meg kell vizsgálni azt is, hogy ilyen nem lép-e fel. Az excentricitás növelésével σ_1 értéke nő, σ_2 értéke csökken. Elérhetünk egy olyan határállapotot, mikor σ_2 értéke zérus (ezután negatívvá, tehát húzófeszültséggé válik). A maximális külpontosság feltétele tehát:

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

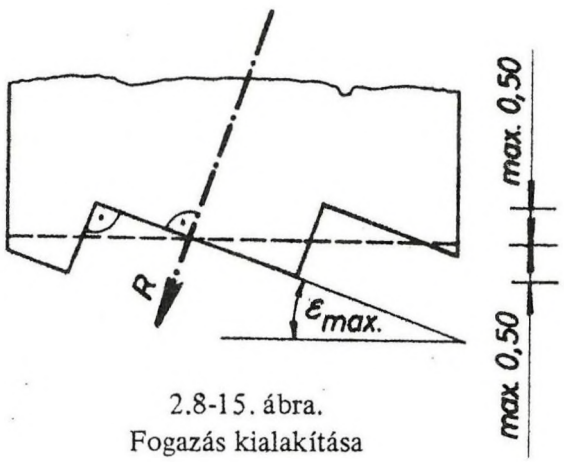
melyből kifejezhető

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

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

Az ellenőrzések elvégzése után, ha az előírt feltételeket kielégítettük, a falazat méreteit elfogadhatjuk, ha nem, akkor a méretek célszerű változtatásával úgy kell alakítani, hogy a falazat megfelelő legyen.

Az elcsúszás elleni biztonságot – ha csak ez az egyetlen feltétel nem kielégített – célszerütlen a falazat méreteinek változtatásával – az önsúly növelésével együttjáró függőleges eredőkomponens növelésével – helyreállítani. A biztonság helyreállítása érdekében az alapot célszerűbb ferdén kialakítani, vagy fogazni:



2.8-15. ábra.
Fogazás kialakítása

A fogazást a 2.8-15. ábra szerint kell elkészíteni. A fog az alapsíkra szimmetrikus legyen, a fogak oldalai egymásra merőlegesek, a maximális fogmagasság 1,0 m. A fog hosszabbik oldala a vízszintessel legfeljebb

$$\text{arc tg}\varepsilon_{max} = \frac{R_v}{R_f}$$

szöget zárhat be. (Ekkor a hosszabbik oldal merőleges az eredőre.) A fogazásból adódó új surlódási együttható:

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

ahol: μ - az eredeti surlódási együttható.

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

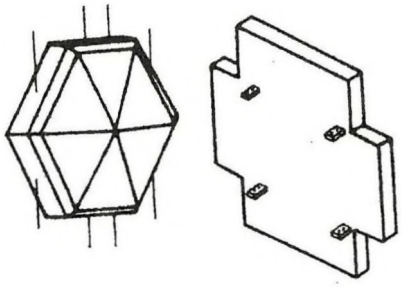
2.8.1.2. *Vasalt talajtámfal tervezése*

A vasalt talaj felhasználásával készülő támfalak hazánkban még nem terjedtek el, azonban az előregyártásban és az egyszerű építési módban (szerelés és földműépítés jellegű) rejlő előnyök miatt az erdészeti utaknál célszerűen lehetne alkalmazni őket.

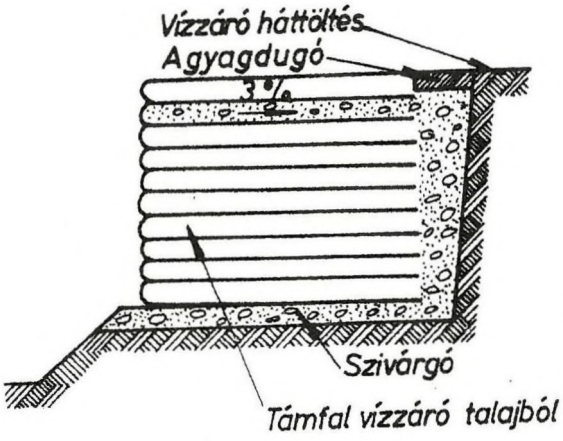
A tervezés menete hasonló mint amit a súlytámfalaknál megismertünk, mert ez a szerkezet is az önsúlyával támasztja meg a háttöltés földtömegét.

1. A vasalt talajtámfal építőanyagai.

   A támfal homlokfalának lezárását biztosító elemek készülhetnek acéllemezből vagy vasbetonból. Az acéllemez homlokfal elemeket hosszirányban szegecseléssel, vagy hegesztéssel, függőlegesen megfelelően kiképzett hornyokkal csatlakoztathatjuk. A vasbeton elemek felhasználása gazdaságosabb, emellett változatosabb falazatkialakítást tesz lehetővé (2.8-16. ábra). A homlokfalhoz csatlakozó betétek korrózióálló vagy korrózióálló-



2.8-16. ábra.
Vasalt talajtámfal homlokfal elemei



2.8-17. ábra.
Szivárgó kialakítása

vá tett acélból, aluminiumból, vagy üvegszövettel erősített műanyagszalagból készíthetők. A szalagok szélessége 80 - 150 mm, vastagsága 1 - 5 mm között változhat. A vasalt talajtámfal építéséhez azok a talajok használhatók fel, melyek töltés építésére is megfelelnek. A jó tömöríthetőség az ágyazás és a megfelelő surlódási 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

A támfal kialakítására vonatkozó különös előírások nincsenek. Vizet át nem eresztő támfal és háttöltés esetén a töltésbe beszivárgott vizet függőleges és vízszintes szivárgópaplan beépítésével kell kivezetni, mert ez csökkenti a surlódó erőt és növeli a vízszintesen ható erőket (2.8-17. ábra).

2. A támfal hosszát és magasságát itt is elsősorban az igények határozzák meg. A támfal szélessége a betétek hosszától függ. Ezek a belső stabilitás biztosítása érdekében nem lehetnek rövidebbek a 20 %-kal növelt támasztófalmagasságnál:

$$\ell = 1{,}2\ H$$

3. A vasalt talajtámfalra ható erőket a súlytámasztófalaknál elmondottak szerint kell figyelembe venni.
4. 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 súlytámfalnál ismertetett állékonysági vizsgálatokkal és az ott megismert módon végezzük el azokat.
   A belső állékonysági vizsgálattal a támfal méreteit kell meghatározni.
   A betétek hossza, mint ahogy azt már említettük:

$$\ell = 1{,}2\ H.$$

Az egy betétre ható erő 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,

γ – a háttöltés anyagának térfogatsúlya,

x,s – a vasbetétek távolsága a 2.8-18. ábra szerint.
(x . s az egy betéthez tartozó homloklap felület).

A betét szélességét kihuzódás ellen kell méretezni:

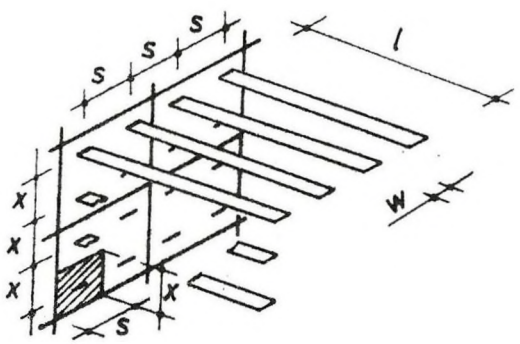
$$w = \mu_f \frac{P}{2 \cdot H \cdot \gamma \cdot f \cdot \ell}$$

ahol: μ_f – 1,2 a kihuzódás elleni biztonsági tényező,

f – az acél talaj közötti surlódási tényező.

Az acélbetétek vastagságát szakadásra méretezzük:

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



2.8-18. ábra.
Vasalt talajtámfal jellemző méretei

ahol μ_a – 1,2 a szakaszás elleni biztonsági tényező,

σ_{aH} – a betét anyagára megadott határfeszültség.

Nem korrózióálló anyag esetében az így kapott vastagságot korróziós taggal kell növelni. A szükséges betét vastagság 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, aluminiumnál 0,003 – 0,005 mm/év.

2.8.2. *Kishidak és átereszek*

2.8.2.1. *Alapfogalmak*

Az utak gyakran kereszteznek olyan akadályokat, amelyeket nem lehet, vagy nem gazdaságos megkerülni, de szintbeni csatlakozásuk sem megengedett. Azokat a műtárgyakat, amelyek útat, vasútat, 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 3 m-nél kisebb, vagy helyszínen csömöszölt, illetve előregyártott csövekből készülnek, szélességük pedig nagyobb az áthidalt nyílásnál, átereszeknek nevezzük.

A hidak osztályozását különböző szempontok szerint végezhetjük el:

- rendeltetés szerint lehetnek közúti, vasúti, vagy egyéb (gyalogos, vegyesforgalmu stb.) hidak,
- terhelési fokozat szerint a közúti hidakat a Közúti Hídszabályzat A, B vagy C terhelési osztályba sorolja,
- 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 több szempont szerint lehetne folytatni (keresztmetszeti kép, áthidalt akadály, mozgathatóság stb.) azonban gyakorlatunkban ezekre már nincs szükség.

A hidak szerkezetének és építőanyagának megválasztásánál legyünk figyelemmel arra, hogy az erdészeti építkezéseknél kevés gyakorlott munkaerővel rendelkezünk, ezért a legegyszerűbb megoldások mellett döntsünk. Régen, mikor a fa volt a legolcsóbb építőanyag, az erdészeti gyakorlatban zömmel fahidak épültek. A fát ma kizárólagosan szükséghidak (provizóriumok) létesítésére használják, bár adott esetben, tájba illően ma is indokolt lehet építésük, különösen földutak, de burkolt utak esetében is.

A hidak tervezését a hídszabályzatok alapján kell elvégezni, (utakra KPM Közúti Hídszabályzat: vasutakra Vasúti Hídszabályzat), ezek szinte minden tervezői lépésről valamint a tervezés és építés összehangolásáról rendelkeznek. Az erdészeti gyakorlatban épülő hidak tervezését és építését a Közúti Hídszabályzat alapján kell végezni.

2.8.2.1.1. *A híd szerkezeti elemei*

A hidak fő szerkezeti egységei: az alépítmény,
a felszerkezet,
az alátámasztások és
hídtartozékok.

Az alépítményhez a hídfők és pillérek tartoznak. Ezek feladata, hogy a felszerkezet terheit a talajnak továbbítsák. A hídfő feladata az előbbieken kívül, hogy biztosítsa a csatlakozó töltés lezárását is. Az erdészeti hidak általában egynyílásúak, tehát pilléreket nem alkalmazunk.

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

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

Az alátámasztások a felszerkezetre ható terhelőerőket közvetítik az alépítményre. Ezek a főtartót alátámasztó saruk, csuklók, ingák. Kialakításuknál fogva ezek biztosítják a főtartó szabad elfordulásának, illetve hosszirányú méretváltozásának lehetőségét.

Hídtartozékok közé soroljuk azokat a szerkezeteket, melyek szegélyezési, pályalezárási, víztelenítési és különféle védelmi feladatokat látnak el. Ide soroljuk például a korlátokat, kerékhárítókat, víznyelőket stb.

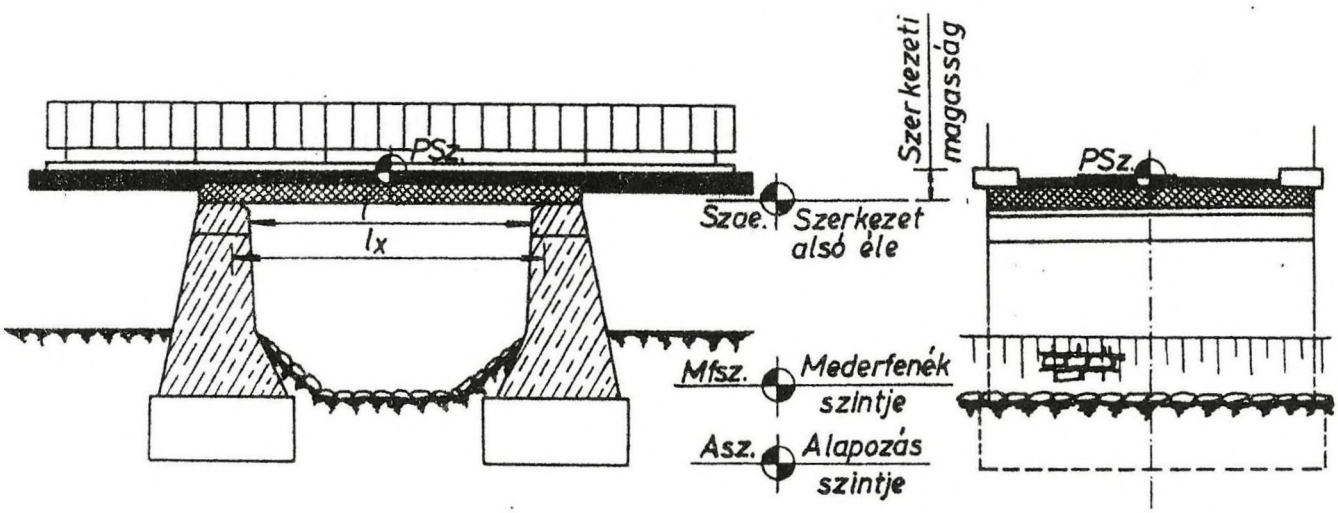
2.8.2.1.2. *A híd jellemző adatai*

A hídnyílás vagy szabad nyílás (ℓ) a hídfők homloklapjai, illetve a pillérek oldalfelületei között, közvetlenül az alátámasztások alatt mért hosszanti távolság (2.8-19. ábra).

Támaszköz (ℓ_x) a saruk elméleti támaszpontjai között mért távolság. Lemezhidaknál, ahol a főtartó közvetlenül a hídfőre fekszik az 5 %-kal növelt hídnyílás, amelybe a lesarkítást is be kell számítani.

Hasznos szélesség a kiemelt szegélyek, vagy ha ilyen nincs, a korlátok közötti sáv. Amennyiben korlát sincs, akkor a híd 50-50 cm-rel csökkentett szélessége tekinthető hasznos szélességnek.

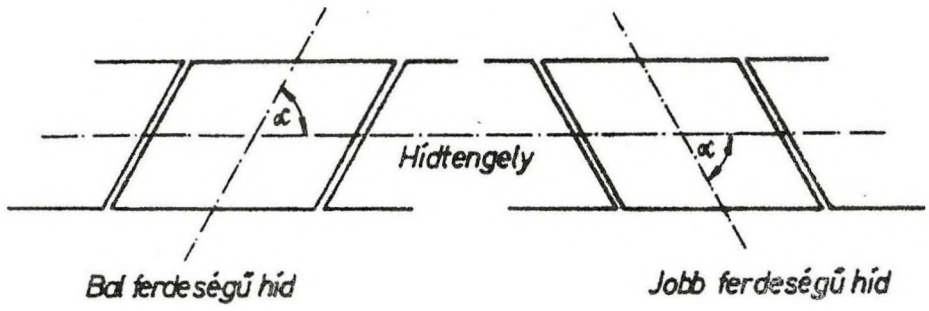
Pályaszint: a hídpálya tengelyének hídközépen mért abszolut magassága.



2.8-19. ábra.
Hidak jellemző adatai

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 (α) alapján megkülönböztetünk merőleges hidat ($\alpha = 90^o$) és ferde hidat. (A ferdeségre jellemző hegyesszög $\alpha < 90^o$). A ferde hidak lehetnek jobb és bal ferdeségűek, aszerint, hogy a hídtengely irányába nézve a híd jobb, illetve bal oldala van előretolva (2.8-20. ábra). Ferde hidaknál a hídnyílást az akadály tengelyére merőlegesen mérjük. A támaszközre két értéket szokás megadni:



2.8-20. ábra.
Ferde hidak értelmezése

– ferde támaszköz a híd hossztengelye irányában mért támaszköz,
– merőleges támaszköz az alátámasztásra merőlegesen mért támaszkösz.

Alaprajzi elrendezés szempontjából megkülönböztetünk egyenes tengelyű és íves hidakat. Ives hidaknál az ív vízszintes sikú 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 lésítmény tengelyével egybeeső az x, a másik az y tengely.

2.8.2.2. *Hídpályák kialakítása*

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

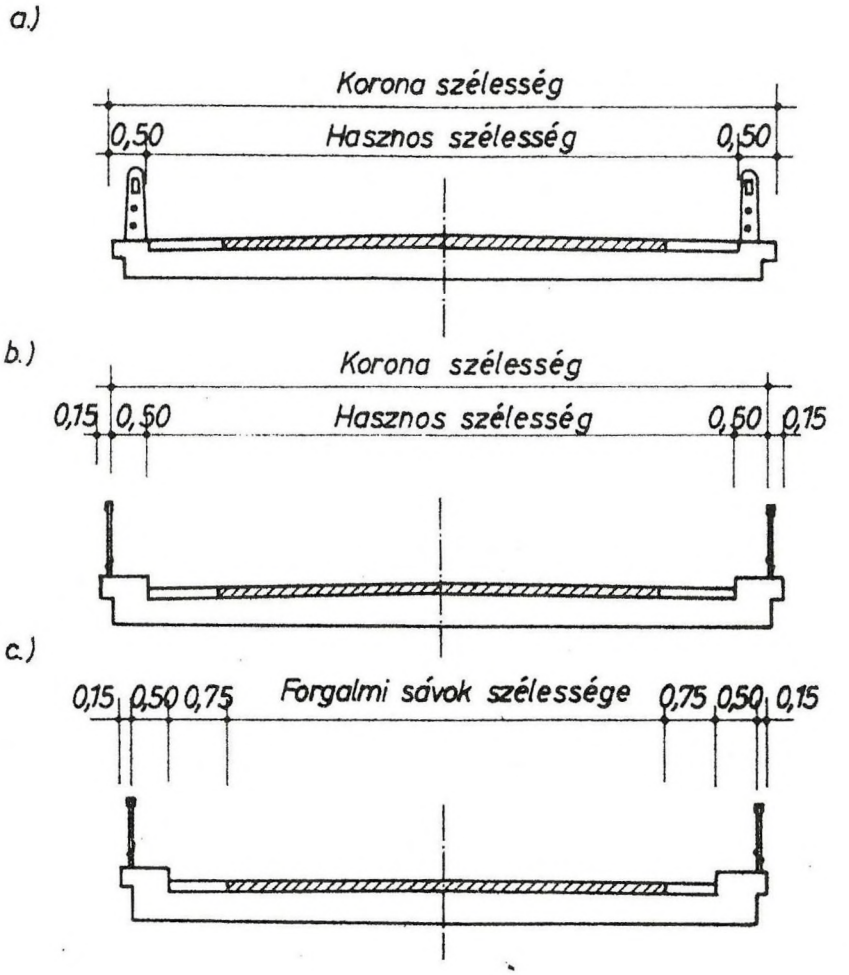
A hídpálya szélességét a csatlakozó út szélessége határozza meg. Arra kell törekedni, hogy a híd kocsipálya szélessége a csatlakozó út burkolatszélességénél nagyobb legyen. Ezenkívül a híd keresztmetszeti kialakítása és elrendezése a szerkezeti hossztól (ℓ), a pályaszint és az áthidalt akadály legmélyebb pontja közti magasságkülönbségétől (m), valamint az út vízszintes sugarától (R) is függ (2.8-21. ábra).

Az erdészeti gyakorlatban alkalmazott hidaknál a csatlakozó út koronaszélességét tekinthetjük hasznos szélességnek. A híd minimális szélességét – melyet a két szélső főtartó külső felülete között mérhetünk – az út koronaszélessége adja:

$$\ell_y = K$$

A híd szélességét további tényezők is befolyásolják:

– A hidon és átereszen átvezethető vagy csak a burkolat, vagy a burkolat a töltés egy részével együtt (2.8-22. ábra). Az átvezetett töltésrészt túltöltésnek nevezzük. A töltési rézsűk miatt kialakuló szélességi növekedést ebben az esetben figyelembe kell venni. A



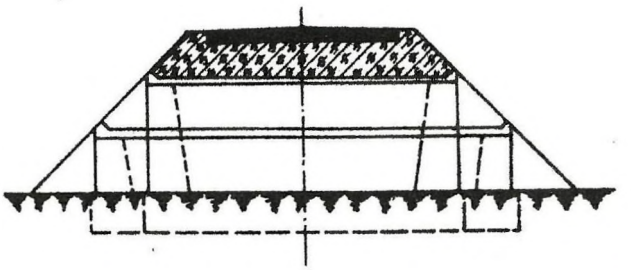
2.8-21. ábra.

Keresztmetszet kialakítása a közúti hídszabályozás szerint

a/ külsőségben, ha $\ell \leq 10{,}0$ m; $h \leq 4{,}0$ m és $R > 200$ m

b/ külsőségben, ha $10{,}0 < \ell \leq 20{,}0$ m vagy $\ell \leq 10{,}0$ m és $h > 4{,}0$ m vagy $R < 200$ m

c/ külsőségben, ha $\ell > 20{,}0$ m.

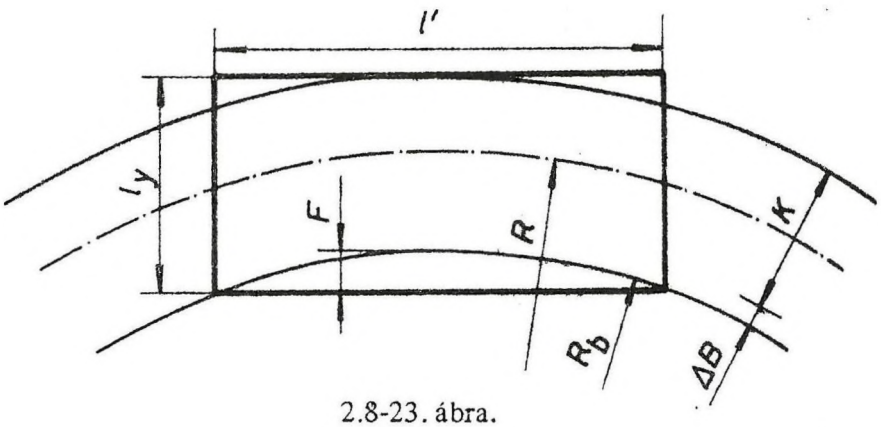


2.8-22. ábra.

Túltöltés

túltöltés lehetőséget ad arra, hogy keskenyebb, de magas, vagy szélesebb, de alacsony szerkezetet hozzunk létre. Azt a megoldást kell választani, amelyik kisebb falazatmennyiséggel biztosítja a szükséges vízátbocsátó keresztmetszetet.

– Az íves útszakaszra kerülő hidakat célszerű úgy kialakítani, hogy a híd tengelye egyenes legyen. Ilyenkor a híd szélességét úgy kell megállapítani, hogy az ívdarab – a koronaszélesség, sugár és szélesítés figyelembevételével – a hidon elférjen (2.8-23. ábra).



2.8-23. ábra.
Ivben fekvő híd

A híd minimális szélessége ekkor:

$$\ell_y = K + \Delta B + F$$

ahol: K – az út koronaszélessége egyenesben,
ΔB – szélesítés,

$$F = R_b - \sqrt{R_b^2 - 0{,}25\,\ell^2}$$

$\ell' = \ell + 2\,K_o$

ℓ – hídnyílás,
K_o – hídfő koronaszélessége.

A hídpálya tetőszelvénnyel vagy egyirányú keresztdőléssel alakítható ki, de az feleljen meg a csatlakozó út tetőszelvényének, vagy egyirányú keresztdőlésének. Ezeket a védő, vagy kiegyenlítő beton, illetve a burkolati rétegek megfelelő kiképzésével alakíthatjuk ki. Az egyirányú keresztdőlést létrehozhatjuk a hídfők koronájának lejtésével is.

A híd hosszirányú lejtése a csatlakozó út hossz-szelvényébe illeszkedjen be. Az út hosszirányú lejtése változatlanul átvezethető, ha a híd boltozott, vagy az egyéb hidakon megfelelő túltöltés van. A pálya hosszesését egyébként 3,0 ~ 3,5 %-ra mérsékelni kell, hogy elkerüljük a tengelyirányú erők túlzott növekedését. A lejtés csökkentését már jóval a híd előtt el kell kezdeni hogy az út magassági vonalvezetésében hirtelen törés ne következzen be.

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

A hidon elhelyezett burkolat fajtáját is a csatlakozó út pályaszerkezete határozza meg. Az út forgalmi sávjainak burkolatát a hidon lehetőleg változatlanul kell átvezetni. Amennyiben az uton nincs burkolat (földút) vagy az nem felel meg az úttervezési előírásoknak, a hidon akkor is megfelelő burkolatot kell elhelyezni. Az eltérő burkolatok jó csatlakozásáról 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.

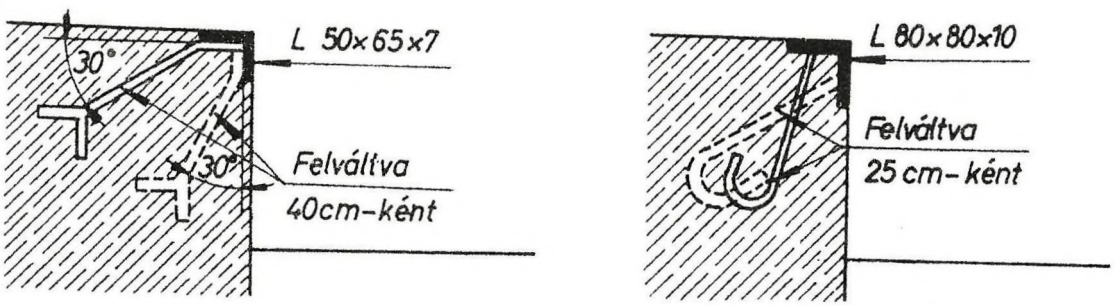
2.8.2.3. *Hídtartozékok*

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

2.8.2.3.1. *Pályaszegélyezés és pályacsatlakozás*

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

A gyalogjárdák és kerékhárítók belső élét ezért a megvédendő éleken élvédő idomacéllal látjuk el, amelyhez általában L alakú, 50-65-7 mm minimális mérettel bíró idomacélt használhatunk. Ezt a kerékhárítóhoz kampóban végződő, 20-25 cm hosszú, 12-14 mm átmérőjű köracélok kötik. Ezeket az idomacél száraira 40 cm-ként váltakozva kell felhegeszteni, majd betonozáskor a védendő élen elhelyezni (2.8-24. ábra).



2.8-24. ábra.
Élvédő idomacél elhelyezése

A pályacsatlakozásnál akkor kell élvédő idomacélt alkalmazni, ha a hídpálya burkolata és a csatlakozó út burkolata különböző. A lezáró idomacél L 80-80-10 vagy ehhez közelálló méretű lehet, s az élvédő idomacélhoz hasonlóan kell elhelyezni.

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

2.8.3.2. *Hidak víztelenítése és szigetelése*

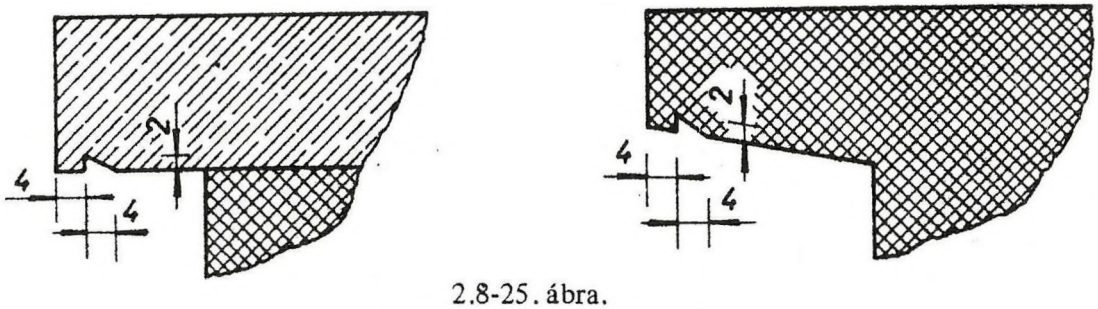
A híd szerkezeti elemeit a víz káros hatásától meg kell védeni. A víz egyrészt az acél rozsdásodását idézi elő, másrészt a repedésekben megfagyva repesztő hatást fejt ki. Ezek a káros jelenségek a híd élettartamát csökkentik, a nedves felületeken kialakuló mészkiválások, rozsdafoltok esztétikai hatása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

A betonszerkezetek víz elleni védelmének alapja az, hogy a szerkezeteket önmagukban vízzáróvá építjük. A vízzáróságot a megfelelően tömör, repedésmentes beton előállításával biztosíthatjuk, amely az adalékanyag jó minőségével, hézagminimumot kielégítő szemszerkezettel, gondos betonozással és utókezeléssel érhető el.

A teljes repedésmentességet csak a szerkezeti elemek feszítésével valósíthatjuk meg. Minden esetben, ha a szerkezet feszítés nélkül készül, szabályos szigetelőréteget kell a betonra fektetni, s a felületeket minden esetben úgy kialakítani, hogy rajtuk a víz ne állhasson meg, elvezetésükről pedig vízelvezető berendezéssel kell gondoskodni.

Vízelvezető berendezés a csepegő (vízorr), a víznyelő, a vízelvezető cső és a folyóka.

Csepegőt vagy más néven vízorrot ott 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 (2.8-25. ábra).

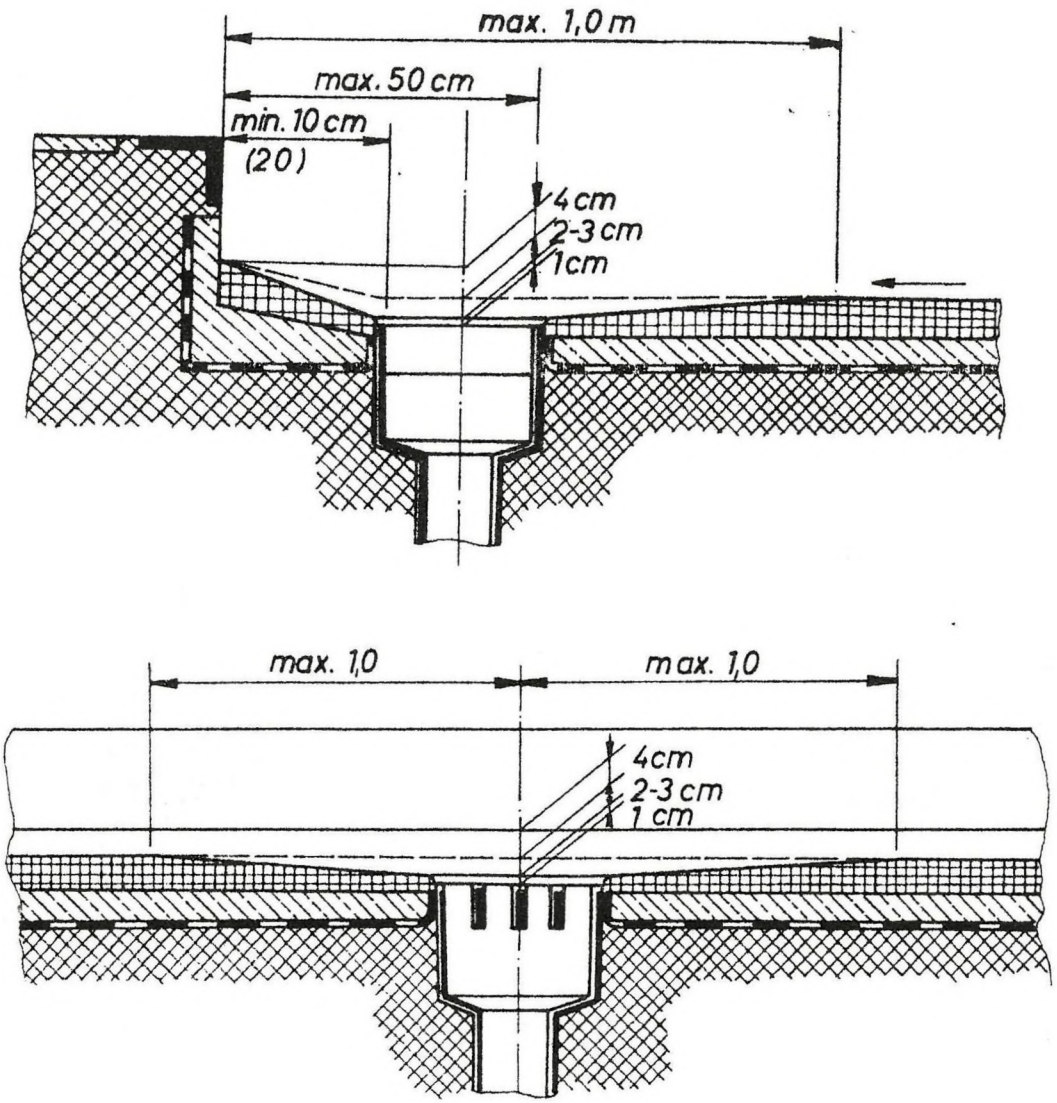


2.8-25. ábra.
Csepegő kialakítása

A kiemelt szegély mentén a hídpályáról összegyülő vizet víznyelő vezeti 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, hogy a víznyelőből kifolyó vizet a szél ne csapja a szerkezetre (a visszaesés szöge a függőlegeshez 45^{o}-nak vehető) és hogy a kicsurgó víz ne kerüljön burkolatlan földfelületre.

A víznyelőt vasráccsal kell ellátni, amelynek nyílása 2,5-3,5 cm nagyságú lehet. A víznyelőrács teljes felületét úgy kell megállapitani, hogy a vízgyűjtőterület minden m^2-ére 1,5 cm^2 hasznos rácsfelület jusson. A víznyelő függőleges vagy ferde, a könnyű tisztíthatóság érdekében azonban lehetőleg mindig egyenes tengelyű legyen. A víznyelők különböző kialakítását a 2.8-26. ábrán mutatjuk be.

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 kőrakat védi az eltömődéstől (2.7-38. ábra).

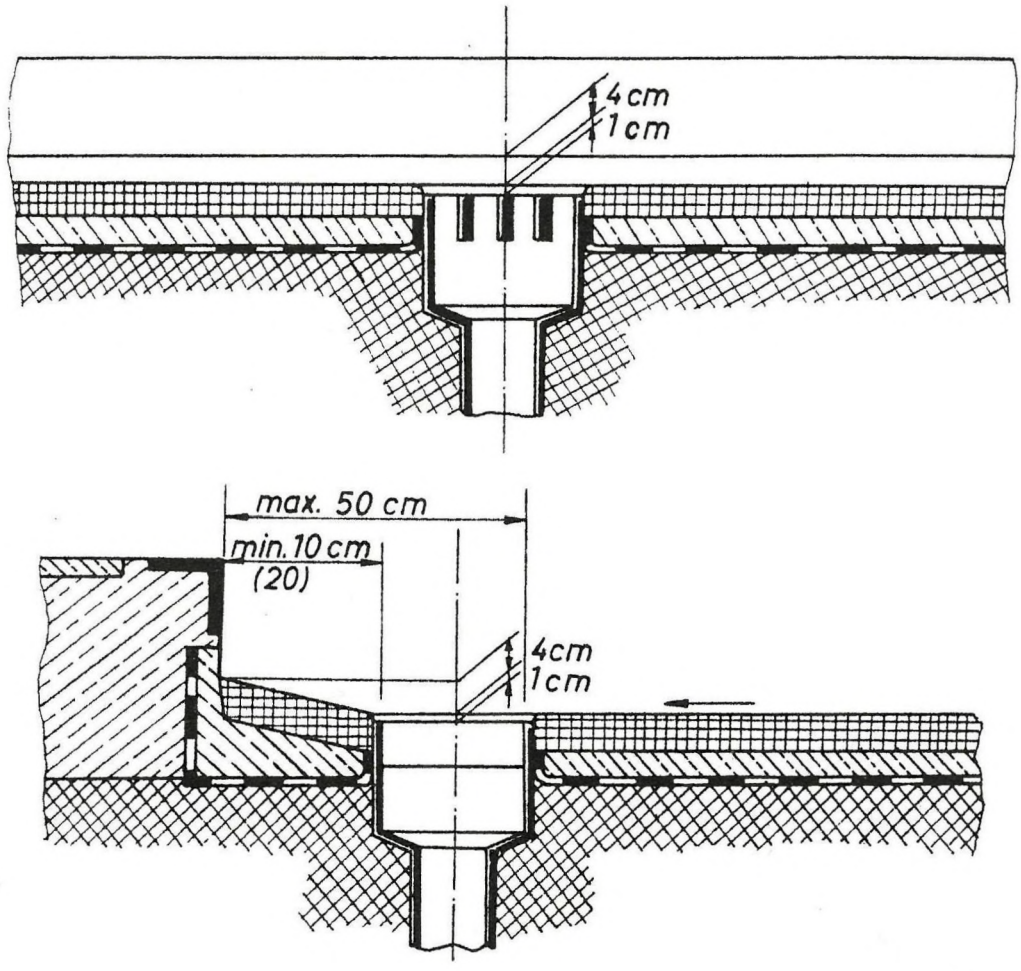


2.8-26. ábra.
Víznyelők elhelyezése és kialakítása
a/ 0,0-0,1 % hosszesésű pályán

A hídpálya felületéről és a csatlakozó felületről lefolyó víz gyors elvezetésére a rézsűn folyókát kell készíteni (2.8-27. ábra). Fontos, hogy a töltés ülepedése, valamint a fagy ne tegye a folyókát használhatatlanná. Anyaga beton vagy nagyszilárdságú fagyálló kő.

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

Víz elleni szigetelőanyagként bitumenes mázak és lemezek használhatók. Ezeket a pályalemezen, valamint a hídfők és szárnyfalak hátfalán kell elhelyezni. A szigeteléssel ellátott felületek 1-2 %-os esést kapjanak és éles élek, vápák sarkok nélkül készüljenek.

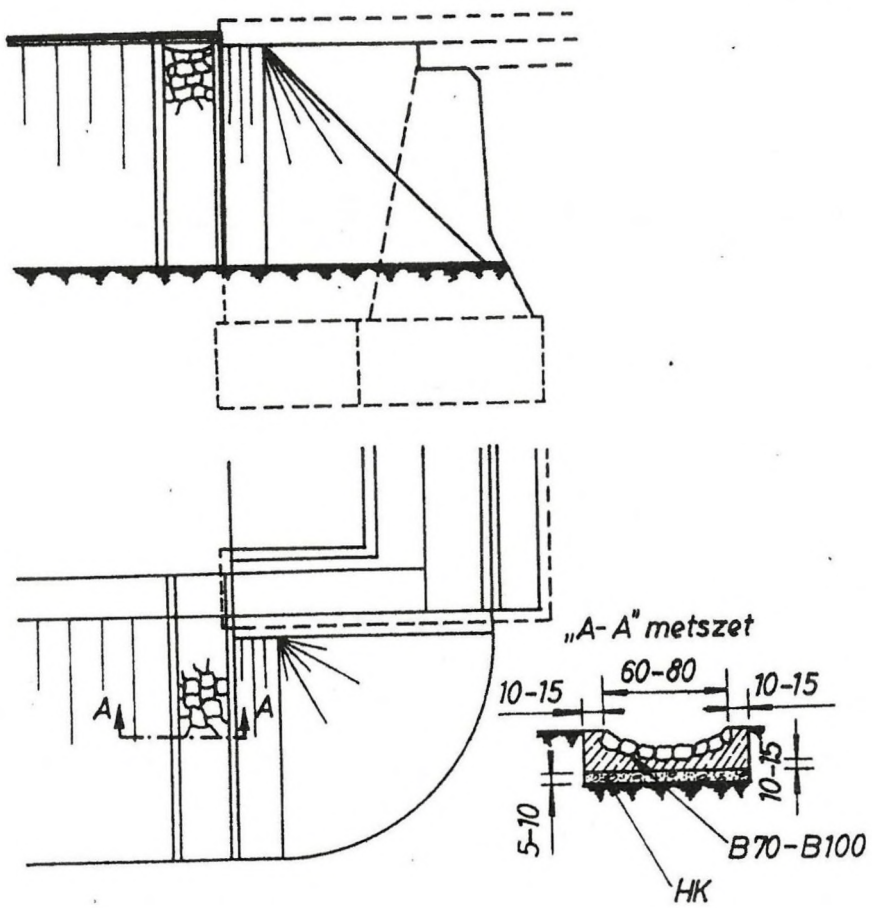


2.8-26. ábra.
Víznyelők elhelyezése és kialakítása
b/ 0,1 %-nál nagyobb hosszesésű pályán

Mázas szigetelésnél először a hideg alapmázat kell felhordani, majd erre általában két réteg forró fedőmáz kerül. A mázas szigetelés összvastagsága kb. 0,5 mm.

Ragasztott lemezszigetelés készítéséhez bitumenes papírt vagy jutalemezt használunk. 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 összvastagsága kb. 1 cm.

A szigeteléseket a mechanikai sérülésektől, a csapadékvízzel való közvetlen érintkezéstől és a deformációtól védőréteggel óvhatjuk meg. A védőréteg általában finom szerkezetű beton, amely vékony kiegyenlítő betonrétegen fekszik. A max. 15 mm szemnagyságú adalékanyaghoz min. 180 kg/m^3 portlandcementet kell adni. Célszerű, sőt szükséges a függőleges vagy ehhez közelálló felületeken a védőrétegbe kb. 3 mm vastag drótból készült hálót elhelyezni. A cementadagolás ilyenkor min. 250 kg/m^3 legyen. A védőréteg szokásos vastagsága 4 cm.



2.8-27. ábra.
Folyóka

2.8.2.3.3. *Korlátok*

Az erdőgazdaságokban épülő hidak korlátait a következő előírások szem előtt tartásával kell kialakítani és elhelyezni. Az előírásoktól eltérni csak úgy szabad, hogy a korlát életvédelmi feladatát továbbra is ellássa.

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 kisebb, mint 200 m. Az úton meglévő vagy tervezett korlát ilyenkor változatlanul átvezethető.

A kiemelt szegélysávon vagy gyalogjárdán acél hídkorlátot kell elhelyezni. Az acél hídkorlát magassága kiemelt szegélysáv felső síkja felett 0,90 m, gyalogjárda felső síkja felett 1,00 m. A függőleges osztólécek közei maximum 15 cm, a vízszintes osztólécek közei maximum 20 cm távolságra lehetnek. A Közúti Hídszabályzat ezen előírásait lakott területtől távol eső erdészeti hidak esetén vegyük fontolóra, a vízszintes és függőleges osztólécek távolságát 30 cm-re is tervezhetjük.

Uzemi korlátot ideiglenes hidaknál használunk, amely 90 cm magas és 2 db, egymástól 45 cm-re elhelyezett vízszintes tagból áll.

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

A korlát végének lezárására és védelmére falazott terméskő oszlopot vagy km követ helyezhetünk el, amely az esetleges ütközéseket is csillapítja.

Vasbeton lemezhidak korlátai készülhetnek idomacélból és vasbetonból. Az idomacél korlátokat legalább 3,00 m-ként rögzíteni kell idomacél lábbal, esetleg terméskőből készült oszloppal. Az idomacél lábakat a kerékhárítóba betonozzák, vagy a kerékhárító külső oldalába betonozott acélkengyelre (Ø 15-20 mm) csavarozzák utólag (2.8-30. ábra).

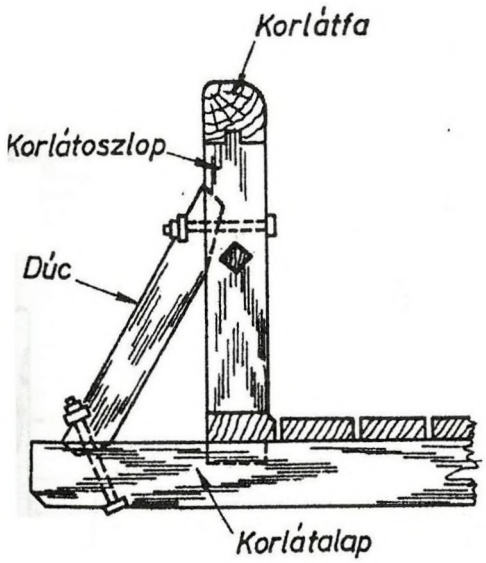
A korlát készítésére alkalmas idomacélok:

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

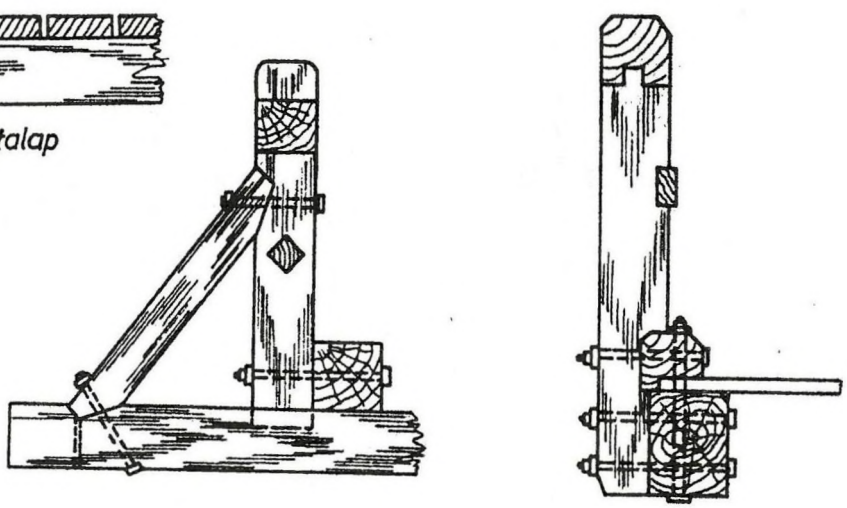
A kötések hegesztéssel vagy szegecseléssel készülhetnek.

Az egyszerű gerendatartós hidak korlátai készülhetnek fából vagy idomacélból. Az idomacél korlátok a vasbeton lemezhidak korlátaihoz hasonlóak és a szélső tartókhoz erősítettek.

A fakorlát részei a korlátoszlop, a korlátfa, és a korlát alap (2.8-28. ábra). A korlátoszlopot a duc támasztja meg. Az esetleges balesetek megelőzése miatt a korlátfát le kell gömbölyíteni. Befelé hajló ducot elhelyezni nem szabad. A leggyakoribb megoldásokat a 2.8-29. ábrán mutatjuk be.



2.8-28. ábra.
Fakorlát részei



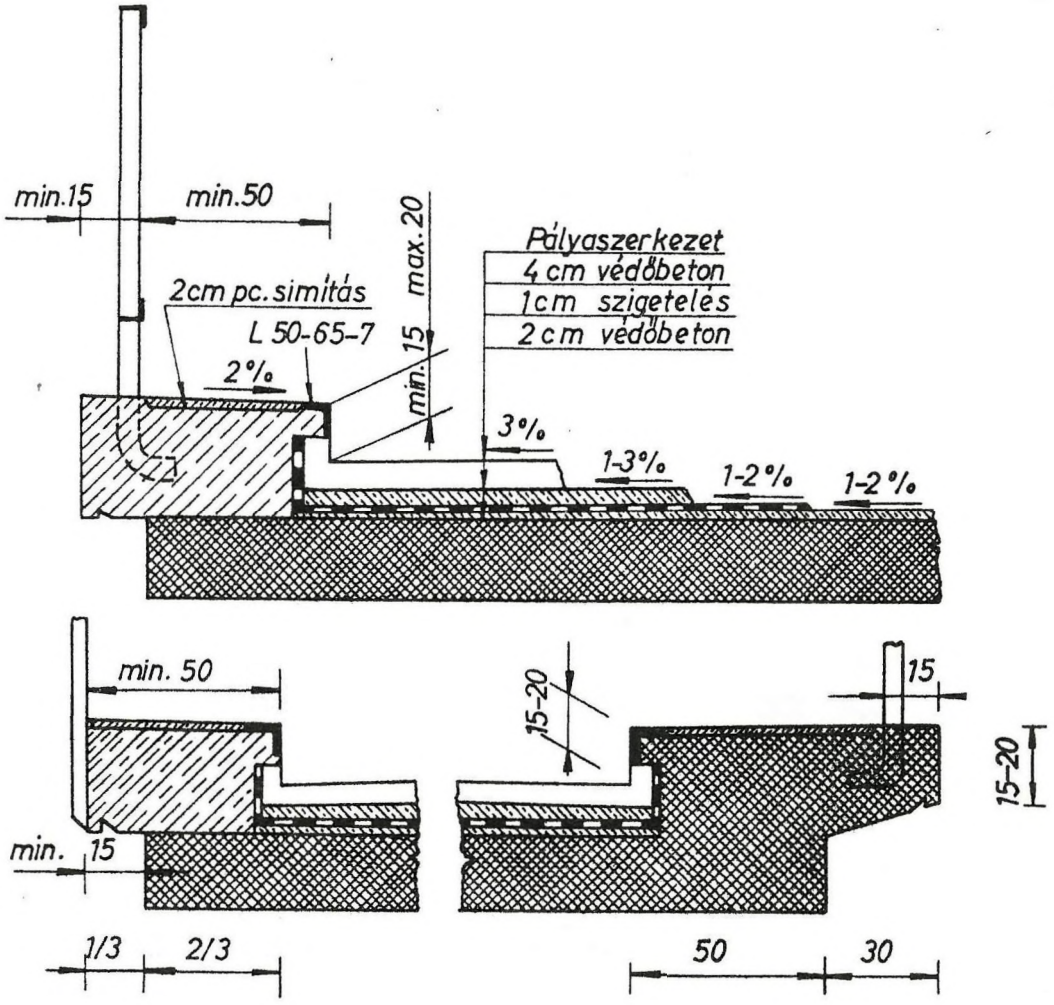
2.8-29. ábra.
Fakorlátok

2.8.2.3.4. *Kerékhárítók, gyalogjárdák*

Állandó jellegű hidakon minimálisan 0,50 m széles kerékhárítót kell elhelyezni. A kerékhárító magassága a kocsipálya felső szintjéből legalább 0,15 m, legfeljebb 0,20 m legyen.

A kerékhárító végigfut a felszerkezeten, párhuzamos szárnyfalakon a szárnyfal végéig tart. Vasbeton lemezhidon a kerékhárítót úgy kell elhelyezni, hogy 2/3 része a lemezen legyen. A túlnyúló rész alján csepegőt kell kialakítani a korábban elmondottak szerint. Felső síkját 2 cm portlandcement simítással kell ellátni, és úgy kiképezni, hogy 1-2 %-kal a pálya felé lejtsen (2.8-30. ábra). A kerékhárító betonból készül, amelynek anyaga vagy megegyezik a lemez anyagának minőségével, vagy B 140 minőségű.

A kerékhárító végét 0,50 m sugarú, vízszintes negyedkörrel kell befejezni, hogy az esetleg nekiütköző kerék gumiabroncsát a sérüléstől megvédjük.



2.8-30. ábra.
Vasbeton lemezhidon kialakítható kerékhárítók

Egyszerű gerendatartós hidakon kerékhárító és gyalogjáró elhelyezése a kis áthidalt nyílás miatt általában nem szükséges. Néhány alkalmazható megoldást a 2.8-31. ábrán mutatunk be.

2.8.2.4. *Az alépítmény kialakítása*

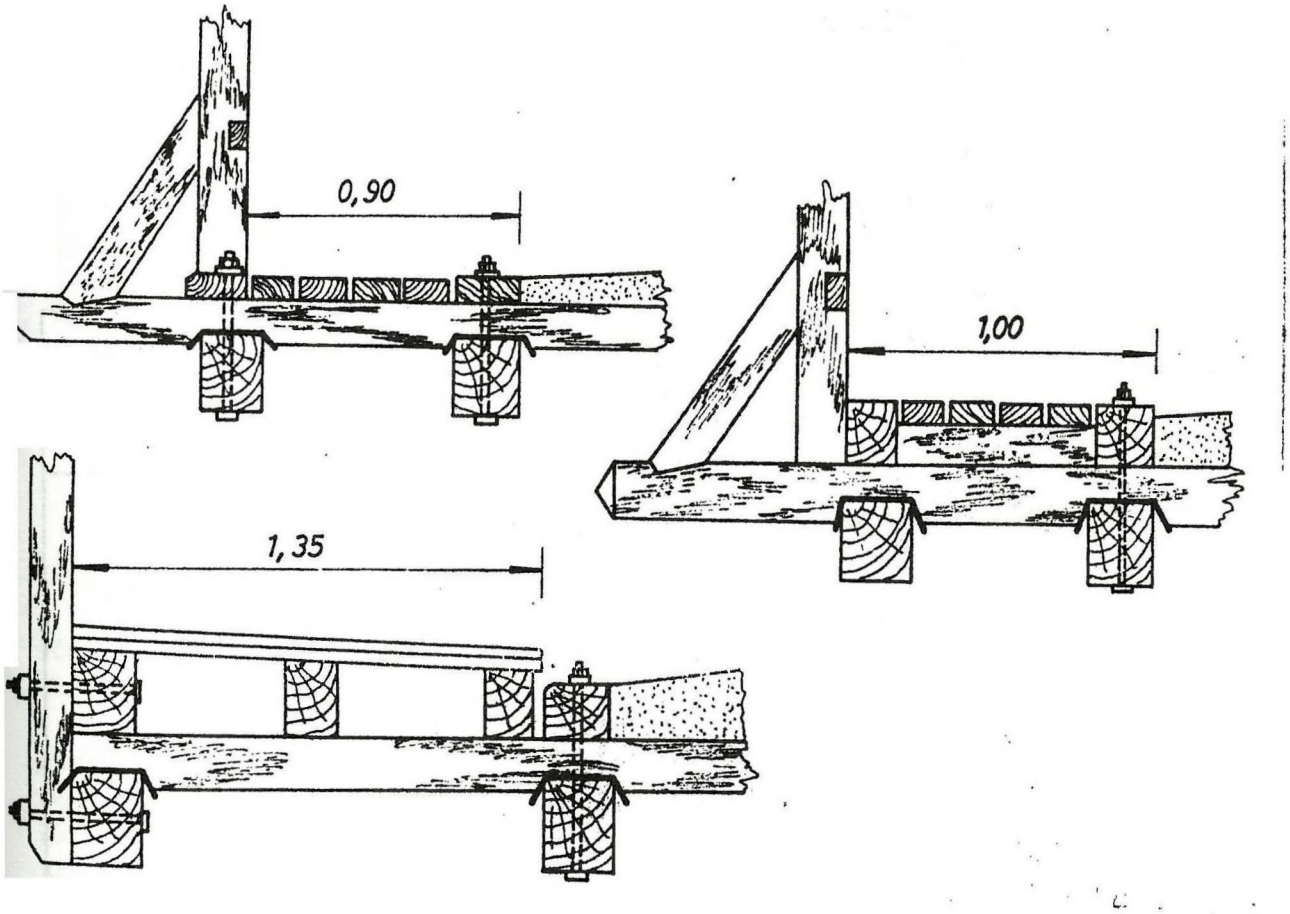
2.8.2.4.1. *Hídfők és pillérek*

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

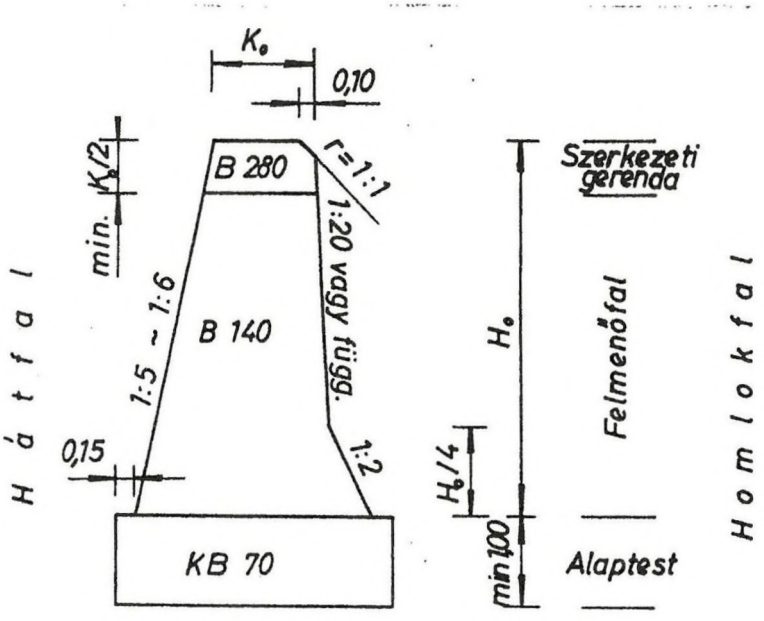
Az erdészeti gyakorlatban alkalmazott monolit (helyszínen gyártott) vasbeton lemezhidaknál a súlytámfalszerű elrendezéssel kialakított hídfők terjedtek el. Ezek betonból vagy vasbetonból készülhetnek, amelyeket esztétikai okokból esetleg terméskővel burkolhatunk. Tisztán terméskőfalat akkor célszerű 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.

A hídfő felmenő fala a szerkezeti gerenda kivételével B 140 betonból készül. A hátfal rézsűje 1:5, 1:6, a homlokfalé 1:20. Három méter magasságig a homlokfal függőleges is lehet.



2.8-31. ábra.
Gyalogjárók és kerékhárítók kialakítása fahidakon



2.8-32. ábra.
Súlytámfalszerűen kialakított hídfő

A homlokfal alsó 1/4 része 1/2 rézsűvel is kialakítható, ha a méretezésnél erre az erősítésre szükség van (2.8-32. ábra).

A felmenőfalat felül a szerkezeti gerenda zárja le. Ez a főtartót közvetlenül alátámasztja és a terheket a kisebb szilárdságú felmenőfalon elosztja. Anyaga a lemez anyagával megegyező, de legalább B 280 minőségű beton. A szerkezeti gerenda koronaszélességét a 2.8-3. táblázat a hídfő magasságának függvényében tartalmazza, vastagság 0,4-0,6 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 miatt.

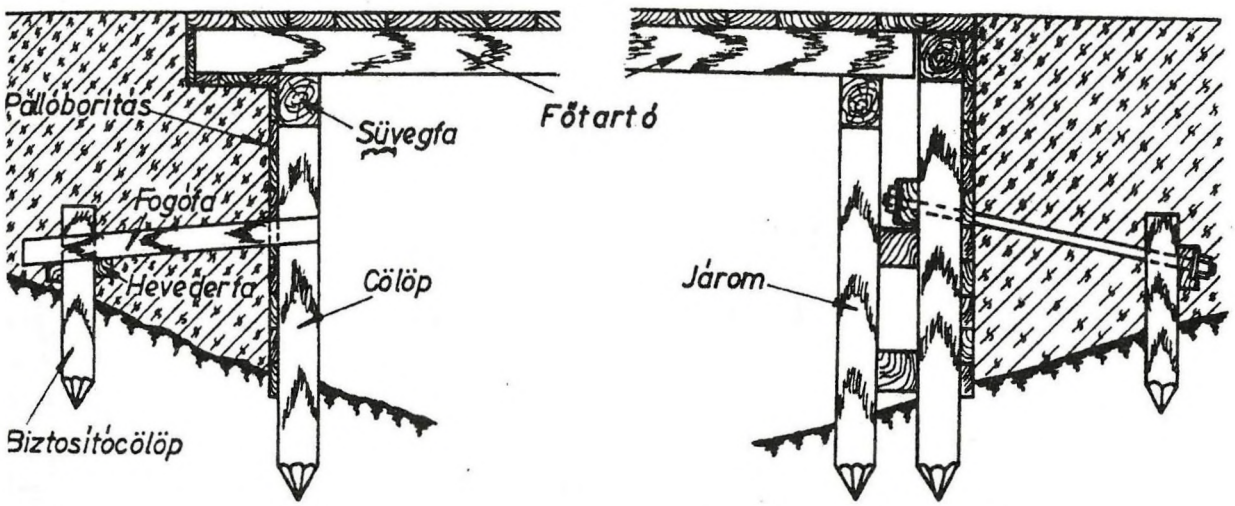
2.8-3. táblázat.

Irányértékek hídfők koronaszélességének megválasztásához

Magasság		Méret	Magasság		Méret	Magasság		Méret
m	cm	K_O m	m	cm	K_O m	m	cm	K_O m
1	00	0,60	3	00	0,75	5	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	0,66	4	00	0,84	6	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

A hídfő felmenőfala az alaptesten nyugszik. Anyaga úsztatott beton, amelyhez B 70 betont és max. 30 % követ használhatunk. 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 a fagyhatár alatt legyen.

Ideiglenes jelleggel épülő fahidak hídfői fából is készülhetnek (2.8-33. ábra). A hídfő ebben az esetben egyszerű függőleges helyzetű földbe vert cölöpsorból áll, amelyet felül süvegfa zár le. A cölöpöket úgy kell kiosztani, hogy minden tartó alá egy cölöp kerüljön. A cölöpöket a teherbíró talajba 0,5 m mélyen kell leverni. A földnyomás kifordító hatása ellen úgy védekezhetünk, hogy a földmű szakadólapja mögé biztosítócölöpöket verünk le, amelyekhez cimborakötőként kialakított fogófák kötik a főtartót alátámasztó cölöpöket. A biztosítócölöpöket az együttdolgozás érdekében hevederfával is össze lehet kötni.



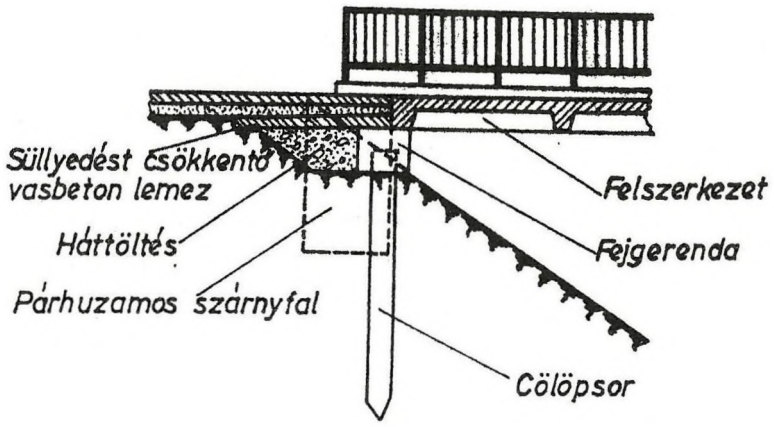
2.8-33. ábra.
Fahidak hídfői

A cölöpök mögé pallóborítás kerül, amely megakadályozza, hogy a föld a híd nyílásába ömöljön.

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

A hídfők töltést lezáró szerepétől eltekinthetünk, ha a csatlakozó pályát homlokrézsűvel zárjuk le. Ilyenkor a híd végeit pillérszerű megtámasztással támasztjuk alá (cölöpöjárom hídfő, rejtett hídfő) (2.8-34. ábra). A megoldás hátránya, hogy a felszerkezet hossza jelentősen megnyúlik, esetleg közbenső alátámasztás – pillér – is szükségessé válik. Előnyként jelentkezik, hogy a nagy tömegű helyszínen készülő alépítmény helyett egy előregyártott elemekből felépíthető, földművel takart szerkezetet alakíthatunk ki.

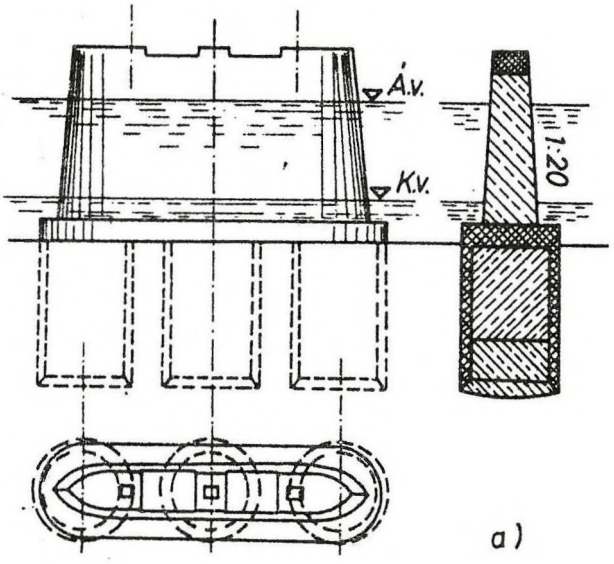
A pillérszerűen kialakított hídfő végeredményben cölöpökre épített fejgerenda, hasonlítanak a fahidak cölöpökkel kialakított hídfőihez. A talajba kerülő cölöpök az előregyártott vagy monolit alap (talpgerenda) kehelyfészkeibe befogott előregyártott vasbeton oszlopok. Felső végét

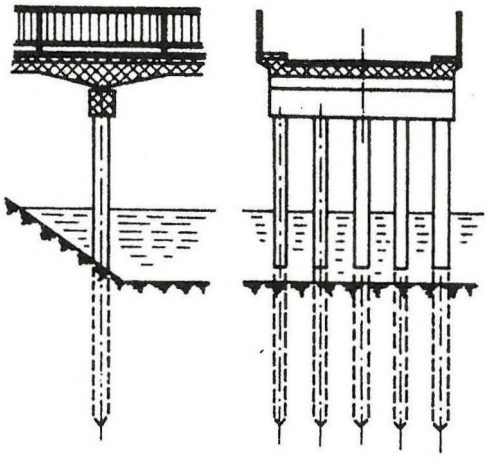


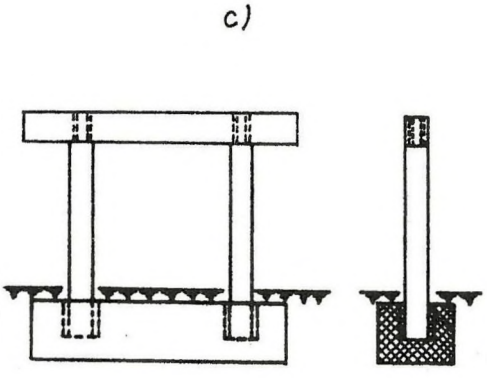
2.8-34. ábra.
Cölöpjárom rejtett hídfő

vasbeton fejgerenda zárja le amely ugyancsak monolit szerkezet, de célszerűbben előregyártott elem is lehet. A főtartó erre a fejgerendára támaszkodik.

A hídfők közötti alátámasztását pillérnek nevezzük. Ezek csak a szerkezet terheit hordozzák, földnyomás nem hat rájuk. Kialakításukat célszerű a hídfővel összhangban megoldani. Súlytámfalszerű hídfők közé, hozzájuk hasonló masszív pilléreket építünk. Ezek anyaga azonos a hídfő anyagával, felül szerkezeti gerenda zárja le (2.8-35/a. ábra). A pillérek szelvé-







2.8-35. ábra.
Pillérek
a/ masszív pillér, b/ cölöpjármos pillér, c/ előregyártott vasbeton pillér

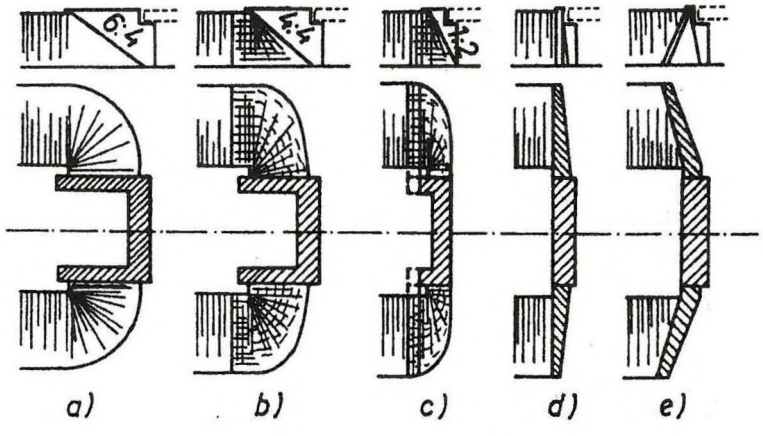
nyét úgy kell kialakítani, hogy az a legcsekélyebb duzzasztást idézze elő a vízfolyásban. A pillér első sodorirányú élét fagyálló terméskőből kell építeni, vagy élvédő szögacéllal kell lezárni, megakadályozva ezzel a mechanikai sérüléseket.

A rejtett hídfők között – különösen, ha jégjárástól nem kell tartani – célszerűen cölöpjárom pilléreket építünk. Ezek a mederbe levert cölöpök, vagy a talpgerendába befogott előregyártott oszlopok, amelyek felső végét előregyártott vagy monolit fejgerenda zárja le (2.8-35/b., c. ábra).

2.8.2.4. *Szárnyfalak töltéscsatlakozás*

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

Építhetők az úttengellyel párhuzamosan, arra merőlegesen vagy ferdén. Igy beszélünk párhuzamos, merőleges és ferde szárnyfalról (2.8-36. ábra).



2.8-36. ábra.
Szányfalak
a, b/ és c/ párhuzamos szárnyfal föld- kővel borított föld- és kőkúppal, d/ merőleges szárnyfal, e/ ferde szárnyfal

Kialakításuk szintén súlytámfalként történik, s a hídfővel többnyire egybeépítik.

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

Legkisebb koronaszélességük:

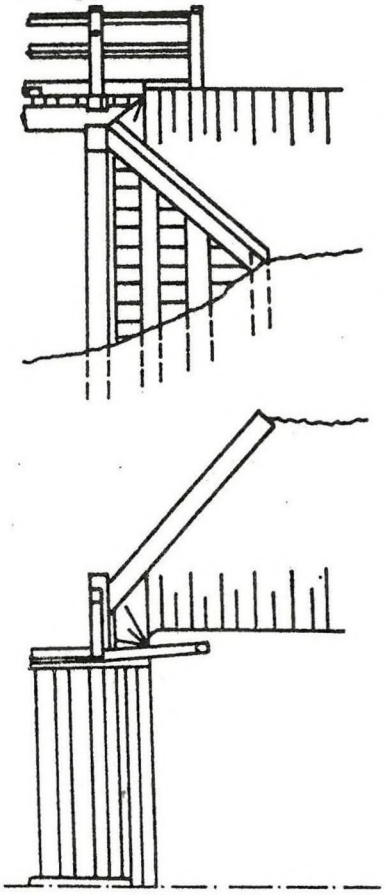
betonból	0,50 m
terméskőből	0,60 m.

A párhuzamos szárnyfal hossza a csatlakozó töltés, valamint a lezáró kúp rézsűitől függ. Lényeges, hogy a szárnyfal a kúp csúcspontjánál legalább 0,5 m-rel mélyebbre nyúljon a töltésbe.

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 20-40^{o} között

változhat. Mind a merőleges, mind a ferde szárnyfalat támfalként méretezzük a közepes magasságra. A koronaszélességre vonatkozó adatokat a 2.8-1. táblázat tartalmazza, ahol a választható koronaszélességet az átlagos falmagasság függvényében az 1 m túltöltésnek megfelelő koronaszélesség jelenti.



2.8.-37. ábra.
Fahidak ferde szárnyfala

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.

