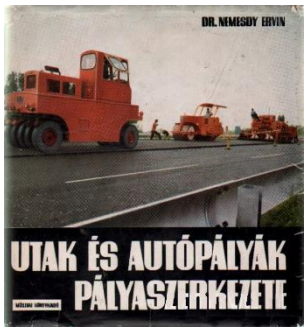
DR. NEMESDY ERVIN: **UTAK ÉS AUTÓPÁLYÁK PÁLYASZERKEZETE - Technológia – Építés**
MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ – BUDAPEST, 1971; o590



A szerzői jog tulajdonosainak engedélyével.

A műből történő bármilyen rész átvétele esetén meg kell jelölni az eredeti forrást!

RÉSZLETES TARTALOMJEGYZÉK

6 ASZFALTBURKOLATOK ÉS KIVITELEZÉSÜK 301
6.1 Aszfaltburkolatokról általában 301
6.1.1 Aszfaltburkolatok fajtáinak áttekintése 301
6.1.2 Szegélyek, vezetősávok és szélsorok kiképzése aszfaltburkolatok mellett 302
6.2 Aszfaltbeton burkolatok építése 305
6.2.1 Az aszfaltbeton burkolatok fajtái és anyagai 305
6.2.1.1 Az egyes aszfaltbeton burkolatok jellemzést 305
6.2.1.2 Felhasznált anyagok és minőségi követelmények a hazai előírások szerint 306
6.2.1.3 A fokozottan érdes aszfaltbeton felület előállítása 310
6.2.1.4 Néhány külföldi előírás adatai 311
6.2.2 Az aszfaltbetonok és a meleg bitumenes útalapok előállítása keverőtelepeken 312
6.2.2.1 Az aszfaltbeton keverőtelepek elrendezése és nagysága 312
6.2.2.2 Korszerű aszfaltbeton-keverőgéplánc részei és működése 315
6.2.2.3 Technológiai előírás megadása aszfaltbetonkeverőgép számára 325
6.2.2.4 Aszfaltkeverő-telepek mérőberendezéseinek vizsgálata 328
6.2.2.5 Keverőtelep munkájának folyamatos vállalati gyártásellenőrzése ellenőrzőkártyás módszerrel 330
6.2.3 Aszfaltbetonok és meleg bitumenes útalapok beépítése és hengerlése 332
6.2.3.1 Aszfaltanyagok beépítésének problémái 332
6.2.3.2 Aszfaltkeverékek szállítása 332
6.2.3.3 Az aszfaltbetonok és meleg bitumenes útalapok beépítése és az aszfaltfiniserek 333
6.2.3.4 A tömörítő útihengerek fajtái és tulajdonságaik 340
6.2.3.5 Az aszfaltréteg lehűlése hengerlés alatt 346
6.2.3.6 Általános hengerlési tömörítési irányelvek 349
6.2.3.7 Hengerlési tömörítési rendszerek és a keverőgép-teljesítmény 352
6.2.3.8 A beépített aszfaltkeverék tömörségének ellenőrzése és létrehozása 357
6.2.3.9 Az aszfaltbetonburkolat felületi egyenletességének megvalósítása az építés alatt 362
6.3 Öntött aszfalt burkolatok építése 364
6.3.1 Öntött aszfalt burkolatok fajtái és anyagai 364
6.3.1.1 Az öntött aszfalt burkolatok jellemzése 364
6.3.1.2 Felhasznált anyagok és minőségi követelmények a hazai előírások szerint 365
6.3.1.3 Külföldi előírások öntött aszfaltok összetételére 368
6.3.1.4 Az öntött aszfalt alatti kötőréteg és alap, a felhólyagzás veszélye 370
6.3.1.5 Az öntött aszfaltok felületi érdesítése 371
6.3.1.6 Öntött aszfalt burkolatok deformációi autóbuszmegállókban, fékezési szakaszokon 373
6.3.2 Öntött aszfaltok anyagának előállítása és szállítása 376
6.3.2.1 Öntött aszfalt előállítása és szállítása masztikátorokkal 376
6.3.2.2 Öntött aszfalt előállítása aszfaltbeton keverőtelepen és utánfőzéssel 377
6.3.2.3 Öntött aszfalt gyártás keverőtárcsás rendszerű stabil öntött aszfalt keverőgéppel 378
6.3.3 Öntött aszfalt burkolatok beépítése 380

6.3.3.1 Öntött aszfalt kézi beépítése 380
6.3.3.2 Öntött aszfalt gépi beépítése 381
6.3.3.3 Öntött aszfalt burkolatok felületi egyenletességének megvalósítása az építés alatt 384
6.3.4 Színes öntött aszfalt útburkolati jelek készítése 386
6.3.4.1 A műanyag tartalmú színes aszfaltok összetétele és készítése 386
6.3.4.2 A színes öntött aszfalt burkolatjelek bedolgozása 389
+
10.8 Az 1967. évi szovjet aszfaltbeton-szabvány 576
10.9 Az angol Hot Rolled Asphalt technológiája és tulajdonságai 578

6. Aszfaltburkolatok és kivitelezésük

6.1. ASZFALTBURKOLATOKRÓL ÁLTALÁBAN

6.1.1. Aszfaltburkolatok fajtáinak áttekintése

Az aszfaltburkolatok a hajlékony útpályaszerkezetek legfelső rétegét képezik. Ezek fajtáiról, megválasztásukról, használati értékükről már előzőleg (161. oldal) áttekintést adtunk, most már elsősorban a *kivitelezési technológia* szempontjából tárgyaljuk őket. Itt is szem előtt kell azonban tartanunk az útburkolatokkal kapcsolatos alábbi szempontokat.

1. A burkolatok építési technológiájának és fajtájának megválasztásakor figyelembe kell venni az *építési és anyagi lehetőségeket:* a költségeket, az anyagellátást (bitumen és adalékanyag), a rendelkezésre álló gépi felszerelést, az építési időszakot és a határidőket, valamint a megkívánt burkolatélettartamot.

2. Ugyanakkor figyelembe kell venni az építendő burkolaton a következő 15...20 év *forgalmának nagyságát, jellegét és igényeit.* Tudjuk, hogy a burkolat minősége jelentősen befolyásolja a közlekedési költségeket, amelyek sokkal nagyobbak a fenntartási költségek összegénél. A burkolat fajtája és építési technológiája erősen befolyásolja az *útfelület érdességét,* valamint a *hullámosságát,* ezekkel együtt tehát az út forgalombiztonságát és utazáskényelmi viszonyait is, a közlekedési költségek alakulásán kívül.

Azt, hogy *sokféle aszfaltburkolatot* ismerünk és alkalmazunk a gyakorlatban, éppen az magyarázza, hogy igen sokféle, és néha ellentétes követelményt akarunk gazdaságosan kielégíteni.

Az áttekinthetőségre törekedve a legfontosabb, gyakorlatban ma is elterjedten alkalmazott *önálló aszfaltburkolatokat* az építéstechnológia szerint az alábbi három csoportba osztjuk:

A) Önálló aszfaltok:

I. csoport. Kevert, tömör aszfaltburkolatok (meleg eljárással, útibitumennel).

1. Aszfaltbeton-burkolatok.
2. Öntött aszfaltburkolatok.

II. csoport. Kevert, utántömörödő aszfaltburkolatok (hideg és félmeleg eljárással, hígított bitumennel).

3. Kevert aszfaltmakadám-szőnyeg és -burkolat.
4. Kötőzúzalékos aszfaltmakadám burkolat.

III. csoport. Permetezéses utántömörödő aszfaltburkolatok (hideg és félmeleg eljárással, hígított bitumennel, emulzióval).

5. Itatott aszfaltmakadám-burkolat.

A technológia és a kivitelezés, a felhasznált anyagok és a szükséges gépi berendezések szempontjából az I. csoport (kevert tömör aszfaltburkolatok) a legigényesebb és a III. csoport (permetezéses burkolatok) a legkevésbé igényes. Ezért alakult ki az a helyzet, hogy elsősorban a permetezéses burkolatok terjedtek el jobban (pl. itatott aszfaltmakadám, felületi bevonások), amíg a kevert, pl. aszfaltbeton-burkolatok aránya és kilométerhossza viszonylag kisebb maradt.

Élettartam, minőség és gazdaságosság szempontjából azonban fordított a helyzet: a kevert burkolatok előnye bebizonyosodott a permetezéses burkolatokkal szemben. Ezért számos fejlett úthálózatú és útépítésű ország ma már kis- és nagyforgalmú utakon is egyaránt kevert tömör aszfaltburkolatokat épít, főleg meleg eljárással. Ezért figyelhető meg hazánkban ma már gyakorlatban is az a törekvés, hogy a keverőgép-kapacitás fejlesztésével, a zúzalékellátás minőségi és mennyiségi javításával a *kevert aszfaltburkolatok,* sőt egyre inkább a *kevert, tömör aszfaltburkolatok* arányát és hosszát a jövő évek és évtizedek folyamán *növeljük.*

Ismét emlékeztetünk arra, hogy a fenti aszfaltburkolatok vastagságai a kivitelezési technológia követelményei miatt csak szűk határok között változtathatók, vagy pedig adott, nem változtatható vastagságúak. Minden önálló aszfaltburkolathoz *burkolatalap* szükséges, amely sokszor több különféle

rétegből állhat. Az adott forgalomnak, valamint a talajviszonyoknak megfelelő szükséges teherbíró-képességet ezért rendesen nem a burkolati réteg vastagságának növelésével, hanem a burkolatalap rétegeinek, anyagának megválasztásával és vastagsági méreteinek jóval szabadabb változtatásával valósítjuk meg.

A fenti legfontosabb önálló aszfaltburkolat-fajtákon kívül, főleg a fenntartásban, az utólagos burkolatmegerősítések vagy kiegészítések során előforduló következő nem önálló jellegű aszfaltburkolat-fajtákkal is foglalkozunk.

B) Nem önálló (kiegészítő, megerősítő, javító jellegű) aszfaltburkolatok:

I. csoport:

„Színes aszfalt" a burkolati jelek számára.
Érdesítő aszfalthabarcs-bevonat.

II. csoport:

Kevert zárórétegek.
Érdesítő szőnyegek.
Hideg és félmeleg aszfaltbeton-szőnyegek.
Bitumenes pépbevonatok.
Nedves homok eljárás.

III. csoport:

Felületi bevonás.
Makadámpálya hígított bitumenes portalanítása (fenntartási művelet).

Ezek a nem önálló aszfaltburkolatok — a színes aszfalt kivételével — elsősorban a *korszerű útfenntartásban* lesznek egyre fontosabbak. Lehetővé teszik a már huzamos ideig forgalom alatt álló és elvékonyodott vagy csúszóssá vált útburkolatok felújítását, teherbíró-képességük vagy érdességük fokozását, továbbá konzerválását a *tervszerű megelőző karbantartási folyamat* keretében.

6.1.2. Szegélyek, vezetősávok és szélsorok kiképzése aszfaltburkolatok mellett

Az aszfaltburkolatok szélének helyes építési kiképzése igen fontos. Régebben sokszor nem alkalmaztak külön szegélykiképzést. Ennek következtében az aszfaltburkolat széle a forgalom alatt elrojtosodott, kiszakadozott, szabálytalan vonalúvá vált, és nemcsak az esztétikai hatás volt kedvezőtlen, rendetlen, de a burkolatromlások kezdeteinek is sokszor ez volt az oka.

Bármilyen fajta burkolatszegély-megoldásnak a következő feladatokat kell teljesítenie:

1. *Határozott széllehatárolást* kell létesíteni, és ezzel meg kell akadályozni a burkolatszél betöredezését, rojtozódását.

2. *Jó optikai vezetés* szükséges, 20...25...50 cm széles, élesen elhatárolt világos sávval, mert ennek megléte esetén a járművek a burkolatszélességet jobban kihasználják, az út távlati képe is előnyösebb.

3. *Hengerlés alatt jó oldalmegtámasztást* kell létrehozni annak érdekében, hogy a vezetősávig, a forgalmi sáv széléig kielégítő jó aszfalttömörséget lehessen előállítani.

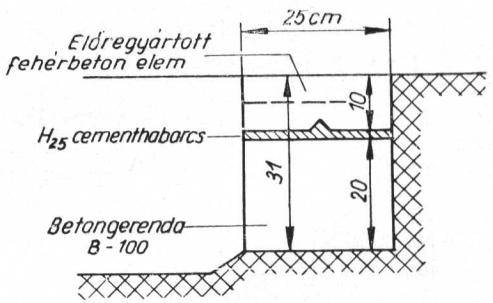
4. *A burkolatszélek terv szerinti pontos magassági helyzetét* az építés folyamán elsősorban a hossz-szelvény alapján szintezéssel beállított szegély hozza létre, különösen a túlemelési és túlemelésátmeneti szakaszokon.

5. *A szegélymegoldás építési szempontból* ne okozzon szükségtelen nehézséget; főleg a kézimunka elkerülését és a gépesített építés lehetőségét kell szem előtt tartani.

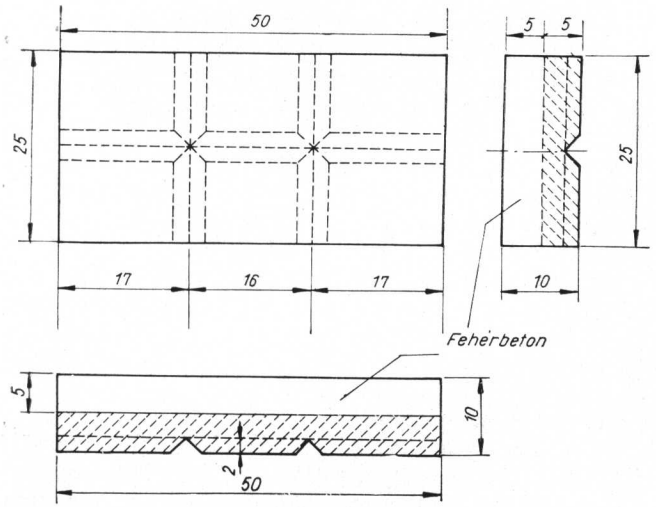
A fenti követelményeket a különböző szegélymegoldások más és más módon elégítik ki.

a) *Előregyártott elemekből készült fehérbeton vezetősáv.* Hazánkban a főhálózati utakon az utóbbi évtizedben legelterjedtebb megoldás az előregyártott elemekből készült fehérbeton vezetősáv készítése sovány beton gerendán (6-1. ábra). Előnye a jó optikai hatás, amely azonban elszennyeződés és befüvesedés miatt, a gyenge fenntartás következtében néha nem érvényesül eléggé. Jó oldalmegtámasztást, éles lehatárolást és lehetőséget nyújt a pontos terv szerinti szélmagasságok megépítésére. Hátránya viszont, hogy nem gépesíthető, sok a kézimunka, a bérköltség és időigény. Emellett télen az olvasztósóval való útkezelés során a fehérbeton felülete erősen korrodál, hámlik, mert a beton légpórusképző anyag nélkül készül (481. oldal).

A hazánkban alkalmazott előregyártott elemet a 6-2. ábrán látjuk. Méretei $25 \times 50 \times 10$ cm. Az elemet a 25 cm széles vezetősáv esetén hosszában, az 50 cm széles vezetősáv esetén pedig szélességében kell elhelyezni 1 cm vastag cementhabarcsba. Az elem felső 5 cm vastag rétege fehérbetonból van. Az alátámasztást 20 cm vastag, helyszínen csömöszölt, B100-as minőségű betongerenda adja. Így a vezetősáv saját szerkezeti vastagsága $10 + 1 + 20 = 31$ cm. Oldalmegtámasztás nem szükséges, így a betongerenda szélessége vagy 25, vagy 50 cm (6-1. ábra).



6-1. ábra. Előregyártott elemekből készült fehérbeton vezetősáv



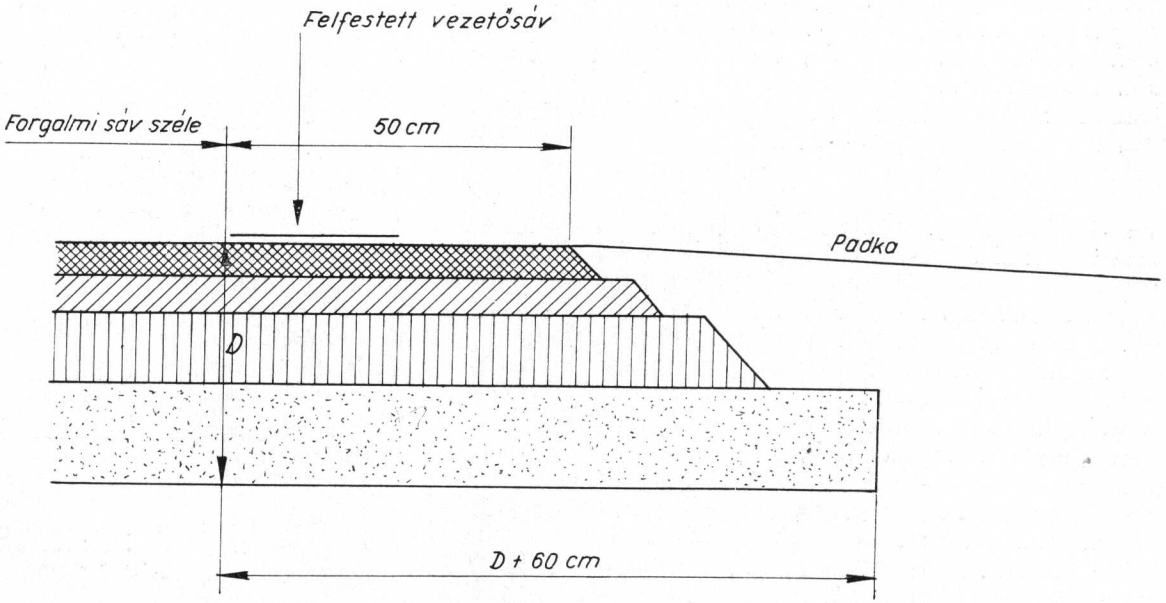
6-2. *ábra.* Fehérbeton előregyártott elem, vezetősáv építéséhez

b) *Helyben bedolgozott fehérbeton vezetősáv* esetén az előnyei ugyanazok mint előbb. Építése azonban körülményesebb, drágább és ezért ritkábban alkalmazzák. A gyorsforgalmi utakon, autópályákon sokszor formasínek között, vibrációs betontömörítő-géppel, kis betonfiniserrel építik, mint kétrétegű betonburkolatot, a felső 5 cm-t fehérbetonból. Ekkor régebben 75 cm, ma 50 cm a szélessége. Eléggé költséges módszernek bizonyul.

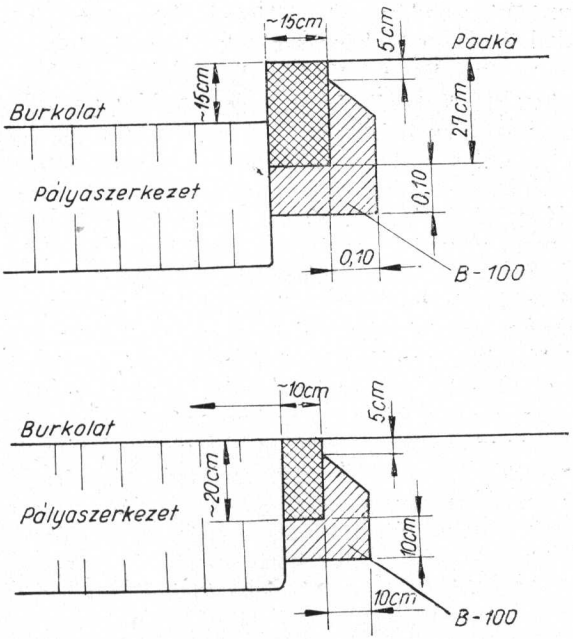
A zsugorodási repedések elkerülésére csupaszlemez hézagbetétekkel 2...2,5 m-enként szoktak dilatációs hézagot készíteni.

c) *Szélesített aszfaltszegély felfestett vezetősávval.* Lényeges tulajdonsága, hogy a burkolat, a kopóréteg 50 + 50 = 100 cm-rel szélesebb, mint a tervezett forgalmi sávszélességek. Minden alsóbb burkolati és alapréteg szélesebb, kb. 45%-nak megfelelő lépcsőkkel. A min. 20 cm széles fehér (némely országban sárga) vezetősávvonalat a széltől 50 cm távolságban festik fel (6-3. ábra). A megoldás két fő előnye: egyrészt teljesen gépesíthető; kézimunkatöbbletet alig igényel, és az anyagtöbblet sem jelentős; másrészt az optikai vezetés többnyire jobb, élesebben látszik a felfestett vonal, amelynek szélét nem szűkíti el a padkáról felhordott föld vagy szélig ránőtt fű, mert most a fehér sáv mellett még 30 cm széles fekete aszfaltkopóréteg is van. Ez azért is szükséges, mert ez a többletszélesség és a fokozatosan szélesedő alaprétegek a külön oldalmegtámasztás nélküli gondos hengerlés esetében jó tömörséget adnak a forgalmi sáv széléig. Ezen előnyös megoldás hátránya az, hogy a burkolatszél pontos magassági helyzetét nem rögzíti előre, és ez jelentős kiviteli nehézséget okoz. Ez a nehézség sem áll fenn azonban a korszerű szintező rendszerű aszfaltfiniserek alkalmazásával (336. oldal), amelyek a pontos magasságot szintezéssel beállított dróthuzalról tapogatják le.

d) *A süllyesztett és a kiemelt szegélysorkő* az aszfaltburkolatok szegélyezésének legrégebbi elterjedt formája (6-4. ábra). A bazalt vagy andezit kősorból készített *süllyesztett*



6-3. *ábra.* Szélesített aszfaltszegély felfestett vezetősávval, szélesedő alaprétegekkel



6-4. *ábra.* Kiemelt szegélysor *(a)* és süllyesztett szegélysor *(b)* esetén alkalmazandó B-100 sovány beton alapgerenda minimális méretei (1971. ÉKSZ)

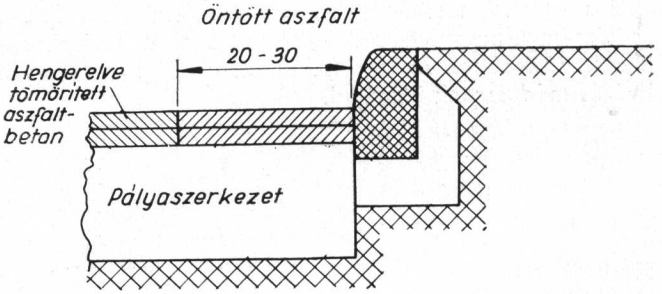
szegély a mai elterjedtebb fehérbeton vezetősávnál kevésbé jó optikai vezetést ad. A régi hasított szegélysorkő beszerzése ma rendszerint nehézségekbe ütközik. Fektetése sok kézimunka igénye miatt költséges. Ezzel szemben a *kiemelt szegély* építése ma is szükséges, pl. a városias átkelőszakaszokon, városi utakon, ahol a pályaburkolathoz kiemelt járdaszél csatlakozik. A szegélyköveket B100 minőségű sovány betonalapra kell helyezni. Ezt betonkavics adalékanyaggal és 150 kp C500 jelű vagy 180 kp C400 jelű cement adagolásával készítjük, a kész beton m^3-ére vonatkoztatva. A szélsőkövek oldalról kikent hézagait 1:3 keverési arányú híg cementhabarccsal teljes mélységben ki kell önteni, és még az aszfaltburkolat beépítése előtt ki kell hézagolni. A betonalap alsó és belső széle legalább 10...10 cm-rel alacsonyabb és szélesebb, mint a szélsorkő. A külső oldal felső része pedig kb. 45° hajlású ferde síkkal legyen lezárva (6-4. ábra).

A kiemelt járdaszegély esetében az úthenger nem tud közvetlenül mellette tömöríteni, mert szétnyomná a kiemelt szegélyt. Ezért a szélső 15...20 cm széles aszfaltsávot nem hengerrel, hanem melegített, fűthető lapvibrátorral vagy kompresszoros döngölővel kell tömöríteni. Megengedhető, hogy ezt a hengerrel be nem járható szélső 20 cm-es sávot vagy cementbetonba ágyazott egy sor nagykővel, vagy 3 sor kiskővel, kőburkolatként alakítsák ki, vagy pedig 15...20 cm széles öntött-aszfaltsávot kell bedolgozni, amit már nem kell tömöríteni (6-5. ábra).

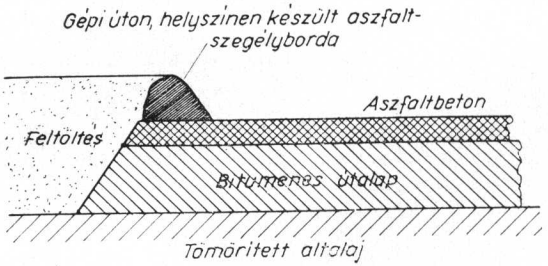
Általánosságban megjegyzendő a szegélysorok és előregyártott vagy helyszínen készített betonvezetősávok alkalmazásához, hogy azokat feltétlenül az aszfaltburkolat fektetése *előtt* és nem utólag kell elkészíteni. Ugyancsak az aszfalt építése előtt a két szélsor között a csapadékvíz kivezetését feltétlenül jól meg kell oldani, legalább 5...10 méterenként a szélsor megszakításával vagy oldalirányú alagcsövezéssel. Ha a víz oldalra nem vezethető, akkor hossz-szivárgó építésével a vizet hosszirányban kell elvezetni.

A vezetősávok, süllyesztett szegélyek építését úgy kell elvégezni, hogy azok szintje legalább 5...10 mm-rel a csatlakozó aszfaltburkolat szintje *alatt* maradjon. (A tömörítő henger tehát a szélen se támaszkodjon rá a betonvezetősávra vagy a szélsorkőre, hanem mindig az aszfaltra.)

A kiemelt szegélyeket egy különleges kisméretű célgép segítségével lehet *gépi úton készíteni és fektetni.* A gép tölcsérébe cementbeton vagy aszfaltbeton keveréket kell betáplálni, és az előkészített alapon lassan előremozgó gép maga után folytatólag egy darabban, vibrációs úton előállítja a tömörített szegélysort. A célgép alkalmazása hazánkban azért nem terjedt el jobban, mert a gép előre elkészített, szélesebb alapcsíkot kíván, amelyet sok esetben nem lehet, vagy nem gazdaságos megvalósítani (6-6. ábra).



6-5. *ábra.* A kiemelt szegély mellett henger nem tud tömöríteni, ezért vagy lapvibrátort, vagy öntött aszfaltot, vagy pedig kőburkolatot alkalmazunk a szélső 15...20 cm-es sávban



6-6. *ábra.* Gépi úton, helyszínen készült aszfalt-szegélyborda

6.2. ASZFALTBETON-BURKOLATOK ÉPÍTÉSE

6.2.1. Az aszfaltbeton-burkolatok fajtái és anyagai

6.2.1.1. Az egyes aszfaltbeton-burkolatok jellemzése

A *durva aszfaltbeton-* és a *finom aszfaltbeton*-burkolatok olyan *hézagszegény aszfaltok*, amelyek adalékanyagát (töltőanyag, homok, zúzalék) a betonelv szerint állítják össze *folytonos szemeloszlással* a legkisebb hézagtérfogatra és a legnagyobb tömörségre törekedve. Az ilyen burkolatokat meleg eljárással, *útibitumennel* korszerű aszfaltkeverő-telepen *keverve* állítják elő, és a helyszínen (lehetőleg gépi úton) elterítve, könnyű és nehéz úthengerekkel *hengerléssel tömörítik* be. Ezek a kopórétegek rendszerint az alapra fektetett és hengerelt durva szemeloszlású aszfaltanyagra, a *kötőrétegre* kerülnek, és a behengerlés után már olyan tömörek, hogy a forgalom későbbi tömörítő hatására nincs szükség (6-7. ábra). Ezek a burkolatok kitűnnek jó tulajdonságaikkal, hosszú élettartamukkal, nagy forgalombírásukkal, jó felületükkel, ami a közlekedési és fenntartási költségek igen kedvező alakulásában is megnyilvánul.

A következőkben elsősorban a hazai 1971. évi Építőipari Kivitelezési Szabályzat VI. 3. sz. füzetében előírt burkolattípusokat ismertetjük.

Durva aszfaltbeton-burkolat (AB-20)

Összetétele: mészkőliszt töltőanyag, természetes és zúzotthomok, és jelentős mennyiségű (60...70%) kisebb és nagyobb szemű nemes zúzalék. A keverék legnagyobb szemnagysága *20...25 mm között* lehet. Viszonylag nem sűrűn alkalmazott burkolatfajta, előnye a nagy forgalombírás mellett elsősorban a nagyobb érdesség, ezért különösen nagyobb emelkedőkhöz, hegyi utakon alkalmas. Élettartama és tartóssága kielégítő, bár viszonylagosan a többi aszfaltbetonhoz képest talán valamivel kisebb, mert a töltőanyag kevesebb, és idővel a nagyobb szemek aprózódására inkább lehet számítani. Érdessége mellett is zárt felülettel, külön záróréteg nélkül építik. Tömöríthetősége egyszerűbb.

Finom aszfaltbeton (AB-12 és AB-8)

Összetétele: mészkőliszt töltőanyag, természetes és zúzotthomok, kisebb szemű, nemes zúzalék. A legnagyobb szemnagyság 8...12 mm között van. A zúzalékdús jelleget az eredményezi, hogy a keverékben viszonylag sok, 40...50%-nyi 2 mm-nél nagyobb szemnagyságú adalék, zúzalékfrakció van. A legelterjedtebb, legkedvezőbb tulajdonságú aszfaltbetonfajta, amely még kedvező felületi érdességet, amellett hosszú élettartamot, nagy forgalombírást nyújt. A sok zúzalék növeli az érdességet, a szintén jelentős mennyiségű töltőanyag pedig a nagyobb, kedvezőbb kötőanyag-tartalmat és a hosszú élettartamot, nagy forgalombírást segíti elő.

Kötőrétegek (K-20)

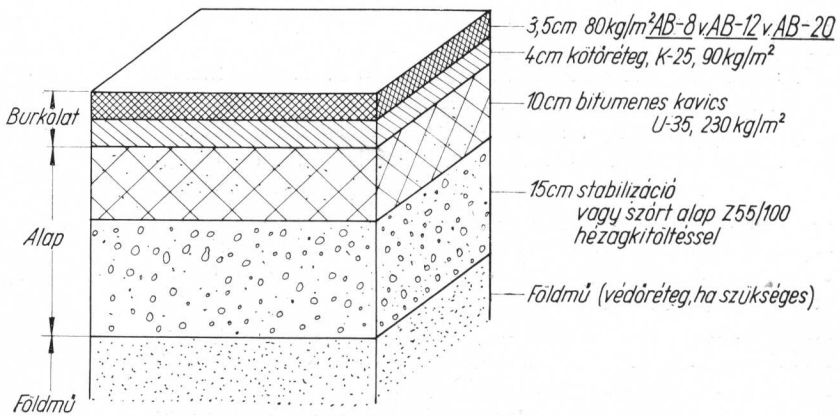
Kevés vagy semmi töltőanyag, továbbá természetes és zúzotthomok és nemes zúzalék alkotja a kötőréteget, amely a durva aszfaltbetonhoz hasonló, de még érdesebb és nyitottabb felületű aszfaltréteg, 12...35 mm legnagyobb szemnagysággal. Kopórétegnek nem használható. Feladata, hogy az alap egyenetlenségeit kiegyenlítve az alapot a kopóréteggel jól összekösse és a vízszintes csúsztatóerőket felvegye. A kopórétegek hullámmentességét a kötőréteg adja meg. Ezért a kötőréteget elhagyni és a kopóréteg vastagításával pótolni nem szabad. Helyette bitumenes alapréteget alkalmazni is csak a kis—közepes forgalmú útszakaszokon ajánlatos. Az aránylag kisebb kötőanyag-tartalmú és kevesebb tört anyagot tartalmazó bitumenes kavicsréteg felületén ugyanis a felette levő aszfaltréteg könnyebben megcsúszhat és megszakadhat.

Az 1971. évi ÉKSZ előírásaink összesen háromféle „zúzalékdús aszfaltbetont" alkalmaznak, és megadják az egyes fajták esetén alkalmazható rétegvastagságot, valamint az ajánlatos építési időszakot:

AB-8 jelű zúzalékdús aszfaltbeton:
2, 3 vagy 4 cm tömör vastagságban (kb. 50...75... ...100 kp/m²);

AB-12 jelű zúzalékdús aszfaltbeton:
3 vagy 4 cm tömör vastagságban (kb. 75...100 kp/m²);

AB-20 jelű zúzalékdús aszfaltbeton:
4 vagy 5 cm kivételesen 6 cm vastagságban (kb. 100...125...150 kp/m²).



6-7. *ábra.* Aszfaltbeton-burkolat elrendezése. Kopóréteg—kötőréteg-alap

Kötőrétegként alkalmazható ugyanez a fenti *AB-20* aszfaltbeton is, de a kötőréteg fő formája: *K-20* jelű kötőréteg, amely min. 75%-ban tört adalékanyagot tartalmaz, 4, 5 vagy 6 cm vastagságban építhető (100...125...150 kp/m²). A kis és közepes forgalom esetében kötőrétegként a *jav. U-30* jelű bitumenes útalap (bitumenes zúzalékos kavics) is alkalmazható, ez legalább 45%-ban tört adalékanyagot tartalmazzon.

Megjegyezzük, hogy a *D* maximális szemnagyság és a *h* rétegvastagság között bevált tapasztalati összefüggés van. Eszerint *a maximális szemnagyság a rétegvastagság harmada és fele között legyen*, mert ekkor az anyag jól tömöríthető, nem keveredik szét, és a burkolat a forgalmi terhelés alatt nem deformálódik.

Az aszfaltbeton-burkolatokat csak *száraz időben* szabad építeni, és annál kevésbé bírja meg építés közben a hűvös időt, minél vékonyabb a réteg vastagsága. A nagyobb rétegvastagságú aszfaltanyag nagyobb hőtároló-képességű, jóval lassabban hűl le hengerlés közben, és így a tömörítés sikeresebb. Ezért a hazai kivitelezési előírás szerint az építés során:

2 cm vékony réteg esetén *15° feletti* léghőmérséklet ajánlatos (május közepétől szeptember közepéig);

3 cm és feletti vastagság esetén *10° feletti* léghőmérséklet ajánlatos (április közepétől október közepéig);

5...6 cm-nél vastagabb rétegekhez *5° feletti* léghőmérséklet ajánlatos (március végétől október végéig).

Látható tehát, hogy a hűvös és esős kora tavaszi, valamint a késő őszi időszak az aszfaltbetonok építésére nem alkalmas. (Ezért ilyen időben inkább öntött aszfalt burkolatot készítenek külföldön pl. autópályákhoz is.)

Megemlítjük, hogy az 1963. évi előírások ismerték még az *AB-5* „zúzalékszegény finom aszfaltbetont" és a *H-5* „homokaszfalt" burkolatot, a gyakorlati alkalmazás hátrányai miatt azonban az 1971. évi előírások ezeket már csak részben tartották meg.

A zúzalékszegény finom aszfaltbeton változat ugyanis csak kevés, 15...30% zúzalékot alkalmazott, és nagy mennyiséget használt fel a homok mellett a 0/5 mm-es zúzalékból, amely sokszor nem volt megfelelően tiszta.

A homokaszfalt pedig a mészkőliszten kívül csak zúzott- és természetes homokból állt. Veszélyesen síkos volta akadályozza alkalmazását. Az AB-5 jelű aszfaltbeton és a H-5 jelű homokaszfalt jó minőségű előállítása is kétséges az automatikus aszfaltkeverőgépekkel. A kizárólag különböző szemnagyságú, de max 5, vagy 3 mm alatti szemcséjű homokokból álló adalékanyag pontos szemeloszlás-összeállítása, ill. osztályozása a keverő-gépekben ugyanis bizonytalan, és így a keverék sokszor lehet bitumenszegény vagy zsíros. Így az AB-5 néhány kedvezőtlenül sikerült alkalmazása mellett a H-5 homokaszfalt burkolat alkalmazását az utolsó évtizedben egyszer sem kísérelték meg. Ma már külföldön sem alkalmazzák ezeket az aszfaltbeton fajtákat, ezért nem foglalkozunk velük tovább.

6.2.1.2. Felhasznált anyagok és minőségi követelmények a hazai előírások szerint

Felhasznált anyagok. Az aszfaltbetonok készítésére használandó anyagokat a 6-1. táblázatban látjuk összefoglalva, ezekhez a következőket kell megjegyezni.

Az alkalmazott *útibitumen* viszkozitása (keménysége) általában annál nagyobb kell, hogy legyen, minél finomabb az adalékanyag. Annál kisebb viszkozitású (puhább) bitument lehet alkalmazni, minél durvább az adalékanyag, és minél nagyobb belső súrlódása van. Így:

AB- 8 jelű aszfaltbetonhoz: NB-90
AB-12 jelű aszfaltbetonhoz: NB-90 (esetleg NB-130)
AB-20 jelű aszfaltbetonhoz: NB-130
K-20 jelű kötőréteghez: NB-130 (esetleg NB-90)
jav. U-35 jelű kötőréteghez: NB-130 (esetleg NB-90)

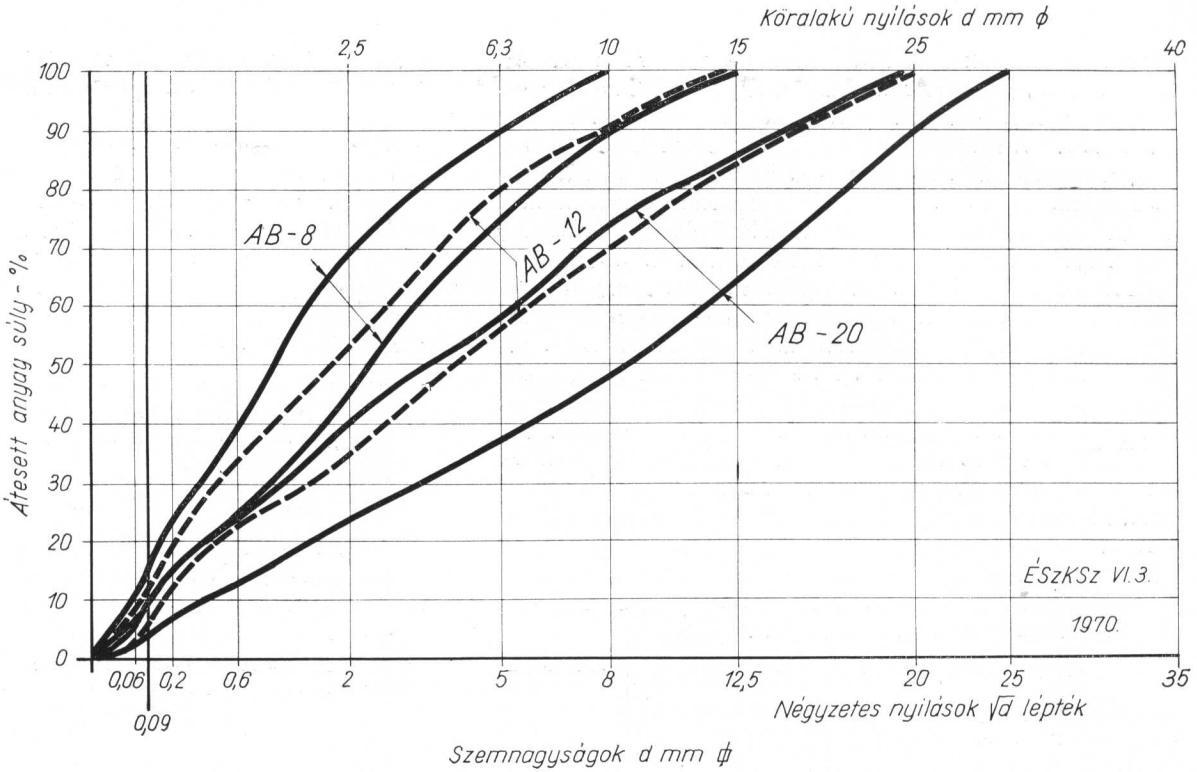
Az adalékanyagok alkalmazásában fontos, hogy az egyes frakciók szemeloszlásai időben ne változzanak. Az ÉKSZ szerint összevont vagy nyújtott zúzalékfrakciókat azért nem szabad alkalmazni (pl. NZ 5/12 az NZ 5/8 és NZ 8/12 helyett).