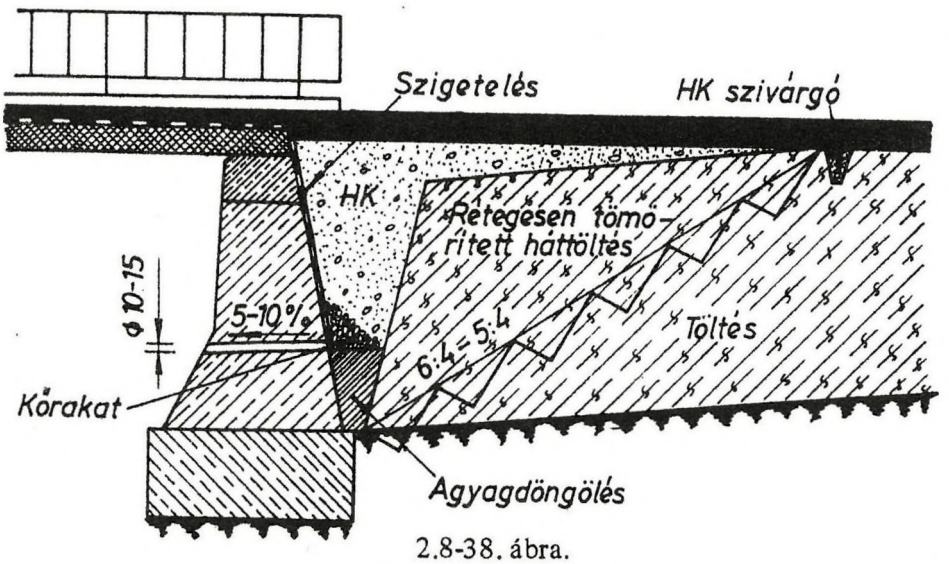
A merőleges és ferde szárnyfal hossza a csatlakozó töltés rézsűjétől függ. Amennyiben a szárnyfal nem a rézsű és a terep metszésvonaláig tart, a földmű többi részének megtámasztásáról föld, kő vagy kővel borított földkúppal kell gondoskodni.

A töltéslezáró kúpok kialakítása megegyezik a támasztófalaknál elmondottakkal.

Az ideiglenes fahidak cölöpözött hídfőihez ferde szárnyfalat célszerű csatlakoztatni. A szárnyfal ilyen esetben egy cölöpsorból áll, amelyre a töltés felőli oldalon pallóborítást rakunk, ez megakadályozza, hogy a hídnyílásba föld hulljon. A cölöpök és a pallóborítás magassága megegyezik a töltési rézsű síkjának magasságával. A földnyomás kifordító hatása ellen ugyanúgy védekezhetünk, mint ahogy azt a facölöpös hídfőknél láttuk (2.8-37.).

Az út töltésének csatlakozását a hídfőhöz és szárnyfalhoz megfelelően biztosítani kell. A hídfő szigetelése nem elegendő a megfelelő vízvédelemre, ezen kívül gondoskodni kell a háttöltésbe szivárgó víz elvezetéséről is, amely az altalaj átázását, illetve a víznyomásból fakadó többletterhelés fellépését hivatott megakadályozni.

A háttöltés aljára, a vízelvezető cső magasságáig agyagdugót kell készíteni, melynek felső szintje a cső felé lejt. Erre ajánlatos egy egyenletes szemnagyságú durvább anyagból álló – szűrőként szereplő – réteget teríteni, vagy kőrakatot elhelyezni. A háttöltés többi részét célszerű homkos kavicsból készíteni, gondos, rétegenkénti tömörítéssel (2.8-38. ábra).



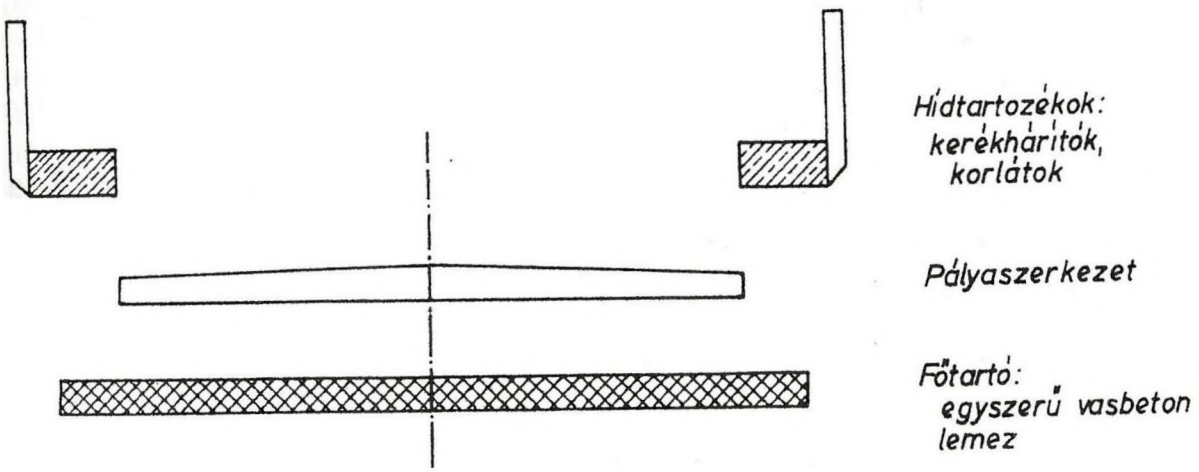
2.8-38. ábra.
Háttöltés kialakítása

A hídfő és az út töltése alatti talaj különböző mértékű összenyomódása, valamint a töltés utólagos tömörödése miatt a burkolaton a forgalomra káros bukkanók, lépcsők keletkeznek. Ez a bukkanóképződés teljesen nem szüntethető meg, de törekedni kell a csökkentésére. A gondos tömörítésen kívül meg kell akadályozni, hogy a háttöltésbe víz kerüljön, ezért a hídpálya felületéről és a csatlakozó úttestről lefolyó víz gyors elvezetését meg kell oldani. A hídfő előtt a hidon 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.

2.8.2.5. *A felszerkezet kialakítása*

2.8.2.5.1. *Vasbeton lemezhidak*

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



2.8.-39. ábra.
Egyszerű vasbeton lemezhíd felszerkezete

Az egyszerű vasbeton lemezhidak főtartója egy merevítés nélküli vasbeton lemez. A négyszög keresztmetszetű lemez széleit utólag készített soványbeton kerékhárító zárja le, amely nem vesz részt a teherviselésben (2.8-39. ábra). A kerékhárító építésénél is ügyelni kell arra, hogy az a szerkezet erőjátékában valóban ne vegyen részt, vagyis meg kell akadályozni, hogy bennük számotteyő 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 terhek hatásából származó fe-

szültségek megszüntetése érdekében a kerékhárítót úgy építjük meg, hogy a híd hossztengelyére merőlegesen építési hézagot hagyunk, vagyis a kerékhárítót részletekben építjük meg, a szakaszok határait bitumenes lemezragasztással látjuk el és így csatlakoztatjuk a későbbi részeket. A kerékhárítót betonacél tüskék kötik a lemezhez, amelyeket mindegy 0,50 m-ként betonozzuk a lemezbe.

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

Az egyszerű vasbeton lemez minimális szélessége az út koronaszélességével egyenlő:

$$\ell_y = K$$

A vasbeton lemez teljes hosszát a hídnyilás és a két hídfő koronaszélességének összege adja.

A lemez minimális vastagsága:

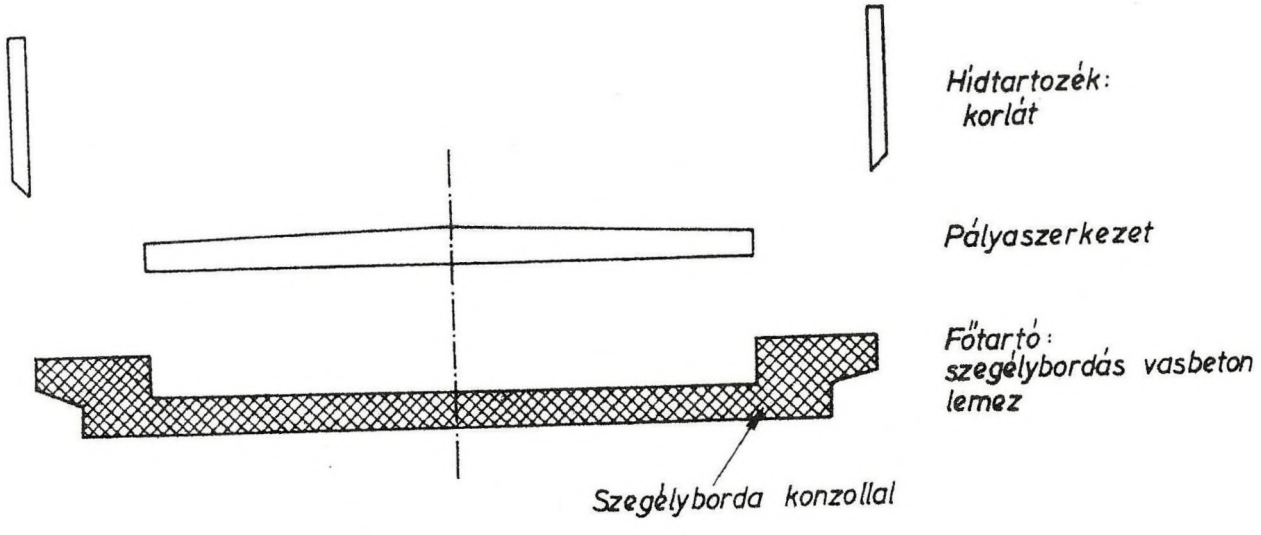
$$v = \ell_x/30$$

de legalább 12 cm.

Az ajánlott lemezvastagság:

$$v = \ell_x/11 \sim 17$$

Szegélybordás vasbeton lemezhidaknak nevezzük azokat a lemezes áthidaló szerkezeteket, amelyeknél a hídtengellyel párhuzamos, alá nem támasztott széleken egy borda – az ún. szegélyborda – található (2.8-40. ábra). A lemez a szegélybordával együtt viseli a terheket. A gyakorlatunkban alkalmazott hídaknál 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 együttdolgozását biztosítani kell.



2.8-40. ábra.
Szegélybordás vasbeton lemezhíd felszerkezete

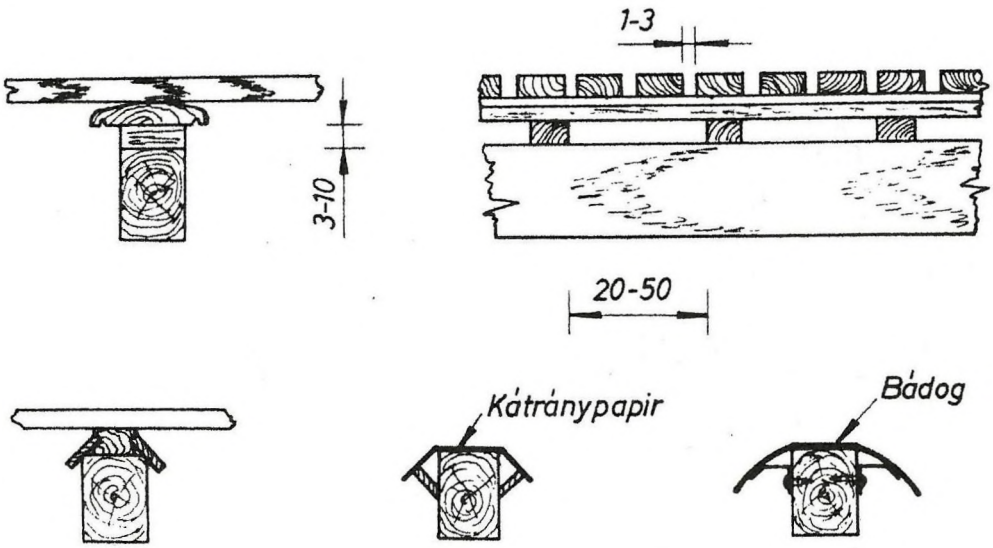
A szerkezeten elhelyezett terhek egy része a hídtengellyel párhuzamosan közvetlenül az alátámasztásra jut, másik részét a lemez keresztirányban a szegélybordára juttatja. A terhelés fennmaradó része tehát a szegélybordán keresztül jut az alátámasztásra.

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

2.8.2.5.2. *Egyszerű gerendatartós hidak*

Az egyszerű gerendatartós hidak főtartója fa vagy acélgerenda. Ezekre merőlegesen pallóborítás vagy más olyan szerkezet kerül, amelyen az útburkolat átvezethető.

Az egyszerű gerendatartós fahidak főtartói gömbölyű, kétoldalt bárdolt, tompaélű vagy élesélű gerendák, jó minőségű, elsőosztályú anyagból készítve. A gerendákat a víztől óvni kell. A védőberendezés lehet pallóborítás, amely legalább 5 cm-rel a gerenda szélén túlnyúlik, fekhet a gerendán közvetlenül vagy lécek közbeiktatásával. Ez utóbbi megoldás a jobb szellőzést biztosítja (2.8-41. ábra). A védelmet elláthatja még bádog vagy bitumenes papírborítás. Mindkét esetben

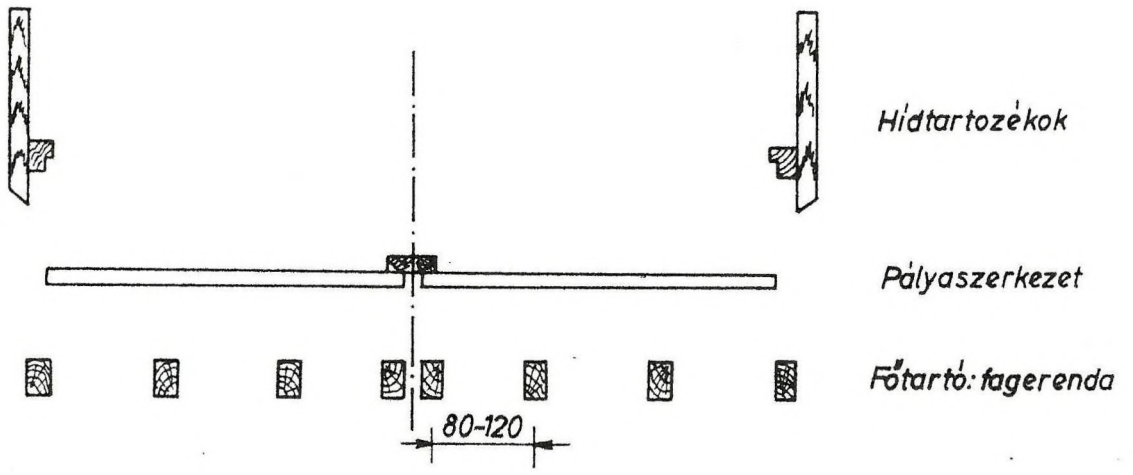


2.8-41. ábra.
Fatartók védelme víz ellen

ügyelni kell arra, hogy a védőlemezek ne legyenek szegezve mert a szeglyukon beszivárgó víz, – mivel nem tud eltávozni – a gombásodásnak jó területet nyújt. A szélső tartók oldalfelületeit deszkázni szokták.

Az egyszerű fagerendatartós híd főtartóit egymástól 0,8-1,2 m távolságban kell elhelyezni, a távolság általában 1,0 m (2.8-42. 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 vízelvezetést. A tartógerendák bütüjére léceket szegezünk, ezekre pallóborítás kerül. A pallóborítás vagy deszkázás a gerendák alatt is folytatódik és a hídfő mögötti



2.8-42. ábra.
Egyszerű gerendatartós fahíd szerkezete

pallósorhoz csatlakozik. Ez az elrendezés lehetővé teszi, hogy a gerendákat minél kevesebb nedvesség érje, valamint biztosítja a bütük szellőzését, így lassítva a korhadást.

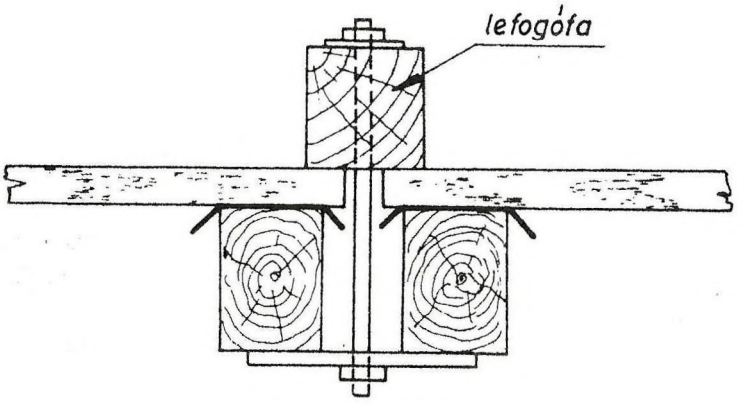
A gerendák elcsúszását a süvegfán a tartógerendára szegezett deszkával lehet megakadályozni.

Kőből vagy betonból készült hídfőkön ászokgerendán nyugszanak a főtartók. Az ászokgerendák mérete 20/20 vagy 26/26 cm méretűek és a hídfők szélétől min. 10 cm-re fekszenek. Nagyobb terhelés átadása esetén 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 cölöpös hídfőnél.

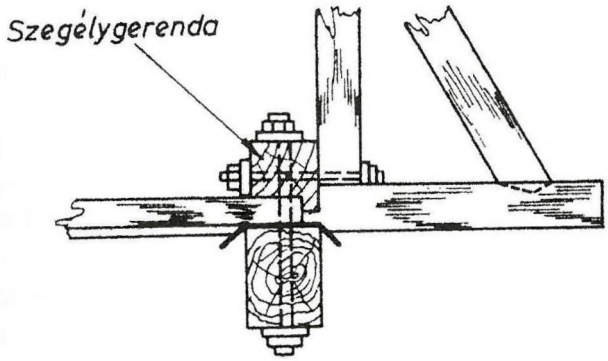
Az egyszerű gerendatartós fahidak pályája dobogóból és borításból áll. A dobogó fekszik fel a tartószerkezeten és viseli a terheket, a borítás a kopórétegnek felel meg.

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 tengelyére merőlegesen a víztelenítés céljából kis eséssel (2-5 %) vagy 1-3 cm-es hézagokkal kell a főtartóra erősíteni kovácsszeggel vagy csavarokkal. Szélesebb hidon a híd tengelyében két gerendát lehet közel egymáshoz elhelyezni, hogy a pallókat ütköztethessük. Ez azért célszerű, mert pallócserekor a híd egyik oldalán a forgalmat fenntarthatjuk (2.8-43. ábra). Ilyenkor a pallókat lefogófával erősítjük meg középen úgy, hogy a gerendák között lenyúló csavarokat vaslemezzel erősítjük a gerendákhoz.

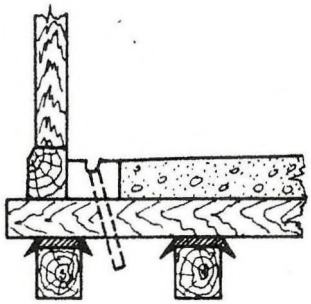


2.8-43. ábra. — Pallók rögzítése középen

A hídpálya szélén a pallókat szegélygerenda fogja le, amely a palló bütüjének egy részét is letakarhatja. A szegélyfa a legszélső tartógerenda oldalfalán minden esetben érjen túl, hogy a róla lefolyó víz a tartót ne érje (2.8-44. ábra).



2.8-44. ábra.
Szegélygerenda



2.8-45. ábra.
Kavicsolt pálya

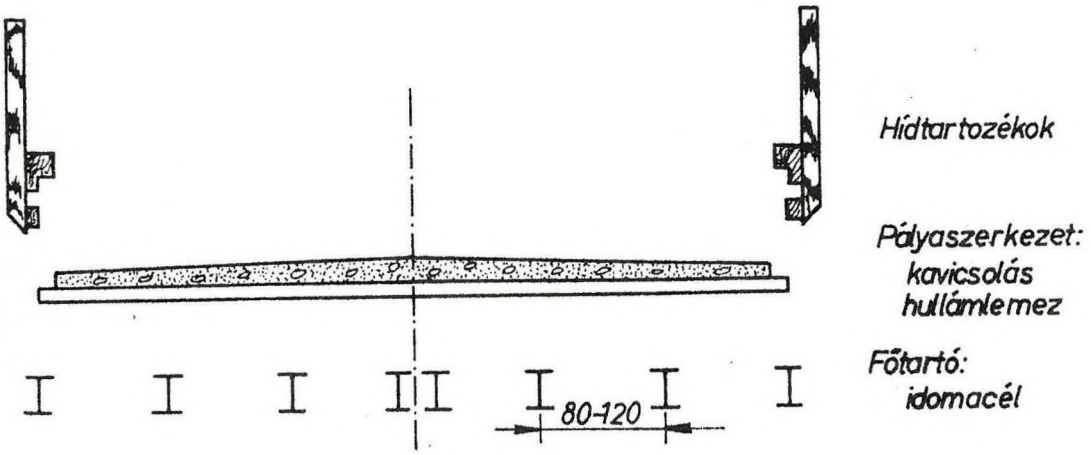
A gyalogjárót a szegélygerenda felső élével egy magasságban helyezzük el.

A legkedvezőbb pallóméret: 15-30 cm szélesség és 10-14 cm magasság.

Erősebb igénybevételű hidakon kettős pallóborítást szokás alkalmazni. Az alsó réteg a teherviselő, a felső a koptató réteg. A teherviselő réteg a hídtengelyre merőlegesen 1-2 cm-es közök beiktatásával nyer elhelyezést. 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 oszlatja el (2.8-45. ábra). Hátránya a nagy önsúly és a víztelenítés megoldása, mert a faanyag a vízáteresztő kavicsréteg alatt szigetelés nélkül idő előtt elkorhad. A kavicsborítás min. vastagsága 5 cm, felszíne a tengelytől 3-5 %-kal esik kifelé. A hídpálya két szélét szegélygerendák zárják le. Ezekben 2-4 m távolságban 20 cm hosszú kivágások vannak a kavicsban felgyülemlő víz elvezetésére. Erre a célra alkalmasak még a szegélygerendába vájt csatornák, amelyből a vizet csövön vezetik a híd alá.

10 m támaszközig használhatók az egyszerű acél gerendatartós hidak, amelyek főtartói hengerelt idomacél gerendák, általában I vagy U profillal. A főtartók távolsága 0,80-1,20 m, leggyakrabban 1,00 m (2.8-46. ábra).

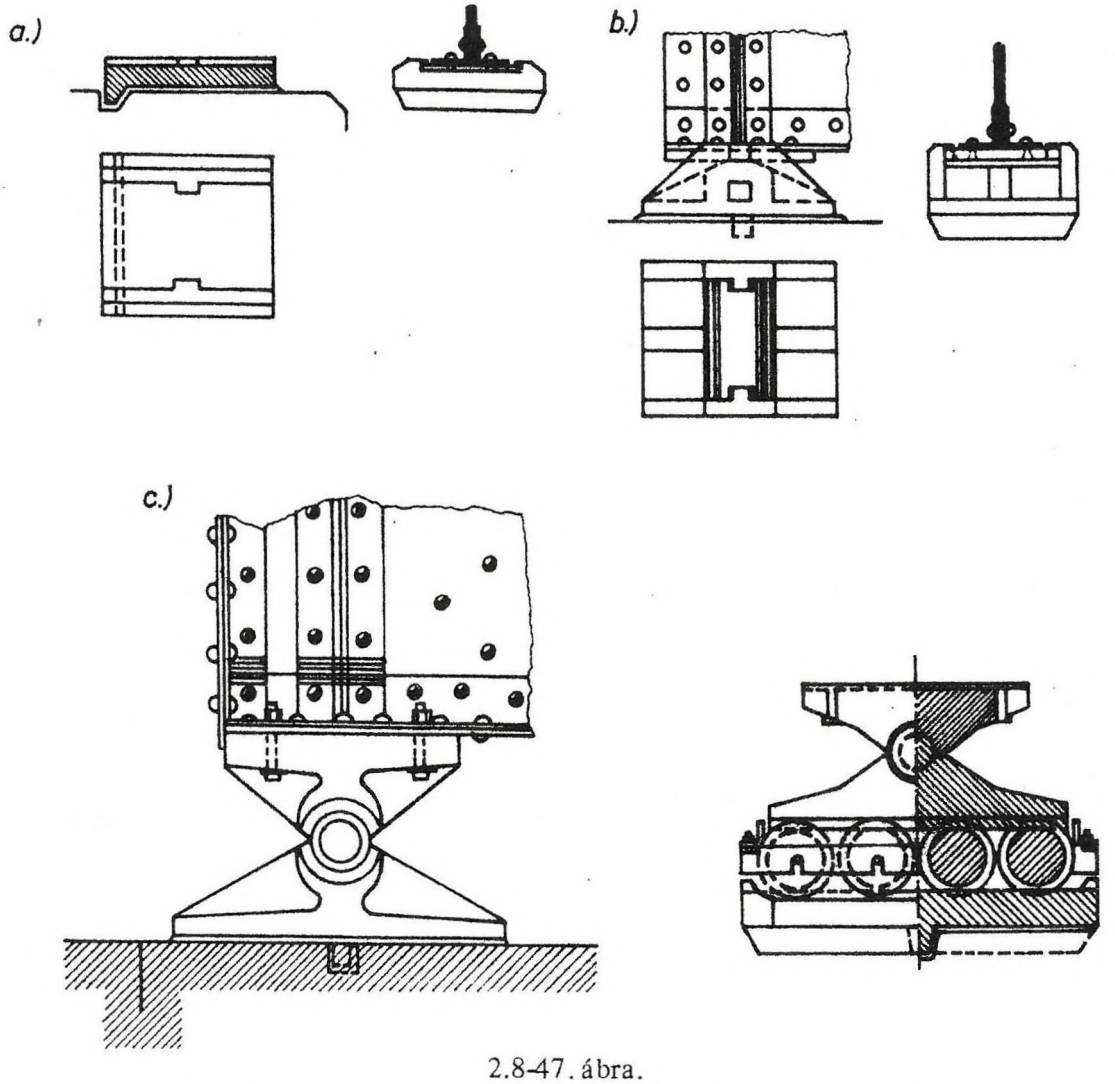


2.8-46. ábra.
Egyszerű gerendatartós híd felszerkezete idomacél főtartóval

Kis teherátadásoknál a főtartók közvetlenül a hídfőre kerülhetnek. Ilyenkor a hídfőre ólom- vagy vaslemez alátéteket kell elhelyezni, amelyek vastagsága 15-30 mm. A felfekvés hossza a tartómagasság másfélszerese. A tartók ászokgerendára is felfekhetnek.

Nagyobb tartók felfekvésénél biztosítani kell a pontosan meghatározott helyen történő alátámasztást, a hőokozta hosszváltozás felvételét, valamint a felfekvési él körüli szabad elfordulást. Ezen feltételek biztosítására a tartók alá sarukat kell elhelyezni (2.8-47. ábra). A legegyszerűbb szerkezetű saru egyik oldalán hengeresen kiképzett öntvény. Ezen a tartó mindig csak egy alkotó mentén fekszik fel. A tartó lcsúszását a saruról egy 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.



2.8-47. ábra.

a/ fix sarú, b/ mozgósarú Saruk c/ billenő és gördülő saruk

A befalazást úgy kell elkészíteni, hogy ne minősüljön merev befogásnak, amelyet a méretezés során is szabadon elfordulónak tekintünk.

Az ászokgerendára fekvő főtartók keresztirányú elcsúszását sínszeggel, vagy az ászokgerendára erősített deszkával lehet meggátolni.

Az acélhidak pályája kialakítható pallóborításként a fahidaknál tárgyalt módon. A csatlakozó út kavicspályájának átvezetését a főtartókon keresztben elhelyezett idomacélokkal oldhatjuk meg.

A korlátok acélból vagy fából készülhetnek.

2.8.2.5.3. *Előregyártott elemek felhasználásával készülő felszerkezet*

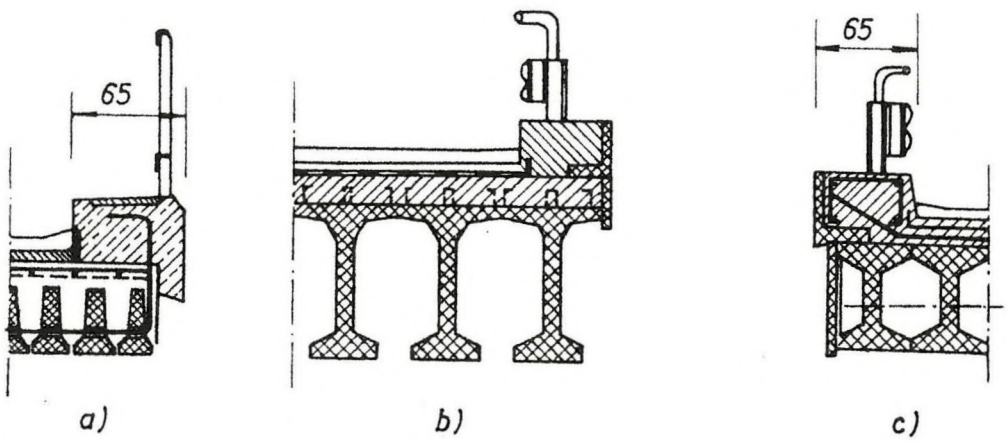
Az erdészeti gyakorlatban jelenleg még a monolit vasbeton lemezhidak az általánosak, más területen azonban elterjedten használják a felszerkezet kialakításához az előregyártott elemeket. A gyakorlatban előforduló kis hídnyílások áthidalására az előregyártott gerendák felhasználásával készülő lemezhidak 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, valamint helyettesítik a drága és munkaigényes zsaluzatot.

Az előregyártott gerendák vasbetonból és feszített vasbetonból készülhetnek, a hídnyílást kéttámaszú tartóként hidalják át.

Az áthidalható nyílástartomány 2~30 m között van. A gerendák előregyártása a munkahelyen vagy üzemben történhet. A helyszíni előregyártás súlyos, hosszú elemeknél lehet indokolt, különösen, ha szállítási nehézségek is adódnak. Az erdészeti gyakorlatban célszerűbb az üzemben előregyártott gerendákat használni. Ezek a nagy elemszám miatt gazdaságosan gyárthatók, minőségük egyenletes, valamint feszített szerkezetek előállítására is alkalmasak, amelyek kivitelezésére nem vagyunk felkészülve. Hátrányként a szállítási nehézség jelentkezik, amely azonban az előnyök mellett jó szervezéssel eltörpül.

A teherhordó felszerkezet háromféleképpen alakítható ki (2.8-48. ábra).

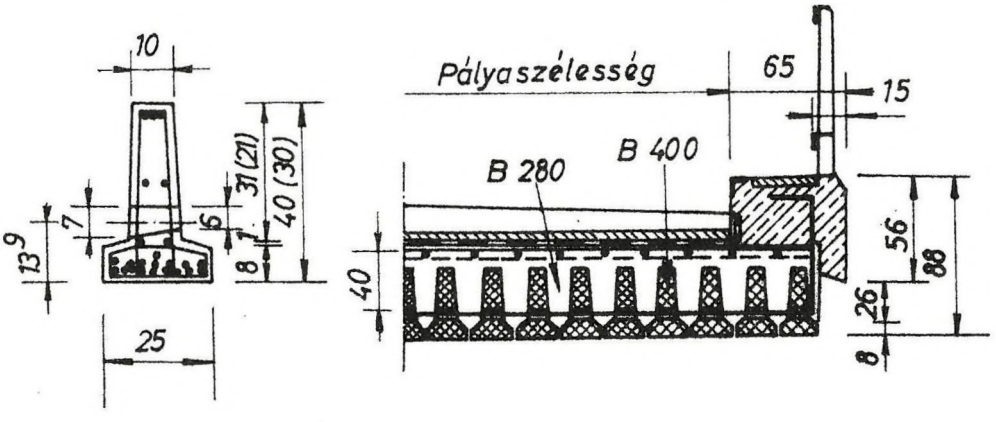
- a szorosan egymás mellé helyezett gerendák közeit kibetonozzuk és rábetonozunk (gerendabetétes lemezhíd)
- a gerendák fölé együttdolgozó vasbeton lemezt készítünk (együttdolgozó szerkezet)



2.8-48. ábra.
Előregyártott gerendás hídszerkezetek
a/ gerendabetétes, b/ együttdolgozó, c/ keresztirányú feszítéssel

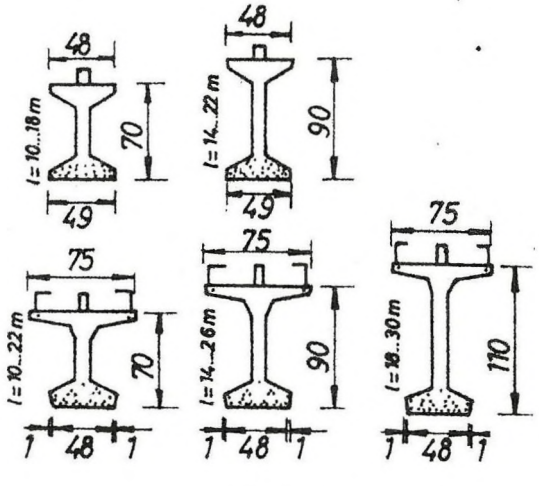
– a szorosan egymás mellé helyezett gerendákat keresztirányba összefeszítjük.

A gerendabetétes lemez kialakításához előregyártott fordított T keresztmetszetű gerendát (FT jelűt) használunk. Ezeket a 2-10 m-es nyílástartományba alkalmazhatjuk célszerűen. Az alépítményre közvetlenül, egymás mellé fektetett gerendákat kereszt irányba – a gerendán kialakított lyukakon keresztülfüzött – acélbetéttel kötjük össze. A gerendák anyaga B 400-as beton, a gerendák között és a rábetonozást B 200-as beotonból kell készíteni, amelybe a felső acélháló is kerül. Az így kialakított lemez a továbbiakban az egyszerű monolit vasbetonlemezhez hasonlóan kezelhető (2.8-49. ábra).



2.8-49. ábra.
FT gerendabetétes lemezhíd

Az együttdolgozó szerkezetek azonos, vagy különböző anyagú gerendatartóból és pályalemezből állhatnak. Ezek elcsúszásmentesen vannak összekapcsolva, így az igénybevételeket együttesen vehetik fel. A gerendatartó anyaga vasbeton vagy acél, a lemez monolit vagy előregyártott vasbeton lehet. Az erdészeti gyakorlatban a feszített gerendával együttdolgozó monolit vasbetonlemezt célszerű a 10-30 m nyílástartományban alkalmazni. Ezeknél az együttdolgozást a gerendák fejlemezeiből kiálló tüskék biztosítják. A hazánkban beszerezhető üzemben előregyártott hídgerendák jellemző méreteit a 2.8-50. ábrán, míg a belőlük építhető szerkezet keresztmetszetét a 2.8-51. ábrán mutatjuk be.



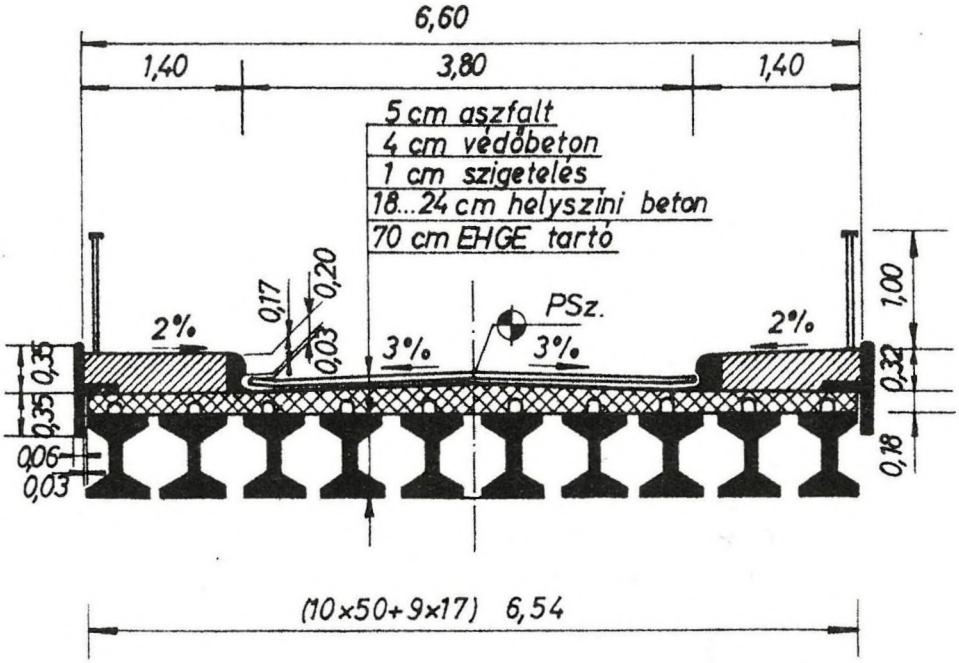
2.8-50. ábra.
Uzemben előregyártott előfeszített hídgerendák

Egyjáratú erdészeti utak átvezetésére alkalmas a VIZITERV VHT-337-346 jelű házi terve szerint előregyártott elemekből összeépíthető csatornaátjárója. A csatornaátjáró a Közúti Hídszabályzat szerint C terhelési osztályba sorolható.

A csatornaátjáró 4-24 m nyílás áthidalására alkalmas egy, illetve három nyílású kialakításban a következő fokozatokban:

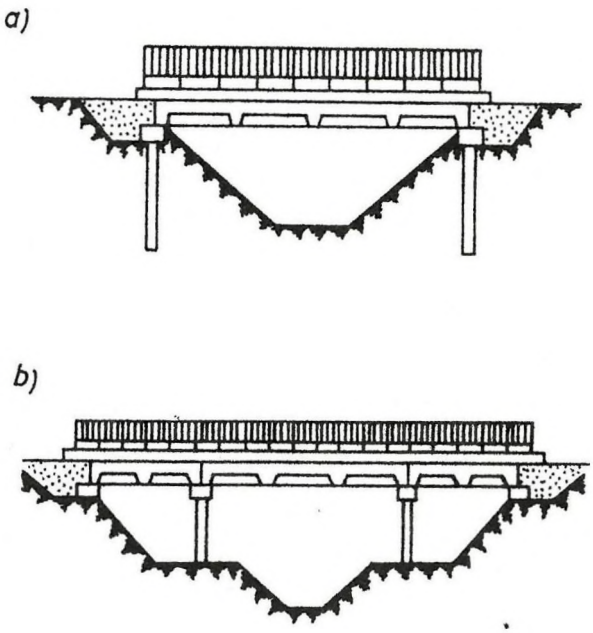
egynyílás	háromnyílás
4	4 + 4 + 4
6	4 + 6 + 4
8	4 + 8 + 4
	6 + 6 + 6
	6 + 8 + 6
	8 + 8 + 8

A kocsipálya szélesség 3,80 m, kétoldalt 1,25 – 1,25 m széles kiemelt gyalogjárdával, amelyen acél hídkorlát van (2.8-52. ábra.)



2.8-51. ábra. Előregyártott feszített hídgerendás együttdolgozó szerkezet

A csatornaátjáró valamennyi eleme üzemben előregyártott, helyszíni betonozásra csak a kapcsolatok kialakításánál van szükség. Az alépítmény (rejtett hídfő és pillérek) 30 x 30 cm-es előregyártott vasbetoncölöpökből áll, amelyre előregyártott fejgerenda kerül. A hídfőkben előregyártott vasbeton lemeztáblából készült szárnyfalak helyezhetők el, az utántömörödés csökkentésére pedig hasonló kialakítású kiegyenlítőlemez használható. A felszerkezet



2.8-52. ábra.
Előregyártott csatornaátjáró
a/ egynyílású, b/ háromnyílású

fordított U keresztmetszetű elemekből áll, ez egyben pályaszerkezetként is szerepel. A 3 cm vastag bazaltbeton kopóbetonréteget gyártás közben hordják fel a főtartóra. Az előregyártott járdaelemek lehetővé teszik a lehorgonyzást és a korlátok rögzítését. Az utolsó járdaelemek köríves kialakításúak. A korlátok a járdaelem méreteihez igazodó darabokból készülnek, rögzítésük egymáshoz és a járdához csavarkapcsolattal történik.

A csatornaátjáró építése kimondottan szerelő jellegű. A cölöpözés elkészítése után a fejgerendák elhelyezése és kibetonozása történik. Ezekre elhelyezzük a főtartóelemeket, majd a keresztirányú feszítőrudak befűzése után végrehajtjuk a feszítést, megakadályozva ezzel az elemek szétcsúszását. A hosszcsuklók kibetonozását a kigyózó betét és a járdalehorgonyzó tüskék elhelyezése után kell elvégezni. Utolsónak kerül a szerkezetre a járda a korlátokkal.

2.8.2.6. *Hidak méretezése*

A hidak tervezése során igazolni kell, hogy az előbbiekben ismertetett szerkesztési szabályok betartása mellett a szerkezet minden eleme

teherbírás,
fáradás,
repedéskorlátozás,
állékonyság és
alakváltozás

tekintetében megfelel a Közúti Hídszabályzatban előírt terhelőerőknek és mozgásoknak. A Közúti Hídszabályzat rendelkezik 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 alakváltozásaiból származó másodrendű hatások, ha azok az erőjátékot számottevően nem befolyásolják, elhanyagolhatók.

2.8.2.6.1. *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*, amelyeket az MSZ 15002 szerint kell figyelembe venni a talajfeltárás laboratóriumai eredményeinek figyelembevételével. A földnyomás kiszámításánál a féltér 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 Közúti Hídszabályzatban leírt további állandó jellegű erőhatás-

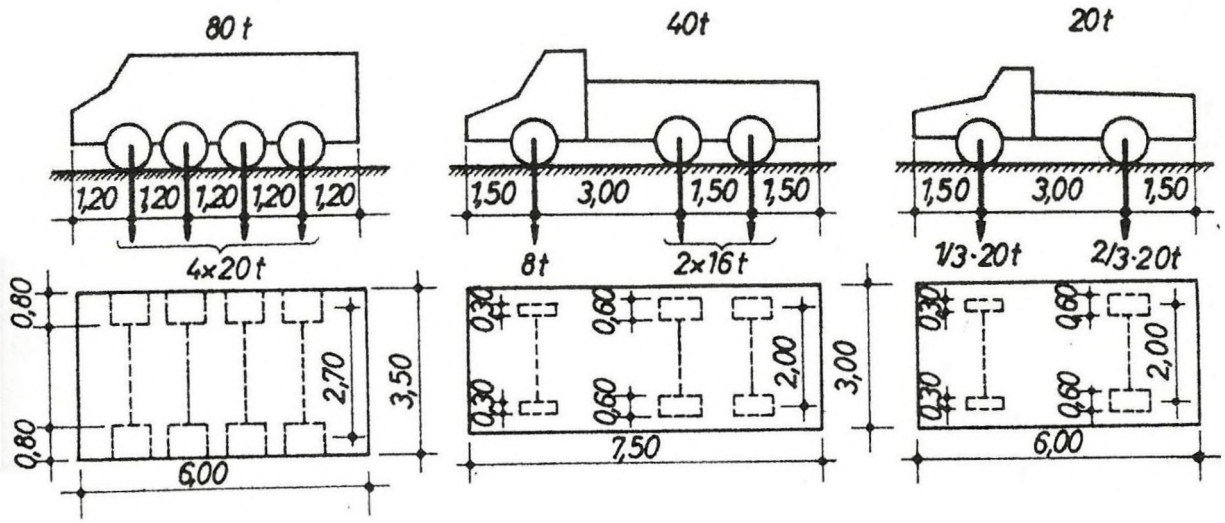
sal számolni nem kell, mert az egyszerű, statikailag határozott szerkezetekben ezekből számottevő többletterhelés nem keletkezik.

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 szegélysávok terheit és
- a hídfők mögötti útpálya terheit.

A kocsipálya terhei szerint a Közúti Hídszabályzat A, B és C terhelési osztályú hidakat különböztet meg. A kocsipálya teher a híd terhelési osztálya szerint meghatározott egyetlen jármű terhe és a vele egyidőben a kocsipálya teljes felületén – a jármű által elfoglalt területen is – alkalmazott 4 kN/m^2 megoszló terhelés képezi. Az egyes hídosztályok járműterheit a 2.6-53. ábra és a hozzátartozó táblázat tartalmazza.



Osztály	Jármű összsúlya (Mp)	Első tengely		Többi tengely	
		keréksúly (Mp)	kerék felfekvési szélessége (m)	keréksúly (Mp)	kerék felfekvési szélessége (m)
A	80	10	0,80	10	0,80
B	40	4	0,30	8	0,60
C	20	10/3	0,30	20/3	0,60
A kerék felfekvése a haladás irányában: 0,20 m					

2.8-53. ábra.

Szabvány közúti járműterhek

A járműveket a pályán úgy kell elhelyezni, hogy
– a vizsgálat szempontjából mértékadó helyen álljon,
– hossztengelye a hídtengellyel párhuzamos legyen.

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

A járművek keréksúlyát általában terhelosztóréteg viszi át a tartószerkezetre. A kerékterhet ezért olyan egyenletesen megoszló terhelésnek kell tekinteni, amely derékszögű négyszög alakú területen hat, és a jármű haladási irányában

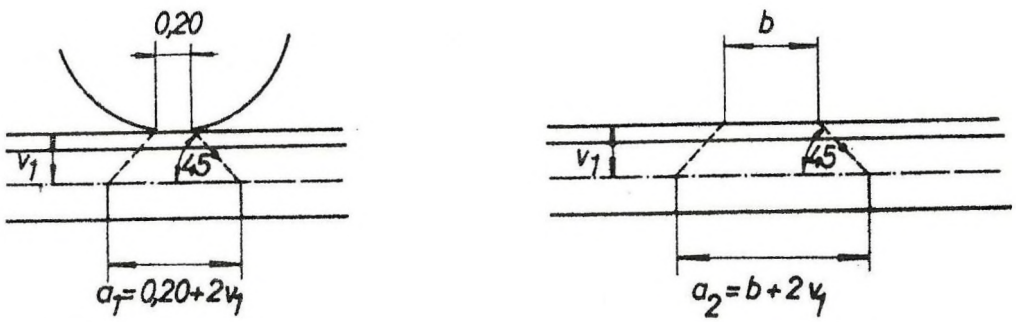
$$a_1 = 0{,}20 + 2\,v_1$$

erre merőlegesen pedig

$$a_2 = b + 2\,v_1$$

méretű (2.8-54. ábra)

ahol: b – a kerék felfekvési szélessége a 2.8-54. ábra szerint (m),
v_1 – a terhelosztó réteg számításba vehető vastagsága (m).



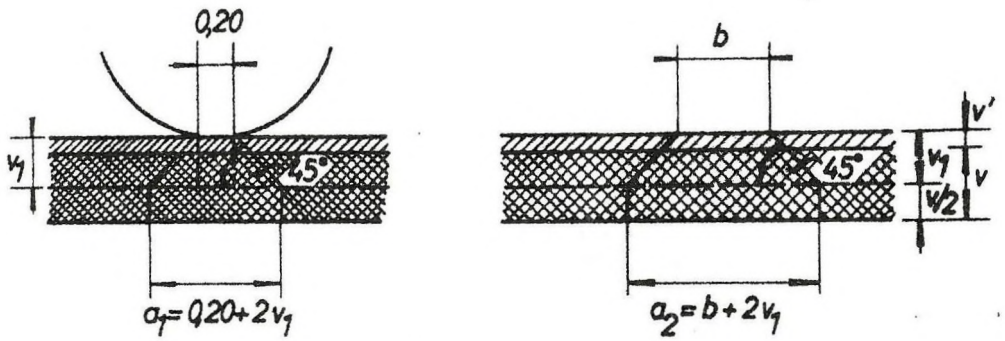
2.8-54. ábra.
Terhelosztó négyszög méretei

A terhelosztó réteg vastagságába a kő és fakocka burkolat magassága fél értékkel, a többi burkolat teljes értékkel vehető számításba. A vasbeton lemez vagy fapalló teherhordó szerkezet vastagságának fele a v_1 értékbe beszámítható (2.8-55. ábra). Fapalló szerkezetnél azonban – ha teherhordó pallót nem használunk vagy az párhuzamos a terhelosztó pallóval – a terhelő négyszögnek a palló irányára merőleges mérete nem lehet nagyobb a teherhordó palló szélességénél.

A hullámlemezből kialakított pályaszerkezeti részek magasságát átlagértékükkel kell figyelembe venni a v_1 meghatározásakor.

A járda és kiemelt szegélysávok terheit 5 kN/m^2 egyenletesen megoszló terhelés képezi.

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



2.8-55. ábra.
Terhelosztó négyszög méretei vasbeton lemeznél

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

Dinamikus hatás

A dinamikus hatást a kocsipálya terheinél, valamint a kiemelt szegélysáv terheinél kell figyelembe venni. A dinamikus hatás figyelembevétele a terhek dinamikus tényezővel való szorzása útján történik, amelynek értéke

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

de max. 1,5

ahol: L – a kéttámaszú tartó támaszköze (m).

0,5 m-es terhelosztó réteg vastagságig a dinamikus tényező teljes értékével, 2,0 m-nél vastagabb terhelosztó réteg esetén 0,1 értékű dinamikus tényezővel kell számolni. Közbenső vastagságoknál a dinamikus tényezőt lineáris interpolálással kapjuk meg.

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

Az erdőgazdaságokban épített egyszerű hídszerkezetek igénybevételének meghatározásakor a Közúti Hídszabályzatba foglalt egyéb terheléseket (mint pl.: szélteher, jégteher, saruellenállásból származó támaszerő stb.), – azok elhanyagolható nagysága miatt – általában nem kell figyelembe venni.

2.8.2.6.2. *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 terhelőerőket az erőtani számítás során két csoportosításban kell figyelembe venni. Amennyiben nyilvánvaló, hogy az egyik csoportosítás nem mértékadó, úgy csak a másik csoportosítást kell figyelembe venni.

I. csoportosítás

Az előzőekben felsorolt állandó, ill. tartós jellegű erők és mozgások, valamint a felsorolt

esetleges jellegű terhelő erők és mozgások legkedvezőtlenebbje.

II. csoportosítás

Az előzőekben felsorolt állandó, ill. tartós jellegű terhelőerők és mozgások, valamint a felsorolt esetleges jellegű terhelőerők és mozgások a legkedvezőtlenebb, de a valóságban lehetséges összetételben.

A teherbírás igazolása kétféleképpen történhet:

határállapot alapján,

megengedett feszültségek alapján.

A teherbírás igazolása határállapot alapján

Ebben az esetben ki kell mutatni, hogy a mértékadó igénybevétel (Y_M) az előbbi csoportosítások egyikében sem nagyobb, mint a határigénybevétel (Y_H).

$$Y_M < Y_H$$

A mértékadó igénybevétel

$$Y_M = \Sigma Y_a + n \Sigma Y_e \qquad \text{illetve}$$

$$Y_M = 1{,}2 \Sigma Y_a$$

kifejezések közül a kedvezőtlenebb eredményt adó.

A képletben:

Y_a = állandó, illetve tartós jellegű terhelőerőkből és mozgásokból származó igénybevétel

Y_e az I. csoportosításban:

Az esetleges jellegű terhelő erők és mozgások legkedvezőtlenebbjéből számított igénybevétel.

a II. csoportosításban:

az összes esetleges jellegű terhelő erőkből és mozgásokból számított igénybevétel, a valóságban lehetséges összetételben.

n tényező értéke

az I. csoportosításban 1,2

a II. csoportosításban 1,0.

A határigénybevételt (Y_H) az építőanyagtól függően kell meghatározni.

A teherbírás igazolása megengedett feszültségek alapján

Meg kell vizsgálni, hogy a terhekből számított feszültségek a különböző csoportosítások egyikében sem lépik túl a megengedett feszültséget, vagyis

$$\sigma \leq \sigma_{meg}$$

A tartóban fellépő feszültség

$$\sigma = \Sigma \sigma_a + \Sigma \sigma_e$$

ahol: σ_a = az állandó, illetve tartós jellegű terhelőerőkből és mozgásokból számított feszültség

σ_e = az I. csoportosításban:

Az esetleges jellegű terhelőerők és mozgások legkedvezőtlenebbjéből számított feszültség

a II. csoportosításban:

Az összes esetleges jellegű terhelőerőkből és mozgásokból számított feszültségek, a valóságban lehetséges összetételben.

Az állékonyság igazolása

Az erőtani számítás során igazolni 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:

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

ahol: Y_a; Y_e; Y_j az állandó, esetleges és járulékos terhelőerőkből és mozgásokból számított igény igénybevételek a vizsgálat szerinti legkedvezőtlenebb csoportosításban,

Y_s az állandó, esetleges és járulékos terhelőerőkből és mozgásokból számított hatások, amelyek az előző igénybevételekkel egyidejüleg, de ellentétes értelemben hatnak.

$n_a = 1,0$

$n_e = 1,2$

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

2.8.3. *Műtárgyak alapozása*

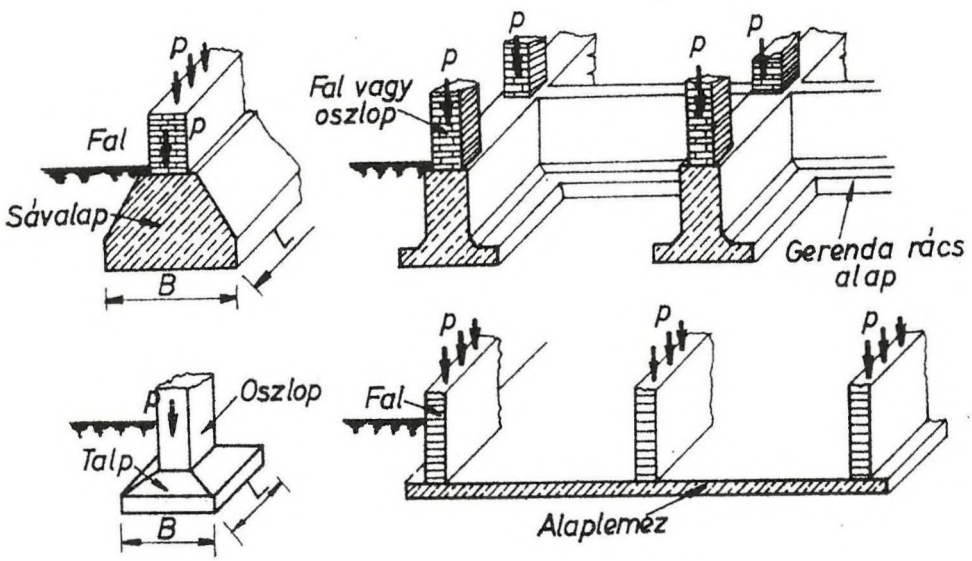
A hazai terepviszonyok között az erdészeti utak műtárgyai rendszerint kisméretűek, ha az úttervezés elveit helyesen alkalmazzuk. Ezek a könnyű és egyszerű kialakítású szerkezetek kedvező talajviszonyok között általában nem kívánnak különleges alapozást, tehát legtöbbször elég síkalapozást terveznünk. A síkalapozás tervezését (síkalapozást kizáró okok, megengedett feszültség, süllyedésszámítás) a talajmechanikában ismertetettek szerint 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, amennyiben arra az erdőgazdaság mélyépítési részlege nincs felkészülve.

2.8.3.1. *Síkalapozások*

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

A síkalapokat az alaptest alakja szerint csoportosítjuk (2.8-56. ábra).



2.8-56. ábra.
Síkalapozás fajtái

– a talpalap egy – ritkán két – pillért támaszt alá. A rövidebb (B) és a hosszabb (L) oldal aránya $B : L \geq 1:3,5$. Alakja négyszög (négyzet, téglalap), sokszög vagy kör.
– 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 túlnyulik a falon, de egyes esetekben a felmenőfal és a sávalap szélessége meg is egyezhet.
– a lemezlap a teljes építményt vagy annak egy részét (több végigmenő falat, oszlopot) egyetlen összefüggő szerkezetként támasztja alá.

Az alapok téglából, kőből, vasalt betonból és vasbetonból készülhetnek, amelyek építését az Építéstan tárgyalja. A továbbiakban a síkalapok építésével kapcsolatos mélyépítési kérdésekkel foglalkozunk, alapvetően három csoportba sorolva őket:

– az alaptest elhelyezésére szolgáló alapárok vagy munkagödör kiemelése,
– a munkagödör oldalfalainak biztosítása,
– a munkagödör víztelenítése.

A munkagödör nagysága és alakja elsősorban az építendő alap méreteitől és alakjától függ. A kiemelendő alapgödör nagyságát növelik a víztelenítéshez, valamint a szállításhoz, közlekedéshez szükséges további területek. Az alapgödör vagy alapárok kitűzése után kezdődhet meg a talaj kiemelése.

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

A munkagödör oldalfalának kialakítása függ:
– a talaj fizikai jellemzőitől,
– a rendelkezésre álló területtől,
– a talajvíz színtjétől,
– a víztelenítés módjától,
– a gödör nyitvatartásának idejétől,
– a szomszédos épületek talajmozgásra való érzékenységétől.
Ezek figyelembevételével a munkagödör oldalfala kialakítható:
– rézsűsen,
– ducolva,
– horgonyozva (gyakorlatunkban ritkán alkalmazzuk),
– körülzárással.

A munkagödör oldalfalát legegyszerűbben rézsűsen alakíthatjuk ki. A korábbiakból ismert, hogy a kohézió nélküli szemcsés talajok rézsűhajlását a talaj belső surlódási 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:

$$h_o = \frac{4\,c}{\gamma}\ \mathrm{tg}\,(45^o + \varphi/2)$$

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

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

A megengedett rézsűmagasság és rézsűhajlás a 2.8-4. táblázatból vehető ki.

2.8-4. táblázat.

Különböző talajokba készített száraz bevágások
megengedett rézsűhajlása a rézsűmagasság függvényében

Talajtípus	Halom-sűrűség	Súrlódási szög	Rézsűmagasság	Rézsűhajlás
	t/m^3	φ^o	m	$r = \mathrm{ctg}\,\alpha$
Homokliszt	1,8	22,5	0,0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0 9,0 - 12,0 12,0 - 15,0	6/4 7/4 8/4 9/4 10/4

2.8-4. táblázat folytatása.

Talajtípus	Halom-sűrűség	Súrlódási szög	Rézsűmagasság	Rézsűhajlás
	t/m^3	φ°	m	$r = \operatorname{ctg} \alpha$
Homoklisztes iszap	1,9	27,5	0,0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0 12,0 - 15,0	6/4 6/4 6/4 8/4
Iszap	2,0	20	0,0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0 9,0 - 12,0 12,0 - 15,0	6/4 6/4 7/4 8/4 10/4
Sovány agyag	1,9	15	0,0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0 9,0 - 12,0 12,0 - 15,0	6/4 6/4 6/4 7/4 10/4
Kövér agyag	2,0	10	0,0 - 3,0 3,0 - 6,0 6,0 - 9,0 9,0 - 12,0 12,0 - 15,0	6/4 6/4 6/4 7/4 10/4
Finom homok Durva homok Kavics és kő	-	-	- - -	8/4 7/4 6/4

A szemcsés talajok függőleges falban is megállhatnak a telítetlen talajoban ($0 < S < 1$) kialakuló kapilláris kohézió (látszólagos 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 vagy egyéb körülmények miatt, akkor az oldalfal biztosítását ducolással kell kiképezni.

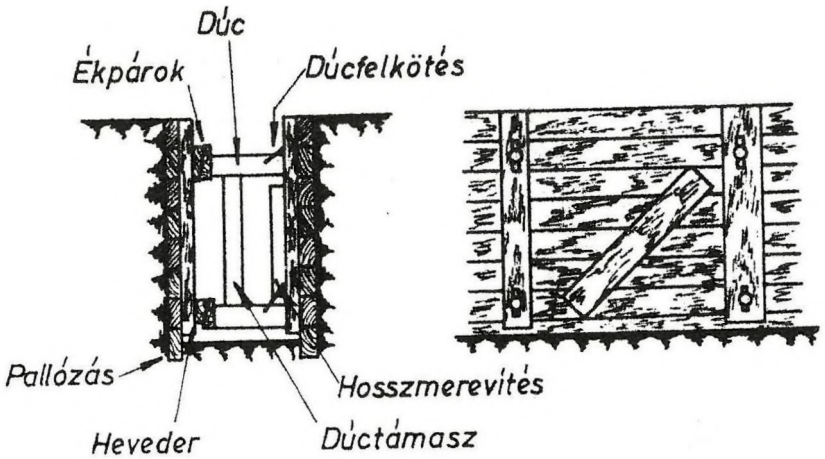
A hazai munkavédelmi előírások szerint a talajminőségtől függően ducolni kell, ha a munkagödör függőleges falának magassága az alábbi értékeket meghaladja:

- iszapos talaj, nedves homok esetén 0,80 m
- gyenge és nem állékony (kavics, homok, agyagos) talajok esetén 1,00 m
- közepes tömörségű (lapáttal munkálhat) talaj esetén 1,20 m

– tömör (bontóvassal, csákánnyal, ékkel megmunkálható)
talaj esetén 2,00 m

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

A ducolat (2.8-57. ábra) talajjal közvetlenül érintkező része a pallózás, melyet 48 mm vastag szabványos puhafa állványpallóból készítünk. (Ehhez alacsonyabb értékű faanyagot is felhasználhatunk az import fenyő helyettesítésére.) A pallók iránya folyásra hajlamos talajoknál függőleges, folyásra nem hajlamos talajoknál vízszintes. A vízszintes pallózat között 10 – 20 cm széles

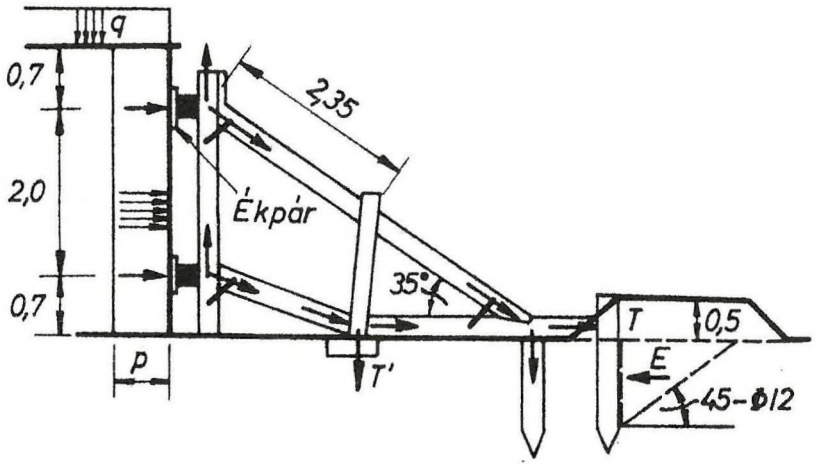


2.8-57. ábra.
Ducolat és részei

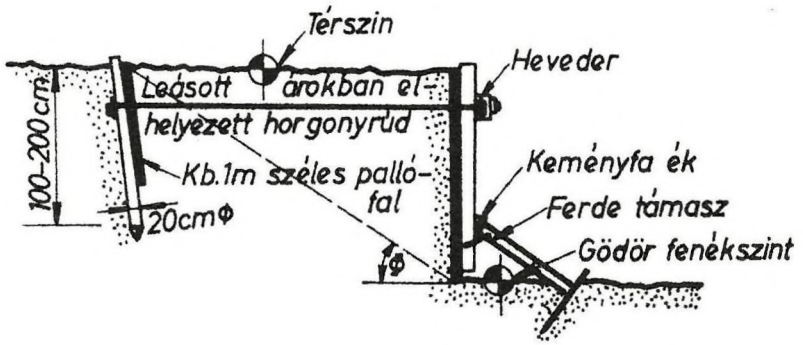
réseket lehet hagyni. A pallókra jutó terheket a ducok felé a hevederek közvetítik. Ezek iránya a pallóra merőleges és egymástól 1,50-2,50 m távolságra helyezzük el. A ducok keskeny munkagödörben vízszintesek és a két átellenes pallózást feszíti szét. Széles munkagödrökben a ducokat ferde támaszokból alakítjuk ki (2.8-58. ábra). Olyan esetekben, mikor a széles alapgödörben nincs elegendő hely, hátrafelé is kihorgonyozhatjuk a ducolatot. A horgonyként szereplő cölöpöt olyan távol kell elhelyezni a zsaluzattól, hogy az a szakadólapon kivülre kerüljön (2.8-59. ábra). A ducolás anyaga általában gömbfa. A ducokat ékpárral feszítjük meg. Ezek hajlásszöge kisebb legyen, mint a felhasznált faanyagok közötti surlódási szög (pl.: tölgy-tölgy esetében 15 – 20°), mert így az ékek önzárása biztosított.

Nagy magasságú ducolatok elemeit méretezni kell, amellyel nem foglalkozunk, mert ilyen az erdészeti gyakorlatban ritkán fordul elő.

A talaj megtámasztásán kivül sokszor szükséges, hogy a talajvizet is kizárjuk a munkagödörből. Ezt úgy oldhatjuk meg, ha a gödör kerületét szádfalazással körülzárjuk. A szádfalazás lényegében abban különbözik a ducolástól, hogy a talajban, 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 lehajlott vezércölöpök képezik. A szádpallók beállítására, a pallók lehajtás közbeni vezetésére, valamint a levert szádfal együttdolgozásának biztosítására vízszintes fogófákat (fogópárokat, mellgerendákat) használunk.



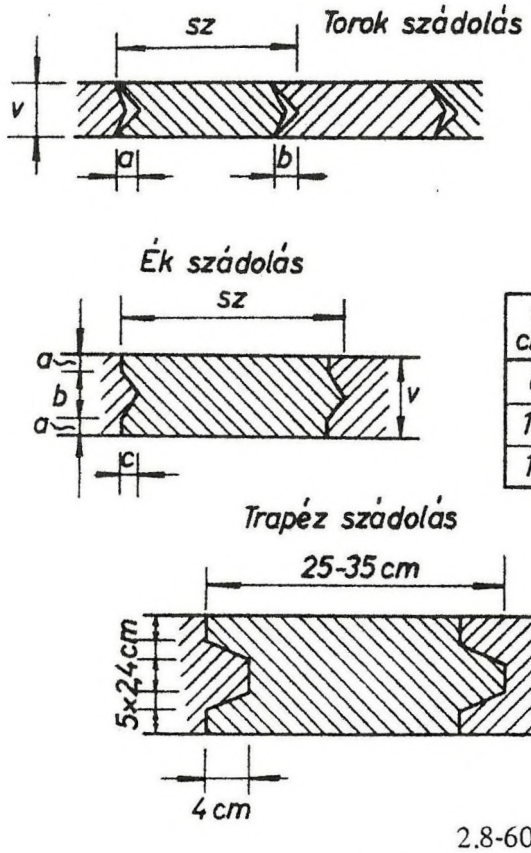
2.8-58. ábra.
Ducolat ferde támasszal



2.8-59. ábra.
Ducolat kihorgonyzása

A fa szádfalak fából készített szádpallókból és vezércölöpökből állnak. A pallók horonnyal és eresztékkel kapcsolódnak egymáshoz (2.8-60. ábra). Alsó végüket élezni kell és az egyik oldalon levő sarkukat 1:3-1:5 rézsűvel le kell vágni (2.8-61. ábra), így leveréskor a palló az előzőleg levert pallóhoz szorul. Kemény talajban a pallók végét megfelelő vastagságú bádoglemezzel lehet a roncsolódástól megvédeni.

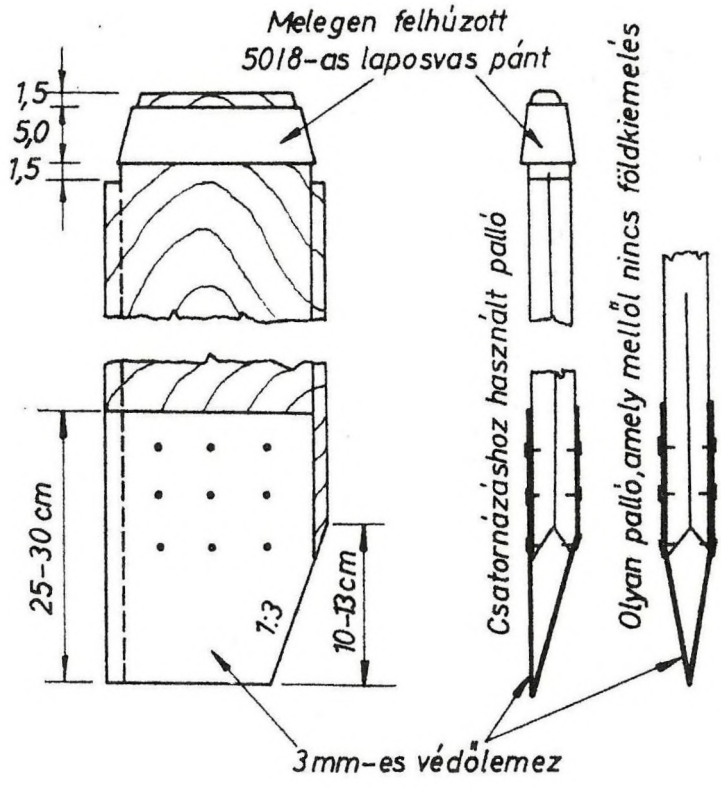
A vezércölöpök 16 x 16 vagy 20 x 20 cm keresztmetszetű facölöpök, amelyek általában 1 m-rel hosszabbak a szádpallónál. Alsó végük kovácsoltvas saruval ellátott csúcsban végződik. Felső végüket laposvas gyűrű fogja össze és védi meg a széforgácsolódástól (2.8-62. ábra). A vezércölöpök mindkét oldalon horonnyal vannak ellátva, ezért az egyik oldalról hozzájuk csatlakozó pallót mindkét oldalon eresztékkel kell ellátni. Ezt a többi pallótól eltérő kialakítású pallót zárópallónak nevezik.



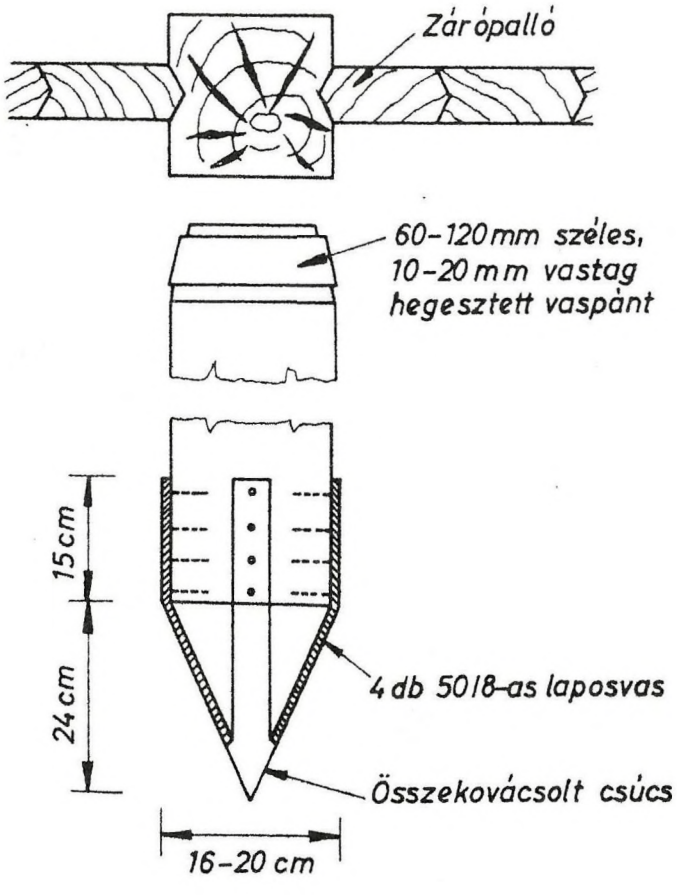
v cm	a cm	b cm	sz (cm) min.	sz (cm) max.
5	1,3	1,7	20	25
8	2,3	2,7	20	30

v cm	a cm	b cm	c cm	sz (cm) min.	sz (cm) max.
8	1,5	5	1,7	20	30
10	2,5	5	1,7	20	35
12	2,0	8	2,7	25	35

2.8-60. ábra.
Fa szádpallók hornyolása



2.8-61. ábra.
Fa szádpallók kialakítása



2.8-62. ábra.
Vezércölöp kialakítása

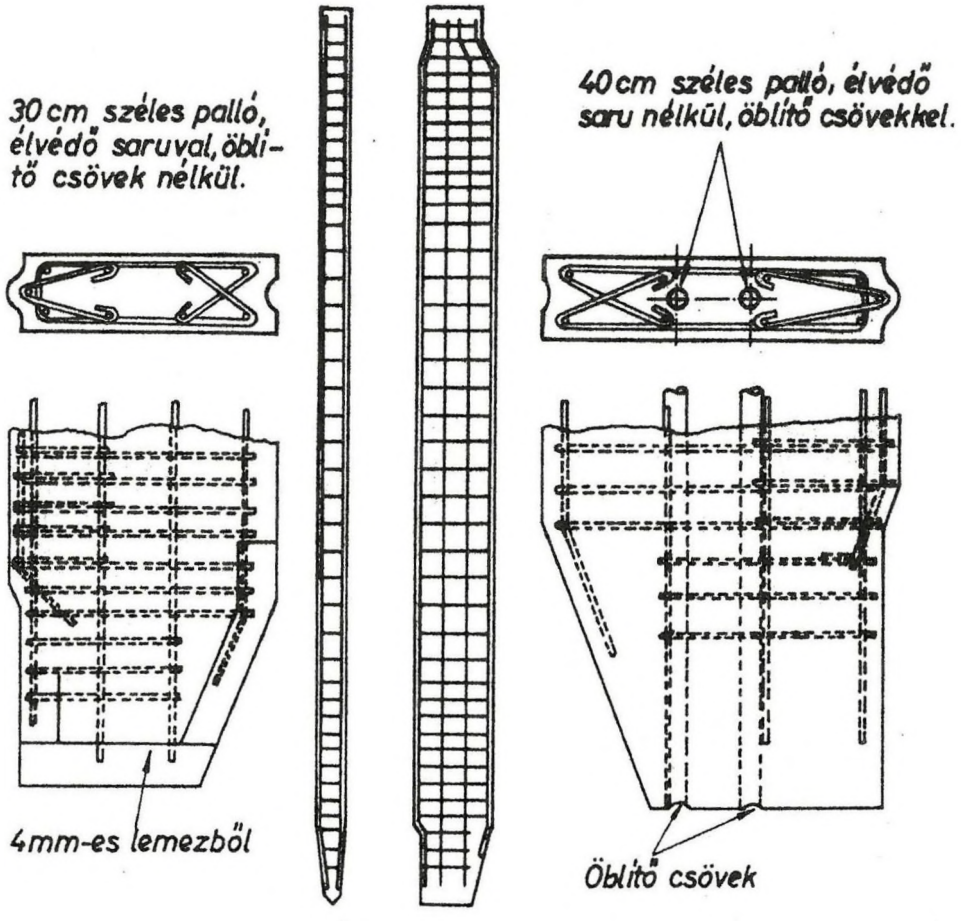
A szádfal készülhet vasbeton szádpallókból is (2.8-63. ábra). Ezek nagy súlyuk miatt nehezen kezelhetők, ezért azokat főként bentmaradó szádfalakként használják.

Az acél szádpallókat nehezebb talajviszonyok között célszerű használni. Ezek néhány típusát a 2.8-64. ábrán mutatjuk be.

A fa szádpallók lehajtása kézi vagy gépi működtetésű verőkossal történik. Először a vezércölöpöket kell lehajtani (2.8-65. ábra). Ezeket egymástól t = 3 ~ 5 m-ként valamint az alapgödör töréspontjain helyezzük el. 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. A szádpallók pontosabb elhelyezése és vezetése 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 eltávolítjuk.

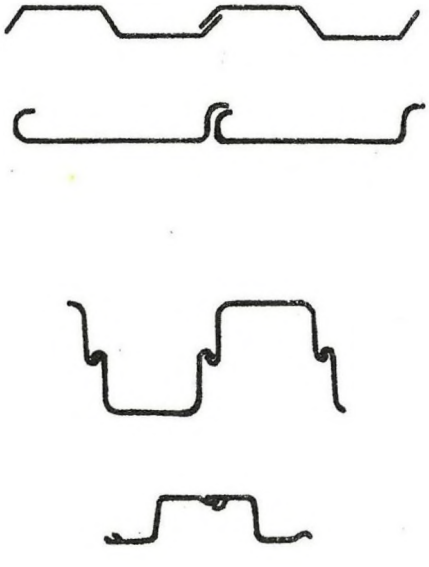
Az acél szádfalak vezércölöp nélkül készülnek, mert a szádpallók horonyeresztékei húzóerő felvételére is képesek, tehát nem szükséges azok összeszorítása.

Az élővizekben létesítendő munkatér körülzárására zárógátat, vagy kettősfalú jászolgátat használhatunk.

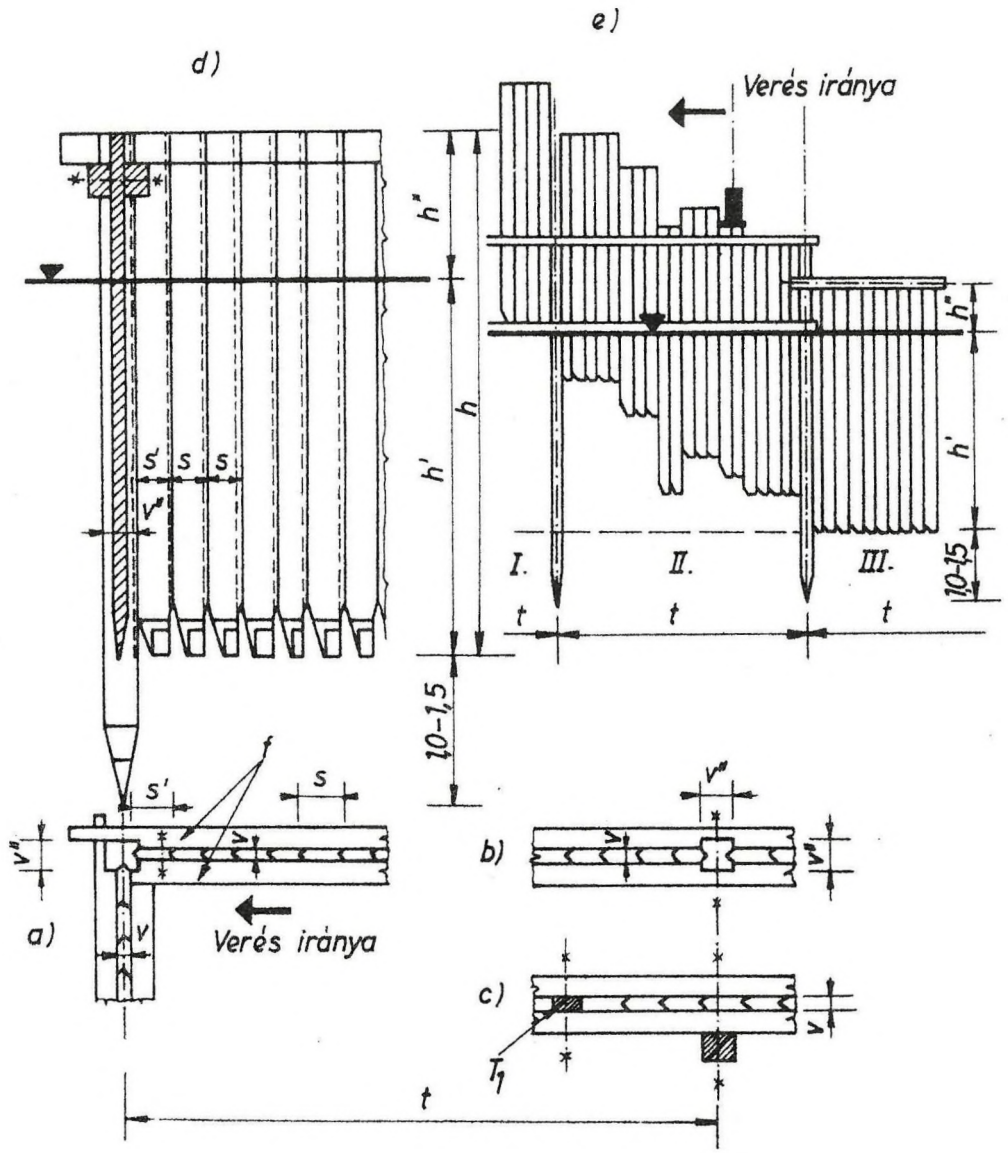


2.8-63. ábra.
Vasbeton szádpalló keresztmetszete

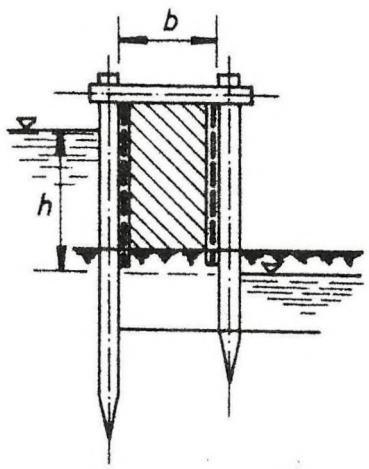
A zárógátaknál jól záró szádpallókból készített szádfal biztosítja a vízzárást. A két egymáshoz kapcsolt szádfal közé a gát állékonyságát biztosító kitöltő talaj kerül. Külön megtámasztásról nem kell gondoskodni, hanem önmagukban kell állékonynak lenni, mintegy egységes tömböt képező súlytámfalnak. Kisebb munkagödrök 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 vízzárást biztosító talajjal kell kitölte-



2.8-64. ábra.
Acél szádpallók kialakítása



2.8.-65. ábra.
Fa szádfal építése

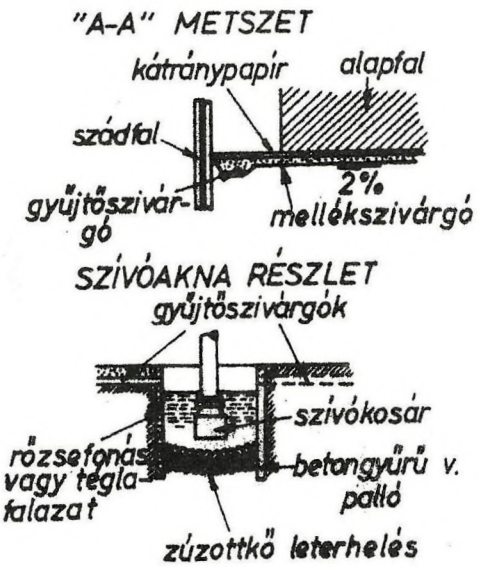


ni. A jászolgát stabilitását belső vagy külső ducolás biztosítja (2.8-66. ábra).

Az alapozási munkák zavartalan végzése megkívánja, hogy az alapgödörbe kerülő vizet – mely származhat talajvízből, csapadékból, patakvízből stb. – folyamatosan eltávolítsuk. Ennek legegyszerűbb módja, ha az alapgödörbe kerülő vizet nyílt árokrendszerrel összegyűjtjük és gyűjtőaknába (zsompba) vezetjük, ahonnan kiszivattyuzzuk (2.8-67. ábra).

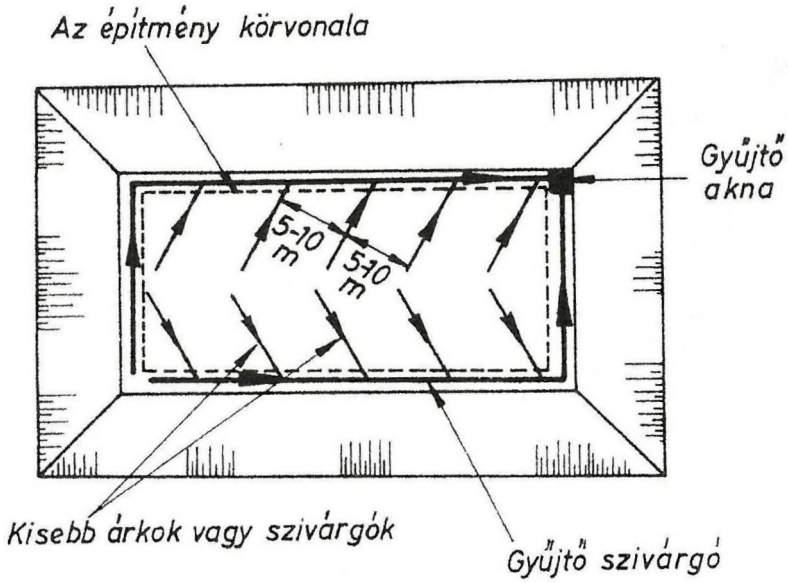
2.8-66. ábra.
Jászolgát

A nyíltvíztartásos 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. Nyíltvíztartással ezért általában a kis vízáteresztőképességű talajokat víztelenithetjük problémamentesen. Szemcsés talajokban csak akkor használhatjuk ezt a megoldást, ha a víztelenítéssel nem okozunk hidraulikus talajtörést, tehát általában ott alkalmazható, 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 rétegig, illetve ilyen hiányában ez a fal olyan mélyen nyúlik a rétegbe, hogy a hidraulikus gradiens értékét a kritikus érték alá csökkenti (lásd: Talajmechanika).



2.8-67. ábra.
Nyíltvíz-tartás

A nyíltvíztartással víztelenített munkagödör alján 2 % fenékeséssel az akna felé lejtő árokhálózatot kell létesíteni (2.8.-69. 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 lejtenek és oda csatlakoznak.



2.8-68. ábra.
Gyűjtőárok-hálózat kialakítása

Az alap beépítése előtt közvetlenül az alapgödör fenekét elő kell készíteni. Elsőként a felső fellazult, felázott elszennyeződött réteget el kell távolítani. Kötött, agyagos felázásra hajlamos gödörfenékre min. 10 cm vastag homokos kavicsterítést kell helyezni, amely előnyösebbé teszi a víztelenítést és a surlódást is növeli. A munkagödör kiemelésekor ezeket a szempontokat figyelembe kell venni. A gödröt nem lehet azonnal teljes mélységig kiemelni, hanem az utolsó réteget csak közvetlenül az alap építése előtt szabad eltávolítani, a homokos kavicsterítés vastagságát pedig a mélységbe be kell számítani.

A gödör betonnal érintkező felületét betonozás előtt nedvesíteni kell.

2.8.3.2. *Mélyalapozások*

Mélyalapozásnak nevezzük azokat az alapozási módokat, amelyekkel az építmények terheit közvetítőelemeken keresztül a mélyebb talajrétegekre adjuk át. Tervezésükre és építésükre akkor kerülhet sor, ha a síkalapozást valamilyen ok kizárja.

A mélyalapozásokat három csoportba oszthatjuk:

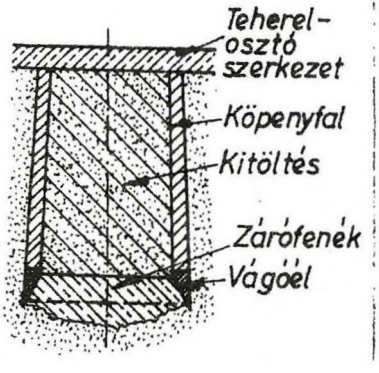
– kút- és szekrényalapozások,
– cölöpalapozások,
– résfalas alapozások.

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 szekrényszerkezeteket a felszínen készítik el, majd lesüllyesztik a tervezett mélységbe. A kút és szekrényalapozás elvileg azonos módszernek tekinthető, 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 körülmények között csömöszölt beton vagy előregyártott elemekből (kútgyűrűkből) is építhetők.

A kutalap részei: a vágóél és a köpeny (2.8-69. ábra.)

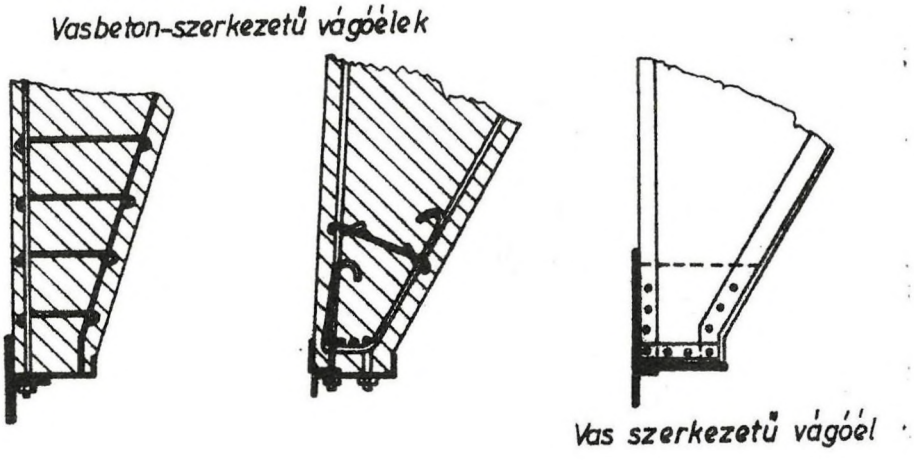


2.8-69. ábra.
Gyűjtőárok-hálózat kialakítása

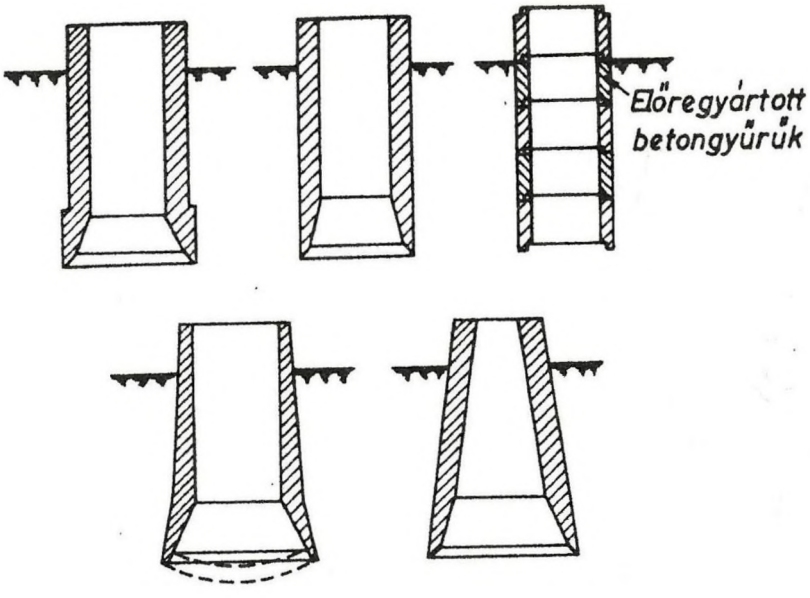
A vágóél a kút legalsó megerősített része, amely süllyesztés közben átvágja a talajt, a süllyesztést akadályozó tárgyakat, valamint felveszi és szétosztja az egyenlőtlen felfekvésből származó erőket. Kisebb igénybevételeknél készülhet B 280-as betonból, nagyobb igénybevételeknél acélból (2.8-70. ábra).

Az 50-70 cm magas vágóél fölött helyezkedik el az általában B 200-as 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-el nagyobb átmérővel készítjük és a köpenyfalat párhuzamos-függőlegesen készítjük el, vagy az átmérőt méterenként 3-4 cm-el csökkentve kúpos alakot hozunk létre. Ez utóbbi megoldás a zsaluzás szempontjából előnytelenebb (2.8-71. ábra).

A kút süllyesztése kézi, vagy gépi kotrással történhet.



2.8-70. ábra.
Kút vágóélének kialakítása

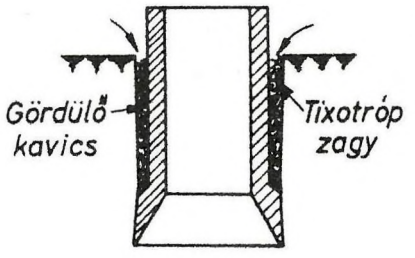


2.8-71. ábra.
Köpenyfal alakjai

Amennyiben a hidraulikus talajtörés veszélye nem áll fenn, nyíltvíztartásos szivattyuzással végezhetjük a víztelenítést, ellenkező esetben vízalatti kotrással kell a talajt eltávolítani. A süllyesztést a teherbíró talajig kell végezni, majd a kutat sovány betonnal kell kitölteni. Víz jelenlétekor a kút aljára víz alatti betonréteget kell építeni és ennek megszilárdulása után a kutat víztelenítjük. Az így víztelenített kutat ugyancsak sóványbetonnal kell kitölteni.

Az alapozásoknál általában több kutat süllyesztünk le, amelyeket felül terhelosztó vasbetonlemezzel fogunk össze. Ezt a lemezt a kutat kitöltő betonba vasbetéttel kell lehorgonyozni.

Süllyesztés közben célszerű a vágóél által kivágott föld és a köpenyfal között keletkező üreget megtámasztani, mert ebbe visszahullhat a talaj, amely beszoríthatja a süllyesztendő kutat, illetve a talaj beomlik és un. süllyesztési tölcsér keletkezik, amely a környező épületeket veszélyezteti. Az előbbiek elkerülésére és a talaj valamint a köpenyfal közötti surlódás csökkentésére a keletkező üreget kis surlódású anyaggal – pl. gyöngykaviccsal vagy sűrű bentonitzaggyal– kell kitölteni (2.8-72. ábra).



2.8-72. ábra.
Kút köpenysurlódásának csökkentése

A kútalapok alapozási síkját a teherbíró talajréteg helyzete, illetve a kimosás elleni védekezés szempontjai határozzák meg. A méretezés során a kutakat kör alaprajzú síkalapként kell számítani, ahol 1,4 alakténye ző vehető figyelembe a nagyobb takarás miatt. A kút köpenyfalán fellépő oldalsurlódást 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 cölöpkalapokat a cölöpök lehajtása és készítése szempontjából két fő csoportra osztjuk:

- a talajkiszorítással készülő cölöpöket veréssel, vibrálással, csavarással vagy sajtolással juttatjuk a talajba,
- a talajkiemeléssel készülő cölöpöket öblítéssel lehajtott, kifúrt lyukba elhelyezett előregyártott cölöpökből vagy fúrt lyukba helyszínen készülő cölöpökből építjük meg.

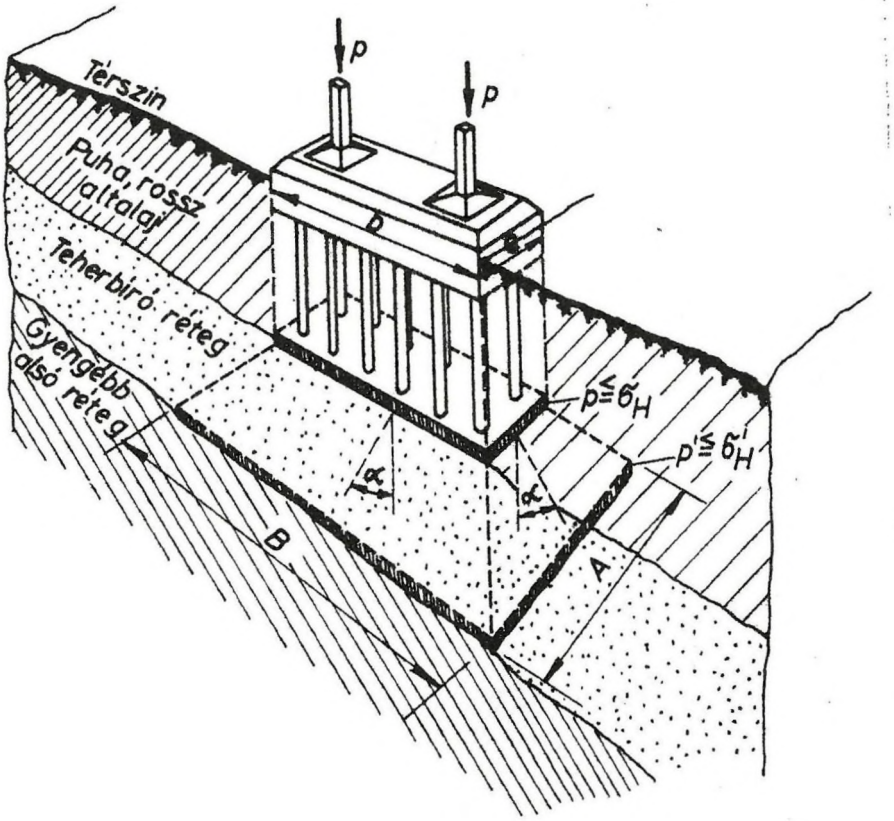
A teherátadás módja szerint megkülönböztetünk támaszkodó- és lebegőcölöpöket.

A támaszkodócölöp a teher nagy részét a csúcsán adja át a környező talajra. A cölöp köpenyén surlódással átadott erő alárendelt szerepet játszik. Ezeket a cölöpöket akkor használhatjuk, ha a cölöpö csúcsa alatt teherbíró talaj (szikla, konglomerát, tömör kavics 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 gyenge talajrétegekben is kap a cölöp külső oldaltámasztást. A teherviselő réteg fölött elhelyezkedő konszolidálódó talajréteg negatív köpenysurlódást idéz elő, amely többletterhelést okoz, és a számításoknál figyelembe kell venni. A cölöpkiosztást úgy kell megtervezni, hogy az egy cölöpre jutó terhelésből a cölöpcsúcsok síkjában keletkező feszültség ne haladja meg azt a feszültséget, amely az ugyanilyen mélységben létesített síkalap határfeszültsége volna (2.8-73. ábra). A feszültségek számításánál figyelemmel kell lenni az egymásrahalmozódásra és arra, hogy a nagyobb mélységekbe lehatoló feszültségek a mélyebben fekvő rétegekben se okozzon a rétegre megengedettnél nagyobb feszültséget (2.8- 74. ábra).

Egy cölöposzlop tehebírása a csúcsellenállás alapján:

$$P_t = \sigma_t \cdot F$$

ahol: F – a cölöposzlop keresztmetszete,
σ_t – a talaj törőfeszültsége.



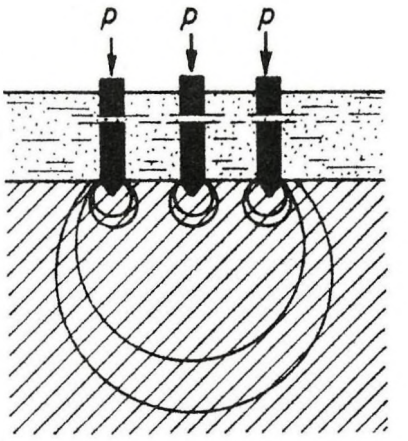
2.8-73. ábra.
Feszültségszámítás elve támaszkodó cölöpöknél

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 tehervíselésben zömmel a köpenysurlódás játszik szerepet. A lebegőcölöpök teherbírását megadó közelítő gyakorlati számítások a cölöp törőterhét ennek megfelelően két részre bontják: a csúcsellenállásra és a köpenysúrlódásra. Igy a lebegőcölöp teherbírását megadó képletek általános formája

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

ahol: P_t – a cölöp teherbírása,
F – a cölöp keresztmetszeti területe,
σ_t – a cölöpcsúcs alatti talaj törőfeszültsége,
k – a cölöpköpeny felülete,
f – a köpenysurlódási tényező.

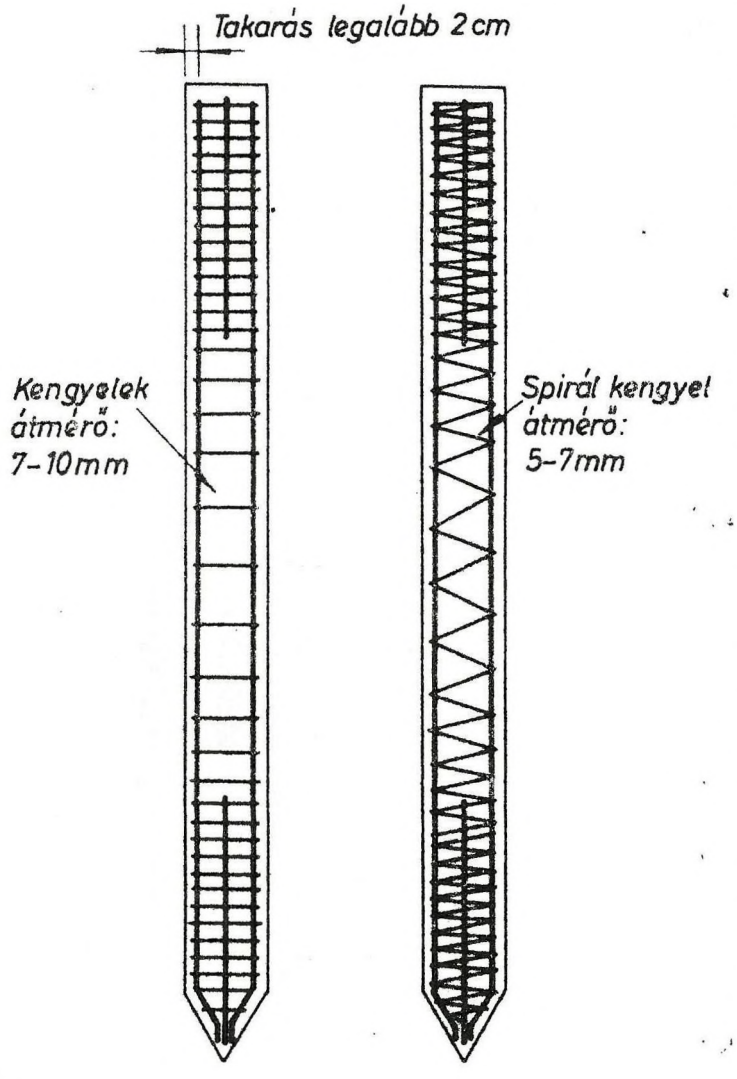


2.8-74. ábra.
Feszültségek lehatolása támaszkodó cölöpcsoport esetében

A képletben szereplő tagok kiszámítására különböző feltevésekből kiinduló egyszerűsítő feltételt 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 (a cölöp csúcsa ne közelítse meg a puha agyagréteget 1,5 m-nél jobban).

Az eddig bemutatott statikus teherbírás – meghatározási módszeren kivül 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.



2.8-75. ábra.
Vert vasbeton cölöp

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 B 300-as 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 (2.8-75. ábra).

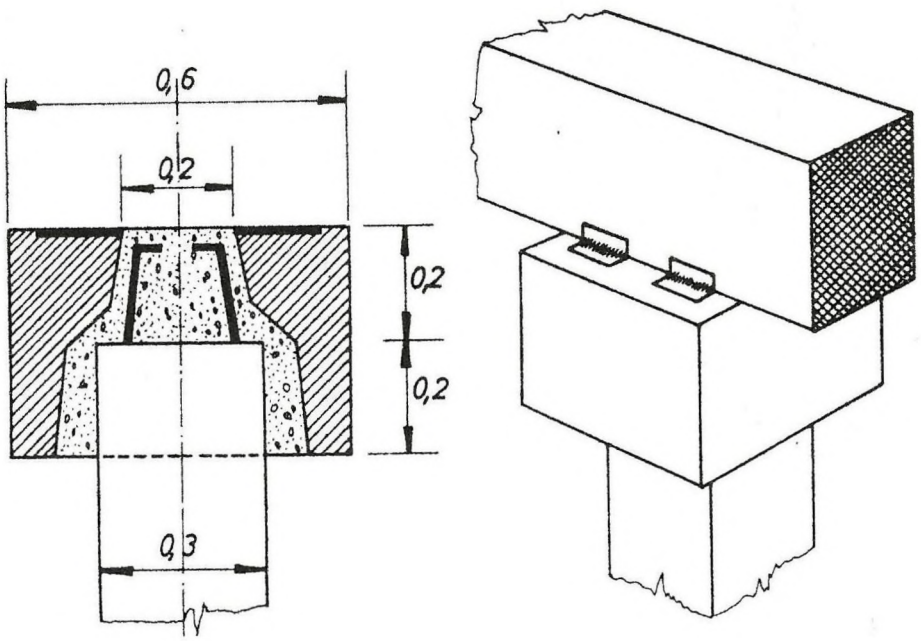
A cölöpöket cölöpverő kossal verik le. Ezek korábban kézzel működtek, ma már gőzzel vagy robbanó gázkeverékkel hajtottak. A cölöpverés szempontjából a verőkos súlya, ill. a kos és cölöp súlyának aránya jelentős, amely a percenkénti ütésszámtól is függ. Lassú ütésű gépeknél (ütésszám 50/perc alatt) 1 t-nál kisebb tömegű cölöp esetén a kos tömege legalább 1,5-szeres cölöptömeg; középnehéz cölöpöknél a kostömeg legalább akkora legyen mint a cölöpötömeg; 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 kostömegként számításba venni.

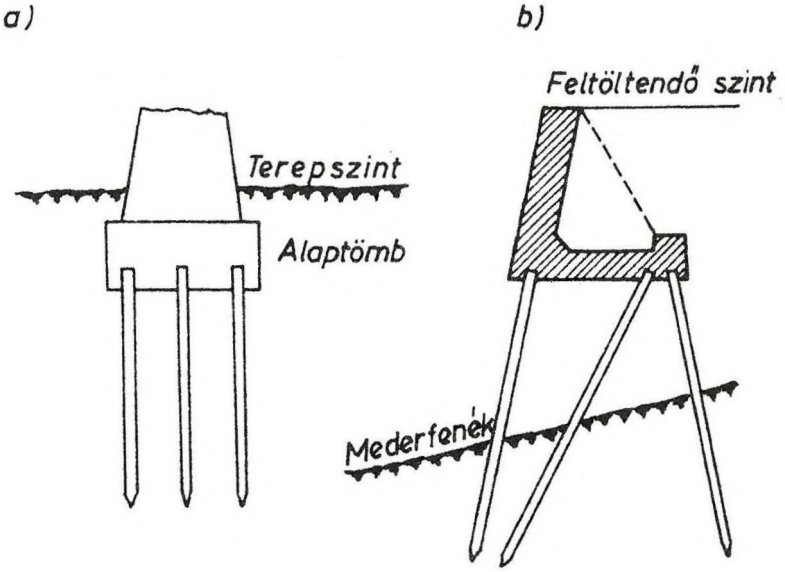
A cölöpverésről jegyzőkönyvet kell vezetni, amelyben fel kell tüntetni az egy ütéssorozathoz tartozó ütőmunka hatására bekövetkező behatolást. A cölöp behatolását a cölöp oldalára festett skáláról kell leolvasni. A cölöpverést 250 kJ ütőmunkából álló sorozatokban kell elvégezni. Ha egy cölöp ennek hatására 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 hosszon 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 és a sorok egyenes vonalában lévő kisebb szabálytalanságok kiegyenlítését. Az így elkészített szabályos magasságú és egyenletes sort alkotó cölöpfejekre elhelyezhetők az ugyancsak előregyártott összekötőgerendák (2.8-76. sz. ábra).



2.8-76. 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 (2.8-77. sz. ábra).



2.8.77. ábra.
Cölöprácsok

2.9. Földutak

Azokat az utakat, amelyeken a forgalom pályaszerkezet nélkül a megfelelően kiképzett földmű felszínén bonyolódik le, földutaknak nevezzük. A földutakkal szemben kívánalom, hogy vonalvezetésük és a vízelvezetés a vonatkozó előírások betartásával legyen megtervezve. Nem tekinthető tehát ilyen szempontból födútnak a spontán kialakult csapás. Földút tervezésénél ezek nyomát a megfelelő korrekciók elvégzése után csak akkor szabad felhasználni, ha azok az idők folyamán a vízjárás és talajviszonyok szempontjából alkalmas helyen jöttek létre, pusztán takarékosságból azonban nem, mert forgalmi költségekben, egyéb létesítmények költségeiben, valamint a földút fenntartási költségeiben a megtakarított összeg többszörösét ráfizethetjük.

A földutak építése megegyezik a földművek építésével, külön gondot fordítva a gondos tömörítésre, a jó vízelvezetésre és a hullámmentes felület kialakítására.

A földutak tervezésénél az általános szempontokon kivül a következőkre kell különös gondot fordítani:

- síkvidéki utaknál ahol a vízelvezetés megoldása nehéz, a földutat a környezetből úgy kell kiemelni, hogy az árokban esetleg kialakuló pangóvíz hosszabb idő után se tudja a földművet felpuhítani. A töltés építéséhez szükséges talajt lapos rézsűvel és széles fenékkel kialakított (2,00-4,00 m) árkokból nyerhetjük.
- domb- és hegyvidéki földutak célszerű keresztszelvénye az olyan vegyesszelvény, ahol a bevágás és töltés földtömege megegyezik. Ezt a kívánalmat a nullvonalas tervezéssel tudjuk kielégíteni (lásd. Erdészeti útépítéstan I.). Ezeknél a földutaknál a problémát az erózió okozza, amelyet a rohanó víz eleven ereje hoz létre, megelőzése tehát ennek csökkentésével lehetséges, egyrészt csökkentve az út hosszesését, másrészt a lejtéstől függő kiosztásban vízterelők beépítésével.

A közönséges földutak járhatósága a talajviszonyoktól függ. Szemcsés talajok szárazon nehezen, nedves állapotban – a látszólagos kohézió miatt – jól járhatók, míg a kötött talajok ellentétes viselkedést mutatnak. A víztartalom növekedésével teherbírásuk rohamosan lecsökken, és a kerekek mély nyomokat vágnak a felszínbe, amelyben a víz megáll és további romlás kiindulásává válik. Forgalom hatására ez az összegyurt talaj folyóssá válik, amelyen aztán csak csökkent terhelésű járművek tudnak nagy nehézségek árán közlekedni.

A talaj jellegéből adódó hátrányos tulajdonságokat a földutak javításával szüntethetjük meg. Mint láttuk, a hátrányos tulajdonságot a kohézió hiánya vagy a kötöttség okozza, a javítás módja tehát ennek függvénye.

A homokos utak javítását 1-2 cm vastagon elterített és a forgalom által bekevert kötött talajréteggel végezhetjük, amely a hiányzó kohéziót pótolja. Az elkeverést gyorsítani lehet, ha azt talajmaróval vagy gréderrel végezzük. A kötött talaj adagolását apránként, nagy figyelemmel, többszöri ismétlésben szabad elvégezni, nehogy a túl sok kötött rész a talaj tulajdonságait ellentétesen kedvezőtlenné tegye.

Kötött talajok javításakor homokot, vagy homokos kavicsot keverünk be. Ennek hatására a szemcsés talaj olyan teherbíró vázat alkot, amely a keréknyomképződést megakadályozza. A kötött talajú útra 2-4 cm-es rétegben kell a kevés kötött részt tartalmazó szemcsés anyagot teríteni. A megfelelő hatást jóval több talaj hozzákeverésével érhetjük el, mint szemcsés talajoknál. A homokterítést 5-8-szor kell megismételni, a keverést a korábbiakhoz hasonlóan lehet végezni.

A javított földutak nem stabilizált utak, mert a javítás különböző időpontokban, több menetben történik, addig, amíg a tulajdonságok a kedvező mértékben megjavulnak. A stabilizált utaknál meghatározott keverési arány és bizonyos előírások pontos betartásával egy menetben előre meghatározott tulajdonságú pályaszerkezetet állítunk elő.

3. AZ ERDÉSZETI UTAK PÁLYASZERKEZETE

3.1. *Követelmények a pályaszerkezettel szemben, a pályaszerkezet felépítése*

A faanyag gazdaságos szállítása megkívánja, hogy az erdészeti utak forgalma biztonságos, gyors, gazdaságos és kényelmes legyen. Olyan pályaszerkezeteket kell ezért tervezni, amelyek felülete egyenletes, kellően érdes, ezeket a tulajdonságait élettartamuk alatt megőrzik, a forgalom és az időjárás károsító hatásainak ellenállnak.

A forgalom a járművek abroncsain keresztül adja át terhelését és ennek hatására függőleges (nyomás, ütés, rázóhatás, hajlítás) és vízszintes igénybevételek (fékezés, gyorsítás, koptatás) lépnek fel. Ezeket a pályaszerkezetnek a földművön kellően el kell osztani, azért, hogy a viszonylag kis teherbírású földmű – ezzel együtt a pályaszerkezet – káros alakváltozásait megakadályozzuk.

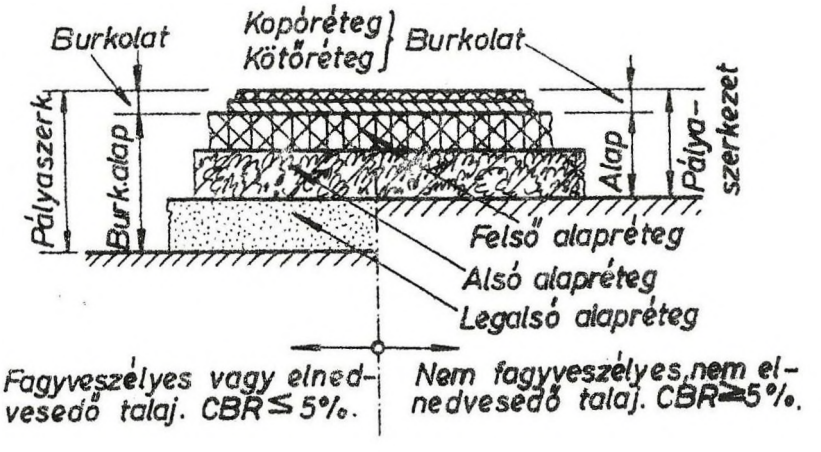
A forgalom hatása mellett nem hanyagolható el a fagy, a hőség, a csapadék, vagyis az időjárás károsító hatása sem, amelyet ugyancsak károsodás nélkül kell a pályaszerkezetnek elviselni.

Az ilyen sokrétű igénybevételnek kitett pályaszerkezet a vele szemben támasztott igényeket akkor tudja kielégíteni, ha kialakításuk korszerű alapelvek szerint történik. Ilyen pályaszerkezetek a többrétegű pályaszerkezetek, amelyeket alapvető tulajdonságaik alapján két csoportba osztunk:

a/ hajlékony útpályaszerkezetek azok, amelyek a kerékterhelés alatt 1,0-2,0 mm behajlást mutatnak kisebb terhelosztóképességük miatt (pl.: aszfaltburkolatok)

b/ merev pályaszerkezetek azok, amelyek nagyobb merevségük miatt jobb terheléselosztóképességgel rendelkeznek, a kerékterhelés alatt ezért kisebb behajlások keletkeznek (pl.: betonburkolatok).

A merev pályaszerkezetek jelentősége erdészeti utakon alárendelt, ezért a következőkben részletesen a hajlékony útpályaszerkezetekkel foglalkozunk. A többrétegű hajlékony pályaszerkezet részei: a burkolat és a burkolatalap a védőréteggel. Nem tartozik ide a földmű felületén alkalmazott javított talajréteg (3.1-1. ábra).



3.1-1. ábra.
Hajlékony útpályaszerkezetek felépítése

Burkolat: a pályaszerkezet legfelső része. Ezen bonyolódik le a forgalom, ezért felületi tulajdonságai a lényegesek (egyenletesség, érdesség, vízelvezetőképesség stb.). Nagyobb forgalom esetén két rétegből épül fel. A kopóréteg van felül, amelyet egy durvább, a vízszintes erőhatásokat felvevő un. kötőréteg támaszt alá és köt az alaphoz.

Alap vagy burkolatalap: általában ez is többrétegű szerkezet, amely megtámasztja a burkolatot és kellő teherbírást ad neki. Jó terhelosztóképessége miatt a földműre jutó terheléseket erősen lecsökkenti. Az alapot funkcionálisan két részre oszthatjuk: az alap felső és az alap alsó rétegeire, amelyek nagy forgalom esetén önmaguk is további rétegekből állhatnak. Az alap felső rétegének feladata, hogy nagy stabilitása és szilárdsága mellett hajlítási húzásokat is felvegyen, valamint a víz elleni szigetelést biztosítsa. Az alap alsó rétege tovább csökkenti a földműre jutó terheket. A kisebb terhelések miatt itt már megfelel az olcsóbb anyagok felhasználásával épülő, kisebb szilárdságú és stabilitású réteg is.

Legalsó alapréteg, amelynek védőréteg szerepe van. Elnedvesedésre, vagy olvadási kárra érzékeny földművön építhetjük legtöbbször homokos kavicsréteg formájában. A pályaszerkezet részeként – legalsó alaprétegként – akkor vehető figyelembe, ha vastagságát méretezéssel határozzuk meg, teherbírása a pályaszerkezet teherbírásába beszámít, egyébként javított talajrétegként a földmű felső rétegét képezi.

Földmű: a teljes pályaszerkezetet alátámasztó bevágásban, vagy töltésben lévő tömörített talaj. A földmű – azért hogy a pályaszerkezet és a rajta folyó forgalom terheit viselni tudja – megfelelő teherbírással rendelkezzen, amelyet optimális víztartalom mellett végzett tömörítéssel tudunk biztosítani. A földmű felületén esetenként alkalmazott javított talajréteget is ide kell számítani.

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 pályaszerkezeti rétegeket különböző anyagokból építhetjük meg. Ezek közül egyesek olyanok, hogy a pályaszerkezet különböző rétegeiben egyaránt használhatók. Ennek nagy jelentősége van a kis forgalmú erdészeti utaknál, ahol a „technikai minimumra" törekedve sokszor elég egyetlen olyan réteget alkalmazni, amely az alappal és a burkolattal szemben támasztott követelményeket egyaránt kielégíti (pl. mechanikai stabilizáció).

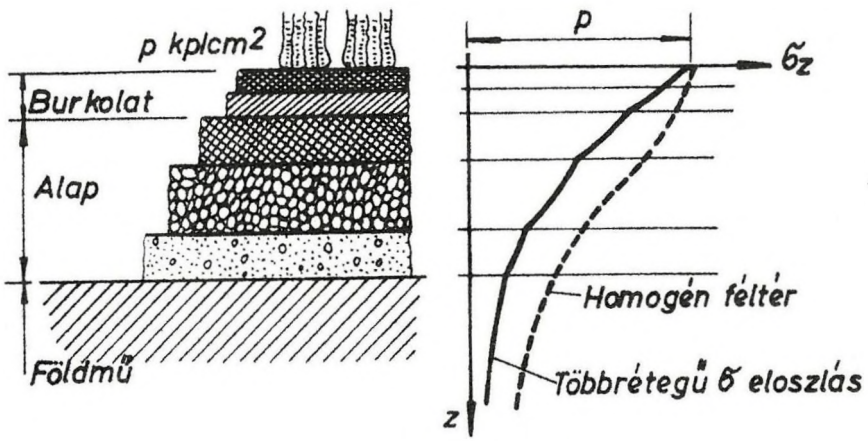
3.2. *A pályaszerkezeti rétegek anyagai*

A pályaszerkezet vastagságát és felépítését méretezéssel határozzuk meg. Az egyes rétegek vastagságát a később tárgyalásra kerülő szempontok szerint kiválasztott anyagok mechanikai és építéstechnikai tulajdonságai alapján lehet eldönteni. A következőkben ezért először a pályaszerkezet építéséhez felhasználható anyagok tervezésével, és építési technológiával foglalkozunk.

3.2.1. *Alaprétegek*

Az alapréteg feladata, hogy a burkolat és a földmű közötti kapcsolatot megfelelő teherelosztása révén biztosítsa úgy, hogy a forgalom hatására a burkolaton káros alakváltozások ne lépjenek fel.

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,



3.2-1. ábra.
Hajlékony útpályaszerkezetek felépítése

ha földmű:

- talaja megfelelő állapotú,
- kellően tömör,
- gondosan víztelenített és
- a tervnek megfelelő szintben készült.

Az alapra háruló feladatokat különféle ásványi vázkötőanyag kombinációjával létrehozott anyagokból készült rétegekkel tudjuk megoldani, amelyek a következők lehetnek:

- stabilizációs alapok, amelyek helyi talaj felhasználását teszik lehetővé, meghatározott szemeloszlás előállításával, vagy kötőanyag (cement, bitumen, mész stb.) felhasználásával
- zúzottkő alapok, amelyeknél kötőanyagot nem használunk fel, a stabilitást a kiékelésel előállított nagy belső surlódás biztosítja
- hidraulikus kötőanyag felhasználásával készülő alapok,
- aszfalttípusú burkolatalapok, amelyeknél a bitumen kötőanyag különféle kőtermékekből álló vázat köt össze.

3.2.1.1. *Stablizációs alapok*

A gazdaságos és olcsó pályaszerkezetépítés megkívánja, hogy a kisebb igénybevételeknek kitett alsóbb rétegekbe, mint amilyenek az alaprétegek ne építsünk be kiváló minőségű zuzottkövet, hanem törekedjünk a helyi anyagok széles körű felhasználására. A kőbányák leterheltségét ezzel csökkentjük, ezek így több energiát fordíthatnak a felsőbb rétegek építéséhez szükséges jó minőségű kőanyag előállítására, valamint vasúti szállítási kapacitást tudunk felszabadítani. Előnyös a helyi anyag stabilizálása azért is, mert korszerű gépekkel történhet, amely az önköltséget és a kivitelezési időt lecsökkenti.

A gazdasági előnyök mellett jelentősek a műszaki előnyök is, mert a helyi anyagok stabilizálásával olyan alaprétegeket tudunk létrehozni, amelyek a vizet nem eresztik át és nem tárolják,

valamint a forgalom hatására nem tömörödnek.

A stabilizációs rétegek pályaszerkezetben elfoglalt helyét a forgalom nagysága határozza meg:

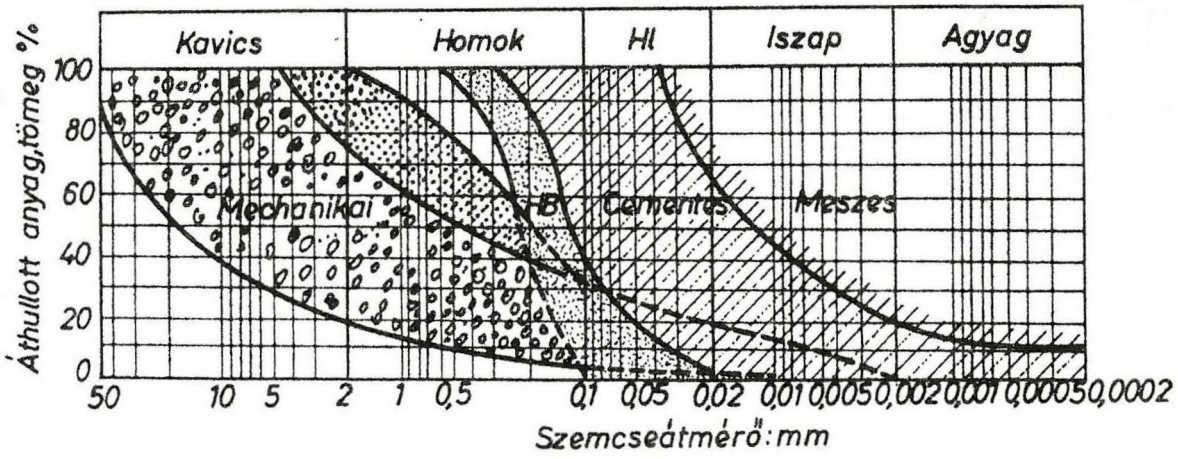
- közepes és nagyforgalmú utak hajlékony pályaszerkezetének alsó alaprétege,
- kis forgalmú utak (ide tartoznak a nagyobb forgalmú erdészeti utak) alapja,
- igen kis forgalmú utak (mint az alsórendű erdészeti utak) burkolata valamilyen vékony bitumenes lezárással, vagy önállóan mechanikai stabilizáció formájában.

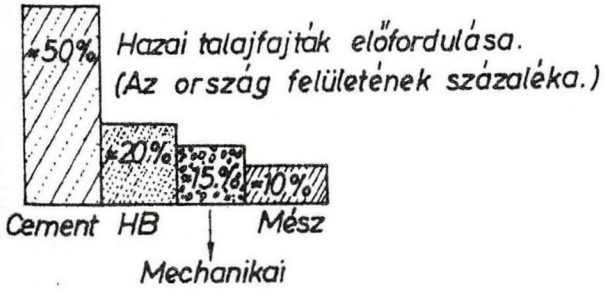
A talajok stabilizálásakor a talaj tulajdonságait céljainknak megfelelően változtatjuk meg talajkeverék készítésével, vagy kis mennyiségű kötőanyag bekeverésével. Fontos ezen kivül az optimális víztartalmon történő gondos tömörítés, amelynek hatására nő a belső surlódás, ezzel együtt a teherbírás, a hézagok lecsökkenésével pedig csökken a vízáteresztő- és víztartóképesség.

A stabilizáció készítéséhez felhasználható kötőanyag fajtáját a talaj tulajdonságai alapján határozzuk meg. Kötőanyagként cementet, meszet, bitument, pernyét, granulált kohósalakot, esetleg különféle vegyszereket használhatunk. Többféle kötőanyag felhasználásának lehetőségekor gazdaságossági alapon kell a megfelelőt kiválasztani.

Az egyes stabilizációs módszerek alkalmazásának területét az alábbiakban foglaljuk össze (3.2-2. ábra):

- mechanikai stabilizáció építésére a kedvező szemeloszlású kavicsos talajok, valamint az egyenletes szemeloszlású kavicstalajok.alkalmasak, amelyek szemeloszlását esetleg iszapos agyag hozzákeverésével javítjuk
- cementstabilizáció elsősorban iszap, iszapos homok, iszapos kavics talajokon alkalmazható. Egyenletes szemeloszlású homokos kavics és homok csak nagy mennyiségű cement adagolásával stabilizálható





3.2-2. ábra.
A gazdaságosan alkalmazható stabilizációk

- bitumenstabilizációt egyenletes szemeloszlású talajokból készíthetünk, mint amilyen a futóhomok, durva homok, kavicsos homok
- mészstabilizációt kötött talajoknál, vagy agyagos kavicstalajoknál alkalmazhatunk
- pernye és granulált kohósalak kötőanyag felhasználásával szemcsés, kissé kötött, agyagmentes talajok stabilizálhatók.

3.2.1.1.1. *Mechanikai stabilizáció*

A mechanikai stabilizáció kisebb forgalom mellett stabilizált földút felső rétegeként, nagyobb forgalomnál burkolatalapként, vagy védőrétegként használható.

A mechanikai stabilizáció egyesíti magában a szemcsés és kötött talajok jó tulajdonságait, nedvesen és szárazon is jó teherbírású mivel a szemcsés rész a víznek ellenálló vázat alkot, szárazon pedig a kötött rész kohéziója kapcsolja a szemcséket egymáshoz. Az ilyen tulajdonságokkal rendelkező anyagoknak egyrészt szemeloszlási, másrészt kötöttségi feltételeket kell kielégíteni. (A mechanikai stabilizáció olyan „beton", amelynél meghatározott szemeloszlású anyagban a kötést a finom rész adja.)

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 (általában 5-10 mm),
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 általában 0,5-nek választhatjuk, amely ekkor az un. Fuller-görbe egyenletét adja:

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

A legnagyobb szemcseátmérő a stabilizált réteg tömör vastagságának (v) felét nem haladhatja meg, vagyis

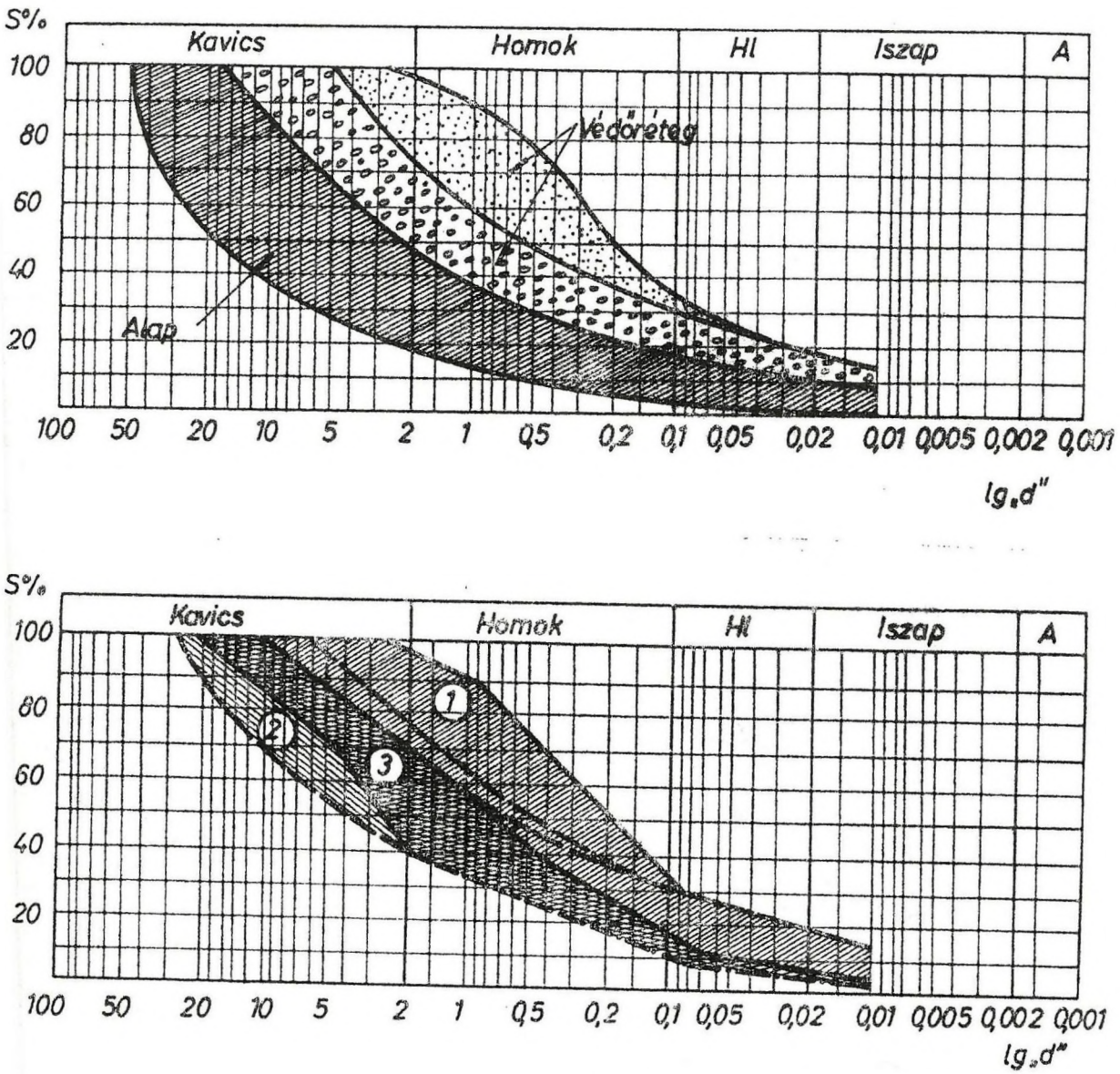
$$D_{max} = \frac{v}{2}$$

A kötőanyagként szereplő talajhabarcsot alkotó finom résznek ($d < 0{,}1$ mm) az alábbi plaszticitási feltételeket kell kielégíteni:

folyási határ $\omega_L = 25\ \% - 35\ \%$

plasztikus index $I_p = 3\ \% - 15\ \%$.

A mechanikai stabilizáció készítésére megfelelő anyag szemeloszlását határgörbékkel vagy táblázatokkal adják meg. A táblázatok feltüntetik a szükséges és megengedett kötöttségi előírásokat is (3.2-3. ábra és 3.2-1. táblázat). Amennyiben a helyszínen nem található mechanikai stabilizáció előírásait kielégítő talaj, akkor a megfelelő szemeloszlást két vagy több talaj keverésével állíthatjuk elő. A keverési arányokat numerikus és grafikus eljárásokkal lehet meghatározni.



3.2-3. ábra.

Mechanikai stabilizáció építéséhez felhasználható talajok

a/ teherhordó felső rétegnek, b/ alapnak és ágyazatnak, 1. száraz klima, 2. nedves klima, 3. átlagos viszonyok

A hazai adottságokat figyelembe vevő táblázatból láthatjuk, hogy kopórétegnek a kisebb maximális szemcseátmérővel rendelkező talajok vagy talajkeverékek a megfelelőek, míg a nagyobb maximális szemcseátmérővel rendelkező talajok, vagy talajkeverékek teherelosztórétegként használhatók. A plasztikus index és folyási határ megválasztásánál a terület klimáját kell figyelembe venni. Száraz klimánál, kiszáradásnak kitett felső rétegnél, valamint szögletes szemcsék előfordulásánál a plasztikus index felső határához, nedves klimánál, nehezen kiszáradó helyeken és gömbölyű szemcsék esetén a plasztikus index alsó határához közelebb kell az értéket kiválasztani.

3.2-1. táblázat.

Mechanikai stabilizálás céljára alkalmas keverékek

Szitaátmérő, mm	Homok-agyag		Durvaszemcséjű keverék				
	koptató réteg	teher-elosztó réteg	koptatóréteg		terhelosztóréteg		
			legnagyobb szemcseátmérő, mm				
			25,4	19,1	76,2	50,8	25,4
	Áthullot anyag, súlyszázalék						
76,2	A keverék				100		
50,8	100 %-a áthull				65-100	100	
38,1	a 25,4 mm-es					70-100	
35,4	szitán,		100		45- 75	55- 85	100
19,1	65-100 %-a		85-100			50- 80	75-100
9,5	2,0 mm-esen.		65-100	100	30- 60	40- 70	50- 80
4,8	Az áthullott rész a következő szemcseösszetételű		55- 85	70-100	25- 50	30- 60	35- 65
2,0	legyen: 100		40- 70	35- 80	20- 40	20- 50	25- 50
0,84	55-90						
0,42	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 klima	3	6	3		3		
I_p Normális klima	4- 8	6	4-3		3		
I_p Száraz klima	9-15	6	9-15		3		
w_L nem nagyobb mint	35	25	35		25		

Finom rész mennyisége: 0,074 mm szintán áthullott anyag legyen kevesebb a 0,42 lyukbőségű szitán áthullott anyag 2/3-ánál.

A legnagyobb szemcsenagyság legyen kisebb, mint a burkolatvastagság 1/3-a.

A megfelelő mennyiségű zuzott (érdes) részt tartalmazó talajok, vagy talajkeverékek nyírószilárdsága nagyobb, ezért igényesebb szerkezeteknél a nagy kavicsszemcsék zuzásával a stabilitást jelentősen növelhetjük.

A szemeloszlási vagy a kötöttségi feltételek kielégítésére esetenként a könnyen víztelenít-hető szemcsés anyaghoz finom kötött anyagot kell keverni, amely ezáltal a vizet nehezen áteresztő, fagyveszélyes anyaggá változik. A módszert ezért csak óvatosan lehet használni és meg kell vizsgálni, hogy az építés helyén adottak-e a jó víztelenítés feltételei. Amennyiben ez nincs megoldva, úgy első lépésként a megfelelő vízelvezetést kell kialakítani.

Természetes állapotukban, keverés nélkül a következő anyagok alkalmasak általában mechanikai stabilizáció készítésére:

- iszapos kavicsos homok, gödörkavics (főként Ny-Dunántúlon található megfelelő gödörkavics),
- iszapos durva homok,
- kőbányák iszapos bányameddője,
- téglagyári törmelék,
- válogatás (villázás) nélküli régi bontott makadámburkolat.

Hangsúlyozni kell, hogy az előírt szemeloszlási és kötöttségi kritériumokat ezeknek az anyagoknak is ki kell elégíteni.

A mechanikai stabilizáció építése viszonylag egyszerű feladat. A pályaszerkezetet mindig a kész földműre kell építeni, amelynek folyamata a következő lépésekből áll:

1. Tükörkiemelés gréderrel a kívánt mélységben. A kikerülő föld a padkán halmozódik fel.
2. A tükörbe hulló csapadék azonnali gondos elvezetésére padkaszivárgókat kell építeni, hogy a tükör elázását megakadályozzuk.
3. A tükör tömörítése gumi vagy juhlábhengerrel. A tömörítést optimális víztartalom mellett 90 % Proctor-tömörség eléréséig kell végezni.

Amennyiben a tervezés és építés nem kiegyenlítő földműszintre, hanem földműszintre történik, akkor ezek a lépések elmaradnak, mivel a pályaszerkezet építése a kész földmű felületén történik, tükörvágás nélkül. Az építés további menetében már nincs különbség.

4. Anyagbeszállítása és elterítése. A terítést a keverési aránynak megfelelő vastagságban kell elvégezni.

   A terítés vastagságnál a tömörödés mértékét figyelembe kell venni, amelyet a tömör réteg vastagságának 20 %-os növelésével tehetünk meg:

$$h_t = 1{,}2\ h$$

ahol: h_t – a terítési vastagság,

h – a tömör rétegvastagság.

5. A talajok keverését talajmaróval, rotációs kapával, vagy gréderrel végezhetjük. A keverés közben a talajszemcsék aprózódnak, amely feltétele a jó és egyenletes keveréknek.
6. Nedvesítés. Ennek egyrészt az a célja, hogy az optimális tömörítési víztartalmat biztosítsuk, másrészt az, hogy a nagyobb szilárdságú rögök a további keverés alatt könnyen szétessenek. A keverés kezdetén szükséges víztartalom:

$$W_{sz}\ \% = W_{opt} + 2\ \%$$

mert a beépítés közbeni párolgást mintegy 2 % víztartalomtöbblettel tudjuk pótolni.

Locsolásra locsolókocsit, vagy lajtot használhatunk. Nedves időjárásban előfordulhat, hogy az anyag víztartalma a beépítés idején nagyobb a szükségesnél, ilyenkor gondoskodni kell a kiszárításról. Ezt a talaj gépi uton történő többszöri átkeverésével érhetjük el, átkeverésenként 1-2 % víztartalomcsökkenést előídézve. Másik megoldás 2-3 % égetett mészkőpor adagolása, amely részben oltódása során vizet von el, részben az optimális tömörítési víztartalom értékét emeli.

7. A tömörítést gumi, sima vagy vibróhengerrel kell végezni 95 – 100 % Proctor-tömörség eléréséig. A tömörítés után az előírt eséssel bíró felületet kell kapnunk. Ezt úgy érhetjük el, hogy tömörítés közben néhány grédermenettel a felületet profilba hozzuk.

Bitumennel kezelt mechanikai stabilizációt készíthetünk úgy, hogy a 3-5 cm mélyen fellazított réteget 2-3 kg/m^2 higított bitumennel vagy bitumenemulzióval bepermetezzük, majd betömörítjük. Az így kapott rétegre újabb 0,7-1,0 kg/m^2 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 burkolatát is képezheti.

3.2.1.1.2. *Cementes talajstabilizáció*

A hazai talajok legnagyobb része cementtel stabilizálható. Egy, legfeljebb két rétegben nagyobb forgalomnál alsó alaprétegként, kisebb forgalomnál alapként építhető bitumenes alap, illetve burkolatok alatt. Önállóan alkalmazni nem lehet, mert még a könnyű forgalom elviselésére sem alkalmas.

A cementes talajstabilizáció készítésére azok a talajok alkalmasak, amelyek kielégítik a következő feltételeket:

a/ 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 max. 35 %.

b/ Kémiai feltételek:
- szulfáttartalom max. 0,2 %,
- szervesanyagtartalom 5 % alatti,
- pH érték 6-nál nagyobb.

Felhasználható minden 350 vagy 250 portland, kohósalak portland, vagy pernyeportlandcement (régi C-400, vagy C-500 cementek), amelynek kötési ideje 4 óránál hosszabb.

A cementadagolás mennyiségét laboratóriumi kísérletekkel kell meghatározni. A minimális cementadagolást úgy kell megválasztani, hogy teherbírásra, vízállóságra és a fagyállóságra nézve a keverék biztonságosan megfeleljen. A feltételek betartásához feltétlenül szükséges cementadagolásnál nagyobb cementadagolás szükségtelen, mert a túl magas szilárdság növeli a cementstabilizációra helyezett aszfaltréteg átrepedésének veszélyét, ezenkivül gazdaságtalan. A viszonylag kisebb szilárdságú stabilizáció sűrűn, mozaikosan összerepedezik, amelynek hatására merevségét elveszti, a repedések később sem nyílnak meg az egyes részek a terhelést jól átadva együttdolgoznak. A minimális szélességű hajszálrepedések miatt a felettük lévő rétegek sem repednek át.

A túl alacsony szilárdság azért kedvezőtlen, mert a kellő teherbírás így nem biztosított, a vizzel szembeni ellenállás lecsökken és ezért a szerkezet nem kellően fagyálló.