Az aszfaltbetonokhoz az adalékanyag folytonos szemeloszlási görbéjét az egyes frakciók saját szemeloszlása és az előírt szemeloszlási határgörbék alapján meg kell tervezni, és az

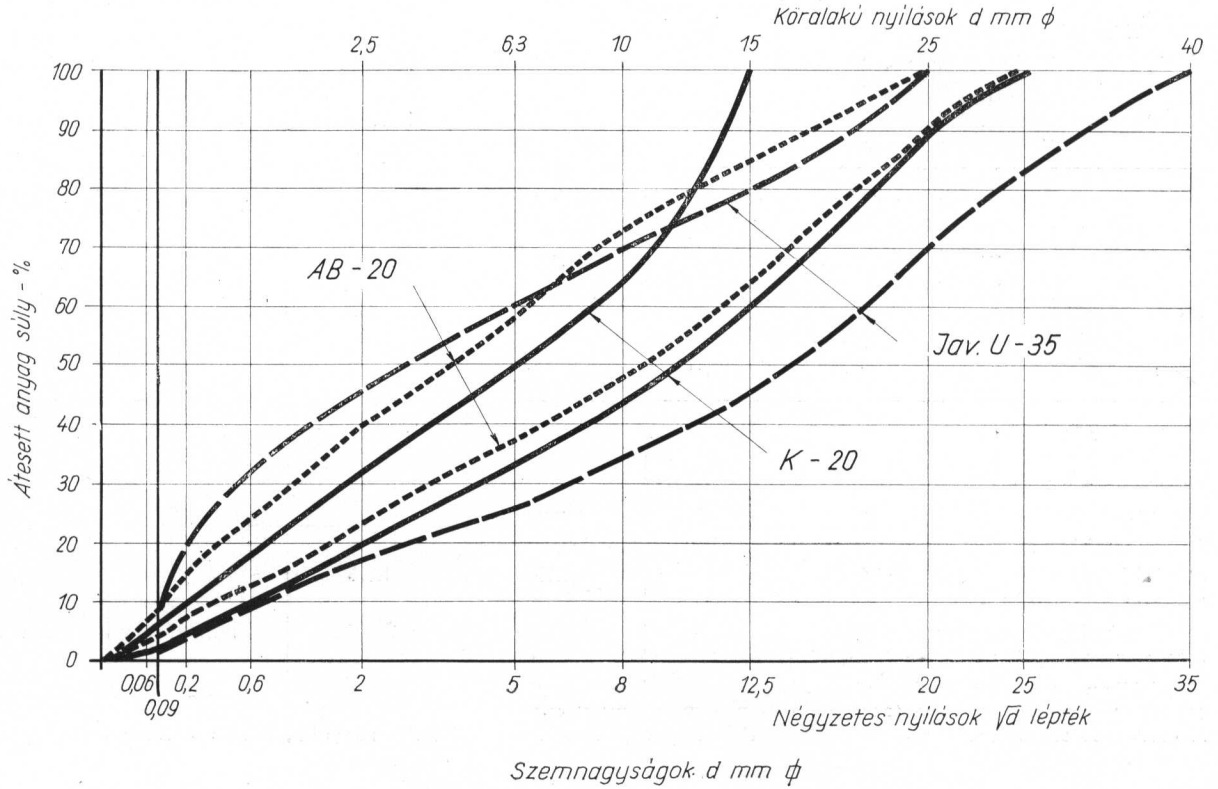
6-1. táblázat. Aszfaltbetonokhoz és kötőrétegekhez szükséges anyagok

Típus jele	Kopóréteg			Kötőréteg	
	AB-8	AB-12	AB-20	K-20	JavU-35
Adalékanyagok					
Mészkőliszt, töltőanyag	+	+	+	+	+
Természetes homok, H 0/1	+	(+)	—	—	—
Természetes homok, H 0/2,5	+	+	+	(+)	—
Zúzott homok, NZ 0/2	+	+	+	+	(+)
Zúzalék NZ 2/5	+	+	+	+	(+)
NZ 5/8	+	+	+	+	(+)
NZ 8/12	—	+	+	+	+
NZ 12/20	—	—	+	+	+
Kavicsos homok 0/35	—	—	—	(+)	+
Kötőanyagok					
NB-130	—	(+)	+	+	+
NB-90	+	+	—	(+)	(+)

+: szükséges, —: nem szükséges, (+): néha szükséges.



6-8. *ábra.* Az AB-8, AB-12 és AB-20 jelű aszfaltbetonok szemeloszlási határgörbéi az 1971. évi ÉKSZ szerint



6-9. *ábra.* A K-20 és Jav. U-35 kötőrétegek, valamint az AB-20 durva aszfaltbeton szemeloszlási határgörbéi az 1971. évi ÉKSZ szerint

egyes frakciók szükséges súly%-értékeit célszerűen először grafikus úton, azután számítással meg kell határozni úgy, ahogy azt a 176. oldalon már részletesen tárgyaltuk.

Az 1971. évi ÉKSZ előírásaink az aszfaltbetonok és kötőrétegek összetételét, szemeloszlási határgörbéit a 6-2. táblázatban, illetve a 6-8. és 6-9. ábrákban ismertetett módon szabják meg. Emellett általánosan kötelező elv a kopórétegre, hogy a 0,09...2 mm szemnagyságok közötti homokrészben legalább 50% zúzotthomoknak kell lenni. A tört homok stabilitás- és érdesítőnövelő, valamint a természetes, gömbölyűszemű homok bedolgozás-könnyítő hatását a 226. oldalon részletesen tárgyaltuk, itt megjegyezzük, hogy adott esetben a természetes homok belső súrlódását, kifolyási értékét is érdemes vizsgálni.

Aszfaltbeton kopórétegben a 2 mm-nél nagyobb zúzalékszemnagyságban gömbölyű kvarckavicstartalom nem kívánatos, és legfeljebb 3%-nyi lehet ellenőrző szitáláskor.

A hazai aszfaltbetonok alábbi jellemző összetételét adhatjuk meg az előírt szemeloszlási határgörbék alapján:

AB-8 zúzalékdús finom aszfaltbeton

Mészkőliszt	12...17%
Term. és zúzotthomok	33...53%
Zúzalék 2 mm felett	55...30%
	100...100%
Bitumen 100% adalékhoz:	6,7...7,9%

AB-12 zúzalékdús finom aszfaltbeton

Mészkőliszt	8... 13%
Term. és zúzotthomok	30... 40%
Zúzalék 2 mm felett	62... 47%
	100...100%
Bitumen 100% adalékhoz:	6,3...7,7%

6-2. táblázat. Aszfaltbetonok és kötőrétegek összetétele

Típus jele	Kopóréteg			Kötőréteg	
	AB-8	AB-12	AB-20	K-20	Jav U -35
Adalék összetétele:					
mészkőliszt, %	min 10	min 8	min 5	min 5	min 5
zúzalék 2 mm felett, %	30...35	47...64	60...76	min 75%	min 45
Adalék szemeloszlása, % (szitán, ill. rostán)					
0,00... 0,06 mm-ig	6... 10	4... 8	3... 7	2... 5	2... 5
... 0,09 mm-ig	10... 15	6... 11	4... 9	3... 7	2... 8
... 0,2 mm-ig	15... 25	12... 20	8... 16	5... 10	5... 20
... 0,6 mm-ig	25... 39	22... 34	12... 24	10... 18	10... 32
... 2,0 mm-ig	45... 70	36... 53	24... 40	20... 32	18... 46
... 5,0 mm-ig	75... 90	57... 80	38... 58	34... 50	25... 60
... 8,0 mm-ig	90...100	70... 90	48... 73	45... 65	35... 70
...12,5 mm-ig	100	85...100	65... 85	60...100	45... 80
...20,0 mm-ig		100	90...100	90...100	70...100
...25,0 mm-ig			100	—	—
...35,0 mm-ig			—	100	100
Bitumen fajtája	NB-90	NB-90	NB-130	NB-130 (NB-90)	NB-130 (NB-90)
Bitumenszükséglet, 100% aszfaltban (tájékoztató érték), %	6,3...7,3	5,9...7,1	5,5...6,8	4,5...5,5	4,5...6,0
A kész aszfaltburkolatból kivett minta alapján					
a) vízfelvétel vákuumban, térf.%	1...4	1...5	1...5	1...8	1...8
b) tömörség nagysága, % (Marshall próbatesthez viszonyítva)	min 99	min 99	min 99	min 99	min 99
c) Tömörség nagysága a legnagyobb laboratóriumi adalékanyag térfogatsúlyhoz viszonyítva, %	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5

A klórozott oldószerrel kioldott bitumen lágyuláspontja max 15 °C-kal lehet nagyobb, mint a bitumenszabvány szerinti felső értéke

AB-20 zúzalékdús durva aszfaltbeton

Mészkőliszt	5... 10%
Term. és zúzotthomok	20... 30%
Zúzalék 2 mm felett	75... 60%
	100...100%
Bitumen 100% adalékhoz:	5,8...7,3%

Itt és a 2-6. táblázatban az egyes burkolatfajták szemeloszlás határgörbéi mellett a *bitumenszükségletek tájékoztató értékei* is fel vannak tüntetve. A valóban alkalmazandó bitumentartalom *B*% nagyságát azonban a valóban alkalmazott adalékanyagnak és összetételnek megfelelő szemeloszlási görbe, ill. adalékösszetétel alapján kell minden munkához külön-külön meghatározni és azt a keveréskor betartani. Az 1969. évi ÉKSZ előírja, hogy a bitumenszükséglet megállapítása előtt a hézagelmélet szerinti, valamint a felületelmélet szerinti számítást, továbbá a Marshall-féle laboratóriumi módszert is alkalmazni kell, és ezen három adat mérlegelésével kell a végleges *B*% bitumenszükséglet nagyságát megszabni. Itt utalunk a 461. fejezetre (182. oldal), amely az aszfaltbeton összeállításának megtervezési szempontjait és módszereit részletesen ismerteti.

Az aszfaltbeton adalékanyagát a megállapított végleges *B*% bitumenszükséglettel laboratóriumban összekeverve Marshall-próbatesteket kell készíteni, és azoknak az 1969. évi ÉKSZ tervezet szerint ki kell elégíteniük a 6-3. táblázatban levő minőségi előírásokat. (Ezek: a Marshall-stabilitás, a folyási érték, ezek viszonyszáma az *S*/*F* érték, valamint a szabad hézag térf.%-a.) A minimális és határértékek itt a forgalomnagyságtól függő *A*—*E* jelű kategorizálás szerint jelentkeznek. (A forgalmi kategóriák határait és megállapítási módját az 56. oldalon ismertük meg.)

6-3. táblázat. Aszfaltbetonok és kötőrétegek tulajdonságai

Forgalmi terhelés		A: nagyon könnyű B: könnyű	C: közepes	D: nehéz E: nagyon nehéz
Marshall-stabilitás, *S* (60 °C, kg)	kopóréteg	min 450	min 600	min 750
	kötőréteg	min 300	min 450	min 600
Folyási érték, *F* (60 °C, mm)	kopóréteg	1,5...4,5	1,5...4,5	1,5...4,5
	kötőréteg	1,5...4,5	1,5...4,5	1,5...4,5
S/*F* érték (kp/mm)	kopóréteg	min 100	min 150	min 200
	kötőréteg	min 100	min 150	min 200
Szabad hézag (térf.%)	kopóréteg	2...5	3...5	3...5
	kötőréteg	2...6	3...7	3...7

Kopórétegek lehetséges fajtái: AB-8, AB-12, AB-20.
Kötőrétegek lehetséges fajtái: K-20, Jav. U-35, AB-20.

Az 1971. évi ÉKSZ a *B*% nagyságának megszabása után még további ellenőrzést is előír a *kőliszt mennyiségére* vonatkozóan. Az előírás károsnak tartja, ha az alkalmazott bitumenmennyiséghez aránytalanul sok töltőanyagot alkalmazunk, mert ez a burkolatot rideggé teszi. Ezért a *B*/*T* = Bitumen%: Töltőanyag% arányszámot az ellenőrzendő keverék alapján képezni kell. Ezután ilyen összetételű aszfalthabarcsot kell készíteni bitumen és tiszta kőliszt összekeveréséből, és meg kell állapítani gyűrűs—golyós vizsgálattal a habarcs lágyuláspontját. Ez csak megengedett mértékben növekedhet meg az alkalmazott bitumen eredeti lágyuláspontjához viszonyítva:

B/*F* = 1:1 arány esetén 4... 8 °C-ot,
B/*F* = 1:1,5 arány esetén 7...13 °C-ot,
B/*F* = 1:2 arány esetén 17...23 °C-ot emelkedhet meg a bitumen lágyuláspontja. Közli az előírás a szabványos aszfaltbetonok *B*/*F* aszfalthabarcsainak tájékoztató lágyuláspontjait is:

Aszfaltanyag jele	*B*/*F* aszfalthabarcs tájékoztató lágyuláspontja
AB-8	60...75 °C
AB-12	55...65 °C
AB-20	50...55 °C

Ha a lágyuláspont túl magasra emelkedik, és így az aszfalthabarcsrész túl keményre adódott, akkor a mészkőliszt arányát csökkenteni kell (a bitumentartalmat természetesen ennek megfelelően újra vizsgálva és módosítva). Az is lehetséges, hogy a mészkőliszt ilyenkor a szükségesnél finomabb szemeloszlású, tehát emiatt is ellenőrizni kell.

Az 1971. évi előírás még lehetőséget ad arra, hogy az így számítással—laboratóriumi úton megállapított bitumenszükségletet a nagyobb érdesség érdekében kissé csökkenteni lehessen, ha a forgalom közepes vagy nagyobb.

Így a *C* kategóriában (közepes forgalom mellett) *B* = 0,2%,
a *D*, *E* kategóriában (nehéz és nagyon nehéz forgalom mellett) *B* = 0,4%

értékkel *csökkenteni* lehet a bitumenszükségletet a kopórétegben, ha a 6-3. táblázatban megadott követelmények tovább is kielégülnek. Ha az aszfaltbeton kopóréteget kis forgalmú felületekre építik be (járdaburkolat, kerékpárút, parkolóhely stb.), akkor a megállapított optimális bitumenszükségletet 0,5%-kal meg kell *emelni*.

Végül akkor is csökkenteni kell a meghatározott optimális bitumenszükséglet értékét, ha kötőrétegként nem a K-20 vagy Jav. U-30 jelű kötőrétegaszfaltot, hanem az AB-20 vagy AB-12 aszfaltbeton szemeloszlását és adalékanyagait használjuk fel. Ilyenkor a K-20 kötőrétegnek megfelelő kisebb *B* =

= 4,5...5,5% bitumentartalmat kell alkalmazni, a jobb rétegösszekötést adó nyitottabb, érdesebb felület és struktúra érdekében. Ekkor a stabilitási feltételeknél a 6-3. táblázatban is csak a kötőréteg alacsonyabb értékeit kell elérni és megvalósítani.

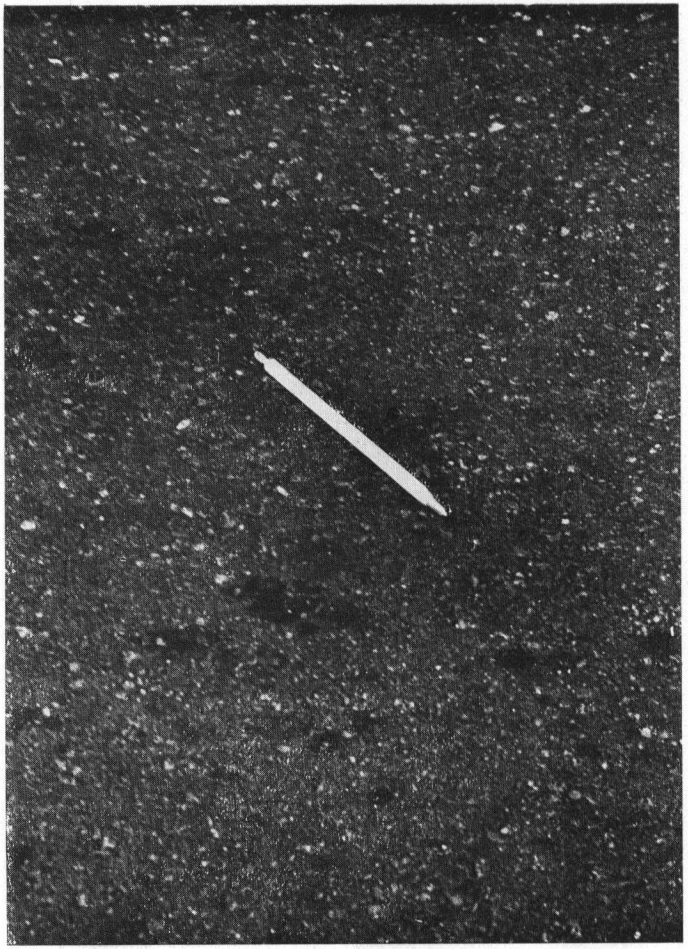
Érdemes rámutatni arra, hogy a hazai előírások a kis forgalomban $h = 2...5$ térf.%, közepes és ennél nehezebb forgalomban $h = 3...5$ térf.% szabad hézagot engednek meg a laboratóriumi Marshall-próbatestekre (6-2. táblázat), amíg a burkolatból kivett aszfaltmintákra pedig 1...4, ill. 1...5 térf.% vízfelvételértéket. A régi előírásoktól ezzel az érdesebb burkolatok felé léptek előre. Ez a szabad hézag és vízfelvétel nem eredhet elégtelen tömörítésből, mert a 6-2. táblázat ugyanakkor általánosságban előírja egyrészt a *99%-os Marshall-tömörséget*. Ezzel párhuzamosan a laboratóriumi minimális térfogatra betömörített adalékanyag térfogatsúlyát 100%-nak véve, így *97,5% tömörséget* kell létrehozni.

6.2.1.3. A fokozottan érdes aszfaltbeton felület előállítása

A forgalombiztonság fokozása érdekében a kopórétegek érdes felületére mindig ügyelni kell. Bár a jól készített zúzalékdús aszfaltbetonok, amelyek az előző pont előírásai szerint készülnek, már önmagukban is megfelelően érdesek, az érdességet még kétféle módszerrel lehet fokozni: az összetétel további változtatásával, vagy pedig az összetétel változtatása nélkül, úgy hogy az érdesítő zúzalékot a forró aszfaltbeton felületbe behengerlik.

a) *Az összetétel módosítására* vonatkozóan az ÉKSZ megengedi, hogy a fokozott érdesség érdekében a 0,09...2 mm közötti homokfrakcióban a zúzotthomok részaránya az általában alkalmazott 50%-ról az AB-8 esetén 75%-ra, az AB-12 és AB-20 esetén pedig akár 100%-ra is növekedhet. Ilyenkor azonban feltétlenül létre kell hozni a hatékonyabb betömörítést, akár úgy, hogy a nehéz hengermenetek számát növelik, akár nehéz gumihengerek alkalmazásával. Az alkalmazott szemeloszlás inkább az alsó határgörbék közelében legyen, a töltőanyag aránya inkább kisebb, a szabad hézag nagysága pedig lehetőleg nagyobb legyen a különben előírt határokon belül. Emellett inkább alacsonyabb penetrációjú, keményebb bitument kell alkalmazni.

b) *Érdesítő zúzalék alkalmazása* angol mintára először az 1969. évi ÉKSZ előírásokban található aszfaltbeton esetében. Az eljárás lényege az, hogy az elterített, forró, még legalább 140 °C hőmérsékletű aszfaltbetont a 3...5 t-s könnyű henger egyetlen oda-vissza járatával kell csak előtömöríteni, majd viszonylag kis mennyiségű kiváló minőségű impregnált érdesítő zúzalékot szórunk el egyenletesen (kézzel, külföldön általában géppel). Végül a nehéz hengerrel az érdesített aszfaltbetont hatékonyan, a kihűlésig jól be kell tömöríteni.



6.1 kép. Aszfaltbeton burkolat felülete zárt, dörzspapírszerű érdességgel

Az érdesítő zúzalék (KZ-8/12, ill. KZ-12/20) különösen tiszta, kubikus alakú és szűken osztályozott, szűk frakciójú legyen. Előzetesen impregnálni kell, azaz 1,5...2,5% mennyiségű NB-55 vagy NB-30 jelű útibitumennel vagy higított bitumennel kell keverni. Fontos, hogy az így előkevert zúzalék jól szórható legyen, ne csomósodjon, ehhez az szükséges, hogy a bitumen ne legyen túl sok; hasznos emellett, ha kb. 2...3% mészkőlisztet is alkalmaznak keveréskor, ami a jó szórhatóságot elősegíti. Fontos a kellő méret és mennyiség betartása:

AB-8 jelű aszfaltbeton esetén:
8/12 mm-es impregnált zúzalék 8,5...10,5 kp/m²;

AB-12 és *AB-20* jelű aszfaltbeton esetén:
12/20 mm-es impregnált zúzalék 11,0...13,0 kp/m²

mennyiségben legyen elszórva. A szórás teljesen egyenletes legyen, és a fenti mennyiségeket pontosan be kell tartani: így tehát a *viszonylag kevés*, de egyenletesen elszórt zúzalék



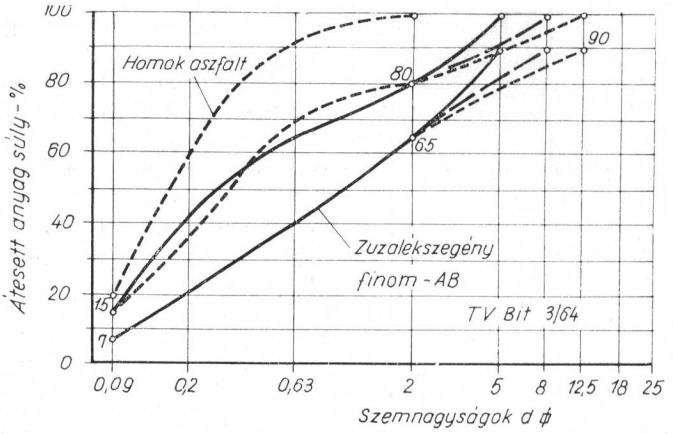
6.2 kép. Aszfaltbeton burkolatba hengerelt érdesítő zúzalékkal képzett felület nagyobb geometriai érdességet biztosít, nagyobb sebességeknél ez kedvezőbb

érdesítő hatása a legkedvezőbb. Felhívjuk a figyelmet az angol Hot Rolled Asphalt mintájú, lépcsős szemeloszlású, utólag zúzalékkal érdesített tartós aszfaltbeton készítési módszere, a *10.9 fejezet*ben.

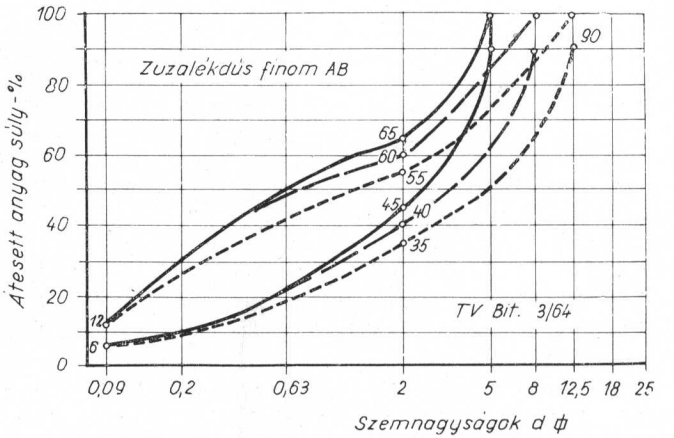
c) Külföldön elterjedten alkalmazzák és nálunk is lehetséges az aszfaltbeton érdesítése *bitumen-emulzióval készült felületi bevonással* (411. oldal).

6.2.1.4. Néhány külföldi előírás adatai

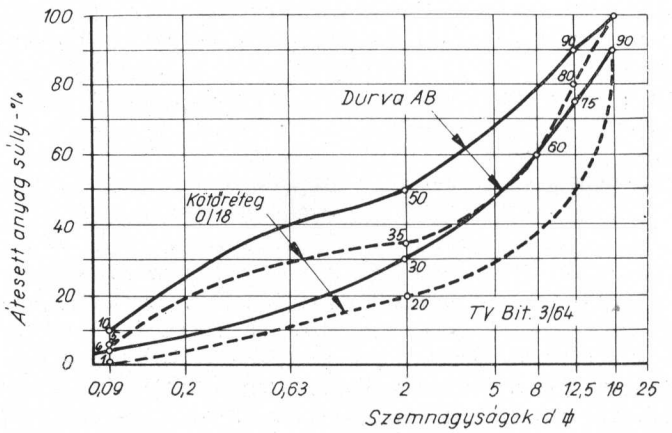
Az új magyar aszfaltbeton-előírások már azt a fejlődést mutatják, amely világszerte megfigyelhető a zúzalékszegény keverékektől a sokkal kedvezőbb eredményeket adó zúzalékdús keverékek felé, a homokaszfaltok és az 5 mm alatti „mikrobeton" jellegű anyagok elhagyásával.



6-10. *ábra.* Homokaszfalt és zúzalékszegény finom aszfaltbeton határgörbéi a német *TVBit 3/64* szerint



6-11. *ábra.* Zúzalékdús finom aszfaltbetonok határgörbéi a német *TVBit 3/64* szerint



6-12. *ábra.* Durva aszfaltbeton és a kötőrétegek határgörbéi a német *TVBit 3/64* szerint

6-4. táblázat. A francia Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ajánlott aszfaltbeton szemeloszlási határgörbék

Szitanyílás, mm (francia)	Szitaszám ASTM	Durva aszfalt-beton (zárt)	Finom aszfalt-beton (zárt)	Durva aszfalt-beton (nyitott)	Finom aszfalt-beton (nyitott)	Homok aszfalt	Homok aszfalt	Mikró aszfalt-beton
0,080	№ 200	5... 10	5... 14	2... 5	2... 6	0... 10	10... 20	10...20
0,160	№ 100	8... 22	8... 26	3... 20	5... 20	5... 35	14... 40	15...36
0,315	№ 50	12... 35	12... 40	5... 35	8... 35	20... 60	30... 65	24...52
0,8	№ 20	20... 56	20... 60	10... 55	14... 55	50... 90	60... 88	34...74
2	№ 10	30... 70	35... 80	20... 70	25... 74	80...100	85...100	55...95
4	№ 5	40 ...80	60... 95	35... 85	44... 90	94...100	95...100	90...98
8	5/16″	60... 95	95...100	60...100	75...100	100	100	100
12,5	1/2″	74...100	100	85...100	100	—	—	—
20	3/4″	100	—	100	—	—	—	—
25	1″	—	—	—	—	—	—	—

Ilyen korszerű irányzatot képvisel pl. a szovjet *GOSZT-9 128—67* szabvány, amely az aszfaltbeton-keverékek új, 1968-ban bevezetett előírásainál a régebbi gyakorlattal szemben az aszfalthabarcs csökkentését, a zúzalékrész jelentőségének és mennyiségének növelését fokozza, lényegében a zúzalékdús aszfaltbetonok irányában. Ennek adatait, táblázatait a *10.8 fejezet*ben, ismertetjük.

Ugyancsak rendkívül sokféle előírást alkalmaznak az USA egyes államai és szervezetei [23, 16, 18].

A hazai viszonylatban az európai előírások közül a legérdekesebbek a francia és a német aszfaltbeton-irányelvek.

A *Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussees* által ajánlott szemeloszlási határgörbéket a 6-4. táblázatban látjuk. Nyitott keverékek, amelyek jól tömöríthetők. A szükséges bitumenmennyiséget elsősorban a felületelmélettel állapítják meg.

A legjobban kiérlelt és nagy hagyományú európai aszfaltbeton-előírások közül a nyugatnémet *TV Bit 3/64* jelű irányelvek [28] szemeloszlási görbéit ismertetjük, mégpedig a 6-10. ábrán a homokaszfalt és a zúzalékszegény finom aszfaltbeton, a 6-11. ábrán a zúzalékdús finom aszfaltbeton, a 6-12. ábrán a durva aszfaltbeton előírásait. Érdekes, hogy erősen nyitott, pórusos kötőrétegre (6-12. ábra) törekedtek. A fejlődés azonban itt is zártabb szemeloszlás felé halad, amely a nehéz forgalom alatti deformálódás veszélyét minimumra csökkenti.

Az *angol előírás és gyakorlat* elsősorban azért érdekes, mert kiterjedten, beváltan és régóta alkalmazza az *aszfaltbetonok impregnált zúzalékkal való érdesítését*. Ez az eljárás az európai kontinensen a legutóbbi évekig ismeretlen gyakorlat volt, és csak most terjed el (Franciaország, Svédország stb.). A lépcsős szemeloszlású, zuzalékkal érdesített *Hot Rolled Asphalt* részletes technológiai ismertetését lásd *10.9 fejezet*ben.

6.2.2. Az aszfaltbetonok és a meleg bitumenes útalapok előállítása keverőtelepeken

6.2.2.1. Az aszfaltbeton-keverőtelepek elrendezése és nagysága

Az aszfaltbeton-burkolatok anyagát olyan *keverőtelepeken* állítják elő, amelyen a viszonylag legigényesebb típusú, korszerű *aszfaltkeverő-géplánc* teszi lehetővé a számos frakcióból álló, pormentesített, felmelegített adalékanyagból a kívánt szemeloszlásnak megfelelő adagolást, és a pontos mennyiségben bepermetezett, az előírt hőfokon tartott útépítő bitumennel való jó és egyenletes elkeverését.

A kisebb teljesítményű aszfaltkeverő-telepen is nagy tömegű anyag fogadásáról, keveréséről és elszállításáról kell gondoskodni (napi 200 t körül, külföldön nagy gépeknél napi 2000...3000 t körül). Ezért a keverőtelep helyét az építési munkák súlypontjában alkalmas helyen célszerű megválasztani. A telep egyik oldalán iparvágánnyal rendszeresen lehet fogadni az adalékanyagot szállító kocsikat, a másik oldalon pedig zavartalan közúti összeköttetés létesíthető a kész aszfalt-keverékeket szállító tehergépkocsik számára.

A keverőtelepet az egyik oldalról ellátó iparvágány mellett vannak a deponiahelyek, az egyes zúzalék és homokfrakciók számára. Az elszennyeződés és összekeveredés megelőzésére a talajt sováynbeton vagy cementstabilizáció réteggel burkolják, és a deponia helyeket magas beton elválasztófalak határolják. A deponiahelyek hossza több száz m is lehet. A vasúti kocsik kiürítésére legkedvezőbb a géplapát és a szállítószalag. Ennél is jobb, ha önürítős vasúti kocsi szállítja az adalékanyagot, akkor két szállítószalag egy 25 t-ás vasúti kocsit kb. 15...20 min alatt ürít ki. Így pl. 6 szállítószalagpár 2 h alatt 24 vagonos irányvonatot ki tud üríteni, és

kb. 10...15 m-re a vágánytól halmokba tudja rakni az anyagot (kb. 500...600 t anyag, amely 20 t/h kis keverőgépnek kb. 3 napi szükségletét fedezi). Legelőnyösebb, ha az anyagszállító irányvonatot még a kőbányában előrendezik és a fogadóállomás deponiatelepének megfelelő sorrendben következnek egymás után az egyes zúzalékfrakciók. Ekkor az anyagfogadás gyors és szervezett lehet.

Az elválasztott deponiákról az egyes adalékanyag-frakciókat (durva és finom homok, 0/2, 2/5, 5/8, 5/12, 12/20 mm-es zúzalékok) kanalas rakodógép viszi a keverőgép előadagolójának silórekeszeibe.

A keverőgéplánc a telep központi helyén áll. Közelében helyezkednek el a fűthető bitumentároló tartályok, amelyekbe az útibitument közúti (néhol vasúti) tartálykocsikkal melegen szállítják. (A régebben szokásos hordókban, göngyölegben való bitumenszállítás nem korszerű és ma már nem gazdaságos.)



6.3 kép. Az adalékanyag különböző frakcióit a keverőtelepen gondos elválasztással, tisztán kell tárolni. A kanalas rakodó tölti az anyagot az előadagoló rekeszeibe

A keverőtelepen a keverőgéplánchoz közel helyezik el a mészkőlisztet tároló silókat. Ezeket konténeres gépkocsikkal szállított mészkőlisszttel, pneumatikus úton töltik meg. A keverőtelepen az iroda, munkásszállás, szociális épületek mellett fontos a helyszíni aszfaltvizsgáló laboratórium, szükség szerint gépjavító műhely és a villamosenergia-ellátást nyújtó trafóállomás.

A keverőtelep felállítása vagy áttelepítése nagy körültekintést igénylő feladat. A keverőgép kiszolgálási körzete aszfaltbeton és meleg bitumenes útalap építése esetében a szállítási körülményektől függően max. 20...30 km körül lehet (l. később). A leggazdaságosabb, ha az aszfaltkeverőtelep egy helyen legalább egy évig dolgozik. Hazai aszfaltútépítések esetében gyakoriak a nagyobb aszfaltszállítások 25...35 km-re, esetenként pedig 45 km-ig is szállítottak. Az évközbeni átállás még a kis teljesítményű mobil rendszerű gépek esetében is sokszor költséges.

A keverőtelepek nagyságrendje a keverőgéplánc kapacitásától függ, ezt a t/h teljesítőképességgel jellemzik:

12 t/h igen kis teljesítményű keverőtelepek (csak fenntartási célra vagy kis munkák esetében, kézi bedolgozásra alkalmas nagyság).

25...50 t/h kis—közepes teljesítményű keverőtelepek, már gépesített, finiseres burkolatépítést is ellátnak.

80...150 t/h nagyteljesítményű keverőtelepek, amelyek a fejlett útépítésű országokban általánosan alkalmazott nagyságrendet jelentenek.

200...300 t/h vagy ennél nagyobb óriási teljesítményű keverőtelepek, amelyek állandó telepítésű aszfaltgyárakként nagy körzet állandó igényeit látják el.

Az aszfaltkeverő-telepek gazdaságossága, az aszfalttermelés fajlagos költsége annál kisebb, minél nagyobb a keverőgép kapacitása. Gazdasági számítások szerint, ha 30 t/h kis—közepes nagyságú keverőtelepet veszünk alapul, akkor a gépköltség alakulása a következő:

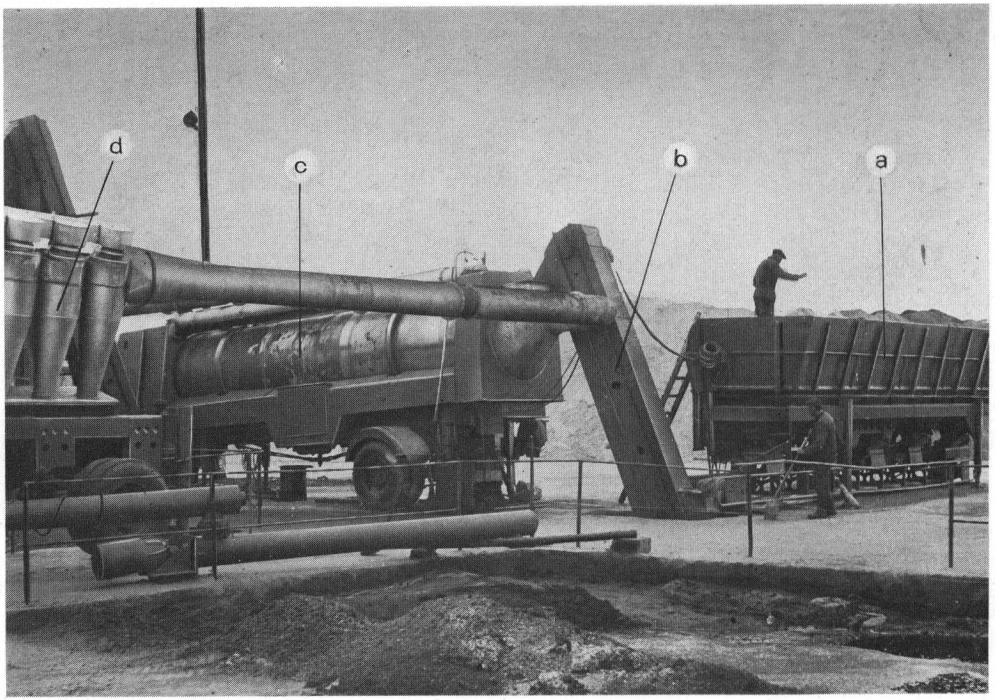
30 t/h esetén: 100%
100 t/h esetén: 75%
150 t/h esetén: 61%
200 t/h esetén: 57%.

A gépköltségben a bedolgozó géplánc (aszfaltfiniser, hengerek) munkája is bennfoglaltatik. Látható, hogy a nagyobb keverőtelepek — ha kihasználásuk biztosított — mennyivel gazdaságosabban termelnek.

Jól látható a svájci eredetű [40] 6-13. ábrán, ahol a gyártott és beépített aszfaltanyag árát a keverőgépnagyság és az építési szakaszhossz (munkavolumen) nagyságától függően ábrázolták. Ez a gazdasági számítás is a nagyobb keverőtelepek előnyeit mutatja, ha a gépkihasználás teljes.

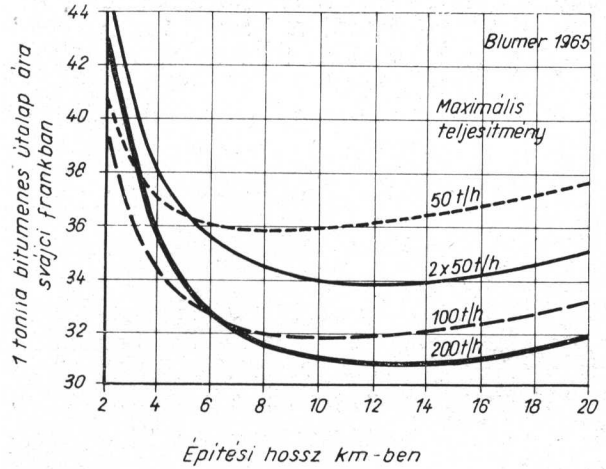
Számos államban alakult már ki olyan állandó aszfaltgyárhálózat, ahonnan a megfelelő minőségű aszfaltanyagot szállítják az építkezésekhez, a korszerűsítésekhez és a fenntartáshoz, mind az állami, mind pedig a községi—városi jellegű

6.4 kép. Kis aszfaltkeverőtelep *Cegléd-25* típusú 25 tonna/óra teljesítményű félautomata keverőgépsorral. *a)* előadagoló, a homok-frakció egyenlőtlen folyását, felboltozódását néha kézi úton szüntetik meg, *b)* hideg elevátor, *c)* szárítódob, *d)* porelszívó





6.5 kép. Kis aszfaltkeverőtelep *Cegléd-25* típusú félautomata keverőgépsorral. *c)* szárítódob, *e)* meleg elevátor, *f)* meleg rosta és meleg bunkerek, alatta a mérlegek és keverőtér, *g)* vezérlőkabin az automatikával, *h)* mészkőliszt-silók, *i)* kisméretű készkeverők-tároló, *j)* keverékszállító jármű



6-13. *ábra.* Bitumenes kavics meleg útalap ára a keverőtelep nagyságától és az építési hossztól függően

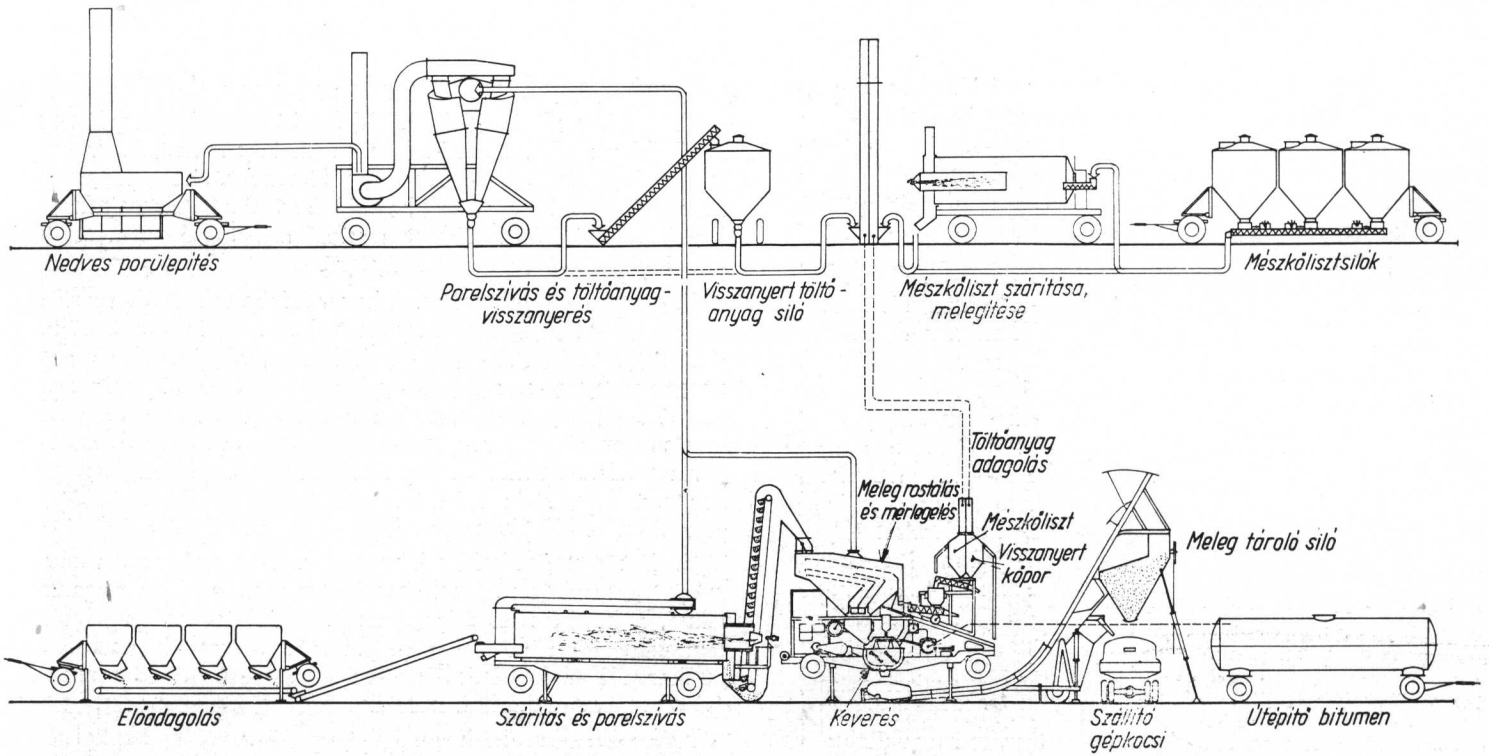
utakhoz együttesen. Magyarországon állandó jellegű aszfaltgyárak elsősorban Budapesten működnek. Szükséges lenne az aszfaltgyárak országos hálózatát a városok igényeinek figyelembevételével kialakítani.