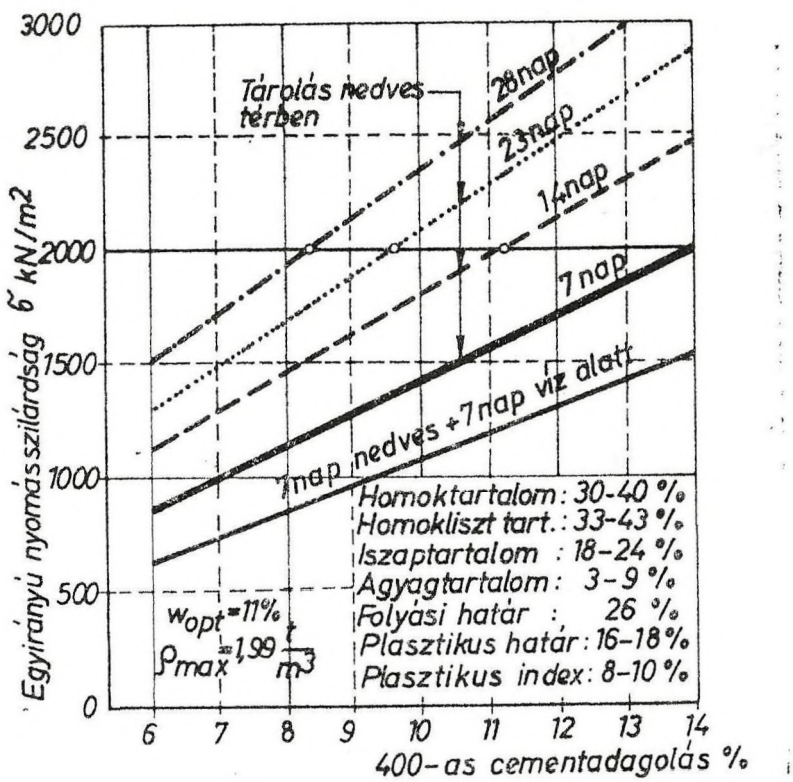
Főként homok cementes stabilizálásánál előnyös a porszéntüzelésű erőművekben keletkező pernye cementhez keverése, amely a szemeloszlás javításával jelentős cementmegtakarítást eredményezhet. A pernye felhasználását laboratóriumi vizsgálat előzze meg. Ennek eredményeként csak jelentős cementmegtakarítás esetén javasolható alkalmazása, mert a kisebb mennyiségű cementmegtakarítás gazdasági előnyeit lerontja a technológia bonyolulttá válása.

Az adagolandó cement mennyisége általában 5-14 súly % között változik a talaj és a felhasznált cement fajtájától függően. Az optimális cementadagolást laboratóriumi vizsgálattal állapíthatjuk meg. Meghatározzuk a talaj szemeloszlását, plasztikus indexét, folyási határát, maximális száraz halomsűrűségét és optimális tömörítési víztartalmát. Ezek ismeretében cement-talaj keveréket készítünk különböző cementmennyiségek felhasználásával. (C-400-nak megfelelő cementekkel 6; 9; 12 %; C-500-nak megfelelő cementekkel 5; 7; 9 %.) Ezekből a keverékekből szabványos mintahengereket készítünk 93-95 % Proctor-tömörséggel.

A próbatesteket háromféle módon és ideig tároljuk, majd eltörjük:

1. nedves térben tárolva 7 nap múlva (σ_7),
2. nedves térben tárolva 14 nap múlva (σ_{14}),
3. 7 napig nedves térben, 7 napig víz alatt tárolva, 14 nap múlva (σ_{7+7}),
4. 7 napos próbatestek fagyasztásnak kitéve, amely 12 napon keresztül 8 órás -22 °C fagyasztást és 16 órás felengedést jelent.

A kapott eredményeket a cementadagolás függvényében diagramban ábrázoljuk (3.2-4. ábra) amelynek értékelése alapján a szükséges cementadagolást a következőképpen állapítjuk meg.



3.2-4. ábra.
A cement mennyiségének meghatározása

A 7 napig nedves térben tárolt minták σ_7 nyomószilárdsága a következő határértékek közé essen:

$$2000 \text{ kN/m}^2 < \sigma_7 < 2500 \text{ kN/m}^2$$

Az ezen feltétel alapján kiválasztott előzetes C % cementadagolást le kell ellenőrizni, a σ_{7+7} nyomószilárdság alapján. A cementadagolás megfelel, ha a σ_{7+7} nyomószilárdság értéke nagyobb, mint a σ_7 nyomószilárdság 70-80 %-a, vagyis

$$\sigma_{7+7} > 0{,}7 \sim 0{,}8 \cdot \sigma_7.$$

Amennyiben ez a feltétel nem teljesül és a

$$\sigma_{7+7} < 0{,}7 \sim 0{,}8 \cdot \sigma_7$$

akkor nagyobb cementadagolást kell választani, amelynél a σ_{7+7} szilárdság legalább 0,75 . 2000 = = 1500 kN/m^2 értékű. Vigyázni kell azonban arra, hogy ehhez a nagyobb cementadagoláshoz tartozó σ_7 nyomószilárdság a 2500 kN/m^2-es felső határt legfeljebb 20 ~ 30 %-kal lépheti túl, tehát ilyenkor

$$\sigma_{7\,max} \approx 3200 \text{ kN/m}^2$$

A fentieken túl a fagyasztásnak kitett minták nyomószilárdsága legalább 1000 kN/m^2 értékű legyen.

A cement hidraulikus kötéseket hoz létre a talajban, melyek kialakításához 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 nedvességtartás formájában gondoskodni kell.

3.2.1.1.3. *Meszes talajstabilizáció*

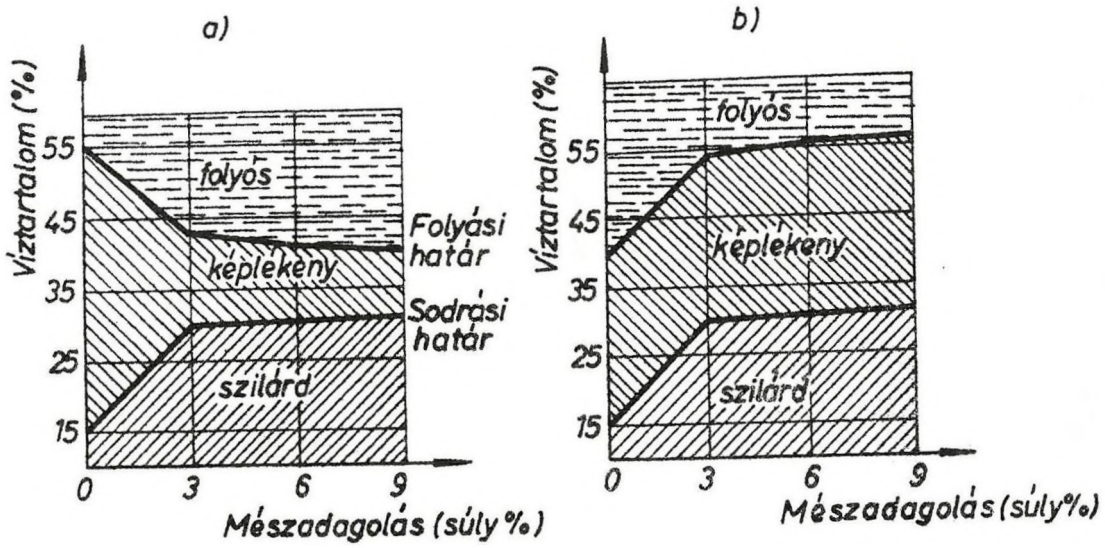
Meszes talajstabilizációra az olyan kötött talajok alkalmasak, amelyeknek plasztikus indexe nagyobb 15 %-nál (esetleg 12 %-nál). A talajba bevitt mész hatása alapvetően kétféle:

- megváltoztatja a talajra jellemző konzisztenciahatárokat,
- megváltoztatja a talajok tömöríthetőségét.

A konzisztenciahatárok változása kétféle módon mehet végbe (3.2-5. ábra).

- a plasztikus index csökken, mert a sodrási (plasztikus) határ nő a folyási határ változatlan marad, illetve kis mértékben csökken,
- a plasztikus index nem változik, azonban a sodrási és a folyási határ víztartalma is nő. A talaj ezért vízzel szemben érzéketlenebbé válik, mert felpuhulása magasabb víztartalomnál következik be.

A mész hatása a talajfizikai jellemzők megváltozásán kivül a tömöríthetőségben is változást okoz (3.2-6. ábra). A mésszel kezelt talaj max. száraz halomsűrűsége lecsökken, az optimális tömörítési víztartalom jóval megnő, a tömörítési görbe pedig ellaposodik. Ez egyrészt azt jelenti,

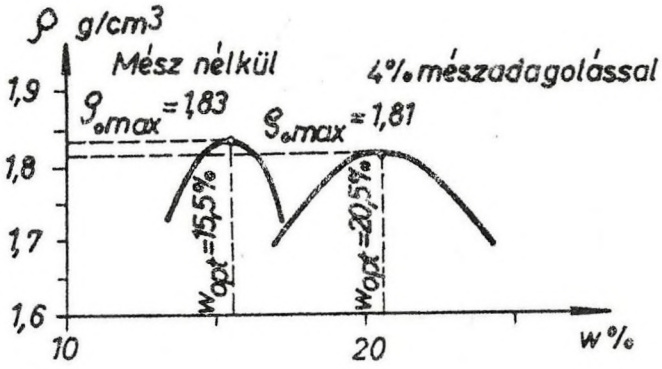


3.2-5. ábra.
Mész hatása a konzisztenciahatárokra

hogy a tömörítés magasabb víztartalomnál is jól elvégezhető, másrészt azt, hogy a talaj kevésbé érzékeny a tömörítési víztartalom változására.

A meszet adagolhatjuk:
- őrölt égetett mészpor,
- porrá oltott mész (mészhidrát),
- péppé oltott mész vagy
- mésztej

formájában.

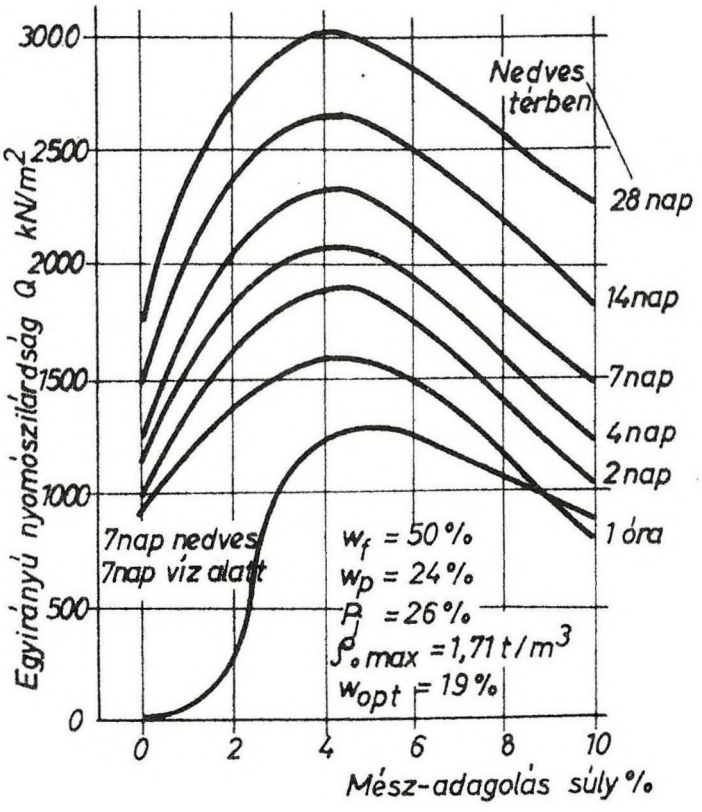


3.2-6. ábra.
Mész hatása a tömöríthetőségre

Az őrölt, égetett mészport elnedvesedett talajokon tudjuk jól használni, mivel a mész oltódásához felhasznált vizet a talajból vonja ki és ezért bizonyos szárító hatást is elérünk.

Száraz talajokhoz mésztejet vagy péppé oltott meszet adagolunk, ezzel biztosítva a szükséges víztartalmat.

A mész kolloidkémiai hatását az agyagásványokon tudja kifejteni, iszapos talajoknál akkor érünk el eredményt, ha a talaj megfelelő mennyiségű agyagásványt, (illit, montmorillonit stb.) tartalmaz. Jó eredmény érhető el a túl sok kötött részt tartalmazó homokos kavicsoknál, melyek ezért mechanikai stabilizáció készítésére nam alkalmasak. Ekkor a kötött rész mennyiségét kell figyelembe venni a mészadagolás nagyságának meghatározásához. Kimondottan szemcsés talajok esetében a mésznek csak a hidraulikus kötőképességét vehetjük figyelembe, ezért ezeknél a talajoknál célszerűbb cementes stabilizációt alkalmazni. A mész adagolásának nagyságára laboratóriumi kísérleteket kell végezni. Tájékoztatásul szolgálhat, hogy



3.2-7. ábra.
A mészadagolás és az egyirányú nyomószilárdság összefüggése

- pályaszerkezeti réteg stabilizálására kötött talajban 3-8 súly %,
- kötött talajú földmű javítására, morzsalékossá tételére 2-3 súly % mész adagolása szükséges.

A laboratóriumi vizsgálatokat a cementstabilizációhoz hasonlóan végezzük el. A különböző mészadagolással készített próbatesteket részben víz alatt, részben nedves térben tároljuk, majd 2; 4; 7; 14 és 28 nap múval eltörjük.

Az egyirányú nyomószilárdságot a mészadagolás függvényében ábrázolva, határozott maximummal bíró görbéket kapunk, amelyek maximumában adódik az optimális mészadagolás (3.2-7. ábra).

Olyan különleges összetételű talajoknál, ahol maximum nem alakul ki a görbén, ott azt a mészadagolást kell választani, amely kellő szilárdságot biztosít a stabilizáció anyagában (pl. 7 napos korban 2000 kN/m^2).

3.2.1.1.4. *Bitumenes talajstabilizáció*

A bituemenes talajstabilizációnál a bitumen kötőanyag kohéziót kölcsönöz és vízzáróságot biztosít. Általában szemcsés talajok stabilizálására alkalmas mint a kavicsos homok, vagy az egyenlő szemcséjű futóhomok. A talajok iszaptartalma nem haladhatja meg az 5 %-ot, mert az ugrásszerűen megnövő fajlagos felület megnöveli a kötőanyagszükségletet, és ez a stabilitást rontja.

Az alkalmazott kötőanyag:

– kis viszkozitású higított bitumen (HB 20/40)

– lassan törő bitumenemulzió min. 60 % bitumentartalommal.

A kötőanyag jobb eloszlását és a tapadást 2 % mészhidrát vagy 3 % portlandcement adalékanyag hozzáadásával segíthetjük elő.

A kötőanyag mennyiségét laboratóriumi vizsgálattal kell megállapítani. A túl sok kötőanyag már kenőanyagként viselkedik, míg a szükségesnél kevesebb nem kölcsönöz kellő kohéziót a keveréknek, tehát mindkét esetben csökken a stabilitás.

A vizsgálatokhoz különböző bitumentartalmú próbatestet készítünk a következő kiindulási határok között:

kavicsos homokoknál	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 101,6 mm átmérőjű és 63,5 mm vastagságú un. Marshall próbatesteket készítünk Proctor gépen, a próbatest mindkét oldalára 25-25 ütést mérve (4,5 kg-os döngölővel, 46 cm magasságból). Az elkészített 4-6 próbatest felét szobahőmérsékleten, felét víz alatt tároljuk 6 napig, majd Marshall-féle nyomógépen meghatározzuk a stabilitás értékét (3.2-8. ábra). A gépben palást irányú nyomást adunk a próbatestekre egy nyomópalásttal. A töréskor fellépő maximális erő N-ban adja a Marshall-stabilitást.

A bitumenadagolás függvényében ábrázolva a stabilitást maximummal bíró görbét kapunk. Azt a bitumentartalmat fogadjuk el a stabilizáció bitumenadagolásnak, amely a maximális stabilitást adja. Ennek értéke a hazai előírások szerint nem lehet kisebb

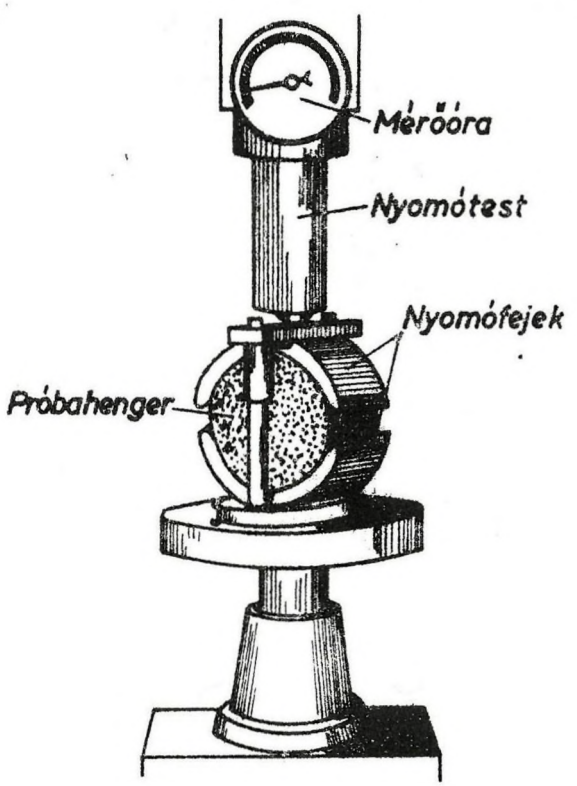
– szabad levegőn tárolt minták esetében 2000 N-nál (MS >2000 N),

– 6 napig víz alatt tárolt mintáknál 1000 N-nál (MS >1000 N).

A kivitelezés során az elkészített stabilizáció anyagának stabilitását mindig ellenőrizni kell, amely 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

$$W\ \% = (W_{opt} + 2\ \%) - B\ \%$$ legyen.



3.28. ábra.
Marshall-féle nyomógép

A W_{opt} megállapításánál vegyük figyelembe 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*

A kötőanyagot felhasználó stabilizációs eljárások építés szempontjából nagyon hasonlóak. Mindegyik stabilizációt általában 13-15 cm ritkán max. 18 cm tömör vastagságban építik meg, mert ez az a vastagság, amely helyszínen még jól megkeverhető és betömöríthető. Vastagabb stabilizációt több rétegben kell megépíteni.

A stabilizációk készítésekor négy alapvető műveletet kell elvégezni megfelelő sorrendben:

- a stabilizálandó talaj egyenletes fellazítását, felaprítását,
- a kötőanyag és víz megfelelő mennyiségben történő egyenletes bekeverését a talajba,
- a talaj-kötőanyag-víz keverék gondos és hatékony betömörítését,
- utókezelést.

A felsorolt műveletek közül a keverék előállítására kétféle módszert alkalmazhatunk:

- keverőtelepen történő keverést keverőgéppel,
- helyszíni keverés talajmaróval.

a/ A gépben történő keverés 700-1000 liter nagyságú betonkeverővel, vagy folyamatos keverést biztosító keverőteknővel történik. A stabilizálandó talajt valamilyen szállítóeszközzel a keverőtelephez visszük, majd a kész keveréket a beépítés helyére szállítjuk, ahol a keveréket elterítjük, és gondosan betömörítjük a megfelelő profil kialakítása mellett. A keverőgépet célszerűen vagy az építés súlypontjába, vagy – főként ha nem a helyi talajt stabilizáljuk – az anyagnyerőhelyre telepíthetjük. Az utóbbi megoldás előnye, hogy egy keverőgéppel több távolabbi munkahelyet is ki tudunk szolgálni. Az eljárás hátránya, hogy nagy szállítási munkát igényel, amely csak akkor válhat gazdaságosabbá, vagy indokolttá, ha a stabilizáció anyaga nem helyi talaj, hanem különben is tükörbe szállított anyag lenne.

Az eljárás előnye, hogy a keverék egyenletesebb minőségű lesz és a kész keverék ellenőrzése is könnyen megszervezhető. Talajmaróra nincs szükség, az építési felvonulás költsége kisebb munkáknál viszonylag alacsony.

A keverőtelepen történő keverést általában kisebb munkáknál, nem helyi talajstabilizálásánál és olyan helyeken alkalmazzuk, ahol a keveréket talajmaróval nem tudjuk előállítani (pl. útszélesítéseknél, stb.).

b/ A stabilizációt talajmaróval helyszíni keveréssel is előállíthatjuk. Ekkor egy géplánc halad végig a földművön és ez végzi el a szükséges műveleteket.

Az így végzett munkánál lényeges, hogy a földmű, amelyre a stabilizáció kerül kellően tömör legyen. Amennyiben a később stabilizálandó helyi talajréteg alatt a földmű nem kellően tömör, akkor a felső később stabilizálandó réteget gréderrel félre kell húzni a padkára és a földmű felső rétegét, illetve a tükröt megfelelően tömöríteni kell. Ezután a félrehúzott talajt visszaterítjük és a stabilizációt ebből elkészítjük.

Megépíthető a stabilizáció úgy is, hogy a földművet készre építjük és felszínét megfelelően betömörítjük. A stabilizálásra kerülő lazább réteget vagy egy közeli anyagnyerőhelyről, vagy a bevágási, illetve töltési rézsű lazább rézseiből nyerjük és terítjük szét a földművön. (A földmű kitűzésekor a megfelelő túlméret biztosítandó.)

Mivel az alkalmazott keverő és tömörítő eszközök megszabják a hatékony keverés és tömörítés felső határát ezért vastagabb stabilizációt több rétegből kell építeni. A 15-18 cm tömör vastagságot (20-22 cm laza vastagság) kell az építhető max.-nak tekinteni, amely egyben a leggazdaságosabb vastagság is a gépek maximális kihasználtsága miatt. A több rétegű stabilizáció kivitelezése úgy történik, hogy a földmű felső részéről első menetben lehúzzuk a felső stablizálandó réteg anyagát, illetve a földműre az alsó réteg anyagát terítjük el és ezt stabilizáljuk. Ezután elterítjük a második réteg anyagát és azt a már elkészült alsó rétegen stabilizáljuk.

A helyszíni keveréssel készülő stabilizációt megfelelő gépsor segítségével készíthetjük el. Hazánkban a stabilizációs gépláncot D-4 KB erőgépre építették fel, amelynek gyártása az 1970-es évek közepén megszünt. (A jóval modernebb DUTRA 6500 alapgépre tervezett géplánc sem készült el az erőgépek gyártásának elmaradása miatt. A kifejlesztett gépláncot 1973-ban Tamásiban erdészeti útépítésen sikeresen bemutatták, de sériagyártásra nem került.) A gépláncot jelenleg készen nem kapni, azonban hazai gyártású gépekből összeállítható.

Jelenleg a KÖZGÉP Vállalat (Közúti Gépellátó Vállalat) fejlesztett ki és gyárt VARUTA néven egymenetes talajstabilizáció gépet. A két egységből álló gépsor előtömörített réteget állít elő. A célszerűen több célra felhasználható gépet (burkolatszélesítés, padkamarás, stb.) azonban nagy beszerzési ára miatt egy erdőgazdaságnak nem gazdaságos megvenni.

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 gépláncot a következő gépegységből kell összeállítani:

1. Összkerékhajtású traktor, amelynek mászósebességfokozata 3 pont felfüggesztésű hidraulikus emelőrendszere, meghajtó tengelycsonkja van.
2. Gréder a profil alakítására a talaj félrehúzására és terítésére.
3. Terítő és adagoló berendezés a kötőanyag elosztására.
4. Talajmaró, amelyet a vontató tengelycsonkja hajt meg. Előnyös, ha a víz, illetve bitumen keverés közben a keverőtérbe adagolható.
5. a/ Cement vagy mészszállító gépkocsi esetleg elosztó egységgel felszerelve.
   b/ Bitumenszállító gépkocsi.
   c/ Vízszállító tartálykocsi.
6. Gumihenger tömörítéshez (6-8 t-ás, önjáró).
7. Uthenger (6-8 t-ás, kéthengerlőjű).

Jó, ha a tehergépkocsik mászósebességi fokozattal rendelkeznek, hogy a gépsorral együtt tudjanak mozogni. Amennyiben ilyen gépkocsival nem rendelkezünk, akkor a tehergépkocsikat vontatókkal kell mozgatni.

A géplánc munkája por alakú stabilizáló anyagokat alkalmazva a következő:

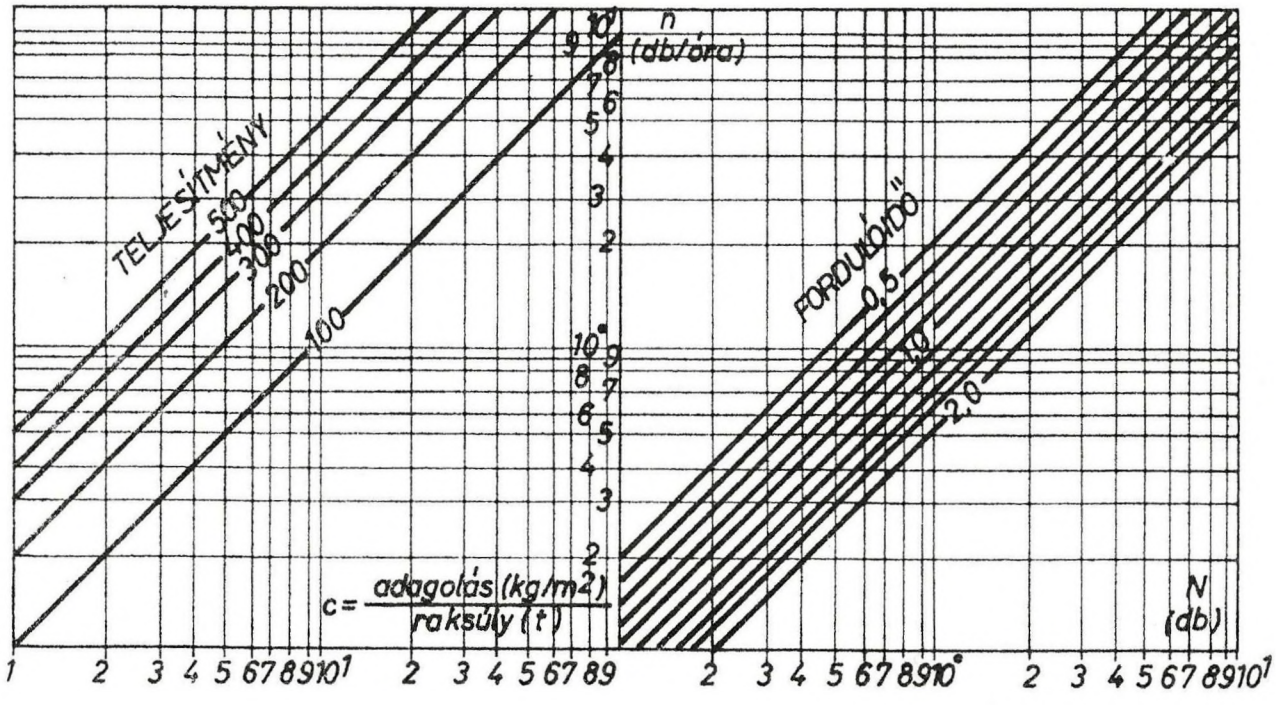
1. Profiligazítás, valamint az egyenletes talajfelszín kialakítása gréderrel.
2. Talaj fellazítása talajmaróval.
3. Por alakú kötőanyag egyenletes elosztása géppel.
4. Száraz keverés, amelynek célja az egyenletes elkeveredés biztosítása.
5. Nedves keverés. A talajmaró keverés közben vizet permetez a talajkeverékre és így a nedves keverék előállítható.
6. Előtömörítés vibrolapsorral.
7. Tömörítés hengerléssel.
8. Profiligazítás gréderrel és simítóhengerlés.

A bitumenstabilizáció kivitelezése annyiban különbözik az előbbiektől, hogy a fellazítás után – amely már nedves keverés –, azonnal a kötőanyag adagolása és keverése történik meg.

Kis volumenű útépítéseknél a stabilizálás helyszíni keveréssel gépsor nélkül is elvégezhető. Ilyenkor gréderre, talajmaróra és hengerre van szükségünk. A talaj lazítása, a száraz és nedves keverés a talajmaró többszöri járatásával oldható meg. 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 meszes és cementes talajstabilizáció elkészítése után utókezelést igényel, amellyel a felület állandó nedvesentartását biztosítjuk. Ez megoldható öntözéssel, locsolókocsiból vagy a felület párologtatását megakadályozó műanyagfilm vagy bitumenemulzió bevonat készítésével.

A talajstabilizáció építése akkor gazdaságos, ha a nagyértékű gépek, vagy gépsorok kihasználása jó. Ezért a szállítógépek szervezésének az építés alatt nagy jelentősége van. A szállítógépek mennyiségének közelítő meghatározását segíti elő a mellékelt grafikon (3.2-9. ábra).



3.2-9. ábra.
Szállítógépek közelítő meghatározása

A stabilizáló anyag vagy keverék mennyisége (kg/m^2) és a szállítójármű raktömege (t) arányának függvényében a különböző óránkénti teljesítményeket (m^2) és a fordulóidőket (óra) figyelembe véve (az egyenesek paramétereiben) megkapjuk, hogy hány szállítójármű szükséges a géplánc folyamatos ellátásához.

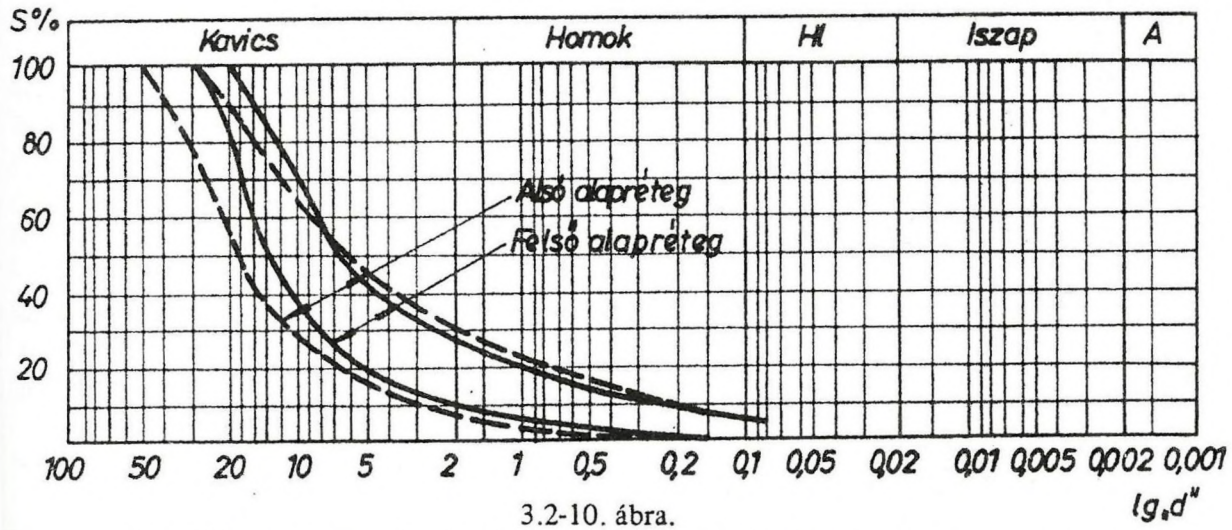
3.2.1.1.6. *Granulált kohósalak, pernye és erőművek zagytéri anyagából épülő alapok*

Az ipari termelés jelentős mennyiségű környezetszennyező anyagot termel, amelynek hasznosítása úgy környezetvédelmi, mint népgazdasági cél. Ezért jelentős a pernye az erőművek zagytéri anyagai, valamint a granulált kohósalak felhasználása útépítési célokra.

Ezekre az anyagokra jellemző, hogy erősen bázikus közegben, hidraulikus kötéseket alakítanak ki. A kötések kialakulása lényegesen lassubb folyamat, mint ahogy azt a cementnél tapasztalhatjuk, ezért a beépítéssel nem kell sietni, a kész keveréket nagy távolságokra lehet szállítani. Az elkészült keverék kötés utáni tulajdonságai a sóványbetonhoz hasonlóak.

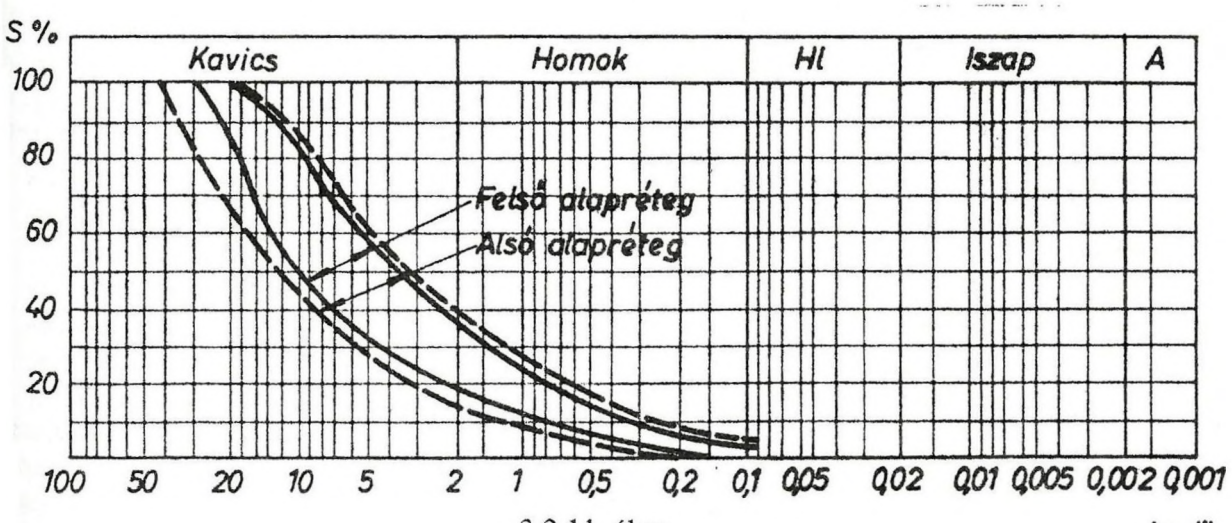
A granulált kohósalakot kohóművek, a zagytéri anyagot és pernyét erőművek környékén gazdaságos felhasználni.

Az ásványi adalékanyag zuzott kőtermék, murva, kőbányameddő, homokos kavics, esetleg homok lehet. Előnyösen felhasználható a homokos kavicsbányákban az osztályozás során feleslegessé váló 0/3-0/5 mm-es frakciók. (Az alkalmazható adalékanyag szemeloszlási határgörbéit a 3.2-10. és 3.2–11. ábrák tüntetik fel.)



3.2-10. ábra.

Az adalékanyag szemeloszlása granulált kohósalak kötőanyag alkalmazásakor



3.2-11. ábra.

Az adalékanyag szemeloszlása pernye kötőanyag alkalmazásakor

A pernye, zagytéri anyag és granulált kohósalak akkor használható fel kötőanyagként, ha bizonyos feltételeket kielégítenek.

A granulált kohósalaknak legalább 10 % 0,08 mm szemcseátmérőnél kisebb finom részt kell tartalmazni. Ilyen granulátumot a hazai gyártásban a különleges gépigény és a nagy vízigény miatt nem tudnak előállítani. Megfelel azonban ha a hazai forgalomban kapható finomrészt nem tartalmazó granulált kohósalakot megőröljük. Ilyenkor az őrölt granulátumnak min. 20-25 % 0,8 mm átmérő alatti frakciót kell tartalmazni. 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 őrölt égetett mészpor formájában célszerű használni, 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 határgörbékkel jelzett anyag 8-20 % pernye 2-5 % mész adagolással, illetve 15-20 % granulált kohósalak 2-5 % mészadagolással ad megfelelő szilárdságot. Olyan homokokat, amelyek 0,1 mm alatti szemcsefrakciója 5-25 % és iszaptartalma max. 5 %, 15-30 % friss pernye és 3-7 % mész vagy 15-25 % őrölt granulált kohósalak és 2-3 % mész adagolásával stabilizálható.

A keverékeket helyszíni vagy keverőtelepi keveréssel készíthetjük. A helyszíni keverést ugyanazokkal az eljárásokkal lehet végrehajtani, amelyeket a poralakú stabilizáció készítésénél ismertettünk.

A stabil keverőtelepek felépítése szintén hasonló az előzőekhez, azonban vagy a kötőanyag, vagy az adalékanyag előfordulási helyén kell felállítani. A keverés folyamatosan történhet. A lassú kötés miatt tárolni és nagyobb távolságra szállítani is lehet a kész keveréket. Beépítéskor először egy hengerjárattal előtömörítünk, majd a felületi hibák kijavítása után végleg betömöríthető a réteg. A szerkezetnek közvetlenül beépítés után a mechanikai stabilitása nagyon kicsi, ezért könnyített, terelt és kíméletes (pl. erős fékezések kerülése stb.) forgalmat lehet csak engedélyezni rajta. Az esetleg kialakuló keréknyomok napok múlva is viszonylag egyszerűen javíthatók.

A további burkolati rétegek vagy közvetlenül a szilárdulás után, vagy – egy higított bitumenes zárás készítése után – csak később, esetleg a következő évben kerülhet rá.

3.2.1.1.7. *Vegyszerek alkalmazása talajok stabilizálására*

Régi törekvés az útépítésben, hogy kis szállítási munkát igénylő építőanyagokkal és egyszerű eszközökkel lehessen útat építeni. Ezért kutatások folynak arra, hogy a talajok tulajdonságainak megváltoztatására megfelelő vegyianyagokat találjanak. A cél nem mindig az, hogy ezek a vegyszerek a talajok stabilitását növeljék, hanem sok esetben csak egyes kellemetlen tulajdonságokat akarunk velük megváltoztatni.

A talajok útépítés szempontjából legkellemetlenebb tulajdonságai a víztartalom változásával függnek össze. Éppen ezért a vegyszeres talajkezelések célja, hogy a talaj és víz kölcsönhatásából származó kellemetlen tulajdonságokat megszüntessék. Ennek módja az, hogy a talajszemcsék felületén adszorbeáló vizet nem engedjük megkötni, ill. egyes esetekben a nedvességtartalom fenntartására törekszünk (pl. látszólagos kohézió fennmaradásához szükséges vízmennyiség biztosítása). A vegyianyaggal történő talajkezelések eredménye erősen függ a talajszemcsék felületének reakcióképességétől és vegyi tulajdonságaitól, valamint a vegyszerek ezekre gyakorolt hatásától. Ezeket a tulajdonságokat és folyamatokat még kevéssé ismerjük, ezért további kutatások szükségesek.

Az erdészeti utak építésénél a következő vegyi anyagok alkalmazására kerülhet sor: kloridok, szulfitlé, RRP, CBV-75, CBV-77, SC-444, SCX.

A kalciumkloridot és nátriumkloridot makadámburkolatok és más szemcsés anyagból épült (pl. mech.stabilizáció) burkolatok anyagának stabilizálására lehet használni. Ezek az anyagok csökkentik a fagyáspontot és a vízvisszatartó képességük (higroszkópossága) 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 növeli meg. A fagyáspont csökkentésének előnye az, hogy a réteg átfagyása lassabban történik meg és ezért az olvadás és fagyás periódusai időben elhúzva, kisebb károkat okozva folyik le.

A szulfitlé a papíripar melléktermék. Földutak stablizálására kívánják időnként felhasználni. A szulfitlében található fenyőgyanta kötése átmeneti és csak száraz körülmények között ad bizonyos stabilitást a talajnak.

Kötött talajok víz hatására fellépő kellemetlen tulajdonságait szünteti meg az RRP (Reynolds Road Packer), a CBV-75 és CBV-77 (Chemische Bodenverbesserung), az SC-444 (Soil Consolid) és az SCX (Soil Concervex) nevü vegyszerek. Ezeknek a vegyszereknek az alkalmazása rendkivül egyszerű. A koncentráumot kb. 100-200-szoros higításban, előírt mennyiségben, a kezelendő földmű felső rétegére permetezzük. Száraz időjárás esetén a vizzel való locsolást ismételni kell addig, míg a felületegységre előírt vízmennyiséget ki nem permetezzük, ezután az optimális tömörítési víztartalom elérését kivárva gondosan betömörítjük a földművet. A kezelés és tömörítés hatására egy víznek ellenálló, és megnövekedett teherbírással rendelkező földművet kapunk. A prospektusok szerint trópusi agyagokon ezeket a vegyszereket sikerrel alkalmazták, hazai sikertelen laboratóriumi és nem meggyőző helyszíni kísérletek miatt alkalmazásuk még nem javasolható. (A hatást az NSZK-ban sem sikerült bizonyítani, ezért ott az alkalmazását egyes tartományokban tiltják.)

3.2.1.2. *Makadám szerkezetű alapok és burkolatok*

A makadám rendszerű zuzottkőből készülő burkolatok és alapok a hagyományos szerkezetek nagyobb forgalmú erdészeti utakon. Ma már nem tekinthetők korszerű burkolatoknak részben utántömörödő tulajdonságuk, részben a nagy szállítási munkaigényük miatt. Bár megfelelő követ szolgáltató helyi vagy közeli kőbányák építésüket gazdaságossá tehetik, mégis célszerűbb a szállítókapacitás túlzott leterhelése miatt más burkolatokat, illetve alapokat tervezni. (15 cm cementstabilizáció és 10 cm vastag szórt alap szállítási igényének aránya kb. 1:5). Erdészeti utak pályaszerkezetében az egyszerűbb építési technológia miatt részesíthető előnyben.

A zuzottkő alapok és burkolatok fajtái a következők:

- rakott terméskő útalap,
- szórt útalap,
- durva zuzottkőalap,
- vizzel kötött makadámalap és burkolat,
- hézagkiöntéssel bevibrált zuzottkőalap.

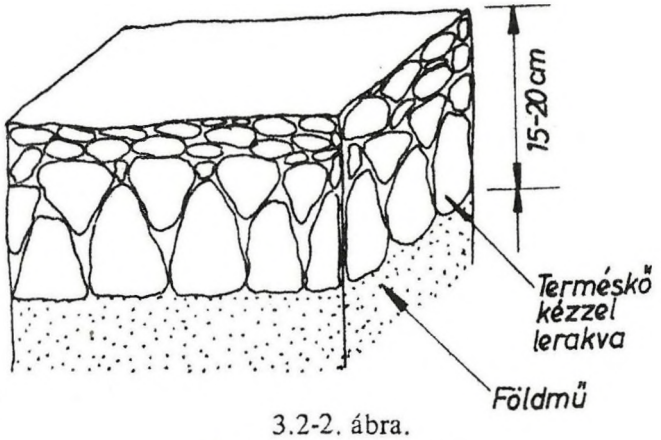
Ezekre a szerkezetekre egységesen jellemző, hogy stabilitásukat a nagy belső surlódású zuzottkőnek és a kiékelésnek köszönhetik. A kohéziót adó anyagok hiányoznak belőle, ezért a gumiabroncsok által keltett szívóhatásnak nem tudnak ellenállni. Hézagviszonyait a nagy hézagtartalom jellemzi. Ennek következménye, hogy a forgalom hatására egyenlőtlenül utántömörödik, deformálódik, ami a ráhelyezett tömör aszfaltrétegek összerepedéséhez vezethet.

A nagy hézagokat tartalmazó alaprétegeket 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.

3.2.1.2.1. *Rakott terméskő alap*

Nagy kézimunka- és anyagigénye miatt ma már nem használt szerkezet, de átépítéseknél, korszerűsítéseknél még mint meglévő és felhasználható alapréteg jelentkezik.

A klasszikus makadám pályaszerkezetek alapját képezte. Kézzel rakott „B" és „C" minőségű helyszínen alakított alapkövekből készült, 15-20 cm vastagságban. A süvegformájú, alul legalább 150 cm^2 alapterületű köveket szorosan egymás mellé tengelyre merőleges sorokba rakták le, és felülről kisebb ékalakú kövekkel ékelték ki. A hézagokat a tömörítésnél elaprózott vegyes szemnagyságú kőanyaggal töltötték ki (3.2-12. ábra).



3.2-2. ábra.
Rakott terméskő alap

A tömörítés amelynek célja a hatékonyabb kiékelés elősegítése, háromkerekű nehéz úthengerrel történt, hengerlés közben kiegyenlítve a keletkező süllyedéseket és egyenetlenségeket.

Kézimunka igénye miatt az 1950-es években építettük ezeket a szerkezeteket, az útépítés gépesítésével később a szórt útalapra tértünk át.

3.2.1.2.2. *Szórt útalap*

A rakott terméskő alap nagy kézimunka igényét csökkentő, annál kisebb vegyes szemeloszlású terméskőből készülő szerkezet. A 150 mm-t meg nem haladó vegyes szemszerkezetű terméskövet a szállítójárműről az úttükörbe szórták, elegyengették és hengerrel tömörítették.

A kapott szerkezet műszakilag hátrányos tulajdonságú a gondos kiékelés hiánya miatt, előnye egyedül kisebb kézimunka igényében kereshető. Alkalmazása nem javasolt, bár jelenleg a hegyvidéki erdészeti útépítés leggyakoribb útalapja. Szórt útalap építése helyett célszerűbb lenne a kedvezőbb tulajdonságú durva zuzottkő alap építése.

3.2.1.2.3. *Durva zuzottkő alap*

A durva zuzottkő alap Z 55/80, vagy Z 55/100 jelű zuzottkőből építjük maximálisan 15 cm tömör vastagságban. Az alkalmazott anyag max. szemnagysága nem lehet nagyobb a tömör rétegvastagság 2/3-nál. A 15 cm-nél vastagabb réteg több vékonyabb réteg egymásra építésével készül.

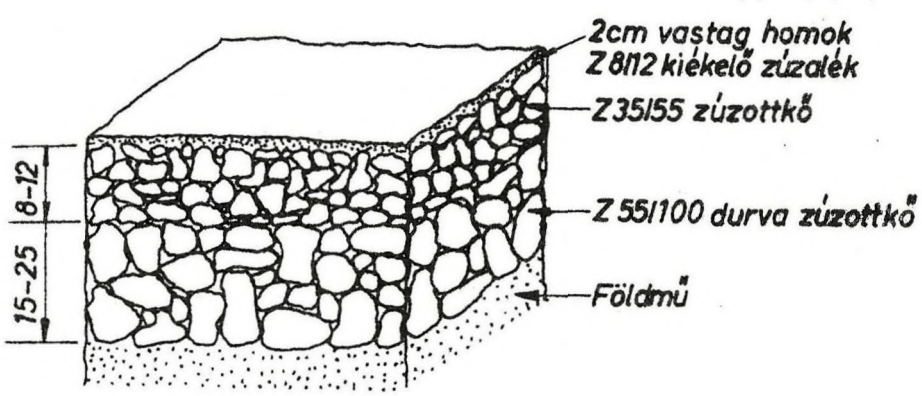
A zuzottkövet a tömör vastagság 20 %-kal növelt rétegvastagságában terítjük el a betömörített tükörre a padkaszivárgók elkészítése után. A zuzottkövet billenőplatós tehergépkocsival cél-

szerű szállítani és a követ közvetlenül a tükörbe billenteni. A szétterítést gréderrel kell elvégezni. Korszerűbb és gazdaságosabb eljárás ha a zuzottkövet terítőláda segítségével juttatjuk egyenletes vastagságban a tükörbe.

A tömörítést 13-15 t-ás háromhengerlőjű úthengerrel végezzük, miközben a profil kialakítását folyamatosan ellenőrizzük. A hengerjáratokat a szélen kell indítani és úgy kell befelé haladni, hogy az egyes menetek 1/3-1/4 részben átfedjék egymást. A hengerlést szárazon kell kezdeni, majd 1 m^2 kőhöz 0,3-0,5 m^3 vizet permetezve kell a hatékony tömörítést addig folytatni míg a henger 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 zuzottkő rétegben legalább a felső részek hézagainak betöltéséről, a felület „bekötéséről", amelyet homoknak, homokos kavicsnak, mészkő vagy dolomitmurvának a hézagba seprésével és nyomásával érünk el locsolás mellett. A hengerlés befejezése után az alapot két hétre át kell adni a forgalomnak, hogy az utántömörödés jelentős része lejátszódjon. A forgalom megfelelő tereléséről gondoskodni kell. Ezalatt az idő alatt az építési hibák előjönnek, ezeket ki kell javítani, a felületről lesodort részeket pedig vissza kell juttatni. Az így elkészített alap nehéz forgalom alatt még jelentős utántömörödést mutathat (3.2-13. ábra alsó rétege).

3.2.1.2.4. *Vizzel kötött makadám alap és burkolat*

A vizzel kötött makadám a durva zuzottkő szórt alap továbbfejlesztett változatának tekinthető. Az általános megoldás az, hogy ezt a szerkezetet a jól betömörített 15-20-25 cm vastag zuzottkő szórt alapra helyezzük el. A Z 35/55 méretű zuzottkőből 12-15 cm vastagságot terítünk el, majd először szárazon, később nedvesen hengereljük. A teljes tömörség elérése előtt, amikor a zuzottkő réteg már elég szilárd, elterítjük a Z 8/12, vagy Z 5/12 mm nagyságú szemekből álló kiékelő zuzalékot („hengerlési zuzalék"), amelynek mennyisége a tömör zuzottkőréteg 25 %-a. További hengerléssel ezt a zuzalékréteget a zuzottkőréteg hézagaiba nyomjuk. A hengerlést addig végezzük, míg a henger nem hagy nyomot. Ezután 2 cm homokréteget terítünk a felületre, és két hétre átadjuk a forgalomnak a durva zuzottkő pályánál említett utókezelés céljából (3.2-13. ábra).



3.2-13. ábra.
Szórt alapra épített vízzel kötött makadám

A felületi iszapolással is beköthetjük. Ebben az esetben 1 cm vastag iszapos homokréteget teszünk a zuzottkő rétegre, majd erre kerül a kiékelő zuzalék. A bő locsolással történő hengerlés az iszapos homokpépet a hézagokba nyomja. Ezután újabb 2 cm vastag védőhomokot borítunk a felületre és két hétig a már ismert utókezelésnek adjuk át.

A vízzel kötött makadám burkolatként és alapként is 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. kalciumkloridos kezeléssel. (Ott, ahol az erdőállomány árnyékoló hatása miatt a megfelelő „nedves" állapot hosszabb ideig megmarad, a forgalom szívóhatásának viszonylag jól ellenáll. Mészkőzuzalékkal készítve, – annak cementálódása miatt – szintén kedvezően forgalomtűrővé válhat.)

3.2.1.2.5. *Folytonos szemeloszlású zuzottkő alap*

A zuzottkövet felhasználó kötőanyag nélküli alaprétegek építéséhez felhasználható legkorszerűbb anyag a szigorú szemeloszlási követelményeket kielégítő 35, 45 és 55 mm maximális szemnagysággal rendelkező, csak zuzott anyagból előállított keverék. A hazánkban még nem elterjedt szerkezetet a saját kőbányával rendelkező erdőgazdaságok tudják jól használni, mert jó tömörítést feltételezve minden forgalmi terhelést jól elviselhető, gazdaságos alapréteg.

A zuzottkőből, zuzalékból, zuzott homokból esetleg természetes homokból álló keverékben a maximális szemcseátmérőt a tömör réteg vastagságának figyelembevételével állapítjuk meg:

$$D_{max} \leq \frac{v}{3}$$

ahol: v – a tömör réteg vastagsága, amely általában 12-30 cm között mozog.

A felhasználható kőanyag „B" vagy „C" minőségi osztályú Z jelű zuzottkő lehet. A hézagminimumra törekedő szemeloszlást a Fuller-görbe szerint kell összeállítani, ennek egyenlete a már ismert:

$$p\,\% = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

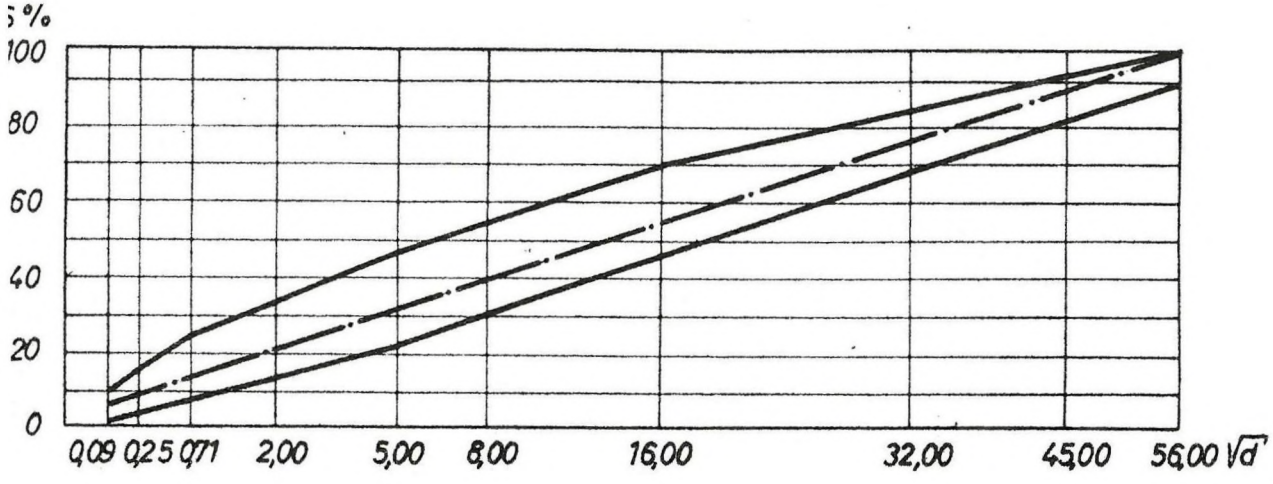
összefüggés.

A zuzott anyagból álló keverékek tervezésére használt szemeloszlási görbét azonban nem szemilogaritmikus rendszerben ábrázoljuk, hanem úgy, hogy a szemcseátmérőt tartalmazó vízszintes tengelyre négyzetgyökös léptéket hordunk fel, a súlyszázalékot jelző függőleges tengely pedig továbbra is aritmetikus beosztást kap. Ebben a rendszerben a Fuller-görbét egyenesként ábrázolhatjuk (3.2-14. ábrában eredményvonallal) tehát a legtömörebb állapotot adó szemeloszlás szemléletesen jelentkezik. A szemeloszlási vizsgálatot ebben az esetben olyan szitasorozattal kell végezni, amelyben minden szita négyzet alakú lyukakkal rendelkezik. Az egyenértékű szemnagyság jelölésére ilyenkor a □ mm jelölést használjuk.

Mivel a hazai előírások hiányoznak, ezért azokat a német TVT-72 előírásai szerint ismertetjük. A betartandó szemeloszlási határokat a 3.2-14. ábrán mutatjuk be.

A 0,06 mm-nél kisebb szemcsék mennyisége beépítés után sem haladhatja meg a 8 %-ot, a fagyveszély csökkentése érdekében. Az alapréteg anyagát megfelelő arányok szerint különböző frakciók összekeverésével állíthatjuk elő.

A keverés történhet gépben, vagy az úttükörben gréderrel. Helyszíni keveréskor az anyagot



3.2-14. ábra.
Folytonos szemeloszlású zuzottkő alap szemeloszlási határgörbéi

kívánt arányban az úttükörbe rakjuk majd 2-3 grédermenettel egyik oldalról a másik oldalra tolva összekeverjük. Hátránya ennek az eljárásnak, hogy nem kapunk egyenletes keveréket.

A keverőgépben kevert anyaghoz a tömörítéshez szükséges vizet is hozzáadhatjuk, egyenletes keveréket kapunk, szállításnál azonban ügyelni kell arra, hogy a szétosztályozást megakadályozzuk. A megkevert anyagot a tömör vastagságnál 20 %-kal vastagabb laza rétegben terítjük el, majd optimális víztartalom mellett vibrolapokkal, vibrohengerekkel, illetve statikus simahengerrel 100 %-os tömörségi fokig betömörítjük. Az így elkészített réteg felületén a következő teherbíróképességi modulusokat (E_2) kell mérni:

v = 12-18 cm	$E_2 = 140$ mN/m^2
v = 18-25 cm	$E_2 = 180$ mN/m^2
v = 25-	$E_2 = 2100$ mN/m^2

3.2.1.2.6. *Hézagkiöntéssel bevibrált zuzottkő alap*

A hézagkiöntéssel bevibrált zuzottkő alap készítésénél az elterített durva zuzottkő rétegre a tömör rétegvastagság 1/3-ának megfelelő vastagságban cement-vagy mészhabarcsot terítünk, és ezt a hézagokba vibráljuk. A megkötött habarcs az utántömrörödést megakadályozza. Nagyon drága, ezért erdészeti utaknál nem használt szerkezet.

Ennek az alaprétegnek a jó tulajdonságait a hazánkban elterjedt, az aszfaltok felé átmenetet jelentő itatott és kötőzuzalékos aszfaltmakadám szerkezetekkel tudjuk előállítani, amelyek részletes tárgyalása az aszfaltburkolatok között történik.

3.2.1.3. *Hézagminimum elvén alapuló kötőanyag nélküli alapok*

A hézagminimum elvén alapuló kötőanyag nélküli alaprétegek erdészeti utak alapjaiként, nagyobb forgalmú utak alsó alaprétegeként építhetők, homok, kavics, homokos kavics vagy 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 egyenlőtlenségi együttható és az iszap-agyagtartalom ($d < 0{,}02$ mm) között a következő összefüggés álljon fenn:

U	$d < 0{,}02$ mm rész súly %
5-15	max 10 %
15-50	10-20 %
50	max. 20 %

– az egyenlőtlenségi együttható legkisebb értéke

$$U_{min} = 5$$

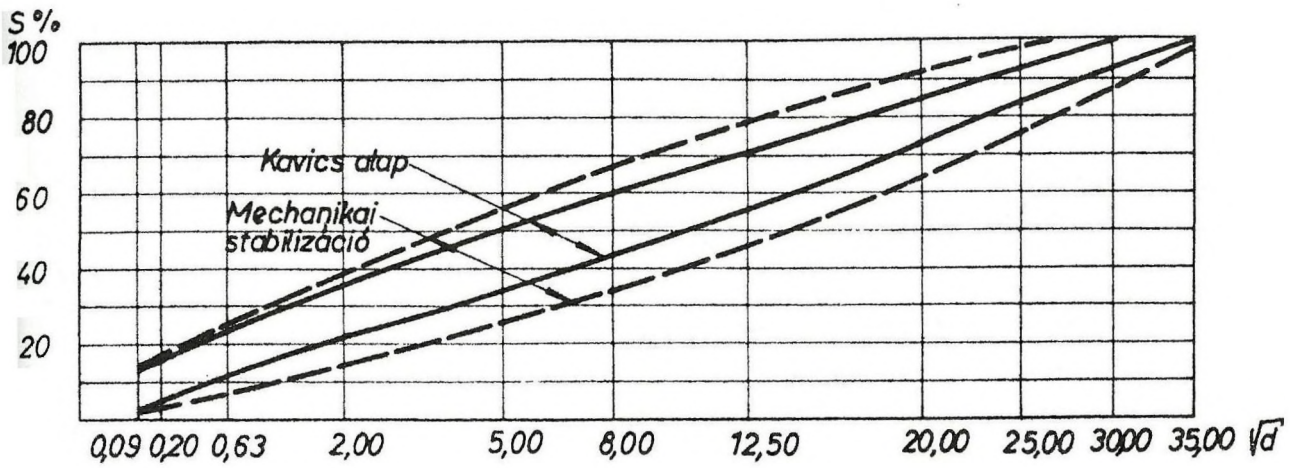
– a legnagyobb szemcseméret

$$D_{max} = 2/3\ v$$

legyen, ahol v – az alkalmazott rétegvastagság 15-35 cm.

Az ágyazat anyagára megadott értékek nem elegendőek a kellően teherbíró alapréteg előállításához. Ehhez még a folyamatos és a hézagminimumot biztosító szemeloszlás is szükséges, amelyet a Fuller-görbe biztosít. Az elméletitől megengedett eltérést a 3.2-15. ábrán bemutatott szemeloszlási határok adják 35 □ mm maximális szemcseméret esetén. (Az összehasonlítás kedvéért az ábrán szaggatott vonallal jelölük a mechanikai stabilizáció határgörbéit, amelyből látható, hogy a kavics alapréteg szemeloszlása jobban megközelíti az elméleti szemeloszlást mint a mechanikai stabilizáció.)

A szerkezet teherbírása javítható, ha tört adalékot, vagy zuzott kavicsot adunk a keverékhez, növelve annak belső surlódását. A kavics alapréteg anyaga megfelelő szemeloszlású homokos kavicsból, vagy különböző szemeloszlású szemcsés anyagok összekeverésével állítható elő keverőgépben. A megfelelő arányok betartása mellett végzett gondos, egyenletes keverés után a szétosztályozódást megakadályozva a tükörbe szállítjuk az anyagot, ahol a tömörvastagságnál 20 %-kal vastagabb laza rétegben elterítjük, majd optimális víztartalom mellett 97 %-os Proctor tömörségi fokra tömörítjük. Tömörítéshez vibrólapot, vibróhengert, gumiabroncsos hengert használhatunk. A betömörített réteg felső szintjén a teherbírási modulus (E_2) értéke a következő legyen:



3.2-15. ábra.
Kavics alapréteg szemeloszlási határgörbéi

15-25 cm $E_2 > 130$ mN/m^2

25-35 cm $E_2 > 150$ mN/m^2

3.2.1.3.2. *Murva alapréteg*

Az erdészeti utak alapja, nagyobb forgalmú utak alsó alaprétege megépíthető a kavics alapréteghez hasonlóan, megfelelő minőségű mészkő vagy dolomitmurva felhasználásával.

A folytonos szemeloszlást és hézagszegény szerkezetet biztosító Fuller-görbét kielégítő szemeloszlást murva, homok, esetleg zuzott adalék összekeverésével állíthatjuk elő. A legnagyobb szemcseméret 35-55 mm között választható a rendelkezésre álló anyagtól függően, amelynek alapján az elméleti szemeloszlási határgörbék megszerkeszthetők.

Az alkalmazható 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 97 % Proctor-tömörségi fokra betömörített réteg megkívánt teherbíróképessége:

15-25 cm vastagságnál $E_2 = 130$ mN/m^2

25-35 cm vastagságnál $E_2 = 150$ mN/m^2.

32.1.4. *Kohósalakkő alapréteg*

Nagykohók jóminőségű salakjából a folytonos szemeloszlású zuzottkő alapokhoz hasonló szerkezetet hozhatunk létre, amelyből alapréteg építhető.

A szerkezetet megfelelő szemeloszlású kohósalakból, vagy ha ilyen nem áll rendelkezésre, akkor kohósalakból, természetes homokból, illetve zuzott homokból készített kedvező szemeloszlású keverékből készítjük.

A szemeloszlásra vonatkozó előírások megegyeznek a folytonos szemeloszlású zuzottkő alapok szemeloszlási előírásaival. Alkalmazható a lazább hazai előírásoknak megfelelő 0-140 mm közötti vegyes szemeloszlású anyagból készülő kohósalakkő réteg is, amelynek teherbírása azonban lényegesen alacsonyabb.

A kohósalakkő előnyös tulajdonsága, hogy locsolás hatására hidraulikus kötések lassú kialakulása miatt jelentős utószilárdulást mutat, amely 1-2 % mész adagolásával fokozható.

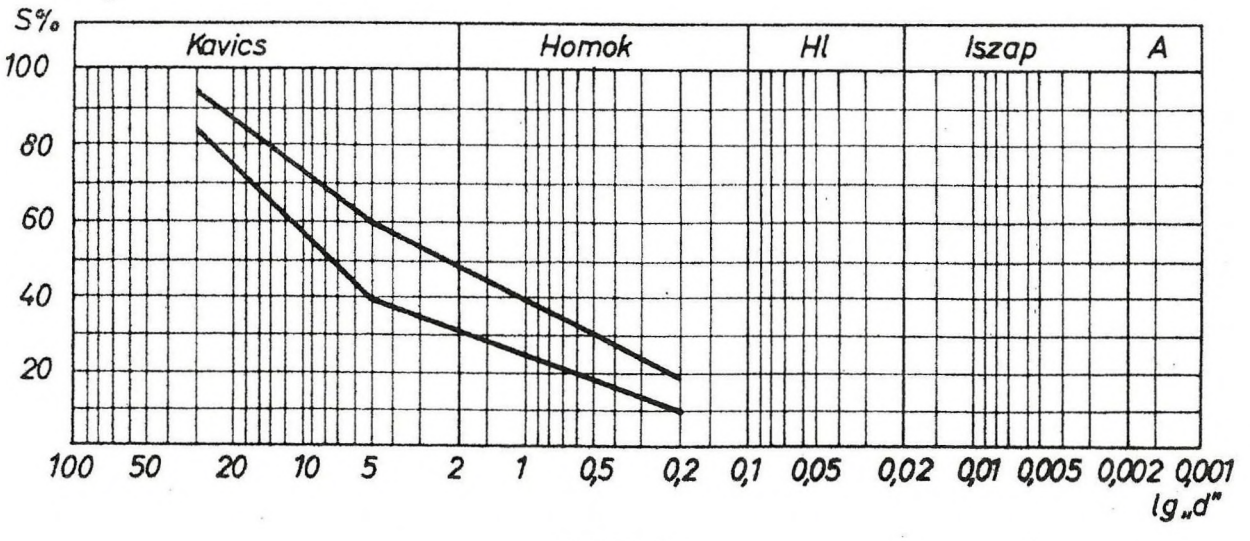
A kohósalakkő alapréteg megépítése a kavics alapréteghez hasonlóan történik azzal a kiegészítéssel, hogy az optimális tömörítési víztartalom biztosítására kipermetezett vízben 1-2 % meszet oldunk fel. A kohósalakkő alapréteg tehát átmenetet képez a kötőanyag nélküli és a hidraulikus kötőanyaggal készülő alapok között.

3.2.1.5. *Soványbeton alapréteg*

A soványbeton alapot B 70 – B 100 minőségű betonból készítjük, amely adalékanyag portlandcement és víz keveréke. Az adalékanyag

- homokos kavics HK 0/35,
- zuzott kőanyag,
- homok,
- zuzott kohósalakkő

lehet. Ezek szemeloszlásának ki kell elégíteni a folytonos szemeloszlást és hézagminimumot biztosító Fuller-görbét, amelytől az előirt határgörbék mértékében el lehet térni (3.2-16. ábra).



3.2-16. ábra.
Soványbeton alap adalékanyagának szemeloszlása

A szemeloszlással kapcsolatos további előírás, hogy:

- az agyag-iszaptartalma (d< 0,02 mm) max 5 %,
- d < 5 mm 40-60 %
- d<35 mm 90 %
- a 35 mm rostán fennmaradó max. 10 % teljes egészében essen át az 55 mm nyilású rostán.

A zuzott adalékanyag szemeloszlására is az előbbi alapelvek érvényesek, azzal az engedménnyel, hogy a maximális szemcseméret 55 mm-ig növelhető. A kielégítendő Fuller-görbe számítható, amelytől az eltérés korlátozott lehet.

A cement 350 vagy 250 portland, kohósalak portland vagy pernyeportland cement lehet (megfelel a régi C-400, vagy C-500 cementeknek), amelyek mennyiségét úgy kell megválasztani, hogy az alapbeton szilárdság 9000 – 12000 kN/m^2 között legyen. Szabványos adalékanyag alkalmazása esetén az előirt szilárdságot 150 – 180 kg/m^3 cementadagolással érhetjük el.

A beton készítéséhez felhasznált víz ivóvíz minőségű, nem zavaros és nem agresszív tulajdonságú legyen. Célszerű laboratóriumi vizsgálattal a víz alkalmasságát ellenőrizni.

A sovány beton útalapot

v = 13-20 cm

vastagságban készítik.

Az adalékanyagot, cementet és vizet keverőgépben összekeverik, úgy, hogy földneves konzisztenciájú anyagot kapjunk.

A beton elterítése előtt a tükröt végső formájára kell alakítani, 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 megkevert betont ezután formasínek, zsaluzat vagy szegélyek közé terítik kézi erővel, betonelosztóval, amelynek elegyengetése kézzel lehúzópallóval, vagy bedolgozógéppel, finiserrel történik. A terítés utáni tömörítést elvégezheti vagy a finiser, vagy ennek hiányában vibrációs palló, lapvibrátor esetleg könnyű úthenger. Tömörítés közben és tömörítés után a profil helyességét és az egyenletességét ellenőrizni kell, a hibás helyeket ki kell javítani.

Az elkészült szerkezetet utókezelni kell, amely folyamatos nedvesentartást jelent. Ez megoldható:

- folyamatos locsolással,
- kazettázással, mikor a kész felületre talajból 1-2 m^2-es kazettákat építünk, és ezeket vízzel feltöltjük,
- védőbevonat permetezéssel, amely az utókezelés legkorszerűbb formája. Ekkor a megszikkadt betonfelületre 0,6-0,8 l/m^2 mennyiségben bitumenemulziót vagy egyéb folyékony anyagból álló védőbevonatot permeteznek, megakadályozva ezzel a beton kiszáradását.

A sovány beton alapréteget zsugorodási hézagok nélkül építjük be. A kis szilárdság miatt korán és sűrűn fellépő repedések azonban megnyílni nem tudnak, érdes törési felületükkel egymásbakapcsolódva teherbíróképességét megtartja, de merevsége lecsökken.

A sovány beton útalapra legalább 10 cm aszfaltréteget kell építeni, hogy az esetleg fellépő nagyobb repedések fölött az aszfaltréteg átrepedését megakadályozzuk.

A sovány beton alap jól bedolgozható, kedvező felületképzési tulajdonságokkal rendelkező anyagból készül, nagy teherbírású alapréteg, amelyet szélesítésnél, tagolt felületű tereknél és folyó pályánál egyaránt alkalmazni lehet. Hátránya, hogy a beton kötése lassú, hosszú ideig tart, eközben utókezelni kell és a forgalom elől el kell zárni.

Erdészeti utak alapjaként nem terjedt el, mert a cementstabilizáció építésének technológiája viszonylag olcsó, illetve meglévő gépekből összeállított géplánccal megvalósítható.

A sóványbeton útalapot bedolgozógéppel tudjuk 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 formasines bedolgozógépek helyett olyan kis teljesítményű csúszózsalus gépek jelennek meg a piacon, amelyek ára alacsony, valamint kialakul az aszfaltkeverőtelepekhez hasonlóan a betonkeverőtelepek hálózata.

3.2.1.6. *Bitumenes alapok*

Az útpályaszerkezetek építésére felhasznált legjelentősebb 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 alkalmazhatók. Ezek a szerkezetek átmenetnek tekinthetők a kötőanyag nélküli makadámok és az aszfaltok között.

Megfelelő körülmények között hátrányos tulajdoságaik ellenére jelentőségük ma is nagy, mert építési technológiájuk nem kíván bonyolult berendezéseket.

Mivel az erdészeti útépítés gyakorlatában az aszfaltmakadám réteget főként burkolatként építjük, ezért azok részletes ismertetésére a burkolati rétegek között kerül sor.

3.2.2. *Burkolatok (kötő- és kopórétegek)*

A gépjárművek gumiabroncsos forgalmának elviselésére alkalmas korszerű burkolatok készítése csak megfelelő kötőanyag felhasználásával lehetséges.

Kötőanyagként használható a cement, amely hidraulikus kötések révén, vagy a bitumen, amely a szemcsés ásványi váz kohézióját növelve biztosítja a megfelelő tulajdonságokat. 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 lehet csak meghozni.

3.2.2.1. *Betonburkolatok*

Nagy teherbírású, tartós pályaszerkezet, amelynek fenntartási igénye csekély. Alkalmazása erdészeti útépítéseknél a megfelelő gazdasági és műszaki háttér hiánya miatt nem terjedt el, ezért részletesen nem foglalkozunk vele.

3.2.2.2. *Aszfaltok*

Az erdészeti útépítések legelterjedtebb építőanyagai az aszfaltok, amelyeket szerkezetük, készítési és beépítési technológiájuk valamint a beépítés után lejátszódó tömörödésük alapján osztályozhatunk.

A szerkezet szempontjából jelentőséggel bír az adalékanyag (kőváz) maximális szemnagysága, az ásványi rész (kőváz és töltőanyag) szemeloszlása, valamint a kész aszfalt hézagviszonyai.

Az adalékanyag maximális szemcsenagysága 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 adalékanyagból forgalom alatt utántömörödő szerkezet jön létre. Ezek előállításához 2-3 frakció összekeverése szükséges. A folytonos-kihagyásos szemszerkezetű adalékanyagot 4-5 frakció összekeverésével állítják elő, amelyből pl. nagyon tömör, de érdesítő zuzalékot befogadó réteg építhető.

A kész aszfaltkeverék tulajdonságait erősen meghatározza és befolyásolja a benne lévő szabad hézagok mennyisége, amelyet elsődlegesen a kőváz hézagtartalma határoz meg. A kőváz hézagtartalma 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 töltőanyagtartalommal rendelkeznek, építésük tömörítés nélkül történik (öntött aszfalt).

Készítés szempontjából a felhasznált bitumen fajtája bír jelentőséggel. Meleg eljárással készülő aszfaltokhoz útibitument, hideg eljárással készülő aszfaltokhoz higított bitument vagy bitumenemulzió kötőanyagot kell használni.

Az előállítás módja szerint az aszfaltok főzéssel, keveréssel és permetezéssel készülhetnek. A kevert aszfaltokat keverőgépekben állítják elő. A meleg eljárás során az adalékanyagot 170-220 C^{o}-ra, a bitument 80-120 ^{o}C-ra hevítik fel, és ezen a hőfokon keverik össze. A félmeleg eljárással készülő aszfaltok előállításánál az adalékanyagot nem, a kötőanyagot viszont 80-120 ^{o}C-ra melegítik fel. A forró vagy félmeleg keveréket tehergépkocsikkal szállítják a beépítés helyére, és ott kezdetlegesebb módon kézzel, fejlettebb módszernél géppel (finiserrel) terítik szét. A terítés után még kihűlés előtt, hengerléssel tömörítik. Permetezéssel készülnek az aszfaltmakadámok és felületi bevonások. A kötőanyagot bitumenszóró gépkocsikkal permetezik a felületre a zuzalékot pedig ez után terítik el.

A főzéssel készűlő (habarcsosított) aszfaltokat keverés után még tovább főzik. Ezekre jellemző, hogy bitumen felesleggel készülnek. Erdőgazdasági jelentőségük nincs.

Az aszfaltanyagok a beépítés után vagy azonnal tömörek, vagy a forgalom hatására további utántömörödés játszódik le. A tömör aszfaltok adalékanyagának szemeloszlása folytonos, vagy folytonos-kihagyásos, kötőanyaguk útibitumen, keveréssel vagy főzéssel készülnek. A beépítés során a hengerlés a tömörítést majdnem teljesen elvégzi, a forgalomnak már nincs jelentős tömörítő hatása. Ezek az aszfaltok nagy teherbírásúak, megfelelő alapon deformációra kevéssé hajlamosak. Az utántömörödő aszfaltok szakaszos szemszerkezetűek, kötőanyaguk, a higított bitumen vagy bitumenemulzió. Előállításuk félmeleg keveréssel vagy hidegen permetezéssel történik. A legtömörebb állapotot csak a forgalom utántömörítő hatása után érik el. A szerkezet az alapok

kisebb-nagyobb mozgásait jól tudja követni. Az erdészeti útépítéseknél alkalmazásuk kiterjedt, mivel építési technológiájuk egyszerű. Az aszfaltok tulajdonságait a 3.2-2. táblázatban foglaljuk össze.

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 szemcséjű, érdes, nagy belső surlódású jól kiékelt kőváz biztosítja, amelynek szemeloszlása szakaszos, ezért nagy hézagokat tartalmaz. A kőváz nagy hézagait csak részben tölti ki a kötőanyag, ezért a kész szerkezet nagy hézagtartalmú, három fázisú anyag, amely a forgalom hatására utántömörödik, sőt a szemcsék aprózódnak, így idővel a kezdeti szakaszos szemeloszlás a folyamatos szemeloszlás felé közeledik. Az aprózódás folyamán új, be nem vont szemcsefelületek keletkeznek, amelyek csak úgy tudnak a stabilitás fenntartásában részt venni, ha a kötőanyag bevonja őket. Ez a hosszabb ideig tartó folyamat tehát olyan kötőanyagot kíván, amely ez alatt alacsony viszkozitású marad, a végső állapothoz szükséges magasabb viszkozitást csak később éri el. Erre a célra a legalkalmasabb kötőanyag a higított bitumen.

Kötőanyagként higított bitumen helyett bitumenemulziót is használhatunk, amelynek hatása eltér a higított bitumentől, mert a megtört emulzió már nem tudj új felületet bevonni. Előnye abban mutatkozik meg mégis, hogy az emulzió formában felhasznált keményebb bitumen a törés után azonnal nagyobb stabilitást ad a szerkezetnek, amelyben ezért az utántömörödés mértéke kisebb lesz. Előnyös továbbá az is, hogy nem kell megvárni a higítóanyag elpárolgását az újabb tömör réteg ráépítése előtt.

Az aszfaltmakadám burkolatok építése viszonylag egyszerű a felhasznált kötőanyag tulajdonságai miatt, amelynek azonban vannak kényes pontjai. Higított bitumen kötőanyagot felhasználó burkolatépítés után jelentkező túl nagy forgalom hatására az utántömörödés gyorsan lezajlik, a higított bitumenből az oldószer ekkorra még nem párolog el, tehát az még nem keményedik meg. A szerkezet stabilitása kicsi, ezért felületi hullámok, helyi deformációk lépnek fel. Túl kicsi forgalom esetén a higított bitumen megkeményedése előtt nem játszódik 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 burkolatok vízzárását megfelelő záróréteg alkalmazásával biztosítani kell (felületi bevonás stb.).

Az aszfaltmakadám burkolatokat hátrányos tulajdonságai miatt közutak pályaszerkezeteként ma már egyre ritkábban használják. Erdészeti utak pályaszerkezeteként előnyei és viszonylag alacsony építési költsége miatt alkalmazható, főként ott, ahol az építési anyagot közeli kőbányából biztosítani lehet.

Az aszfaltmakadám burkolatok permetezéssel (itatott aszfaltmakadám) kötőzuzalék felhasználásával (kötőzuzalékos aszfaltmakadám) és keveréssel (kevert aszfaltmakadám) készülnek.

3.2.2.2.1.1. *Itatott aszfaltmakadám*

A vízzel kötött makadámburkolat bitumenes kötőanyaggal készített fejlettebb, permetezéssel készülő változata.

3.2-2. táblázat.

Aszfaltanyagok fő tulajdonságai és szerkezeti fajtái

Aszfaltok				
Jellege	Tömör		Utántömörödő	
Technológiája	habarcsosított kevert-főzött	kevert	kevert	permetezett
Adalékanyag jellemző frakciók	töltőanyag, homok, apró zuzalék	töltőanyag, homok, zuzalék	zuzalék, apró zuzottkő	zuzalék, zuzottkő
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 fajta	kemény útibitumen B-30-15	útibitumen, pl. B-90-60-45	higított bitumen HB 150/300	higított bitumen HB 20/40
Kötőanyaggal ki nem töltött hézag	nincs, bitumenfelesleg (1...2 %)	van, de kicsi, 1...4 % (hézagszegény)	nagyobb, 5...10 %	nagyobb, 10 ...15 %
Stabilitásuk legfőbb tényezője	aszfalthabarcs (sok finom szemcse, kemény útibitumen)	kőváz közötti töltőanyag és bitumen kohéziója	szemcsék belső surlódása és a kötőanyag	szemcsék kiékelődése, surlódása és a kötőanyag
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 útépítéseken	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, kötőzuzalék	itatott aszfaltmakadám, felületi bevonás

A legegyszerűbb építési technológiával a permetezéssel előállított aszfaltburkolatok rendelkeznek. Építésükhöz nincs szükség drága gépekre. A burkolatépítés lényege, hogy bitumenszóró kocsival higított bitument vagy bitumenemulziót permetezünk ki a felületre, a kötőanyag keverés nélkül vonja be az adalékanyagot. A bitumenadagolásnak ez a módja azonban eléggé bizonytalan és sokszor jelentkeznek „izzadó" vagy „sovány" foltok, ill. csíkok a burkolatok felületén. Az így épített szerkezet végleges tömörségét csak a forgalom adja meg – ezért utántömörödők –, azonban a túl nagy forgalom alatt könnyen deformálódhatnak. Építésük közepes erdészeti forgalomig javasolható.

Az itatott aszfaltmakadámot (3.2-17. ábra) megfelelő teherbírású, gondosan letisztított és profilba hozott alaprétegre kell építeni (kavics, mechanikai stabilizáció, zuzottkő stb.).

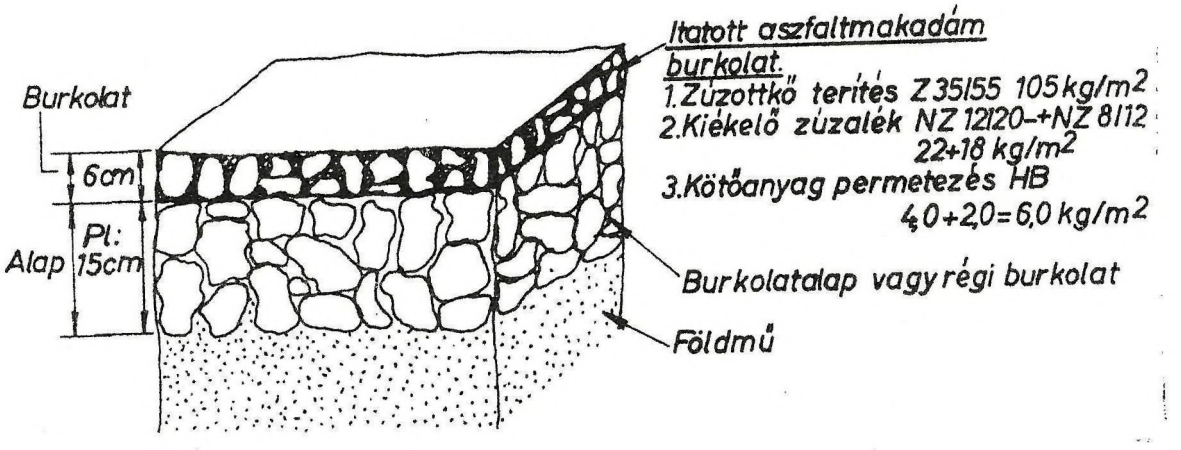
Az alapra 5-7 cm vastagságú Z 35/55 mm szemnagyságú zuzottkőből álló réteget terítünk el, majd két részletben kipermetezzük a bitument, amelyet mindkét esetben azonnal követ a kiékelő zuzalék terítése. Az első itatáskor 4 kg/m^2 bitument permetezünk ki, és azonnal elterítjük a 22 kg/m^2 NZ 12/20 mm szemnagyságú kiékelő zuzalékot. A zuzalékot nehéz úthengerrel a hézagokba nyomjuk. Ezután következik a második itatás és zuzalékterítés, amelyhez 2 kg/m^2 higított bitument és 18 kg/m^2 NZ 8/12 zuzalékot használunk fel. Ezt a réteget is úthengerrel tömörítjük. A kiékelő zuzalék impregnált zuzalék is lehet. Impregnáláskor a száraz zuzalékot 2 % bitumennel keverjük össze. A felületet ilyenkor jól és egyenletesen bevonja a bitumen, de a zuzalékszemek még nem tapadnak össze, tehát szórhatók.

A kötőanyag permetezési hőmérséklete:

HB 20/ 40 esetén 115-125 C^o

HB 150/300 esetén 145-155 C^o.

Az elkészült rétegre ezután lehetőleg azonnal, de max. 4-6 hét elteltével záróréteget kell helyezni. A későbbi lezárás a higított bitumen oldóanyagának gyors elpárolgását megkönnyíti és a forgalom hatására az utántömörödés jelentős része lejátszódik. Hátránya azonban, hogy a felület elszennyeződik, ezért a záróréteg rosszul köt hozzá, másrészt a víz behatolása ezidő alatt nincs megakadályozva. Az alkalmazott lezárás kevert záróréteg (HAB-5 vagy HAB-8) vagy felületi be-



3.2-17. ábra.
Itatott aszfaltmakadám

vonás lehet. A higított bitumen oldószerének elpárolgását gátolni ezeknek a rétegeknek nem szabad, mert ez a burkolat korai károsodásához vezethet. Az elkészült burkolat néhány heti utókezelést kíván, amikor az izzadó foltokat zuzalékkal szórjuk be.

Hazai előírások szerint az itatott aszfaltmakadám három típusban készülhet:

a/ It-5 jelű itatott aszfaltmakadám csökkentett vastagságban, egyszeri permetezéssel és kiékeléssel készül. A zuzottkő laza terítési vastagsága 5 cm, a kész szerkezet tömör összvastagsága zárórétegggel 5,5 cm.

b/ It-7 jelű aszfaltmakadám normál vastagságban, kétszeri permetezéssel és kiékeléssel készül. A zuzottkő laza terítési vastagsága 7 cm, a kész szerkezet tömör összvastagsága zárórétegggel 7,5 cm.

c/ It-F jelű itatott aszfaltmakadám normál vastagságban, egyszeri permetezéssel és kiékeléssel készül. A zuzottkő laza terítési vastagsága 7 cm, tömör összvastagsága zárórétegggel 7,5 cm.

Az itatott aszfaltmakadám anyagszükségletét a 3.2-3. táblázat tartalmazza.

3.2-3. táblázat.

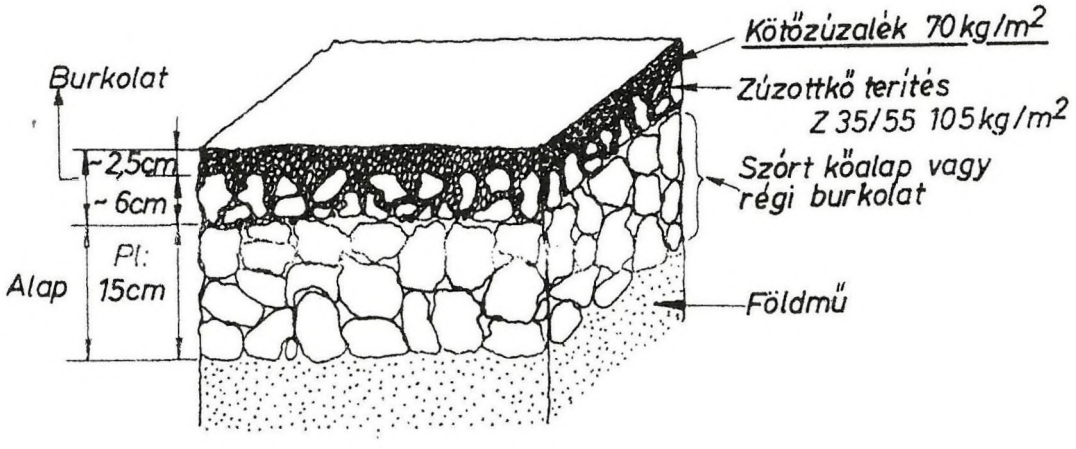
Itatott aszfaltmakadám burkolat és útalap anyagszükséglete

Burkolattípus jele	It-5	It-7	It-F
	kg/m^2		
Zuzottkő terítés			
20/35 mm-es	75	-	
35/55 mm-es	-	105	105
Első itatás			
higított bitumen	4,0	4,0	3,6
zuzalék 12/20 mm-es, (impr.) (vagy 8/12 mm-es)	28	22	26
Második itatás			
higított bitumen	-	2,0	-
zuzalék 8/12 mm-es (impr.)	-	18	-
Burkolat esetén felületi zárás			
a/ kevert záróréteg, pl. HAB-8 zárt	20		
vagy:			
b/ felületi bevonás			
higított bitumen	1,2		1,5
zuzalék 8/12 mm-es	16		10

3.2.2.2.1.2. *Kötőzuzalékos aszfaltmakadám*

A kötőzuzalékos aszfaltmakadám az itatott aszfaltmakadámhoz hasonló, annak bizonyos szempontból fejlettebb változata. Ennél a szerkezetnél a zuzottkövet nem permetezéssel és zuzalékterítéssel, hanem keverőgépben előre megkevert és melegen vagy hidegen a felületre elterített és behengerelt kötőzuzalékkal kötik be.

A kötőzuzalékos aszfaltmakadámot zuzottkő alapra, vagy régi aszfaltmakadám burkolatra helyezzük. A teherbíró alapra 5-7 cm vastag Z 35/55 méretű zuzottkő réteget kell elteríteni, majd úthengerrel elsimítani, az itatott makadám szerkezetekhez hasonlóan. Ezt a réteget 1,6 kg/m^2 higított bitumennel kell lepermetezni, amely a szemcsék megfelelő kenését biztosítja. Erre a rétegre helyezzük el két részletben a keverőgépben higított bitumennel összekevert folytonos szemeloszlású zuzalékot, a kötőzuzalékot. A rétegvastagság kialakításához mintegy 70 kg/m^2 kötőzuzalékot kell felhasználni. Terítés közben folyamatosan kell hengerelni, miközben a kötőzuzalék egy része benyomódik a zuzottkő hézagaiba, másik része vékony rétegben a felületen marad. Megfelelő forgalom és meleg hatására a felület „elaszfaltosodik", és az utántömörödés lezajlik. A jó vízzárás érdekében a felületet valamilyen zárórétegggel kell ellátni, az itatott aszfaltmakadámnál elmondottak figyelembevételével (3.2-18. ábra).



3.2-18. ábra.
Kötőzuzalékos aszfaltmakadám

A kötőzuzalék természetes homok, zuzott homok és zuzalék felhasználásával készül (3.2-4. táblázat) a következő összetétel szerint:

20 % természetes homok (0/3 szemnagysággal),

30 % zuzotthomok (0/5 szemnagysággal),

50 % zuzalék (5/12 és 12/20 szemnagyságú frakciók 1-1 arányú keveréke).

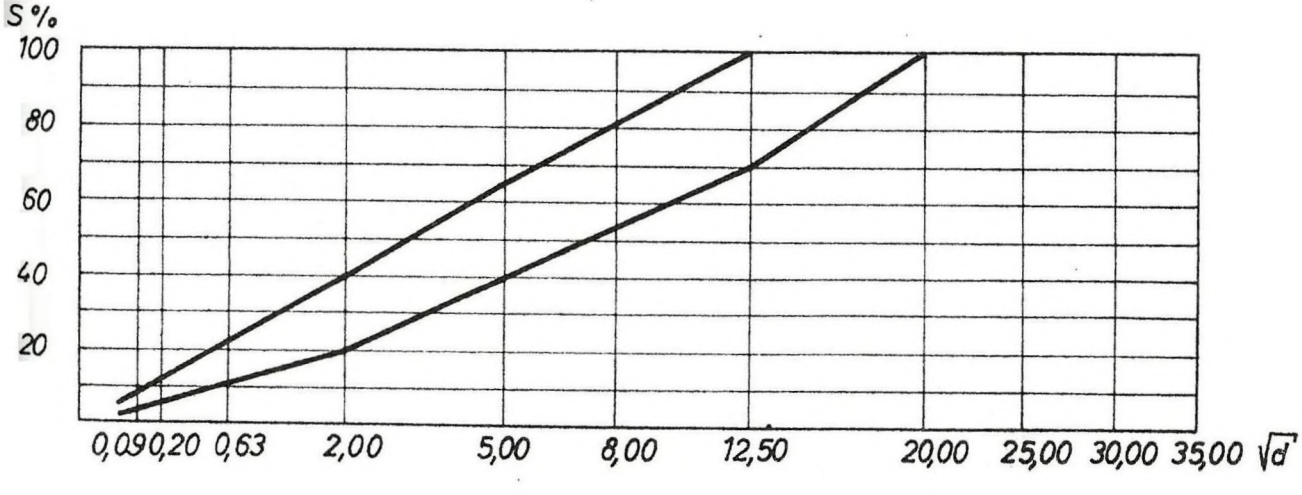
A kővázat a folyamatos szemeloszlás szerint kell összeállítani, a 3.2-19. ábrán lévő szemeloszlási határgörbéknek megfelelően.

3.2-4. táblázat.

A kötőzuzalék összetétele és anyagszükséglete

Összetétel

Adalékanyag Szita és □-rostaméret	Szemeloszlás
0,00...0,09 mm	2... 5 %
. 2,00 mm	20... 40 %
5,00 mm	40... 65 %
12,5 mm	70...100 %
20,0 mm	100
Kötőanyag-szükséglet tájékoztató érték	HB = 5,0...6,5 %
Elfogadott szemeloszlás szemcsehatárai	Egyes frakciók külön kötőanyag-szükséglete 100 súlyrészadalékanyaghoz
0 ... 3 mm	8,5 %
3 ... 5 mm	6,0 %
5 ...12,5 mm	5,0 %
12,5...20 mm	4,0 %



3.2-19. ábra.

Kötőzuzalék kővázának szemeloszlása

A kötőzuzalék előállításához felhasznált higított bitumen mennyisége 5-6 súly % adalékanyagra vonatkoztatva. A kötőzuzalékot általában meleg eljárással keverőgépben állítják elő. 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 higítóanyag elpárolgása miatt. Ez a kéreg megakadályozza a párolgást a depónia belsejéből, ezért a kihűlt és hosszabb ideig tárolt kötőzuzalék is beépíthető és tömöríthető marad. (Azonnali beépítés esetén az élettartam természetesen nagyobb.)

A depóniába kerülő kötőzuzalékhoz mindig nagyobb mennyiségű tapadásjavító szert kell adagolni, mert a víz ennek hiányában a higított bitument leválaszthatja az adalékanyagról.

A kötőzuzalékos aszfaltmakadám négyféle változatban építhető:

a/ Köt-5 jelü kötőzuzalékos aszfaltmakadám csökkentett vastagságú, egy kötőzuzalékos réteggel bekötött változat. A zuzottkőréteg laza terítési vastagsága 5 cm. A kötőzuzalék egy rétegben 40 kg/m^2 és 10 kg/m^2 kiegyenlítő réteg, összesen tehát 50 kg/m^2 mennyiségű. Összes tömör vastagság záróréteggel 6-7 cm.

b/ Köt-7a jelű kötőzuzalékos aszfaltmakadám normál vastagságú, egy kötőzuzalékos réteggel bekötött változat. A zuzottkő laza terítési vastagsága 7 cm.
A kötőzuzalék egy rétegben 40 kg/m^2 és 10 kg/m^2 kiegyenlítő réteg, összesen tehát 50 kg/m^2 mennyiségű, összes tömör vastagság záróréteggel 7,5-8,5 cm.

c/ Köt-7b jelű kötőzuzalékos aszfaltmakadám az általában használt normál vastagságú, két kötőzuzalékos réteggel bekötött változat. A zuzottkő laza terítési vastagsága 7 cm. A kötőzuzalék két rétegben 30 + 30 kg/m^2 és 10 kg/m^2 kiegyenlítőréteg, tehát összesen 70 kg/m^2 mennyiségű. Összes tömör vastagsága záróréteggel 8-9 cm.

d/ Köt-7c jelű aszfaltmakadám alapként alkalmazott réteg, amely egy réteg kötőzuzalékos bekötéssel készül. A zuzottkő laza terítési vastagsága 7 cm.
Az egy rétegben alkalmazott kötőzuzalék mennyisége 35 kg/m^2. Kiegyenlítő és záróréteg nem készül. Összes tömör vastagság 7-8 cm.

A kötőzuzalékos aszfaltmakadám anyagszükségletét a 3.2-5. táblázat tartalmazza.

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. Készíthető egy, két sőt három rétegben is a kívánalmaknak megfelelően.

Kővázuk szakaszos eloszlású, amely kizárólag A vagy B minőségű kőzetből készülő NZ minőségű zuzalékból áll. Az alsó réteghez 12/35 mm, a felső réteghez 3/12 mm vagy 5/12 mm esetleg 3/20 mm nagyságú zuzalék használható fel. Ezek kőbányában előállított nyújtott frakciók, vagy a következő arányok betartása mellett keveréssel állíthatók elő:

3/ 8 mm-es frakció: 3/5 mm + 5/8 mm egyenlő arányban
3/12 mm-es frakció 3/5 mm + 5/8 mm + 8/12 mm egyenlő arányban
5/12 mm-es frakció 5/8 mm + 8/12 mm egyenlő arányban
3/20 mm-es frakció: 3/5 mm + 5/8 mm + 8/12 + 12/20 mm egyenlő arányban
13/35 mm-es frakció: egy rész 12/20 mm + két rész 20/35 mm.
A 3/5 mm-es frakció helyett adagolható 0/5 mm-es zuzott homok is.

3.2-5. táblázat.

A kötőzuzalékos aszfaltmakadám anyagszükséglete

Burkolattípus jele	Köt-5	Köt-7/a	Köt-7/b	Köt-7/c
	kg/m^2			
Zuzottkő terítés				
20/35 mm-es	75			
35/55 mm-es	-	105	105	105
Higított bitumen				
alápermetezés	1,4	1,6	1,6	1,6
Első réteg	40	40	30	35
pótlás kiegyenlítésre	10	10	-	
Második réteg			30	
pótlás kiegyenlítésre			10	
Kopóréteg esetében záróréteg				
a/ kevert záróréteg		20		
b/ felületi bevonás				
higított bitumen		1,2		
8/12 mm-es zuzalék		16		
c/ póruszárás (hideg eljárással) 0/5 mm-es		5		

A kötőanyag higított bitumen, amelynek mennyiségét a felhasznált zuzalék szemnagysága határozza meg:

12/35 mm alsó rétegnél 3,5 %

3/12 mm felső rétegnél 5,5 %

3/20 mm vagy 5/12 mm felső rétegnél 5,0 %.

A kevert aszfaltmakadám készítése és beépítése a következőképpen történik: a kővázat a kötőanyaggal kényszerkeverőgépben meleg vagy félmeleg eljárással keverik össze. Meleg eljárásnál a zuzalékot is és a kötőanyagot is, a félmeleg eljárásnál csak a kötőanyagot melegítjük fel előírt hőfokra. A zuzalékot meleg keveréskor 70-120^{o}C-ra kell felmelegíteni szárítódobban, amikor a kőváz anyaga ki is szárad. A zuzalék túlmelegítését el kell kerülni, mert az oldóanyag gyors elpárologtatásával növeli annak viszkozitását, a tapadásjavítószer hatását lerontja, és növeli a tűzveszélyt. A száraz zuzalék melegítését el lehet hagyni.

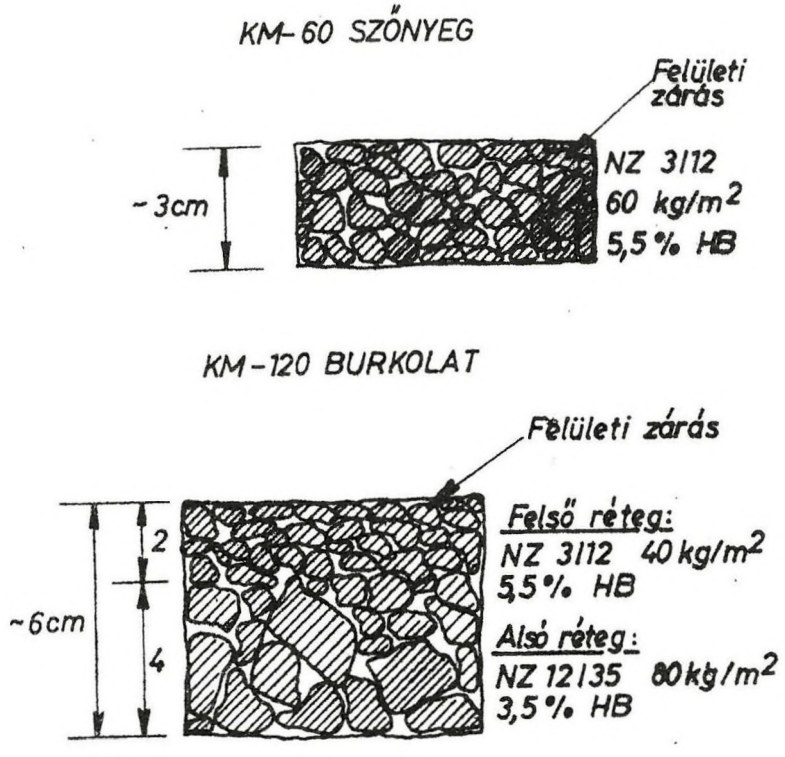
A higított bitument 80-120 ^{o}C hőmérsékleten adagolják a keverőtérbe.

A keverőgép alsó réteg anyagának keverésénél szabadesésű betonkeverőgép is lehet, kopóréteg keverésekor azonban kényszerkeverést kell biztosítani. Keverésre jól használhatók a kisebb teljesítményű tömör aszfaltok keverésére alkalmas keverőgépek, amelyeknél az előadagoló bunkerekből az egy-két esetleg három frakcióból álló megfelelő szemeloszlású keverék a szárítódobba, majd innen a felmelegített és kiszárított anyag a meleg bunkerba 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, s onnan melegen vagy hidegen a beépítés helyére szállítják.

A beépítés első fázisa a terítés, amelyet kézzel, terítőládával vagy finiserrel végezhetünk. Az alsó réteget ezután 12-14 tonnás úthenger 2-3 járatával előtömörítjük. A nem teljesen tömör alsó réteghez a következő réteg így jól hozzá tud kötni. Az alsó rétegre ezután azonnal, de még mindenképpen aznap ráhelyezzük a felső réteget, amelyet terítőládával vagy finiserrel kell teríteni és nehéz hengerrel alaposan behengerelni, tovább tömörítve a még friss alsó réteget is (3.2-20. ábra).



3.2-20. ábra.
Kevert aszfaltmakadám

A kevert aszfaltmakadám két fajtája ismert:

a/ KM-120 jelű kevert aszfaltmakadám burkolat 120 kg/m^2 összmennyiséggel, 6 cm vastagságban, két rétegben készül. Az alsó, durvább réteg 80 kg/m^2 mennyiségben kerül elterítésre. A keverék 1/3 rész NZ 12/20-as, 2/3 rész NZ 20/35-ös nemeszuzalékból készül, 3,5 % bitumenadagolással. A felső, finomabb rétegből 40 kg/m^2 mennyiség kerül beépítésre, melynek összetétele 1-1 rész NZ 3/5, NZ 5/8, NZ 8/12, NZ 12/20 nemeszuzalék, és 5 % higított bitumen.

Beépítéskor az elterített alsó réteget 3-5 hengerjárattal részlegesen tömörítik, majd erre kerül, lehetőleg még aznap, a finomabb felső réteg, melyet 4-6 hengerjárattal kell

tömöríteni. A végleges tömörséget a forgalom adja. A hengerlés hőfoka a higított bitumen lassú keményedése miatt már nem lényeges.

b/ A KM-60 jelű aszfaltmakadám-szőnyeg 60 kg/m^2 mennyiségű anyagból, 3 cm vastagságban, 1 rétegben készül. A beépített anyag összetétele ugyanaz, mint az előbb említett KM-120 szerkezet felső, finomabb rétegének anyaga. Készítésére értelemszerűen alkalmazhatók az előbb elmondottak.

A kevert aszfaltmakadám szőnyeg és burkolat anyagszükségletét a 3.2-6. táblázat foglalja össze.

3.2-6. táblázat.

Kevert aszfaltmakadám szőnyeg és burkolat anyagszükséglete

Burkolattípus jele	KM-60	KM-120
Aszfaltmennyiség (záróréteg nélkül) (kg/m^2)	60	102
Tömör vastagság (zárórétteggel együtt) (cm)	3,5	6
Alsó (kötő) réteg mennyiség (kg/m^2)	-	80
zuzalék (mm)	-	12/35
higított bitumen, (%)	-	3,5
Felső (kopó) réteg mennyiség (kg/m^2)	60	40
zuzalék (mm), vagy-vagy	3/12;5/12;3/10	3/8;3/12;5/12
higított bitumen (%)	5,5...5,0	5,5
Felületi zárás a/ kevert záróréteg (pl. HAB-8 zárt) mennyiség, (kg/m^2)	20	20
vagy: b/ felületi bevonás higított bitumen, (kg/m^2)	1,2	1,2
NZ-8/2 zuzalék, (kg/m^2)	16	16

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 kőváz, töltőanyag és utibitumen kötőanyag hézagszegény keveréke. A keveréket forró állapotban keverőgépben keverik össze és forró állapotban építik be. A beépített asz-

falt jelentéktelen utántömörödést szenved a forgalom alatt, amelynek lejátszódása után sem tölti ki a hézagokat teljesen a bitumen. A kész szerkezet szabad hézagtartalma az anyagokra jellemző tervezett mennyiség, amely az aszfalt stabilitását biztosítja.

A kőváz 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 aszfaltbeton burkolatok alaprétegeként valamint zárórétegge l ellátva erdészeti utak burkolataként kerülhetnek beépítésre.

3.2.2.2.2.1. *Követelmények az alapanyagokkal szemben*

Az aszfaltanyagok tulajdonságait jelentősen befolyásolják az alapanyagok tulajdonságai, ezért ezeket az anyagokat csak megfelelő előírásokat kielégítő alapanyagokból lehet elkészíteni.

Az aszfaltok kötőanyagai a:

B 90;	B-65;	B-45;	B-30;	B-15
SzB-90;	SzB-50;		SzB-30	

jelű útibitumenek. A keverék készítéséhez felhasznált bitument a választéknak és a beépítés helyének megfelelően kell kiválasztani.

Az ásványi anyagok szemnagyságuk alapján három csoportba oszthatók, amelyek feladata is eltérő. A töltőanyag az aszfalt ásványi keverékének 0,09 mm alatti része, amely a kőváz finom részének szemeloszlását biztosítja, csökkenti a kőváz 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 aszfaltanyag ásványi keverékének 0,09-2,0 mm közötti frakciója, amely egyrészt biztosítja a szemeloszlás és hézagtartalom egyenletességét, másrészt befolyásolja a bedolgozhatóságát. Szemeloszlásánál lényeges, hogy a 0,02 mm alatti szemcsefrakció 5 %-nál kevesebb legyen. Aszfaltok készítéséhez zuzott és természetes homokot lehet felhasználni. A zuzott homok nagy belső surlódásával a stabilitást növeli, de egyben a bedolgozhatóságot csökkenti. A gömbölyű szemű természetes homok csökkenti a kőváz belső surlódását ezzel biztosítja a jó bedolgozhatóságot és tömöríthetőséget, de kisebb stabilitást kölcsönöz.

A kőanyag az aszfalt ásványi részének 2,0 mm feletti része.

Felhasználhatók a:

- zuzottkő termékek 2,0 mm feletti frakciói,
- kavicsok, amelyek folyami vagy bányakitermelésű kavicsok, továbbá természetes állapotban előforduló murvák 2,0 mm feletti frakciói lehetnek. Ezekben az anyagokban 0,02 mm alatti frakció nem haladhatja meg a 10 %-ot.

Fentieken kívül felhasználhatók osztályozott zuzott murvák, zuzott kavicsok és zuzott vagy granulált kohósalakok, amelyek kielégítik a kőzetfizikai előírásokat.

A kőváz kőanyagának minőségét az aszfaltválaszték burkolatban elfoglalt helye határozza meg így:

- bitumenes alaprétegekhez részben vagy egészben felhasználhatók az osztályozatlan ho-

mokos kavicsok, osztályozott zuzott murvák, zuzott osztályozott kavicsok és zuzott vagy granulált osztályozott kohósalak D, illetve C kőzetfizikai csoportú osztályozott zuzott murvák, zuzott kavicsok, zuzott kohósalak használhatók fel Z, vagy NZ szemeloszlási minőségben,

– AB jelű aszfaltbeton kopóréteghez „A" kőzetfizikai csoportú, KZ szemeloszlási minőségű zuzottkő használható.

3.2.2.2.2.2. *Tömör aszfaltok hézagviszonyai*

A tömör aszfaltok beépítés után háromfázisú rendszert alkotnak. Ebben a rendszerben a szabad hézagok mennyiségének (h %) jelentős szerepe van, mert döntően befolyásolja a kész pályaszerkezeti réteg felületi tulajdonságait, teherbíróképességét és állékonyságát.

A túlságosan kis szabad hézagot (h %< 0,5-1,0 %) tartalmazó aszfaltból beépítés közben a tömörítés a felszínre nyomja a 100-140 °C-on térfogatát megnövelt bitument, amelynek hatására sima, csúszós, „elzsirosodott", lecsökkent makró-, és mikróérdességű felület keletkezik. A további kedvezőtlen hatás az, hogy a kevés hézag nem oszlik el egyenletesen sok helyen lesz h = 0 hézag. A sűrű folyadékként viselkedő bitumenben terhelés hatására a semleges feszültségekhez hasonló feszültségállapot lép fel, ez pedig az aszfaltburkolatok teherbírásának és stabilitásának csökkenéséhez vezet.

A túlságosan nagy szabad hézagtartalom (h %> 6-7 %) ugyancsak kedvezőtlen. A réteg felszíne ilyenkor nyílt, nem eléggé vízzáró, télen a bejutó – és fagy hatására térfogatát változtató – víz szétfeszíti az anyagot. A hézagok mennyiségének növekedésével csökken az aszfaltok fáradási szilárdsága is. Végül kedvezőtlen a nagy szabad hézag azért is, mert a levegő oxigénjével jobban érintkező bitumen oxidációja felgyorsul, hamarabb öregszik és ezzel kötőképessége hamarabb lecsökkenhet. (Speciális aszfaltokban – pl. dren aszfaltokban – a jobb mikrovíztelenítés érdekében magas h = 14-16 % szabad hézagra törekszenek. Ebből a víz kifolyik, a fagy nem repeszti, felületi tulajdonságai is kiválóak, de élettartamuk kicsi.)

Hosszú forgalom után az optimális szabad hézagtartomány h = 3-5 %, mert

– ilyenkor már nincs bitumenkinyomódása,
– érvényesül a kőváz belső surlódása, tehát stabil, teherbíró lesz a réteg,
– kellően vízzáró, egyben fagyálló is lesz a réteg,
– ez az érték még nem kedvezőtlen a fáradási és öregedési hatások szempontjából sem.

A szabad hézagtartalom mennyiségét – annak fontossága miatt – keveréktervezés során ismert mennyiségű anyagok összemérésével készített próbatesten, minőségjellemzéskor friss aszfaltból készített próbatesten vagy fúrt magmintákon vizsgáljuk.

A vizsgálat a próbatest G_a tömegének (g) és V térfogatának (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 különválasztják a bitument és a kővázat, majd a tömegüket megmérik.

A kőváz adalékanyag tömeg %-a

$$K\,\% = 100 \cdot \frac{G_k}{G_k + G_b} = 100 \cdot \frac{G_k}{G_a}$$

a bitumen tömeg %-a.

$$B\,\% = 100 \cdot \frac{G_b}{G_k + G_b} = 100 \cdot \frac{G_b}{G_a}$$

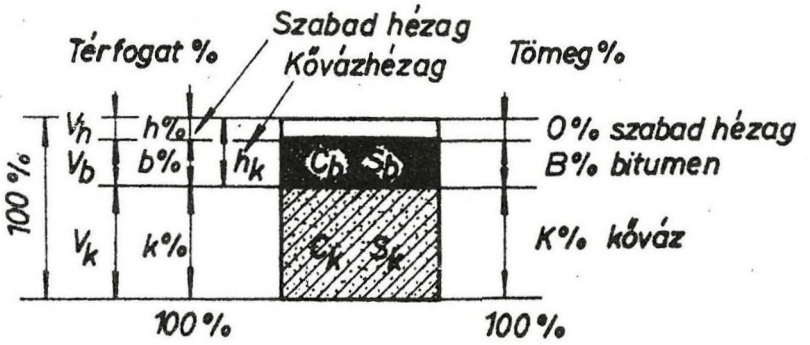
ahol: G_k – a kőváz tömege,

G_b – a bitumen tömege.

Helyes számítás és mérés esetén:

$$K\,\% + B\,\% = 100\,\%.$$

A háromfázisú aszfaltban (3.2-21. ábra) a szabad hézag (h %) mennyiségét térfogatarányban értelmezzük.



3.2-21. ábra.
Háromfázisú aszfalt

A teljes V térfogat 100 %, amely három részre oszlik:

- a V_k térfogatú kőházra, amely a teljes térfogatból k % arányt foglal el,
- V_b térfogatú bitumenre, amely a teljes térfogatból b % arányt foglal el,
- V_h térfogatú szabad hézagra, amely a teljes térfogatból h % arányt foglal el.

A teljes térfogat tehát

$$V = V_k + V_b + V_h$$

térfogatarányban kifejezve (V-vel végigosztva)

$$100\,\% = k\,\% + b\,\% + h\,\%.$$

Az egyes alkatok térfogatarányát tömegükből és sűrűségükből számíthatjuk:

$$k\% = 100\,\frac{V_k}{V} = 100 \cdot \frac{G_k}{s_{kk}} \cdot \frac{s_a}{G_a} = 100 \cdot \frac{G_k}{G_a} \cdot \frac{s_a}{s_{kk}} = 100\,K \cdot \frac{s_a}{s_{kk}}$$

$$b\% = 100\,\frac{V_b}{V} = 100 \cdot \frac{G_b}{s_b} \cdot \frac{s_a}{G_a} = 100 \cdot \frac{G_b}{G_a} \cdot \frac{s_a}{s_b} = 100\,B \cdot \frac{s_a}{s_b}$$

$$h\,\% = 100\,\% = k\,\% - b\,\% = 100 - 100 \cdot K \cdot \frac{s_a}{s_{kk}} - 100\,B \cdot \frac{s_a}{s_b}$$

Mivel $K\,\% + B\,\% = 100\,\%$.

$$h\,\% = 100 - (100 - B) \cdot \frac{s_a}{s_{kk}} - 100 \cdot B \cdot \frac{s_a}{s_b}$$

ahol: s_{kk} – kőváz keverék sűrűsége,

s_b – a bitumen sűrűsége.

A h % szabad hézag mennyiségének meghatározásának másik módja a 3.2-21. 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

$$h\,\% = 100 \cdot \left(1 - \frac{\dfrac{G_k + G_b}{s_{ao}}}{\dfrac{G_k + G_b}{s_a}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{s_a}{s_{ao}}\right)$$

ahol:

s_{ao} – az aszfalt testsűrűsége (hézag nélküli sűrűsége).

Az aszfalt testsűrűségét vagy közvetlen méréssel határozzuk meg, vagy számítjuk:

$$s_{ao} = \frac{G_k + G_b}{V_k + V_b} = \frac{G_a}{\dfrac{G_k}{s_{kk}} + \dfrac{G_b}{s_b}} = \frac{100}{\dfrac{K\,\%}{s_{kk}} + \dfrac{B\,\%}{s_b}}$$

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:

$$h_k\,\% = 100 - k\,\% = 100 - (b + h).$$

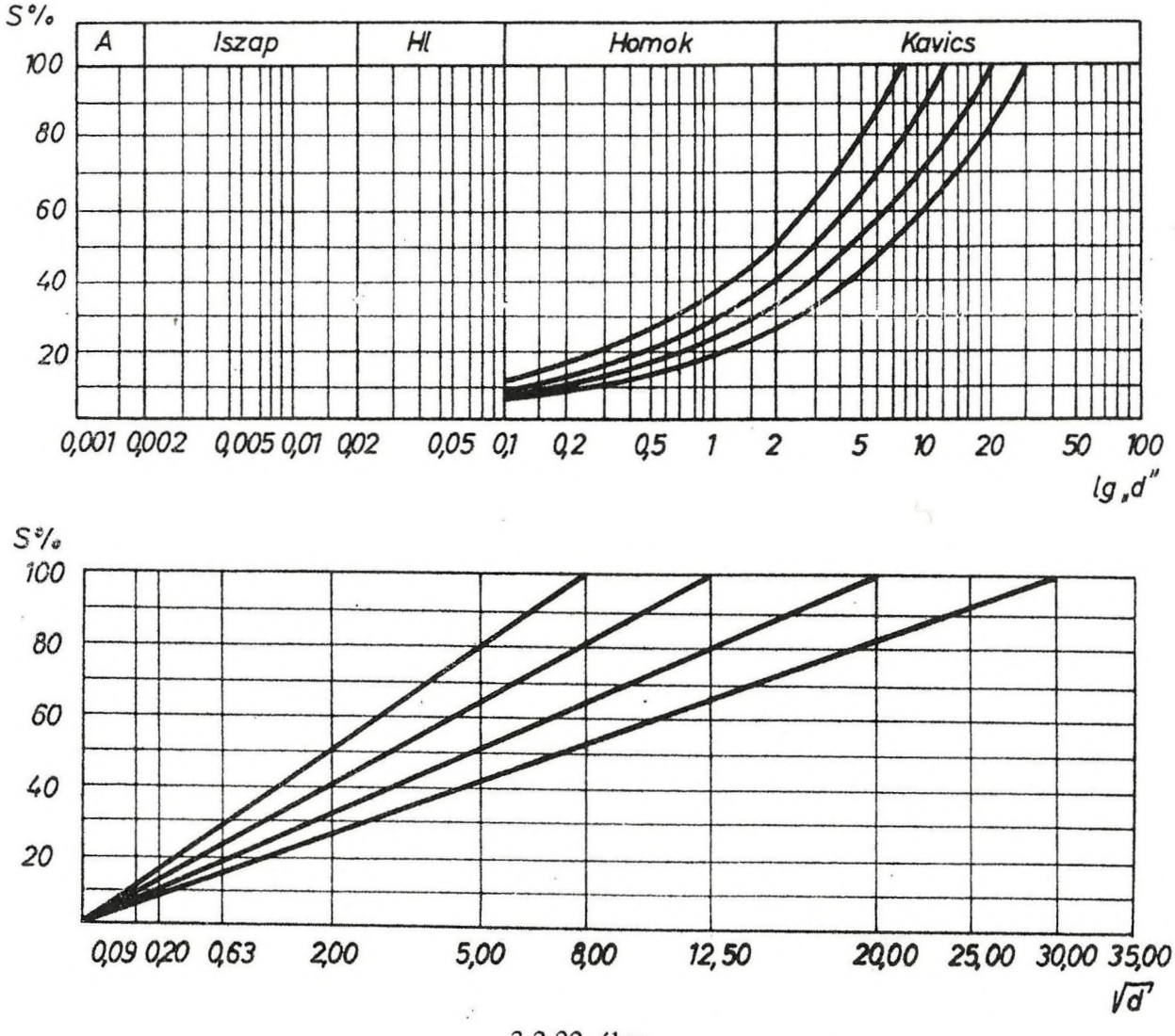
Ezt a hézagmennyiséget a kőváz szemeloszlása határozza meg, amely aztán befolyásolja a felhasználható bitumen mennyiségét, ezzel együtt a kész aszfalt tulajdonságait is.

Ugyancsak lényeges még és jellemző érték az, hogy a kőváz összes hézagának hányad részét foglalja el a bitumen. Ez a bitumentelítettség mérőszáma:

$$t_b\,\% = 100 \cdot \frac{b}{h_k} = 100 \cdot \frac{b}{b + h} .$$

3.2.2.2.3. *Tömör aszfaltok kővázának szemeloszlása és az adalékanyag összetételének tervezése*

A tömör aszfaltok kővázát különböző szemeloszlású adalékanyagok összekeverésével állítjuk elő. A kapott keverék folytonos szemeloszlású, jól graduált, kedvezően kicsi hézagtartalmú legyen.

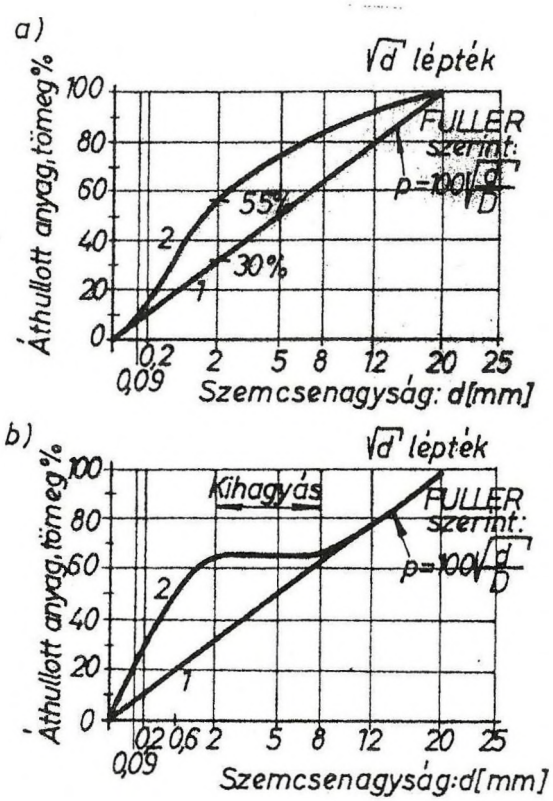


3.2-22. ábra.

A legtömörebb állapotot adó szemeloszlás ábrázolása logaritmikus és négyzetgyökös abszcisszán

Ismert, hogy a legtömörebb állapotot adó szemeloszlást a 0,5-ös kitevővel jellemzett hatványparabola – a Fuller-görbe – adja, amely négyzetgyökös léptékben ábrázolva egyenes vonalat ad. Ennek előnye, hogy az ideálistól – az egyenestől – való eltérés jellegét és helyét jól érzékelhetjük, valamint egyszerű grafikus keveréktervezést tesz lehetővé (3.2-22. ábra).

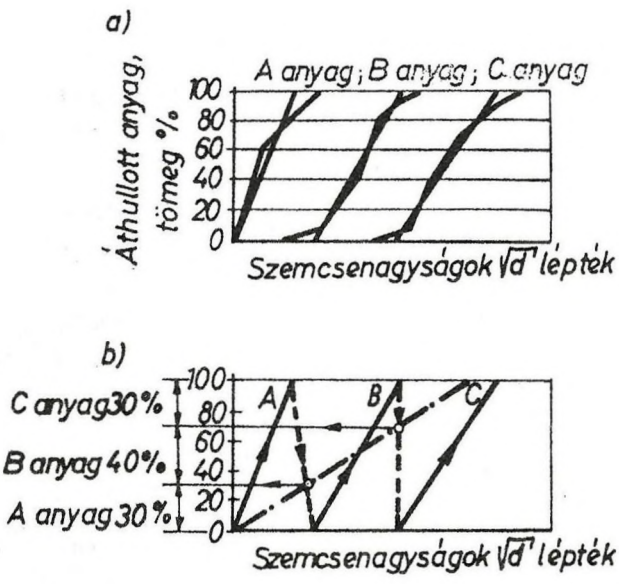
A tömör aszfaltok kővázának szemeloszlása azonban nem fedi a legtömörebb állapotot jellemző ideális Fuller-görbét, mert a kőváz $h_k = h + b$ hézagtartalma túl kicsi ahhoz, hogy elegendő bitument fogadjon be megfelelő szabad hézag biztosítása mellett. Ezért a korszerű aszfaltok aránylag nagyobb mennyiségű finom frakciót tartalmaznak, ennek eredményeként nagyobb, h_k = 15-22 % nagyságú kőváz hézagtartalom érhető el, amelyben jó tömörség mellett elegendő bitumen fér el megfelelő mennyiségű szabad hézag mellett. Az ilyen „homok-hasas" szemeloszlás mellett vannak folytonos-kihagyásos szemeloszlású kővázak is, részben az előbbivel azonos céllal, részben, hogy a sok nagyszemű zúzalék kellő érdességet biztosítson, és a sok töltőanyagból és homokból álló habarcsrész az építés közben felületre szórt zúzalékot magába foglalja (3.2-23. ábra).



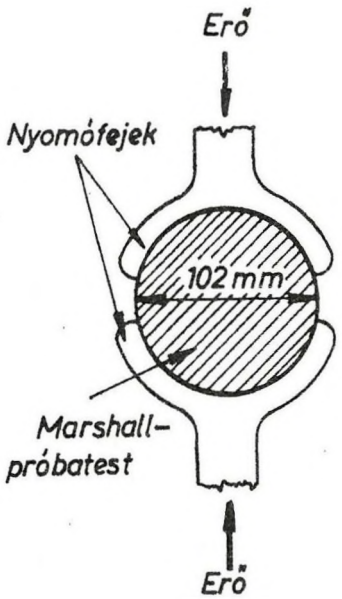
3.2-23. ábra.
Aszfalt-technológiában használt szemeloszlási görbék

Az aszfaltok kővázát alkotó ásványi anyagok különböző szempontok figyelembevételével kialakított szemeloszlását szemeloszlási határgörbékkel adják meg. Ezt a szemeloszlást a felhasználásra szánt különböző szemeloszlású zúzalékfrakciók, többféle homok és töltőanyag keverékéből kell összeállítani. Az egyes alkotók mennyiségének meghatározását a Rotfuchs-féle grafikus szerkesztéssel határozhatjuk meg (3.2-24. 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 egyformák legyenek, majd a határgörbék közé behúzzuk a választott szemloszlás görbéjét (eredményvonal). Az egyes összetevők kiegyenlítő vonalainak felső végpontját összekötve a következő alkotó kiegyenlítő vonalának alsó kezdőpontjával olyan szerkesztési segédvonalat kapunk, amelyek a választott szemeloszlás vonalát metszik. A metszéspontokat az ordinátára kivetítve megkapjuk az összetevők arányát és a keverékbe adagolandó súlyszázalékot.

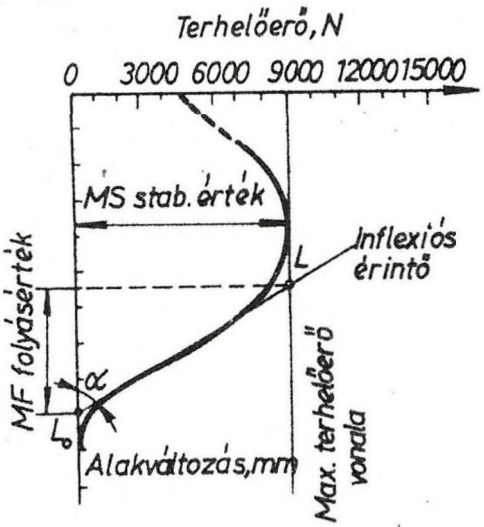
A grafikus szerkesztéssel kapott értékek megfelelő pontosságot adnak a kiindulásul választott szemeloszlás meghatározásához, amelyet pontosabban táblázatos formában numerikusan ellenőrizni lehet. (Ez az eljárás megfelel más, pl. mechanikai stabilizációt kielégítő szemeloszlás előállításához szükséges keverési arány meghatározására is.)



3.2-24. ábra.
Rotfuchs-féle szerkesztés elve



3.2-25. ábra.
Marshall-féle nyomófej



3.2-26. ábra.
Marshall-vizsgálat erő-alakváltozás görbéje

3.2.2.2.4. *Tömör aszfaltok összetételének meghatározása alkalmassági vizsgálattal*

A tömör aszfaltanyagok összetételének meghatározásakor az a feladatunk, hogy az adott kővázhoz olyan bitumentartalmat rendeljünk, amely biztosítja a tervezett szabad hézagok mennyiségét és az előírt mechanikai tulajdonságokat.

Az un. alkalmassági vizsgálatot Marshall próbatesteken végezzük el. Ezeket a próbatesteket ötféle bitumenadagolással kell elkészíteni, úgy, hogy az adagolás a keverékre megengedett határértékek között helyezkedjen el. Az előkészített kővázat 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^3 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:

s_{aM} – a próbatest halomsűrűségét,

MH – a próbatest szabad hézagtartalmát,

t_b – a próbatest bitumentelítettségét,

MS – a próbatest Marshall stabilitását,

MF – a próbatest Marshall folyásértékét,

MS/MF – a próbatest merevségi hányadosát.

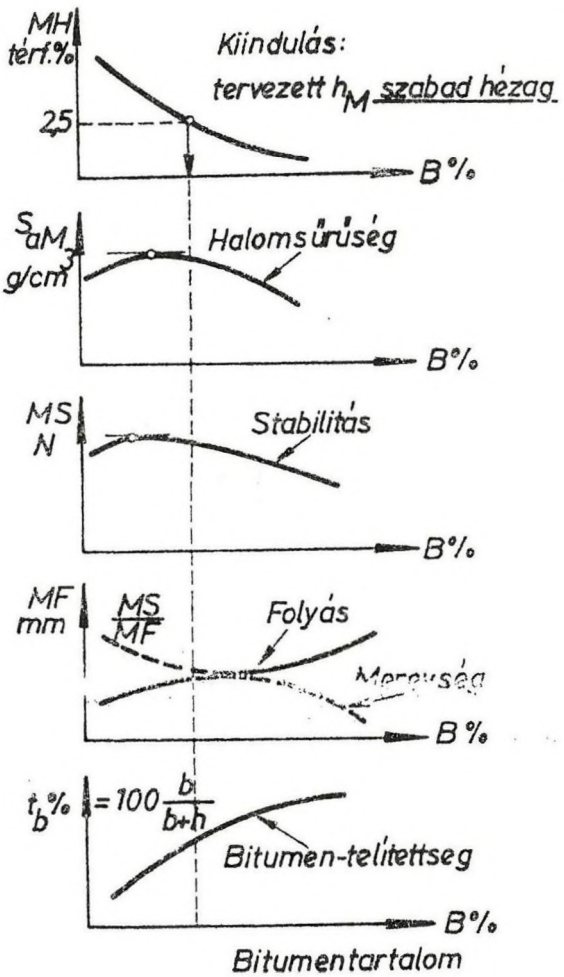
A jellemzők közül a s_{aM} halomsűrűséget, az MH szabad hézagtartalmát és a t_b bitumentelítettséget a fázisos összetétel ismertetésénél levezetett módon számíthatjuk.

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 nyomófejjel palást irányában terhel (3.2-25. ábra). A Marshall stabilitás (MS) az a maximális erő N-ban kifejezve, amelyet a törésig terhelt próbatest a vizsgálat során felvett. A Marshal folyás (MF) érték az a mm-ben kifejezett összenyomódás, amelyet a próbatesten a kezdeti és a legnagyobb erő kialakulása között észlelünk. A terhelési vizsgálat során felvett erő-út görbe (3.2-26. ábra) iránytangense a merevségi hányados, vagyis a Marshall stabilitás és folyásértékek hányadosa (MS/MF).

A próbatesten elvégzett vizsgálatok eredményeként kapott jellemző értékeket kiértékelés céljából a B % bitumentartalom függvényében kell ábrázolni, ahol az egyes görbék lefutása jellegzetes (3.2-27., 3.2-28. ábrák).

- az MH szabad hézagtartalom görbéje eső vonal, nincs geometriai szélsőértéke,
- az s_{aM} halomsűrűség felülről domború lefutású, határozott maximummal bíró görbe szerint változik,
- az MS Marshall stabilitást jellemző görbének ugyancsak kifejezetten maximuma van, az s_{aM} maximum közelében,
- az MF Marshall-folyás görbe emelkedő vonal, geometriai szélsőértéke nincs,
- az MS/MF, kp/mm merevségi hányados görbéje enyhe ellenívvel eső vonal,
- a t_b % bitumentelítettség emelkedő vonallal jellemezhető.

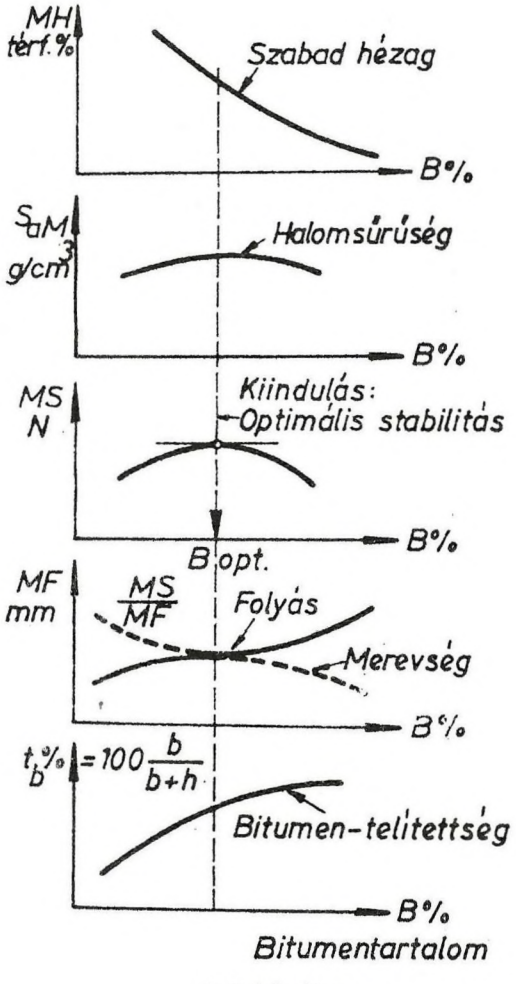
Az ábrázolt adatok értékelését eltérő módon kell végrehajtani aszfaltbeton típusú burkolati rétegek és meleg bitumenes útalapok esetében, azért mert a pályaszerkezetben elfoglalt helyük és feladatuk más. Burkolatban – a felületi érdesség és fagyállóság biztosítása érdekében – a B % bitumentartalmat az MH = 3-4 % szabad hézag helyén szabják meg az MH % – B % görbe alapján (3.2-27. 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 he-



3.2-27. ábra.
Marshall próbatestek jelleggörbéi aszfalbeton alkalmassági vizsgálatában

lyezkedik el. Ellenőrizni kell ezután, hogy az így kiválasztott B_e % előírt bitumentartalomnál

- a Marshall stabilitás értéke meghaladja-e az előírt minimumot,
- a Marshall stabilitás az előírt határok közé esik-e,
- a merevségi hányados az előírt minimum fölött van-e,
- a t_b bitumentelítettség a kedvező 70-80 % közé esik-e.



3.2-28. ábra.
Marshall próbatestek jelleggörbéi meleg bitumenes útalapok alkalmassági vizsgálatában

Ezek az előírt értékek aszfaltbeton típusú burkolatoknál (kopó- és kötőrétegeknél):

- MS = 6000 – 8000 N kopórétegnél
  MS = 5000 – 6000 N kötőrétegnél
- MF = 1,5 – 4,5 mm
- MS/MF 1500 N/ mm

választéktól függően.

A meleg bitumenes útalapok kőváza kevesebb komponensből, homokos kavics vagy helyi szemcsés murvás anyagból, kevés mészkőliszt töltőanyagból, esetleg a belső surlódást növelő tört anyagból áll. Az előírandó B_e % bitumentartalmat már célszerűen az MS és s_{aM} maximumánál kell megválasztani, mert a felhasznált adalékanyagból így lehet a legteherbíróbb, legellenállóbb alapréteget készíteni (3.2-28. ábra). A választéktól függően előírt minimumot, alsó-felső határértékeket itt is be kell tartani, amelyek tájékoztatóúl a következők:

MS > 4000 N
MF = 1-4 mm
MS/MF > 750 N/mm
MH = 6 – 10 %.

Látható, hogy az MH szabad hézag nagysága jóval nagyobbra adódik, mint előbb. Ez azonban – mélyebben fekvő rétegről lévén szó – nem veszélyes sem vízbehatolás és szétfagyás, sem oxidáció és bitumenöregedés szempontjából.

Az erdészeti utak pályaszerkezetében sokszor kopórétegként alkalmazott meleg bitumenes alap esetében azonban célszerű az MH szabad hézagtartalmat az alsó határérték körül tervezni a kopóréteggel szemben támasztott más irányú igények kielégítésére. A stabilitási értékeket azonban ekkor is ki kell elégíteni. (A burkolatként alkalmazott meleg bitumenes útalapot felületi bevonással kell ellátni, hogy a vízbeszivárgást, ezzel a szétfagyás veszélyét csökkentsük.)

Az alkalmassági vizsgálat során 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 elegendő vagy hiányos tömörsége ennek alapján ellenőrízhető:

$$T_{rM}\,\% = 100\,\frac{s_a}{s_{aM}}$$

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

$$h\,\% = MH \,.\, \frac{T_{rM}}{100} + (100 - T_{rM})$$

összefüggéssel számítható. Mivel a tömörségi fok 96-102 % között szokott változni, ezért a $T_{rM}/100 \approx 1$-nek vehető így:

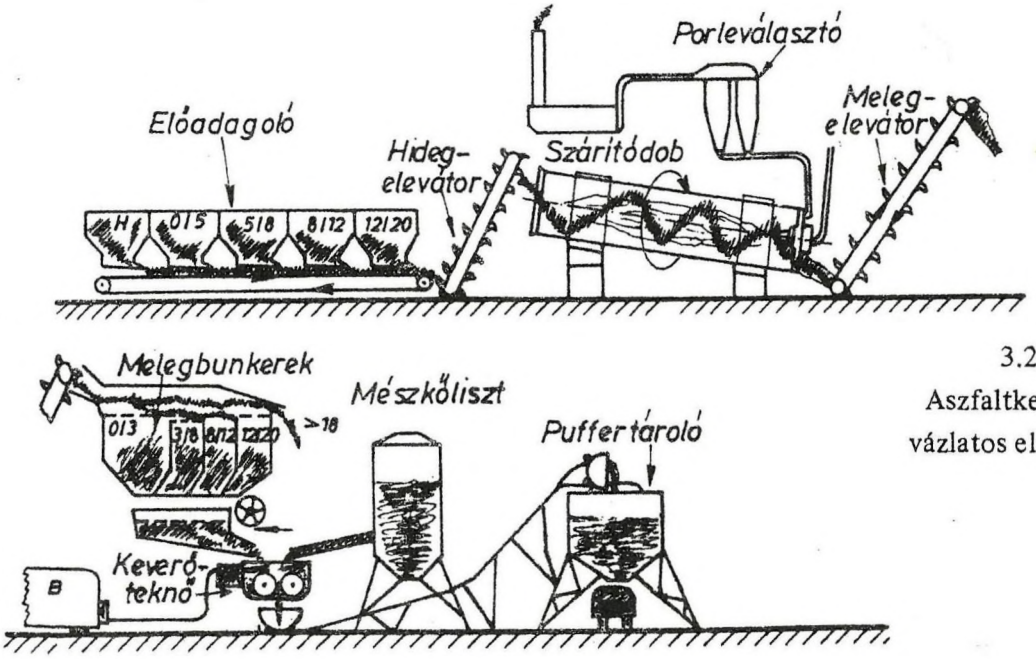
$$h\,\% = MH + (100 - T_{rM})$$

A pályaszerkezet élettartamát a tömörítés és forgalom hatására előálló h % végleges érték befolyásolja. Mivel a tömörség értékét 97-98 %-ban szokás előírni, ezért tervezésnél az MH % Marshall próbatest szabad hézagát 2-3 %-kal kisebbre kell venni.

Az aszfalt pályaszerkezeti rétegek építésénél a károsan kis tömörség mellett kerülni kell a „túltömörítést" is. Túl kicsi szabad hézag (MH = 2 %) és túl intenzív tömörítés (T_{rM} = 102 %) esetén előfordulhat, hogy 0 % vagy negatív szabad hézagot (h = 2 + (100 - 102)) kapunk, annak összes hátrányos tulajdonságával.

3.2.2.2.2.5. *Tömör aszfaltok készítése*

A tömör aszfaltkeverékek gyártása aszfaltkeverőtelepeken történik (3.2-29. ábra).



3.2-29. ábra. Aszfaltkeverőtelep vázlatos elrendezése

A rakodógéppel feltöltött előadagoló tartályaiból a megfelelő keverési arányok beállítása után szállítószalagra kerül az adalékanyag, amelyet a hideg elevátor a közel vízszintes tengely körül forgó szárítódobba juttat. A szárítódobban az adalékanyag elveszíti nedvességtartalmát és kellő hőmérsékletre melegszik fel, valamint megtörténik a porleválasztás is. A tiszta, száraz anyagot innen a meleg elevátor a meleg rostákra juttatja, ahol az adalékanyag 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 mészkőliszt, illetve visszanyert szárított kőpor töltőanyagot hideg állapotban szállítócsiga adagolja a keverőtérbe, 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 hőmérsékletre történő felmelegítése, mert ez biztosítja a tökéletes összekeverést, megakadályozza a bitumen krakkolódását (elégését) valamint elegendő hőtartalékot ad a rövid ideig tartó tároláshoz, illetve a szállításhoz, biztosítva így a beépítéshez szükséges hőmérsékletet is. A betartandó hőmérséklet az alkalmazott bitumen fajtájától függ. (3.2-7. táblázat.)

3.2-7. táblázat.

Aszfaltkeverékek gyártásakor betartandó hőmérsékletek

Mérési hely	Az alkalmazott bitumen fajta			
	SzB 90	B 90 B 65	SzB 50	B 45
Az ásványi anyag hőmérséklete a meleg bunkerben C^o:	150-190	160-190	160-190	170-200
A kötőanyag hőmérséklete az adagoló ellátó tartályban C^o:	145-165	150-170	155-175	160-180
Az aszfaltkeverék hőmérséklete a szállítójárműbe eresztéskor C^o:	140-160	145-170	150-170	160-180

A kész aszfaltkeveréket tehergépkocsival lehet a beépítés helyére juttatni. A szállítási távolságot az aszfalt aszfalttárolóban mért hőmérséklete az időjárás és a szállítókocsi típusa határozza meg. Ezek függvényében olyan távolságra lehet a meleg anyagot szállítani, hogy annak hőmérséklete ne csökkenjen a beépítési hőmérséklet alá.

Az aszfalt lehűlése:

- nyitott tehergépkocsin 36^oC/óra
- ponyvával letakart tehergépkocsin 10^oC/óra
- hőszigetelt tehergépkocsin 5^oC/óra.

Ezek alapján 20 km/óra átlagsebességet és 20°C megengedett hőmérsékletcsökkenést figyelembe véve 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 teendőket három csoportba oszthatjuk:

- az alap előkészítése,
- a szegély kialakítása,
- a keverék beépítése.

A meleg bitumenes alapréteget új utak építésénél a teherbíró földműre, vagy nem utántömörödő alaprétegre, a kötő- és kopóréteget pedig meleg bitumenes alapra, vagy más nem utántömörödő, teherbíró alapra kell beépíteni.