6.2.2.2. Korszerű aszfaltbeton-keverőgéplánc részei és működése

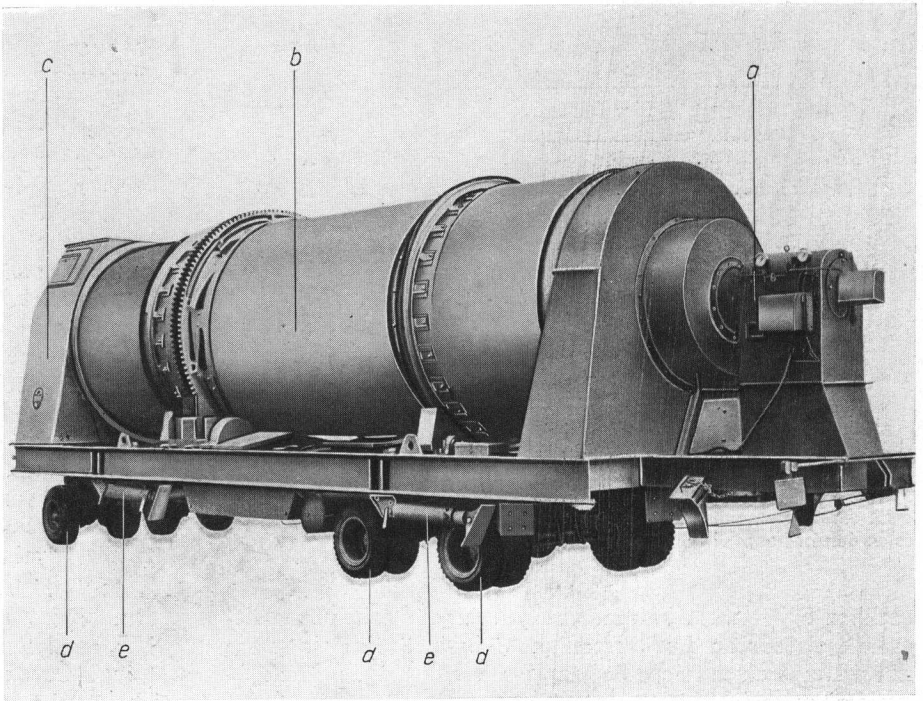
Az aszfaltbetonok előállítására is alkalmas keverőgépek berendezéseit és technológiáját szemléltetjük a 6-14. ábra alapján. A keverőgéplánc elvégzendő fő feladatai a következők:

1. *Előadagolás.* Az előadagoló egység öt silórekeszből áll, amelyekbe a különböző homok- és zúzalékfrakciókat rakodógépekkel szállítják a deponiákból. A silók alatt szállítószalag fut. Az adalék a silók alatti mágneses adagolónyílás szabályozása alapján a számított arányban kerül a szállítószalagról az ún. hidegelevátorba, amely az adalékot a szárítódobba juttatja. Meg kell jegyezni, hogy az előadagolás pontossága különösen a fontos finomfrakciókban nem nagy. Azonos nyílásbeállítás mellett is jelentős eltérések adódhatnak a homok, zúzotthomok nedvességtartalmától és átboltozódásától függően. Ezért pl. a természetes és a zúzotthomokot célszerű a kívánt arányban előre összekeverni és az egyik silórekeszbe tenni, ügyelni az átboltozódás, átnedvesedés elkerülésére.

2. *Szárítás, porelszívás, melegítés.* A szárítódob kb. 1,5 m átmérőjű, 7 m hosszú forgó acélhenger, lejtős hossztengellyel, amelyben az adalékanyag lassan áthalad, közben a hossziránvú bordázat következtében többször felemelkedik és a lángcsóván keresztül lehull. A szárítódobban olajtüzelésű



6-14. *ábra.* WIBAU-rendszerű nagy aszfaltkeverő-géplánc technológiai folyamatábrája, előmelegített, kétadalékos töltőanyag alkalmazásával



6.6 kép. *Wibau*-típusú nagy teljesítményű mobil szárítódob (200 tonna/óra) szállításra szerelve. *a)* Olajlángtüzelés, *b)* forgódob, *c)* elszívóház, *d)* járókerekek, *e)* állványlábak üzem közbeni alkalmazásra

lánggal előírt magas hőmérsékletet hozunk létre. Ezzel az adalékanyag víztartalmát elvonjuk, és az adalékanyagot felmelegítjük a szükséges keverési hőmérsékletre, amelyet távhőmérővel ellenőriznek és automata vezérléssel szabályoznak. A szárítódobbal porelszívó (exhaustor) berendezés van összekötve. Ez elszívja a száraz adalékanyagból a nem kívánatos iszapos kőport, azaz kb. a töltőanyagnak megfelelő frakciót, mert a töltőanyagot később pontosan adagolva külön kívánjuk a keverékbe juttatni. A füstgázokkal együtt kiszívott port a porelválasztó berendezésben leválasztják, ülepítik, hogy a keverőgép üzeme a környező levegőt ne rontsa erős porképződéssel. A forgó szárítódobból a forró, pormentesített adalékanyag a meleg elevátorba kerül, amely a keverőgép rostájára szállítja az anyagot.

3. *Forró adalékanyag-osztályozás és súly szerinti bemérés.* A keverőgép rostaberendezése az előadagolással már közelítően összeállított adalékanyagot 3...4 különböző frakcióra rostálja szét, és külön silórekeszekbe gyűjti össze. A régebbi keverőgépeknél az egyes keverési adagokba az egyes frakciók bemérését beépített mérleg és annak mutatója alapján kézi irányítással keverőmester végezte. Kedvezőtlen körülmények között végzett nehéz és fárasztó munkájától függött a keverékek adagolásának pontossága. Ezért a legnagyobb igyekezet és lelkiismeretesség mellett is sok hiba adódott. A korszerű félautomatikus és automatikus keverőtelepeknél ez a hátrány, a kézi adagolás, ma már teljesen kiküszöbölődött. Minden keverési adagot automatikus mérlegekkel súly szerint adagolva, az előírt szemeloszlásnak pontosan megfelelő %-arányok szerint hullik az adalékanyag a keverőtérbe. A töltőanyag, a mészkőliszt külön tartályból adagolócsiga útján száraz állapotban szintén súly szerinti adagolással külön kerül a keverőtérbe.

4. *Bitumen előmelegítés, hevítés, mérlegelés és adagolás.* A kötőanyagot előmelegítő-kazánban melegen tartják. Innen a hevítőkazánba szivattyúzzák át a bitument, ahol a keverési hőmérsékletre hevítik, majd a súly szerinti adagolásnak megfelelő mennyiségben több atmoszféra nyomással permetezik be a keverőtérbe, az adalékanyagra.

5. *Keverés a keverőtérben.* A keverőtérbe tehát súly szerint adagolva a rosta által osztályozott durva és finom frakciók, zúzalék, majd homok keveréke hullik be, végül a töltőanyag. Két keverő lapátsor egymás ellen forogva 30 s-ig szárazon keveri az adalékanyagot, majd a nyomás alatt bepermetezett bitumen az adalékanyag szemcséit bevonja. A keverés a bepermetezés után még 60 s-ig folyik. Így a Cegléd 25-nél egy keverési adag ideje 1,5 min. A külföldi gyártású keverőgépeknél ez az idő jóval rövidebb.

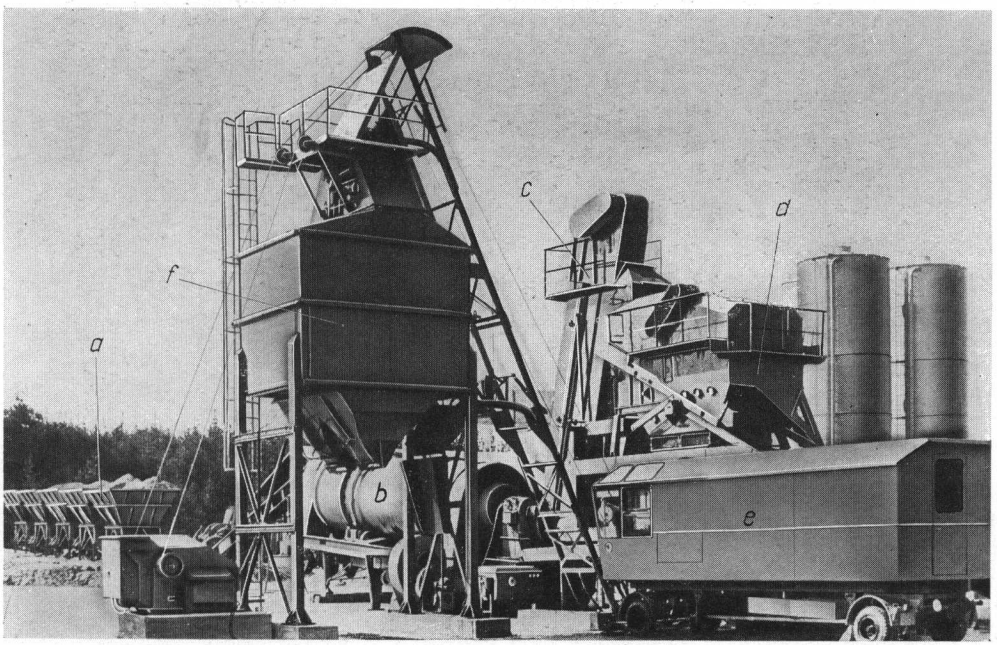
6. *Kész keverék tárolása és szállítása.* A keverőtérből a kész megkevert aszfalt a felvonó tartályába esik, amely a magasan fekvő, a kihűlést akadályozó szigetelt falú készanyagtároló bunkerbe juttatja. Innen az adagolónyíláson keresztül a bunker alá álló szállítójárműbe (teherautóba, dömperbe) ürítik a kész, meleg keveréket.

A korszerű típusú keverőgépen az ötrekeszes bunkerből való adagolás, a szárítódob munkája, a rostálás, a silóból való

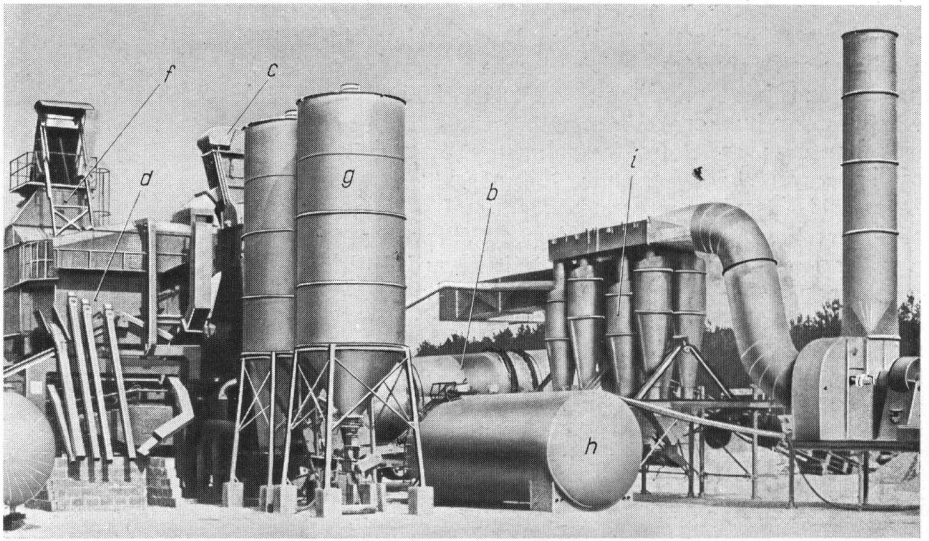
bemérés, bepermetezés, keverés, ürítés folyamata automatizált, és a beállított program lefutását, a mérlegek működését a kezelőfülkéből lehet ellenőrizni, adott esetben szabályozni.

Az aszfaltbetonok előállításához alkalmas keverőgépláncoknak — az előbbiek szerint — a következő fontos elvi tulajdonságát emeljük ki, amely megkülönbözteti az utántömörödő aszfaltok készítésére alkalmas egyszerűbb aszfaltkeverő-gépektől:

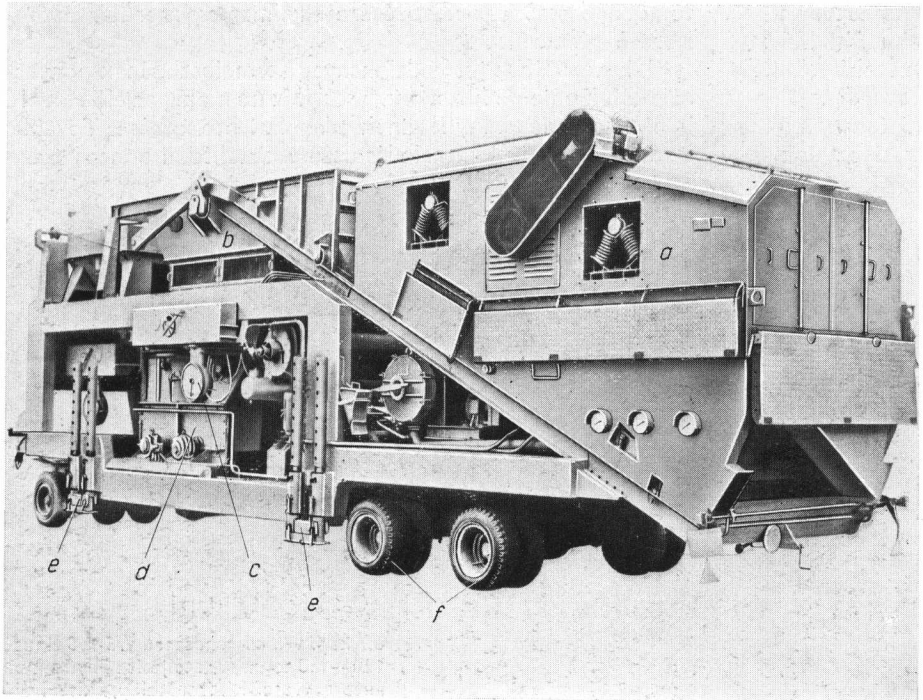
A keverőtérbe jutó adalékanyag szemeloszlásának pontosnak kell lennie. Ehhez a pontossághoz nem elég az előadagoló bunkersor adagolónyílásainak adagolási pontossága. Továbbá a szárítódobon való áthaladás után a közelítően pontos szem-



6.7 kép. *Wibau*-rendszerű *WS-150* típusú 120—150 tonna/óra teljesítményű mobil automata aszfaltkeverőtelep, a kiszolgáló oldal felől nézve. *a)* Ötrekeszes előadagoló, *b)* szárítódob, *c)* meleg elevátor, *d)* meleg anyag rostálása, meleg bunkerek, alatta a mérleg és keverőtér, *e)* vezérlőkocsi az automatikával, *f)* felvonó és hőszigetelt készanyagtároló bunker



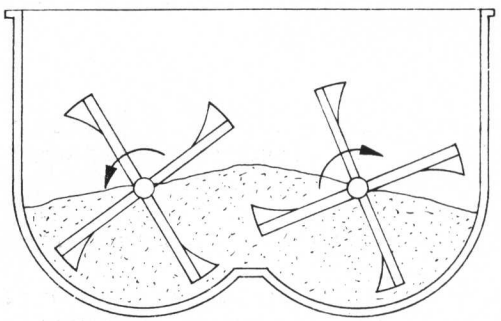
6.8 kép. Az előbbi *Wibau*-rendszerű *WS-150* típusú keverőtelep hátsó oldala, *g)* mészkőliszt-silók, *h)* bitumentartály, *i)* porelszívók



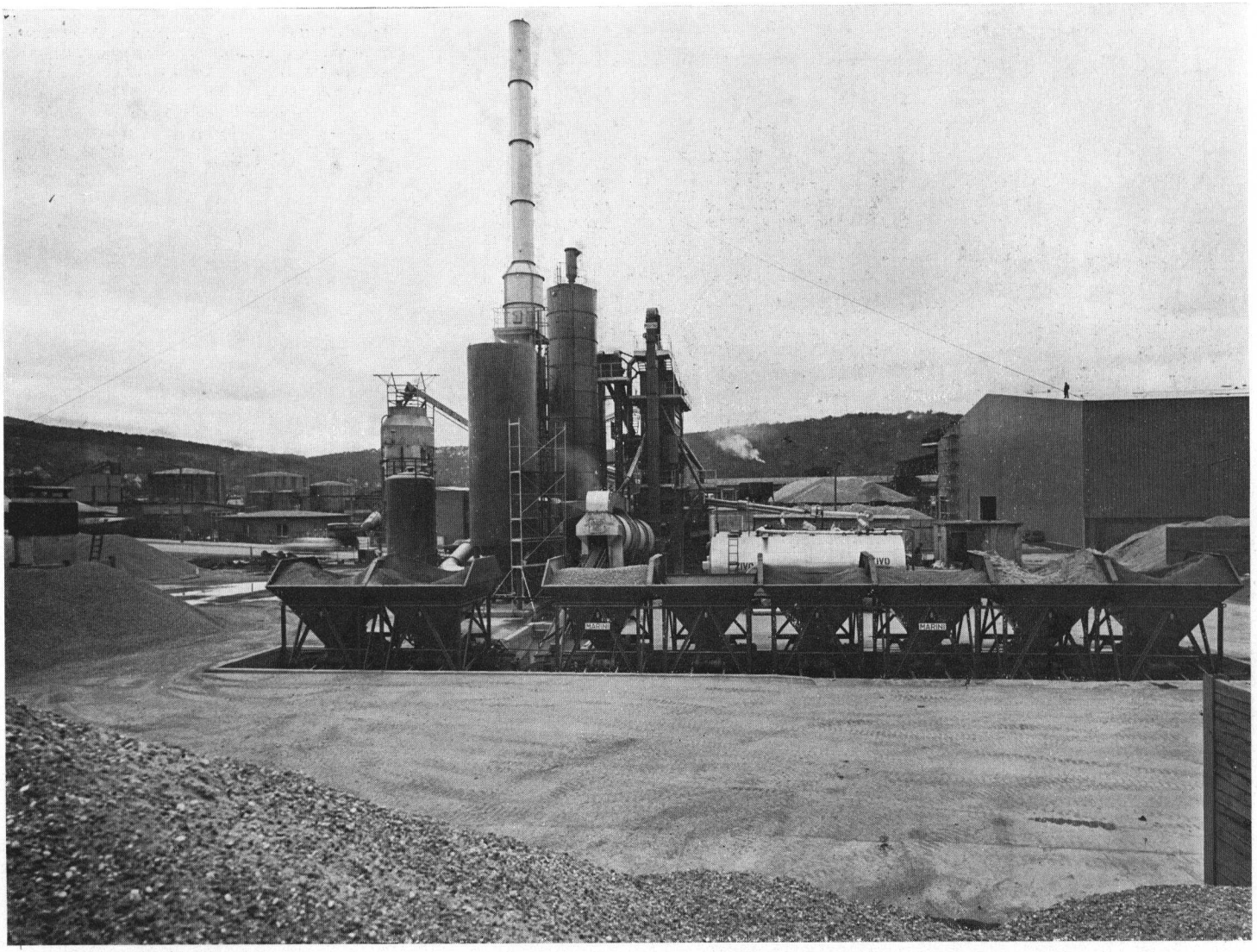
6.9 kép. *Wibau*-típusú nagy teljesítményű mobil keverőtelep (200 tonna/óra) melegrosta-keverőgép tagja szállításra szerelve. *a)* négysíkú vibrációs rosta szállítási helyzetbe csúsztatva, *b)* meleg frakciók tárolóbunkerei, *c)* mérlegelőberendezés mutatója, *d)* impakt-rendszerű keverőtér, *e)* üzemközben használt talp-állványok, *f)* szállító kerékpárok

eloszlású adalékanyag összetétele a porelszívás miatt megváltozik éppen abban a frakcióban, amely a bitumenszükségletet jelentősen befolyásolja. Ezért fontos az aszfaltbetonnál a már *forró, szárított adalékanyag meleg szétrostálása*, legalább 3, de a korszerű aszfaltkeverő-gépekben 4 részre. (A régebben alkalmazott két részre való meleg rostálás nem ad megfelelő minőséget aszfaltbeton esetében.) A meleganyag bunkerekbe szétválasztva kerül tehát a 0,09...2 mm-es homokfrakció a 2...5 mm-es finom zúzalék és az 5...20 mm-es durva zúzalék (esetleg ez is két bunkerben 5...12 és 12...20 mm osztásban). A forróanyag bunkerekből az automatikus mérlegek ezután már pontosan az előírt frakciómennyiséget mérik be az egy-egy keverési adagba. Ehhez jön még külön szállítócsigán keresztül — ismét pontos súlyadagolással — a mészkőliszt, többnyire hideg, esetleg előmelegített állapotban.

A nagy teljesítményű automatizált keverőgépláncok példájaképpen a 6-14. ábrán szemléltettük a *WIBAU*-rendszerű keverőtelep jellegábráját. A forró adalékanyagot négy részre rostálják szét, ezenkívül azonban a töltőanyag is két részben, külön mérlegelve és *előmelegítve* kerül az egy-egy keverési adagba. A mészkőlisztet olajtüzelésű kisebb forgó szárítódobban előmelegítik, és a meleg mészkőlisztet külön meleg bunkerben gyűjtik össze. Ettől függetlenül a homokok és zúzalékok a nagy szárítódobon keresztülhaladnak, és az ott kiszívott kőpor ciklonsoron száraz ülepítőben összegyűlik, majd ez a visszanyert kőpor is külön meleg bunkerbe kerül. Innen a mészkőlisztől független mérlegeléssel kerülhet a keverési adagba, mert a visszanyert kőpor szemeloszlása és alkalmazhatósága a mészkőlisztétől nyilván különbözik. (Hazánkban a kb. 3% körüli mennyiséget kitevő exhaustorport nem alkalmazzuk töltőanyagként, mert ez mállott és savas karakterű kőzetporral szennyezett, sokszor iszapos anyag.) A levegőtisztasági rendeletek előírása szerint — különösen városok közelében levő keverőtelepeken — a kiszívott kőpor száraz ülepítése után a füstgázokat és egészen fi-



6-15 ábra. Gyúró-kenő jellegű keveréskor optimális adalékanyagmennyiség esetén a keverőtér keverőlapátjainak körét ellepi az anyag



6.10 kép. Állandóan telepített aszfaltgyár 8 féle frakciót adagoló bunkersora különböző receptúrák szerint tud egymás után más-más aszfaltanyag számára előadagolni. (*Marini*-féle 180 tonna/óra teljesítményű keverőtelep)

nom portartalmat még nedves ülepítéssel is leválasztják (max. 150 mg/Nm³), ekkor a keverőtelep a környezet levegőjét gyakorlatilag egyáltalán nem szennyezi be.

A korszerű keverőgépeknek még két fejlődési irányzatáról emlékezünk meg, az *impakt-eljárásról* és a *tapadásjavító szerek befecskendezéséről*.

A keverőtérben két tengelyen két keverőlapátsor forog egymással szemben. Az általában alkalmazott keverőgépekben egy keverési adag mennyisége keverés közben éppen be kell fedje a keverési kör teljes átmérőjét (6-15. ábra). Ekkor a keverés optimális hatású. Időtartama kb. másfél min. Ennek első fele száraz keverés, majd a bitument felülről bepermetezik. A kötőanyaggal előnyös *gyúró-kenő igénybevétel* mellett keveredik kb. 45...50 s alatt. A keverőlapátok kialakítása az anyag körirányú, egyúttal tengelyirányú intenzív mozgását is létrehozza.

Az ún. *impakt-keverési eljárást* a 6-16. ábra mutatja be. Itt a két keverőlapátsor forgása jóval gyorsabb. Itt nem a



6.11 kép. *Marini* gyártmányú aszfaltkeverő-telep toronyelrendezéssel, stabil telepítéssel. (120 tonna/óra teljesítménnyel)

gyúró-kenő hatásra törekszenek, hanem az adalékanyag teljes fellazítására. A gyors keverés következtében az adalékanyag egy része állandóan lebegésben van a forgó lapátsor felett. Erre a lebegő adalékra nagy túlnyomással, 20 atm körül ködszerűen eloszlott bitument permeteznek rá, így a bitumen a szemcséket finoman és egyenletesen vonja be. Ebben az eljárásban azért nincs először külön száraz keverési idő és utána kötőanyaggal való keverés — mint előbb — mert itt a nagynyomású bitumenbefúvatási idő egyenlő a teljes keverési idővel.

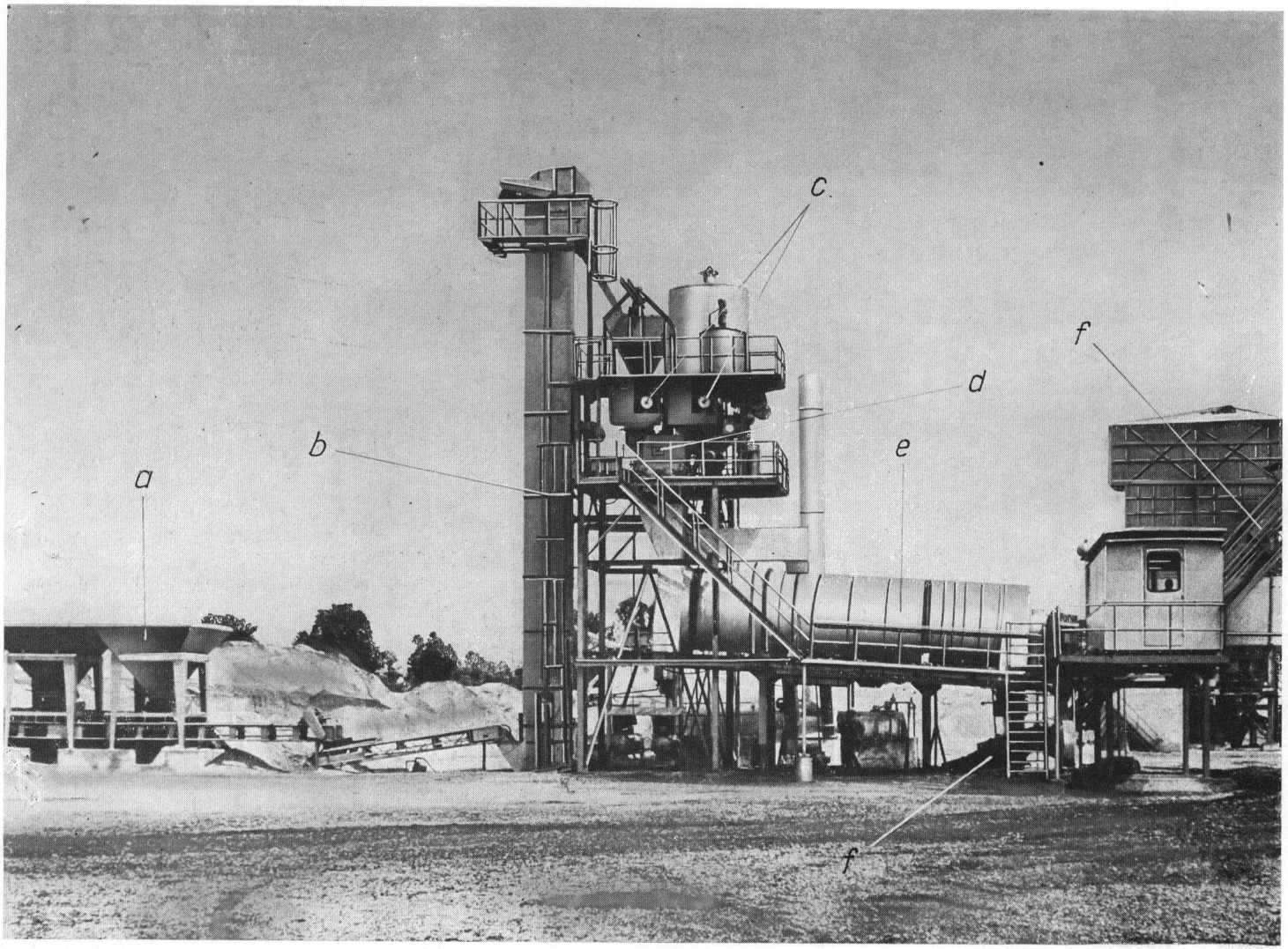
Megjegyzendő, hogy mindkét keverési módszerrel jó minőségű aszfaltot lehet előállítani. Az impakt-eljárással azonban csak akkor, ha a komoly technikai problémát jelentő 20 atm nagynyomású bitumenköd-bepermetezést sikerül létrehozni. (Az impakt-eljárás számos országban szabadalom.) Nem lesz azonban megfelelő eredmény és jó minőségű aszfalt akkor, ha az impakt-eljárásból csak a keverőlapát nagyobb forgási sebességét és a rövidebb keverési időt valósítják meg — a gyúró-kenő hatást csökkentve —, de ugyanakkor a bitument alacsony, 3...6 atm nyomással permetezik be. Ez nem



6.12 kép. *Marini* gyártmányú stabil aszfaltgyár toronyelrendezéssel, több nagy fűtött kész keveréktároló silóval. (200 tonna/óra teljesítmény)

impakt-eljárás, és ilyen esetben elég hosszú keverési idő, nem túl nagy forgási sebesség és a gyúró-kenő hatás szükséges.

Egyes aszfaltkeverő-gép típus esetén alkalmazzák, hogy a *tapadásjavító anyagot* a keverés alatt a keverőtérbe pontosan adagolva bepermetezik. Az oldószerben feloldott tapadásjavítószert ismét nagy nyomással ködszerűen permetezik be fúvókán úgy, hogy a szintén ködszerűen bepermetezett bitumennel azonnal keveredik, és az ásványi anyag és a bitumen tapadását javítja. Bár hazánkban a nagylengyeli útépítő bitumennel meleg eljárás esetében eddig nem adódtak tapadási hibák, károsodások, de más bitumenre — pl. romaskinói fajtára — való áttérés esetében már szükséges lehet az útibitumen tapadásjavítása is. Hiába van ugyanis hazánkban pl. hígított bitumen esetében a tapadásjavítás kérdése előnyösen megoldva azzal, hogy már a gyárban belekeverik a felületaktív anyagot, ez a megoldás meleg eljárás esetén, útépítő bitumennél már nem mindig alkalmazható, mert — a magasabb hőfokon, 150 °C feletti hosszabb tárolás közben — melegítéskor a felületaktív anyagok nagy része pár óra alatt elbomlik és elveszti hatását. Ezzel szemben a keverő-

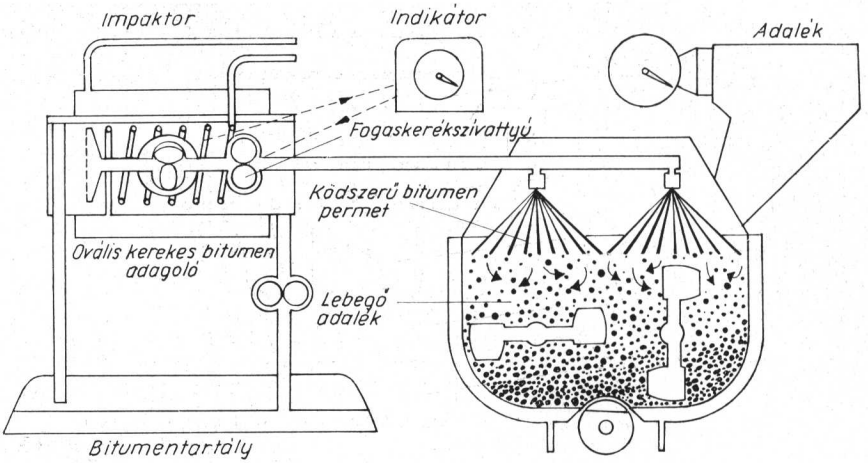


6.13 kép. Az új rendszerű *Wibau-Staublos SL 100* típusú 100 tonna/h teljesítményű keverőtelep újszerű technológiai sorrendje aszfaltbeton esetére is. *a)* pontos előadagoló bunkersor, *b)* hideg elevátor, *c)* hideg adalék keverése tapadásjavítószerrel adalékolt bitumennel, *e)* melegítő forgódob aktivátor, amelyben a keverék egyenletesen bevonódik, aktivizálódik, s a bedolgozási hőmérsékletre hevül, *f)* felvonó a készanyag-tároló meleg bunkerhez. (Előny a porelszívás lényegesen olcsóbb megoldási lehetősége. Leírást l. a 10. fejezetben.)

térbe való közvetlen bepermetezés esetén a tapadásjavító anyagok nem károsodnak, hanem létrehozzák a jó tapadást az adalék és a bitumen között. Megjegyezzük itt, hogy a hazai előállítású EVAZIN tapadásjavító szer 180 °C alatt nem bomlik hamar, sőt még 200 °C felett is hatásos (pl. csökkenti a bitumen öregedését).

A korszerű aszfaltkeverő-gépek *automatizálása* az utóbbi időben jelentős fejlődést ért el. A meghajtást mindenütt külön villamos motorok végzik, és ezek vezérlését jelfogók rendszeréből felépített automatika ellenőrzi és irányítja. A külön kapcsolótérben levő irányító-ellenőrző asztalon a műveletek egymásutániságát egyrészt mindig ellenőrizni lehet, másrészt az adagolások beállítását tévedés nélkül központi program alapján lehet rögzíteni. Fejlett, nagyobb keverőtelepeken ma már kivehető, cserélhető kis programbetétekkel többféle aszfaltkeverék-típus szemeloszlására, bitumenada-

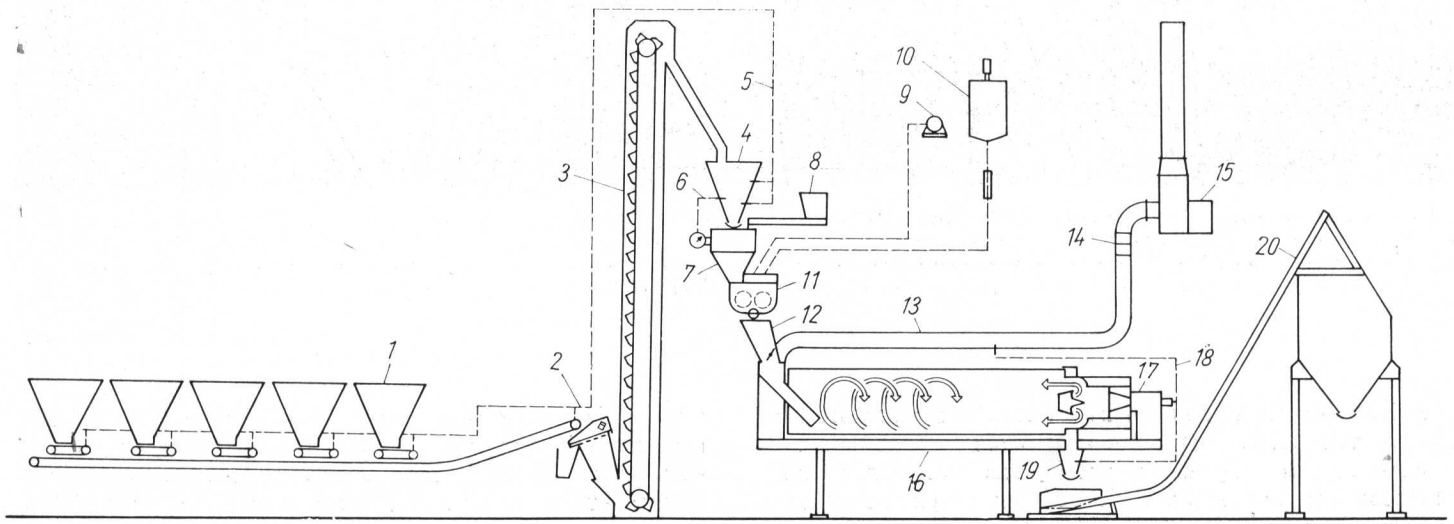
6-16 *ábra. Impakt* keverési módszer esetén a gyors forgású lapátokkal lebegésbe hozott adalékot a 20 atm nyomással befúvott bitumenköd vonja be. Keverési idő = befuvatási idő



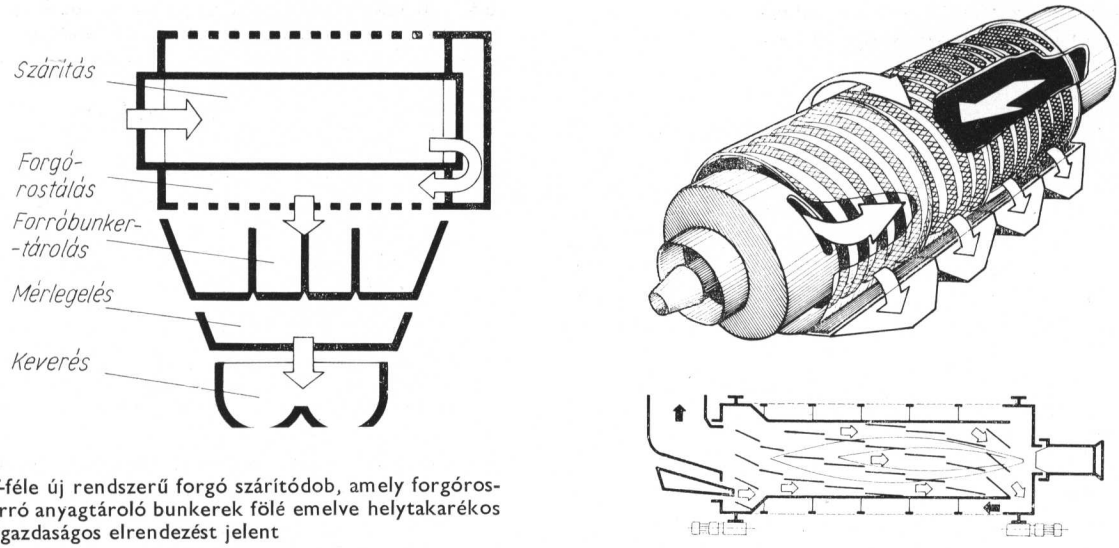
golására is át lehet állni, a kapcsolótérben végzett egyszerű művelettel. Az ellenőrző automatika fontos előnye, hogy lehetőség van arra, hogy *távhőmérőkkel ellenőrizzék a fontos hőmérsékleteket:* az adalékanyag hőmérsékletét a szárítódob után és a keverőtérbe való bemérés előtt, a bitumen hőfokát a tárolótartályban és a keverőtérbe permetezés alatt, a kész keverék hőfokát a keverőtérben és a hőszigetelt falú készanyagtároló bunkerben. Ezek a hőmérsékleti adatok rendkívül jelentősek, ezért állandó ellenőrzésük igen fontos.