Utak korszerűsítésénél a bitumenes alapréteget csak a profilozási munkák (javítás, áthengerlés vagy kiegyenlítés) elvégzése után lehet megépíteni. Alapként szolgáló régi makadámpályán és aszfaltburkolaton a nagyobb deformációkat meg kell szüntetni, a be nem kötött, mozgó zúzottkő- és kavicsszemeket a szennyeződéssel együtt el kell távolítani. 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. (Higított bitument használni tilos!)

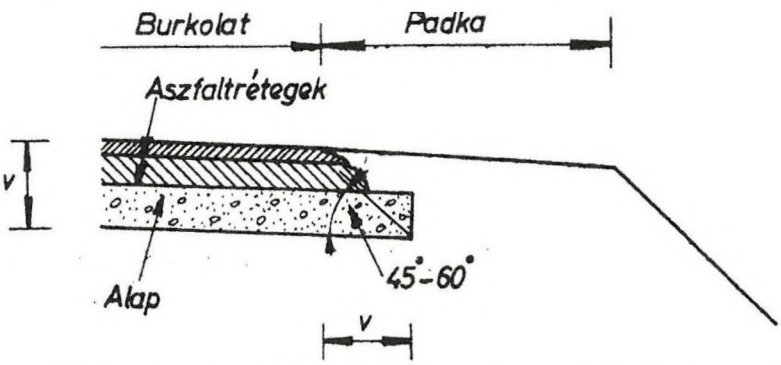
Az alapot az első aszfaltréteg építése előtt, illetve a régi burkolatot az új aszfaltréteg építése előtt 0,5-1,0 kg/m^2 bitumenemulzióval kell lepermetezni.

Kötő- és kopóréteg építése előtt:

- 5 %-nál nagyobb hosszesésű szakaszon a meglevő bitumenes alapréteg, illetve kötőréteg felületére 0,3-0,8 kg/m^2 bitumenemulziót kell kipermetezni,
- 5 %-nál kisebb hosszesésű szakaszon 0,3-0,8 kg/m^2 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 tömör aszfaltból készülő rétegeket tartalmazó pályaszerkezetet úgy kell felépíteni, hogy a szélek kellő alátámasztást kapjanak. Ezt úgy érhetjük el, hogy az alsóbb rétegeket a felső réteg szélétől számítva a saját vastagságával szélesebbre építjük (3.2-30. ábra.).



3.2-30. ábra. – Szegély kialakítás tömör aszfaltburkolatoknál

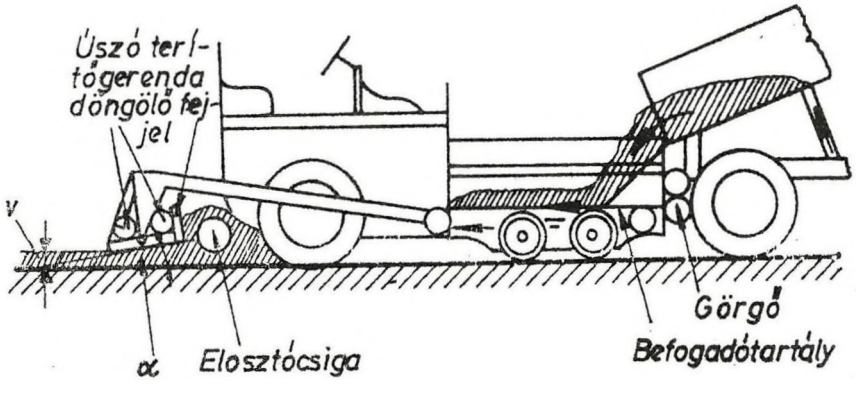
A szegélyezés egyéb formáját, mint pl. a kiemelt és süllyesztett szegélyt az erdészeti utaknál nem használjuk.

A megfelelően előkészített alapra ezek után megkezdődhet az aszfalt beépítése úgy, hogy a következő fő követelmények ki legyenek elégítve:

- az elterítés a tömörödést figyelembevevő vastagságban, 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 tömörségre történjen, az aszfalt lehűlése előtt. Lehűlt aszfalt eredményesen nem tömöríthető.

Ezeket a követelményeket csak akkor tudjuk kielégíteni, ha az aszfalt elterítését és tömörítését gondosan, megfelelő eszközökkel végezzük.

Az aszfaltkeverék elterítését és az előtömörítését aszfaltfiniserrel lehet elvégezni (3.2-31. ábra).



3.2-31. ábra.
Aszfaltfiniser jellegrajza

A gumikerekeken vagy lánctalpakon lassan előrehaladó gép befogadótartályába billenti a tehergépkocsi az aszfaltot, amelynek minimális hőmérsékletét a bitumen fajtája szabja meg:

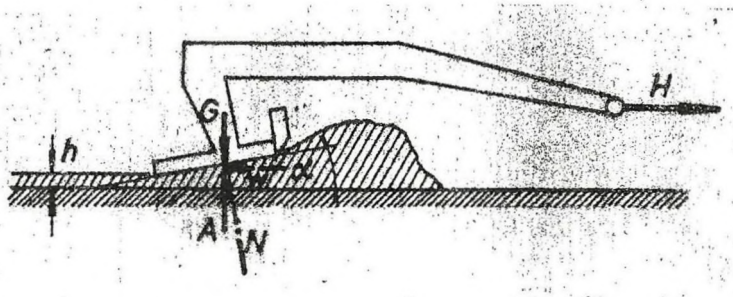
SzB-90	bitumen esetén a keverék min. hőmérséklete a:	
	finiserben	110 °C
B-90	bitumen esetén	125 °C
B-65; SzB-50	bitumen esetén	140 °C
B-45	bitumen esetén	150 °C

A feltöltés közben a finiser folyamatos mozgása nem szünhet meg, ezért a tehergépkocsit billentés alatt maga előtt tolja. A tárolótartályból kaparószalag juttatja az aszfaltot a keresztirányú elosztócsigához, amely egyenletes rétegben és laza tömörségben elteríti az úszó terítőgerenda előtt az anyagot.

A terítőgerenda fűtött és modern gépeknél vibrációs és döngölő taggal van ellátva úgy, hogy az előtömörítés mintegy 92 % relatív Marshall tömörségre megtörténik. Az úszó terítőgerenda – amely jelentősen lecsökkenti az alap egyenetlenségeit – a következő elven működik ábra).

A G súlyú terítőpalló α 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 tart-

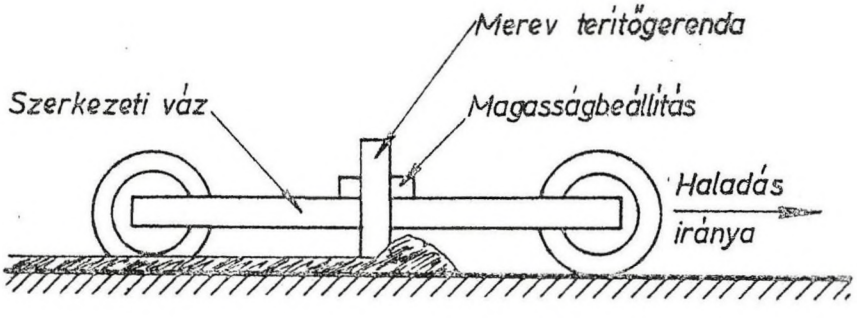
ják a terítőgerendát. A kívánt rétegvastagságot így az α szög változtatásával lehet beállítani. A finiser megállásakor megbomló egyensúlyi helyzet miatt a terítőpalló lesüllyed, aminek következménye a felületen kialakuló hullám lesz. A hullámosság elkerülése miatt a finiser folyamatos haladását jól szervezett anyagellátással kell biztosítani. Az úszógerendás finiserek színtvezérléssel is elláthatók.



3.2-33. ábra.
Merev terítőgerendás aszfaltterítőgép

Az erdészeti utak építésénél jól alkalmazhatók az olcsóbb, általában tömörítőtag nélküli, merev terítőgerendás aszfaltterítőgépek, amelyek csak egyenletes vastag, laza réteget hoznak létre. Bár az alap egyenetlenségét kevésbé tünteti el mint az úszógerendás finiser és színtvezérléssel sem látható el, előnye, hogy a megállásoknál kisebb keresztirányú hullámot képeznek, ezért az anyagellátás folyamatosságának hiánya kisebb problémákat okoz (3.2-33. ábra).

3.2-33. ábra.
Merev terítőgerendás aszfaltterítőgép



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 acéllemezre kell ereszteni, úgy, hogy karoláson belül lapáttal vagy talicskával a bedolgozás helyére lehessen juttatni, lehűlés és tömörödés nélkül. A terítést gereblyével, kézi lehúzópalló segítségével lazán és egyenletesen kell elvégezni, egyenletes tömörséggel.

Az elterítést az aszfalt tömörítése követi. Ezt az alatt az idő alatt kell elvégezni, míg a mintegy 140 °C terítési hőmérsékletű aszfalt 100 °C hőmérsékletre hűl le, mivel ez alatt a hőmérséklet alatt az aszfalt már nem tömörödik.

Tömörítéshez a hengerek következő fajtáit használhatjuk:

- acélköpenyű statikus henger. Ezek a leggyakrabban használatos hengerek. Sebességük 3 km/óra = 50 m/min. 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,
- gumihengerek önjáró formája. Ezeknek általában 7 lapos gumiabroncsuk van, amely különbözik a földmunkát tömörítő gumihenger abroncsától. Korszerű, gyors tömörítőeszköz, a sebessége 8-10 km/óra = 140-170 m/min. Gyúró tömörítő hatása miatt zárt,

vízzáró felületet ad. Vastag rétegek hatékony tömörítésére kiválóan alkalmas, amely még a viszonylag lehűlt 80-100 °C hőmérsékletű anyagot is tömöríti,

– acélköpenyes vibrációs hengert aszfaltok tömörítésére ritkán használnak, mert irányváltás előtt a vibrációt ki kell kapcsolni. Tömörítő hatása jelentős.

A gyors és hatékony tömörítést csak megfelelően kialakított hengerlési móddal lehet elvégezni. A hengerek számát és elosztását a keverőtelep és bedolgozógép kapacitásai határozzák meg. Az erdészeti utakon egy menetben általában 3,00-4,00 m szélességet építünk. Ehhez többnyire két hengert, 50 t/óra keverőtelep kapacitás mellett három hengert kell a finiser mögött alkalmazni. Egy könnyű, vagy közepes henger előtömörít, erősen megközelítve a finisert, hogy tömörítőhatását forró, jól tömöríthető anyagon fejthesse ki. A főtömörítést 1-2 közepes vagy nehéz henger végzi. A szükséges áthaladási számok:

3 cm vastag 75 kg/m^2 aszfalt esetén	5- 7 járat,
4-6 cm vastag (100-150 kg/m^2) aszfalt esetén	8-10 járat.

Ez a szám még nagyobb vastagságoknál is elegendő a vastag réteg jó hőtároló képessége miatt, amely a hatékony tömörítést nagyban elősegíti. A vékonyabb rétegek alulról és felülről hamar lehűlnek, így tömörítésükre alig marad idő. 3-4 cm-nél vékonyabb réteget ezért meleg útibitumennel kevert aszfaltokból nem szabad építeni.

A hatékony és korszerű „hot and dry" tömörítési módnál már az első hengerlést forró, száraz gumikkal nehéz henger végzi, szorosan 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 haladva kell végrehajtani. A fele-harmada átfedéssel történő sávváltást csak kihűlt aszfalton szabad elvégezni,
– acélhengerek palástját kevés választóvízzel kell letörölni, hogy az aszfaltot a sok folyadék ne hűtse le,
– a henger megállása, lökésszerű irányváltása, a vibráció kikapcsolásának elmúlasztása irányváltás előtt stb. egyenetlenséget okoz,
– gumihengert főtömörítésre csak forró gumival szabad használni. A felmelegítés betömörített, de még forró szakaszon történjen,
– sávokban végzett tömörítéskor a széleken még 1-2 hengerjárat szükséges,
– a hosszvarratok építését gondosan kell elvégezni. Az új forró aszfaltot 4-5 cm-es átfedéssel kell megépíteni úgy, hogy az a régi aszfalt szélét felmelegítse. Ekkor az első nehéz henger a hideg sávon úgy halad, hogy 10-15 cm szélességben átnyúlva tömöríti az új aszfaltot. A szokásos tömörítés ezután történik.

A viszonylag drága aszfaltok a tőlük elvárható előnyös tulajdonságukat csak akkor nyújtják, 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 elpazarolása, 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 aszfaltokat bitumenes alap-, kötő- és kopórétegek építésére használhatjuk.

A meleg bitumenes alapréteget nagy forgalmú utak alsó és felső alaprétegeként, erdészeti utaknál az előbbieken kivül záróréteggel ellátva burkolatként kerülnek felhasználásra.

Kedvező tulajdonságai a gazdaságosságban, nagy teherbíróképességében és az azonnali forgalmazhatóságban foglalható össze. Gazdasági előnyét a készítéshez felhasználható helyi anyagoknak köszönheti. Megfelelő szemeloszlás és a kívánalmaknak megfelelő bitumenadagolás hatására nagy teherbíróképességű, de a sok gömbölyű szemcse miatt viszonylag könnyen bedolgozható anyag. Ezek a kedvező tulajdonságok teszik előnyösen felhasználhatóvá erdészeti utak pályaszerkezetének építésére ezeket az anyagokat.

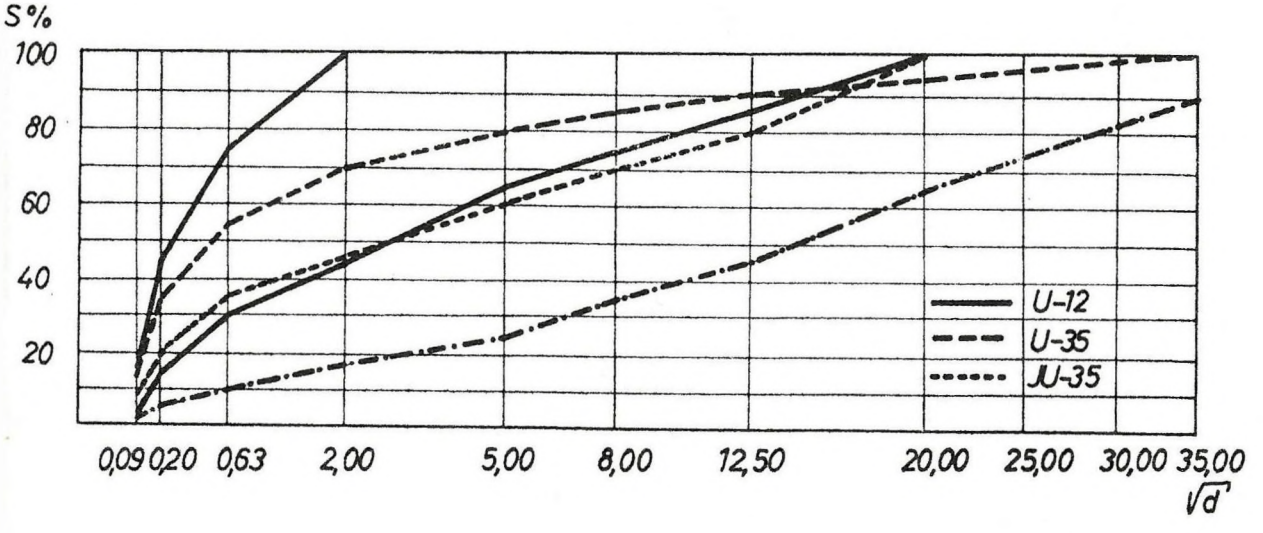
A meleg bitumenes alapok háromféle választékban készíthetők:

U-12; U-35 és JU-35 jelű.

Az U-12 jelű meleg bitumenes alapréteg 2,0-6,0 cm vastagságban kerül beépítésre. A keverék készítéséhez töltőanyagként mészkőlisztet és a száraz porleválasztók anyagát lehet felhasználni. A kővázat természetes homok, homokos kavics, valamint murvák, granulált vagy zuzott kohósalak, D kőzetfizikai és Z osztályozási minőségű zuzottkövek előírt szemeloszlású keveréke képezi (3.2-34. ábra). Kötőanyagként B-90; SzB-90; B-65; SzB-50; B-45 jelű utibitumen használható fel.

Az U-35 jelű meleg bitumenes alapréteg 5,0-12,0 cm vastagságban építhető be. Töltőanyagként mészkőliszt és a száraz porleválasztók anyaga használható fel. A kőváz természetes homok, kavicsos homok, homokos kavics, zuzott kavics, granulált vagy zuzott osztályozott kohósalak, zuzottkövek felhasználásával készülhet D kőzetfizikai és Z osztályozási minőségben, előírt szemeloszlással (3.2-34. ábra). Kötőanyagként B-90; SzB-90; B-65; SzB-50 jelű bitumen alkalmazható.

A JU-35 jelű meleg bitumenes alapréteg 5,0-12,0 cm beépítési vastagságban készülhet. Töltőanyaga mészkőliszt vagy a száraz porleválasztók anyag, kőváza természetes homok, kavicsos homok, homokos kavics, zuzott kavics, valamint murvák, zuzott kohósalak, zuzottkövek C fizikai és Z vagy NZ osztályozási minőségben. Az ásványi anyag összetétele olyan legyen, hogy a 2,0 mm feletti rész legalább 30 tömeg % zuzott anyagot tartalmazzon. A kőváz szemeloszlása az előírásokat elégítse ki (3.2-34. ábra). Kötőanyagként B-90; SzB-90; B-65; SzB-50 jelű útibitumen alkalmazható.



3.2-34-. ábra.
Meleg bitumenes útalapok kővázának szemeloszlási határgörbéi

A meleg bitumenes alapok kötőanyagtartalmára valamint a Marshall próbatestekre vonatkozó előírásokat a 3.2-8. táblázat foglalja össze.

3.2-8. táblázat.

Összetételi és minőségi követelmények meleg bitumenes alapokkal szemben

A típus jele	U-12	U-35	JU-35
Az aszfaltkeverék kötőanyagtartalma (tömeg % tájékoztató érték)	4,0-8,0	3,5-6,0	3,5-5,5
Marshall próbatestből Szabad hézagtartalom (tf%)	3 -12	3 -10	4 -8
Stabilitás legalább (N)	2000	3000	4000
Folyásérték (mm)	1 - 4	1 - 4	1 -4

A kötőréteg feladata, hogy a kopórétegben fellépő vízszintes irányú feszültséget lecsökkentve az alaprétegre juttassa, valamint a kopóréteg és a felső alapréteg együttdolgozását, összekötését biztosítsa.

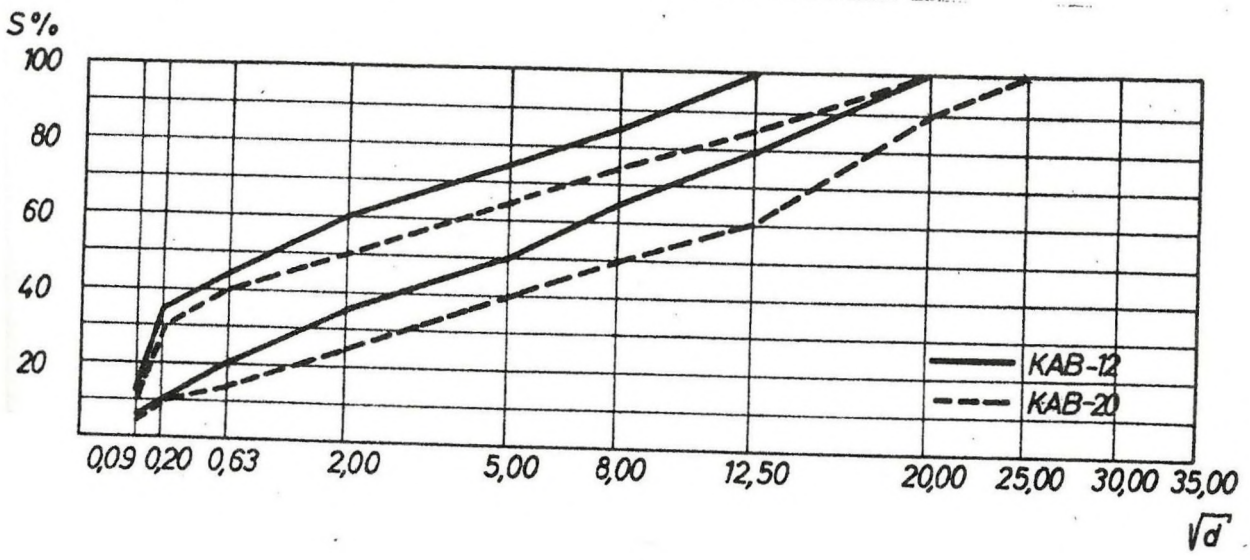
Ezeket a feladatokat akkor tudja a kötőréteg ellátni, ha tömör, nagy belső surlódású anyag felhasználásával készítjük a keveréket, amely azonban a bedolgozhatóságot nehezíti.

Kétféle, K-12 és K-20 jelű választékban készül. Kötőréteget csak nagy forgalmi terheléseknél kell beépíteni, kisebb forgalmú utakon és erdészeti utakon építése elhagyható. Ekkor a kopóréteg közvetlenül az alapra kerül.

A kopóréteget nagy forgalomnál AB-8; AB-12 vagy AB-20 jelű aszfaltbetonból, kis forgalmú és erdészeti utaknál KAB-12 és KAB-20 jelű kavicsaszfaltbetonból készíthetjük. Az erdészeti utak forgalmára kíválóan alkalmasak a KAB-jelű választékok, mert ezek aszfaltbetont megközelítő minőségű kopóréteget adnak, helyi anyagok felhasználásával.

A KAB-12 jelű kavicsaszfaltbeton 3,0-5,0 cm beépített vastagságban készülhet. Töltőanyaga legalább 5 % mészkőlisztet tartalmazzon, ezen felül a száraz porleválasztók anyaga visszaadagolható a kőváz természetes homok, kavicsos homok, homokos kavics, zuzott kavics, Z vagy NZ minőségű zuzottkövek, illetve murvák és kohósalak C, B kőzetfizikai minőségben. Az ásványi anyag összetétele olyan legyen, hogy 0,09 mm felett legalább 40 tömeg % zuzott anyagot tartalmazzon és elégítse ki az előírt szemeloszlást (3.2-35. ábra).

A KAB-20 jelű kavicsaszfaltbeton 5,0-8,0 cm beépített vastagságban készül. Töltőanyagként legalább 3 tömeg % mészkőlisztet kell adagolni, amely szükség esetén kiegészíthető a száraz porleválasztók anyagával. A kővázat homok, kavicsos homok, homokos kavics, zuzott kavics, Z vagy NZ jelű zuzottkövek, illetve murvák és zuzott kohósalak alkothatja, amely a C, B kőzetfizikai minőséget kielégíti. Az ásványi anyag összetétele olyan legyen, hogy a 0,09 mm fölötti rész legalább 40 tömeg % zuzott anyagot tartalmazzon, valamint elégítse ki a szemeloszlási előírásokat (3.2-35. ábra).



3.2-35. ábra.
Kavicsaszfaltbetonok kővázának szemeloszlási határgörbéi

A KAB- jelű aszfaltok kötőanyaga: B-90; SzB-90; B-65; SzB-50 típusú útibitumen.
Az egyéb minőségi és összetételi követelményeket a 3.2-9. táblázat tartalmazza.

3.2-9. táblázat.
Összetételi és minőségi követelmények kavicsaszfaltokkal szemben

Típus jele	KAB-12	KAB-20
Az aszfaltkeverék kötőanyagtartalma (tömeg %) (tájékoztató érték)	5,0-6,5	4,5-6,0
Marshall próbatestből Szabad hézagtartalom (tf %)	2-5	2-5
Stabilitás legalább (kp)	500	500
Folyásérték (mm)	1-4	1-4

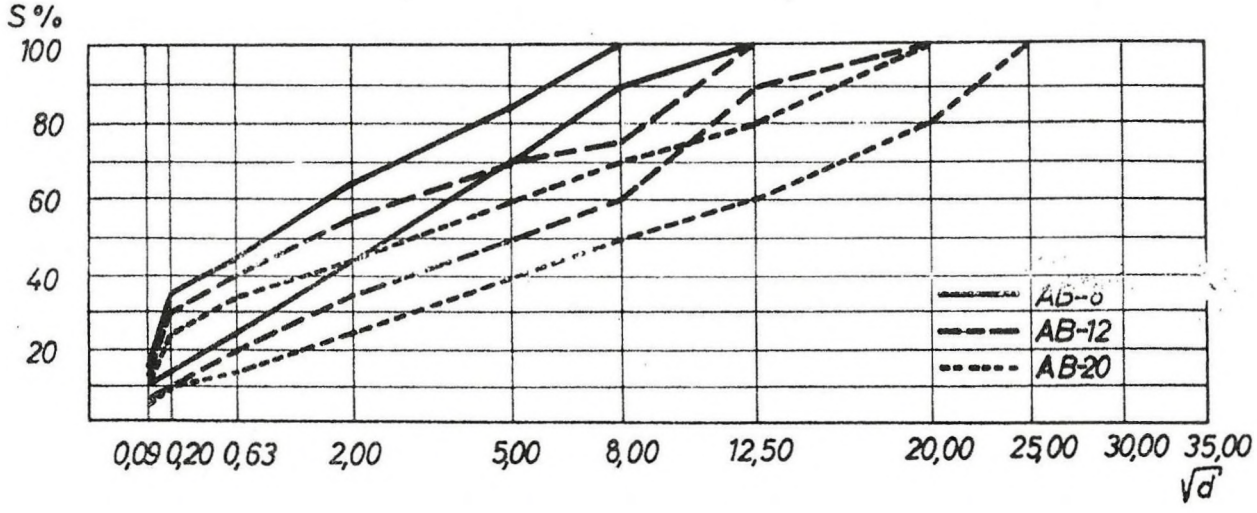
Az AB- jelű aszfaltbetonok a nagy terhelésű és nagy kiépítési sebességű utak pályaszerkezete, amely nagy forgalmú erdészeti utak minden igényét kielégítő, de drága kopórétege.

Választékai az AB-8; AB-12; AB-20.

Az AB-8 jelű aszfaltbeton 3,0-5,0 cm beépített vastagságban készül. Töltőanyaga legalább 8 tömeg % mészkőlisztet tartalmazzon, amelyen felül a száraz porleválasztók anyagai is visszaadagolhatók. A kőváz természetes homokból és KZ jelű zuzottkövekből állítható össze úgy, hogy a 0,9-2,0 mm közötti homoktartományban a természetes homok részaránya legfeljebb 50 % lehet.

Az AB-12 és AB-20 jelű aszfaltbetonok 3,0-5,0, illetve 4,0-8,0 cm beépítési vastagságban készülnek. Töltőanyaguk legalább 5 tömeg %-ban mészkőlisztet tartalmazzon, amely kiegészíthető a porleválasztóból visszanyert anyaggal. Kővázuk természetes homok, KZ és NZ zuzottkövek. Az ásványi összetétel olyan legyen, hogy a 0,09-2,0 mm közötti homoktartományban a természetes homok részaránya legalább 50 tömeg % legyen.

Mindhárom választék kővázának szemeloszlása elégítse ki az előírásokat (3.2-36. ábra).



3.2-36. ábra.
Aszfaltbetonok kővázának szemeloszlási határgörbéi

Az AB-jelű aszfaltbetonok kötőanyaga a B-90; SzB-90; B-65; SzB-50 jelű útibitumen. Az összetételi és minőségi követelményeket a 3.2-10. táblázat tartalmazza.

3.2-10. táblázat.

Aszfaltbetonok összetételi és minőségi követelményei

A típus jele	AB-8	AB-12	AB-20
Az aszfaltkeverék kötőanyagtartalma (tömeg %) (tájékoztató érték)	6,0-8,0	5,5-7,2	5,0-6,8
Marshall próbatestből Szabad hézagtartalom (tf%)	2-4	3-5	2-5
Stabilitás legalább (kp)	700	700	700
Folyásérték (mm)	1-4	1-4	1-4

3.2.2.3. *Hézagszegény hidegaszfaltok*

Kis forgalmú utak burkolati rétege, útkorszerűsítések és pályaszerkezetek kiegyenlítőrétege lehet a higított bitumen vagy bitumenemulzió kötőanyag és folytonos szemeloszlású ásványi anyag felhasználásával félmeleg vagy hideg keveréssel előállított hézagszegény hidegaszfaltok, amelyek beépítése hidegen, hosszabb ideig tartó tárolás után is elvégezhető.

A higított bitumen kötőanyagból, töltőanyagból, zuzott homokból és zuzalékból álló folytonos szemeloszlású anyagokat higított bitumennel kevert aszfaltbetonoknak nevezzük, amelyek utántömörödő jellegűek, a felhasznált higított bitumen miatt. Ez a tulajdonságuk a higítóanyag elpárolgásáig tart. Előnye, hogy igénytelenebb gépekkel készíthető, egyszerű eljárással. A 70-100 ^{o}C-ra felmelegített kötőanyagot a megfelelő szemeloszlású kővázhoz keverik. Az így – félmeleg eljárással – előállított anyagot hidegen be lehet építeni. Nagyobb tömegben deponálható, mert a higítóanyag csak a külső kéregből távozhat el. A higított bitumen kellő mennyiségű tapadásjavítót tartalmazzon, hogy deponálás közben az aszfaltra jutó víz ne tudja a kötőanyagot lemosni. A réteg beépítése hidegen 10-20 ^{o}C hőmérsékleten történik, ezért vékony, 1-2 cm vastag rétegben zárórétegként is alkalmazható.

A hazai előírások szerint kétféle változatban állítható elő: HAB-5 jelű záróréteg 0/5, ill. 0/8 mm közötti szemeloszlással, HAB-8 jelű záróréteg 0/8, ill. 9/12 mm közötti szemeloszlással. A szükséges bitumenmennyiség 7-8 % között van.

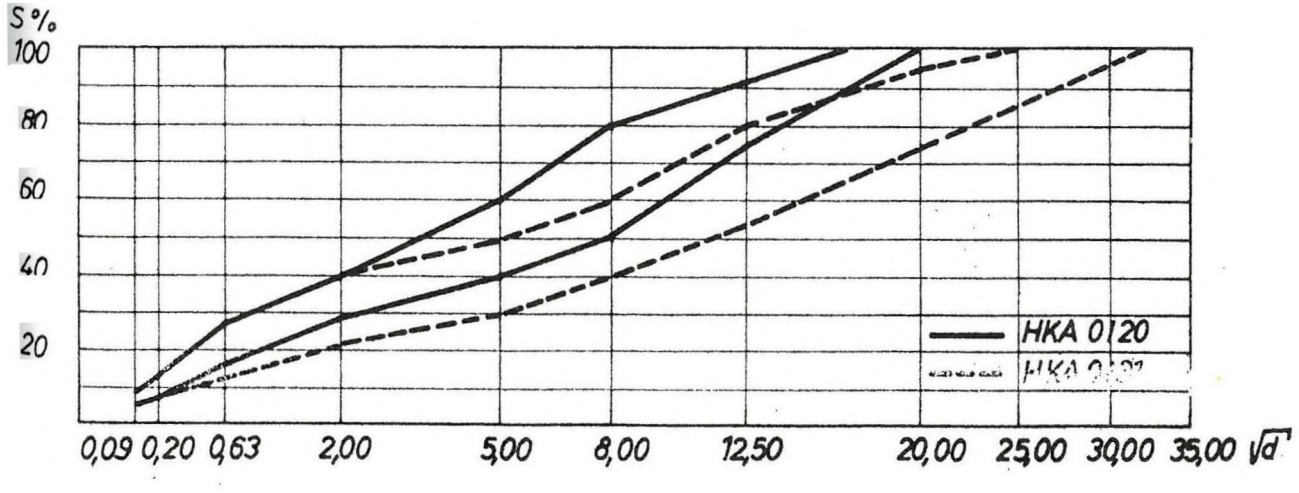
Hideg kavicsaszfalt bitumenemulzió kötőanyag felhasználásával állítható elő, amely mechanikai tulajdonságai és gazdaságossága miatt erdészeti utak pályaszerkezetében jól felhasználható. A gondosan megválasztott, bizonyos mennyiségű zuzott részt tartalmazó, ezért nagy belső surlódású homokos kavicshoz kevert szabályozott törésű bitumenemulzió a homokszemcsékkel habarcsot képez, amely az anyagnak kohéziót kölcsönöz.

Készíthető választékok:

HKA 0/31 útalapok,

HKA 0/20 közbenső rétegek céljaira készül.

Az ásványi anyagok szemeloszlási határgörbéit a 3.2-37. ábra tartalmazza.



3.2-37. ábra.
HKA szemeloszlási határgörbéi

A szemeloszlási előírásokon kivül az ásványi rész elégítse ki a következő előírásokat is:
- az adalékanyag belső surlódási szöge legalább 33° legyen,
- a 2 mm-nél kisebb szemcsék súlyszázaléka 40 % körül legyen,
- a zuzott anyag mennyisége a forgalomtól függ: és
  HKA 0/31 esetében 40-60 %,
  HKA 0/20 esetében 0-25 % legyen.
- a homok töltőanyagtartalma 3-8 % legyen.

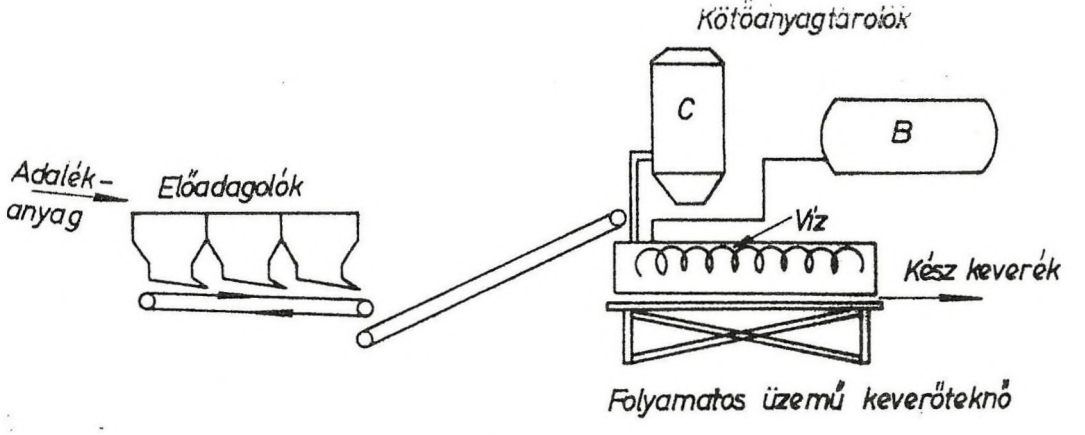
Kötőanyagként S típusú, az adalékanyaghoz beállított jellemzőkkel bíró bitumenemulziót kell használni. Az emulziót 3-4 súly %-ban kell adagolni visszamaradó bitumenre számítva.

A keverék összetételét úgy kell meghatározni, hogy a szárazon mért szilárdság 2500-3000 kN/m^2 legyen, a száraz és nedves minták szilárdságának aránya pedig érje el a 0,55-öt.

Keverék gyártására megfelel minden olyan hagyományos beton vagy aszfaltkeverő berendezés, amelybe az adalékanyagok, a bitumenemulzió és a víz adagolása megoldható, célszerű gazdaságossági okokból azonban nagy teljesítményű, folyamatos működésű keverőgéppel központi keverőtelepet létesíteni. A keverőtelepen (3.2-38. ábra) az adalékanyag-depóniákat egymástól elkülönítve helyezzük el. Innen rakodógéppel töltjük fel az előadagolókat, amely az adalékanyagok megfelelő arányát állítja be térfogatarányuk szerint. Az előadagolókból szállítószalagokon jut az adalékanyag a keverőteknőbe, ahova a szükséges víz és bitumen emulzió adagolószivattyun és csővezetéken keresztül jut úgy, hogy először a víz, majd rövid keverés, – az egyenletes átnedvesedés – után az emulzió kerül bepermetezésre. A keverés során a vízadagolást úgy kell beállítani, hogy a bitumenemulzió víztartalmával együtt az összes víztartalom ne haladja meg a 8-9 súly %-ot. Ez a víztartalom nagyobb az optimális tömörítési víztartalomnál, de az emulzió egyenletes eloszlása érdekében szükséges. Keveréskor az emulzió részben megtörik, de végleges törése csak a tömörítéskor következik be. A keveréket a beépítés helyére billenőplatós tehergépkocsival lehet szállítani, ahol az elterítés 5-15 cm vastagságban gréderrel vagy finiserrel történik.

A tömörítésre gumi- és vibróhengert használhatunk. Mivel a tömörítés hatására fellépő nyomás miatt 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.



3.2-38. ábra.
Keverőtelep folyamatos üzemű keverőteknővel

3.2.3. *A felületi zárás és az útfenntartás anyagai*

Felületek lezárására és az útfenntartás céljaira azok az anyagok felelnek meg elsősorban, amelyek vékony rétegben beépíthetők, kész keverék formájában tárolhatók és a forgalomnak beépítés után azonnal átadhatók.

A teljes felületek felújítására és bizonyos teherbírásnövelés céljára a szőnyegszerűen 2-3 cm vastagságban beépíthető anyagok a megfelelőek, mint amilyen a KM-60 kevert aszfaltmakadám, vagy a HAB-5; HAB-8 higított bitumennel készülő aszfaltbeton záróréteg. A burkolatok vízzárását, az érdesség helyreállítását vékonyabb – sokszor az adalékanyag 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, elöregedett aszfaltok állagmegóvása céljából alkalmazható réteg, amely vékony bitumenemulzió rétegre hengerelt homokerítésből áll.

A felhasznált kationaktív bitumenemulzió gyorsan törő (R) vagy közepesen törő (E) típusú időjárástól függően. A kipermetezendő emulzió mennyisége visszamaradó bitumenre számítva 0,3-0,5 kg/m^2, mely 60 %-os bitumenemulziót használva 0,5-0,9 l/m^2 emulziót jelent. A permetezendő felület legyen pormentes, a kissé nedves, nyirkos felület az emulzió jobb terülését elősegíti. A bitumenemulzió permetezése olyan bitumenszórókocsival történhet, amelyben a bitumenemulzió megtörését előidéző szennyeződés nincs, fuvókái pedig ennek szórásához megfelelően le vannak szűkítve (HB szórásához nagyobb átmérőjű fuvókák kellenek). A szoros illesztésű (még új) fogaskerékszivattyú megtörheti a bitumenemulziót, ekkor újraindításkor a szivattyut fel kell melegíteni.

A kötőanyag kipermetezésénél a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- ha kis fajlagos mennyiségű bitumenemulziót kell kipermetezni, akkor célszerű azt vízzel higítani úgy, hogy pH-ja 4-5 fölé ne emelkedjen, mert akkor megtörik,
- fagypont körül a bitumenemulziót a benne levő víz fagyveszélyessége miatt – 20-25 ^{o}C-ra melegítve szabad permetezni,
- a szórást követő 15-20 percen belül bekövetkező eső – intenzitásától függően – az emulziót lemoshatja a pályáról.

A homok egyenletes szemeloszlású iszap- és agyagmentes legyen, max. szemnagysága a 2 mm-t ne haladja meg. A terítés kézzel vagy géppel történhet. Célszerű, ha ilyenkor a homok enyhén nedves állapotban van. Terítés után a homokot gumihenger 1-2 járatával a kötőanyag rétegbe kell nyomni. A bitumenmulzió megtörése után a felület a forgalomnak átadható.

3.2.3.2. *Felületi bevonás*

Burkolatok vízzáróvá tétele, állagmegóvása, a síkos felületek érdesítése céljából egyszeres vagy kétszeres felületi bevonást kell alkalmazni.

A felületi bevonás egy vagy két zúzalékszem vastagságú réteg, amelyet az alaphoz útibitumen, higított bitumen vagy bitumenemulzió kötőanyag köt.

Az útibitumen kötőanyaggal készülő felületi bevonás kényes technológia, mert a zúzalékot a kipermetezett még forró útibitumenbe kell hengerelni. Bár nagyon tartós, erdészeti utaknál alkalmazása nem javasolható.

A higított bitumen kötőanyaggal készülő felületi bevonás a higítóanyag elpárolgásáig kézimunkaigényes, utókezelésre szorul. Az így kialakított réteg élettartama a higított bitumen készítéséhez felhasznált puhább bitumen miatt korlátozottabb.

A legelőnyösebben használható kötőanyag a bitumenemulzió. Az építési technológia nem kényes, bizonyos fegyelmet kíván, a kész felület a forgalomnak az emulzió megtörése után rövid időn belül átadható, utókezelést nem kíván. Erdészeti utak építésénél tehát alkalmazása ajánlható.

A zúzalékot A vagy B kőzetfizikai csoportba besorolható kőzetből kell készíteni. A zúzalék szemeloszlása szűk határok között mozgó KZ, NZ osztályozási minőségű legyen. Kívánalom, hogy a szemcsék alakja kubikus legyen. Lapos, tűszerű és hasonló kedvezőtlen alakú szemcsék az ásványi anyagban ne legyenek. Az adalékanyag felületének szennyezettsége hátráltatja a felület nedvesítését, ezért csak tiszta zúzalék használható az építéshez.

Hazai viszonylatban szóbajöhető zuzalékfajták:

egyrétegű felületi bevonáshoz	KZ k 5/8; KZ k 5/12
alsó rétegben	KZ k 5/12;
felső rétegben	KZ k 3/8.

A kötőanyag megfelelően híg, gyorsan törő (R típusú) kationaktív bitumenemulzió.

A fajlagos anyagszükséglet a kezelendő út állapotától és a bevonandó felület típusától függ. Porózus felületnél több, zárt felületnél kevesebb emulziót kell felhasználni (3.2-11. táblázat).

3.2-11. táblázat.

Felületi bevonás fajlagos anyagszükséglete

Zúzalék		Emulzió (a visszamaradó bitumen)
mennyisége (kg/m^2)		
frakció	mennyiség	
– Egyszeri felületi bevonás		
5/8	6- 8	0,8-1,0
5/12	8-10	1,0-1,2
– Készeri felületi bevonás		
alsó réteg 5/12	6- 8	0,9-1,0
felső réteg 3/8	6- 8	0,9-1,0

A felületi bevonás készítése előtt a bevonandó felületet le kell tisztítani. Ez történhet mosással is, mert a nedves útfelület itt nem akadályozza az építést. A permetezést a felületi zárásnál elmondottakhoz hasonlóan kell elvégezni 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 zúzalékterítő adapterrel ellátott gépkocsit kell felhasználni, amely az egyenletes terítést biztosítja. Az elterített zúzalékot gumi vagy simahenger járatásával kell az emulzióba beágyazni.

A többrétegű felületi bevonás készítése megegyezik az egyrétegű készítésével. A második réteg építése akkor kezdődhet meg, ha az alsó rétegben az emulzió törése befejeződött. A hosszabb várakozás a felület elszennyeződése miatt azonban kerülendő.

3.2.3.3. *Tárolható hideg fenntartási keverék*

A fenntartási munkák elvégzéséhez célszerűen alkalmazható a bitumenemulzióval készített tárolható, hideg fenntartási keverék. Ez közepes törési sebességű (E típusú) bitumenemulzió, 5/8, 5/12 vagy 5/20 jelű zúzalék keverékéből állítható elő a hideg kavicsaszfalt keverékhez hasonlóan, de vízadagolás nélkül. A felhasznált zúzalék 1,0-1,5 %-nál több vizet ne tartalmazzon. Az emulzió adagolását visszamaradó bitumenre számítva az alábbi mennyiségek szerint kell végrehajtani:

5/12 zúzalék	4,8-5,2 súly %,
5/10 zúzalék	3,7-4,2 súly %
5/ 8 zúzalék	5,0-5,4 súly %.

A kapott anyagot több héten keresztül lehet tárolni anélkül, hogy összetapadna, legfeljebb néhány cm vastag kéreg alakul ki a depónia felületén.

3.3. *Pályaszerkezetek méretezése és tervezése*

A pályaszerkezetek tönkremenetelének idejét a pályaszerkezet teherbírása és 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 normálisnak tekinthető útfenntartási munkák elvégzése 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.

3.3.1. *Pályaszerkezetek méretezése teherbírásra*

A hajlékony pályaszerkezeteket olyan méretezési eljárások alapján kell tervezni, amelyek a fő hatótényezőket figyelembe veszik. Ezek:

- a nehéz járművek forgalma a tervezett élettartam alatt,
- a földmű talajának teherbíróképessége,
- a pályaszerkezeti rétegek anyagának szilárdsága és teherbíróképessége.

A méretezési eljárásokat két csoportba oszthatjuk:

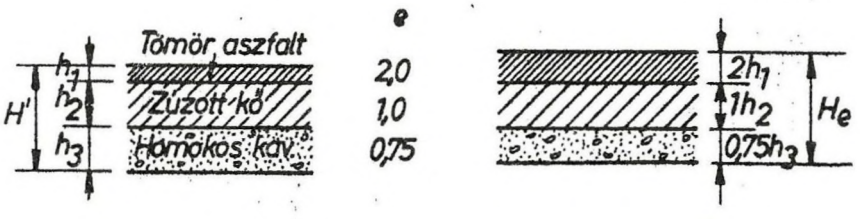
- a mechanikai alapokon álló módszerek a pályaszerkezeti rétegek feszültségeit és fáradási szilárdságait hasonlítják össze a rétegek rugalmassági modulusai alapján. Ezek az eljárások nagy fejlődés előtt állnak, de ma még az anyagállandók meghatározásának nehézségei miatt nem használhatók,
- a semiempirikus módszerek nagy útkísérletek tapasztalatait általánosítják. Korlátozottságaik ellenére a fő tényezőket figyelembe veszik, és jól használható gyakorlatias méretezést tesznek lehetővé.

A magyar útpályaszerkezet-tervezési eljárás az AASHO (Állami Utépítő Hivatalok Szövetsége USA) által szervezett útkísérlet eredményeire támaszkodik.

A kísérleti pályát (mintegy 20 km hosszban, zárt hurok alakban) Ottava közelében építették, hazánkéval közel megegyező klimájú területen. A CBR = 2,5 % teherbírású földműre homokos kavics – zúzottkő – aszfalt rétegekből 470 féle variációban több sáv szélességű pályát alakítottak ki. Azért, hogy ezeket a különböző rétegvastagsággal megépült pályaszerkezet variációkat teherbírás szempontjából egymással össze lehessen hasonlítani, minden pályaszerkezetet elméletileg egy olyan egyrétegű pályaszerkezetté alakítottak, 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 a 3.3-1. ábrának megfelelően. A képletben szereplő együtthatók – az egyenértéktényezők – azt fejezik ki, hogy valamely réteg teherbírása hogyan viszonyul egy szabványos zúzottkőpálya teherbírásához.



3.3-1. ábra.
Egyenértékvastagság fogalma

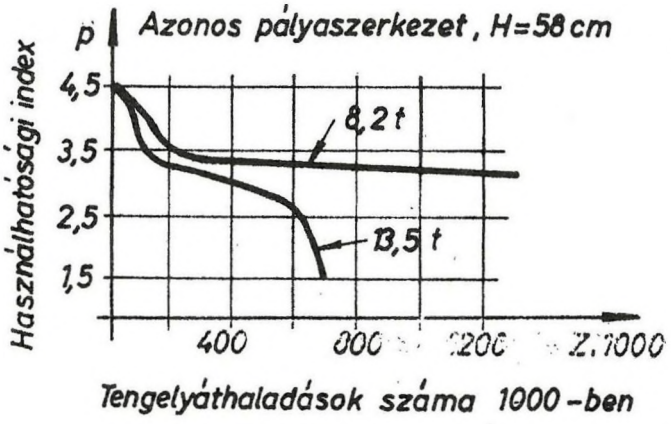
Az AASHO kísérletben ez azt jelentette, hogy 1 cm geometriai vastagságú tömör aszfaltréteg teherbírása (egyenértékvastagsági szorzója $e_1 = 2{,}0$) megfelel 2 cm geometriai vastagságú zúzottkő rétegnek ugyanígy az $e_3 = 0{,}75$ egyenértékvastagsági szorzó a homokos-kavics réteg esetében azt jelenti, hogy 10 cm vastag homokos-kavics réteg teherbírása 7,5 cm vastag zúzottkő teherbírásával egyezik meg.

A forgalmat műforgalommal biztosították, amelyben az egyes -(solo) tengelyek 6 változatban (9-136 kN tengelyterhelés között) a kettős -(tandem) tengelyek (tengelytáv < 2,00 m) 4 változatban (109-218 kN tengelyterhelés között) szerepeltek. Az egyes járművek csak a számukra kijelölt nyomon közlekedhettek, ezzel jól megfigyelhetővé vált a különböző tömegű tengelyek hatása az azonos pályaszerkezeteken.

A pályaszerkezetek állapotát minden második héten értékelték, amelynek eredményeiből egy használhatósági indexet képeztek. A használhatósági index (p) 4-5 közötti értéke kiváló ál-

lapotú 1-2 közötti értékre tönkrement, igen rossz állapotú pályaszerkezetet jellemzett.

A kísérlet jól kimutatta a pályaszerkezetek elhasználódásának folyamatát (3.2-2. ábra). Egy H_e = 58 cm egyenértékvastagságú pályaszerkezeten 135 kN tengelysúly hatása a következő: 150-200 ezer tengelyáthaladás 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.



3.3-2. ábra.
Pályaszerkezet elhasználódása az AASHO útkísérletnél

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.

A kísérleti eredményeket regressziós analízissel értékelték ki. A kapott regressziós egyenes az esetek 50 %-ban alulméretezéshez vezetett volna, ezért a regressziós vonalat a szórásmező felső része felé úgy tolták el, hogy az esetek 97 %-ban felülről burkolja a szórásmezőt. Igy a forgalom és a teherbírás viszonya:

$$H_{ez} = -52{,}00 + 14{,}00 \lg Z + 3{,}75\ T$$

ahol: H_{ez} – a pályaszerkezet szükséges egyenértékvastagsága,

T – a tengelytömeg,

Z – a T tömegű tengelyek áthaladási száma.

A valóságban a forgalomban különböző tömegű tengelyeken gördülő járművek vesznek részt, ami a méretezést ezzel a képlettel nehézkessé teszi. Ezért célszerűen a különböző tömegű tengelyeket egy választott tömegű (10 t) tengely áthaladási számában kell kifejezni. A tengelyáthaladási szám jellemzésére ezért bevezették a 10 t egységtengely áthaladás (10 t e.t.á.) fogalmát, amely db számban kifejezi, hogy a forgalomban résztvevő járművek összes tengelyáthaladási számai hány db 10 t e.t.á.-nak felelnek meg. A különböző tömegű tengelyeket tengelyátszámítási értékkel (b) lehet 10 t tömegű tengelyre átszámítani, amely azt fejezi ki, hogy hány db T tömegű tengely áthaladása felel meg 1 db 10 t tömegű tengely áthaladásának. A tengelyátszámítási érté-

ket ki lehet számítani, ha a H_e egyenértékvastagságot a 10 t tömegű és a T tömegű tengelyek áthaladási számaival is kifejezzük:

$$H_e = -52{,}00 + 14{,}00 \lg Z_{10} + 3{,}75 \cdot 10 = -52{,}00 + 14{,}00 \lg Z_T + 3{,}75\ T$$

Innen:

$$14{,}00\ (\lg Z_{10} - \lg Z_T) = 3{,}75\ (T\text{-}10)$$

$$14{,}00 \lg \frac{Z_{10}}{Z_T} = 3{,}75\ (T\text{-}10)$$

a

$$\frac{Z_{10}}{Z_T} = b$$

helyettesítést elvégezve

$$\lg b = 0{,}268\ (T\text{-}10)$$

vagy más alakban:

$$b = 10^{0{,}268\ (T\text{-}10)}$$

Ez az egyenlet egy negyedfokú, de még jobban egy hatodfokú parabolával közelíthető:

$$b \approx \left(\frac{T}{10}\right)^4 \approx \left(\frac{T}{10}\right)^6$$

A tengelyátszámítási érték tehát közelítően a tengelytömeg negyedik-hatodik hatványa szerint változik, ami azt jelenti, hogyha két tengely tömege közül az egyik kétszerese a másiknak, akkor az azonos fáradást okozó tengelyáthaladási számok között legalább $2^4 = 16$-szoros különbség van.

Pontosan hasonló regressziós egyenletet lehetett a kettős (tandem) tengelyekre is kapni. A forgalomban résztvevő kettős tengelyek hatását is az ezekre a tengelyekre kiszámított b tengelyátszámítási értékkel fejezzük ki. A pályaszerkezet elhasználódása szempontjából az ilyen tengelyelrendezés lényegesen kedvezőbb, mert b = 1,0 tengelyátszámítási értéke a 17,5 t tömegű kettős tengelynek van, ami azt jelenti, hogy azonos elhasználódást okoz egy 20 t tömegű egyes tengelyeken gördülő és egy 35 t tömegű kettős tengelyeken gördülő nyergesvontatós tehergépkocsi (3.3-3. ábra).

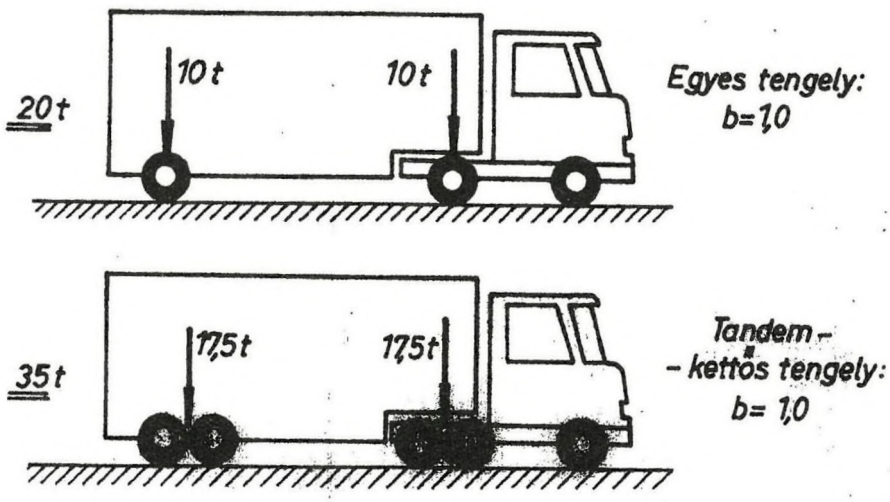
A pályaszerkezet szükséges egyenértékvastagságát – az AASHO útkísérlet talajviszonyai mellett – ezután a 10 t e.t. egységtengely áthaladást figyelembe véve úgy kapjuk, ha az eredeti képletbe a 10 t-ás tengelyekre vonatkozó értékeket helyettesítjük.

$$H_e = -52{,}00 + 14{,}00 \lg Z_{10} + 3{,}75 \cdot 10$$

az összevonásokat elvégezve és

$$Z_{10} = F_{10}$$

helyettesítést elvégezve a következő összefüggésre jutunk



Egyforma pályaelhasználódást okozó tehergépkocsik.

3.3-3. ábra.
Azonos elhasználódást okozó tehergépkocsik

$$H_e = -14{,}50 + 14{,}00 \lg F_{10}$$

ahol: F_{10} – az élettartam alatti forgalom nagysága 10 t e.t. áthaladásban (db) kifejezve.

Az AASHO kísérletektől független régebbi – az Asphalt Instituttól származó – tapasztalati összefüggés szerint a különböző teherbírású talajokon szükséges pályaszerkezetek vastagságai fordítva arányosak a talaj teherbírását jellemző CBR %-ok, 0,4-ik hatványával

$$\frac{H}{H_1} = \frac{CBR_1^{0,4}}{CBR^{0,4}}$$

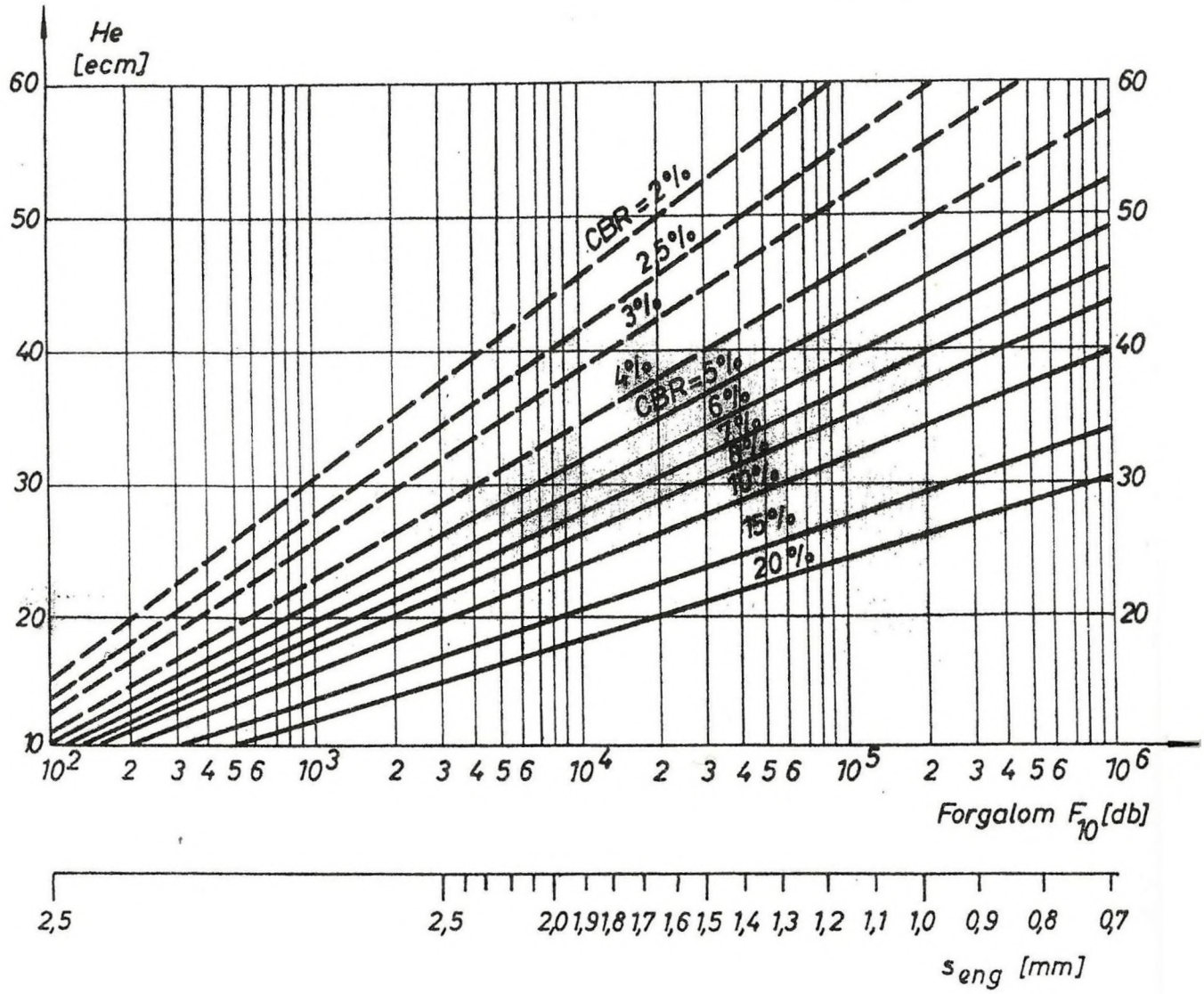
innen kifejezve

$$H = H_1 \left(\frac{CBR_1}{CBR}\right)^{0,4}$$

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 értékét helyettesítve megkapjuk a hajlékony útpályaszerkezetek méretezésére szolgáló teljes összefüggést:

$$H_{esz} = (-14{,}5 + 14{,}00 \lg F_{10}) \left(\frac{2{,}5}{CBR\ \%}\right)^{0,4}$$

Az összefüggésben szereplő F_{10} tervezési forgalomnagyság és CBR % talajteherbírás ismeretében a H_e egyenérték vastagság számítható, vagy diagramról leolvasható (3.2-4. ábra).



3.3-4. ábra.
Pályaszerkezet méretezési diagramja

3.3.1.1. *A tervezési forgalom*

Az erdészeti utak forgalma különböző forgalomkelő hatásokra vezethető vissza. A legnagyobb forgalmat az erdőhasználat kelti, részben a kitermelt faanyag mozgatásával, részben a fakitermelő gépek mozgatásával, azok üzemanyag és alkatrész-ellátásával, valamint az autóbuszokkal történő munkásszállítással. Egyes területeken nagy forgalmat ébreszthet a turizmus is akkor, ha a turisták a számukra érdekes úticélt autóbusszal közelítik meg. (A személygépkocsikat kis tengelysúlyuk miatt a forgalomba az ismert okok miatt nem kell számításba venni pályaszerkezet méretezésekor.)

A pályaszerkezet teherbírását az élettartam alatt áthaladó 10 t egységtengelyre átszámított összes teherismétlődések számával jellemzik, ezért először a „t" tervezési időszak hosszát, vagyis a pályaszerkezet tervezett élettartamát (években) kell rögzíteni.

A „t" tervezési időszakot a területen jelentkező fahasználat időbeni elhúzódása, illetve gyakorisága alapján kell meghatározni, mérlegelve azt, hogy gazdaságossági és egyéb szempontból előnyösebb-e jelenleg hosszabb időszakot figyelembe venni, vagy célszerűbb rövidebb időszakra tervezni, számításba véve a pályaszerkezet későbbi megerősítésének lehetőségét. Az erdészeti utak „t" tervezési időszakát az előbbiek szerint 10-15 év között célszerű megállapítani.

A tervezési időszak forgalmát a gazdálkodási tervek (üzemtervek stb.) alapján lehet kiszámítani.

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 időszk 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 10 t egységtengelyáthaladásban:

$$f_{10\,j} = \sum_{1}^{n} b_{i\ddot{u}} + \sum_{1}^{n} b_{iR}$$

ahol: f_{10j} – a j-ik szállítójármű egy fordulója 10 t e.t. áthaladásban,

n – a j-ik szállítójármű tengelyeinek száma,

$b_{i\ddot{u}}$ – az üres szállítójármű i-ik tengelyének tömegéhez tartozó átszámítási érték,

b_{iR} – a rakott szállítójármű i-ik tengelyének tömegéhez tartozó átszámítási érték.

A b_i értéket a tengelytömegek függvényében a 3.3.-1. táblázat tartalmazza külön egyes- és kettőstengelyekre vonatkoztatva.

(Kettőstengelynek 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 forgalom az

$$F_{10} = \sum_{1}^{m} N_j \cdot f_{10j}$$

összefüggéssel számítható, amelyben

F_{10} – a tervezési időszak forgalma 10 t e.t. áthaladásban,

m – a szállítójárművek típusának száma.

3.3-1. táblázat.

Egységtengely-átszámítási értékek

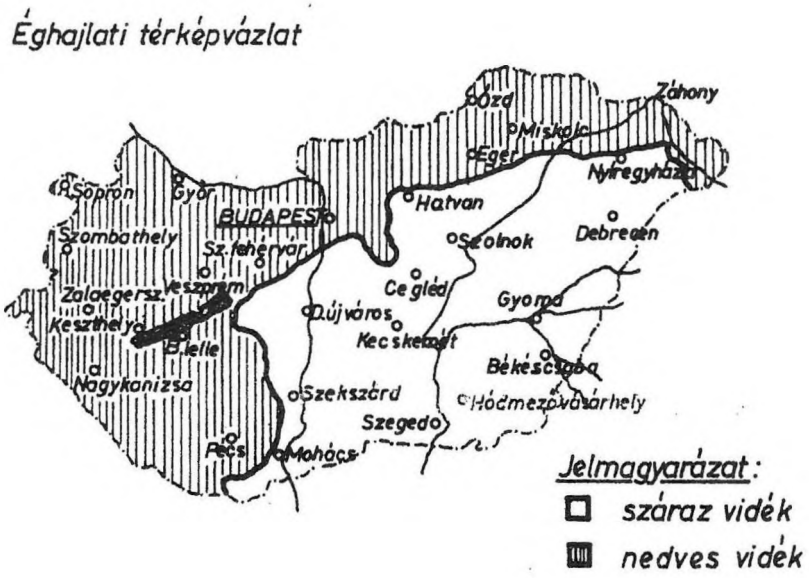
Egyes tengely		Kettős tengely (két tengely együtt)	
t	b	t	b
5	0,05	10	0,07
6	0,08	12	0,14
7	0,16	14	0,29
8	0,30	16	0,57
9	0,53	18	1,20
10	1,00	20	2,40
11	1,80	22	4,70
12	3,20	24	9,20
13	6,20	26	19,50
14	10,70		

3.3.1.2. *A földmű tervezési teherbírása*

A pályaszerkezet teherbírásakor azt feltételezzük, hogy a földmű felső 0,5 m vastag rétegének tömörségi foka $T_{r\rho} = 90$ %, ez alatt pedig $T_{r\rho} = 85$ %, a tömörítés az optimális víztartalom környékén történik és a földmű építés közben nem ázhat el. Amennyiben ezeket a feltételeket nem lehet betartani, a reálisan lecsökkentett teherbírásra kell a méretezést elvégezni, ez azonban gazdaságtalanabb, mint a földmű gondos megépítése.

A földművek tervezési teherbírásának jellemzésére használt CBR % értékét laboratóriumi vizsgálatokkal lehet meghatározni, azonban az erdészeti utak forgalmának nagysága megengedi, hogy ezeket az értékeket a 3.3-2. táblázat alapján válasszuk ki. A táblázatban feltüntetett szemeloszlási és plasztikus tulajdonságok alapján a földmű talaja I-VI osztályba sorolható, amelynek alapján nem kedvező (NK) és kedvező (K) esetekre a mértékadó teherbírást jellemző CBR értéket kiválaszthatjuk. Kedvezőnek (K) ítélhetjük az állapotot ha az útszakasz a 3.3-5. ábra alapján az ország száraz vidékén fekszik és a tervezett pályaszerkezet vízzáró. Ellenkező esetben a nem kedvező (NK) esetre vonatkozó értéket kell figyelembe venni. 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.).

Amennyiben a talaj teherbírását jellemző CBR %-ot laboratóriumban határozzuk meg, akkor a talajminta tömörségi foka $T_{r\rho} = 90$ % legyen, víztartalma pedig a kissé elázott talajban történő építés körülményeinek megfelelően $w = w_{opt} + \Delta w$ értékű legyen. A Δw értéket a 3.3-2. táblázatból kell kiválasztani.



3.3-5. ábra.
Éghajlati térképvázlat

3.3.1.3. *A szükséges egyenértékvastagság és a tervezett pályaszerkezet egyenértékvastagsága*

A pályaszerkezet szükséges egyenértékvastagságát (H_{esz}) az élettartam alatti forgalom (F_{10}) és a földmű teherbírása ismeretében a már közölt képlet, illetve az annak alapján szerkesztett diagram (3.3-4. ábra) segítségével lehet meghatározni.

A diagramban a lg léptékű abszcisszán az F_{10} tervezési forgalom, az aritmetikus léptékű ordinátán a H_{esz} szükséges egyenértékvastagság található. A földmű tervezési teherbírását a diagramba rajzolt egyenesek paraméterei jelölik. A CBR = 5-20 % közötti teherbírásokat jelentő folytonos vonalak alapján kell a pályaszerkezet egyenértékvastagságát meghatározni, míg a CBR = = 2-3-4 %-kal jelzett szaggatott vonalak a védőréteg tervezésére szolgálnak.

A tervezett pályaszerkezet egyenértékvastagsága (H_e) a szükséges egyenértékvastagságnál vékonyabb nem lehet a túlméretezés pedig gazdaságossági okokból az 5 %-ot nem haladhatja meg.

$$H_{esz} \leq H_e \leq 1{,}05\, H_{esz}$$

A tervezett pályaszerkezet egyenértékvastagságát a rétegek geometriai vastagságai és a rétegek teherbírására jellemző egyenértéktényezők segítségével lehet kiszámítani.

$$H_e = \sum_{1}^{n} h_i \cdot e_i$$

ahol: H_e – a tervezett pályaszerkezet egyenértékvastagsága (ecm),

h_i – az i-ik réteg valódi (geometriai) vastagsága (cm),

3.3-2. táblázat.

A hazai talajfajták osztályozása, becsült mértékadó CBR-értékei és a kész földmű-tervezés teherbírási jellemzői

A talajcsoport							A mérték-adó CBR érték				E_2 modulus kp/cm^2 min.értéke		Tárcsás behajlás max. s_r mm	
jele	megnevezése	szemeloszlás				Pla. in-dex I_p	Δw		az MSZ 2509 szerint					
		2 mm	0,1 mm	0,02 mm	U									
		alatt tömeg %				%	K	NK	NK	K	NK	K	NK	K
I.	Meghanikailag stabil szemcsés talajok	max.60 min.20	max.25	max.15					11-13[x]		550-600[x]		1,3	
II.	Homok		max.25	max. 5	min. 2,5									
III.	Az I. és II. csoportba nem tartozó szemcsés talajok		max.35	max.15			1	2	6	8	350	450	2,1	1,7
IV.	Homoklisztek iszapos homoklisztek					max.10	2	3	5	6	300	350	2,4	2,1
V.	Homoklisztes iszapok, agyagos iszapok					10-20	3	5	5	7	300	400	2,4	1,9
VI.	Iszapos agyagok, agyagok					min.20	7	7	5	5	300	300	2,4	2,4

x Kedvezőbb szemeloszlás több durva szem., nagyobb „U"-esetében vehetők a nagyobb értékek.

w A laboratóriumi CBR-vizsgálat során a minta víztartalma: $w_{opt} + \Delta w$ (lásd. 3.31-2. alatt).

K,NK A „K" oszlop kedvezőbb értékeit akkor kell venni, ha az útszakasz a 3.3-5. ábra talajtérképének „száraz" vidékén fekszik és a tervezett pályaszerkezet vízzáró. Ellenkező esetben az „NK" oszlop nem kedvező értékei mértékadók. Vízzáró a pályaszerkezet akkor is, ha legfeljebb egy nem vízzáró réteget tartalmaz. Nem vízzáró rétegek: itatott aszfaltmakadám, hézagos zúzottkő, a 10 cm-nél vastagabb mechanikailag nem stabil szemcsés rétegek (homokos kavics, kavicsos homok, homok).

e_i – az i-k réteg anyagára jellemző egyenértéktényező,

n – a pályaszerkezet rétegeinek száma.

A pályaszerkezeti réteg anyagára jellemző egyenértéktényezőt a 3.3-3. táblázatból lehet kikeresni.

3.3-3. táblázat.