Az újszerű *Wibau-Staublos* keverési módszerről itt a 6-17a. ábrán, s a 6.13. képen, valamint a későbbi 10. fejezetben lévő leírásból tájékozódhatunk.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy minden korszerű automatika mellett is mindig szükség van időnként — de különösen az induláskor — a mérlegek, keverési mennyiségek gondos közvetlen ellenőrzésére, hogy a *gép vajon valóban annyit adagol-e, mint amennyit az automatika mutat.* Sokszor adódnak itt állandó, szabályos hibák, és ezek mérését, megállapítását



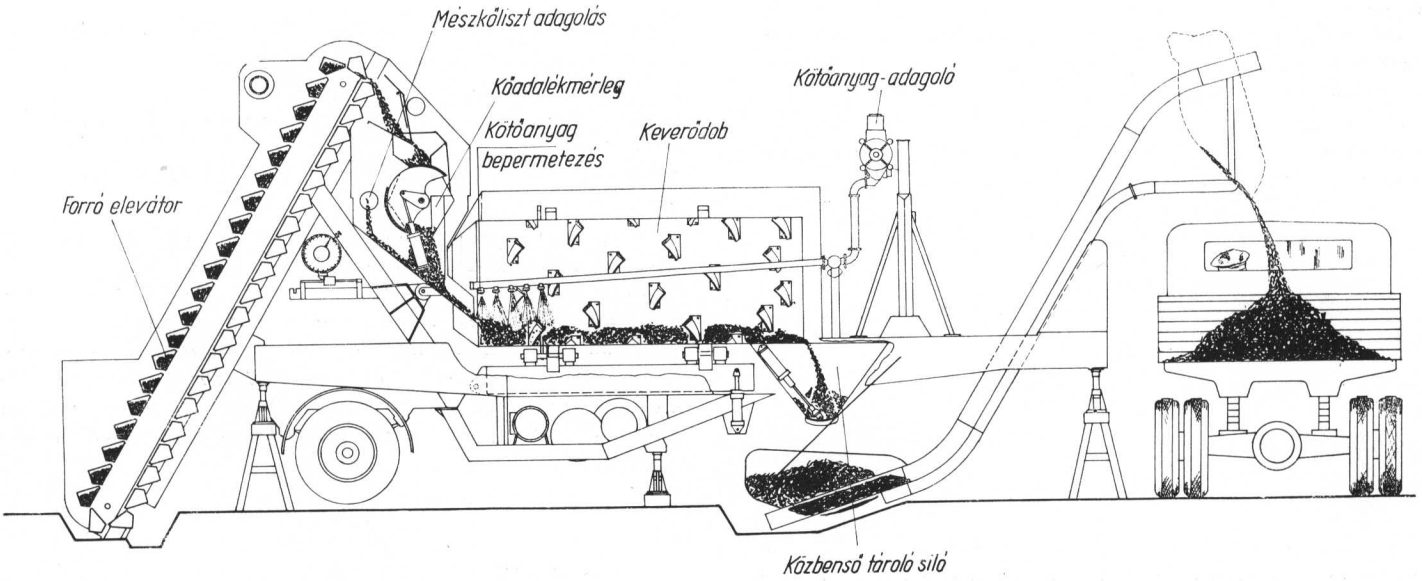
6-17a *ábra. WIBAU*-féle „*Staublos*" rendszerű keverőtelep technológiai vázlata. 1. Pontos adagolóbunkerek. 2. Túlfolyórosta, 3. Hideg elevátor, 4. Tárolótartály, 7. Mérleg, 8. Töltőanyagadagolás, 9. Bitumenadagolás, 10. Tapadásjavító porlasztás, 11. Keverés, 13. Vízelvonás, 15. Szívóventillátor, 17. Olajégőláng berendezés. 19-18. Lángszabályozó berendezés a nedvesség és vízelvonás nagyságától függően. 5-6. Az adagolóbunkerek szabályozása a 4. tárolótartály feltöltöttségtől függően, 20. Készanyagtároló. (Leírást lásd később a 10. fejezetben.)



6-17b ábra. Linnhoff-féle új rendszerű forgó szárítódob, amely forgórostával körülvéve a forró anyagtároló bunkerek fölé emelve helytakarékos és kopáscsökkentő, gazdaságos elrendezést jelent

és korrigálását megfelelő programátállítással az építésvezető mérnöknek kell irányítania és ellenőriznie.

Végezetül meg kell említeni, hogy eddig csak a megszakított keverési adagokkal dolgozó rendszerű gépeket ismertettük, mert általánosan ezek terjedtek el. A 6-18. ábrán *folytonos keverés elvén* dolgozó aszfaltkeverő-gépet is ismertetünk, amelyet nem aszfaltbeton kopórétegekhez, hanem elsősorban aszfaltbetonszerű meleg bitumenes útalapokhoz vagy kétfrakciós, mészkőlisztes aszfaltkeverékekhez előnyös alkalmazni. Bár maga a meleg anyag szétrostálás utáni bemérése itt is szokásos, a keverés a forgó keverődobban való áthaladással folyamatos rendszerű.



6-18. ábra. Folytonos rendszerű aszfaltkeverő gép technológiai ábrája a meleg elevátor után (*Huther*-rendszerű gép)

6.2.2.3. Technológiai előírás megadása aszfaltbeton-keverőgép számára

Ha a rendelkezésre álló adalékanyag alapulvételével előzetes számítások és laboratóriumi vizsgálatok alapján rögzítették a készítendő aszfaltbeton-burkolat szemeloszlási görbéjét és bitumentartalmát, akkor a következő feladat a keverőgép beállítószerkezete, automatikája részére *technológiai utasítás*-ban megadni a *szükséges keverési adagmennyiségeket*. Mivel az elhatározott szemeloszlást és bitumentartalmat a keverőgépen pontosan megvalósítani csak bizonyos mellékhatások figyelembevételével lehet, ezért a követendő utat példán szemléltetjük:

Feladatunk az alábbi szemeloszlás megvalósítása:

0...0,09	mm	10%	0...5	mm	70%
0...0,2	mm	15%	0...8	mm	80%
0...0,6	mm	28%	0...12	mm	100%.
0...2	mm	45%			

Ez *AB-12* zúzalékdús finom aszfaltbeton, amelyhez a laboratóriumi vizsgálat szerint $B = 6{,}5\%$ mennyiségű NB-90 jelű bitumen szükséges. A keveréket C-25 aszfaltkeverő-telepen állítják elő, amelyben egy keverés súlya 600 kp adalékanyag, és a forró anyag rostálása háromfelé lehetséges, 2 mm, 5 mm közbenső és 12 mm-es túlfolyó rostával.

a) *Bitumenadagolás megadása* térfogatban szükséges. Figyelembe kell venni a bitumen keverési hőmérsékletét. Az 1969. évi ÉKSZ tervezet szerint meleg eljárás esetében a bitumen melegítési hőmérséklete a keveréskor a 6-5. táblázatból vehető.

Így 160 °C keverési hőmérsékletet választunk, s a 6-6. táblázatból megállapítjuk, hogy nagylengyeli bitumen esetében — amelynek sűrűsége 25 °C-on $s_b = 1{,}04$ (g/cm³) —, 1 kp bitumen $l_{160} = 1{,}04$ l térfogatú. Az előre megadott $B = 6{,}5\%$ bitumentartalmat átszámítjuk 100 sr. adalékanyagra, majd 60 kp keverési adagra:

$$g_b = \frac{100\ B}{100 - B} = \frac{100 \cdot 6{,}5}{100 - 6{,}5} = \frac{650}{93{,}5} = 7{,}0\%.$$

Egy 600 kp-os keverékhez szükséges bitumen G_B súlya és V_B térfogata így:

$$G_B = \frac{600 \cdot 7{,}0}{100} = 42\ kp;$$

ennek térfogata 160 °C-on

$$V_B = 1{,}04 \cdot 42 = 44\ l.$$

A keverőgép bitumenadagolóját tehát 44 l-re állítjuk, a bitumen hőmérsékletét pedig 160 °C-ra kell hevítenünk. A kőanyag szükséges hőmérsékletét is megállapítjuk ismét a 6-5. táblázat szerint.

6-5. táblázat. Útépítő bitumenek és adalékanyagok keverési hőmérséklete meleg eljárások esetében

Bitumenfajta	Keverési hőmérséklet °C		
	bitumen		adalékanyag
	durva adaléknál	finom adaléknál	
NB-200	115...130	125...140	155...180
NB-130	125...140	135...150	155...180
NB-90	130...145	145...165	160...190
NB-55	135...150	150...165	160...190
NB-30	145...160	160...175	210...240
NB-15	165...180	175...190	210...240

6-6. táblázat. 1 kg útibitumen térfogata literben (l_b [l/kg])

Ha a sűrűség 25 °C-on	Bitumen-hőmérséklet						
	25 °C	50 °C	100 °C	125 C°	150 °C	175 °C	200 °C
1,00	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,09	1,11
1,01	0,99	1,01	1,03	1,05	1,06	1,08	1,10
1,02	0,98	—	1,02	1,04	1,05	1,07	1,09
1,03	0,97	—	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08
1,04	0,96	—	—	1,02	1,03	1,05	1,07
1,05	0,95	—	—	1,01	1 02	1 04	1,06
1,06	0,95	—	—	—	1,01	1,03	1,05

A kőanyagok távhőmérőjén a 160...190 °C közötti hőmérsékletet kell létrehozni és ellenőrizni.

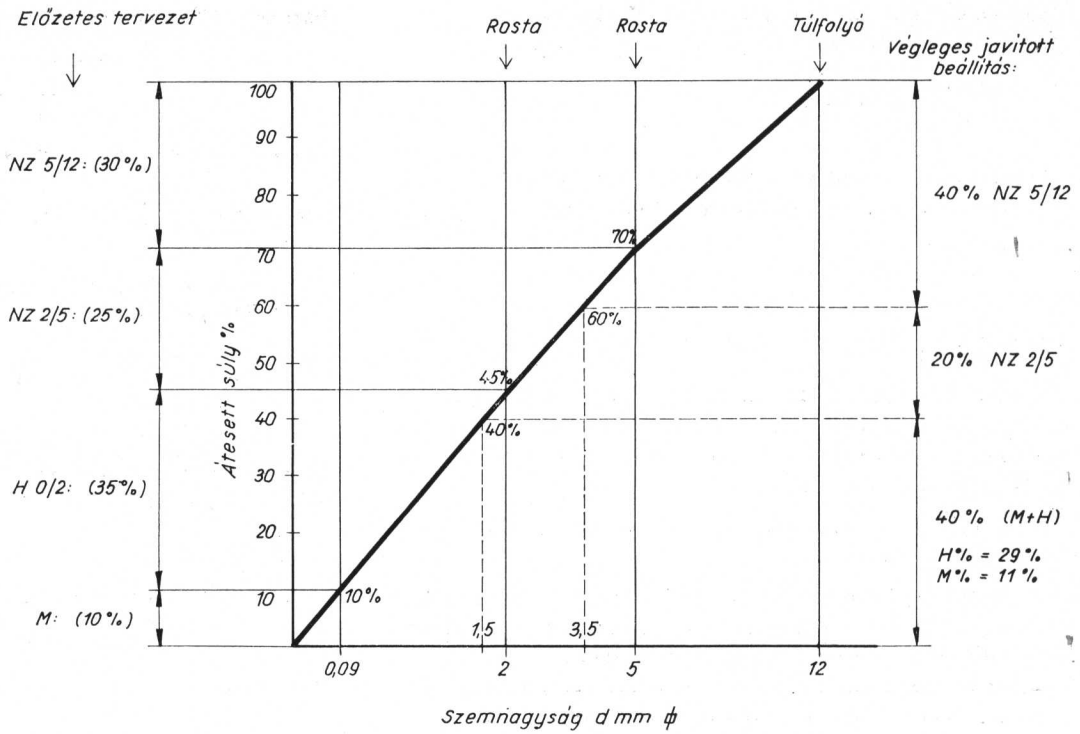
Külön felhívjuk a figyelmet arra, hogy rendkívül káros lehet a kőanyag hőmérsékletét indokolatlanul magasra, pl. 240...280 °C-ra túlhevíteni. (Az ilyen túl forró kőanyag a vékony bevonó bitumenfilmet oxidálja, öregíti, és a behengerelt aszfalt csakhamar bomlani kezd.)

b) *Az adalékanyag-adagolás névleges megadása.* A forró anyagot 2 mm-es, 5 mm-es és 12 mm-es rostákkal három melegbunkerbe rostálják szét, a 0/2, a 2/5 és az 5/12 mm-es névleges frakciókba. Ha feltesszük, hogy a mészkőliszt csak 0,09 alatti szemnagyságú és a szárítódobban a zúzalékból minden port kiszívtak, akkor a 6-19. ábrán látható szemeloszlási ábra szerint 0,09-en 10%-ig, 2 mm-en 45%-ig, 5 mm-en 70%-ig és 12 mm-en 100%-ig átesett anyag van. Azaz:

mészkőliszt 10% szükséges, azaz: $\frac{600 \cdot 10}{100} = 60$ kp

1. meleg bunker

(0/2 anyag) 35% szükséges, azaz: $\frac{600 \cdot 35}{100} = 210$ kp



6-19. *ábra.* Az AB-12 jelű aszfaltbeton előírt, megvalósítandó szemeloszlási görbéje, a meleg anyag bemérésének korrekciója.

2. meleg bunker

(2/5 anyag) 25% szükséges, azaz: $\frac{600 \cdot 25}{100} = 150$ kp

3. meleg bunker

(5/12 anyag) 30% szükséges, azaz: $\frac{600 \cdot 30}{100} = 180$ kp

100% 600 kp

Ezzel már be is lehetne állítani a meleg anyag mérlegeit az adagoláshoz. A valóságban azonban figyelemmel kell lenni arra, hogy

- a töltőanyag csak 80...85%-ban tartalmaz 0,09 mm alatti szemnagyságot,
- a szárítódobban a pornak csak egy részét szívták ki,
- a forró anyag szétrostálását állandó, rendszeres hibával végzik.

Mivel ezen hatások jelentősek, a fenti névleges adagolási mennyiségeket megfelelően módosítani kell.

c) *Homok- és zúzalékadagolás módosított megadása.* Schulze hangsúlyozottan közli [42], hogy a meleg osztályozás során — mivel ez gyártási folyamat közben gyorsan megy végbe — a betett névleges rostanyíláson csak észrevehetően kisebb szemnagyságok esnek át a meleg bunkerekbe. A szemnagyság csökkenése a névleges rostaméretthez képest annál nagyobb,

a) minél több a rossz alakú szemcse, és

b) minél nagyobb a rosta terhelése,

azaz minél több meleg anyag kerül a rostára. Így pl. valóságosan 2 mm és 8 mm szemnagysághatárokat akkor kapnánk, ha 3...3,5 mm és 9,5...10...11 mm-es rostákat alkalmaznánk. Mivel a feladatbeli keverőgépünkben a meleg rostaméretek 2 és 5 mm-esek — a 12 mm-es túlfolyó mellett — ezért számítva erre a szemcsenagyság csökkentő hatásra, a valóban átrostált szemcsék határaiként alacsonyabbat, 1,5 mm-t és 3,5 mm-t veszünk fel. Ezt visszakeresve a 6-19. ábrán levő megvalósítandó szemeloszlási görbén, kisebb %-os értékeket kapunk (szaggatott vonalak): 1,5 mm-nél 40%-ot, 3,5 mm-nél 60%-ot. Ezt figyelembe véve:

mészkőliszt és 0/2 anyagból szükséges
(valójában 0...1,5 mm között) 40%, azaz:

$\frac{600 \cdot 40}{100} = 240$ kp;

névleges 2/5 anyagból szükséges (2. bunkerben) (valójában 1,5...3,5 mm között) 20%, azaz:

$$\frac{600 \cdot 20}{100} = 120 \text{ kp};$$

névleges 5/12 anyagból szükséges (3. bunkerben) (valójában 3,5...12 mm között) 40%, azaz:

$$\frac{600 \cdot 40}{100} = 240 \text{ kp}.$$

d) *A töltőanyagrész mennyiségi alakulása a porelszívás után.* Ezt a körülményt is figyelembe kell venni (l. 179. oldalt), mert más-más típusú szárítódob más mennyiségű és szemnagyságú porrészt szív ki az adalékanyagból. A C-25 típusú keverőgép szárítódobjára *dr. Polányi László* végzett méréseket [7]. Azt találta, hogy:

- a porelszívás gyakorlatilag csak a 0,09-nél kisebb szemeket csökkenti,
- az adalékanyag nedvessége az arányt nem befolyásolja,
- a szélirányától függetlenül a szélerősség fokozódása csökkenti az elszívott por mennyiségét,
- ha az adalékban kevés (1...2%) szemcse esik 0,09 mm alá, akkor annak nagyobb hányadát szívja el az exhausztor, mintha az adalékban már eredetileg több (3...6%) finom szemcse van; ekkor viszonylagosan kevesebbet szív el a gép,
- a finom aszfaltbeton esetében a 0...0,09 mm közé eső résznek 46...55%-át szívja el az exhausztor, durva aszfaltbeton és kötőréteg esetében, ahol kevesebb finom anyagot tartalmaz az adalék, 52...63%-át szívja el a gép. Az alsó határok inkább szeles idő és kisebbre állított exhausztor teljesítmény mellett, a felső határok pedig szélcsendes idő és nagyra állított exhausztor teljesítmények mellett mértékadóak. A fenti számokba a forró anyag rostálásakor folyamatban levő porelszívás hatása is bele van már foglalva.

Folytatva az előbbi feladatot, a 0,09 mm-es töltőanyag szemcsék 10%-os arányát kívánjuk megvalósítani. A zúzott- és természetes homok eredeti szemeloszlásából ismerjük, hogy ez együttesen 6%-ban tartalmazott 0,09 mm-nél kisebb szemcséket. Tételezzük fel az előbbiek szerint az *50%-os porelszívást* a keverőgépláncban, akkor a *H* homokrészben $0{,}50 \cdot 6 = 3\%$ töltőanyag, azaz 0,03 *H*% az egész keverékre számítva. A mészkőliszt szemeloszlásából tudjuk, hogy annak 80%-a áll 0,09 mm-nél kisebb szemekből, tehát csak 0,80 *M*% jöhet az összesen 10%-nyi töltőanyagban számításba. Másrészt viszont az előbbiek szerint a mészkőliszt és a homok együttes aránya a szemeloszlási görbe szerint a módosítás után 40% lett. Így tehát két összefüggésünk van, amiből az *M*% mészkőliszt és a *H*% homok aránya számítható:

$$\begin{aligned} 0{,}03\,H + 0{,}80\,M &= 10\% \\ H + M &= 40\% \end{aligned}$$

Innen: $0{,}03(40 - M) + 0{,}80\,M = 1{,}2 - 0{,}03\,M + 0{,}80\,M = 10\%$,

azaz: $M\% = \frac{8{,}8}{0{,}77} = 11{,}4\%$ és $H\% = 40 - 11{,}4 = 28{,}6\%$.

Ezt 11% és 29%-ra kerekítjük. A 600 kp-os keverési adaghoz szükséges:

$$M = \frac{600 \cdot 11}{100} = 66 \text{ kp}; \quad H = \frac{600 \cdot 29}{100} = 174 \text{ kp}.$$

e) *A végleges adalékanyag-adagolás megadása* az előbbiek alapján már lehetséges, és ezt az első közelítő adatok alapján való névleges adagolással összehasonlítva tüntetjük fel:

(Közelítő adagolás)		Módosított, beállítandó adagolás, kp
Mészkőliszt	(60 kp)	66 kp
1. meleg bunker (névleges 0/2 anyag)	(210 kp)	174 kp
2. meleg bunker (névleges 2/5 anyag)	(150 kp)	120 kp
3. meleg bunker (névleges 5/12 anyag)	(180 kp)	240 kp
Összesen:	(600 kp)	600 kp

NB-90 jelű útépítő bitumen: 42 kp, ill. 44 l (160 °C-on). A fenti mérleg- és automatika-beállítás mellett a bitumen hőmérsékletét állandóan 160 °C-on, a kőanyagét pedig 160... ...190 °C határok között tartjuk.

Látjuk a fentiekben, hogy a közelítő, névleges és a módosított, végleges beállítás és technológiai előírás között lényeges eltérések lehetségesek. Ez azt is jelentené, hogy a névleges módosítás nélküli adagolással dolgozva, a szükségesnél soványabb, bitumenszegény keveréket állítottunk elő. Ezért fontos, hogy az *építésvezető mérnök ellenőrző mérésekkel a keverőtelepen megismerje a keverőgépe egyedi tulajdonságait, amelyek főleg a mérlegelés pontosságára, és a meleg rosták működésére vonatkoznak, továbbá ellenőrizze, hogy a meleg bunkerekben összegyűlő anyag valóságos szemeloszlása mennyire tér el a névlegestől.*

A fentiekből következik az *előadagoló bunkersor beállítása* és munkájának helyes értékelése. Az előadagoló bunkersor

feladata lényegében abból áll, hogy megoldja a meleg osztályozás utáni meleg bunkerek egyenletes és folyamatos töltődését, emellett a homokfrakcióban jó közelítéssel megvalósítsa a természetes homok és a zúzotthomok elhatározott arányát, amelyet a meleg anyag osztályozásakor már nem lehet befolyásolni.

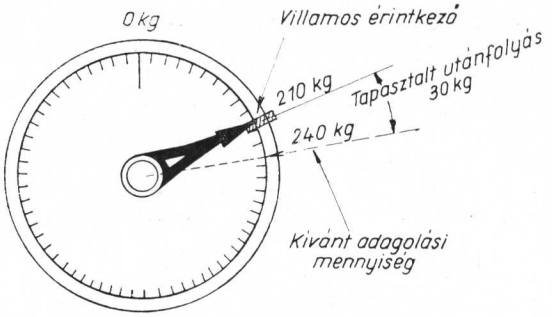
6.2.2.4. Aszfaltkeverő-telepek mérőberendezéseinek vizsgálata

Akármilyen tökéletes és korszerű automatika, önműködő vezérlés irányítja a technológiai előírás alapján beállított aszfaltkeverő-gép működését, van egy sor olyan körülmény, amelyet közvetlenül, egyszerű eszközökkel ellenőrzésszerűen meg kell vizsgálni minden üzembeindítás előtt, és utána az építési időszakban többször. Ilyen szükséges ellenőrzések a következők:

- helyes értéket mutatnak-e az automatika távhőmérői,
- milyen valóságos szemnagyságokra végzik a szétrostálást,
- milyen pontossággal mérlegelik súly szerint az adalékot és a töltőanyagot,
- milyen pontossággal adagolják a bitument,
- milyen a keverőtérbe hulló anyag szemeloszlása,
- milyen keverési időt tesz lehetővé az automatika,
- a megkevert aszfaltanyag egyenletes-e, jól kevert-e?

Mind a hazai, mind a külföldi szakirodalom (*Cságoly* [6], *Polányi* [7], *Schulze* [42]) nyomatékosan rámutatott arra, hogy ezek az ellenőrző vizsgálatok nemcsak a gyárak beállítási kötelezettségei, hanem minden korszerűen üzemeltetett keverőtelepen szükségesek, a vezető mérnök irányítása mellett végrehajtandó, rendszeresen megismétlendő helyszíni vizsgálatok, amelyektől a gyártott aszfaltbeton anyagok minősége nagymértékben függ. Előfordul, hogy a mérő- és beállítószerkezetek skáláin mutatott mérőszám a valóságos mennyiséggel nem egyezik. Az egyébként jól működő keverőgép esetében ezek az eltérések hosszabb időn át állandó jellegűek. Ezért a mérőberendezések időközönkénti vizsgálata útján az állandó eltérést meg lehet mérni. Így tapasztalati korrekciós skálát lehet minden fontos mérőberendezés (hőmérő, mérleg stb.) mellé rendelni.

a) Hitelesített hőmérővel a folyamatos üzem alatt 1...2 órán keresztül negyedóránként kell mérni a hőmérsékletet a következő helyeken: az adalékanyag hőfokát először a szárítódob után, másodszor a meleg bunkerekben. A bitumen hőmérsékletét a melegítő tartályban és a bitumen-bepermetező csőben. Az aszfalt hőmérsékletét az aszfalttároló bunkerben. A negyedóránként mért adatokat, valamint a távhőmérőkön a kezelőfülkében leolvasott adatokat grafikusan ábrázolva össze lehet hasonlítani.



6-20. ábra. Az adalékanyag melegbunkerekből való bemérése esetén az összegező-mérleg körlapjának villamos érintkezőit az *„utánömlés"* miatt a névleges mutatóállásnál előbbre kell elhelyezni

b) A meleg bunkerekből mintákat véve megállapíthatjuk, hogy a meleg anyagot az osztályozó rosták a névlegestől mennyire eltérő frakciókra osztályozzák.

c) A meleg ásványi adalékanyagot mérlegelő berendezés pontosságát úgy ellenőrizzük, hogy 50 kp súlyú adagokat külön zsákokba mérünk, és minden egyes 50 kp-os zsák beöntése után a mérleg körszámlapján leolvassuk a mutató állását. A két összetartozó értéket grafikusan ábrázoljuk. Ugyanezt a műveletet 10 kp adagokban a mészkőliszt-mérlegen is el kell végezni. Ez ugyanis legtöbbször külön mérlegelődik, érzékenyebb mérlegen.

Ezzel kapcsolatosan külön kell foglalkozni az adalékanyag-összegezőmérlegek esetében előforduló *utánfolyás* megállapításával és korrigálásával. A 6-20. ábrán láthatóan a mérleg számlapján az egyes bemérendő súlyok összegezve elektromos érintkezőkkel vannak megjelölve. Az egyes meleg bunkerek nyílása addig van nyitva, és az anyag addig folyik ki, amíg a mérleg mutatója nem éri el a számlapon beállított elektromos érintkezőt. Ekkor a bunker nyílása zár. Ez egy pár s-ot igénybe vesz, és ezalatt az anyag még utánömlik. Ezt az utánömlési hibát — ami 30...40 kp körül is lehet — gondos mérésekkel úgy lehet kiküszöbölni, hogy a mérlegóra számlapján az elektromos érintkezőket megfelelő távolsággal előbbre állítjuk (6-20. ábra). Ez a szükséges előretartás attól függ, hogy milyen az adalék szemnagysága, szemalakja és mennyire van tele a melegbunker anyaggal. Más az előretartás szükséges nagysága a homok és más a durva zúzalék esetében. Tapasztalati úton kell gondosan megállapítani minden új anyag esetében, és nem lehet állandó értékkel megelégedni.

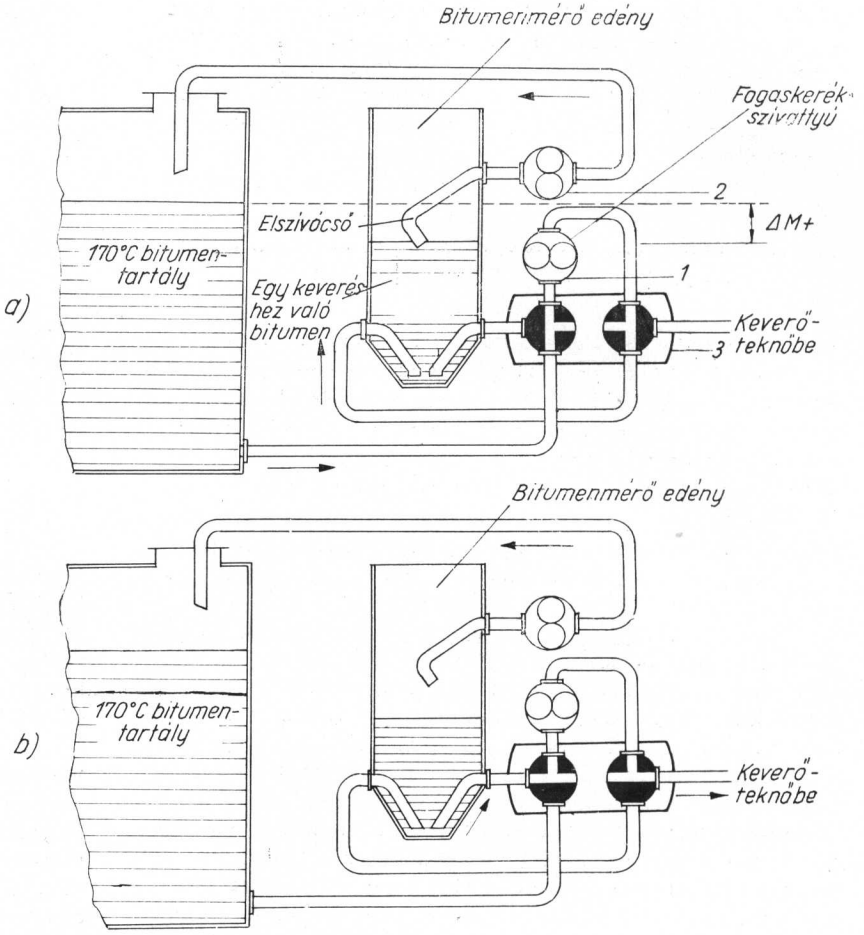
Azt is gondosan ellenőrizni kell, hogy amíg az egyik siló mérlegelése és utánömlése nem fejeződik be, addig a másik bunker nem nyílhat ki. A mérlegmutató határozottan álljon meg az adag végén, és csak egy-két s után nyissa a másik bunkert. Az egyidőben két bunkerből való mérés pontatlanná teszi az adagolást, és ugyanakkor az időmegtakarítás lényegtelen.

d) A bitumen mérleget úgy ellenőrizhetjük, hogy 8...10 különböző beállítással egy-egy adag bitument a kivezető nyíláson külön edénybe vezetünk, és annak súlyát megmérjük (esetleg térfogatát ellenőrizzük a hőmérséklet- és sűrűségváltozás figyelembevételével). Így grafikon vagy táblázat alapján megállapítható, hogy a kívánt bitumenadagoláshoz mekkora névleges beállítás szükséges. Azt is fontos ellenőrizni, hogy a teljes keverési adag hány s alatt ürül ki a keverési cikluson belül. A fogaskerék-szivattyú a 6-21. ábra szerint csak akkor nyomja be a bitument a mérőtartályba, és utána a csaptelep átállításával a keverőtérbe kielégítő keverést lehetővé tevő rövid idő alatt (7...9 s), ha a fogaskerék-szivattyú *ráfolyással* működik. A bitumentárolóban a bitumen szintje ezért mindig magasabban legyen mint a fogaskerékszivattyú szintje.

e) Ellenőrizni kell a meleg adalékanyag valóságos szemeloszlási görbéjét. Ez néha úgy készül, hogy a keverőteknőben száraz keverést végeznek bitumenadagolás nélkül, és az így kapott kevert adalékból vesznek mintát a szita—rostavizsgálathoz. Hátrányos lehet azonban, hogy a keverőtérben mindig marad kis mennyiségű bitumen, ami éppen a finom részeket megköti, és így a vizsgált kevert adalékban a finom frakciót a valóságtól eltérően kevesebbnek találjuk. Ha a mérlegeket pontosan kalibráltuk, akkor helyesebb, ha a meleg osztályozó bunkerekből veszünk mintát, és a beállított súlyarányoknak megfelelően a mészkőliszttel együtt külön összekeverjük, és az így kapott keverék szemeloszlását vizsgáljuk.

f) Gondos időmérésekkel kell ellenőrizni, hogy a keverési ciklus teljes időtartama, és ezen belül az egyes részidők (anyagbehullás, száraz keverés, bitumen-befecskendezés, nedves keverés, kiürítés) hogy alakulnak a valóságban, és mennyi idő van az automatika időreléin beállítva. Fontos, hogy az időbeállítást a gépen ne lehessen ellenőrizetlenül átállítani. Külföldön sok helyen az időállítást csak maradandóan látható beavatkozás után lehet elvégezni.

g) Végül a gyártással kapott aszfaltkeverék egyenletességét kell ellenőrizni. Erre ugyan hazai előírások még nincsenek, de jól alkalmazható az *ASTM—D2489* amerikai vizsgálat. Ez azon alapszik, hogy a keveréskor először a finom szemcsék vonódnak be bitumennel, amíg a nagyobb szemcsék maradnak legtovább bevonatlanul. Ezek bevonásához több idő kell. Ezért a keverőgépből kiömlő kész keverék egy részéből rostával elkülönítjük a legnagyobb szemnagyság frakcióját (pl. 12/20 vagy 5/12 frakciót.) Ebből 200...300 szemet megszámolva bádogtálcára helyeznek egymás mellé. Ezután ki kell válogatni jó megvilágítás mellett szemmel vagy kézi nagyítóval azokat a szemeket, amelyeken a bitumennel való bevonódás 100%-os. A fenti amerikai szabályozás azt követeli meg, hogy a vizsgált nagy szemcsék közül kopórétegekben min. 95%, kötőrétegek és meleg bitumenes útalapok esetén min. 90% teljes (100%-os) bitumenbevonatot mutasson.



6-21. ábra. A bitumen mérőedénybe való juttatása *(a)* és keverőtérbe való nyomása *(b)* a C-25 keverőgép esetén. A fogaskerék-szivattyú csak akkor működik zavartalanul előírt idő alatt, ha ráfolyással dolgozik, tehát a bitumentároló tartály szintje a fogaskerék-szivattyúnál magasabban van

Hangsúlyozni kell, hogy a fenti vizsgálatokat az aszfaltkeverő-gépeken az útépítési kivitelező vállalat építésvezetőségének kell elvégezni, és minden újbóli keverőtelep-felállításkor, valamint a huzamosabb üzem közben több alkalommal is megismételni.

Végezetül közöljük a hazai tervezett szabályzatból az aszfaltkeverő-telepeken megkövetelt mérési és adagolási

pontosságra vonatkozó előírást:

a) A keverőgép mérlegének mérési pontossága

zúzalék és homok esetén:	±2 relatív%,
mészkőliszt esetén:	±5 relatív%,
a bitumenmérés pontossága	±2 relatív%.

b) Az adalék szemeloszlásában nem lehet nagyobb ingadozás a tervezett értéktől, mint:

0,09 mm alatt (töltőanyag)	±2 absz.%,
0,09...2 mm közötti homok esetén	±3 absz.%,
2 mm feletti szemnagyságok esetén	±4 absz.%.

c) A bitumenadagolásban nem lehet nagyobb ingadozás, mint a tervezett érték:

±0,3 absz.%-a, ha a bitumentartalom 3% alatti,
±0,4 absz.%-a, ha a bitumentartalom 3...4% közötti,
±0,5 absz.%-a, ha a bitumentartalom 4% feletti.

6.2.2.5. Keverőtelep munkájának folyamatos vállalati gyártásellenőrzése ellenőrzőkártyás módszerrel

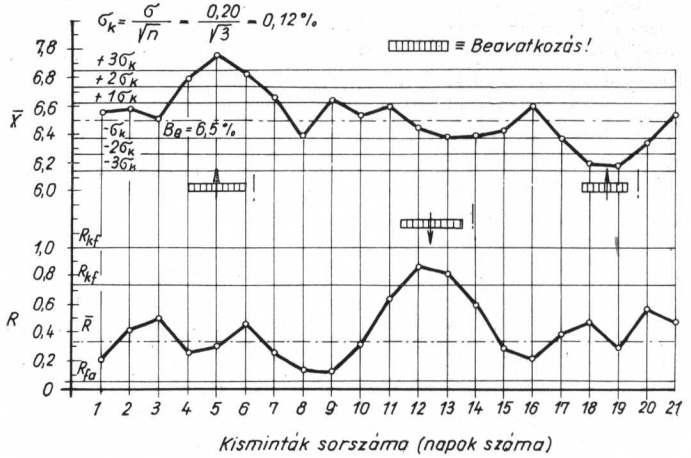
Az aszfaltbeton-burkolatok minősége, élettartama és használhatósága nagymértékben megköveteli, hogy a *keverőtelep egyenletes munkát végezzen*, különösen a bitumenadagolás helyességére vonatkozóan. A bitumenadagolás állandósága mellett azonban az adalékanyag összetétele sem változhat, mivel ez változtatja a bitumenszükségletet is. Az aszfaltbeton burkolatok minőségi átvételekor fúrt magmintákon extrakciót és szemeloszlás-vizsgálatot végeznek, ezen utólagos vizsgálatok azonban már nem befolyásolhatják a burkolat minőségét, csak a kész burkolatminőséget állapítják meg.

Ezért korszerűen üzemelő aszfaltkeverő-telepeken sok országban elterjedten alkalmazzák a *folyamatos ellenőrzőkártyás gyártásellenőrzést*. Ennek részleteit, az ellenőrzőkártyák szerkesztését, részletes használati módját a 9. fejezetben ismertetjük, más útépítési gyártásfolyamatra (beton stb.) is.

Az ellenőrzőkártyás gyártásellenőrzés különösen az aszfaltbeton-keverőtelepeken nagyon fontos és előnyös. Lényege, hogy a műveletet és ellenőrzést maga a kivitelező vállalat gyakorolja azzal, hogy az aszfaltkeverő-telep helyszíni laboratóriumában naponta 2 vagy 3 aszfaltminta extrakcióját és szemelosztás-vizsgálatát végzik el. (A mintákat az aszfaltszállító tehergépkocsiról veszik ki.) A kapott napi eredmények alapján 4 db ellenőrzőkártyát vezetnek:

a) bitumentartalmak napi középértéke és terjedelme,
b) töltőanyagtartalom napi középértéke és terjedelme,
c) homoktartalom napi középértéke és terjedelme,
d) zúzaléktartalom napi középértéke és terjedelme.

(Ilyen ellenőrzőkártyákat látunk a 6-22. ábrán a bitumentartalom és a töltőanyag-tartalom esetére.)



6-22. *ábra.* Bitumentartalom ellenőrzőkártyája aszfaltkeverő-telep folyamatos gyártásellenőrzésekor (l. részletesen 9.4 fejezet)

A vizsgálati eredményeket naponta feltüntetve, a kapott két pontsor az ún. *figyelmeztető határokon belül* kell hogy maradjon. Ha egy vagy több pont ezeken kívül, sőt esetleg a még tágabb *ellenőrzőhatárok* vonalain kívül esik, akkor a keverőtelep vezetője azonnal beavatkozhat, megkeresheti a tapasztalt eltérés okait, és azokat gyorsan megszüntetheti. (Pl. mérlegelállítódás, szivattyúzavar, tömítéshiba a bitumenvezetékben, új eltérő szemeloszlású adalékanyag beérkezése stb.)

Ha a kivitelező vállalat szakszerű ellenőrzőkártyás gyártásellenőrzést végez, amelynek mintavételi és laboratóriumi munkáit a megbízó kívánsága szerint bármikor ellenőrizheti, akkor ez a körülmény nemcsak a keverőtelep által gyártott aszfalt lényegesen jobb, egyenletesebb minőségét is létrehozza, hanem lehetőséget ad a legtöbb államban a kész burkolat átvételi eljárásnak lényeges és mindkét fél számára előnyös egyszerűsítésére. Ilyenkor a megbízó átvételkor már nem vizsgálja az aszfalt összetételét (bitumentartalom, szemeloszlás), hiszen ezt *gyártás közben* az ellenőrzőkártyák sokkal jobban mutatják, és ezt a megrendelő építés közben már ellenőrizte. A kész burkolaton átvételkor csak a *tömörséget* és a *rétegvastagságot* kell ellenőrizni megfelelő számú 10...15 cm átmérőjű hengeres magminta kivételével vagy más roncsolásmentes vizsgálattal. Ez pedig már egyszerűen és gyorsan végezhető, és így a műszaki átadás-átvétel nemcsak vitamentes lesz, hanem a gyártás *közbeni* ellenőrzéssel és beavatkozással sokkal eredményesebben lehet szavatolni a minőséget is.

Az ellenőrzőkártyás gyártásellenőrzés bevezetése az aszfaltkeverő-telepeken szükségessé teszi, hogy kiinduláskor a megengedett középérték-eltérések és a szórások értékét minden vizsgált jellemzőhöz felvegyük. Kb. 6...8 éves tapasztalatokat összegezve *Schuhbauer* [8] javasolt olyan σ legnagyobb megengedhető szórásértékeket, valamint $\pm\Delta\mu\%$

6-7. táblázat. Javasolt átvételi határok ellenőrzőkártyás gyártás-ellenőrzésnél tömör aszfaltoknál
(*Schuhbauer* 9 fej. [11] 1968)

Aszfaltkeverék fajtája	Anyagfajta	Legnagyobb megengedett középérték-eltérés, $\Delta\mu$ súly%	Legnagyobb megengedett szórás, σ súly%
1. Aszfaltbeton és öntött aszfaltburkolatok 12 mm max. szemnagyságig	Bitumen	±0,15	0,22
	Töltőanyag	±1,5	1,5
	Zúzalék	±2,0	3,0
2. 12 mm-nél nagyobb szemnagyságú aszfaltbeton burkolatok és kötőrétegek	Bitumen	±0,20	0,30
	Töltőanyag	±1,5	1,5
	Zúzalék	±2,5	3,5
3. Bitumenes útalapok	Bitumen	±0,20	0,35
	Töltőanyag	±1,5	1,75
	Kavics és zúzalék	±4,0	4,5

megengedhető végső középérték-eltéréseket az előírt fix értékektől, amelyek tapasztalata szerint a korszerű gépparkkal, gondos munkával jó minőségű aszfaltanyagot adnak. A javasolt értékeket kötőanyag, töltőanyag és zúzaléktartalomra adta meg, külön a 0/12 szemnagyságú aszfaltbetonokra, öntöttaszfaltokra, külön a 12 mm-nél nagyobb max. szemnagyságú aszfaltbetonokra és kötőrétegekre és külön a bitumenes útalapokra. Ezeket a javaslatokat a 6-7. táblázat tartalmazza. Több más cikk adatai szerint (9. fej.) az így javasolt értékek betarthatók, sőt ezeknél szigorúbb határokat is lehetségesnek tartottak.

Mindenesetre az ellenőrzőkártyás minőségellenőrzés hazai bevezetése előtt nem lehet még előre megmondani, hogy a 6-7. táblázatban adott megengedett eltérések — főleg a legnagyobb szórásértékek — jól betarthatók-e, tekintetbe véve a hazai viszonyokat és a keverőgépek több típusának azt a jelentős hiányosságát, hogy a forró zúzalékot, homokot csak két frakcióra rostálja szét keverés előtt (korszerű gépekben a keverés előtt a meleg rostálást három-négy frakcióra végzik. Másrészt a hazai adalékanyagokban a szemeloszlás nemcsak kőbánya-változáskor, hanem azonos kőbánya termékében is erősen változik. Emellett külön kell gondolni a szakszerű mintavétel hibájának leszorítására, és legfőképpen a laboratóriumi vizsgálatok hibáira, amelyek hamar a normális mértékre csökkenthetők. Mindenesetre gondolni kell arra, hogy a σ_g keverőgép, σ_m mintavételi és a σ_l laboratóriumi eredetű hibák miatti szórásokból adódik a hibahalmozódások törvénye szerint a vizsgálati eredmény σ szórása:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_g^2 + \sigma_m^2 + \sigma_l^2}.$$

Az ellenőrzőkártyás minőségellenőrzés hazai bevezetésekor tehát külön kell megállapítani az első 15...20 nap ingadozásadatai alapján az alapul veendő szórásértékeket, a kiugró, szélső adatok kikapcsolása mellett. Véglegesen pedig pár évi gyakorlati tapasztalatszerzés után lehetne dönteni az egységesen meg követelhető $\Delta\mu$ és főleg a σ, tehát megengedhető középértékeltérés és megengedhető legnagyobb szórások hazai értékének rögzítésében.