Uj pályaszerkezeti rétegek tervezési egyenérték-tényezői

A réteg megnevezése	Egyenérték tényező e_i	Érvényes vastagsági határok (cm)
Öntött aszfalt (Ö-2)		3- 4
Aszfaltbeton (AB-5, AB-8, AB-12, AB-20)	2,2	3- 4
Kötőréteg (K-20)		5-18
Meleg bitumenes alap (jav. U-35)	2,0	5-18
Meleg bitumenes alap (U-12, U-35)		5-18
Kevert aszfaltmakadám (KM-60, KM-120)	1,8	3-15
Sóványbeton alap (B.100)	1,5	10-25
Cementtel stabilizált homokos kavics	1,2	10-25
Idomburkolat hézagkiöntéssel		5-20
Kötőzuzalékos aszfaltmakadám (Köt.-5. Köt.-7.)		5- 8
Itatott aszfaltmakadám (It-5, It-7, It-7F)	1,0	5- 7
Folytonos szemeloszlású zúzottkő alap[x]		10-25
Idomkőburkolat hézagkiöntés nélkül		5-20
Cementtel stabilizált talaj gépben keverve		10-25
Vízzel kötött makadámburkolat		8-16
Zúzottkő alapok		12-25
Cementtel stabilizált talaj helyszínen keverve	0,7	12-25
		12-25
Bitumennel stabilizált homok		10-25
Mechanikai stabilizáció 0/50		10-25
Mechanikai stabilizáció 0/20	0,5	10-25
Kavicsos homok, homokos kavicságyazat	0,5	10-20
homokágyazat	0,3	10-20
mésszel kevert talajágyazat	0,3	10-20

[x]A folytonos szemeloszlású zúzottkő alap alkalmazása esetén a tervműveletnek a technológiai előírásokat tartalmaznia kell.

Az egyenértéktényező szilárdságtani értelmezése a következőképpen adható meg (3.3-6. ábra). Két hajlítás szempontjából egyenértékű réteg E . I merevségének egyenlőnek kell lenni. Ezért legyen a két réteg „a" szélességű, az E_i rugalmassági modulusú réteg vastagsága h, az E_o rugalmassági modulussal jellemző hajlítás szempontjából egyenértékű réteg vastagsága $h_e = e_i \cdot h$.

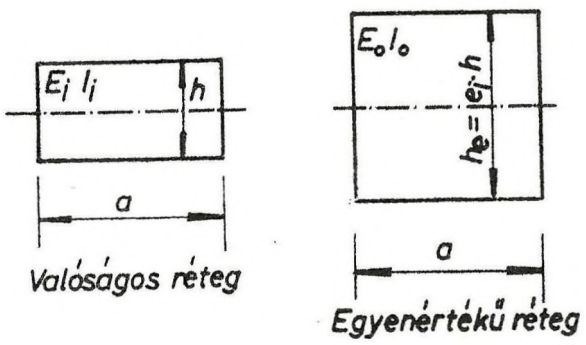
Felírható, hogy

$$E_i \cdot I_i = E_o \cdot I_o$$

$$E_i = \frac{ah^3}{12} = E_o \frac{a \cdot (e_i \cdot h)^3}{12}$$

innen az egyenértéktényező

$$e_i = \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_o}} = \sqrt[3]{\frac{E_i}{500000}}$$



3.3-6. ábra.
Az egyenértéktényező szilárdságtani értelmezése

ahol: e_i – vizsgált réteg egyenértéktényezője,

E_i – a vizsgált réteg rugalmassági modulusa (kN/m^2),

E_o – az összehasonlító réteg rugalmassági modulusa.
(Esetünkben pl. a zúzottkő rétegre vonatkozó 500000 kN/m^2.)

3.3.1.4. *A pályaszerkezet felépítésének elvei*

A pályaszerkezet rétegeinek kiválasztását és azok egymásraépítését teljes pályaszerkezetté csak kellő műszaki és gazdasági 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 e_i egyenértéktényezők 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,
- higított bitumenes alapréteget és burkolatot akkor tervezünk, ha a tömör aszfaltot felszerelés hiányában nem tudjuk előállítani és beépíteni. Higított bitumenes alapok fölé meleg eljárással készült tömör aszfaltburkolatot nem szabad tervezni, mert a higítóanyagot bezárjuk, megakadályozva az alapréteg stabilitásának kialakulását,
- zúzottkő alapok helyett előnyösebb stabilizációs alapréteget alkalmazni,
- hézagos zúzottkő alapot kötött talajú földműre csak 10 cm vastag homokos kavicsréteg közbeiktatásával szabad elhelyezni,
- sóványbeton alapra épített aszfaltréteg vastagsága min. 10 cm az átrepedések meggátolására.

3.3.2. *A védőréteg méretezése*

A védőréteget a pályaszerkezet és a földmű határán építjük be legalsó alaprétegként (a pályaszerkezet részeként) vagy fagyvédő rétegnek javított talajrétegként (a földmű felső szintjeként). A legalsó alaprétegként beépített réteg anyaga szigorú előírásokat kielégítő jól graduált, tiszta iszapmentes homokréteg, amelynek teherbírása 0,5 egyenértéktényezővel a pályaszerkezet teherbírásába beszámít. A méretezéskor ebben az esetben a földmű lecsökkent teherbírásából (CBR = 2-3-4 %) kell kiindulni. A legalsó alapréteg céljaira az anyag akkor felel meg, ha:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 7 \text{ (esetleg 5) és az}$$

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 $d \leqq 0{,}02$ mm 10 % alatt,
homokliszt-, iszap- és agyagtartalom $d \leqq 0{,}1$ mm 25 % alatt található.

Az ilyen anyagból készült védőréteg a pályaszerkezet teherbírásába nem, de hőszigetelőképességével a fagyvédővastagságba beszámít. Ennek a rétegnek vízelvezető szerepe nincs, de a lecsökkent teherbírású vagy olvadási és fagykárra 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.

3.3.2.1. *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 jóminőségű homokos kavics (e_i = 0,5) vagy stabilizációs (e_i = 1,0-1,2) védőréteget (legasló 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 diagram segítségével határozhatjuk meg. A tervezési forgalom függőlegesében az alacsony teherbírást (CBR = 2-4 %) és a védőréteg felületén megkívánt magasabb teherbírást (CBR = 5-6 %) jelző vonalak között a Δh_e erősítő réteg egyenértékvastagságát leolvassuk (3.3-7. ábra).

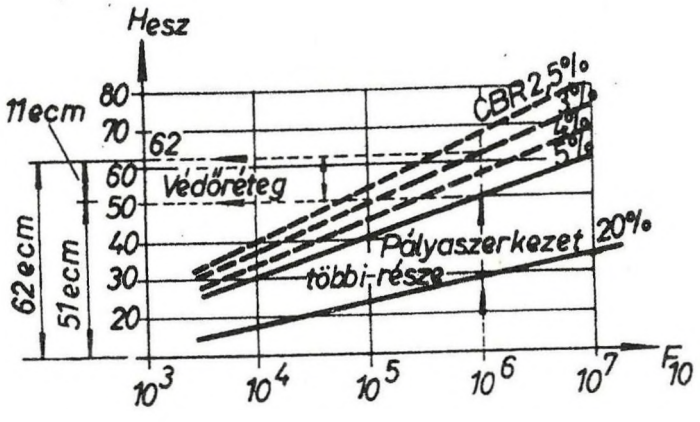
Ebből a védőréteg valódi vastagsága számítható

$$h_v = \frac{\Delta h_e}{e_v}$$

ahol: h_v – a védőréteg vastagsága (cm),

Δh_e – a védőréteg egyenértékvastagsága (ecm),

e_v – a védőréteg egyenérték tényezője.



3.3-7. ábra.
A védőréteg vastagságának számítási elve

A pályaszerkezet többi rétegét ezután a megnövelt teherbírásnak (CBR = 5 %) megfelelően méretezzük.

3.3.2.2. *A földmű felső rétegét képező fagyvédőréteg méretezése*

Ennek a védőrétegnek a szerepe a fagy és olvadási károkra érzékeny földművek megóvása a télvégi káros hatásoktól. A méretezés során a pályaszerkezet H' fagyálló összvastagságát kiegészítjük egy h_{vf} védőrétegvastagsággal úgy, hogy a szükséges F fagyálló összvastagságot hozzuk létre.

Az F fagyálló összvastagságot a 3.3-4. táblázatból választjuk ki. A táblázatban levő szempontok értelmezése a következő: Az I. fagyhatározónába tartoznak 2 50 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^{o}-ban végződik és rétegenként lépcsősen szélesedik. Jó a víztelenítés ha a vízzáró alapréteg a padka alá ér a burkolatszéltől 1,00 m távolságig.

A 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,

3.3-4. táblázat.

A szükséges fagyálló összvastagság nagysága (F)

Fagyhatár zóna	A pályaszerkezet víztelenítése	Az F cm értéke			
		nehéz és nagyon nehéz forgalom: D, E		közepes és könnyű forgalom: A, B, C	
		magas	mély	magas	mély
		talajvíz			
I	rossz	80	70	60	50
	közepes	80	60	60	40
	jó	80	50	60	-
II	rossz	70	60	50	40
	közepes	70	50	50	-
	jó	70	-	50	-

$$H' = \sum_{1}^{n} h_i \cdot f_i$$

melyben: H' – a pályaszerkezet fagyálló összvastagsága,

h_i – az i-ik réteg valódi vastagsága,

f_i – a réteg hőszigetelő- és lemezhatására jellemző érték (3.3-5. táblázatból),

n – a pályaszerkezet rétegeinek száma.

3.3-5. táblázat.

A pályaszerkezeti rétegek lemez- és hőszigetelő hatását jellemző becsült átszámítási érték (f)

A réteg megnevezése	f
Zúzott alapok Mechanikai stabilizáció	1,0
Cementtal stabilizált talaj Bitumennel stabilizált homok	1,2
Cementtel stabilizált HK Aszfaltmakadám alap vagy burkolat Soványbeton alap	1,3

3.3.5- táblázat. folytatása

A réteg megnevezése	f
Betonburkolat Aszfaltbeton, öntött aszfalt Meleg bitumenes alap	1,5

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:

$$h_v = \frac{h_{vf}}{f_v}$$

3.3.3. *A pályaszerkezet megerősítésének tervezése*

Azért, hogy az élettartam végén lévő pályaszerkezet további forgalom elviselésére képessé váljon, illetve egy adott pályaszerkezet egy megnövekedett forgalmi igényt ki tudjon 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,
- a lecsökkent teherbírású pályaszerkezet anyagára jellemző egyenértéktényező alapján számított egyenértékvastagságból kiindulva.

3.3.3.1. *A pályaszerkezet teherbírása és annak változása*

A pályaszerkezet teherbírásán azt az igénybevételt értjük, amelynek túllépése után az anyagot rendeltetésszerűen már 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. Mindezek az átalakulások a rugalmas alakváltozás nagyságának változásával jellemezhetők. A rugalmas alakváltozás nagyságát behajlásméréssel határozhatjuk meg. A behajlás értéke tehát magában foglalja a teherismétlődések számát, ezért ennek alapján az élettartam alatt áthaladó forgalom 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 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 van, amelyre azonban a pályaszerkezet H_e egyenértékvastagsága nincs hatással. Ez azt jelenti, hogy létezik egy olyan kezdeti behajlás, amelynek nagysága meghatározza azt a 10 t e.t. áthaladásban kifejezett forgalmat, amit az élettartam alatt a pályaszerkezetnek el kell 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} behajláshoz tartozó forgalom lefutása után fog a pályaszerkezet tönkremenni. A megengedett behajlás és a 10 e.t. áthaladásban kifejezett forgalom közötti összefüggés:

$$\lg F_{10} = 5{,}27 - 4{,}55 \lg s_{eng}$$

vagy más formában:

$$F_{10} = \frac{10^{5{,}27}}{s_{eng}^{4{,}55}}$$

A pályaszerkezet pillanatnyi teherbírását rendkivül sok tényező befolyásolja. Függ 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 utakon az elmaradt karbantartások kevésbé érzékeltetik negatív hatásukat.

A behajlások értéke a pálya közepén 20-30 %-kal kisebb, mint a pálya szélétől körülbelül 50 cm-re. (6 m-es burkolatot figyelembe véve.) Ez magyarázza meg az egyjáratú erdészeti utaknál tapasztalható korai burkolatszél tönkremenetelt, amelyet csak gondos útfenntartással tudunk csökkenteni, megszüntetni azonban nem.

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.

Vastag aszfaltrétegek teherbírása függ a hőmérséklettől is. Mintegy 10 ^{o}C hőmérsékletváltozás 0,10 mm behajlásmódosulást eredményez.

A fahasználatok tervezése és a szállítások szervezése során 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 szállítás tervezése előtt legalább két évvel korábban kezdett és évenként többször (legalább tavasszal és nyár végén) végzett behajlásmérésekkel az utak teherbírását ellenőrízni és a tervezést ezek eredményeinek alapján elvégezni.

3.3.3.2. *Az erősítőréteg méretezése a behajlások alapján*

Az AASHO útkísérletben kimutatták, hogy a pályaszerkezet egyenértékvastagsága és a behajlás között

$$H = A\text{-}B \cdot \lg s$$

alakú összefüggés áll fenn. Legyen egy adott pályaszerkezet H_1 egyenértékvastagságú, amelyhez s_1 behajlás tartozik. Növeljük ennek a pályaszerkezetnek a vastagságát ΔH értékkel H_2 vastagságig, amely vastagsághoz az előbbi behajlásnál kisebb s_2 érték tartozik. Felírható:

$$H_1 = A\text{-}B \cdot \lg s_1$$

$$H_2 = A\text{-}B \cdot \lg s_2$$

A két egyenlet egymásból kivonva az erősítőréteg vastagságát (ΔH) kapjuk

$$\Delta H = H_2 - H_1 = B\,(\lg s_1 - \lg s_2)$$

illetve más formában:

$$\Delta H = B \cdot \lg \frac{s_1}{s_2}$$

A 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_{10} forgalmát elviselje, vagyis ez az F_{10} forgalomhoz tartozó megengedett behajlás lesz ($s_2 = s_{meg}$), míg az s_1 behajlás a H_1 vastagságú megerősítendő pályaszerkezeten mért behajlások közül a mértékadó behajlás ($s_1 = s_m$). Így a képlet végleges formában

$$H_e = 70 \lg \frac{s_m}{s_{meg}}$$

mely képletet a 3.3-8. ábrán diagram formájában ábrázolunk.

A megengedett behajlást tavasszal végzett behajlásmérési sorozat adataiból számítjuk. A kiugró nagy és kicsi szélső értékek elhagyása után a mértékadó behajlás:

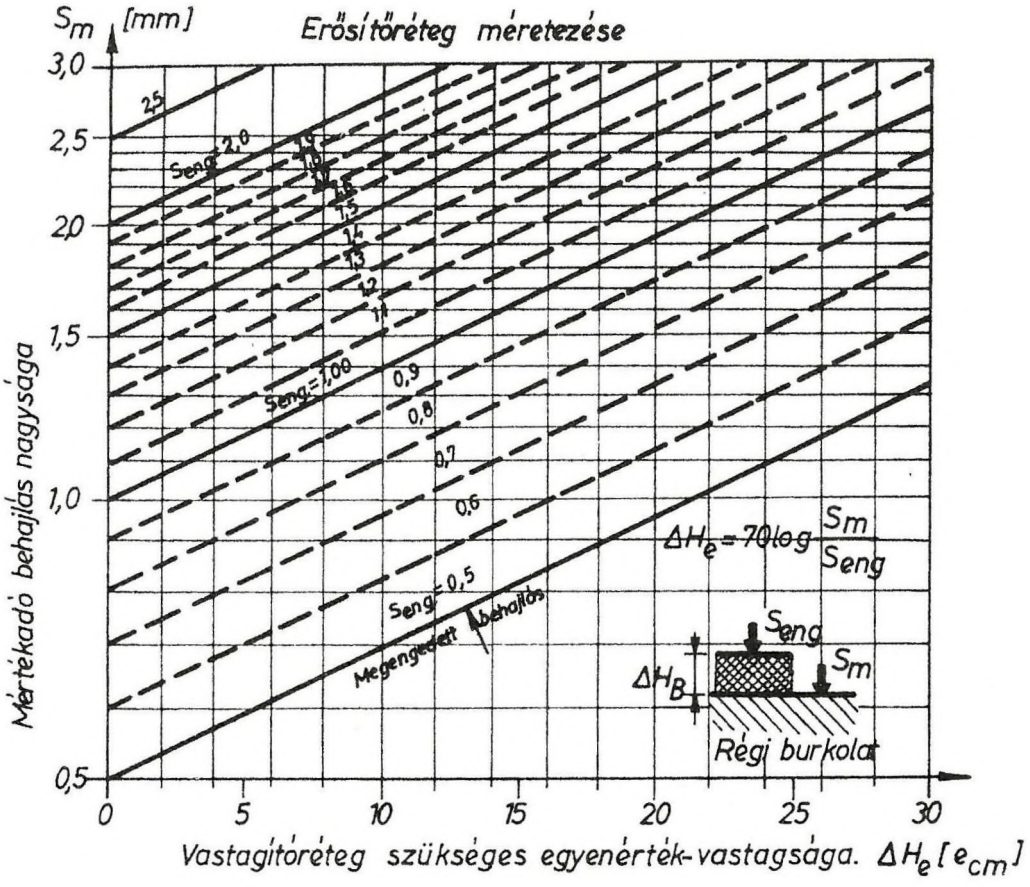
$$s_m = \bar{s} + 2\sigma$$

ahol:

$$\bar{s} = \frac{\Sigma s}{n} \quad \text{matematikai átlag}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(s - \bar{s})^2}{n - 1}} \quad \text{szórás.}$$

A mértékadó behajlás nagyságát a pályaszerkezet méretezési grafikon alsó abszcissza vonalánál vehetjük le az F_{10} forgalom függvényében.



3.3-8. ábra.
Az erősítőréteg vastagsága

3.3.3.3. *Az erősítő réteg méretezése a pályaszerkezet feltárása alapján*

Az eljárás során 500 m-ként vagy szükség esetén sürítve feltárják a régi pályaszerkezetet, megállapítva ezzel a pályaszerkezeti rétegek anyagát és vastagságát. A mért vastagságokat a régi csökkent teherbírású pályaszerkezeti rétegek egyenértéktényezőivel (3.3-6. táblázat) beszorozva megkapjuk a régi pályaszerkezet egyenértékvastagságát.

$$H_{er} = \sum_{1}^{n} h_i \cdot e_r$$

ahol: H_{er} – a régi pályaszerkezet egyenértékvastagsága (ecm),

h_i – a régi pályaszerkezeti réteg vastagsága (cm),

e_r – a régi pályaszerkezeti réteg egyenértéktényezője,

n – a régi pályaszerkezet rétegeinek száma.

3.3-6. táblázat.

Régi pályaszerkezeti rétegek tervezési egyenérték-tényezői

A réteg megnevezése és állapota	Egyenértéktényező e_i
Betonburkolatok Öntöttaszfalt, aszfaltbeton és kötőréteg repedésmentes Ritkán repedezett (min. 2,0 m^2) Sűrűn repedezett	 1,8 1,5 1,3
Kevert bitumenes alapok és aszfaltmakadámok	1,5
Sóványbeton alapok, kavicsbeton-burkolatok Idomkő-burkolatok hézagkiöntéssel	1,2
Kötőzúzalékos, itatott és vízzel kötött makadámok zúzottkő- és kohósalakkő-alapok Idomkőburkolatok hézagkiöntés nélkül	1,0
Cementes és bitumenes talajstabilizáció Mechanikai stabilizáció 0/50	0,7
Mechanikai stabilizáció 0/20	0,5
Kavicsos homok, homokos kavics Homok (kötött talajú földművön)	0,5 0,3

A megnövekedett forgalom alapján számított egyenértékvastagság (H_{esz}) és a régi pályaszerkezet egyenértékvastagsága (H_{er}) különbsége adja a szükséges erősítőréteg egyenértékvastagságát (ΔH_e)

$$\Delta H_e = H_{esz} - H_{er}$$

A ΔH_e értékből az új erősítőréteg anyagára vonatkozó egyenértéktényező (3.3-3. táblázat) segítségével a méretezésnél megismert módon meghatározhatjuk az erősítőréteg valódi vastagságát.

3.3.3.4. *A pályaszerkezet feltárás és behajlásmérés 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 behajlásmérés. Ennek alapján ki tudjuk jelölni az azonos teherbírású helyeket, megállapíthatjuk a kiugróan rossz teherbírású szakaszokat és kijelölhetjük azokat a helyeket, ahol a pályaszerkezetfeltárásokat sűríteni kell. Ugyanakkor meg kell vizsgálni a télvégi burkolatkárok fellépésének helyeit és okait.

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 figyelembevehető behajlásméréseket ezeknek a munkáknak az elvégzése után tavasszal kell végrehajtani. Abban az esetben, ha a burkolat teljesen tönkrement, összerepedezett, a vizet áteresztí, illetve a földmű teljesen átázott, a pályaszerkezet félmerev (soványbeton vagy ehhez hasonló nagy törőszilárdságú 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 egyenértékvastagság 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 éveként) elvégezni. Az eredmények kiértékelésével az esetleges megerősítés szükségességének megállapításán kivül olyan adatokhoz jutnának, ameyből a pályaszerkezet teherbírásának változását jól lehetne követni. Ezek ismeretében a szállítások jó szervezésével sok korai, idő előtt bekövetkező burkolatkárt el lehetne kerülni.

3.3.4. *Szempontok a pályaszerkezet rétegeinek megválasztásához és felépítéséhez*

A pályaszerkezet különböző feladatot ellátó részei célszerűen különböző anyagokból készülő rétegekből 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, földműteherbírás stb.) műszakilag egyenértékű pályaszerkezeteket hozunk létre.

A műszakilag egyenértékű – a méretezési utasítás alapján egyenértékű teherbírással rendelkező – pályaszerkezetek közül gazdaságossági, kivitelezési és gépesítési szempontok alapján kell a megfelelő variánst kiválasztani.

A gazdaságossági vizsgálatok során meg kell határozni az egyes pályaszerkezeti rétegek fajlagos építési költségét, majd ennek ismeretében a teljes pályaszerkezet építés 1 m^2-re eső költségét.

Ezek alapján a pályaszerkezetvariációk építési költségei összehasonlíthatók, ami azonban a pályaszerkezet gazdaságossági szempontból történő megítéséléhez nem elég. A reális képhez még ismerni kell 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 modern burkolattípusok azonban az élettartamuk alatt egymáshoz viszonyítva lényegtelen kü-

lönbségeket adnak a közlekedési üzemköltségekben, ezért ezeket nem szükséges figyelembe venni. (Természetesen azt eldönteni, hogy pályaszerkezettel ellátott út vagy földút szükséges-e 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 gépi felszerelés hiányában 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 kedvezőtelenebb, 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 útépítési költségek növekedése miatt tilos felhasználni. Ezt a kettős szempontot optimálisan összhangba tudjuk hozni, ha az egymást helyettesíteni tudó anyagokból gondosan megfontolva állítjuk össze a teljes pályaszerkezetet.

Korábban a teljes pályaszerkezetet kőbányában előállított zúzottkőből és zúzalékból állították össze, ezért ezek képezték az útépítés 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 építésére kell felhasználni, ahol ezeket a tulajdonságokat megfelelően ki is tudjuk használni. Ezek az anyagok tehát a burkolati rétegek építési anyagai. Az alaprétegben a régen alkalmazott zúzottkő alapok helyett inkább a helyi anyagok felhasználásával készült stabilizált burkolatalapokat kell építeni. Nagy forgalmú utaknál ez a réteg általában az alap alsó rétegét, kis forgalmú utaknál (pl. erdészeti utak) a teljes burkolatalapot képezheti, amelyre vékony aszfalt vagy aszfaltmakadám burkolatot helyezve megfelelő és gazdaságos pályaszerkezetet nyerhetünk.

Nagy forgalmú erdészeti utakon a felső alapréteget U vagy JU típusú meleg bitumenes útalapból (bitumenes kavics – kavicsaszfalt), építhetjük. Ezekből az anyagokból burkolati réteget is építhetünk, ha felületüket egyszeres vagy kétszeres felületi bevonással látjuk el a vízzárás növelése érdekében.

Az erdészeti utak korszerű burkolata lehet a helyi anyag felhasználását is lehetővé tevő kavicsaszfaltbeton (KAB).

4. ERDÉSZETI UTAK FENNTARTÁSA

Az út megépítése nem zárja le az úttal kapcsolatos tevékenységek sorát, mert a forgalom és a környezet hatására az út minden részén kialakuló apróbb hibák kijavítását el kell végezni, vagy a nagyon leromlott állapotokat meg kell szüntetni. Azt a tevékenységet, amelyet a természetes elhasználódás során kialakuló hibák elhárítása, az út karbantartása érdekében végzünk, útfenntartásnak nevezzük.

Az útfenntartást nem lehet csak önmagában szemlélni, mert az komplex módon összefügg a tervezés és útépítés munkáival. Eszerint a tervezőnek olyan megoldásokat kell választani, amelyek a fenntarthatóságot biztosítják, illetve építéskor a minőségi előírásokat betartva olyan helyzetet teremtünk, ami a tönkremenetel kezdetét késlelteti. (Pl. gumiabroncsos forgalomra vizes makadámot tervezni célszerűtlen, mert folyamatos fenntartásával a jelenlegi munkaerőhelyzetben nem lehet gondoskodni; trapéz árok helyett célszerűbb az egyszerűbben fenntartható szögárkot tervezni; stb.). Az ilyen szemléletmóddal kialakított utakból álló úthálózaton megvannak a korszerű útfenntartás feltételei egyben megfelelő visszacsatolások útján tájékoztatást ad a tervezőnek és kivitelezőnek munkájuk eredményéről és értékéről.

Az útfenntartás célja az, hogy tervszerűen végzett, megelőző munkával megakadályozza az utak leromlását és így gazdaságos módszerekkel üzembiztos szállítópályát biztosítson. Ez a cél egyben megszabja az útfenntartás feladatait is, amely tehát az, hogy egyszerű, gazdaságos fenntartási módszerekkel folyamatosan megakadályozzuk az út tönkremenetelét, mintegy növelve az élettartamot, mert ennek hiányában a forgalom és az időjárás annyira lerontaná az út állapotát, hogy az már csak nagyköltségű gazdaságtalan felújítással lenne megszüntethető.

Az útfenntartásra fordítható anyagi eszközök korlátozott volta miatt nem lehet az egész úthálózaton egyszerre elvégezni az összes fenntartási munkát. Ki kell alakítani egy elképzelést – a fenntartási politikát – amely az utak állapota és egyéb szempontok figyelembevételével rangsorba állítja az utakat, meghatározza a rajtuk elvégzendő munkák fajtáját és mennyiségét, valamint a pénzügyi források hatékony elosztását is biztosítja. A helyesen kialakított fenntartási politika biztosítani fogja a ciklusságot, mint a fenntartási politika stratégiáját, amelytől a fenntartási taktikában el lehet térni, és a nem várt eseményekhez rugalmasan alkalmazkodni.

Azért, hogy a fenntartási politikában lerögzített elvek szerint lehessen eljárni, folyamatosan informálódni kell az úthálózat állapotáról. Az utak mindenkori állapotát összevetve az igényszintet jelentő szolgáltatási színvonallal, eldönthetjük a fenntartási politikának megfelelő beavatkozás szükségességét.

Az utak fenntartásához a helyesen kialakított fenntartási politika mellé rendelni kell egy gazdaságos és hatékony fenntartási technológiát is. A technológia akkor elégíti ki a vele szemben támasztott igényeket, ha gépesített, tipizált, egyszerű és a helyi viszonyokhoz és adottságokhoz messzemenően alkalmazkodik.

Mivel a fenti alapelvek szerint végzett rendszeres útfenntartás hazánk erdészeti úthálózatán nincs, ezért a továbbiakban részletesen az útfenntartás során elvégzendő munkákat ismertetjük, amelyek

- pályaszerkezeten végzett javítások és fenntartási munkák,
- burkolaton kivüli fenntartási munkák

lehetnek.

4.1. *A pályaszerkezet javítása és fenntartása*

A pályaszerkezet fenntartása és a kialakult hibák miatt végzett munkák módszereit a pályaszerkezet típusa és a fellépő hiba fajtája határozza meg.

4.1.1. *Vizes makadám pályaszerkezetek fenntartása és javítása*

A gumiabroncs szívóhatásának nehezen ellenálló vizes makadám folyamatos fenntartása nagy forgalom mellett rendkivül nehéz. Folyamatos fenntartási munkát igényel nyáron a lesodort fedőanyag pótlása, tavasszal és ősszel a felhordott sár eltávolítása.

Javításra szoruló hiba a hossz– és keresztirányú bordásodás, valamint a tányéros odás és gödrösödés. A kezdődő bordásodás kevés fedőanyag pótlással megszüntethető, a kialakult bordák azonban már csak gréderezéssel szüntethetők meg. A tányérosodást és gödrösödést a hiányzó bekötőrész pótlásával lehet megszüntetni. A kitányérosodott és gödrösödött részeken a hiányzó anyagot Z 12/20-as (fenntartási) zúzalékkal és homokkal pótoljuk. A mélyebb kátyukat ugyanolyan szerkezettel kell javítani, mint amilyenből a pályaszerkezet áll, ezért Z 35/50-es zúzottkövet kell a gödörbe bedolgozni, majd a Z 12/20-as zúzalékkal kiékelni és homokkal lefedni.

Makadámpályák fenntartását és minőségének javítását jelenti a minimális költséggel elvégezhető fenntartási hengerlés. Ekkor a kőpályát 2-3 cm vastagságban fel kell lazítani, majd elegyengetni s az így kapott felületre Z 20/35-ös zúzalékot mintegy 3 cm vastagságban elteríteni. A réteget higított bitumennel kell lepermetezni, majd fenntartási zúzalékkal (Z 12/20) kiékelni. Az eljárás végeredményben kétévi fedőanyag higított bitumennel történő beépítése, amelynek eredménye egy kötőzúzalékkal javítható, zárórétegge fenntartható felület.

A kötőanyag nélküli makadámpályák fenntarthatóságát segíti elő az ún. portalanítás is, amelyet két lépcsőben végzünk el. Az első portalanításkor 1,5-3,0 kg/m^2 higított bitument és 10 kg/m^2 mennyiségű homokot, murvát vagy zúzalékot kell kiszórni. A második portalanításhoz 1,5-2,0 kg/m^2 higított bitument és 10-12 kg/m^2 zúzalékot kell felhasználni.

4.1.2. *Aszfaltmakadám típusú pályaszerkezetek fenntartása és javítása*

Az utántömörödő jellegű aszfaltmakadám pályaszerkezetek fenntartási és javítási munkáit is a fellépő hiba típusa határozza meg. A repedéseket, amelyek megszüntetése a vízzárás miatt fontos, felületi bevonás készítésével lehet javítani, akár foltszerűen is. A kisebb, foltszerűen jelentkező kopásokat, amennyiben azok csak lokálisan jelentkeznek, kötőanyag permetezéssel és kézi zúzalékszórással, amennyiben tömegesen, akkor felületi bevonással lehet megjavítani. Mélyebb, 2-3 cm-es burkolathibákat előkevert hidegaszfalttal javíthatunk. A „kátyut" szabályosan körülvágjuk, kitisztítjuk majd minimális emulziós alápermetezés után hidegen bedolgozható keveréket tömörítünk be, végül felületi bevonást készítünk rá.

A 3 cm-nél mélyebb hibákat – amelyek kialakulását meg kell előzni – zúzottkő és zúzalék felhasználásával kell helyreállítani. A körülvágott és kitisztított kátyuba először a nagyobb zúzottköveket tömörítjük be és ékeljük ki, majd kötőzúzalékkal és felületi bevonással látjuk el. Sűrűn fellépő romlások esetén célszerű a teljes felületet szőnyegszerű réteggel ellátni.

4.1.3. *Tömör aszfalt pályaszerkezetek fenntartása és javítása*

A tömör aszfalt felhasználásával épült pályaszerkezetek fenntartási igénye csekély, de a jelentkező hibák kijavítása itt is fenntartási feladat. A repedezett burkolat fenntartására a felületi bevonás javasolható lokálisan, vagy a teljes felületen. 5-10 m^2-nél kisebb hibák javítását célszerűen saját anyaggal lehetne megoldani, de ez az anyag gyors kihűlése miatt sok gondot okozna. Célszerűbb ezért emulziós hideg fenntartási keverékkel a javítást végrehajtani.

Nagy felületű, összefüggő meghibásodás, szőnyegszerű réteg építésével javítható.

4.1.4. *Földutak fenntartása*

Földutak fenntartása során a felület helyreállítása és a zavartalan vízelvezetés biztosítása a cél. Ezért szükség esetén gréderrel a profilt helyre kell állítani és a felszínt henger járatásával be kell tömöríteni és le kell simítani. Célszerű, ha a földút talaja ilyenkor az optimális tömörítési víztartalom körüli nedvességgel rendelkezik.

4.2. *Burkolaton kivül végzett fenntartási munkák*

A burkolaton kivül végzett fenntartási munkák közé tartozik az árok-, padkarendezés, eróziós károk helyreállítása, gyepfelületek kaszálása, valamint a műtárgyak karbantartása.

4.2.1. *Padkarendezés*

A padka szerepe az erdészeti utaknál jelentős. A szegélyfélelem csökkentésén kivül főként biztonsági szerepet játszik, mert a szembe találkozó járművek erre húzódnak le, illetve a várakozó vagy meghibásodott járművek ide állhatnak. Feladatát a padka tehát akkor látja el jól, ha viszonylag nagy sebességű és terhelésű tehergépkocsik találkozásánál balesetveszély nélkül lehet ráhajtani, ami az 5,00 m burkolatszélességű kétjáratú erdészeti utak esetében gyakori és feltétlen követelmény. A padkák ezért kellően tömör, jó vízelvezetésű, egyenletes felületűek legyenek. Ezeket az igényeket a fűvel benőtt padka általában kielégíti.

A padka befüvesedéséig a tehergépkocsik keréknyomokat vághatnak a felületbe, valamint a lefolyó víz kimosásokat idézhet elő, illetve befüvesedés után a fűben fennakadó por, zúzalék, szemét stb. a padka felmagasodását (felhízását) eredményezheti. Ezeket a hibákat a padkarendezés során helyre kell hozni. A padkarendezést legegyszerűbb gréderrel elvégezni. Abban az esetben, ha a padkán felesleges föld nincs, akkor a gréderrel a felületet el kell egyengetni és a padkát be kell tömöríteni, majd befüvesedéséig figyelni, kezelni kell.

A felhízott, felesleges földet tartalmazó padkákról gréderrel lenyesett földet egyenletesen a rézsűn kell elteríteni, nagyobb mennyiség esetében pedig el kell szállítani.

4.2.2. *Áraktisztítás*

Az árok rendeltetésszerű használata közben feliszapolódik a szállított hordalék lerakódása miatt. Ez az idők folyamán olyan állapotot idézhet elő, hogy a víz a burkolat alá visszaszivárog-

hat, lerontva annak teherbírását. Az árkokat ezért időközönként gréderrel ki kell tisztítani. A gréder szögárkot vág ki, melyből a kikerülő anyag a rézsűn elteríthető, vagy elszállítható. Munka közben a gréder a padkán halad, ezért annak érdekében, hogy az árok fenékesése egyenletes legyen először a padkarendezést kell elvégezni.

Az ároktisztítással egyidőben, de ha kell gyakrabban is el kell végezni a csőáteresztők és aknák tisztítását is a vízelvezetés zavartalanná tétele érdekében.

4.2.3. *Erózió elleni védelem*

Az útfenntartás feladatai közé tartozik az út földművén fellépő eróziós károk helyreállítása, illetve azok megelőzése.

A földművek erózió elleni védelmével az Erdészeti Vízgazdálkodás c. tárgy foglalkozik, itt csak röviden összefoglaljuk a lehetséges megoldásokat.

Az eróziós kár a csupasz földmű felületén léphet fel, ezért a legolcsóbb védekezési megoldás, – amely a legtermészetesebb is – a biotechnikai védekezés. A füvesítés kézi módszerrel, gyeptéglázással, vízsugaras gyepesítéssel oldható meg. Meredek rézsűk védelmére felhasználható az Enkmann pokróc, amelynek laza lyukacsos szövedéke a füvesítést rögzíti, kedvezőtlen viszonyok között ajánlható a svájci gyártmányú Hydrosa Verdyol nevű talajstabilizáló és füvesítést elősegítő vegyszer, amely még meddőhányók füvesítésére is alkalmas.

A rézsűvédelem további, – erdei környezetben különösen jól alkalmazható – módja a rézsűfonás, kazettás rézsűfonás készítése, valamint a cserjesorok és cserjefoltok telepítése. Rézsűhámlások helyreállítása és további védelme cserjesorokkal és ágvessződugványokkal oldható meg. Erodált rézsűt ágszőnyeg terítésével állíthatunk helyre.

4.2.4. *Gyepfelületek fenntartása*

A gyepfelületek és a növénytelepítés védelmi feladatán kivül esztétikai élményt is nyújthat, ha az szépen ápolt, rendezett. A turizmus és az erdők közjóléti szerepének növekedése ezért megköveteli az erdészeti út környezetének karbantartását, fenntartását is. Az esztétikai igényeken kivül azonban a forgalom összetételében beálló változás miatt, felmerülnek egyéb igények is. Amíg az erdészeti utak forgalmát zömmel tehergépkocsik adták, addig az út melletti fű, vagy bokor magassága alig befolyásolta a forgalom biztonságát, de a magasra felnövő fű és cserje az alacsonyan ülő személygépkocsi vezetőjének szabad látótávolságát lecsökkenti, ezért ezek közlekedésében a balesetveszélyt növelik. A padkákon ősszel megszáradó fű tűzveszélyes, ezért eltávolítása ilyen szempontból is indokolt lehet.

A gyepfelületek fenntartása kaszálással történik, amely munkaigényes feladat, a bozótírtáshoz, bokornyeséshez hasonlóan. A fenntartási munkák során ott célszerű ezeket a munkákat erdészeti utakon elvégezni, ahol a turizmus hatására megnövekedett forgalom azt megkívánja.

4.3. *Uzemeltetési feladatok*

A turizmus megnövekedése megköveteli, hogy az erdészeti úthálózat egyes útszakaszai ne csak jó minőségű közlekedési pályák legyenek a rendszeresen végzett útfenntartás miatt, hanem

kellemes, biztonságos, balesetmentes vezetést is biztosítsanak, megfelelő parkolókkal és pihenőkkel. Azt, hogy ezeket az igényeket is ki tudjuk elégíteni bizonyos üzemeltetési feladatok is hárulnak az útfenntartással foglalkozókra.

Az üzemeltetés feladata a nagy közjóléti szerepet játszó feltáróhálózat forgalmi rendjének KRESZ szerinti szabályozása, valamint felülvizsgálata is, amely várhatóan egyre nagyobb munkát ró az erdőgazdaságokra.

A forgalom biztonsága mint elsődleges cél megköveteli, hogy rendszeresen ellenőrizzük és rongálódás esetén azonnal helyreállítsuk a forgalom szabályozására szolgáló jelzőtáblákat és a forgalom biztonságát elősegítő tartozékokat.

Az üzemeltetés feladata az is, hogy az esetenként szükségessé váló forgalomkorlátozásokat elrendelje és betartásukat megkövetelje. Ezekre a forgalomkorlátozási intézkedésekre a télvégi burkolatkárok kialakulása idején van szükség, ott ahol az valóban indokolt, és csak annyi időre, míg a fokozott teherbíráscsökkenés időszaka fennáll. A forgalomkorlátozás elrendelésénél mindig szorosan együtt kell működni a fahasználati és szállítási tevékenységgel. A helyes eljárás azért az, hogy rendszeres behajlásmérésekkel felderítjük azokat az útszakaszokat, amelyeken tavasszal a teherbírás lecsökken és ezt előre jelezzük a fahasználat felé, hogy az tervei készítésénél ezzel már számolni tudjon. A minimálisan szükséges korlátozási időt ugyancsak behajlásméréssel kell megállapítani.

Az út környezetének, a parkolóhelyeknek stb. tisztítását biztosítani kell, mely szintén csak üzemeltetői szemlélettel rendszeresen végzett munkával lehet.

A fentiek nem merítik ki az üzemeltetés teljes problémakörét, mert jelenleg egyes felsorolt kívánalmak is túlzottnak hatnak, de az erdészeti utak megnövekedett szerepe a turizmusban, főként a nagyvárosok környékén egyre jobban megkövetelik, hogy az utak közlekedési pálya szerepükön kivül a kulturált pihenést és segítsék elő üzemszerűen. Ez a követelmény pedig egyre nagyobb terheket fog róni a nagy közjóléti igényeket kielégítő erdőgazdaságokra, melyek megoldása csak rendszeres, üzemeltetési szemlélettel elvégzett munkával lehetséges.

5. VASUTÉPITÉSTAN

5.1. Vasútépítési alapismeretek

Napjainkban a vasúti ismeretek igénye az erdőmérnökök részére elenyészően csekély. 330 km keskeny nyomközű vasút van az erdészeti üzemek kezelésében. Ebből 162 km hosszon menetrendszerű személyszállítás van. Ami miatt e szűkkörű ismeretanyagra szükség van, azt a közlekedési ágazatok együttműködése, az erdészeti és faipari üzemek iparvágányainak létesítése, üzemeltetése igényli. Ugyanis az erdészeti és faipari üzemek termékeinek jelentős része vasúton kerül továbbításra legtöbb esetben saját, MÁV iparvágánnyal rendelkező erdészeti rakodón történő berakással. Méginkább így lesz ez a jövőben az egyre jobban romló energiahelyzet miatt.

A közlekedési vonalak fajlagos menetellenállása és az energiaigény mutatja mennyire nem lehet a továbbiakban a vasúti szállítást mellőzni, hanem inkább fokozni szükséges.

Ellenállások:

- vasúti közlekedésben μ = 3 – 4 N/kN
- beton és hengerelt aszfalton μ = 10 – 25 N/kN
- kőburkolat μ = 15 – 30 N/kN
- jól fenntartott makadám μ = 20 – 40 N/kN

Az erdészeti utak nagy részén még a legutolsó burkolatnál is nagyobbak az ellenállásértékek.

Érdekes megismerni az egyes közlekedési ágazatok differenciált energiaszükségletét. Ezek az értékek azt igazolják, hogy a szállítási eszközök jövőbeni megválasztása körültekintő kell legyen.

Néhány olyan jármű energia-fogyasztásának ismerete, amelyeket az erdészetek feladatainál figyelembe venni érdemes: 1 árutonnának 1 km-re történő elszállításához, vagy egy utasnak 1 km-re való szállításához szükséges energiáról van szó.

	kJ tkm	*kJ* utas km
Vasúti közlekedés:		
villamos-vontatás	112,2	173,3
diesel-vontatás	548,9	535,9
gőz-vontatás	4449,9	4386,3
Közúti közlekedés:		
diesel tehergépkocsi, autóbusz	1771,6	385,0
benzines tgk.	3799,2	
Hungarocamion	1344,0	
célfuv.áruszállítás	3307,0	
Szervezett közúti közlekedés	2524,8	
Nem szervezett közúti közlekedés (közületek, mezőgazdaság)	4346,1	
Magán személygépkocsi (Zsiguli egy személlyel)		3182,0
Energiaköltség	Ft/km	Ft/km
Skoda MTS 24	1,30	0,44
Kamaz 5511	2,06	0,49

Roman DFK	2,41	0,45
Rába 836	2,84	0,55
ZIL MMZ 555	4,20	1,72

A vasútvonalak legfontosabb műszaki jellemzői:

A legnagyobb sebesség, amely függ:

- a járművek állapotától, a kiépítési sebességtől és a fékezett kocsik számától;
- a beépített felépítménytől, sín, keresztalj, zúzottkő ágyazat és ezek műszaki állapotától;
- a pálya állapotától;
- a pálya ívviszonyaitól (körívsugár, átmenetiív, túlemelés);
- a lejttörések kiegyenlítő ívétől, a legnagyobb esés vagy emelkedéstől;
- a biztosító berendezéstől.

A vasúti üzemben a sebesség többféle lehet, amelyek megismerésétől eltekintünk.

A legnagyobb tengelyszám: normál nyomközű vonalakon 60, 100, 120 és 150 tengely. Egy tengely 5,0 m, amelyhez egy vonatszerelvénynél 2 mozdonyhossz 25-25 m és 10 m-es biztonsági hossz tartozik.

Keskeny nyomközű (erdészeti) vonalakon a vonathosszat befolyásolja a mozdony vonóereje összefüggésben a vonali emelkedők és esések értékével.

A tengelyteher normál nyomközű (1435 mm) vonalainkon, amelyek fővonalainkon – 130-250 kN, mellékvonalainkon 120-200 kN lehet.

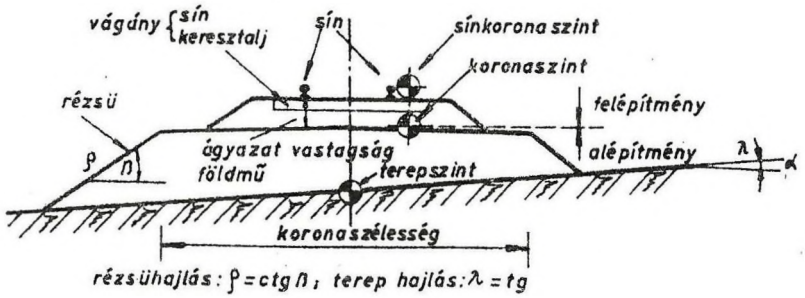
Közelítőleg és keskeny (760 mm) nyomközű vonalainkon is a használatos sínsúly P névértékének fele.

A normál nyomtávolságú vonalakon a *terhelési szakaszok* beosztása az emelkedési és esésviszonyoktól függ. Ilyen a keskeny nyomközű vonalakon nincs.

Vasúthálózatunk térbeli elhelyezkedése Budapestről kiindulva centrikus elhelyezkedésű. Hiányzanak a transzverzális vonalak. Ez a megoldás még Széchenyi István tervei alapján készült, amely akkor helyes volt, ma nehézségeket okoz.

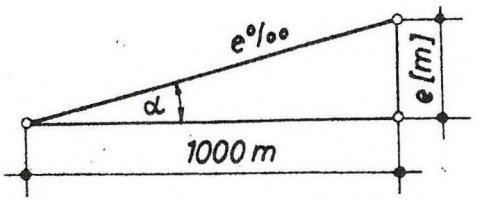
5.1.1. *A vasúti pálya*

A vasúti pálya al- és felépítményből áll. Az alépítményhez, mint az útépítésnél a földmunka és a műtárgyak tartoznak. A felépítmény a zúzottkő ágyazatból, az aljakból (általában keresztalj), a kapcsolószerekből (sín le- és összeerősítés) és a sínből áll (5.1-1. ábra).

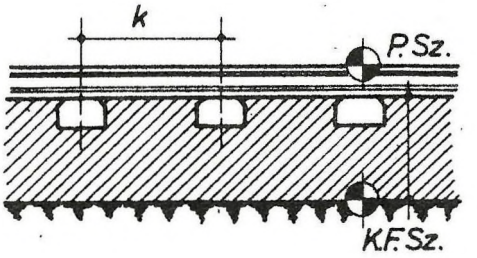


5.1-1. ábra.
A pályával kapcsolatos fogalmak

A rézsűhajlás jelölése az útépítésben megismertektől eltér 1:1 vagy 1:1,5 az útnál 4/4, 5/4 stb. A pálya emelkedője, esése ‰-ben történik (5.1-2. ábra).



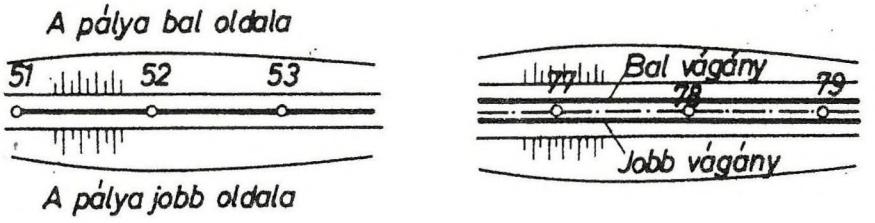
5.1-2. ábra.
A pálya esésének és emelkedésének vázlata



5.1-3. ábra.
A felépítmény hosszmetszete

A keresztaljak egymástól való távolsága 60-77 cm között változik a szabvány szerint (5.1-3. ábra).

A pálya oldalmegjelölése fontos. A kiindulástól a végpont felé haladva adódik a jobb és a bal oldal, a szelvényezés 100 méterenként történik (5.1-4. ábra).



5.1-4. ábra.
A pályaoldal értelmezése és a szelvényezés

Nyomtávolság a két sínfej belső felülete közti távolság 14 mm-el a sínkorona alatt, keskeny nyomközű vasútakon 10 mm értékkel.

Normál nyomtávolság:	1435 mm
Keskeny nyomtávolság:	600, 760, 1000 mm
Széles nyomtávolság:	1524 mm.

Eltérés nyomszűkítésnél (hézag nélküli pálya) és nyombővítésnél van vagy fenntartásnál, az előírások, szabványok szerint. Az előírt nyombővítés értékei táblázatban találhatók a sugár függvényében.

Fontos az űr-, a rakszelvény és a járműszerkesztési szelvény. Az *űrszelvény* a sínkorona feletti előírt magassági és oldalirányú méreteket jelenti. A *rakszelvény* a nyitott kocsik megengedhető megrakási, magassági és oldalméreteit jelenti. A *járműszerkesztési szelvény* a járművek külső méreteit tartalmazza. Az előző adatok ismerete és azok betartása a vasúti üzem biztonságát szolgálja.

A mintakeresztszelvények az úthoz hasonlóan tartalmazzák az al- és felépítmény méreteit, együttesen a szabványárokkal, a rézsűhajlással. A vasúti mintakeresztszelvények méreteit befolyá-

solja a túlemelés nagysága is. A keresztszelvényeket az előírt szabványok szerint kell figyelembe venni a tervezésnél.

5.1.2. *A vasúti járművek mozgása*

A vasúti járművek sínen való haladását a kerékpárok nyomkarimái biztosítják. A mozgás lehet szabályos és szabálytalan. Az utóbbi inkább jellemzi a járművek mozgását, amely lehet *kígyózó* (szinusz-vonalú mozgás) a nyomtáv és a kerékpár eltérő méretei miatt, *bólintó* mozgás (az útközőhelyek elverődésénél) és támolygó mozgás egyenesben a két sínszál nem azonos szintje (süppedés), ívben a túlemeléstől való eltérés, vagy a járművek rugóinak eltérő mozgása miatt.

A szabályostól eltérő mozgások növelik a vasúti vágány igénybevételét. Ezért is a méretek ellenőrzése, az előírt méretek betartása szükségszerű.

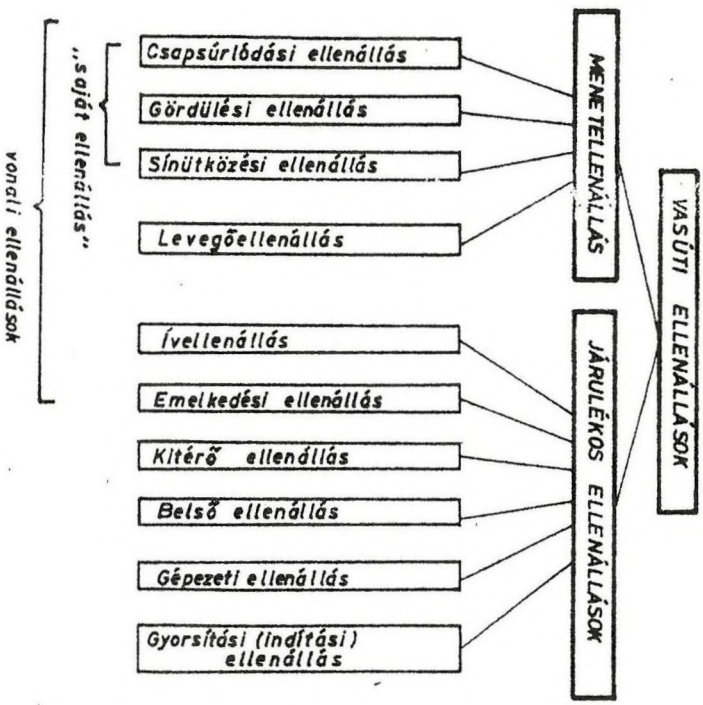
A vasúti pályán *járművek* közlekednek, amelyek mozdonyok (villamos, diesel, gőz), motorkocsik, kocsik (személy és teher) és egyéb (üzemi) járművek lehetnek.

5.2. *Közlekedésdinamikai ismeretek*

5.2.1. *Vasúti ellenállások (5.2-1. ábra.)*

A vasúti pályán álló járműre a nehézségi gyorsulás hat, a jármű súlya:

$$Q = m \cdot g$$



5.2-1. ábra.
A vasúti pályán fellépő ellenállások csoportosítása

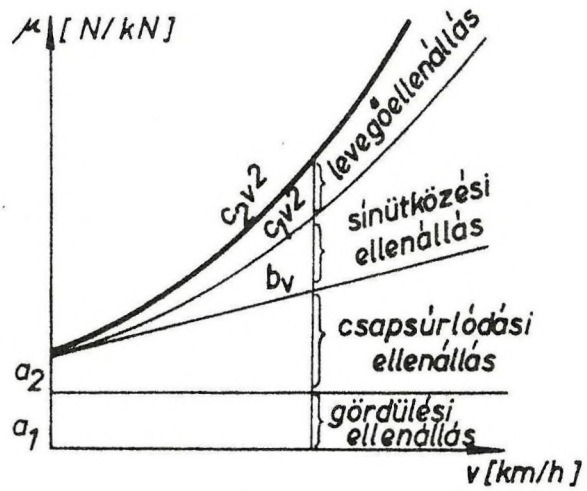
A mozgás a vonóerő hatására jön létre (mozdony), amellyel szemben ellenállások lépnek fel. A jármű sebességét az ellenállások összege (E_e és a vonóerő (V) nagysága befolyásolja.

Ha: $V = \Sigma E$ a mozgás egyenletes,

$V > \Sigma E$ a mozgás gyorsuló,

$V < \Sigma E$ a mozgás lassuló.

A jármű legfontosabb ellenállása a menetellenállás (μ), amely a mozgás következtében mindenkor fellép (5.2-2. ábra). Ide tartozik a csapsurlódás, a gördülési-, ütközési- és a levegőellenállás.



5.2-2. ábra.
A menetellenállás

A pályaviszonyoktól függő ellenállások gyűjtőnéven *járulékos ellenállások.* Ide tartoznak az emelkedési (μ_e), ív (μ_R), kitérő (μ_k) és a gépészeti ellenállás.

A mozdony indításakor, illetve gyorsításakor fellép a *gyorsítási ellenállás.*

A teljes ellenállás:

$$E_e = (\mu + \mu_e + \mu_R + \mu_{gy})\, Q, \quad [N]$$

Az egyes ellenállások tapasztalati szempontok alapján meghatározhatók.

Pl.: Iv (kanyarulati) ellenállás fajlagos értéke normál nyomtávolságnál

$$\mu_R = \frac{520}{R - 55}$$, keskeny nyomtávolságú vonalon:

$$\mu_{760} = \frac{350}{R - 10} \quad N/kN$$

Ugyanott a fajlagos kitérő ellenállás

$$\mu_{kit} = 0{,}5 - 1{,}9 \quad N/kN$$

Vonóerő: vontatás szempontjából az adhéziós vonóerő értéke meghatározható.

$$F_a^v = 1000\ \mu_{cs}\, G_{mh}, \quad N$$

μ_{cs} – surlódási tényező, amely átlagosan 0,15-nek vehető, de vontatási nemenként változik,

G_{mh} – a hajtott (kapcsolt) tengelyekre eső adhéziós súly, kN.

A surlódási teljesítmény:

$$P = F \cdot v$$

ahol: F – a vonóerő, N
v – sebesség, m/s.

5.2.2. *A mértékadó emelkedő*

A mértékadó emelkedő fogalmával már az útépítés keretein belül megismerkedtünk. ‰-ben kifejezve az az emelkedő, amely a vonalra a tervezés szerint előírt (e_m). Ez egyben a maximális értéket is jelenti egyenes szakaszon.

$$e_{max} = e_m \text{ (egyenes szakaszon).}$$

Ives szakaszon az ívellenállással csökkenteni kell a mértékadó emelkedő értéket

$$e_{max} = e_n - \mu_R$$

μ_R – az ív ellenállási értéke, amelyet korábban megismertünk.

5.2.3. *Fékút*

A vasúti közlekedésben a fékút a közlekedő vonat sebessége, a fékezett szerelvény százalékos aránya, az emelkedés vagy esés szerint változik. Nagysága rendesen több száz méterben fejezhető ki. Előírás szerint alárendelt vonalon 400 m, fővonalon 700 vagy 1000 m hosszú. Keskeny nyomközű vonalon 400 m alatti érték. Itt is, mint az útnál van észlelési és fékezési idő alatt megtett úthossz.

$$u = u_1 + u_2 = 1{,}5\, v + \frac{4{,}26\, v^2}{10 \,.\, B \,.\, \mu_s + \mu_o \pm e}, \text{ m}$$

ahol: B – a fékszázalék (%),

μ_s – surlódási tényező L. a vonóerőnél (0,15),

μ_o – fajlagos középellenállás, N/kN.

5.2.4. *Túlemelés*

Ivben a kiborulási veszély csökkentése, a sebesség tartása miatt, a körívsugár és a sebesség függvényében általában túlemelést alkalmazunk.

A túlemelés elméleti értékét a közlekedő vegyes (teher, személy) vonatok miatt nem építhetjük ki, ezt ugyanis az eltérő sebességgel közlekedő vonatok nem teszik lehetővé. Ezért csökkentett túlemelést használunk. Az értékek táblázatban találhatók. Építésnél ezek számítására nincs szükség.

Az elméleti túlemelés mm-ben:

normál nyomközű *keskeny nyomközű* (760 mm)

vasutakon

$$m_e = \frac{b_o \cdot v^2}{127\,R} = 11{,}8\,\frac{v^2}{R} \qquad m_e = 6{,}3\,\frac{v^2}{R}$$

Gyakorlati túlemelés:

$$m = 11{,}8\,\frac{v^2}{R} - 153 \cdot p \qquad m = 4{,}8\,\frac{v^2}{R}$$

A gyakorlati túlemelés tehát csökkentett értékű.

A jelöléseknél:

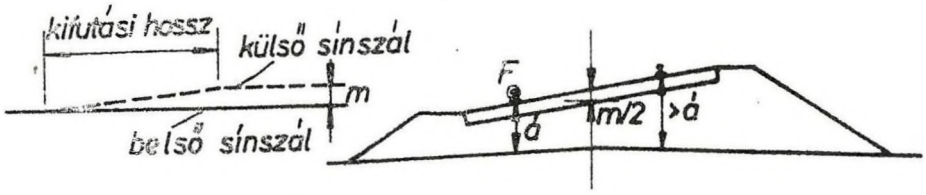
b_o – a nyomtáv (mm),

v – a sebesség (km/h),

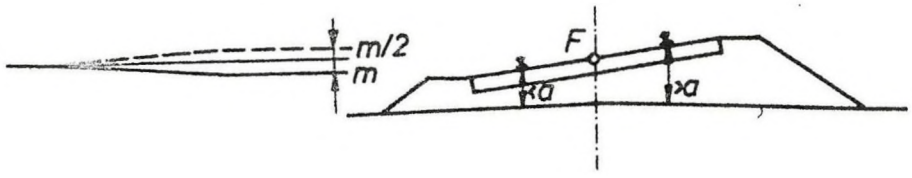
R – a körívsugár (m),

p – az oldalgyorsulás megengedhető értéke (m/s^2).

Az építés során kétféle megoldás lehet, lásd. 5.2-3. és 5.2-4. ábrát, de nálunk az 5.2-3. ábra szerintit építjük, tehát az ív belső oldalán az ágyazat nem csökken (5.2-2., 5.2-3. ábra).



5.2-3. ábra.
A túlemelés a belső sínszál körüli forgatással



5.2-4. ábra.
A túlemelés a vágánytengely körüli forgatással

A túlemelés kifuttatás hossza: 1:10 . v és L = 10 . v . m (m), ahol m értéke mint a túlemelés értéke, m-ben van megadva. Itt is lehet csökkentett érték 1:7, és 1:6 . v.

Ez utóbbiak pályafenntartásánál használatosak.

5.3. *Közlekedéskinematikai ismeretek*

5.3.1. *Átmeneti ívek*

Klotoid alakúak, és hosszuk L = 10 . v . m, vagy állandóval kifejezve, amely a körívkitűző táblázatokban adott

$$L = \frac{C}{R} \text{ (m)} \quad \text{és} \quad C = R \,.\, L \ (m^2)$$

$$C = R \,.\, 10 \,.\, v \,.\, m = R \,.\, 10 \,.\, v \,.\, b \frac{v^2}{R}$$

$$C = 10 \,.\, b \,.\, \frac{v^3}{R}$$

ahol: b – a túlemelés állandó értéke.

Keskeny nyomközű vasutaknál harmadfokú parabolát használnak.

A körívkitűzést az útépítésnél megismertük. Fel kell hívni a figyelmet, hogy a vasútépítésnél e célra az egyes állandó értékek és a kötöttségek miatt más táblázatot használnak. A kitűzési munka itt a fő és részletpontok számítását, kitűzését és jelölését jelenti. Kissugarú ívekben nyombővítést használnak. Normál nyomközű vasuton a 300 m-nél kisebb sugarú ívekben 0-25 mm között szükség szerint.

A 760 mm-es nyomközű vasutaknál

R (m)	m (mm)
20 - 30	18
40 - 70	15
70-120	10
140-225	5

ennél nagyobb sugárnál zérus.

5.3.2. *Vízszintes vonalvezetés*

A vonal itt is egyenesekből, átmeneti ívekből és tiszta körívrészekből áll. A körívek megválasztása függ: a tereptől, az engedélyezett legnagyobb sebességtől és a vasút jellegétől (fő-, mellékvonal, keskeny nyomközű vasút). A sebesség általában: v = 4,2 R. Néhány adat a sebesség és a sugár függvényében, gyakorlati szinten:

sebesség (km/h)	legkisebb ívsugár (R/m)
20	100
40	200
60	300
80	400
100	600

Iparvágány: R_{min} = 150 - 200 m

összekötő vágány R_{min} = 300 m

mellékvonal R_{min} = 300 m.

Felhívjuk a figyelmet a körívek csatlakoztatására. A két átmeneti ív között a tiszta körív hossza min. v/2, legfeljebb 0,3 v. Két rövid közeli körívet azonos görbület esetén célszerű egy nagyságarú ívre tervezni. A kosárívet, ha lehetőség van rá kerüljük el, mert a fenntartása gondot fog okozni, a túlemeléssel együtt.

5.3.3. *Magassági vonalvezetés*

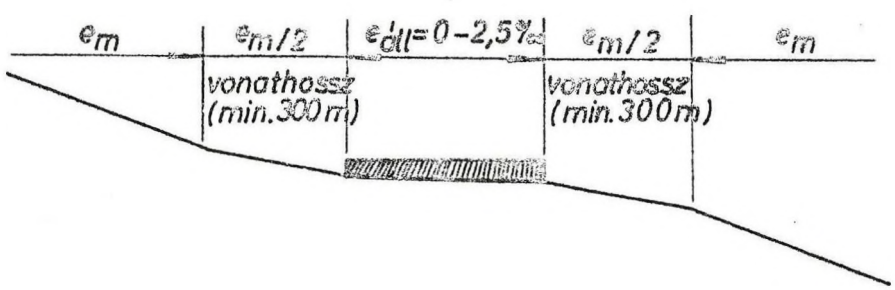
	normál		keskeny
		nyomtáv	
Sík vidéken	0 - 7	‰	0 - 10 ‰
Dombvidéken	7 - 15	‰	10 - 30 ‰
Hegyvidéken	15 - 25	‰	30 - 40 ‰ e felett
			70 - 80 ‰ (fogaskerekű, sikló)

Célszerű egyenletes emelkedővel vagy lejtővel építeni a vasútvonalakat, a *vesztett magasságokat* kerüljük el.

A *virtuális hossz* alatt azt a vízszintes hosszat értjük, amelyen a vontatás ugyanannyi munkát igényel, mint amennyi a valóságos emelkedővel bíró pályán. Ez a képzett vagy redukált hossz.

5.3.3.1. *Állomások és csatlakozó vonalrészek emelkedője*

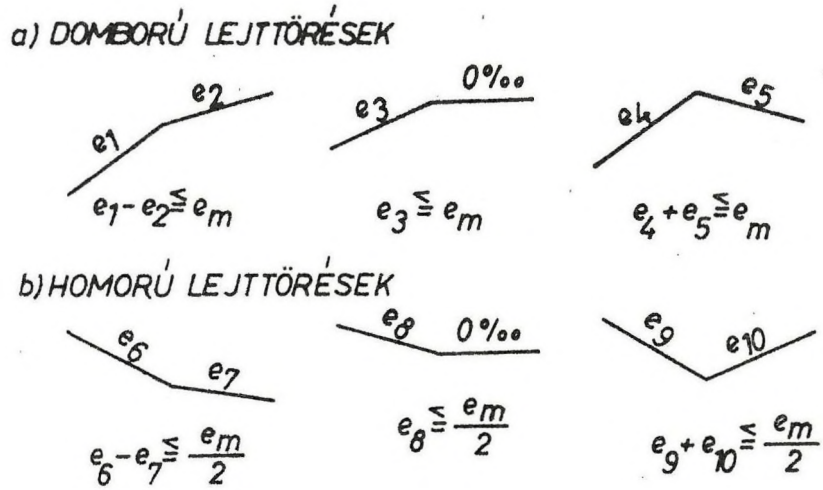
Az állomások emelkedője lehetőleg 0 ‰, de legfeljebb 2,5 ‰ lehet, jobb az 1,5 ‰.
Kihúzó vágányok az állomás felé (tolatáshoz) 3-7 ‰ lejtésű.
Az állomáson a e_m (mértékadó emelkedő) csatlakozását kerüljük el (5.3-1. ábra).



5.3-1. ábra.
Vázlat az állomás és csatlakozó vonalrészek emelkedésére, ill. esésére

5.3.3.2. *Lejtők csatlakozása és lekerekítése*

A lejtők és emelkedők csatlakozására, domború és homorú lejtőknél lásd. az 5.3-2. ábrát.



5.3-2. ábra.
A lejtők csatlakoztatása

A lekerekítő sugár (R_f) általában v^2, vagy kivételesen 300 - 2000 m között van meghatározva a vágány fontossága szerint.

Keskeny nyomközű vonalon 500 - 1000 m, állomáson 200 - 300 m.

A függőleges lekerekítő ívek számításánál fontos a tangens hossz:

$$T = R_f \frac{e_1‰ + e_2‰}{2000} = \frac{R}{2000} (\pm e_1 + e_2)$$

és az $y = \frac{x^2}{2R_f}$ a közbenső pont ordinátája.

5.4. *A tervezési munkák hazai gyakorlata és a tervezés*

A tervezés során el kell készíteni a

- tanulmánytervet (helyszínrajz, hossz-szelvény, mintakeresztszelvény, műszaki leírás, gazdasági számítás, közelítő költség- és tömegszámítás),
- engedélyezési terv és
- kiviteli terv.

A vonal nyomozása a terepviszonyok figyelembevételével, mint az útépítésnél, de ‰-ben.

Az osztóköz:

$$k = 1000 \frac{\Delta m}{e_{s‰}}$$

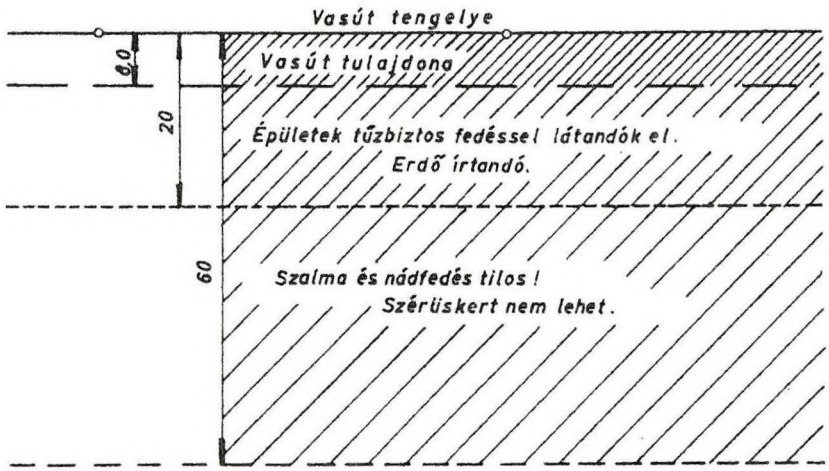
ahol: Δm – a rétegvonalak távolsága

e_s – a csökkentett emelkedő ~ 0,85 e_m.

A vonalvezetésnél célszerű hosszú, azonos emelkedőket és eséseket tervezni.

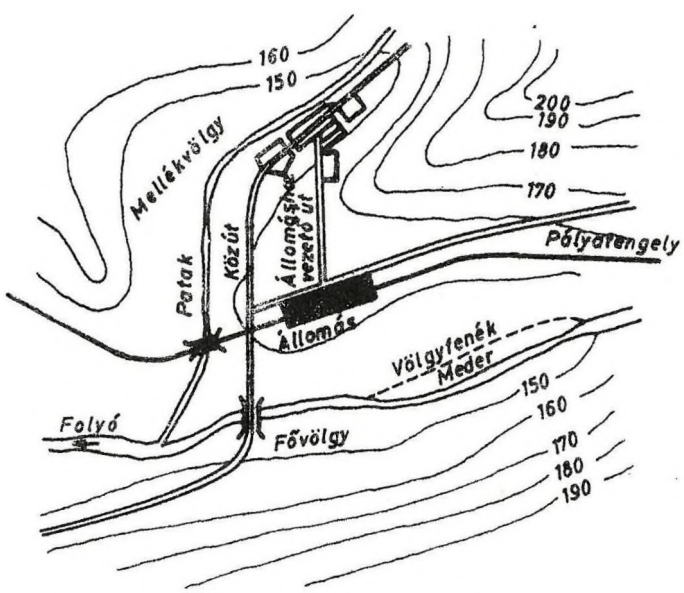
A lejttörés átmeneti ívbe, útátjáróra, kitérőre ne kerüljön. Ha lehet a vonal a közúttól legalább 500 m-re legyen.

Fontos a tűzvédelem betartása. Az egyes létesítményeket ezt figyelembe véve kell elhelyezni (5.4-1. ábra).



5.4-1. ábra.
A vasúti pálya környezetének tűzvédelmi előírásai

Az állomásokat célszerű 1-2 m magas töltésre helyezni, párhuzamosan a szintvonallal, száraz területre, egyenesben, megfelelő elő- és rakodótérrel (5.4-2. ábra).