A minőségi jellemzők vonatkozó technológiai utasításokban pl. a kivitelezési szabályzatban megengedett „tűrési határértékkel vannak megadva, pl. a bitumentartalomban az ismert $\Delta B = \pm 0{,}5\%$. A normális, kielégítő eset az, ha a kártyás ellenőrzésnek a $\pm 3\sigma_k$ ellenőrzőhatárai az előírt tűréshatárokon belül esnek. Előfordulhat azonban, hogy az adott keverőgéplánccal és adalékanyaggal, a leggondosabb és szakszerűbb munka mellett sem lehet a σ_g keverőgépi szórást kellően leszorítani, és ekkor a $\pm 3\sigma_k$ ellenőrzőhatárok a tűréshatárokon kívül esnek. Ha a munka valóban a leggondosabb és legszakszerűbb volt, akkor ez csakis annak a jele, hogy vagy a keverőgéplánc minőségi tulajdonságait kell megjavítani (a meleg anyag háromféle osztályozása, pontosabb mérlegelés, bitumenadagolás vagy korszerűbb keverőgép alkalmazása), vagy az adalékanyag összetétel-ingadozását kell leszorítani (gondosabb depóniaelhatárolás, a kőbánya megváltoztatása). Ha ezen intézkedések eredménye sem kielégítő, vagy pedig nem hajtható végre semmiképpen (pl. teljes gépcsere), akkor most már kellő megalapozottsággal tudomásul lehet venni, hogy az egyes jellemzők adott tűréshatárai az adott géppark és anyagminőségek esetén nem tarthatók be, hanem azokat a normáleloszlás görbéiből számítható módon pontosan meghatározható százalékban túl kell lépni.

Ilyen esetben — addig, amíg a gép korszerűsítése vagy cseréje, ill. a kőbánya minősége nem hoz jelentős javulást — ezt a *meghatározott százalékos* túllépést kénytelenek vagyunk tudomásul venni. Ez a *tudatosság* — amely a minőségjavításnak mindenképpen a feltétele — nagy előnye a kártyás minőségellenőrzésnek, amely világos egyértelmű helyzetet teremt a keverőtelep munkájának és lehetőségeinek megítélésében.

6.2.3. Aszfaltbetonok és meleg bitumenes útalapok beépítése és hengerlése

6.2.3.1. Aszfaltanyagok beépítésének problémái

Az aszfaltkeverő-telepen gyártott aszfaltanyagot forró állapotban, lehetőleg a lehűléstől védve tehergépkocsin a beépítés helyére szállítják. Ott az alaprétegre vagy a már fekvő aszfaltrétegre rendesen gépi terítéssel helyezik el megfelelő vastagságban, számítva a tömörödésre. Ezután a még forró, de már lassan hűlő aszfaltréteget hengerléssel tömörítik addig, amíg az előírt tömörségűvé nem válik. Az egész eljárás alatt gondosan ügyelnek, hogy a kellő tömörség mellett a teljesen sima, hullámmentes felület, a terv szerinti vastagság és magassági helyzet, valamint a zárt, egyenletes és érdes felület létrejöjjön.

Megállapítható, hogy az aszfaltbeton-burkolatok beépítésének fő fázisa — a szállítás, a gépi elterítés és a hengerléses tömörítés — mind kényes művelet. A keverőtelepen kifogástalanul előállított és helyes összetételű aszfaltanyagból lehetséges, hogy a beépítési hibák miatt rövid élettartamú, rossz aszfaltburkolat készül. A veszély erre különösen azért nagy, mert sok vállalatnál a mérnökök főleg a keverőteleppel vagy az általános irányítással foglalkoznak, és a beépítést már a helyszíni munka vezető és hengergépészre bízva, azt alig ellenőrzik. A gépkezelők pedig főleg gépészeti kiképzést kapnak, hogy a finiser és a henger üzemképességét elősegítsék. A kiképzésükben és továbbképzésükben sokszor elhanyagolják a beépítés *aszfalttechnológiai* ismertetését. Itt rendkívül fontos a *mérnöki beavatkozás* és a tartós *oktatás, ill. ellenőrzés*. A gépkezelőket — az elődjüktől hallott, sokszor szakszerűtlen munkamódszerek helyett — a változott igényeknek megfelelő, korszerű módszerekkel kell megismertetni. Különösen a keverő-, a finiseres és hengergépészek munkáját kell jól megszervezni, és alaposan ellenőrizni. Helyes *anyagilag is érdekeltté tenni őket a jó keverési, terítési és hengerlési technika alkalmazásában*.

Ma az a helyzet, hogy az aszfaltbeton-burkolatok építése során a keverőtelepi gyártás, a szállítás, de még a korszerű finiserekkel végzett munka is magas fokon automatizálva van. Ugyanakkor a hengervezetés messzemenően a hengergépész egyéni tulajdonságaitól, lelkiismeretességétől, szaktudásától függő *kézi irányítású folyamat*, amelynek sikere így sokkal bizonytalanabb. Nyugatnémet felmérés szerint az összes aszfaltbeton burkolathibáknak több mint fele a tömörítéskor elkövetett hibákból adódott. Ezért érthető, hogy az utolsó évtized fejlődése abba az irányba halad, hogy az aszfaltterítőgépeken vibrációs és döngölő tagokat elhelyezve, a szükséges tömörítésnek mind nagyobb részét az „aszfaltbedolgozó-gép" végzi el, és a hengerlésnek már csak kisebb, befejező feladat marad. A jövő kétségtelenül meghozza majd az aszfaltbetonok teljes tömörségű építési lehetőségét, amit terítőbedolgozó géppel lehet elérni.

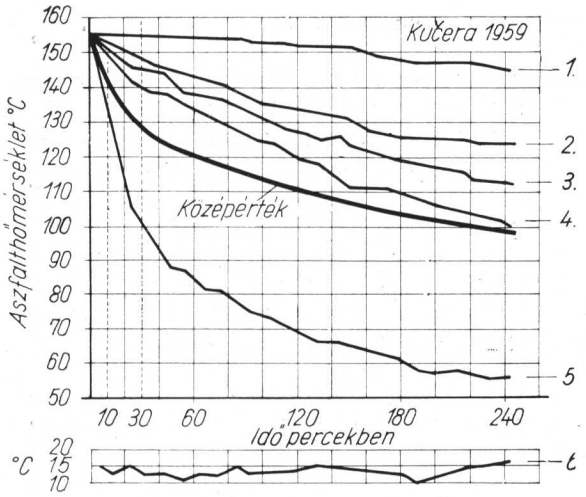
6.2.3.2. Aszfaltkeverékek szállítása

Jelenleg az aszfaltútépítés teljes gépláncának vezérgépe az aszfaltkeverő-telep, ennek teljesítményétől függ az aszfaltfiniser és a hengerek teljesítménye és munkája is. A kettő közötti kapcsolatot a gépláncba tartozó billenőládás szállítógépkocsik, ill. dömperek teremtik meg. Ezek acéllemez rakfelületét rakodás előtt imprimollal (szulfonált olaj és víz emulzió) kenik be vékonyan az aszfalt leragadásának megelőzésére. A kocsik szükséges száma természetesen változó attól függően, hogy a munka előrehaladásával a szükséges *szállítási távolság* a keverőtelep és a beépítési hely között mekkora.

A megengedhető legnagyobb szállítási távolság nem adható meg egyértelműen. Ez lényegében attól függ, hogy a szállítójárművön az aszfaltkeverék milyen gyorsan, menynyire hűl le. A keverőtelepről általában 140...160 °C hőmérséklettel kikerülő anyagnak csak annyira szabad lehűlnie, hogy a beépítéskor még kellő hőmérséklete, *min. 130 °C legyen a hengerlés megindulásakor*. A hengerlés tömörítési hatásfoka ugyanis — látni fogjuk — jelentősen csökken az aszfalt lehűlésével, kb. 100 °C alatt gyakorlatilag már nem tömörödik, a további hengermenetek majdnem hatástalanok.

Így 10...20...30 °C hőmérséklet-csökkenés engedhető meg a szállítás alatt. Ebből a követelményből kell adott esetben a megengedhető szállítási távolságot megállapítani. Ezt befolyásolja az, hogy a külső léghőmérséklet mekkora, van-e szél vagy eső, továbbá a szállítási úton mekkora a kifejthető sebesség. Fontos követelmény, hogy a nyitott rakfelületű tehergépkocsikon az aszfaltot *ponyvával le kell takarni*, mert ez a felső réteg lehűlését jelentős mértékben csökkenti. Erre vonatkozóan érdekesek azok a csehszlovák mérési eredmények [14], amelyeket a 6-23. és 6-24. ábrákon szemléltetünk. Letakarás nélküli és ponyvával letakart tehergépkocsin mérték az aszfaltkeverék hőmérséklet-csökkenését különböző mélységekben. Egyrészt jól látható, hogy a rakomány felső rétege mennyivel hamarabb és jobban hűl le; másrészt a mértékadó középhőmérsékletek és a szélső hőmérsékletek is mennyivel kedvezőbben alakulnak ponyvával letakart tehergépkocsikon. Adott esetben a 130 °C középhőmérsékletre való lehűlés takaratlan gépkocsin 25...30 min alatt, letakart gépkocsin pedig csak több mint egy óra alatt következik be.

Mindezeket figyelembe véve azt mondhatjuk, hogy nyitott rakfelületű tehergépkocsin nyári meleg hónapokban 10...15 km szállítási távolság letakarás nélkül megengedhető, de a hűvösebb hónapokban vagy 15 km távolság felett gondosan le kell takarni az aszfaltszállítmányt, és lehetőleg URH rádiókapcsolatot kell létesíteni a keverőtelep és a terítőgép között. Kb. 40 km-nél nagyobb szállítási távolságokat már kizárólag hőszigetelt, esetleg fűthető, ún. termoszkocsikkal kellene vállalni. Ezek kihasználása azonban sokszor gazdaságtalan.

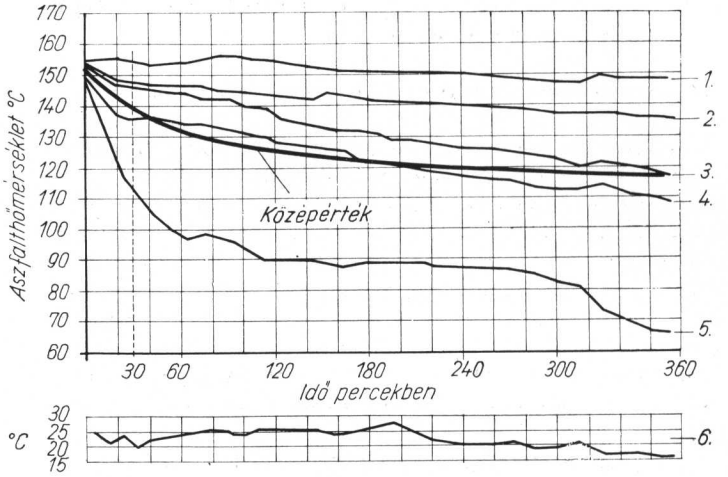


A hőmérsékletmérés helye:

1. 50 cm mélyen, középen.
2. 30 cm mélyen, középen.
3. 15 cm mélyen, hátul.
4. 15 cm mélyen, középen.
5. 5 cm mélyen, középen.
6. Léghőmérséklet a kísérlet alatt.

A szállító-gépkocsi sebessége, 40 km/óra.

6-23. ábra. Aszfaltkeverék hőmérsékletének csökkenése letakaratlan gépkocsin (A. Kucera [14])



A hőmérsékletmérés helye:

1. 50 cm mélyen, középen.
2. 30 cm mélyen, középen.
3. 15 cm mélyen, hátul.
4. 15 cm mélyen, középen.
5. 5 cm mélyen, középen.
6. Léghőmérséklet.

A szállító-gépkocsi sebessége, 40 km/óra.

6-24. ábra. Aszfaltkeverék hőmérsékletének csökkenése, ponyvával letakart gépkocsin (A. Kucera [14])

6.2.3.3. Az aszfaltbetonok és meleg bitumenes útalapok beépítése és az aszfaltfiniserek

Az aszfaltbetonokat és meleg bitumenes útalapokat általában gépi úton, aszfaltfiniserekkel terítjük el, kivételesen és korlátozott mértékben kerülhet sor kézi vagy gréderrel való terítésre.

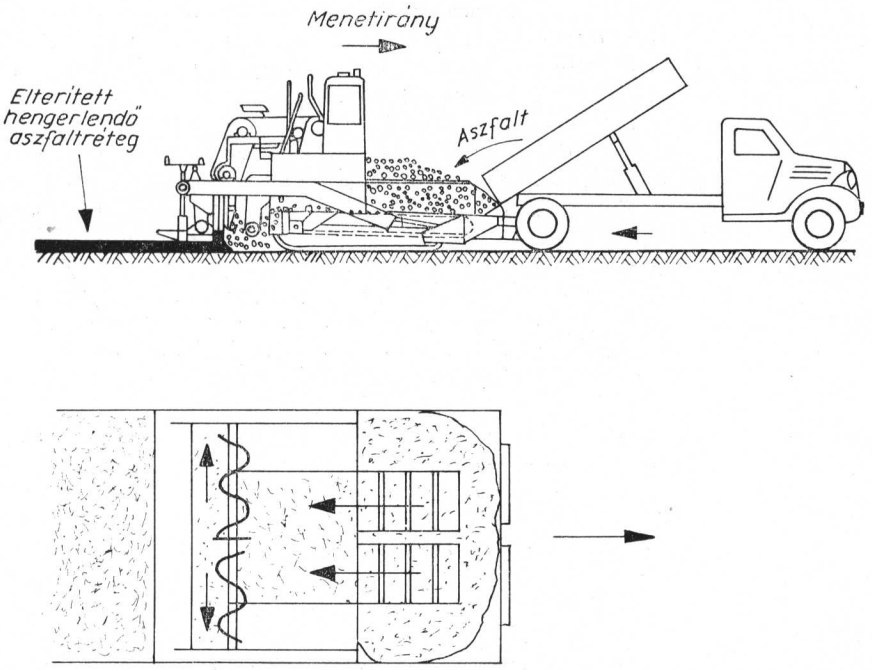
Kézi terítést csak kis teljesítmény és alacsonyrendű út esetén alkalmazhatunk. Más esetben kizárólag a finiserrel be nem járható felületeket szabad kézzel teríteni. Kézi terítéskor a gépkocsiból tiszta *acéllemezre* kell leereszteni az aszfaltot, olyan távolságra, hogy onnan lapáttal egyszeri karolással, vagy talicskával a bedolgozás helyére lehessen szállítani, lehűlés és tömörödés nélkül. Gereblyék és kézi lehúzópallók segítségével az aszfaltot olyan lazán és egyenletesen kell elteríteni, hogy annak kezdeti tömörsége mindenhol azonos legyen. Ha ez nem sikerül és a felület hullámos, egyenetlen, akkor kokszkosárban felmelegített hosszúfogú acélgereblyékkel kell átdolgozni az elterített keveréket.

Gréderrel való terítést kizárólag kiegyenlítő és alsó bitumenes útalapok esetében szabad alkalmazni, csakis nagy rétegvastagságok és nagy teljesítményű keverőgépeken gyártott aszfaltkeverékek esetében. Aszfaltbeton kopó- és kötőrétegek terítésekor gréder nem használható.

Az aszfaltbetont és a meleg bitumenes útalapokat *aszfaltterítőgép*, ill. *aszfaltterítő-bedolgozógép (aszfaltfiniser)* segítségével kell egyenletes hullámmentes, kellő vastagságú rétegben elteríteni, megadva az előtömörítést is.

Az aszfaltfiniser jellegrajza és működési elve a 6-25. ábrán látható. Általában lánctalpon, esetleg nagy gumikerekeken mászósebességgel lassan mozgó motoros önjáró berendezés, amely a tartályába űrített aszfaltkeveréket kaparóláncaival előre szállítja. A gép állítható szélességében (többnyire fél burkolatszélességben) csavarorsók segítségével az aszfaltkeveréket kétoldalt elteríti, egyenletesen elosztja. Lassan hátráló mozgásával a végén elhelyezkedő fűtött terítőgerenda segítségével *sima, zárt és a kellő vastagságnak megfelelő aszfaltréteget* hagy maga után. A kisebb és régibb gépek kizárólag csak terítenek, az újabbak pedig emellett gázlánggal fűtött terítőgerendájuk mellett döngölőtaggal vagy vibrátorlappal, sőt újabban egyszerre mindkettővel *előtömörítést* is végeznek.

Az aszfaltfiniseres beépítés nagy előnye a kézi terítéssel szemben, hogy hullámmentes, simább felületet hoz létre, és



6-25. ábra. Aszfaltfiniser (aszfaltterítő—bedolgozógép) jellegrajza és általános működési elve (pl. Kis Linnhoff-finiser)

jelentős munkaerő-megtakarítást eredményez. Az aszfaltfiniserek teljesítménye általában nagy, a kisebbek is legalább 60 t/h aszfaltot tudnak beépíteni, a nagyobbak 300 t/h max. teljesítményűek. Ezért kis teljesítményű keverőtelepek esetében a finiserek sokat állnak, ami nemcsak a kihasználatlanságuk miatt káros, hanem azért is, mert minden megállás és megindulás hullámot okoz a felületen. Ha a várakozás hosszabb ideig tart, akkor a lehúzógerenda közelében levő aszfalt, amelyet a hengerek nem tudnak betömöríteni, kihűl, és a későbbi hengerlés ellenére is tömörítetlenebb, és ezzel egyenetlenebb is lesz. Mindezen okok miatt igyekezni kell, hogy az aszfaltfiniser minél ritkábban álljon meg. Ezért lehetőleg alacsony mászósebességet kell alkalmazni. Az aszfaltszállító gépkocsit, amely hátradönti az aszfaltot a finiser befogadótartályában, a finiser ürítés közben lassan tolja maga előtt két görgő segítségével.

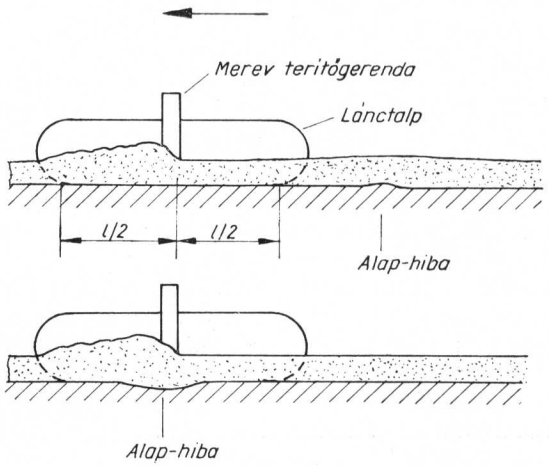
Gyakori hiba, hogy a finiser által elterített aszfaltréteget lehúzófákkal, gereblyékkel átdolgozzák, javítgatják, és végeredményben a felületet rontják. Az aszfaltkeverék olyan forró és egyenletes kell hogy legyen, hogy a finiser után darázsfészkek ne legyenek, ezeket ne kelljen kézzel javítani. A korszerűbb előtömörítést adó finiser után ilyen kézi javítás nem is lehetséges.

Az aszfaltfiniserek feladata még, hogy az alaprétegen levő egyenetlenségeket kiegyenlítse, és az előtömörített aszfaltréteg felülete minél hullámmentesebb legyen. Ezért az aszfaltfiniserek *háromféle konstrukciója* működik a gyakorlatban, amelyek az egyenetlenségeket mind másképpen és más arányban csökkentik.

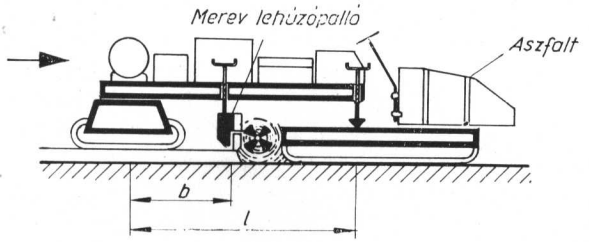
a) *Merev terítőgerendával, lánctalppárral* dolgoznak a kisebb finiserek (pl. Linnhoff Normalfertiger stb.). Elvük a 6-26. ábrán látható: a mereven beállított terítőgerenda és döngölőtag adja a rétegvastagságot. Ha az alapon besüllyedés van, azt a lánctalp kiegyenlíti, ha Δ nagyságú kiemelkedés van az alapban, azt viszont az $l-l$ hosszúságban $\Delta/2$ értékre, 1:2 arányban csökkenti és fokozatossá teszi.

b) *Merev terítőgerendával, gréder-elv szerint* működnek a nagyobb aszfaltfiniserek (pl. régebbi Linnhoff Grossfertiger). A 6-27. ábra a mereven beállítható terítőgerenda lánctalpáron támaszkodó vázszerkezeten függ, ahol a hátsó lánctalpak a már elterített aszfaltrétegen haladnak. A rétegvastagság itt is a merev terítőgerenda függőleges irányú átállításával változtatható; az Δ egyenetlenségek lecsökkentése itt az ábráról látható b/l arány szerint, rendesen 1:2,5 arányban lehetséges, fokozatos kifutással.

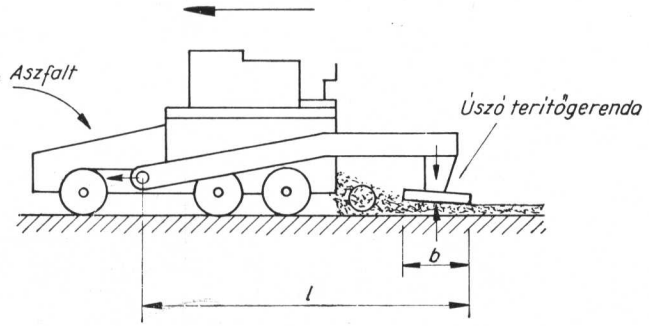
A *merev terítőgerendás* rendszerű finiserek, bár egyszerűbbek, és főleg a gyakori megállást jobban tűrik, a felületi hullámokat nem küszöbölik ki, sokszor rövid kereszthullámokat is okoznak, automatikus magasságbeállításra sem alkalmasak.



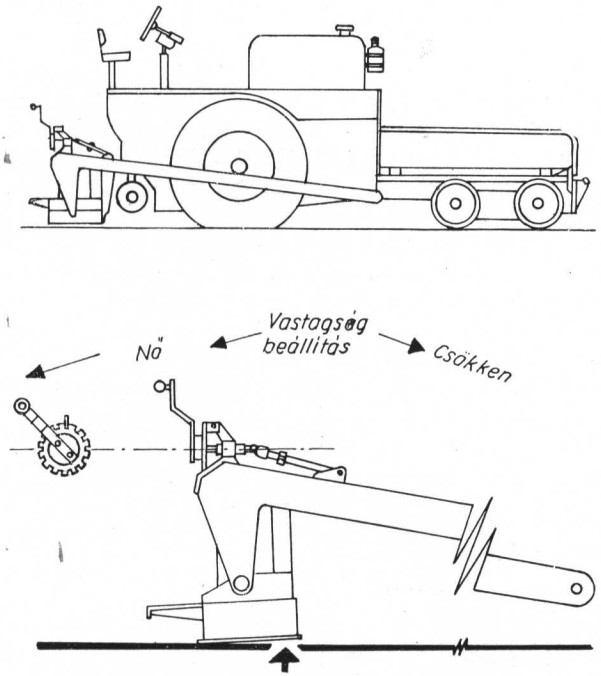
6-26. ábra. Merev terítőgerendás, egy hernyótalppárral működő kisebb finiser jellegrajza



6-27. *ábra.* Merev terítőgerendás, gréder-elv szerint működő nagyobb aszfaltfiniser jellegrajza



6-28. *ábra.* Úszógerendás rendszerű finiser jellegrajza. Ez a rendszer csökkenti le legjobban az alap egyenetlenségeit

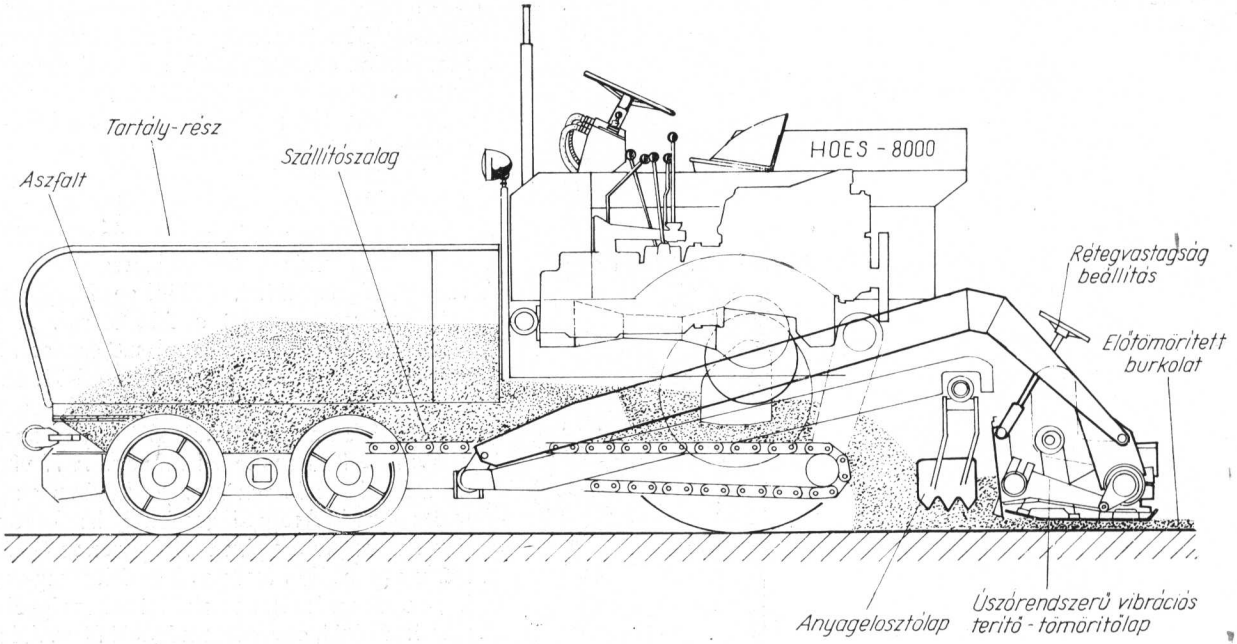


6-29. *ábra.* *Blaw—Knox*-rendszerű úszógerendás aszfaltfiniser, gumikerekekkel

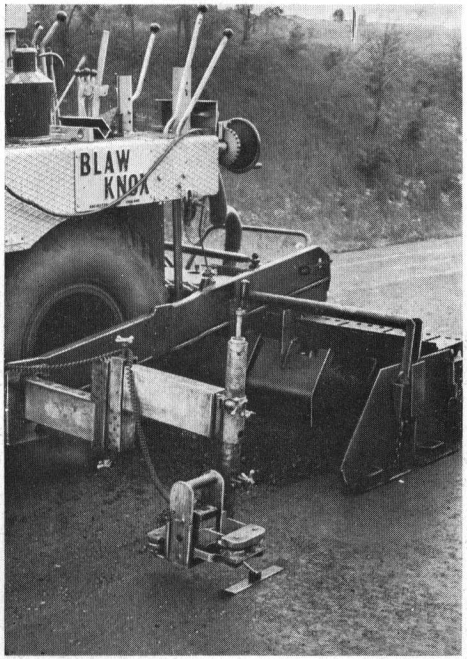
c) *Úszó terítőgerendás* rendszerű finiserek jelenleg a legkorszerűbbnek számítanak, mivel az egyenetlenségeket meszszemenően eltüntetik, ill. 1/5-e alá redukálják. Alkalmasak az automatikus magasságbeállításra és vezérlésre. Elvüket a 6-28. ábrán láthatjuk (ilyenek pl. a *Blaw-Knox, Marini, Vögele* finiserek). A hernyótalpas vagy nagy gumikerekes járómű középtájára csuklósan hosszú kar van felfüggesztve (6-29... 6-30. ábrák), amelynek végén helyezkedik el a *b* talpszélességű „úszó" terítőgerenda, mellette a döngölő pallós tömörítővel. A terítőgerenda *b* talpszélessége lapos α szöget zár be a vízszintes alapsíkkal, különben függőlegesen elmozoghat a már említett karvégi csukló körül. A terítőgerenda talplemeze a bedolgozandó plasztikus aszfaltanyagon „úszik", és dinamikus egyensúlyban van a 6-31. ábra szerint. A jármű *P* vonóerővel a csukló átvitelével húzza az elosztógerendát, amelynek az aszfalton „úszó" talpa éppen az α szögű hajlás miatt $H = P$ ellenállással mozog. A *H* vízszintes erő mellett a ferde állású lemez mozgás közben az aszfalton való úszás miatt ébredő *A* függőleges felfelé ható erő miatt felemelkedne. Ezzel viszont az egész terítőgerenda *G* súlya tart egyensúlyt. Ez az egyensúly bizonyos *h* aszfaltréteg-vastagság esetében áll be, ennek az értéke a haladási sebességtől és az aszfaltkeverék tömörségétől, egyenletességétől függ. Adott aszfaltkeverék és sebesség esetében ezért az α szög változtatásával, tehát a talplemez szögállásával állíthatjuk be a *h* vastagságot a 6-29. ábrán látott módon, kézi csavarással. (Nagyobb szög nagyobb felhajtóerőt, nagyobb vastagságot eredményez.) Ha most már a finiser egyenetlenség felett halad keresztül, akkor a hiba legelőbb a *b/l* viszony szerint 1/5-re csökken, de akkor is minden magassági egyenetlenség hatása az alapon csak késleltetve, csökkentve, térben is elhúzódva jelentkezik az α szög



6.14 kép. *Blaw Knox*-rendszerű gumikerekes aszfaltfiniser az *M—1* út rekonstrukciójánál Tatabánya előtt



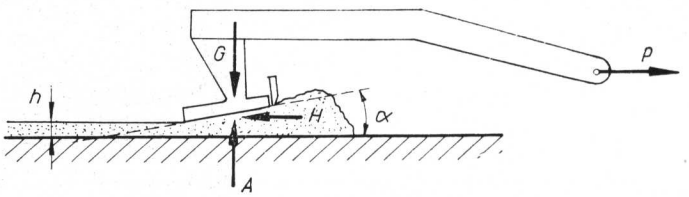
6-30. ábra. Gumikerekes úszógerendás aszfaltfiniser jellegrajza



6.15 kép. A *Blaw Knox* aszfaltfiniser nivelláló automatikájának tapogatója a szomszédos (már szintezett dróthuzalról vezérelve elterített) aszfaltsávról veszi át a magasságokat

és a vastagság kis változásában. Ezért a tapasztalat szerint az ilyen típusú finiser hullámmentes felülettel dolgozik.

További nagy előnye az „úszó gerendás" finisereknek, hogy automatika alkalmazásával az alap egyenetlenségeitől, illetve változásaitól független, *automatikus magassági beállítást* lehet megvalósítani, és ekkor kifeszített dróthuzalról tapogatja le a szükséges magasságot. A legtöbb ilyen automata-finiser az ún. *Honeywell—Grademaster-System* szerint dolgozik. A 6-32. ábra szerint itt a kifeszített irányzó huzalon mozgó tapogató elfordulásakor egy-egy szervomotort működtet az elektronika, amely a két kart emelve—süllyesztve elsősorban a talplemez α hajlásszögét, és azon keresztül a h rétegvastagságot változtatja, vezérli folyamatosan. A tapogató akkor működik legjobban, ha a járószerkezet középvonalában van. Emellett a



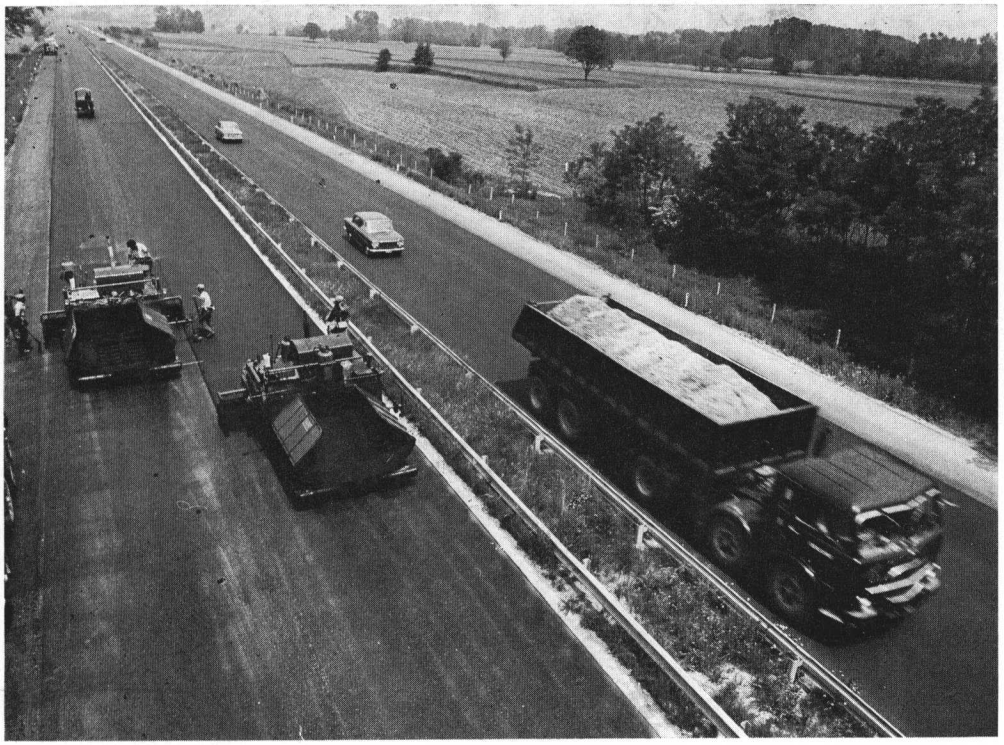
6-31. ábra. Az úszógerenda dinamikus egyensúlya a súly és felhajtóerő között, menet közben, a h rétegvastagságot az α hajlásszög határozza meg

6.16 kép. *Vögele Super 200* típusú aszfaltfiniser hátulról





6.17 kép. *Vögele Super 200* típusú aszfaltfiniser francia autópálya kopórétegét 7,30 m szélességben egy menetben teríti el

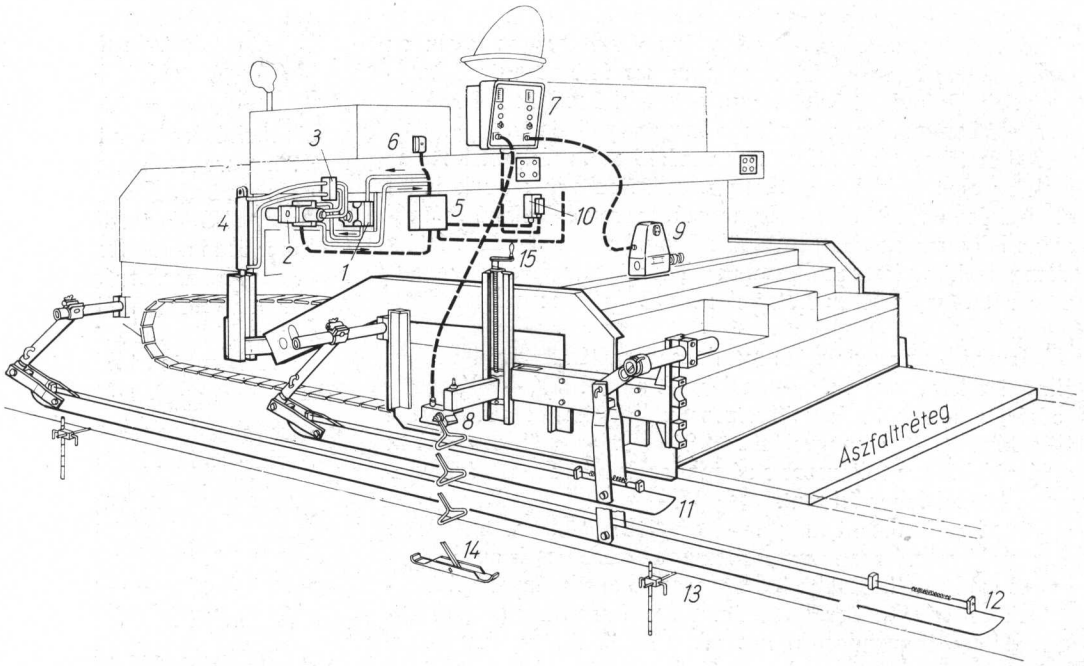


6.18 kép. Olasz autópálya aszfaltbeton kopórétegét két *Marini* aszfaltfiniser párhuzamosan, de eltolva építi be. A belső finiser a magasságot a betonszegélyről tapogatja le, a külső finiser pedig a már elterített szomszédos aszfaltsávról



6.19 kép. *Marini* aszfaltfiniser elülső része. A nagy előtömörítést részben döngölőpalló, részben vibrációs lemez, valamint gázmelegítés biztosítja

6-32. *ábra*. Az automatikus magasságbeállító szerkezet működési elve korszerű úszógerendás rendszerű aszfaltfiniseren





6.20 kép. *Marini* aszfaltfiniser kifutópálya aszfaltburkolatát építi be, a magasságbeállítás és a hullámmentesség biztosítása lézersugár-vezérléssel történik. A kép bal alsó sarkában áll a lézersugár-kibocsátó adóberendezés

szintező rendszerű finiserek esetében feltétlenül hatékony előtömörítés szükséges, mert változó vastagságot kíván az egyenetlen alapon a sík, hullámmentes felület. Minél hatékonyabb az előtömörítés, annál kevésbé tűnik fel a kész burkolatban az alap jelentősebb magassághibája is.

A beszintezett és kifeszített vezérlő acélhuzal alkalmazása csak az egyik oldalon szükséges, mert az egyik burkolatfél elkészítése után kb. 7 méter hosszú, merev cső alakú csúszószánt helyeznek a már elkészült félburkolatra, és az e felett állandóan kifeszített acélhuzalok adják mint „referenciavonal" a már elkészült félburkolattal azonos (párhuzamos) magasságot.

Ugyanígy az automatika másik csatornáján kézzel be lehet állítani a keresztszelvény vonalát, ill. annak $d\% - q\%$ oldalesését, amelyet ingás *műhorizonthoz* képest az automatika állandóan javítva megvalósít. $d_1\%$ oldalesésről egy másik $q_1\%$ oldalesésre fokozatos az átmenet és a közbenső átmeneteket kézzel lehet állítani.

Meg kell említeni még egy az előbbitől eltérő automata magasságbeállító rendszert, amelyet az *olasz* út- és autópályaépítéseken már hosszabb idő óta igen jó eredményekkel használnak a *Marini*-finiserekhez. Az ún. *AES* rendszer (*Pizzarotti*-szabadalom) berendezése két részből áll. Az egyik részt a finisertől 70...120 m távolságban helyezik el az alap vagy kötőrétegen, ez adja a pontosan beállítható irányú és magasságú *vezérlő lézersugarat* vagy *rádióhullámot*, amely a finiserre szerelt második készülékrészt vezérli. Ez a második rész a kapott jelek alapján működteti azokat a villamos motorokat, amelyek a terítési rétegvastagság változtatását állítják be a szintén úszógerendás rendszerű finiseren. (6-20 kép.)

Minden jelentős előnye mellett az „úszó terítőgerendás" rendszerű aszfaltfinisereknél meg kell említenünk egy sokszor gondot okozó tulajdonságot. A kissé ferde, α szögű terítőgerenda súlya és a felhajtó erő között az *egyensúly dinamikus*, azaz csak állandó v sebességű mozgásban van meg. Amint a sebesség változik, főleg pedig amint a finiser leáll, akkor az addig úszó terítőgerenda lesüllyed, az α és a h rétegvastagság lecsökken. Induláskor is kell bizonyos idő, amíg a dinamikus egyensúly, *az állandó magasságú réteg feltételei létrejönnek*. A megállási pontok tehát mint felületi hibák jelentkezhetnek. Ezért az ilyen rendszerű finiserekkel még kevésbé tanácsos megszakítani a folyamatos munkát; ez nagyteljesítményű keverőtelepet vagy viszonylag lassú, de állandó előrehaladást tesz szükségessé.