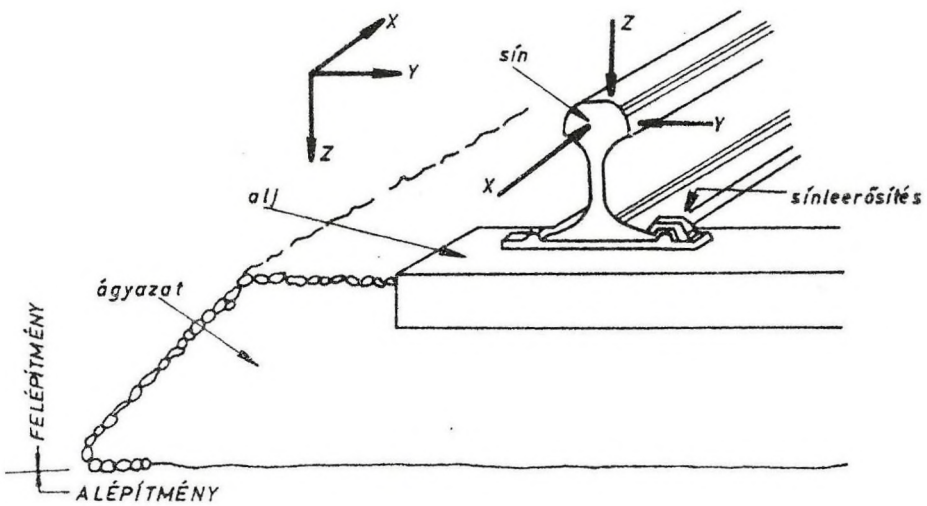
5.4-2. ábra.
Az állomás elhelyezése dombos vidéken

A vasúti közúti kereszteződéseket gondosan és gazdaságosan a szabványok szerint kell megtervezni:

- különszintűre, felül- vagy aluljáróval
- szintben: teljes sorompóval,
  félsorompóval,
  fénysorompóval,
  csak figyelembfelhívással.

5.5. *Vasúti felépítmény szerkezete*

A vasúti folyópálya felépítménye, amely a vasúti pályának a földmunka koronaszint feletti részét jelenti: a vasúti vágány és az ágyazatot foglalja magában (5.5-1. ábra).



5.5-1. ábra.
A folyó vágány részei és a sínre ható erők

A sín a vasúti vágány legfontosabb szerkezeti eleme, mert tartószerkezet, irányítószerkezet és a vonóerő átadását biztosító elem.

Az egész felépítmény terhelosztó hatása látható az 5.5-2. ábrán.

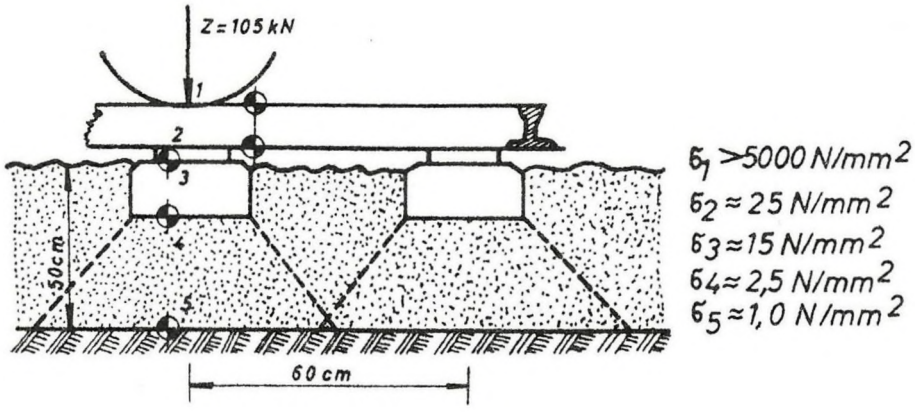
A hazai sínrendszerek a folyómétertömeg kg/m alapján mutathatók be:

54,43; 48,5; 48,3; 34,5 és a keskeny nyomközű vasutaknál ma használatos 23,6 kg/m, vagy ennél kisebb 12-14 kg/m.

A sín hengerléssel, a szabványelőírások szerint bázikus Siemens-Martin eljárással sínacélból készül. A sínacél nagy szilárdságú

$$\sigma_{max} = 700 - 900 \ N/mm^2$$

amelytől nagy szívósságot követelünk meg, a dinamikus hatások miatt.



5.5-2. ábra.
A vasúti felépítmény terhelosztó hatása

Folyási határa: $\sigma_f = 350 - 550$ N/mm^2

Hossza: 12-24 m.

Az aljak a teherhordás szerepét töltik be, a sín alátámasztásával, a nyomtáv biztosításával. Alakjuk, alátámasztási rendszerük többféle:

– keresztaljas, kombinált vegyesaljas, magánaljas, hosszaljas, folytonos vb. lemez.

Nálunk a keresztaljas vágány építése van használatban. Ezek anyaga lehet: vasbeton és fa.

A vasbetonalj a súlya alapján jobb vágányállékonyságot biztosít. Fatiplis sínleerősítés sín-csavarokkal.

A faalj vagy talpfa egyik legáltalánosabban használt keresztalja. Ma is széleskörűen használt elem, mert jó a villamos szigetelőképessége, könnyen megmunkálható és rugalmas. Átlagos élettartama telítéssel 35 év.

A faaljak készülnek:

– kemény (bükk, tölgy) vagy
– puhafából (erdei-, fekete- és vörösfenyő).

A hazai vasútépítésnél használatos keresztaljak hosszméretei az 5.5-1. táblázatban láthatók. Keresztmetszeti mérete az 5.5-3. ábrán van. Keresztvágányú vasúti pályán kisebb a méret.

A talpfa telítése kátrányolajjal történik

10 % kőszénkátrány 80 % barnaszénkátrány, vagy

22 % kőszénkátrány és 78 % ásványolaj.

A telítési eljárás lehet:

a/ Rüpping (erdei-, feketefenyő, esetleg bükk)

– egyszeres 3-4 órán át,
– kétszeres 6-8 óra alatt.

Az eljárás során légpárnát alkalmaznak, 1,5-4 atm. nyomás 10-20 perc, olajnyomás 8-12 atm. 60 - 100 perc, majd vákuum 400 higany mm 30 perc. Ezt a kétszeres telítésnél meg kell ismételni, ahol egy m^3 talpfa telítéséhez 160 – 180 kg olaj szükséges.

b/ Bethell (tölgy, cser, luc, jegenye és vörösfenyő)

A telítésnél:
– elővákuum,
– olajnyomás és
– utóvákuummal történik, 60 - 100 kg/m^3 olajjal.

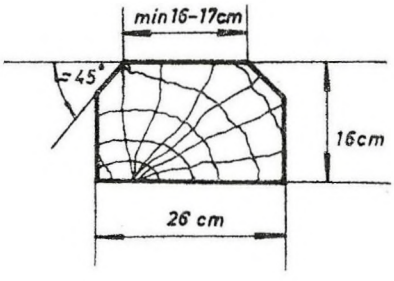
5.5-1. táblázat.

A MÁV-nál használatos faaljhosszak, a tengelyteher, a vonal és vágányjelleg alapján

Vonal jellege és a sín folyómétertömege	Tengely teher kN	Vágány jellege	Faalj hossza m
Fővonal, g> 40 kg/m	> 200	Nyíltvonal, állomási fővágányok Állomási mellékvágányok	2,60 2,50
Fővonal, g = 30-40 kg/m	160-200	Nyíltvonal, állomási fővágányok Állomási mellékvágányok	2,50 2,40
Mellékvonal, g = 30-40 kg/m	120-160	bármely vágány	2,40
Mellékvonal g< 30 kg/m	< 120	bármely vágány	2,30

c/ Vízes oldatot is használnak gombafajták ellen, de ez az eljárás rontja a villamos szigetelés hatását.

Az ágyazat a vágányt alátámasztja, a nyomást csökkenti, a vizet elvezeti, megfelelő villamos ellenállást (ballaszt) biztosít. Használnak: zúzottkövet, salakot, kavicsot és homokot. Ma inkább csak zúzottkövet. A kő anyagát és a vastagságot szabványban írják elő. Ez utóbbi 20 - 50 cm.



5.5-3. ábra.
A faalj keresztmetszeti méretei

5.5.1. *Sínleerősítések, hevederkötések*

A sínleerősítés feladata a sín és alj között az igénybevételnek megfelelő kapcsolat biztosítása.

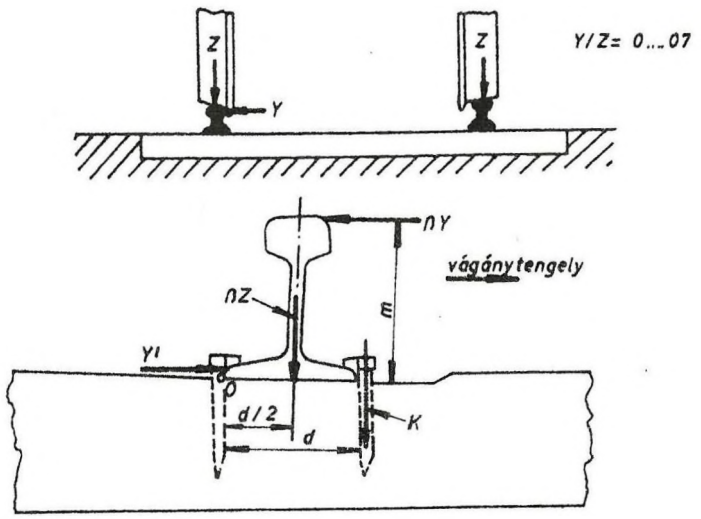
A vasúti sínre térbeli erő hat (5.5-1. ábra).

Az erőjátékot az 5.5-4. ábrán követhetjük.

A Z kerékteherből és az Y oldalirányú erőből – a sín terhelosztó hatása miatt – egy aljra βZ, illetve βY csökkent erő hat,

ahol: β – tényező leggyakoribb értéke 0,6 lehet.

A belső lekötő elem igénybevétele az ábra alapján a Q pontra írt nyomatéki egyenletből meghatározható:



5.5-4. ábra.
A sínleerősítésre ható erők

$$K \cdot d + \beta Z \frac{d}{2} - \beta Y \cdot m = 0$$

a kihúzó erő értéke:

$$K = \beta Y \frac{m}{d} - 0{,}5 \quad Z,$$

ekkora erő igyekszik kihúzni a belső lekötő elemet. A külső lekötő elem igénybevételét főleg oldalerő okozza. Az Y irányú erő vetületi egyenletből a külső lekötőelemre:

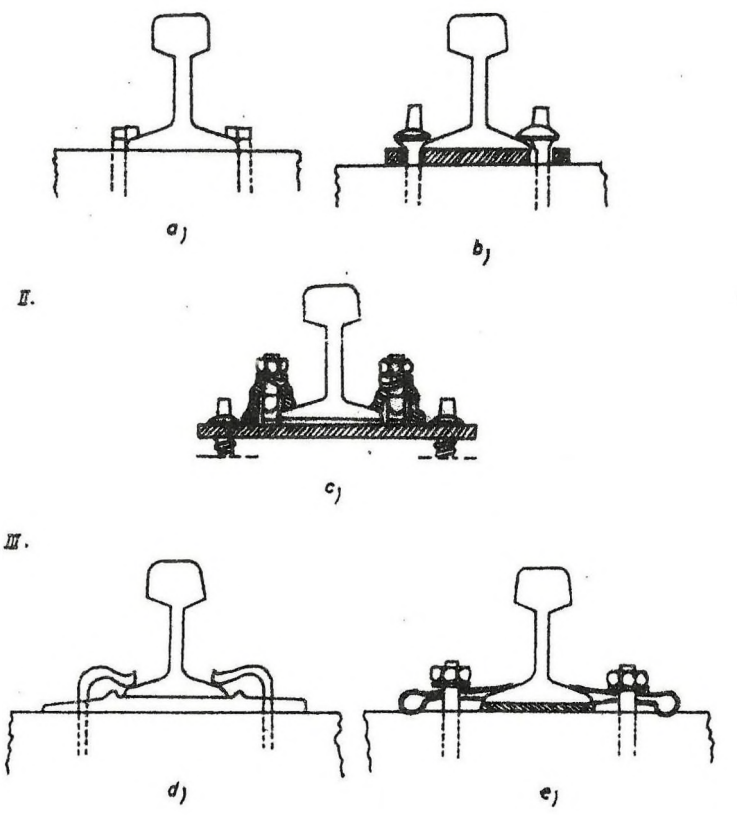
$$Y' = \beta Y - \mu_{cs} \beta Z$$

nyíróerő hat, ahol μ_{cs} a sín talpa és az alj közötti csúszósurlódás tényezője.
Ha $\mu_{cs} = 0{,}3$ egy sínleerősítésnél
$\Sigma F \approx 25000$ N leerősítőerő szükséges, egy-egy oldalon 12500-12500 N.

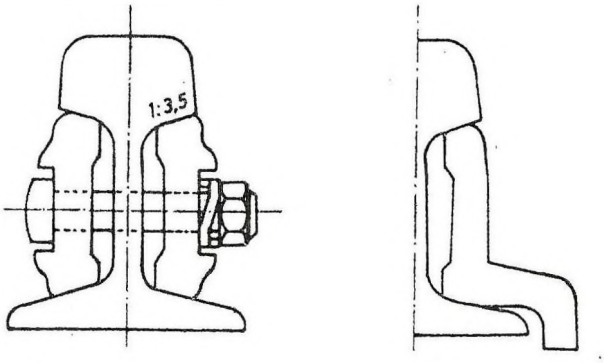
A sínleerősítések csoportosítását a sín és alj közötti kapcsolat kialakítása szerint feloszthatjuk:

- közvetlen sínleerősítésekre, alátétlemezzel, vagy alátétlemez nélkül, (5.5-5/a., 5.5-5./b. ábra). Sínszegekkel vagy síncsavarokkal keskeny nyomközű vasutainkon használatos,
- szétválasztott szorítóhatású sínleerősítés (5.5-5/c. ábra). Normál nyomközű vasutjainkon használatos,
- rugalmas sínleerősítésekre, amelyek egyszeresen és kettősen rugalmasak (5.5-5/d., e. ábra).

A hevederkötések a sín folytonosságának biztosítása céljából vannak, amelyeket hevedercsavarokkal szorítanak a sínhez. Lehetnek lapos vagy szöghevederek (5.5-6. ábra). Az illesztések iker és lengő alátámasztásúak lehetnek. A káros kerékütések megakadályozása miatt a két sínvég között legfeljebb $\Delta_{max} = 20$ mm hézagot engedünk meg.



5.5-5. ábra.
Sínleerősítések csoportosítása



5.5-6. ábra.
Hevederkötések

5.5.2. *A sínhegesztések*

A hosszúsínes és hézagnélküli vágányok építése megkívánja a rövidebb sínek (12-14 m) összehegesztését.

A sínhegesztési eljárások:

- villamos ellenállás-hegesztés telepen történik vagy speciális vágányon mozgó berendezéssel. Itt a Joule-féle hőmennyiség a végeket megolvasztja, majd a sínvégek összenyomásával a sín saját anyaga összeheged. A hegesztéshez nagy áramerősségre (20 000 A) és kis feszültségre (5 V) van szükség.
- Aluminotermikus sínhegesztésnél a fémoxidpor és aluminiumpor keveréke a termit. A reakció:

$$Fe_2O_3 + 2\ Al = Al_2O_3 + 2Fe + 760\ kJ$$

A hegesztéshez formákra van szükség és a sínvégek előkészítésére. Jó, hogy az acélanyag minőségéhez alkalmazkodni lehet.

- Kézi villamos ívhegesztés használata függ az emberi felkészültségtől, a hangulatától. Ma már igyekszünk mellőzni az alkalmazását.

5.5.3. *Különleges felépítmény-szerkezetek*

- Az útátjárók felépítménye 70 mm széles és 38 mm mély nyomcsatornával, vezető sínnel és burkolattal;
- kissugarú ívek vezetősínes felépítménye, az ív belső sínszála mellett nyomcsatorna biztosításával vezetősín elhelyezése. Hegyvidéki vasutakon, kissugarú ívekben nélkülözhetetlen. Csak faaljas felépítményre fektethető;
- dilatációs sínillesztések, a sínvégek nagyobb elmozdulását biztosítja, a kerékáthaladásnál alátámasztási hiány nem lép fel. Hosszú hidakon szükséges, ilyen a Csilléry-féle dilatációs készülék, amely 160 mm hosszirányú elmozdulást biztosít.

5.6. *Hézag nélküli vasúti pályák*

A műszaki és gazdasági előnyök a hosszabb sínek építését eredményezte. A rövidsínes vágányok 12,0, 18,0, 24,0 m hosszban nagyszámú sínillesztést eredményeztek. Ezek hátrányát csökkentették a hosszúsínes vágányok (36,0, 40,0 és 60,0 m). A fejlődés következő szakasza a hézagnélküli vágányok, ahol az illesztést kiküszöbölték, amely a hőmérsékletből származóan a hoszszúsínes vágánnyal együtt belső feszültséggel terhes.

A sínhőmérséklet szélső határai hazánkban

$-30^{\circ}C$ és $60^{\circ}C$ értékű.

A hőmérsékletváltozás hatása két szélső esetben lehetséges:

- amikor a dilatáló anyag (sín) szabadon lehetséges:
- a dilatáló sín hosszát nem változtatja.

A fizikából ismert, hogy a kiterjedésében nem akadályozott sín a hosszát megváltoztatja:

$$\Delta L = \alpha . L . \Delta t \text{ értékkel,}$$

ahol: α – a vonalas hőtágulási tényező (sínacélnél $11{,}5 . 10^{-6}$);
L – a sínszál hossza, m;
t – a hőmérséklet változása, C^o.

A sín minden méterére egy mm hosszváltozás jutna. A sín akadályozva van a hosszváltozásban, a surlódás-, ágyazati ellenállások miatt. Igy a hosszváltozás gyakorlati értéke ennél kisebb. Ha a sínt két végén szilárd megfogással hosszváltozásában akadályozzuk, a sínben a hőmérsékletváltozás hatására belső feszültség (σ, N/mm^2) keletkezik, illetve dilatációs erő (F, N) ébred. Ez esetben érvényes a Hooke-törvény és az előzőeket is figyelembe véve

$$\sigma = E\varepsilon = E \frac{\Delta L}{L} = \varepsilon \frac{\alpha . L . \Delta t}{L} = \alpha . E . \Delta t, \quad N/mm^2$$

A dilatációs erő nagysága:

$$F = A . \sigma = \alpha . A . E . \Delta t, \quad N$$

ahol: E – a sín rugalmassági modulusza, N/mm^2,
A – a sín keresztmetszeti területe, mm^2.

Látható, hogy a hőmérsékletváltozás hatására a dilatációs feszültség, ill. az erő értéke nem függ a sín hosszától, ami a házag nélküli pálya építését lehetővé teszi.

Az állandó értéket behelyettesítve a

$$\sigma = 25 . \Delta t, \quad N/mm^2, \quad \text{tehát}$$

minden ^oC hőmérsékletváltozásra 25 N/mm^2 belső feszültség ébred.

A pályában a sínvég az illesztési hézag határain elmozdulhat, ha bizonyos ellenállásoknál nagyobb erő alakul ki.

A sínvégmozgással ellentétesen hat:
- a hevedersurlódási erő $(A = 50 .... 200) . 10^3$ N
- a hosszirányú ágyazatellenállás értéke,

$$p = 5 \text{ N/m.}$$

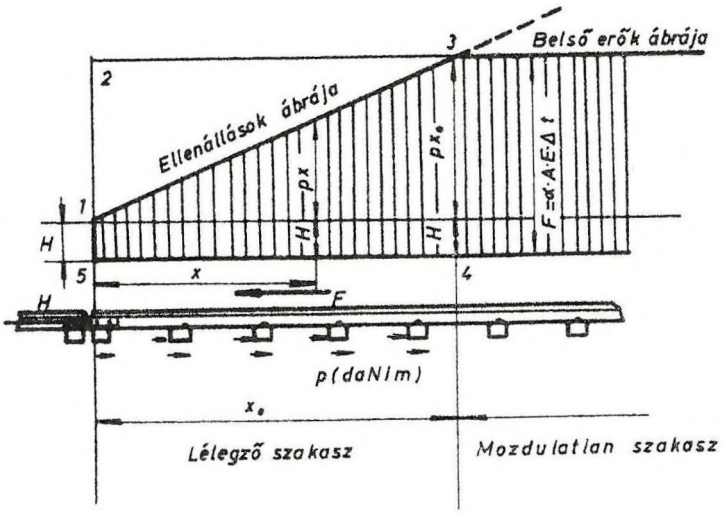
Egy sínszálban a Δt hatására, ha a sín mozdulatlan

$$F = \alpha . A . E . \Delta t \quad \text{nagyságú belső erő}$$

ébred. Az ezzel ellentétes erőket az 5.6-1. ábra szemlélteti (H és p). Az ábrából az aktív és az ellenállási erők nagysága

$$\alpha . A . E . \Delta t = H + p . X_o$$

egyensúlyából a lélegző szakasz hossza



5.6-1. ábra.
A sínszál végének erőjátéka hézagnélküli vágányban

$$X_0 = \frac{\alpha . A . E . \Delta t - H}{p} \quad m \quad \text{amely}$$

a szélső hőmérsékleti értékeknél nem nagyobb 60-80 m-nél. Igy 120-160 m-nél hosszabb sínhosszak esetén állandó közbenső ún. mozdulatlan szakasz maradhat, ahol fellép a teljes dilatációs erőből származó feszültség. A mozdulatlan szakasz több km is lehet, mert a belső erők nagysága a hossz miatt nem növekszik.

Összefoglalva:

a/ rövidsínes vágány 20-25 m, ahol a hézag 20 mm, vagy teljesen zárt;

b/ hosszúsínes vágánynál közbenső mozdulatlan szakasz nem alakulhat ki, csak a középső keresztmetszet marad helyben, a gyakorlatban 36-48-60 m hosszúak;

c/ a hézag nélküli vágányok hossza nagyobb, mint $2 X_0 = 120 - 160$ m. Felső értékét ma a biztosító berendezés szigetelt sínjei sem akadályozzák.

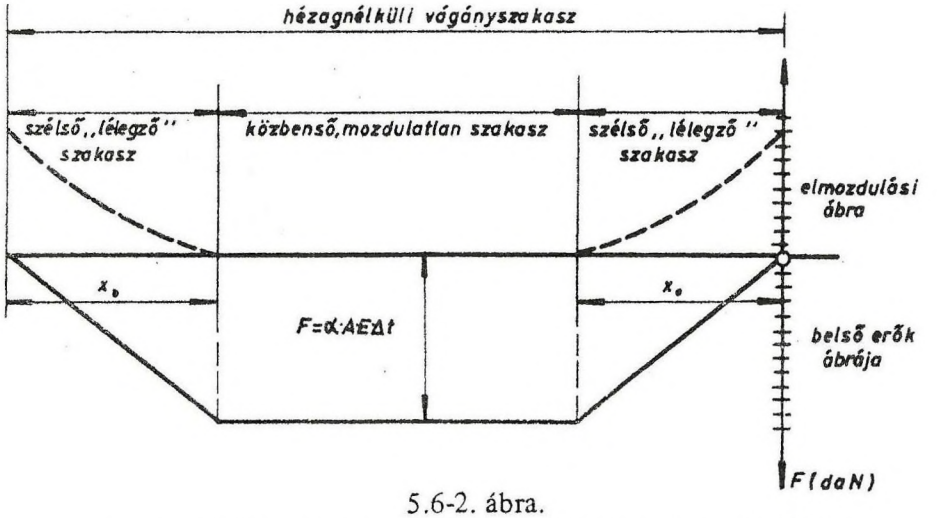
A hézag nélküli vágánynál belső erők ábrája az 5.6-2. ábrán van. A sínszálakat a semleges hőmérsékleten, amely jelenleg $b_0 = + 20\ ^oC$ és $\pm 5\ ^oC$-kal megengedett eltéréssel hegesztik össze.

A nagyobb nyomóerő a vágányt kihajlással vagy „kivetődéssel" fenyegeti, míg a túlságosan nagy téli húzóerő az un. „hideg törés" miatt veszélyes.

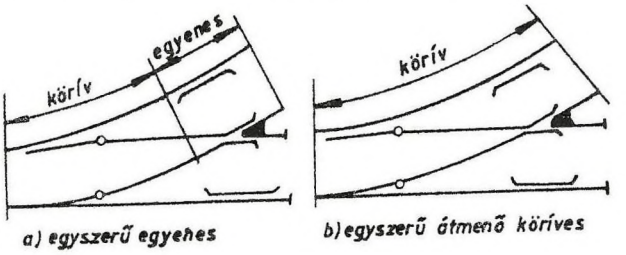
5.7. *Kitérők és átszelések*

A kényszerpályás vasúti közlekedésnél a járművek irányváltoztatását különleges felépítményi szerkezet a kitérő teszi lehetővé. A kitérők fajtáit az 5.7-1. ábrán látjuk.

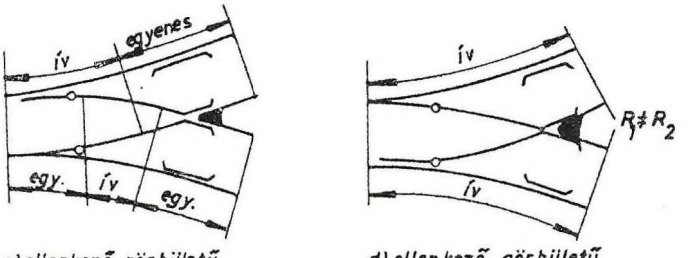
Az egymást metsző vágányok esetén az átszerelés használatára kerülhet sor, amely azonos szintben, irányeltérés nélkül biztosítja a keresztezést (5.7-2. ábra). Az átszerelések lehetnek kisszögűek (5.7-2. a/ ábra) $\alpha = 6^o20'25''$, 2α vagy 3α szögekkel, nagyszögűek (5.7-2. b/ ábra)



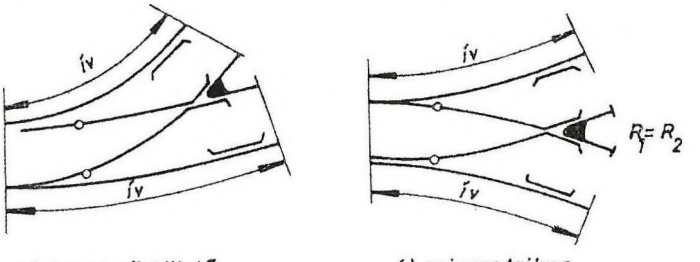
5.6-2. ábra.
Hézag nélküli vágányban az elmozdulás és a belső erők ábrája



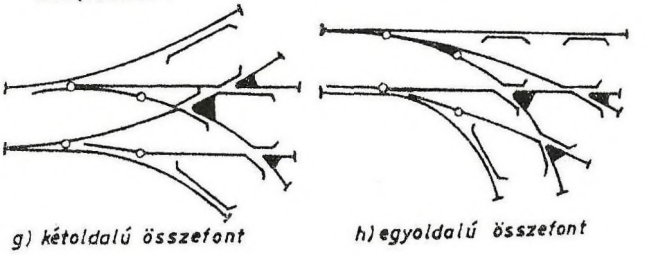
a) egyszerű egyenes b) egyszerű átmenő köríves



c) ellenkező görbületű egyenes d) ellenkező görbületű íves, ívesített

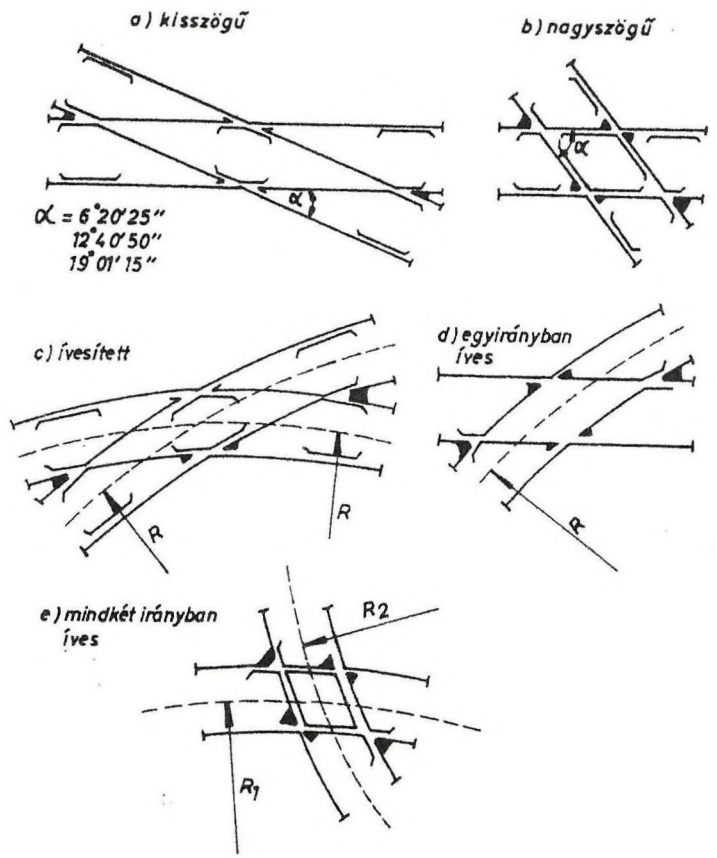


e) azonos görbületű íves, ívesített f) szimmetrikus

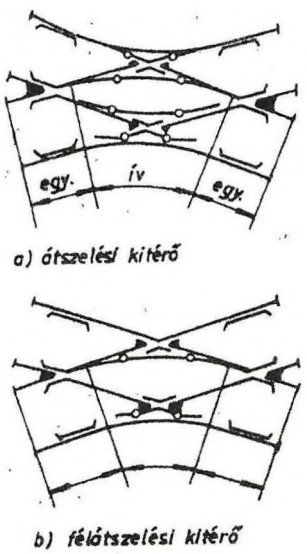


g) kétoldalú összefont h) egyoldalú összefont

5.7-1. ábra.
Kitérők fajtái



5.7-2. ábra.
Átszelések fajtái



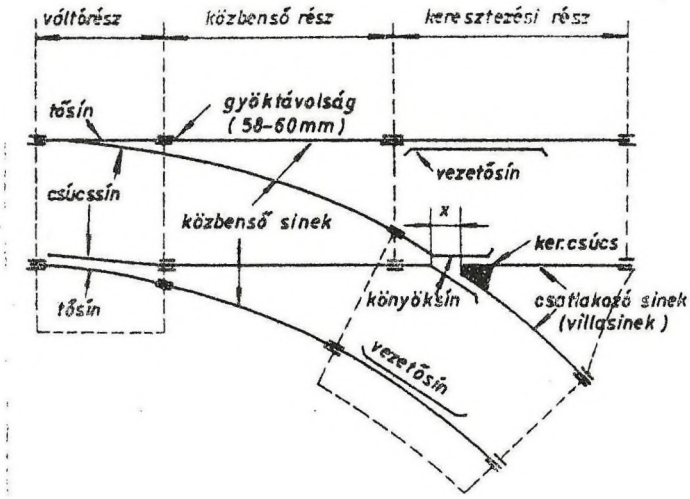
5.7-3. ábra.
Átszelési kitérők

60°, 70°. Ezen kivül ívesítettek (5.7-2. c/ ábra) és *körívesvágányátszelések* (5.7-2. d/ és e/ ábrák)Az átszelési kitérők, a kitérő és átszelés egyesítése (5.7-3. ábra).

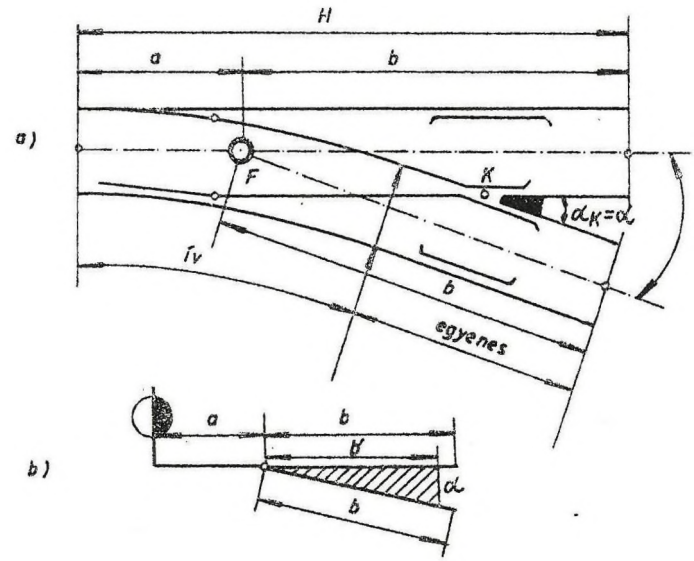
5.7.1. *A kitérő részei és hajlása*

A kitérő három főrészből áll:
– a *váltórész,*
– a *keresztezési* rész és
– a kettő közötti *közbenső* rész
(5.7-4. ábra). Az egyes részeket is ezen ábra alapján ismerhetjük meg.

A kitérő hajlása, a kitérő két ágának a tengelyhez a kitérő végein szerkesztett érintők által bezárt szögének tangense. A szabványos hajlás hazánkban 1 : 9, azaz:



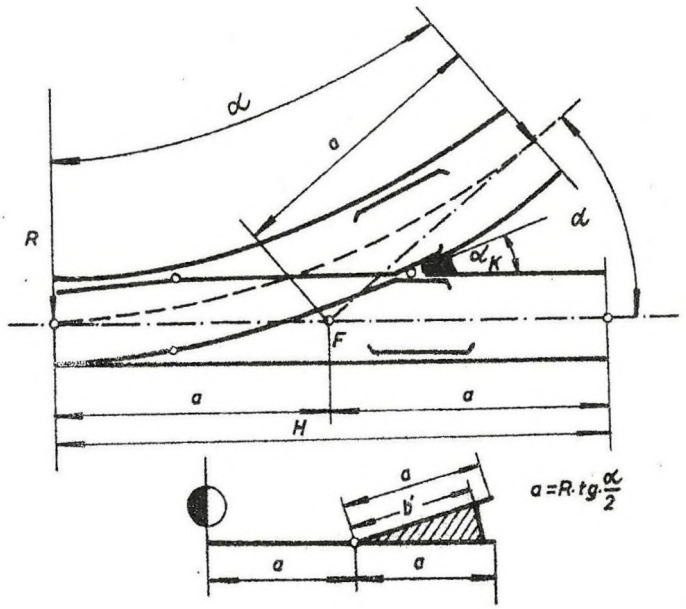
5.7-4. ábra.
A kitérő főrészei



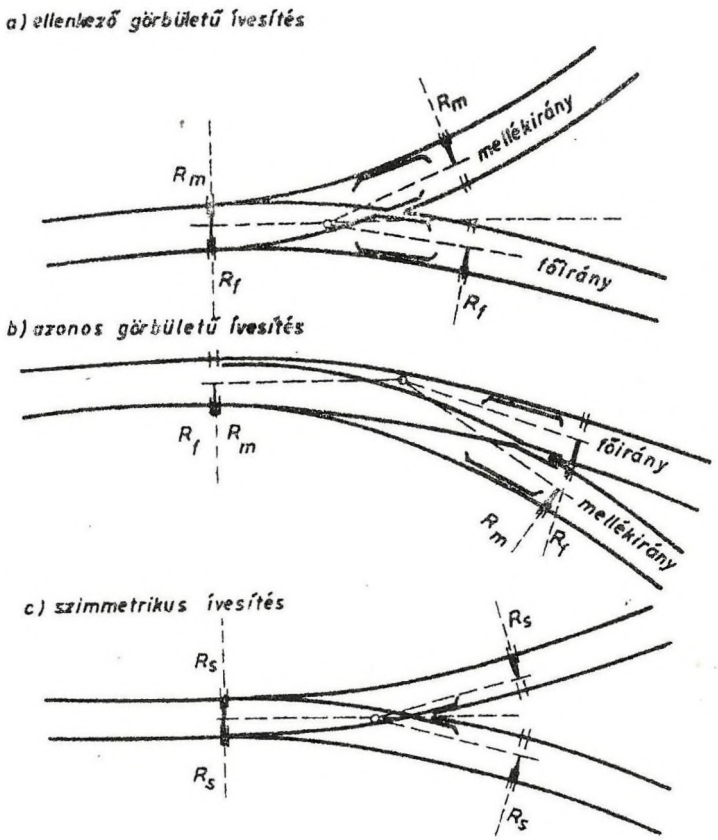
5.7-5. ábra.
Egyszerű egyenes kitérő és tengelyábrája

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{9} \quad \text{és} \quad \alpha = 6^{o}20'25''$$

A terveken a kitérőket tengelyábráikkal jelöljük, amelyeket az 5.7-5. és 5.7-6. ábrákon látunk. A kitérők általában szabványosak és a sínredszerek (súly) szerint változhatnak. A szabványos kitérők szabványokban és segédkönyvekben találhatók. Felhasználásuk a feladat, a forgalom nagysága szerint változhat.



5.7-6. ábra.
Átmenő köríves kitérő és tengelyábrája



5.7-7. ábra.
A kitérő ívesítés alaptípusai

5.7.2. *A kitérők ívesítése*

A vasúti ívek nagy számban előforduló görbületeltérése miatt sok kitérőtípust kellene egyedileg és nagy számban legyártani, költségesen, gazdaságtalan megoldással.

Ives vágányok kapcsolása egyszerűen néhány alapkitérő ívesítésével oldhatók meg. Sokszor előfordul ennek szüksége iparvágányok esetében. Az előfeltételek megoldása:

- a kitérő váltója érintőköríves csúcssínű,
- a kitérő geometriája átmenőköríves.

Egyszerű egyenes kitérő csak a keresztezési egyenesig hajlítható.

Kitérőívesítéssel az 5.7-7. ábrán látható kitérőfajták nyerhetők.

5.8. *Vágánykapcsolások*

A vasúti vágány geometriai elemeit tekintve egyenes és íves vágányszakaszokból, szerkezetére nézve pedig folyópályából, kitérőkből, átszelésekből tevődik össze.

A vágányok kitérőkkel, átszelésekkel való összekötése a vágánykapcsolás, amely lehet:

- *szabványos* a gyakran ismétlődő tengelytávoknak megfelelően,
- *egyediek*, amelyeket különleges feladatok megoldására, külön számítások alapján készítünk.

A leggyakoribb *szabványos vágánykapcsolások*:

- az egyszerű vágányelágazás,
- az egyszerű vágánykapcsolás,
- a kétalfás lira, amelyek szabványokban találhatók meg.

Az egyedi vágánykapcsolásokat a helyi kötöttségek megoldására külön számítással határozzuk meg. A feladat megoldása lényegében koordinátaszámítás alapján:

- vetítési módszerrel, vagy
- háromszögmegoldással történhet, ahol

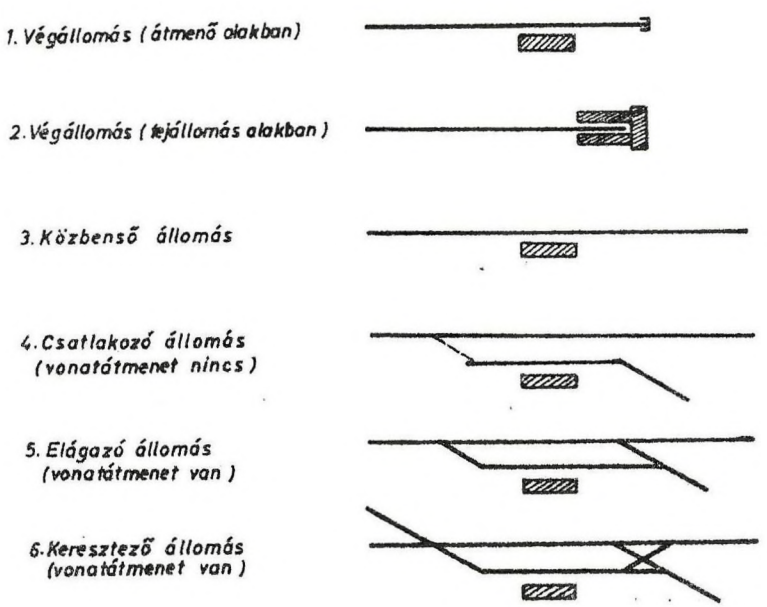
az adott helyzetre keressük az ismeretlen adatokat.

Részletes ismeretek a Vágánykapcsolások c. szakkönyvben találhatók.

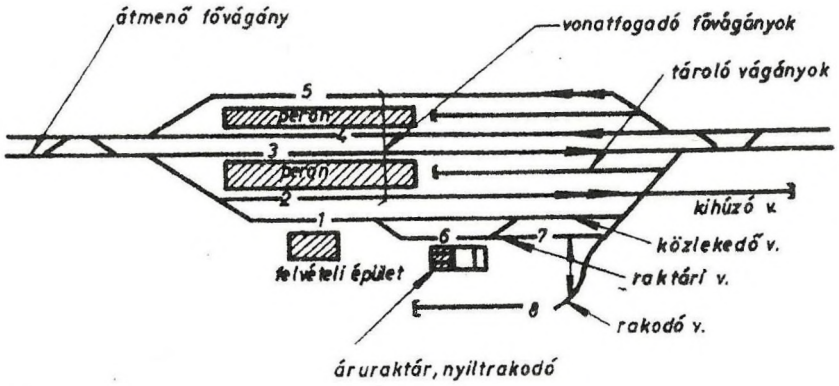
5.9. *Állomások és pályaudvarok*

A vasúti közlekedés műszaki elemei közül – a pálya, a jármű és a vonóerő mellett – a vasúti állomások, pályaudvarok fontos szerepet töltenek be. Ez utóbbi forgalmi, vontatási és kereskedelmi feladatokat látnak el.

Az *állomások csoportosítása* az 5.9-1. ábrán látható, az állomási vágányok elrendezését, megnevezését egy közbenső állomás esetén az 5.9-2. ábrán tünteti fel.



5.9-1. ábra. – Állomások csoportosítása a pályához való helyzetük szerint



5.9-2. ábra.
Állomási vágányok közbenső állomáson

Fontos a *vágányok hossza*, hogy megfelelő tengelyszámú vonat befogadására alkalmas legyen.

A *pályaudvarok* nagyvárosok szakosított állomásai:
- személypályaudvarok,
- üzemi (tároló) pályaudvarok,
- teherpályaudvarok,
- rendező-pályaudvarok.

A feladatok együttes ellátására itt nincs lehetőség.

Fontos feladat az *állomások vízellátása*, amelynek mennyisége az ivó és ipari vízből normák alapján biztosítható.

A vízmennyiség nem csekély értékű, gondos számításra van szükség.

Műszaki vonatkozásban szükség van az állomások vágányhálózatának víztelenítésére is.

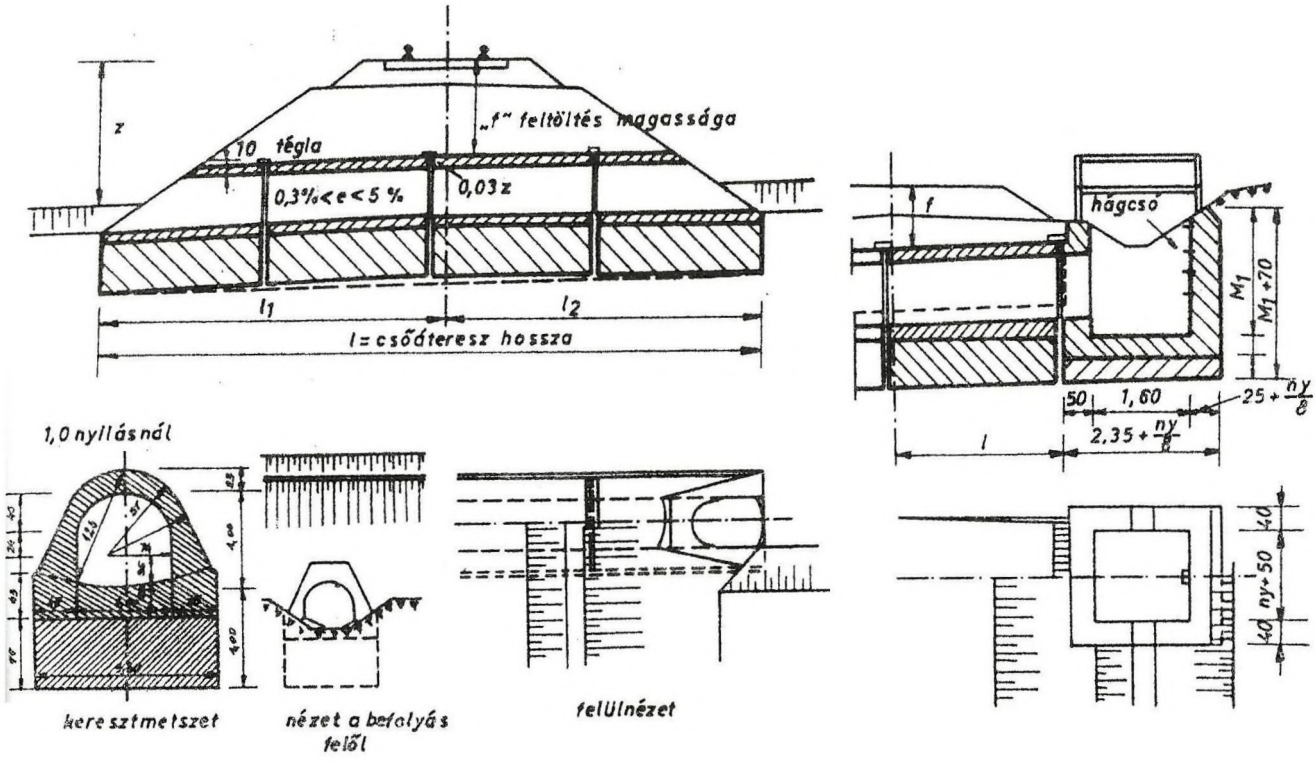
5.10. *Műtárgyak, keresztezések, védművek*

A vasúti pálya helyhezkötött berendezései többek között:
- a vízátvezetési műtárgyak,
- a szintbeni útátjárók,
- a keresztezések,
- a védművek és
- a jelzők.

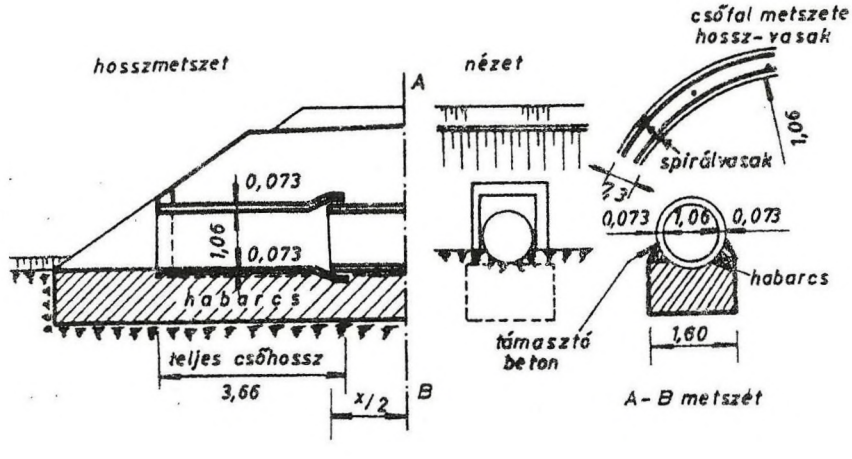
A vízátvezetési műtárgyak közül az átereszek lehetnek csőátereszek (5.10-1., 5.10-2. ábra) és nyílt áteresztek. A szabványos vasúti beton csőátereszek méretei az 5.10-1. táblázatban láthatók.

Nyílt átereszeket kis töltésmagasságnál, főleg keskeny nyomközű vasúton építhetünk, lehetőség szerint mellőzzük, a régieket is építsük át. Ritkán fordul elő ma már a *boltozott műtárgy* (5.10-3. ábra), inkább hegyvidéken.

Nagyobb nyílásnál hidat kell építeni. Jellegzetes vasúti műtárgy a *teknőhíd* (5.10-4. ábra). A teknőhíd áthidaló szerkezete lehet:
- sínbetétes beton (0,6-3,0 m nyilásoknál),



5.10-1. ábra.
MÁV szabványos csőáteresz



5.10-2. ábra.
Előregyártott vasbeton csőáteresz

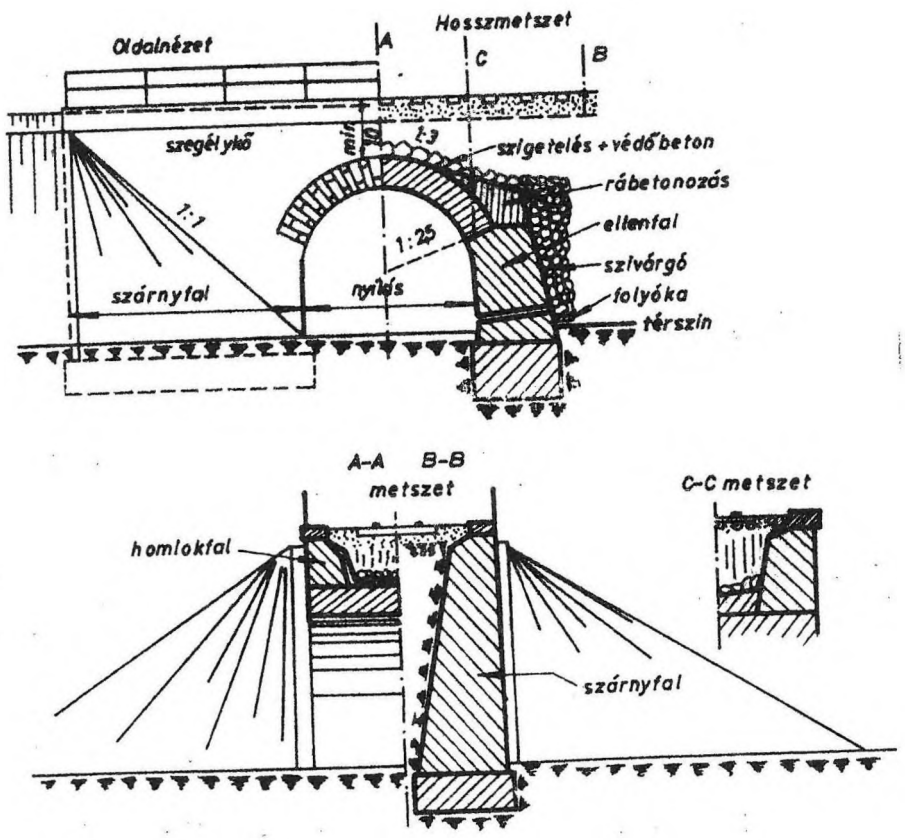
– acélgerendabetétes beton (3,5-10,0 m nyilásoknál, főleg korábban) és
– vasbetonlemez bármely nyilás esetén (5.10-4. ábra).

5.10-1. táblázat.

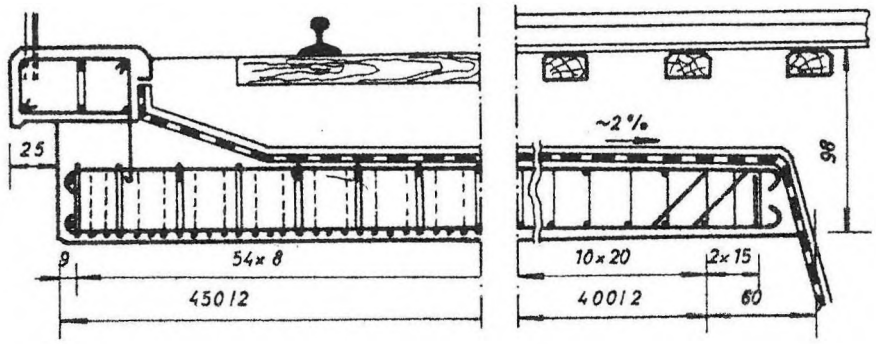
Szabványos vasúti beton csőátereszek méretei

Nyilás m	Tetőboltozat vastagság m	Talpszélesség m	Átfolyási szelvény m^2	Betonkereszt-metszet (alap nélkül) m^2	Takarás min. m
0,6[x]	0,15	1,20	0,30	0,51	1,00
0,8[x]	0,19	1,60	0,53	0,98	1,00
1,0	0,23	1,90	0,78	1,32	1,00
1,5	0,32	2,80	1,97	2,53	1,25
2,0	0,42	3,70	3,44	4,24	1,25

[x] – gyártott, de nem ajánlatos szelvény.



5.10-3. ábra.
Boltozott vasúti híd



5.10-4. ábra.
Vasbetonlemezes teknőhíd metszete

A szintbeni útátjárók lehetnek biztosítás nélküliek és biztosítottak. Az itt szükséges ismereteket a KRESz előírásai tartalmazzák (lásd. 5.4. pontot is).

Keresztezést jelentenek még villamos szabadvezetékek és ezek föld alatti kábelei, a csővezetékek és a függőpályák. Építési előírásaikat szabványok rögzítik.

A *védműveket* hó- és homokfúvás valamint sziklaomlások ellen építjük.

Lehetnek mesterségesen építettek és természetesen telepítettek (erdősávok és sövények).

5.11. *Keskeny nyomtávolságú vasutak*

Hazánkban a 760 mm nyomtávolság terjedt el az erdei vasutaknál is, de lehet 1000 és 600 mm-es is.

A nagyvasúthoz viszonyítva a kötöttségek itt enyhébbek. Átmeneti ívként harmadfokú parabolát használunk. A legnagyobb emelkedő általában 40 ‰, de egyes hegyvidékeken a korábban épült vonalaknál ennél nagyobb is előfordulhat.

Ma a korszerűsítéseknél, ill. új építéseknél használatos sínrendszer 23,6 kg/m, amelyet a normál nyomtávú MÁV vasútvonalak síncseréjéből nyerünk. Hevederes sínillesztéssel sínszeges és síncsavaros leerősítéssel építjük. Az alj talpfa, vasbetonalj. Ez utóbbi nem vált be, így korszerűsítéseknél és új építéseknél ismét lehetőleg MÁV bontásból kikerült, talpfákat használunk fel pl. Királyréti Állami Erdei Vasútnál 1979-81-ben.

A kitérők változatosak. Az állomási kialakítás egyszerű, általában néhány vágányból áll.

A sajáthasználatú keskeny nyomtávolságú vasúti pályák és állomások tervezésére vonatkozó irányelveket részletesen tartalmazza a KPM 152585/1971. sz. alatt kiadott előírása.

Irodalomjegyzék

Dr.Ábrahám Kálmán: A közúti közlekedés kézikönyve
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1978.
Dr.Herpay Imre: Erdészeti útépítéstan
Előadás vázlatok, kézirat, Sopron, 1977.
Dr.Kézdi Árpád – Markó Iván: Földművek védelme és víztelenítése
Műszaki Könyvkiadó, 1962.
Dr.Kézdi Árpád: Stabilizált földutak
Akadémiai Kiadó, Bp. 1976.
Dr.Ing-Hans Lorenz: Trassierunk und Gestaltung von Strassen und Autobahnen
Bauverhang GMBH, Wiesbaden und Berlin, 1970.
Dr.Megyeri Jenő: Ut- és vasútépítés II.
(BME jegyzet, szerkezetépítő szakos hallgatók részére)
Dr.Mentsik Győző: Ut- és vasútépítés, Utépítés
Tankönyvkiadó, Bp. 1980.
Mészáros–Komáromi László: Utépítés I., II., III.
Tankönyvkiadó, 1976. KTMF jegyzet
Dr.Nemesdy Ervin: Vágánykapcsolások és vasúti állomások
Tankönyvkiadó, Bp. 1966.
Dr.Nemesdy Ervin: Vasúti felépítmény
Tankönyvkiadó, Bp. 1966.
Dr.Nemesdy Ervin: Utak és autópályák pályaszerkezete
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1971.
Dr.Nemesdy Ervin: Utak és autópályák tervezési alapjai
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1974.
Dr.Palotás László: Mérnöki kézikönyv
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1955.
Dr.Pankotai Gábor: Erdészeti útépítéstan I.
EFE Jegyzetsokszorosító, Sopron 1974.
Dr.Pankotai Gábor – Dr.Herpay Imre: Erdészeti szállítástan
Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 1965.
Dr.Pankotai Gábor – Dr.Rácz József: Erdészeti vízgazdálkodástan
EFE egyetemi jegyzet, Sopron, 1975.
Dr.Rózsa László: Az alapozás kézikönyve
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1977.
Dr.Széchi Károly: Alapozás
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1963.
Szijártó László – Dr.Varga László: Geotechnika II.
KTMF jegyzet, Győr, 1977.
Dr.Varga László: Talajmechanika
(szakközépiskolai tankönyv)
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1974.
Dr.Varga László: Geotechnika III.
Tankönyvkiadó, Bp. 1976.

TARTALOMJEGYZÉK

oldal

1. UTÉPITÉSI ANYAGOK 3
1.1. Helyi természetes állapotban használt anyagok 3
1.1.1. Talajok 3
1.1.2. Homok és homokos kavics 3
1.1.3. Murva 4
1.1.4. Kohósalakkő 4
1.2. Kőzetekből előállított útépítési kőtermékek 5
1.2.1. A kőzetek minősége, vizsgálatok 6
1.2.2. Kőzettani vizsgálatok 6
1.2.1.1. A kőzet súlyadatainak vizsgálata 6
1.2.1.2. A vízzel kapcsolatos vizsgálatok 6
1.2.1.3. Időállósági vizsgálat 6
1.2.1.4. Szilárdsági vizsgálatok 7
1.2.1.4.1. A nyomószilárdság vizsgálata 7
1.2.1.4.2. Kopási vizsgálat Deval dobbal 8
1.2.1.4.3. Aprózódási vizsgálat Los Angeles dobban 9
1.2.1.4.4. Polírozhatósági vizsgálat 10
1.2.1.5. Tapadóképesség vizsgálat 11
1.2.1.6. A szemcsealak vizsgálata 11
1.2.3. Terméskövek és idomkövek 13
1.2.4. Zúzottkő termékek 13
1.2.4.1. Zúzottkő termékek fajtái (választék) 14
1.2.4.2. Zúzottkő termékek előállítása 15
1.2.4.2.1. Bányák kialakítása 19
1.2.4.2.2. Szilárd kőzetek kitermelése 19
1.2.4.2.3. Homok és kavics kitermelése 22
1.2.4.2.4. Anyagmozgatás bányákban 22
1.2.4.3. Zúzottkő termékek vizsgálata 22
1.2.5. Kőlisztek 23
1.3. Kötőanyagok 24
1.3.1. Bitumenek 24
1.3.1.1. Az útépítési bitumenek 25
1.3.1.2.1. Az útépítési bitumen minősítési vizsgálatai 26
1.3.1.2.2. A hazai útépítési bitumenek választéka 31
1.3.1.2.3. Az útépítési bitumenek szállítása, tárolása és kezelése 31
1.3.1.2.4. Bitumenek keverése 34
1.3.1.2. A higított bitumenek 35
1.3.1.2.1. A higított bitumen minősítési vizsgálatai 35
1.3.1.2.2. A higított bitumenek választéka 37
1.3.1.2.3. A higított bitumenek kezelése, szállítása és tárolása 37
1.3.1.3. A bitumenemulziók 38

oldal

1.3.1.3.1. A bitumenemulziók gyártása 38
1.3.1.3.2. A bitumenemulziók fajtái, tulajdonságai és jellemzői 39
1.3.1.3.3. A bitumenemulziók minőségi vizsgálata 40
1.3.1.3.4. A bitumenemulziók szállítása és tárolása 42
1.3.2. Kátrányok 42
1.3.3. Cementek 43
1.3.3.1. A cement tulajdonságai és vizsgálata 43
1.3.3.2. A cementek fajtái minőségi előírások 44

2. ALÉPITMÉNYI MUNKÁK 46
2.1. Földművek tervezése 46
2.1.1. Földművek kialakítása 46
2.1.2. Az utak földmunkáinak különleges szempontjai 51
2.1.3. A földművekkel kapcsolatos mennyiségek számítása 52
2.1.3.1. Földművek keresztmetszetének területei 52
2.1.3.2. Folyópályatest köbtartalma 54
2.1.3.3. Földtömegszámítás számítógéppel 54
2.1.4. Földtömegek elosztása 57
2.1.4.1. Tömegelosztás vonalas földmunka esetén 57
2.1.4.2. Tömegtáblázat készítés 58
2.1.4.3. A földmunkák költségei és a munkaprogram 58
2.1.5. Földmunkával kapcsolatos robbantások 59
2.1.5.1. Robbanóanyagok 59
2.1.5.2. Robbantási módok 59
2.1.5.3. Különleges robbantások 60
2.2. Földmunka előkészítése 62
2.2.1. Földművek kitűzése 62
2.2.1.1. Kitűzés kézi földmunkánál 62
2.2.1.2. Kitűzés gépi földmunkánál 62
2.2.1.3. A munkaterület előkészítése 64
2.3. Töltések alapozása 65
2.4. A földművek építése 69
2.4.1. A kézi földmunka 70
2.4.1.1. A kézi földmunka eszközei 70
2.4.1.2. A kézi földmunka módszerei 70
2.4.1.3. Földfejtési osztályok 71
2.4.2. A gépi földfejtés 74
2.4.3. A földszállítás 84
2.4.3.1. Szállítóeszközök 85
2.4.4. Rakodás 86
2.4.5. A föld beépítése 88
2.4.5.1. A föld elhelyezése és elterítése 88
2.4.5.2. A földmű tömörítése 89
2.5. Utómunkák, a kész földmű minősítése, kiegészítő munkák 89

oldal

2.5.1. A földmű felületének alakítása, pontossága 89
2.5.2. A földművek felületének burkolása 90
2.5.3. Anyagnyerőhelyek elrendezése 92
2.6. Földművek károsodása és védelme 92
2.6.1. A leggyakoribb földműkárok és okai 92
2.6.2. A romlások megjelenési formái 93
2.6.2.1. A nagy földtömegeket érintő károsodások 93
2.6.2.2. Rézsűk romlása és helyreállítása 94
2.6.3. A károk elleni védekezés burkolattal 98
2.6.4. A vizek elvezetése 98
2.6.4.1. Felszíni vízelvezetés 98
2.6.4.2. Felszín alatti vizek elvezetése 101
2.6.4.3. Vízelvezetés a földmű alatt 105
2.7. Földművek fenntartása, a károk helyreállítása 109
2.7.1. Földutak karbantartása 109
2.8. Erdészeti utak műtárgyai (Kosztka Miklós) 115
2.8.1. Támasztófalak 115
2.8.1.1. Súlytámfalak tervezése 119
2.8.1.2. Vasalt talajtámfal tervezése 124
2.8.2. Kishidak és átereszek 126
2.8.2.1. Alapfogalmak 126
2.8.2.1.1. A híd szerkezeti elemei 127
2.8.2.1.2. A híd jellemző adatai 128
2.8.2.2. Hídpályák kialakítása 129
2.8.2.3. Hídtartozékok 132
2.8.2.3.1. Pályaszegélyezés és pályacsatlakozás 132
2.8.2.3.2. Hidak víztelenítése és szigetelése 133
2.8.2.3.3. Korlátok 136
2.8.2.3.4. Kerékhárítók, gyalogjárdák 138
2.8.2.4. Az alépítmény kialakítása 139
2.8.2.4.1. Hídfők és pillérek 139
2.8.2.4.2. Szárnyfalak, töltéscsatlakozás 143
2.8.2.5. A felszerkezet kialakítása 145
2.8.2.5.1. Vasbeton lemezhidak 145
2.8.2.5.2. Egyszerű gerendatartós hidak 147
2.8.2.5.3. Előregyártott elemekből készülő felszerkezet 151
2.8.2.6. A hidak méretezése 154
2.8.2.6.1. Az erőtani számítás során figyelembe veendő terhelő erők és mozgások 154
2.8.2.6.2. Az erőtani számítással szemben támasztott követelmények 157
2.8.3. Műtárgyak alapozása 159
2.8.3.1. Síkalapozások 159
2.8.3.2. Mélyalapozások 170
2.9. Földutak (Kosztka Miklós) 176

oldal

3. AZ ERDÉSZETI UTAK PÁLYASZERKEZETE (Kosztka Miklós) 178
3.2. Követelmények a pályaszerkezettel szemben, a pályaszerkezet felépítése 178
3.2. A pályaszerkezeti rétegek anyagai 179
3.2.1. Alaprétegek 179
3.2.1.1. Stabilizációs alapok 180
3.2.1.1.1. Mechanikai stabilizáció 182
3.2.1.1.2. Cementes talajstabilizáció 186
3.2.1.1.3. Meszes talajstabilizáció 188
3.2.1.1.4. Bitumenes talajstabilizáció 190
3.2.1.1.5. Stabilizációk építése kötőanyaggal 192
3.2.1.1.6. Granulált kohósalak, pernye és erőművek zagytéri anyagából épülő alapok 195
3.2.1.1.7. Vegyszerek alkalmazása talajok stabilizálására 196
3.2.1.2. Makadám szerkezetű alapok és burkolatok 197
3.2.1.2.1. Rakott terméskőalap 198
3.2.1.2.2. Szórt útalap 198
3.2.1.2.3. Durva zúzottkő alap 198
3.2.1.2.4. Vízzel kötött makadám alap és burkolat 199
3.2.1.2.5. Folytonos szemeloszlású zúzottkő alap 200
3.2.1.2.6. Hézagkitöltéssel bevibrált zúzottkő alap 201
3.2.1.3. Hézagminimum elvén alapuló kötőanyag nélküli alapok 202
3.2.1.3.1. Kavics alap 202
3.2.1.3.2. Murva alapréteg 203
3.2.1.4. Kohósalakkő alapréteg 204
3.2.1.5. Sovány beton alapréteg 204
3.2.1.6. Bitumenes alapok 206
3.2.2. Burkolatok (kötő- és kopórétegek) 206
3.2.2.1. Betonburkolatok 206
3.2.2.2. Aszfaltok 207
3.2.2.2.1. Aszfaltmakadám burkolatok 208
3.2.2.2.1.1. Itatott aszfaltmakadám 208
3.2.2.2.1.2. Kötőzúzalékos aszfaltmakadám 212
3.2.2.2.1.3. Kevert aszfaltmakadám 214
3.2.2.2.2. Tömör aszfalt alapok és burkolatok 217
3.2.2.2.2.1. Követelmények az alapanyagokkal szemben 218
3.2.2.2.2.2. Tömör aszfaltok hézagviszonyai 219
3.2.2.2.2.3. Tömör aszfaltok kővázának szemeloszlása és az adalékanyag összetételének tervezése 222
3.2.2.2.2.4. Tömör aszfaltok összetételének meghatározása alkalmassági vizsgálattal 224
3.2.2.2.2.5. Tömör aszfaltok készítése 227
3.2.2.2.2.6. Tömör aszfaltok beépítése 229
3.2.2.2.2.7. Tömör aszfaltok választékai és felhasználási területük 232
3.2.2.3. Hézagszegény hidegaszfaltok 237
3.2.3. A felületi zárás és az útfenntartás anyagai 239
3.2.3.1. Felületi (pórus) zárás 239
3.2.3.2. Felületi bevonás 239

oldal

3.2.3.3. Tárolható hideg fenntartási keverék 241
3.3. Pályszerkezetek méretezése és tervezése 241
3.3.1. Pályaszerkezetek méretezése teherbírásra 241
3.3.1.1. A tervezési forgalom 241
3.3.1.2. A földmű tervezési teherbírása 248
3.3.1.3. A szükséges egyenértékvastagság és a tervezett pályaszerkezet egyenértékvastagsága . 249
3.3.1.4. A pályaszerkezet felépítésének elvei 252
3.3.2. A védőréteg méretezése 253
3.3.2.1. A pályaszerkezet legalsó alaprétegét képező védőréteg méretezése 253
3.3.2.2. A földmű felső rétegét képező fagyvédőréteg méretezése 254
3.3.3. A pályaszerkezet megerősítésének tervezése 256
3.3.3.1. A pályaszerkezet teherbírása és annak változása 256
3.3.3.2. Az erősítőréteg méretezése a behajlások alapján 257
3.3.3.3. Az erősítőréteg méretezése a pályaszerkezet feltárása alapján 259
3.3.3.4. A pályaszerkezet feltárás és behajlásmérés eredményeinek értékelése 260
3.3.4. Szempontok a pályaszerkezet rétegeinek megválasztásához és felépítéséhez 261

4. ERDÉSZETI UTAK FENNTARTÁSA (Kosztka Miklós) 263
4.1. A pályaszerkezet javítása és fenntartása 264
4.1.1. Vízzel kötött makadám pályaszerkezet fenntartása és javítása 264
4.1.2. Aszfaltmakadám típusú pályaszerkezetek fenntartása és javítása 264
4.1.3. Tömör aszfalt pályaszerkezetek fenntartása és javítása 265
4.1.4. Földutak fenntartása 265
4.2. Burkolaton kivül végzett fenntartási munkák 265
4.2.1. Padkarendezés 265
4.2.2. Ároktisztítás 265
4.2.3. Erózió elleni védelem 266
4.2.4. Gyepfelületek fenntartása 266
4.3. Uzemeltetési feladatok 266

5. VASUTÉPITÉSTAN (Dr.Kecskés Sándor) 268
5.1. Vasútépítési alapismeretek 268
5.1.1. A vasúti pálya 269
5.1.2. A vasúti járművek mozgása 271
5.2. Közlekedésdinamikai ismeretek 271
5.2.1. Vasúti ellenállások 271
5.2.2. A mértékadó emelkedő 273
5.2.3. Fékút 273
5.2.4. Túlemelés 273
5.3. Közlekedésdinamikai ismeretek 275
5.3.1. Átmeneti ívek 275
5.3.2. Vízszintes vonalvezetés 275
5.3.3. Magassági vonalvezetés 276

oldal

5.3.3.1. Állomások és csatlakozó vonalrészek emelkedője 276
5.3.3.2. Lejtők csatlakozása és lekerekítése 276
5.4. A tervezési munkák hazai gyakorlata és a tervezés 277
5.5. Vasúti felépítmény szerkezete 279
5.5.1. Sínleerősítések, hevederkötések 281
5.5.2. A sínhegesztések 284
5.5.3. Különleges felépítmény-szerkezetek 284
5.6. Hézag nélküli vasúti pályák 284
5.7. Kitérők és átszelések 286
5.7.1. A kitérő részei és hajlása 288
5.7.2. A kitérők ívesítése 290
5.8. Vágánykapcsolások 291
5.9. Állomások és pályaudvarok 291
5.10 Műtárgyak, keresztezések, védművek 292
5.11. Keskeny nyomtávolságú vasutak 295