6.2.3.4. A tömörítő útihengerek fajtái és tulajdonságaik

A tömörítő aszfaltrétegek, alapok, kötő- és kopórétegek tömörítésére a közelmúltig kizárólag *acélköpenyű sztatikus útihengereket* használtak, amelyek a zúzottkőrétegek és az utántömörödő aszfaltok építésekor régóta megszokottak. Az utolsó évtizedben azonban jelentősen kezd elterjedni különösen a *gumihengerek*, valamint a *vibrációs hengerek* alkalmazása az aszfaltrétegek tömörítésére, is miután ezek a hengerek a földmunkák tömörítésére már régebben is jól beváltak. A különböző típusú hengereket — később látjuk — célszerű kombinációkban használjuk.

1. *Acélköpenyű sztatikus útihengerek* tömörítő hatása elsősorban a henger sztatikus súlyának függvénye, függőleges nyomást ad a tömörítő rétegre, és csak kis menetirányú erőt. Többféle nagyságát használják, a ma mindinkább általánossá váló korszerűbb *kéthengerlőjű* (tandem) hengerelrendezésben (6-33. ábra).

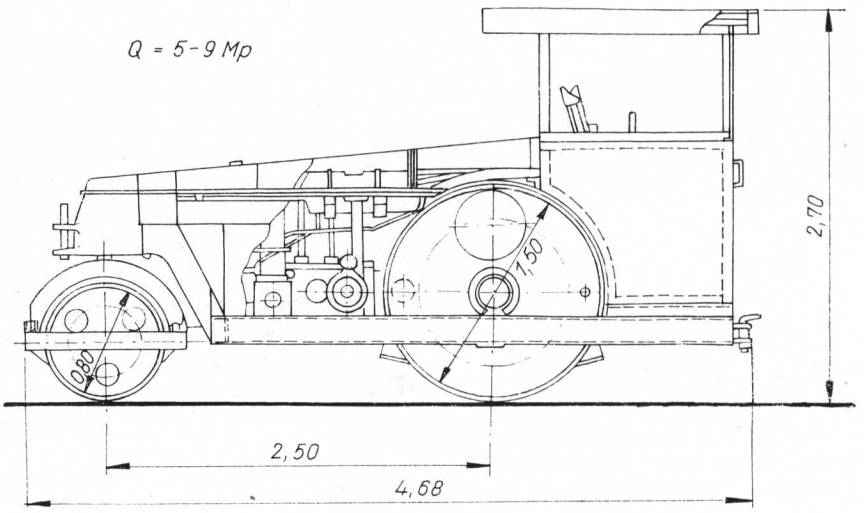
Könnyű henger súlya 3...5 t közötti, előtömörítéshez használják.

Közép henger súlya 8...12 t között, vékonyabb rétegek fő- és utótömörítésére, vastag rétegek előtömörítésére használatos.

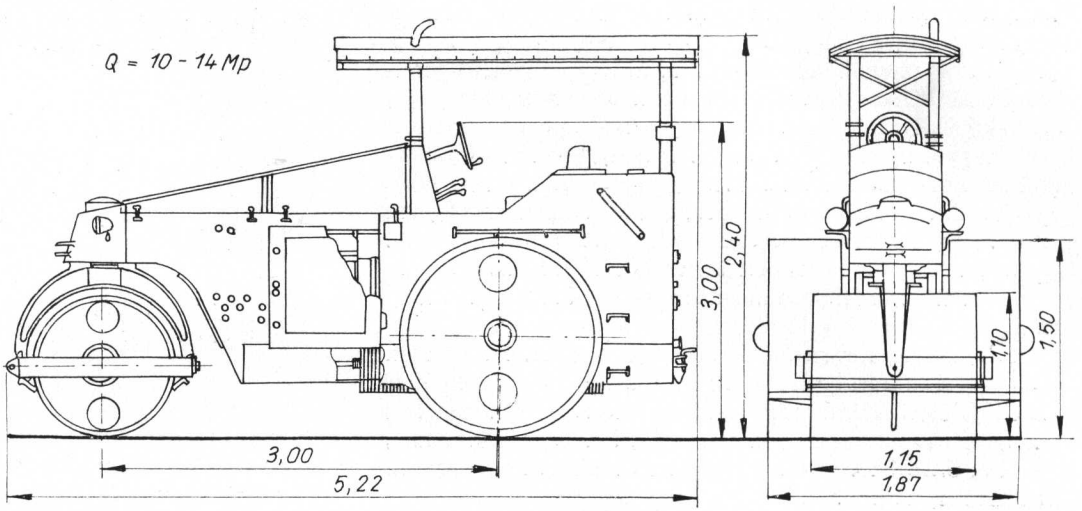
Nehéz henger súlya 14...16 t között, fő- és utántömörítésre használatos.

A nehéz henger *három hengerlőjű* elrendezésben (6-34. ábra) is előfordul, amely bár kevésbé mozgékony, a makadám rendszerű zúzottkőrétegek tömörítéséhez használják.

Az aszfaltrétegek korszerű hengerléstechnikájában a sztatikus úthengereket rendesen csak könnyű és közép formában,



6-33. ábra. Kéthengerlőjű (tandem) útihenger jellegrajza



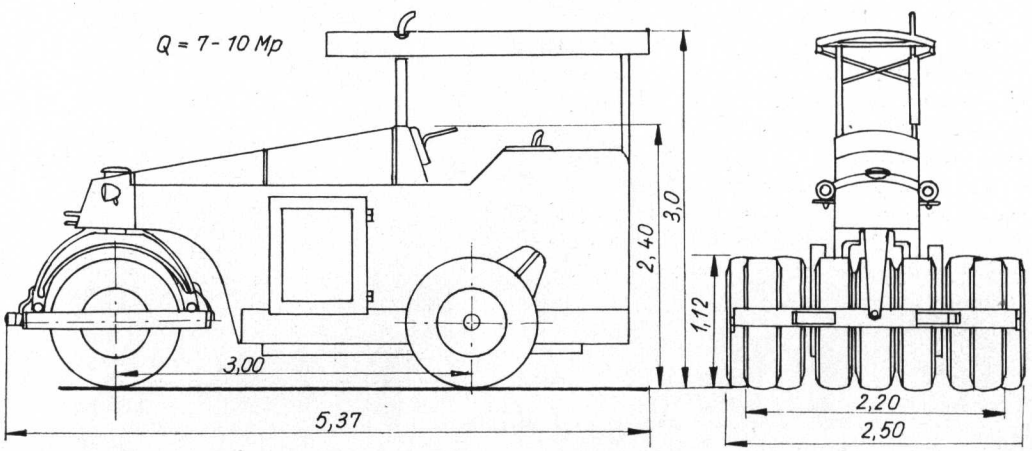
6-34. ábra. Háromhengerlőjű nehéz útihenger jellegrajza

főleg előtömörítésre, majd utólagos simítótömörítésre használják. Bár a nehéz henger főtömörítésre is alkalmas, nagy súlya és nagy élterhelése miatt előfordulnak zúzalékszemtörések is, vagy más hengerlési problémák.

Az acélhengerlőjű útihengerek felületi nyomása változó, mert a kevésbé tömörített aszfaltba jobban besüllyedve nagyobb sávban fekszik fel, később a tömör aszfalton már vékony a felfekvési sáv. Bár ezekkel a hengerekkel hatékony tömörítést lehet elérni, ahol a szabad hézag elég kicsi, a térfogatsúly elég nagy, a felületet azonban kevésbé zárják, a felület vízáteresztő-képességét nem csökkentik. Másik jelentősebb tulajdonságuk, hogy a főhengerlést mindenképpen magas hőmérsékleten kell elvégezni, 130...140 °C körül kezdve úgy, hogy 100 °C hőmérsékletűre hűlt aszfaltanyag esetében már a nehézsúlyú sztatikus acélhengerrel sem lehet érdemleges tömörítő hatást elérni.

2. *Gumihengerek* különböző fajtái közül az aszfaltrétegek tömörítésére elsősorban az önjáró típusúak alkalmasak. Ha a gumihenger korszerű, jó kialakítású, akkor az acélhengereknél előnyösebben alkalmazható az aszfaltrétegek főtömörítésére (6-35. ábra).

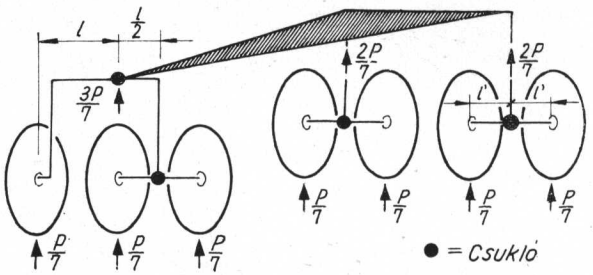
Az egyik szükséges tulajdonsága, hogy az egyes kerekek felfüggesztése kizárólag ingás rendszerű legyen oly módon, hogy mindegyik kerékre pontosan azonos önsúlyhányad kerüljön. A 6-36. ábrán a könnyen kormányozható és meghajtható hétkerekes megoldású önsúlyelosztását ismertetjük.



6-35. ábra. Önjáró tömörítő gumihenger jellegrajza

A kerékelrendezés olyan, hogy minden keréknyom átfedésben van.

A korszerű gumihengerek másik követelménye a jó gumiabroncsozás. Olyan lapos profilú gumiabroncsok előnyösek, amelyek felfekvési felülete még nagy belső légnyomás mellett is elég nagy szélességű (6-37. ábra). Ezek hagynak a legkevésbé gumikeréknyomot a felületen. A gumihenger előnye, hogy nagy kerékterhelés, nagy hengerösszsúly alkalmazható, ami vastag rétegek gyors és hatékony tömörítését eredményezi. Ugyanakkor a fajlagos felületi terhelés tűrhető marad, mert a gumi teherátadó felülete megnövekszik (6-37. ábra). A korszerű gumihengerek a tömlőnyomást változtatni tudják beépített kompresszor révén, kb. 2...8 at között. Ez a kerek abroncstól és összsúlytól függően kb. 3 kp/cm² és 6 kp/cm² közötti felületi érintkezési nyomást okoz. A főhengerlést viszonylag nagy abroncsnyomás esetén, kb. 6...7 at értéken, tehát kb. 5...6 kp/cm² felületi nyomás mellett kell végezni. Ez ad hatékony tömörítést (6-38. ábra). A korszerű, tehát nagy nyomás mellett is széles felfekvésű abroncsokkal azonnal a teljes nyomással lehet kezdeni hengerelni az előtömörítés után.

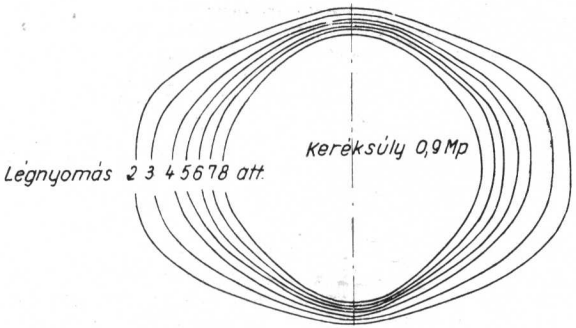


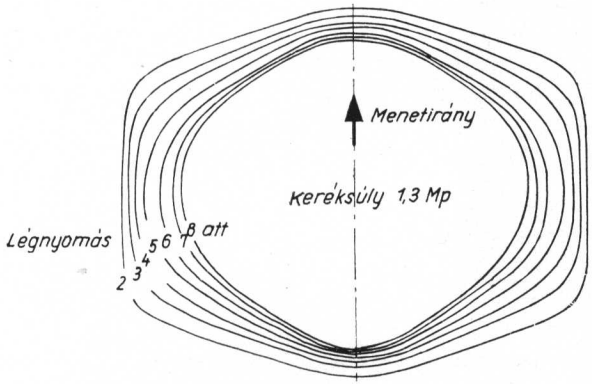
6-36. *ábra.* Hétkerekes gumihenger ingás kerékfelfüggesztése, amely a pályaegyenetlenségtől függetlenül az egyenletes teherátadást, egyenletes tömörítést létrehozza

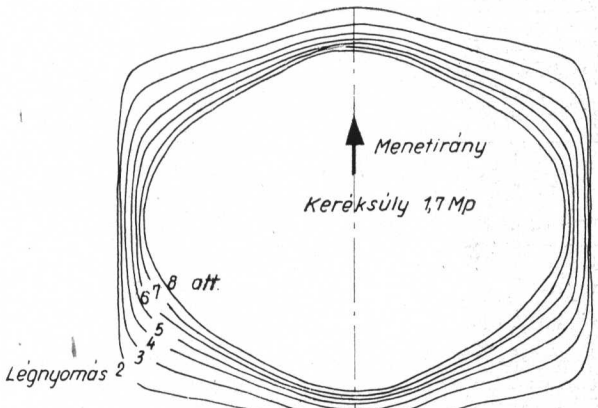
A nem korszerű kerek, íves felfekvésű gumiabroncsokkal viszont célszerű az első meneteket alacsony, 2 at nyomással kezdeni, hogy az így szélessé vált abroncs felülettel előtömörítve az útfelület egyenletességét létrehozzuk. Csak 3...4 menet után, később kell kb. 5 min-os kompresszor járatással



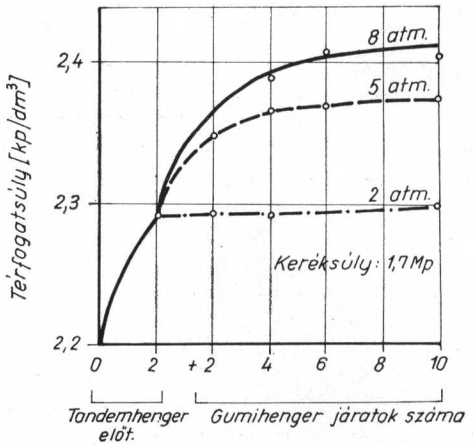
6.21 kép. Aszfaltbeton burkolat hengerlése egy könnyű tandem és egy nehéz háromhengerlőjű hengerrel







6-37. ábra. Tömörítő gumihenger korszerű abroncsainak teherátadási felülete különböző keréksúly és abroncsnyomás esetén. Előnyös az, ha az abroncsnyomás növelésével sem csökken jelentősen a teherátadó felület szélessége (lapos abroncs). Ehhez nagyobb keréknyomás is kell



6-38. ábra. A gumihenger kerekei *5...8* att nagy belső abroncsnyomás esetén az előtömörítés hatását jelentősen fokozzák, az alacsony 2 att nyomás pedig alig tömörít tovább. (6 cm vastag kötőréteg, előtömörítés 140 °C-on 2 menet sztatikus hengerrel, a főtömörítés gumihengerrel 95...105 °C hőmérsékleten)

a tulajdonképpen szükséges hatékony 6...7 at értékűre felemelni az abroncsnyomást. Korszerű abroncson a belső nyomás időt rabló és teljesítményt csökkentő változtatására nincs szükség hengerlés közben (Banaschek [37, 45]).

A gumiabroncsos hengerekkel való aszfalttömörítés egyik legnagyobb előnye a jó tömörítés mellett a *gyúró hatás* és az ezzel összefüggő *zárt aszfaltfelület* létrehozása. Éppen a nagy felfekvési felület és alakváltozása miatt a gumi vízszintes síkú, többirányú mozgást végez. Ezzel a burkolat felületén, az aszfalt szemcséit gyúrja, zárttá teszi, anélkül, hogy az érdesség csökkenését okozná. A gumiabroncsos tömörítéssel épült aszfaltburkolatok *vízáteresztő-képessége* — a mérések szerint — sokkal kisebb, mint a sztatikus acélhengerek alkalmazása esetén.

A gumihengerek további nagy előnye, hogy a kedvezőtlen élnyomás nélkül megvalósítható nagy önsúly, mélyreható hengerlés során vastag 10...20 cm-es meleg bitumenes útalaprétegeket *egy rétegben* lehet tömöríteni, kifogástalan eredménnyel.

A gumihengeres tömörítést *viszonylag alacsonyabb hőmérsékleten*, 80...100 °C között is eredményesen el lehet végezni, ellentétben a sztatikus acélhengerekkel (6-8. táblázat). Ennek ellenére 100 °C feletti hőmérséklet használata javasolható itt is a hatékony tömörítés érdekében. A gumikereket általában imprimollal nedvesítik, így előzik meg összeragadását az aszfalttal.

A 100 °C feletti — 120...130 °C hőmérsékletű — aszfalt *előtömörítésére* is alkalmazzák a gumihengert főleg Amerikában. A *„hot and dry"* eljárás szerint ilyenkor a gumikerekeket szárazon hagyják. Egyidejűleg nem törődnek a forró aszfalt



6.22 kép. Olasz autópálya aszfaltbeton burkolatának előtömörítése a finisert megközelítő tandem-hengerrel, a főtömörítés nehéz gumihengerrel, lapos, nagynyomású gumikkal történik (*Marini* hengerek)

6-8. táblázat. Összehasonlító üzemi tömörítési eredmények aszfaltbetonok esetében sztatikus és vibrációs acélhengerek, gumihengerek használatakor (Scheid, 1966 [45])

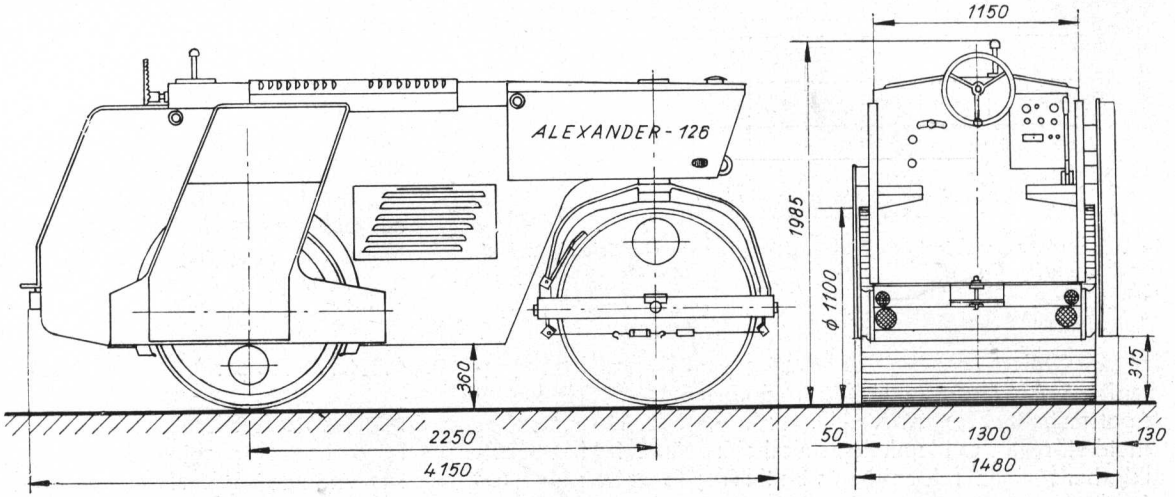
Aszfaltbeton kötőréteg (adalék 0...25 mm, 3% mészkőliszt, 4% B 80, Marshall-testnél 6,8 térf.% vákuum vízfelvétel)

Hengerfajták és adataik		rétegvastagság	hengermenetek száma	vízfelvétel vákuumban térf.%	
12 t-s statikus acélhenger (3 hengerlős)				V. minta	VI. minta
élmenti nyomás	64,5 kp/cm	átl.	6		
hengerlési sebesség	60 m/min	4,2 cm		7,3	5,8
hengerlési hőmérséklet	120...130 °C				
4,3 t-s vibrációs tandenhenger (110 cm széles)				III. minta	IV. minta
frekvencia	47 Herz	átl.			
hengerlési sebesség	60 m/min		2+4*		
hengerlési hőmérséklet	80... 85 °C	4,0 cm		5,9	6,1
előhengerlési hőmérséklet	110...120 °C				
16,5 t-s gumihenger (7 kerék)					
keréksúly	2,35 Mp	átl.		I. minta	II. minta
abroncs belső nyomása	7 att		2+5*		
hengerlési sebesség	140 m/min	4,0 cm			
hengerlési hőmérséklet	kb. 85 °C			5,5	6,1
előhengerlési hőmérséklet	115...120 °C				

* 2 előtömörítő hengermenet 4,3 t-s könnyű acélhengerrel ment végbe, vibráció nélkül

felragadásával. Amint a gumikerekek kb. 60 °C hőmérsékletre felmelegednek, a felragadás megszűnik. A vastag rétegű, forró aszfaltot hatékonyan tömörítik elő a gumihengerek. Ilyenkor a gumihengerek egészen a finiserig előre hatolnak.

3. *Vibrációs acélhengerek.* Eredetileg csak szemcsés talajok tömörítésére használták. A könnyű (3...4 t-ás) önjáró vibrációs tandem acélhengerek az újabb tapasztalatok szerint előnyösen használhatók aszfaltrétegek tömörítésére is, annak ellenére, hogy itt tipikusan kohéziós, kötött anyagról van szó (6-39. ábra). A vibrációs hengerek előnye, hogy kis önsúlyuk ellenére tömörítő hatásuk a nehéz henger hatásához mérhető. A tömörítő hatás a rezgésszámtól és az amplitúdótól függ.

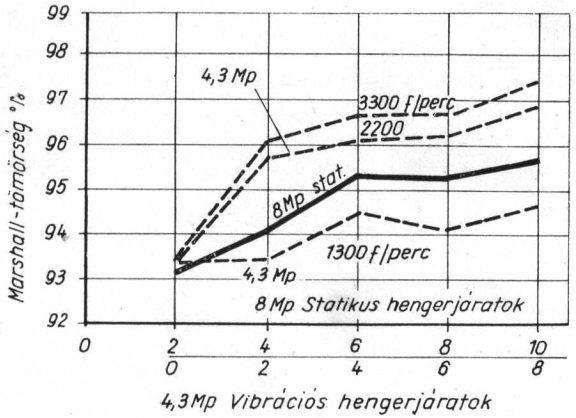


6-39. ábra. ABG-Alexander vibrációs tandem útihenger, 6 t összsúllyal; vibráció felületi hatáshoz, aszfalttömörítéshez 50 Hz frekvencia, kis amplitúdó, földmunkához 33 Hz frekvencia, nagy amplitúdó

6-9. táblázat. Összehasonlító üzemi tömörítési eredmények bitumenes útalapnál sztatikus és vibrációs acélhengerek, gumihenger esetén (Scheid, 1966. [45])

Hengerfajták és adataik		rétegvastagság	hengermenetek száma	vízfelvétel vákuumban, térf.%	
Meleg bitumenes útalap (0/35 mm homokos kavics, 5% mészkő liszt, 3,7% B 80, Marshall-testnél 4,9 térf.% vákuum vízfelvétel)					
12 t-s sztatikus acélhenger (3 hengerlős)				V. minta	VI. minta
élmenti nyomás	64,5 kp/cm	átl.		felső-alsó	felső-alsó
hengerlési sebesség	60 m/min	11 cm	6	részén	részén
hengerlési hőmérséklet	120...130 °C			7,5...6,2	6,4...7,6
4,3 t-s vibrációs tandemhenger (110 cm széles)				III. minta	IV. minta
frekvencia	47 Herz	átl.	0	felső-alsó részén	felső-alsó részén
hengerlési sebesség	60 m/min	11,3 cm	2+4*		
hengerlési hőmérséklet	80... 85 °C			6,9...6,1	4,8...5,1
előhengerlési hőmérséklet	110...120 °C				
16,5 t-s gumihenger (7 kerék)				I. minta	II. minta
keréksúly	2,35 Mp	átl.		felső-alsó részén	felső-alsó részén
abroncs belső nyomása	7 att		2+4*		
hengerlési sebesség	140 m/min	12 cm			
hengerlési hőmérséklet	kb. 100 °C				
előhengerlési hőmérséklet	115...120 °C			4,2...4,9	4,2...4,8

* A 2 előtömörítő hengermenet 4,3 t-s könnyű acélhengerrel ment végbe, vibráció nélkül



6-40. *ábra.* 4,3 t-s vibrációs és 8 t-s sztatikus henger tömörítő hatásának összehasonlítása [39, 46]

Ezt tapasztalati úton kell az adott géppel és aszfalttal megállapítani. Általában aszfaltbeton tömörítésére 50 Hz körüli az optimális frekvencia. A 6-40. ábrán 4,3 t-ás, 110 cm széles Scheid vibrációs tandemhenger által elért tömörítő hatást látjuk a hengermenetek száma és a vibrátor-fordulatszám függvényében, egy 8 t-és sztatikus henger hatásával összehasonlítva. Az első két járat mindig a vibráció bekapcsolása nélkül megy végbe, mert a meleg és laza anyagban a vibrációs tömörítéskor a henger besüllyedne. Látható, hogy a magasabb fordulatszám itt kedvező hatású volt, és a kb. 4 t-ás vibrációs henger jobban tömörített, mint a 8 t-ás sztatikus acélhenger. Másik előny, hogy a vibrációs hengerrel kb. 70...100 °C között is lehet tömöríteni, tehát *olyan alacsony aszfalthőmérsékleten, amikor a sztatikus acélhengereknek már gyakorlatilag nincsen hatásuk.* Harmadik előnyként számíthat, hogy a vibrációs hengerrel tömörített aszfaltrétegek vízzáróbbak a sztatikus hengerrel tömörített rétegeknél.

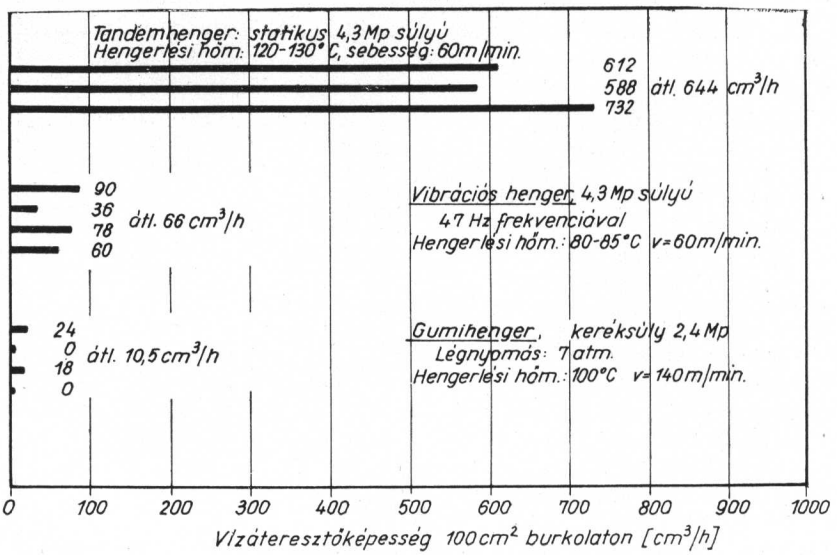
Minden egyes megállás, ill. visszafordulás előtt a vibrációs berendezést előzőleg ki kell kapcsolni, mert különben javíthatatlan benyomódás maradna a még oly rövid megállás helyén is.

A háromféle hengertípus hatásának összehasonlítására érdekes eredmények adódtak az 1966. évben egy német autópálya-építésnél, a Scheid gyár által végzett összehasonlító kísérlet során [39, 46], ahol meleg bitumenes útalapot, valamint utána kötőréteget egymás melletti szakaszokon, azonos anyagból mindhárom hengerfajtával tömörítettek, majd mindegyik szakaszon megfelelő számú magmintát fúrtak. Megállapították a minták vízfelvételét. A rétegeken vízáteresztőképességi méréseket is végeztek *Schulze*-műszerrel (l. a 239. oldalt). Az eredményeket a 6-8. és 6-9. táblázat és a 6-41. ábra szemlélteti. Ezekből kiviláglik, hogy a sztatikus nehéz acélhenger tömörítő hatásánál kedvezőbb eredményeket mutat a vibrációs hengerrel, még kedvezőbbeket a gumihengerrel végzett tömörítés. Utóbbi esetén még külön előny, hogy *nagyobb a hengerlési sebesség*, amely kb. két és félszerese a másik két hengerfajtának. Ezzel a gumihenger teljesítménye nagyobb.

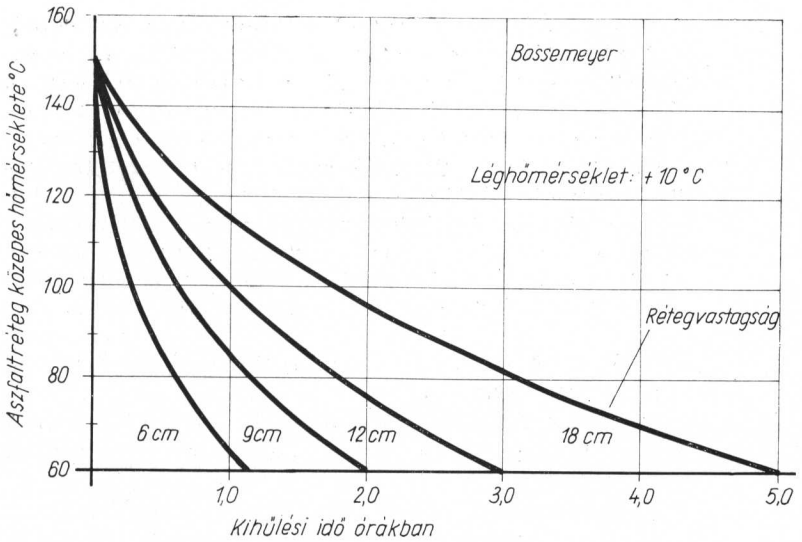
6.2.3.5. Az aszfaltréteg lehűlése hengerlés alatt

Mielőtt az aszfaltrétegek hengerléses betömörítését különböző hengerkombinációkkal tárgyalnánk, szükséges megismernünk az elterített aszfaltréteg hőmérsékletének alakulását, és a lehűlés folyamatára hatással levő főbb tényezőket, mivel ezek a jó hengerlés körülményeit befolyásolják.

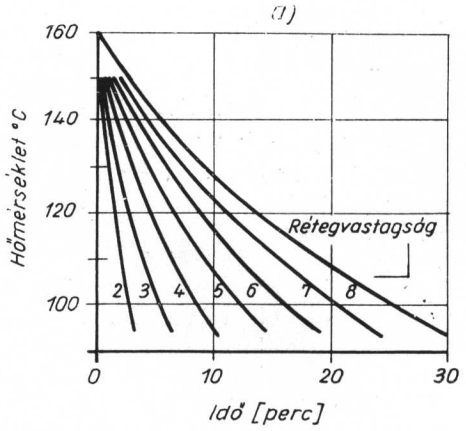
Közelítő *számításos* megoldást az elterített aszfaltréteg középhőmérsékletének megállapítására újabban *Bossemeyer* (1967...68 [53]) dolgozott ki. Elég bonyolult alakú exponenciális összefüggéssel nemcsak a léghőmérséklet hatását vette figyelembe, hanem a hőátadódást is a forró, de lehűlő új asz-

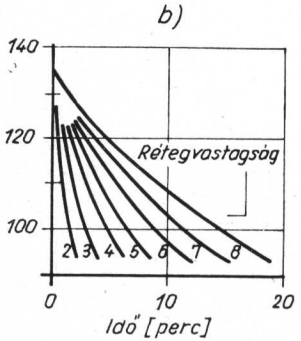


6-41. *ábra.* Meleg bitumenes útalap felületi vízáteresztő képességi értékei a *Schulze*-műszer szerint. Legelőnyösebb a gumihenger, utána a vibrációs henger. Sztatikus henger esetén a vízzárás kedvezőtlenül nagy



6-42. *ábra.* Vastag bitumenes útalaprétegek lehűlési görbéi 10 °C léghőmérséklet mellett, *Bossemeyer* számítása szerint [53]

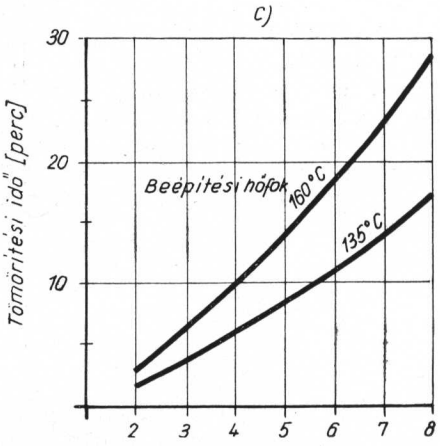




faltkeverék és a hideg, de felmelegedő alsó réteg között. Számításait itt nem közöljük, de ismertetjük néhány érdekes eredménydiagramját. A 6-42. ábrában kb. 10 °C léghőmérséklet mellett különböző 6...18 cm vastag aszfaltrétegek lehűlését, azaz a 150 °C terítési hőmérsékletről való lehűlését látjuk az idő függvényében. A 6-43. ábrán pedig vékonyabb, 2...8 cm-es rétegek lehűlésfolyamatát látjuk, kedvezőtlenebb 0...+3 °C léghőmérsékletet feltételezve, részben *160 °C* beépítési hőmérséklet mellett, részben pedig alacsonyabb keverési hőmérsékletet, és szállítás közben kb. 10 °C csökkenést figyelembe vevő *135 °C* beépítési hőmérséklet mellett. Ugyancsak ezen az ábrán látjuk, hogy változik a terítéstől számítva a tömörítés időtartama a sztatikus útihengerek esetében, a 95 °C hőmérsékletre való hűlés állapotáig. Bár az összefüggések közelítőek, az ellenőrző mérésekkel jól egyeznek, és így általános következtetéseket vonhatunk le:

1. Viszonylag vastagabb aszfaltrétegek hőtárolása kedvező és csak lassan hűlnek le. A tömörítésre hosszabb idő jut hűvös vagy hideg időben is.

2. A 2...3...4 cm-es vékony aszfaltrétegek lehűlése viszont gyors, a 95...100 °C értékre 10...18 min alatt, hűvös időben pedig már alig *pár perc alatt* lecsökken a hőmérséklet, és a sztatikus hengerekkel csak ennyi ideig tartó tömörítési lehetőség marad. A 3...4 cm vastag réteget tehát csak kedvező, nem hűvös időjárásban ajánlatos fektetni, sőt, a *2 cm-es réteget kizárólag meleg időben, akkor is gyors hengerléses tömörítéssel.* A gumihengerek és vibrációs hengerek 100 °C alatt is (70...80 °C körül) jó hatással tömörítenek, ezért vékony rétegeket előnyös ilyen hengerekkel bedolgozni.



6-43. *ábra.* Vékonyabb és közepes vastagságú aszfaltbetonrétegek lehűlési görbéi hideg időben: *a)* 160 °C és *b)* 135 °C beépítési hőmérsékletek mellett; *c)* hengerlési időlehetőség a rétegvastagságtól függően. A vékony rétegeknél alig marad idő a hengerléses tömörítésre! *Bossemeyer* [53]

Lássuk ezután, hogy a gyakorlati tapasztalatok és mérések a fenti számított összefüggéseket igazolják-e. A 6-44. ábrán *Schmidt* [39] 1965. évi kísérleteinek egyik diagramját közöljük, ahol 8 cm vastag kb. 0/35 mm-es bitumenes kavicsos homok alapréteg 135 °C terítési hőmérsékletéről való lehűlését látjuk az idő függvényében. A diagramban a régi aszfaltburkolat felmelegedésének vonalait is láthatjuk. Az adatok jól megfelelnek a Bossemeyer-féle elképzelésnek és eredményeknek.

A 6-45. ábrán szintén 1965-ből származó amerikai kísérleti méréseket idézünk *Minor* [24] útján. Egy 5 és 10 cm vastag aszfaltréteg alsó és felső felületének, valamint közepének hőmérsékletváltozási görbéit látjuk, kb. 10 °C léghőmérséklet mellett. A 93 °C-ra való lehűlés 25 min, ill. 65 min. alatt következett be az 5 cm, ill. 10 cm vastag aszfaltréteg esetén. Ezek az adatok elég jól egyeznek a 6-42...6-43. ábra számított görbéivel.

A gyakorlatban a tömörítés során az előbbiek szerint rendelkezésre álló idő alatt megfelelő hengerlési teljesítményt kell létrehozni. Elvi szempontból érdekes és sok helyen használják összehasonlításra *Nijboer hengerlési tényezőjét*, az R_f (kp cm s) értéket, amely a hengerlés különböző befolyásoló tényezőit számszerűen igyekszik figyelembe venni [25, 54]

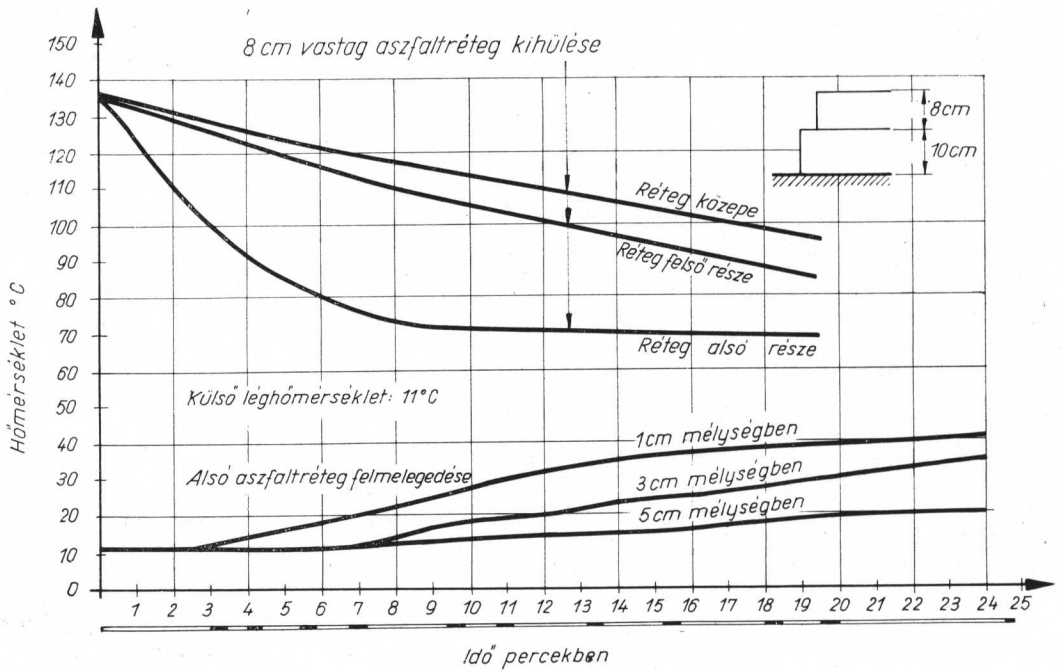
$$R_f = 10^6 \frac{\frac{P}{lD} - C\tau_{cb}}{3{,}9\,\eta_m} n \left(\frac{h}{v}\right)^{0{,}4}.$$

Itt P, l és D a henger súlya (kp), szélessége (cm) és átmérője (cm). Vibrációs henger esetén a P/lD tényezőt kb. 1,7 értékkel kell szorozni, gumihengereknél $P/lD = 0{,}4...0{,}5$ vehető. n a hengermenetek száma, h cm a réteg vastagsága, v km/h a henger sebessége. $C = 2{,}5$ acélhengernél és $C = 5$ gumihengernél, τ_{cb} 0,002...0,020 a keverék kezdeti összetett ellenállása (kp/cm²); végül $\eta_m = (20...30)10^9$ poise az aszfalt viszkozitása. Nijboer 1948-beli összefüggése alapján Hollandiában 1963-ban üzemi ellenőrző mérésekkel megállapították, hogy a kielégítő minőségű hengerlések során a következő minimális R_f hengerlési tényezőt kell elérni [54]:

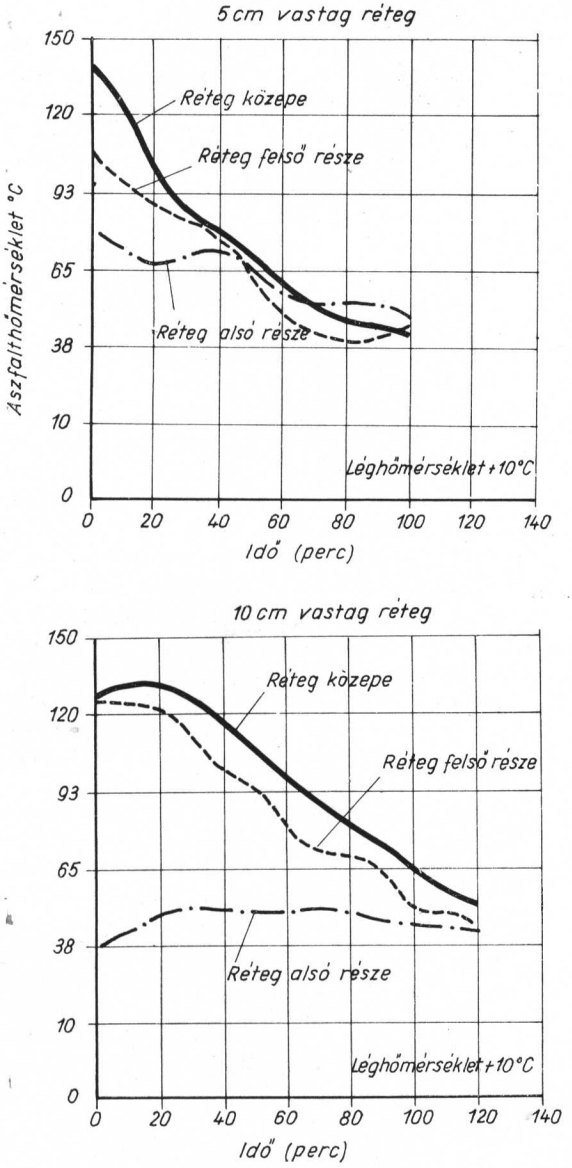
homokaszfalt:	$R_{f\,min} = 4 \cdot 10^{-5}$ (kp cm s),
bitumenes kavics és homok útalap:	$R_{f\,min} = 5 \cdot 10^{-5}$ (kp cm s),
aszfaltbeton:	$R_{f\,min} = 6 \cdot 10^{-5}$ (kp cm s).

Ismerve a követelményt, a fenti képletből megállapítható, hogy mennyi n hengermenetszám szükséges még a hatékony hőmérsékleti intervallumban, tehát a kihűlés előtt. Ilyen előzetes számításokra hengerkombinációk tervezése esetén lehet szükség, pl. aszfaltburkolatú autópálya-építések során.

Érdekes gyakorlati következmény adódik a fenti R_f képletből a sebességre vonatkozóan: nem lassabb hengerlésre, hanem reálisan nagyobb, nem eltúlzott sebességű menettel több járatra kell törekedni [54]. A v növekedése ugyan a 0,4 hatvány miatt kissé csökkenti, az n növelése miatt mégis



6-44. ábra. 8 cm vastag bitumenes útalap lehűlése és az alatta levő réteg felmelegedése mérések alapján (*Schmidt*, 1965 [39])



6-45. ábra. Egy 5 cm vastag *(a)* és 10 cm vastag *(b)* aszfaltréteg lehűlés folyamata 10 °C léghőmérséklet mellett 1965. évi mérések szerint (*Minor* [24])

jobban növeli a hengerlési teljesítményt. Így a hengersebesség megduplázásával a hengerlési teljesítményt adó R_f hengerlési tényező értéke kb. 50%-kal növekedik. Ez különösen a gumihengereknél fontos, ahol a sztatikus hengerek 3...4 km/h sebessége helyett 8...9 km/h sebesség fejthető ki.

Ugyanakkor rá kell mutatni arra, hogy a hengerlési sebesség növelése csakis a hengerátmeneti számok egyidejű növelése mellett előnyös, tehát ha a *v* mellett az *n* is nő. Ugyanannyi *n* hengerátmenetet nagyobb *v* mellett produkálni csak látszólagos eredmény, a hatékonyságot a tömörítéskor kissé rontja.

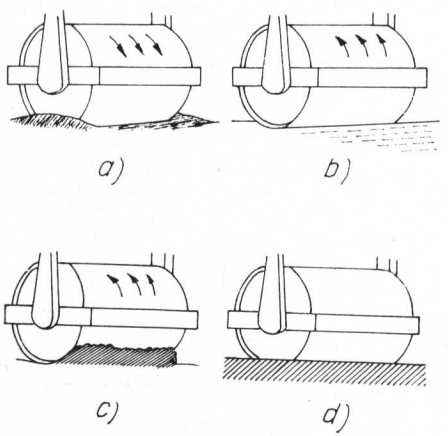
Emellett a hengerlési sebességet semmiképpen sem szabad olyan magasra emelni, hogy az aszfaltrétegeket meggyűrje, szakítsa a henger. A sztatikus hengerek esetén a 3...4 km/h sebesség, a gumihengerek esetén a 8...9 km/h sebességen ezek a hátrányos jelenségek nem fordulnak elő [39, 46].

6.2.3.6. Általános hengerlési tömörítési irányelvek

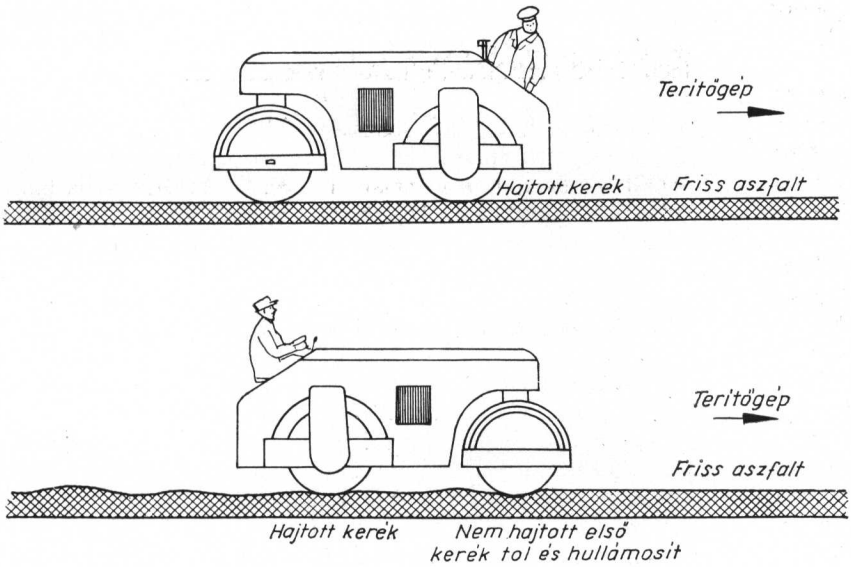
Egyelőre a sztatikus acélhengerekkel való, hagyományosnak mondható aszfalttömörítés irányelveivel foglalkozunk.

Egy henger napi teljesítőképességének közelítő megítélésekor 50 m/min = 3 km/h sebességből lehet kiindulni. Átlagos 80%-os időkihasználás és 1,35 m hengerszélességet figyelembe véve 10 h alatt 32 400 m² elméleti teljesítmény adódna, ami a nyomátfedések miatt 24 000 m²-re csökken. Ha a tömörítéshez 8...10 hengeráthaladást kell számítani, akkor egy henger gyakorlati teljesítőképessége 3000...4000 m² 10 órás műszakban, és 2400...3200 m² 8 órás műszakban. Ez gyakorlatilag a könnyű henger előtömörítési igénye miatt 2 henger teljesítményhatára [40-50].

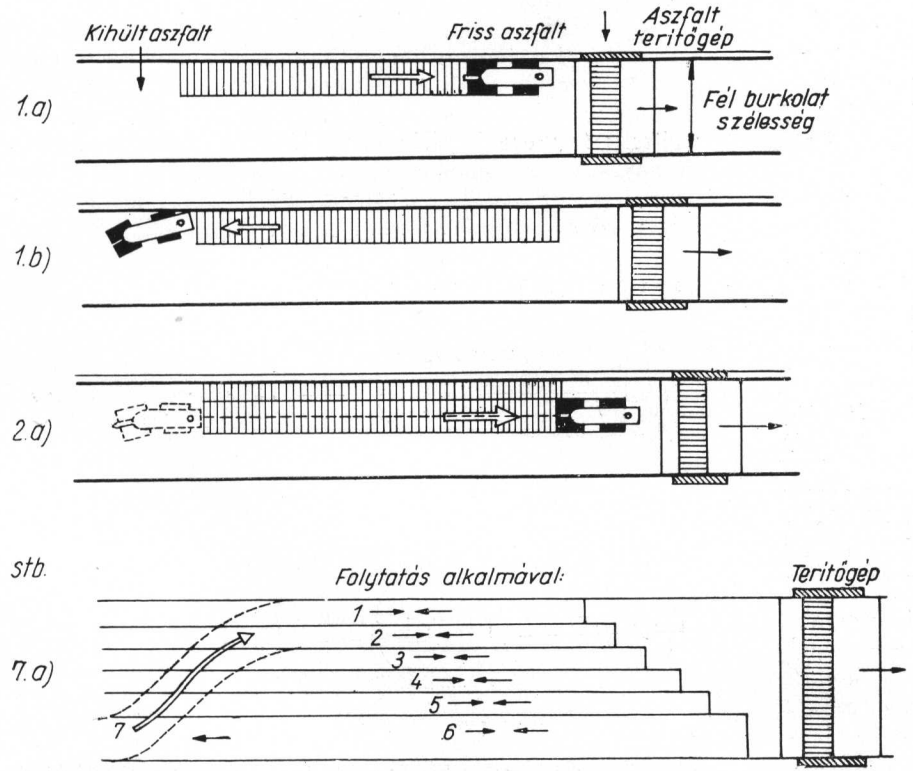
Kis beépítési teljesítmény, 12 t/h alatt egy *közepes súlyú henger* munkája is elég, 20...30 t/h keverőtelepnagyság mellett már *két hengert* alkalmazunk: egy könnyű hengert előtömörítésre és egy nehéz hengert a főtömörítésre. 40...50 t/h teljesítmény esetén már *három hengert* alkalmazunk, egy könnyű és két nehéz hengert. A harmadik henger kisebb teljesítmény esetében is alkalmazandó, ha hűvös, hideg időben megy végbe a tömörítés. A nagyobb teljesítmények mellett



6-46. ábra. A túl magas hőfokon való hengerlés esetén előálló hibák: *a)* felnyomódás; *b)* repedések; *c)* felragadás; *d)* hengersüllyedés



6-47. *ábra.* Mindig a henger hajtott tengelye legyen a friss aszfalt, az aszfaltfiniser felé, mert a nem hajtott, tolt tengely hullámokat okoz



6-48. *ábra.* Az előtömörítés helyes munkamenete tandem hengerrel

szükséges nagyobb hengerszám és kombináció megtervezését később látjuk majd.

Az aszfaltkeveréket az előbbiek szerint 130...160 °C hőmérsékleten terítik el, és arra kell törekedni, hogy az *előtömörítést minél előbb meg lehessen kezdeni* a terítés után a könnyű hengerrel. A túl forró aszfaltkeverék esetében előálló hengerlési hibákat a 6-46. ábrán láthatjuk: felnyomódások, repedések, felragadás és hengerbesüllyedés következhet be ilyenkor.

Először a könnyű hengerrel végzik az *előtömörítést*, amely először a szélek mellett kezdődik 1—1 menettel, majd mindig kb. félsáv szélességgel befelé haladva közép felé, mindig hosszirányban. Ívben, túlemelésben a belső oldalról a külső oldal felé. A henger hátsó, meghajtott tengelye legyen a friss aszfalt, tehát az aszfaltfiniser felé, mert különben a tolt, meg nem hajtott hengerlő maga előtt tolja az aszfaltot és hullámot okoz (6-47. ábra). A hengerlés első menete tehát a szélen a finiser felé halad, majd *ugyanazon a nyomon* visszajön a henger (6-48. ábra). A már kihűlt és régebben behengerelt burkolatrészen az úthenger elfordul egy fél hengerlősáv-szélességgel, és ismét a finiserig halad. Vissza ugyanazon a nyomon jön. Lényeges tehát, hogy az átálló, ívben forduló mozgások mindig a *már kihűlt, betömörített burkolatrészen* legyenek. Fontos, hogy az irányváltás lökés nélkül, simán de azonnal menjen végbe, a hengernek a még be nem tömörített burkolatrészen *nem szabad megállnia*, mert akkor ez benyomódásokat, hullámokat okoz. Később indokolandó ok miatt (354. oldal) két pótlólagos hengerjárattal a burkolatrész két szélén kiegyenlítő tömörítést adunk.

A *főtömörítést* és a simítóhengerlést a nehéz 10...12 t-ás hengerrel addig kell folytatni, amíg a burkolatanyag ki nem hűlt annyira, hogy a nehéz henger már semmi nyomot nem hagy rajta. Ha a burkolat már kihűlt (kéz is bírja a melegét), és további tömörítés még szükséges, akkor a vibrációs hengerrel lehet további eredményt elérni.

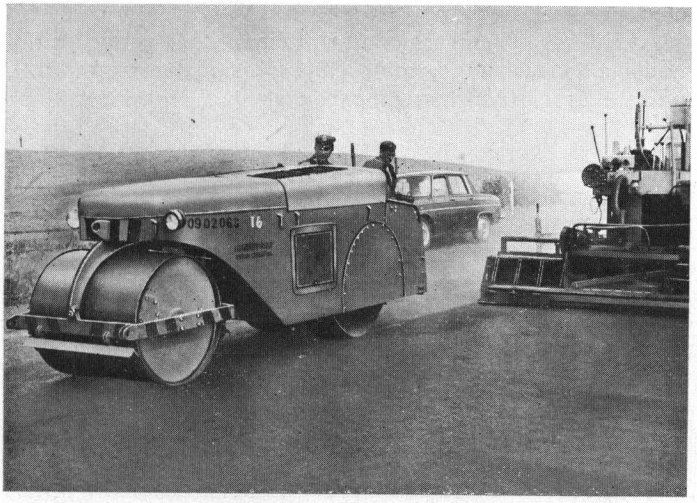
Az előtömörítő henger menethossza a visszafordulások között 15...30 m közötti, a főtömörítő hengeré pedig 40...80 m közötti legyen.

Fontos a hengerlés során a csatlakozások helyes és gondos kivitele, mert ezek sok burkolatromlás kiinduló okai lehetnek.

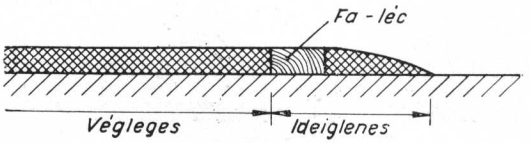
Keresztirányú csatlakozásokat helyesen a 6-49. ábra szerint lehet kivitelezni. Az előző napi szakasz végén levő éket el kell távolítani, célszerűen úgy, hogy az aszfalt rétegvastagságnak megfelelő fapallóval határoljuk le. A rövid rámpa alá homokszórást vagy papírt helyezünk el. Következő nap az ék alakú aszfalt a fapallóval együtt könnyen eltávolítható, és az új aszfaltrész függőlegesre levágott, kötőanyaggal bekent felülethez csatlakozik. Az új, laza aszfaltot nem hosszirányban tömörítjük, mert akkor a csatlakozásban hullám keletkezne. Ehelyett a 6-50. ábra szerint vagy az úttengelyre merőlegesen, vagy még előnyösebben ferdén elhelyezett munkacsatlakozás irányában kell a könnyű hengerrel tömöríteni úgy, hogy először csak 15 cm széles sávot tömörít az új aszfaltból, és a henger többi része a régi aszfalton marad. Ezután minden menet során 15...20 cm-rel beljebb halad a keresztirányú hengerlés, amíg csak a teljes hengerszélesség már az új aszfalton fekszik. Ezután már hosszirányban is lehet hengerelni, hullámképződés veszélye nélkül.

Hosszirányú csatlakozások majdnem mindig szükségesek, mivel a finiser rendesen fél burkolatszélességet terít. A hosszcsatlakozás tömörítetlen marad, ha a finiser a 6-51. ábra szerint a laza, új anyagból nem terít vastagabb réteget, mint a már betömörített aszfaltréteg. Ekkor a csatlakozásban a henger a régebbi tömör aszfaltra támaszkodik és a csatlakozás melletti új aszfaltot nem tömöríti. Ezt a tömörítetlen aszfaltsávot később a forgalom járja be és ilyenkor hosszirányú vályú keletkezik vagy pedig szélesebb tömörítetlen sáv, amelyen télen fagyási károk keletkeznek.

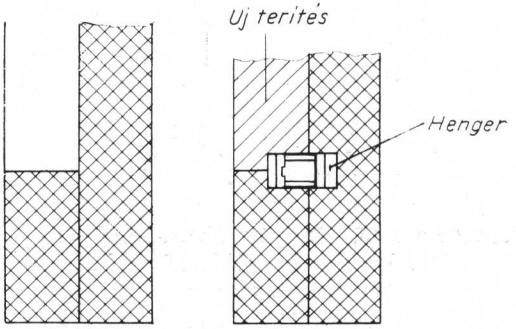
A helyes hosszirányú csatlakozás készítésekor a 6-52. ábra



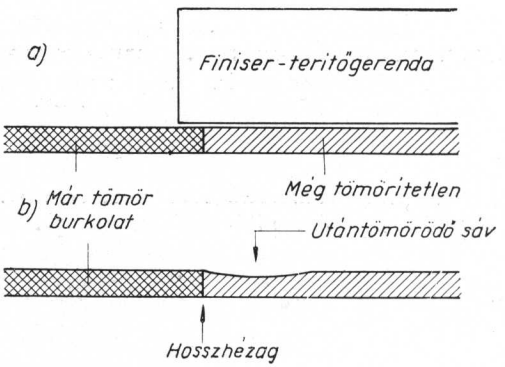
6.23 kép. A hosszcsatlakozást a könnyű henger először egy 10 cm vékony sávot hengerelve készíti elő



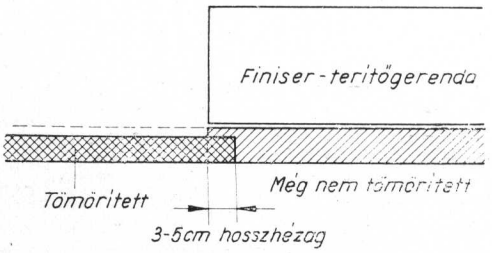
6-49. *ábra.* Keresztirányú csatlakozás előnyös kialakítása a műszak végén. Az ék alakú aszfaltrész másnap könnyen eltávolítható



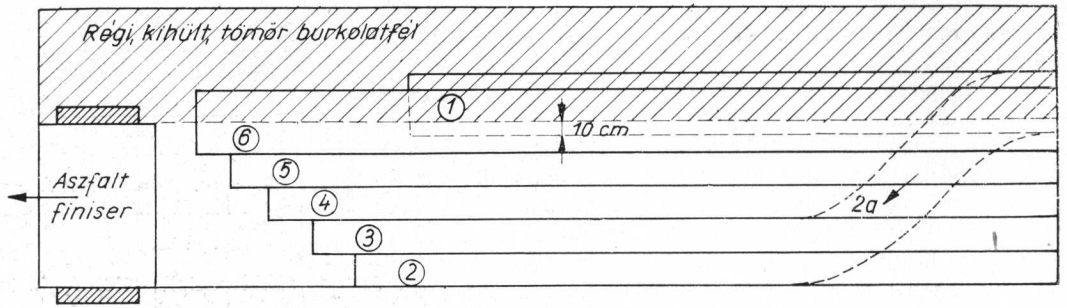
6-50. *ábra.* Keresztirányú varrat után a friss aszfaltot először fokozatos keresztirányú hengerléssel tömörítjük



6-51. *ábra.* Hosszirányú varratnál, csatlakozásnál hibás, ha a finiser átfedés nélkül, túl kis laza vastagságot terít. A tömörítetlen sávot később a forgalom vályússá tömöríti



6-52. *ábra.* Hossz-csatlakozás esetén a finiser kellő nagyobb vastagságú laza aszfaltot terít, kissé rálapulva a már elkészült burkolatrészre



6-53. ábra. A hossz-varrat helyes hengerlése a második burkolatfél fektetése során, ha az első burkolatfél már hideg

szerint a finiser az új aszfaltréteget — a tömörítetlensége miatt — 25...30%-kal vastagabbra fekteti. Ezután a henger első tömörítő menete a régi, hideg burkolatfélen halad. A henger először csak 15...20 cm széles sávban tömöríti a forró aszfalt szélét. A második járat már áttér az új terítési sáv külső szélére, és ott kezdi meg a már ismert, és fokozatosan közép felé haladó hosszirányú tömörítési meneteket (6-53. ábra). Az utolsó menet ismét átlapolja a hosszirányú csatlakozást.

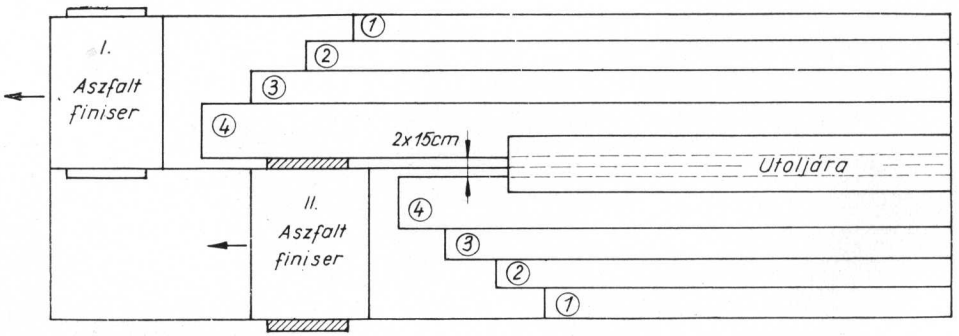
Más a helyzet akkor, ha két finiserrel teljes burkolatszélességben építünk. Ez sokkal előnyösebb megoldás, mert a hosszhézagok így forró állapotban tömöríthetők össze. A 6-54. ábra szerint a helyes hengerlés ilyenkor mindkét finiser mögött önállóan, külön megy végbe úgy, hogy középen mindkét oldalon 5...10 cm-t kihagynak a hosszcsatlakozás mellett. Az így kapott 10...20 cm széles magasabb sávot a végén külön hengerjáratokkal tömörítik a végleges szintbe. A két finiseres 4 vagy 6 hengeres géplánccal folyó kivitelezés csak nagy teljesítmények esetében, pl. autópályákon jöhet szóba. Egy finiserrel való munkánál lehetséges a finisernek a második sávra való gyakoribb átállása is.

Újabb fejlődés eredménye a hosszirányú csatlakozás melegen tartása infravörös-sugárzó *(Replaster)* révén. A 6-55. ábra szerint ilyenkor az első burkolatsáv szélét tömörítetlenül hagyják, majd közvetlenül a második sáv aszfaltjának terítése előtt felmelegítik. Ekkor a henger tökéletesen összeforrott, sima és tömör hosszcsatlakozást állíthat elő. Vigyázni kell arra, hogy a hősugárzó berendezés (pl. *Bitu-Boy*), amelyet sokszor a finiser oldalára szerelnek, a finiser megállása esetén automatikusan távolodjon el a burkolattól, hogy a burkolatot álló helyzetben ne melegítse túl. (6-56. ábra.)

6.2.3.7. Hengerlési tömörítési rendszerek és a keverőgép-teljesítmény

Mindjobban elterjednek az újabb, korszerűbb tömörítési eszközök és módszerek. Minél nagyobb teljesítményűek a keverőtelepek, annál átgondoltabban és tudatosabban kell a mérnöknek is foglalkoznia a tömörítés irányításával és ellenőrzésével.

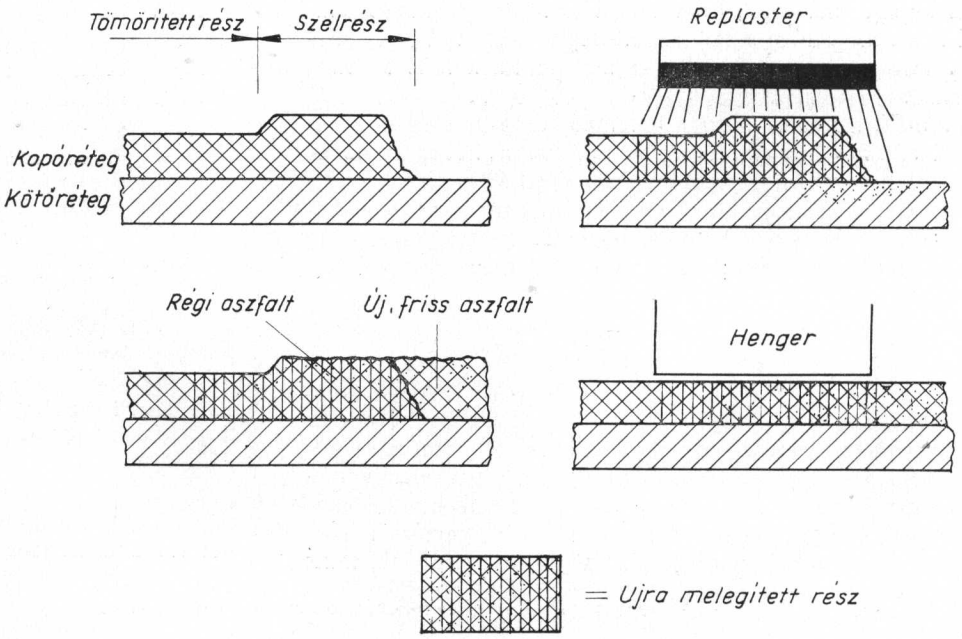
A szükséges hengermenetek száma, azok megvalósítási módja, a hengerfajták kombinációja sokféle lehetőséget kínál, műszaki és gazdasági szempontok alapján. Vegyük csak az



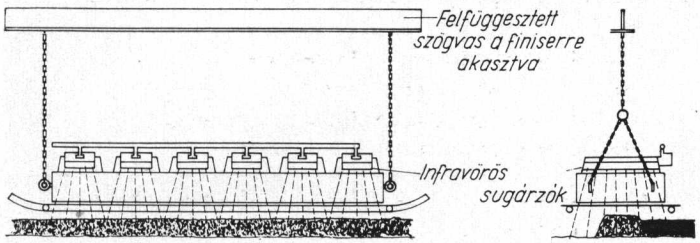
6-54. ábra. A hossz-varrat helyes hengerlése, ha a két burkolatfél egyidőben, két aszfaltfiniserrel párhuzamosan készül

6.24 kép. A hosszcsatlakozásnál a szomszédos hideg burkolatszél felmelegítése is előnyös. *(Bitu-Boy)*





6-55. ábra. A hossz-varrat korszerű kialakítási módja az első burkolatrész tömörítetlen szélsávjának infravörös sugárzó „Replaster"-rel való felmelegítése útján



6-56. *ábra.* Az infravörös sugárzókészülék felfüggesztése a finiser oldalán

általánosan szokásos alábbi becsült szükséges hengeráthaladási számokat [46, 54]:

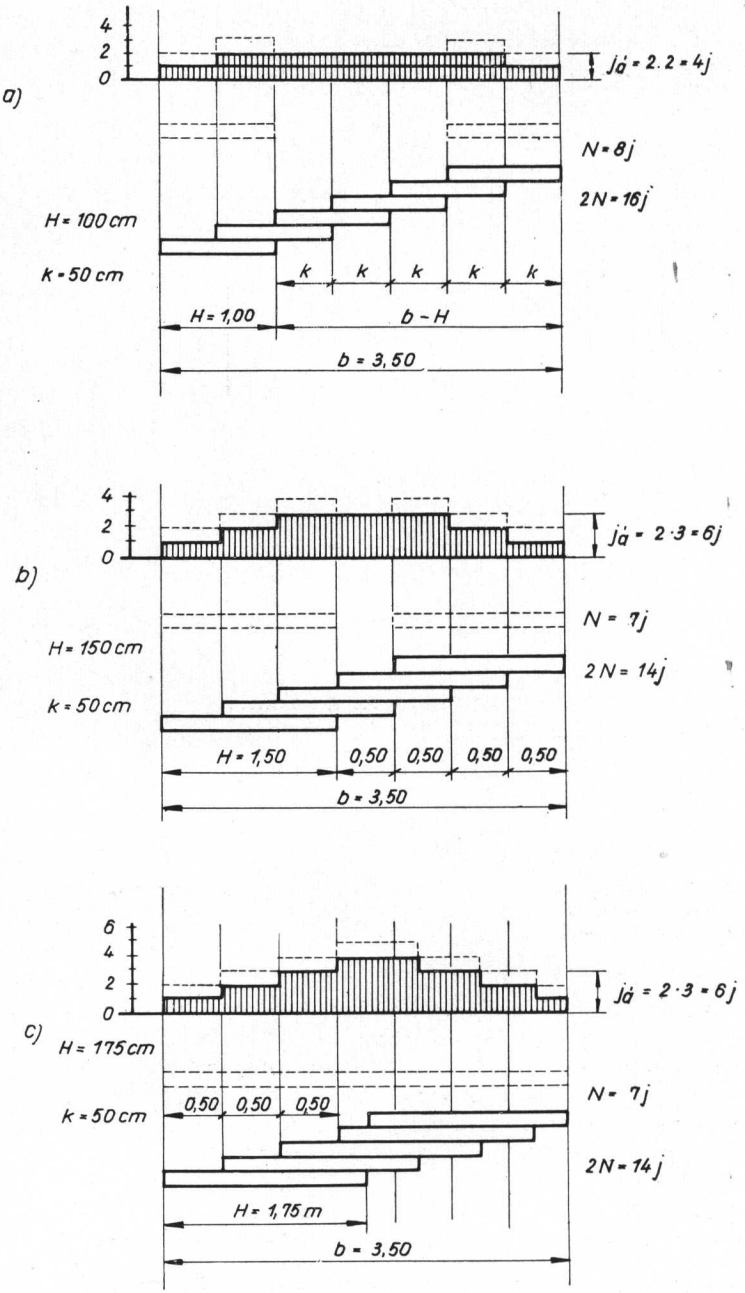
50 kp/m² aszfalt esetén (kb. 2 cm vastag):
3...4 járat,
80 kp/m² aszfalt esetén (kb. 3 cm vastag):
6...7 járat,
100...120 kp/m² aszfalt esetén (kb. 4...5 cm vastag):
8...10 járat.

Hogy valósíthatók meg ezek az áthaladási számok? Milyen áthaladási szám szükséges nagyobb vastagságok esetében? A következő vizsgálat során megkülönböztetjük az *n* vagy *N* jelölésű *hengermenetszámot*, amely a mozgó hengerre vonatkozik, és méri, hogy a két forduló közötti utat hányszor teszi meg. Megkülönböztetjük ettől a *j* vagy $j_á$ jelölésű *hengeráthaladási számot*, amely az aszfaltréteg egy sávjára vonatkozik, és megadja, hogy a henger hányszor haladt át rajta. A kérdés sokszor úgy merül fel, hogy mekkora *N* hengermenetszámmal lehet megszabni a teljes szélességben lehetőleg egyenletes $j_á$ átlagos hengeráthaladási számot, ami a tömörítő hatást jellemzi.

A 6-57. ábrában három jellemző hengerszélesség ($H = 100$ cm, $H = 150$ cm, $H = 175$ cm, azaz kis, közép és nehéz henger, ill. gumihenger esetén), $7{,}00/2 = 3{,}50$ m fél burkolatszélességgel felrajzoltuk az egymásutáni hengermenetek helyét. A $b = 3{,}50$ m tömörítendő burkolatsáv-szélességet *n* db hengermenettel lehet lefedni az ábra szerint, *k* cm sáveltolódásokkal:

$$n = 1 + \frac{b - H}{k}.$$

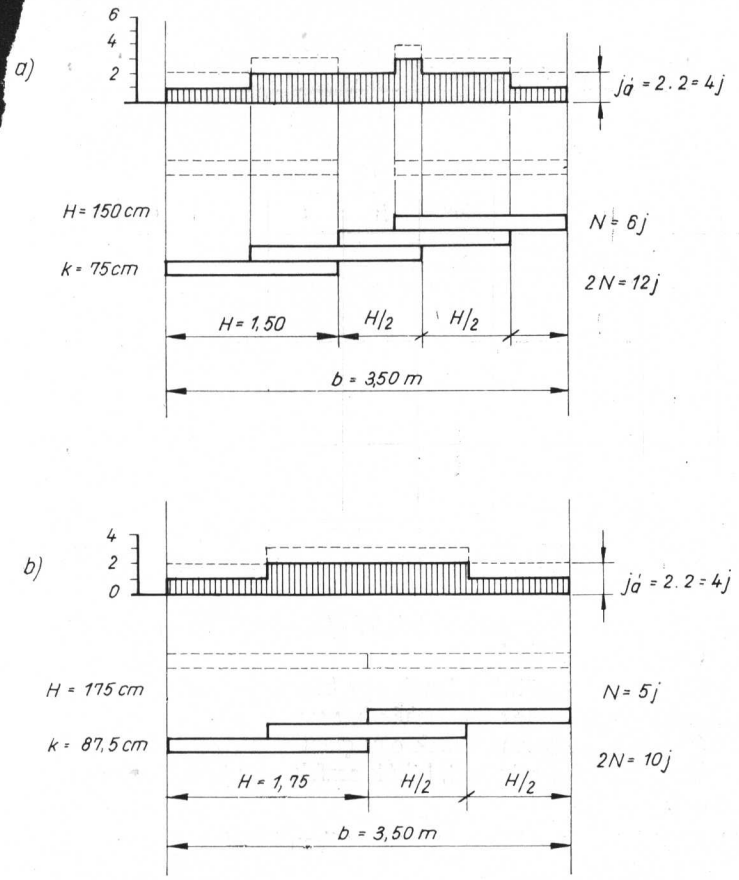
Az ábrán láthatók az egyes esetekben az átfedésekből adódó eredő hengeráthaladási számok is az egyes félméteres sávokban. A *k* sáveltolódást vagy 50 cm-re, vagy a fél hengerszélességre vettük fel. Jól látható, hogy a legtöbb kombinációban a burkolatszélességen belüli egyenletes hengerlés ellenére a középen nagyobb hengeráthaladási számok adódnak, mint a széleken. Ezért *az egyenletesebb tömörítés érdekében 2 db kiegészítő hengermenetet kell végezni a b burkolatsáv két szélén.*



6-57. *ábra.* Hengerlési átfedési sémák egy 3,50 m széles burkolatsáv tömörítése esetén; az adódó hengeráthaladási számok a két szél felé csökkennek

A 6-58. ábra jól mutatja, hogy ekkor a szükséges hengermenetek száma általában:

$$N = n + 2 = 3 + \frac{b - H}{k}.$$



6-58. ábra. Hengerlési átfedési sémák 3,50 m széles burkolatsávhoz. Két pótlólagos hengerjárat a két szélen jóval egyenletesebbé teszi a hengeráthaladási számokat a burkolat szélességében

Az átfedések miatti halmozódások után így még mindig eltérő, de mégis egyenletesebb és a széleket is jobban tömörítő munka végezhető. Miután az oda-vissza menetek alatt azonos nyomon kell maradnia a hengernek (csak a hideg aszfaltrészen válthat új nyomot), így *egyszeri* végighengerlése a *b* tömörítendő szélességnek *2n*, ill. inkább *2N* db hengermenetet jelent. A 6-58. ábra szerint a $b = 3{,}50$ m sávszélesség *egyszeri végighengerlése* az alábbi mértékadó átlagos *áthaladási járatszámokat* jelenti a teljes *b* tömörítési sávszélességre:

Könnyű henger egyszeri végighengerlése ($H = 100$ cm)

$k = 50$ cm esetén $2N = 16$ menettel,
átlagos áthaladási szám: $j_á = 2 \cdot 2 = 4$ *járat.*

Közepes henger egyszeri végighengerlése ($H = 150$ cm)

1. $k = 50$ cm esetén $2N = 14$ menettel,
   átlagos áthaladási szám: $j_á = 2 \cdot 3 = 6$ *járat;*
2. $k = H/2 = 75$ cm esetén $2N = 12$ menettel,
   átlagos áthaladási szám: $j_á = 2 \cdot 2 = 4$ *járat.*

Nehéz henger vagy *gumihenger* egyszeri végighengerlése ($H = 175$ cm)

1. $k = 50$ cm esetén $2N = 14$ menettel,
   átlagos áthaladási szám: $j_á = 2 \cdot 3 = 6$ *járat;*
2. $k = H/2 = 88$ cm esetén $2N = 10$ menettel,
   átlagos áthaladási szám: $j_á = 2 \cdot 2 = 4$ *járat.*

Adott esetben a hengerszükséglet megállapításakor ismerni kell, hogy az aszfaltfiniser előrehaladási sebessége mekkora lehet. Ha a keverőtelep gyártott aszfaltanyag-teljesítménye Q (t/h), az építendő aszfaltréteg A (kp/m²) mennyiségű [tömör vastagsága kb. $h = A/24$ (cm)], akkor b m terítési szélesség mellett az óránkénti F (m²/h) tömörítendő felület, a finiser egy órai l_{f1} (m) haladása és az átlagos sebessége, v_{fa} a következő összefüggésekből kapható meg:

$$F = \frac{1000\,Q}{A}\ (\mathrm{m^2/h}); \quad l_{f1} = \frac{F}{b}\ (\mathrm{m/h});$$

$$v_{fá} = \frac{F}{60\,b}\ (\mathrm{m/min}) = \frac{l_{f1}}{60}\ (\mathrm{m/min}).$$

Egy db könnyű, közepes, nehéz henger vagy gumihenger az 1 h alatt fektetett F m² felületet $2N$ számú menettel (az előbb meghatározott $j_á$ áthaladási számokat létrehozva), a következő t_{2N} idő alatt tudja végighengerelni:

$$t_{2N} = \frac{2N l_{f1}}{v_h}\ (\mathrm{min}),$$

ahol a hengerlési sebesség nagysága általában:

sztatikus és vibrációs henger: $v_h = 50$ m/min (3 km/h),
gumihenger: $v_h = 140$ m/min (8...9 km/h).

Ez tiszta nettó idő, amelynél *kb. 20%-kal nagyobbat kell számítani* a tisztítási, vízvételezési, fordulási stb. időveszteségek miatt.

Ha a t_{2N} idő nagy, akkor két vagy több henger között kell a munkát megosztani. A t_{2N} időt egy hengerre vonatkozóan két dolog is korlátozhatja. Nem lehet nagyobb 60 min-nál, mert az egész számítás 1 órai keverőtelep-termelésre vonatkozott. Másrészt a t_{2N} *egy hengerre* nem lehet nagyobb az aszfalt kihűlési folyamata által megszabott *hatékony tömöríthetőségi időtartamnál*, amelyet a 347. oldalon ismertünk meg, és láttuk, hogy különösen vékony rétegek esetében és hűvös, hideg időben kedvezőtlen kis érték lehet.

Jó nagyságrendi tájékoztatást ad a fenti összefüggésekről a 6-10. táblázat, amely *kis* keverőtelep (pl. Cegléd-25 típusú 20...25 t/h), *közepes* nagyságú keverőtelep (pl. AK-50 típusú 40...50 t/h-ás), és végül *nagy* keverőtelep (100...120 t/h-ás) esetén összehasonlítást ad 3 cm vastag aszfaltbeton-kopóréteg és 10 cm vastag bitumenes útalap beépítési körülményeiről. Látható, hogy a kis keverőtelepek alkalmazásakor olyan kis

6-10. táblázat. Hengerek kihasználása és időszükséglete különböző nagyságú keverőtelepek és beépítési teljesítmények esetén

Keverő-telep nagysága	Q	A	h	F	l_f	$v_á$	Könnyű henger(ek) $v=3$ km/h$=$ $=50$ m/min			Nehéz henger(ek) $v=3$ km/h- -50 m/min			Gumi henger(ek) $v=8{,}4$ km/h$=$ $=140$ m/min		
							$2N$	$j_á$	t_e	$2N$	$j_á$	t	$2N$	$j_á$	t
	t/h	kg/m²	cm	m²/h	m/h	m/min	db	db	min	db	db	min	db	db	min
Kis keverő-	20	75	3	267	76	1,27	16	4	25	14	6	22	14	6	8
telep	25	230	10	109	31	0,52	16	4	10	14	6	9	14	6	3
Közepes	40	75	3	534	153	2,55	16	4	49	14	6	43	14	6	16
keverő-	50	230	10	217	62	1,03	16	4	20	14	6	18	14	6	7
telep															
Nagy ke-	100	75	3	1330	380	6,3	16	4	120	14	6	107	14	6	38
verőtelep	120	230	10	520	149	2,5	16	4	48	14	6	42	14	6	15

átlagos finisersebességek állnak elő, hogy a finisernek gyakran kell megállnia. Folyamatos finisermunkát kopórétegek esetében csak a közepes nagyságú, a vastagabb útalapok bedolgozásakor pedig csak a nagy keverőtelepek képesek végezni.

Látható, hogy a minimálisan szükséges 10 hengeráthaladási számot (4+6), a könnyűhenger előtömörítő járataival ($2N=16$) és vagy a nehéz henger, vagy a gumihenger teljes főtömörítő járataival ($2N=14$) lehet elérni. Hengerlési szempontból a nagyobb munkát a vékony kopóréteg jelenti a jóval nagyobb tömörítendő felülettel. A vastag útalaprétegek betömörítése a vastag réteg nagy hőtartása és sokkal jobb tömörödési hajlandósága miatt könnyebb és viszonylagosan kisebb felület miatt kisebb időigénnyel jár.

A táblázatból jól látható, hogy a gumihengerek nagy sebességük (8...9 km/h) miatt előnyösen kis időszükségletet mutatnak: egy gumihenger majdnem az összes kategóriában kétszer is lehengerelheti a teljes felületet, ami $2\times6=12$ áthaladási számmal hatékony tömörítést adhat.

A sztatikus acélhengerek időigényei a kis sebesség miatt már jóval nagyobbak. Amíg a kis keverőtelep esetében két henger a normális léghőmérsékleten elég a kopóréteghez, addig közepes keverőtelep esetében már olyan nagy kihasználtsága lenne a két hengernek (49 és 43. min), hogy helyesebb harmadik hengert is beállítani. Így a $(49+43)=92$ min-os óránkénti hengerlési időszükségletet a 3 henger között megoszthatjuk, tekintve, hogy a fenti nettó hengerlési idők mellett a már említett vízvételi, tisztogatási stb. időveszteségeket is számításba kell venni.

A fenti összefüggések alapján adott teljesítmény, sőt hideg időjárásból származó lehűlés miatti korlátozott hengerlési idő alapján meg lehet tervezni, hogy milyen hengerkombinációban, mennyi henger szükséges. Általában a következő kombinációkat lehet előnyösnek tartani:

a) Kis keverőtelep esetében (pl. 25 t/h teljesítmény) 2 henger (esetleg 3) szükséges.

Elég lehet előtömörítésnek egy *könnyű henger*,
főtömörítésnek egy *nehéz henger*
(előnyös, ha harmadiknak egy *gumihenger* zárja a tömörítést, mert 100 °C alatti, kihűlt aszfalton is jó felületi zárást ad).

b) Közepes nagyságú keverőtelep esetében (50 t/h teljesítmény): 3 henger szükséges.

Kopóréteg esetében:

Előtömörítéshez egy *könnyű henger*.

Főtömörítéshez először egy *közepes—nehéz henger*, végül egy *gumihenger*, amely alacsonyabb hőmérsékleten is zárt felületet ad.

Vastag útalap beépítése esetén elég lehet 2 henger,

vagy: egy *közepes henger* és
egy *vibrációs közepes henger*,

vagy: egy *közepes henger* és
egy *gumihenger*.

c) Nagy teljesítményű keverőtelep (100...150 t/h teljesítmény)

Kopóréteg esetében:

Teljes kihasználás esetén feltétlen két finisert is alkalmaznak hosszirányban eltolva, tehát teljes szélességben építik a burkolatot (autópálya). Ekkor finiserenként 3 henger (összesen 6 db) szükséges, az előző *b)* pont szerinti összeállításban.

Vastag útalap készítése során: 3 henger szükséges.

Előtömörítéshez: egy *gumihenger*, amely a „hot and dry" elv szerint forró abroncsokkal a finiser közelében végez

előtömörítést, nagy sebessége miatt jól győzi az ütemet.

Főtömörítéskor: *két nehéz henger* vagy egy nehéz henger és egy közepes vibrációs henger.

A hengerek kombinálása, sorrendje nemzetközileg nem alakult ki, nagyon sok eltérő sorrendet és elrendezést alkalmaznak. A fenti ajánlások a legjobb tapasztalatokat és a hengerfajták előnyös tulajdonságainak kihasználását igyekeznek megvalósítani.

6.2.3.8. A beépített aszfaltkeverék tömörségének ellenőrzése és létrehozása

A tömörítés értékelését a kész burkolatból magmintafúrógéppel kifúrt 15 cm átmérőjű *mintahenger* ellenőrzésével végezzük. A mintahengert kivéve, azt az egyes rétegekre (kopóréteg, kötőréteg, bitumenes útalap) szétfűrészeljük. Az egyes rétegekről a laza részeket leválasztjuk, letisztítjuk, majd a 237. oldalon már tárgyalt módokon (vízbemerítéssel, súlyméréssel) megállapítjuk az aszfaltréteg s_a (g/cm³) térfogatsúlyát. Ettől függetlenül ismert az illető aszfaltanyag 50...50 ütéssel tömörített Marshall-próbatestének s_{aM} (g/cm³) térfogatsúlya. Ezt vagy az aszfalttervezés és gyártáselőkészítésből, vagy pedig a keverőtelep helyszíni laboratóriumában rendszeres időközökben szabályos módon elkészített Marshall-próbatestek mérése alapján ismertnek vehetjük. A Marshall-tömörség tehát, amit ellenőriznünk kell (6-59. ábra):

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

Legtöbb államban (Nyugat-Németország, NDK, Csehszlovákia) a tömörség minimális előírt értéke:

$$T_{rM} \geqq 97\%.$$

Ezt az értéket azonban a gyakorlatban jó tömörítéssel lényegesen felül lehet múlni, és akár 100% feletti Marshall-tömörséget is el lehet érni. A 100% Marshall-tömörség esetében a pályában fekvő aszfaltnak nemcsak a térfogatsúlya azonos a szabványosan tömörített próbatesttel, hanem a h% szabad hézag is akkora, mint a hasonló anyagú próbatestben. Ha a beépített aszfalt 100-nál kisebb tömörségű, akkor:

$$\Delta h \text{ térf.}\% = (100 - T_{rM})$$

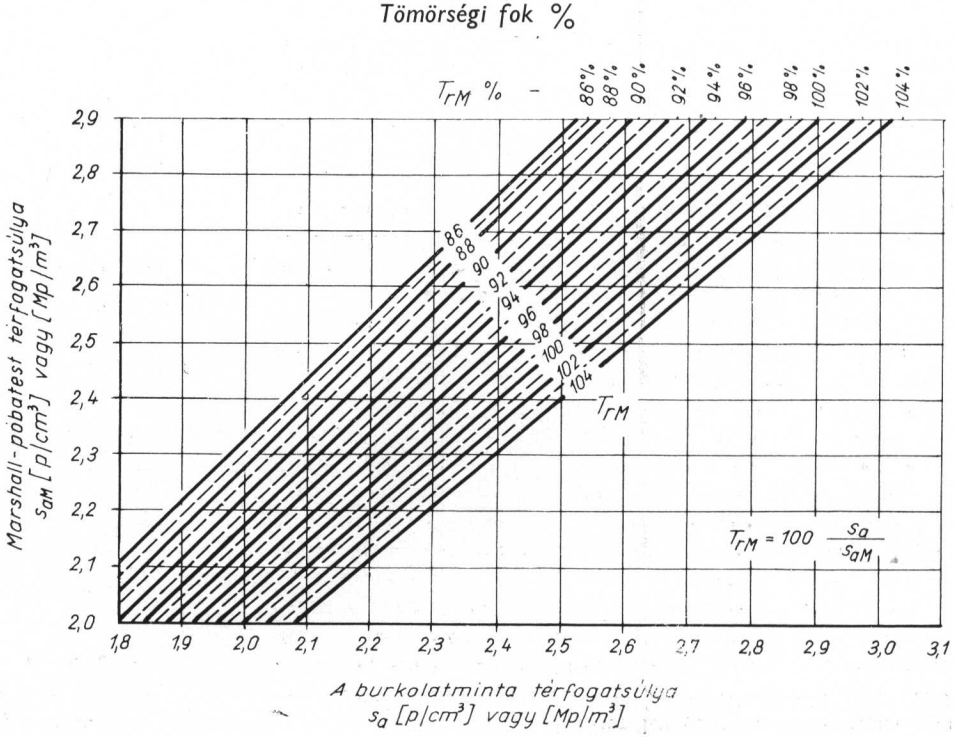
értékkel nagyobb szabad hézag van benne, mint a megfelelő Marshall-próbatestben. Így tehát a 97%-os Marshall-tömörség 100...97 = 3%-os növekedést jelent, ami a Marshall-test eredeti, pl. 2%-os szabad hézagához hozzáadódva, 2 + 3 = = 5% = h% szabad hézagot jelent a burkolatban.

Ha tehát a valóságban azt a szabad hézagot akarjuk megkapni, amit az aszfalttervezés során a Marshall-vizsgálat módszere alapján megszabtunk, és a valóságos bitumenadagolás és a szemeloszlás ennek megfelelő, akkor a

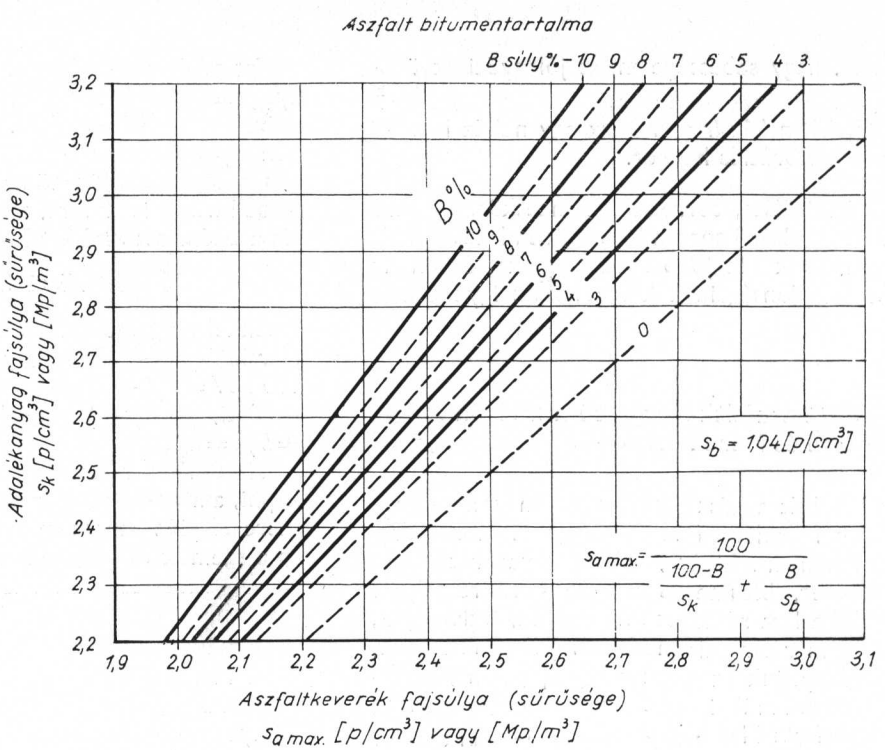
$$T_{rM} = 100\%$$

tömörséget kell megvalósítanunk.

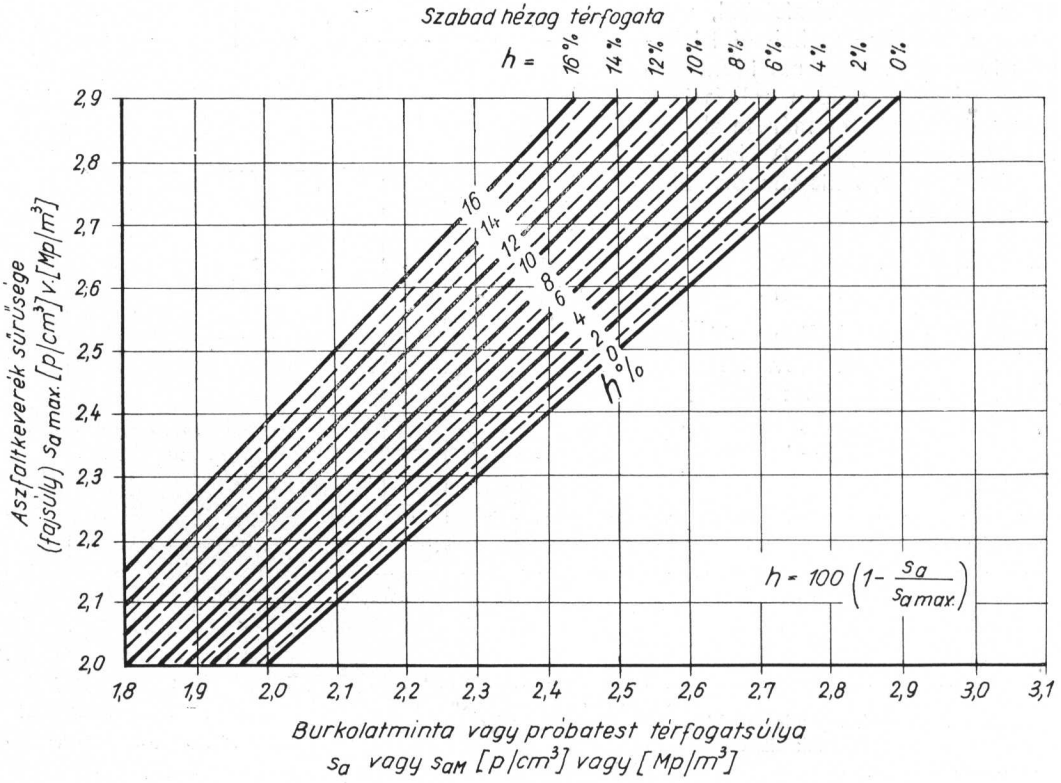
A Marshall-tömörség szerinti ellenőrzés nagy előnye az egyszerűség, az egyértelmű megállapítási mód, valamint az előnyös közvetlen összefüggés a Δh% szabad hézag növeke-



6-59. ábra. A behengerelt aszfaltanyag Marshall-tömörségi fokának alakulását mutató diagram



6-60. *ábra.* Az aszfaltkeverék fajsúlyát (h=0) meghatározó diagram



6-61. *ábra.* Az aszfaltminta h% szabad hézagtartalmát meghatározó diagram

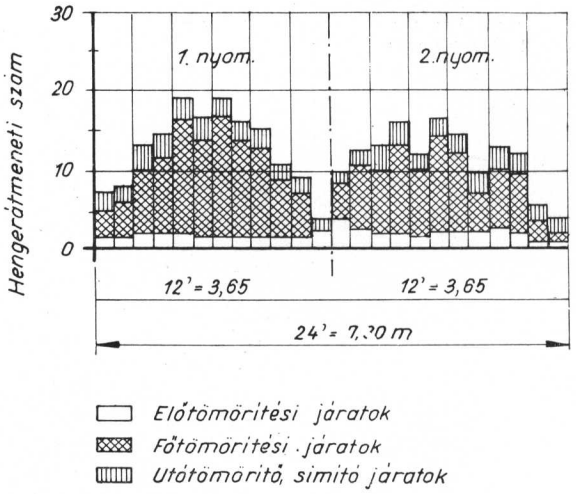
déssel. Az egyszerűség főleg abban mutatkozik, hogy számos próbatest fúrása esetén viszonylag gyorsan és egyszerűen mehet végbe az egyes rétegek szétválasztása után s_a aszfalttérfogatsúlyának megállapítása. Ebből a relatív Marshall-tömörség közvetlenül számítható.*

Több államban a bitumentartalmat csak a keverőgép mellett ellenőrzik folyamatosan (pl. ellenőrzőkártyás módszerrel), és a kész burkolatból kifúrt magminták már csak a vastagság és a tömörség ellenőrzésére valók, utólagos extrakció már nincs. A Marshall-próbatesthez viszonyított tömörség azonban ekkor is megállapítható.

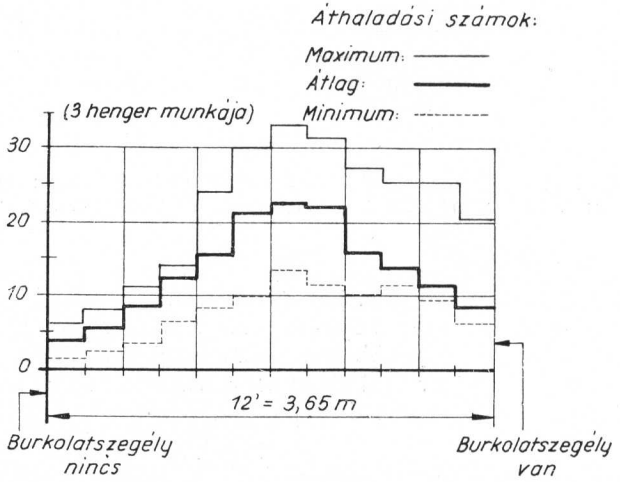
Megjegyezzük, hogy ha a bitumentartalom $B\%$ jó közelítő értékét ismerjük vagy feltételezhetjük, akkor a kifúrt burkolatminták tömörségét szintén jellemző $h\%$ szabad hézag nagyságát meg tudjuk állapítani. A 163. oldali számításokat felhasználva akkor először a 6-60. ábrán látható diagramot vagy képletet használva először a $h = 0$, hézagot nem tartalmazó aszfaltsűrűség $s_{a\,max}$ (g/cm³) értékét állapítjuk meg az adalékanyag sűrűségét (s_k) és a bitumentartalmat ($B\%$) ismerve. A kivett burkolatminta térfogatsúlyát (s_a) megmérjük. Ezután a 6-61. ábrán látható diagram vagy képlet segítségével az előbb megismert $s_{a\,max}$ és az s_a értékekből összemetszéssel az aszfaltminta, a burkolat keresett h térf.% teljes szabad hézagtartalma megállapítható.

[Pl. $s_k = 2{,}80$ t/m³ sűrűségű bazalt adalék esetén az aszfalt sűrűsége $B = 6\%$ bitumentartalom mellett a 6-60. ábra szerint $s_{a\,max} = 2{,}55$ (t/m³). A hengerlés után az aszfaltminta mért térfogatsúlya 2,38 (t/m³) volt, így a 6-61. ábra grafikonján az $s_a = 2{,}38$ és az $s_{a\,max} = 2{,}55$ koordináták vonalainak metszéspontján a $h = 7\%$ teljes szabad hézag nagyságot olvashatjuk le. [32]

Nem mindegy viszont, hogy a tömörséget a burkolat melyik részén mérjük, a magmintát hol fúrjuk meg, a tömörség ugyanis a tapasztalat szerint azért is erősen ingadozik, mert a hengerjáratok száma mind keresztirányban, mind hosszirányban a gyakorlatban erősen ingadozik. Érdekesek erre vonatkozólag az *American Road Builder Association* tapasztalatai [24, 44, 54] amelyeket számos szokásosan dolgozó amerikai munkahely hengerléseinek befolyásolatlan megfigyeléseivel szereztek. Jellemző példa a 6-62. ábra, amelyen egy 7,50 m széles, két finiserrel, két sávban terített és tömörített burkolaton a hengerátmenetek számának keresztirányú megoszlása látható. Jól látható, hogy 4 menet és 20 menet között változnak szabálytalanul keresztirányban a menetszámok, a széleken alacsonyak, a beépítési sávok közepén pedig magasak. A keresztirányú eltérések oka részben természetes (a régebbi 6-56. ábránál mondottakat), részben



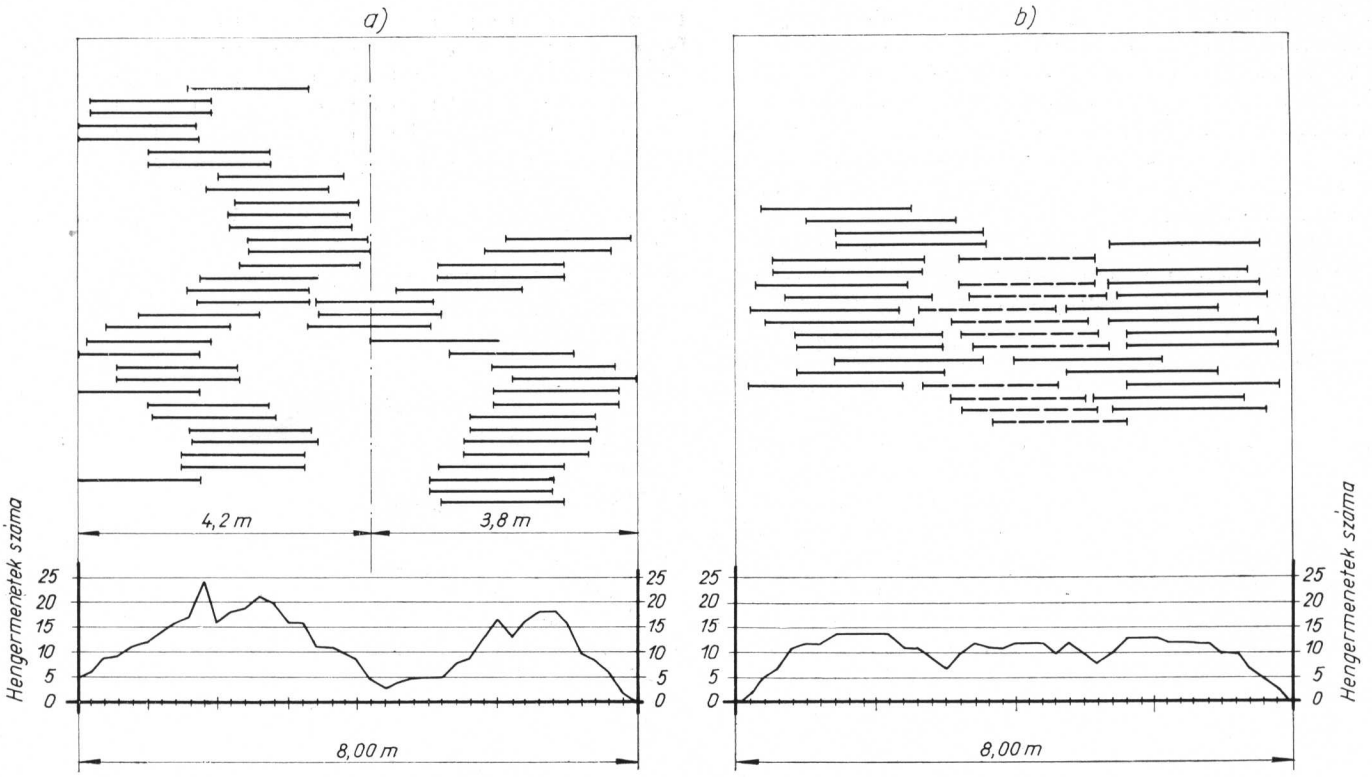
6-62. *ábra.* A hengerátmeneti számok keresztirányú eloszlása egy két nyomsávban megépített úton (amerikai befolyásolás nélküli megfigyelés, *Laing* [44])



6-63. *ábra.* A hengerátmeneti számok hosszirányú (úttengely irányú) elosztásának szélső és átlagértékei (amerikai befolyásolás nélküli megfigyelés, *Laing* [44])

abból is adódik, hogy a hengergépészek nem szeretnek a burkolat szélén járni. A 6-63. ábrán a hengeráthaladási számok *hosszirányú* eloszlását látjuk, amely szabálytalan állásokból, vízvételezésekből stb. adódik, de a különbség sokkal nagyobb a terítési, tömörítési sáv közepén (10 és 30 járat között ingadozik), kisebb a sáv szélén (1 és 6 járat között ingadozik). Hasonló tapasztalatot közölt Franciaországból *Jeoffroy* [27]: a 6-64. ábrában rossz példaképpen egy Orange melletti 8 m széles burkolat esetén 3 és 24 közötti hengerátmeneti szá-

* A 166. oldalon ismertetett, és nálunk régebben általánosan használt $T_{rk}\%$ relatív *kőváztömörség* annyival kevésbé egyszerű, hogy csakis bitumenextrakció, és a $B\%$ bitumentartalom megállapítása után határozható meg, gyorsabb munkahelyi ellenőrzésre tehát nem alkalmazható, amellett a hézagtartalommal összefüggése nincs.



6-64. ábra. Hengerátmenetek eloszlása francia mérések szerint: *a)* Orang-i mérés: 2 finiser, mögötte 1—1 gumihenger; *b)* Autoroute du Nord: 2 finiser, mögötte 3 párhuzamosan dolgozó gumihenger (*Jeoffroy* [27])

mok egyenlőtlen eloszlásban jelentkeztek, míg jó példaképpen az Autoroute du Nord építése során a *b* ábrarészen láthatóan sokkal egyenletesebb hengerátmeneteket nyújtottak azzal, hogy a két finiser által elterített aszfaltot nem két, hanem három párhuzamosan dolgozó gumihengerrel tömörítették.

Hazai viszonyainkra alkalmazva a problémát, valószínű, hogy a *fenti hengerlési egyenetlenségek nálunk is jelentkeznek*, ezért az egyenletes tömörségek érdekében biztosítani kell, hogy a 6-56...6-57. ábrák kapcsán a 354. oldalon említett *pótlólagos szélső kétoldali hengerátmeneteket* feltétlenül elvégezzék, és a hengerek végig hosszirányban is egyenletes munkát végezzenek. Ezzel a fenti nagy egyenlőtlenségek jelentősen csökkennek.

Mindenesetre az aszfaltburkolat valóságos tömörsége korántsem lineárisan arányos a hengerátmeneti számokkal. Ugyanis az első 6...8...10 hengerátmenet tömörítő hatása lényeges, utána a további menetek hatékonysága már csak töredék. Ezért a túl sok középső hengerlés káros, míg a szélső 10 alatti hengerjáratok tömörítetlenséget hagyhatnak hátra.

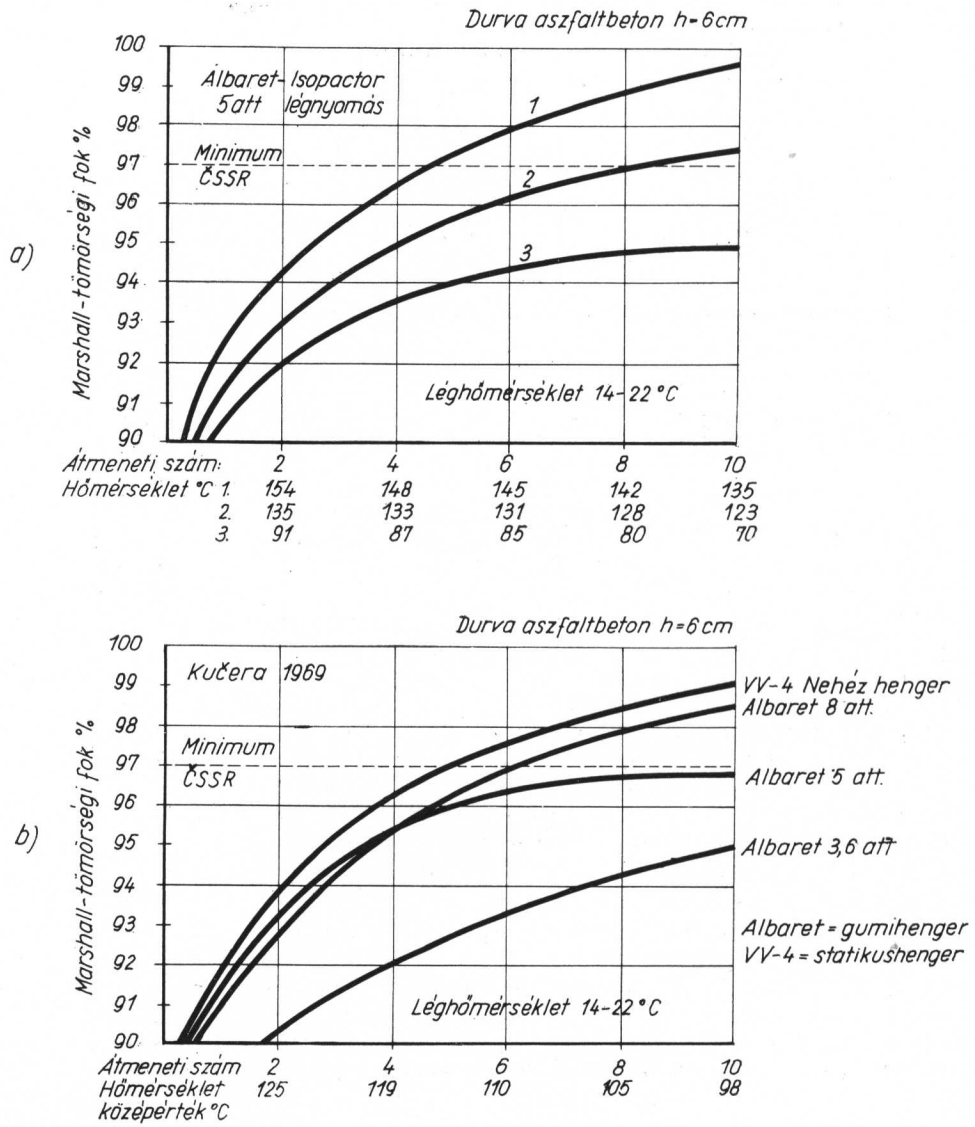
A hengerátmeneti számok és a Marshall-tömörség közötti összefüggést egy sor hengerfajta esetén, különböző aszfalthőmérsékleteken *csehszlovák kísérletek* alapján [14] a 6-65. ábrán látjuk grafikusan. Az előírt 97% feletti Marshall-tömörség 8...10 járat után jól létrehozható, az ezután tovább növekedő járatok a görbék ellaposodásából láthatóan már csak keveset növelik tovább a tömörség nagyságát. Ebből az ábrából is jól látható, hogy kielégítő jó tömörítést gumihengerrel csak a magas 7...8 at nagynyomású gumiabroncsokkal lehet elérni, 3...5 at abroncsnyomással nem lehet eredményesen tömöríteni.

A tömörség munkahelyi gyors, roncsolásmentes megállapítására nagy jelentőségük van a különböző típusú *izotópos tömörségvizsgáló műszereknek*. Ezek aszfaltburkolatok tömörségének megállapítására még csak kísérleti alkalmazásban vannak, több államban azonban már jelentős eredményeket értek el velük. Nem kétséges, hogy néhány év múlva ezek a műszerek előtérbe kerülnek, mert a tömörségvizsgálatot a *hengerlés alatt* is lehetővé teszik.

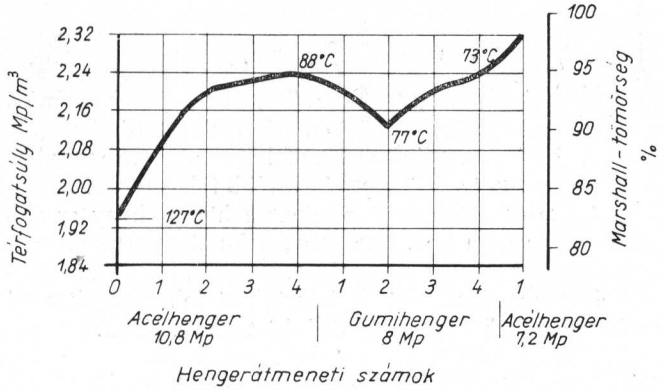
Az USA-ban kétféle műszert fejlesztenek ki: a *sugárvisszaverésen* alapuló műszer kb. 5 cm vastag rétegig alkalmazható,

annak aljáról verődik vissza a sugár, és minél erősebb a visszavert sugár, annál kisebb a tömörség. Az 5 cm-nél nagyobb, kb. 30 cm vastagságig alkalmazható a *direktsugárzású* műszertípus. Itt szondát kell a vizsgálandó mélységbe juttatni, amelyben vagy a vevő, vagy a sugárzó izotóp van. A vevő a sugarakat közvetlen úton fogadja, ezek annál erősebbek, minél kisebb a tömörség. A műszer tapasztalati úton készült kalibráló skálával dolgozik [44].

Jellemző és érdekes diagramot közlünk a 6-66. ábrán, ahol a tömörség változását látjuk három egymás után dolgozó hengertípus esetében. A tömörséget ugyanazon a helyen izotópos tömörségmérő műszerrel mérték (az USA-ban [44]). Jellemző, hogy a tömörítés döntő része az első hengermenetekre koncentrálódik. Sőt, a nem magas nyomású gumihenger az első járatok közben még ront is a tömörségen, mert gyúró hatása miatt kissé lazít a felületen. Később azonban teljesen zárttá teszi a felületet, és tovább fokozza a tömörséget. Az ismertetett tömörítés jelentős hibája, hogy az előtömörítés már nem volt hatékony, a gumihenger abroncsnyomása pedig nem volt elég magas. Látható, hogy az izotópszonda értékes ellenőrzési és korrigálási lehetőségeket ad az aszfaltrétegek korszerű tömörítési technikájában.



6-65. *ábra*. A tömörség növekedése a hengeráthaladási számok 8...10 fölé való emelkedése után már csak kismértékű. Gumihengernél a nagy nyomású abroncs (8 at) a hatékony (Csehszlovák mérések [14])



6-66. ábra. Izotópos tömörségvizsgálóval mért tömörségváltozási (növekedési) görbe, a hengerlés alatt felvéve, három különböző henger egymásutáni munkája alatt. Amerikai mérés [44]. (A hengerlési hőmérsékletek túl alacsonyak.)

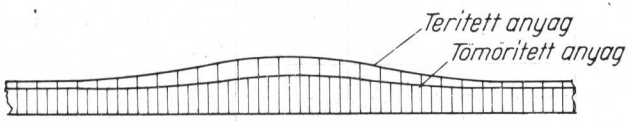
6.2.3.9. Az aszfaltbeton-burkolat felületi egyenletességének megvalósítása az építés alatt

A burkolatok felületi egyenletességének, hullámosságának vagy kielégítően hullámmentes voltának mérését és megítélési módjait már az 1.3. fejezetben láttuk, és tudjuk azt is, hogy a felületi egyenletesség nemcsak utazáskényelmi szempontból fontos, hanem a forgalombiztonság, valamint a közlekedésüzemi költségek (üzemanyag-fogyasztás, járműelhasználódás) miatt is lényeges követelmény.

Az eddigi építési, technológiai kérdések tárgyalásán belül is voltak a hullámosság alakulásával kapcsolatos részletek. A kérdés fontossága miatt azonban összefüggően látnunk kell, milyen hatások idézik elő a felületi hibákat, hullámokat, és hogy előzhetjük meg azokat.

A magassági hullámok a burkolatokon a következő fő okok miatt keletkezhetnek, és megelőzésüket a következő módokon lehet megvalósítani [35].

1. Egyenletes burkolatalap esetén a 6-67. ábra szerint hullámok keletkezhetnek a burkolaton a finiser terítőpallójának állandó, szakszerűtlen állítgatása miatt (ezért a terítőpalló magasságát csak ritkán állítsuk át), valamint az aszfaltanyag egyenlőtlen tömörödése miatt. Utóbbi esetben dom-

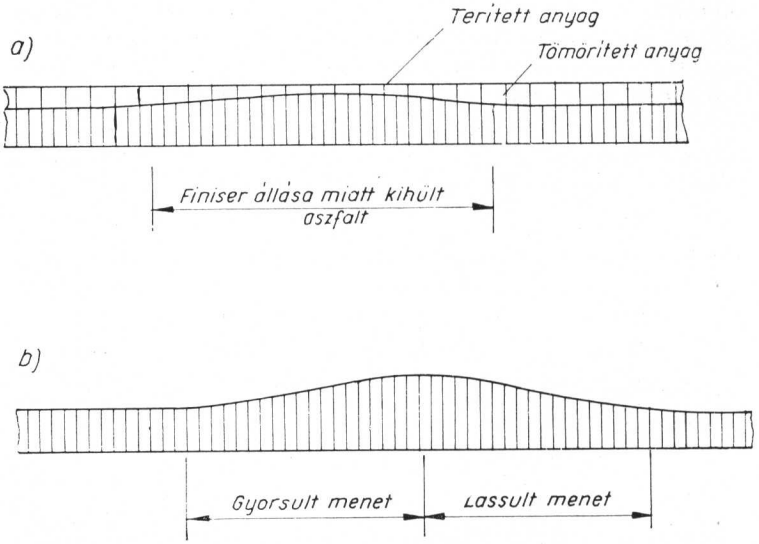


6-67. ábra. Felületi hullámokat okoz a terítőgép elosztópallójának indokolatlan magassági állítása vagy elállítódása, hibátlan alap esetén is

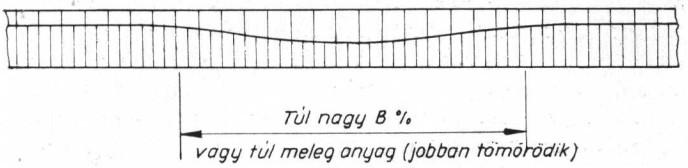
ború hullám adódik (6-68. ábra), ha a finiser állása vagy más ok miatt az elterített aszfalt egy része kihűlt hengerlés előtt, s az már nem tömörödik később úgy, mint a többi rész. Homorú hullám adódik, ha a 6-69. ábra szerint az aszfaltkeverék nem egyenletes, hanem pl. nagy bitumentartalmú vagy jóval melegebb mint a többi keverék, és így a többi aszfaltanyagnál könnyebben, hamarabb tömörödik. Ugyancsak hullámot, rétegvastagság-változást okoz úszó terítőgerendás finiser esetében az, ha a finiser haladási sebessége vagy az aszfalt sűrűsége változik (6-68*b* ábra).

Ezért a keverőtelep munkája egyenletes legyen, és főleg olyan teljesítményű, hogy az aszfaltfiniser viszonylag keveset álljon anyaghiány miatt. Előnyös a keverőtelepen a *nagyméretű hőszigetelt aszfalttároló bunker*, amely az aszfaltfiniser folyamatosabb munkáját elősegíti.

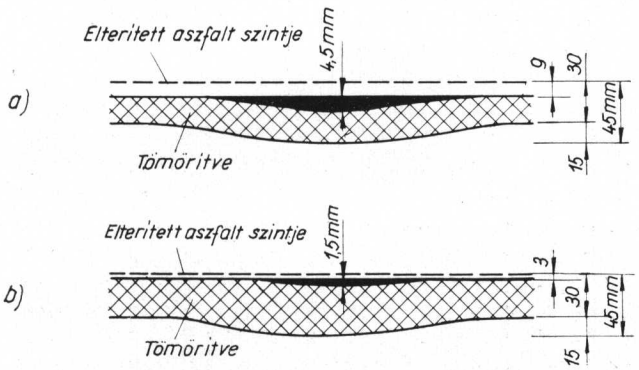
2. A burkolatalap egyenetlenségeit a terítőgépek általában jelentősen csökkentik a burkolat felületén. Ilyen szempontból az ún. „úszó terítőpalló" elvén működő finiserek előnyösebbek, mint a fix magasságú terítőpallós finiserek (6-27...6-28. ábra). Különösen jól kiegyenlítik az alap egyenetlenségeit az automatikus beállítású, elektronikusan vezérelt (tapogatós) finiserek. Ezt az előnyt azonban csak akkor lehet jól kihasználni, ha a finiser elég nagy *előtömörítő* hatású min 90...93% Marshall-tömörség értékig. A 6-70. ábrán látjuk, hogy egy régi típusú aszfaltterítőgép, amely csak kb. 70%-ra tömörít elő, egy 15 mm-es útalap-hullámvölgy-hibát csak 5 mm-re tudja csökkenteni (mivel a henger kb. 30%-os tömörítést végez). Az ábra *b)* részén pedig az látható, hogy egy



6-68 ábra. a) Domború hullám keletkezik a finiser megállása esetén, ha az aszfalt a gépnél kihül, s már nem lehet jól tömöríteni *b)* Úszó terítőgerendás finiser esetén a haladási sebesség változása, ingadozása, az aszfalt sűrűségének, B%-ának változása is hullámokat okoz



6-69. *ábra.* Homorú hullám keletkezik, ha egy szakaszon az egyenlőtlen minőségű aszfalt könnyebben tömörödik, pl. a nagyobb bitumentartalom vagy helyileg túl meleg aszfalt esetén



6-70. *ábra.* Az alsó rétegen meglevő pl. 15 mm-es homorú mélyedést kis finiser-előtömörítés esetén 5 mm-re, amíg nagy finiser-előtömörítés esetén 1,5 mm-re lehet csökkenteni

korszerű 90%-ra előtömörítő aszfaltfiniser esetén az alap 15 mm-es hibája a burkolat felületén már csak 1,5 mm-es értékben jelentkezik, mert a hengeres tömörítés már csak kb. 10%-ot változtat az aszfalt rétegvastagságán.

3. Jelentős hullámképződési lehetőség léphet fel a hengerlés közben, különösen, ha a finiser előtömörítő munkája nem nagy. Ezért törekedni kell a hullámmentesség érdekében arra, hogy:

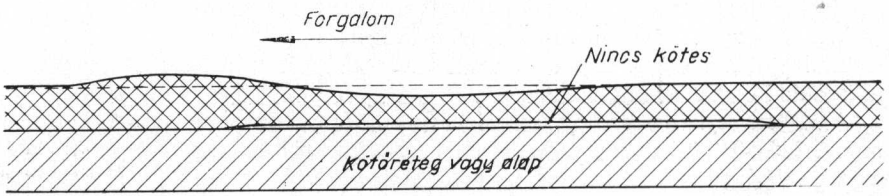
— a hengerátmenetek száma egyenletesen oszoljon meg, vagyis a finiserrel elterített sávok közepe ne kapjon több tömörítési munkát a sáv két szélének terhére,
— a hengermenetek oda-vissza azonos nyomon menjenek, s nyomváltás csak a már kihűlt aszfalton menjen végbe,
— a hengermenetek a két (vagy három) henger között is szabályosan oszoljanak meg, hogy hosszirányban is egyenletes legyen a tömörítés,
— a meleg, tömörítetlen aszfalt felé a henger a meghajtott kerekével közeledjen (6-47. ábra),
— a hengerek zökkenés és megállás nélkül váltsanak irányt, és a vibrotagot előtte ki kell kapcsolni.

4. Nagy felületi hibák, erős hullámok alakulnak ki akkor, ha a kopóréteg nem köt a kötőréteghez, ill. általában az aszfaltburkolat az alaphoz. A 6-71. ábra szerint ekkor részben a henger tömörítés közben, részben a fogalom hatása elvékonyítja, ill. összetorlasztja az aszfaltburkolatot, és kellemetlen hullámok, sőt burkolatszakadások keletkeznek. A rétegek hiányos kötésének oka sokszor az, hogy az építési forgalom elszennyezte vagy megkoptatta az alsó réteg felületét. Durva építési hibaként a rétegek között bennmaradt agyagos, sáros film a csúszást csak elősegíti, és hullámképződéshez vezet. Ha hideg kötőrétegre vagy alapra kerül az aszfaltréteg, a kötés akkor sem lesz megfelelő, különösen, ha lassú az előtömörítés üteme. Ilyenkor különösen előnyös és fontos a bitumen emulzióval való előzetes permetezés (kb. 0,3 kp/m² mennyiségű bitumennel, azaz 0,6 kp/m² emulzióval), hogy az új réteg a hideg alaphoz is jól leragadjon. (Az emulzió itt azért előnyös, mert igen kis bitumenmennyiséget lehet vele egyenletesen szétpermetezni.)

5. A hosszirányú csatlakozások és főleg a keresztcsatlakozások hengerlésének a 351. oldalon részletezett módszereit be kell tartani, még munkatöbblet esetén is, a csatlakozások elnagyolt kivitelezése később felületi egyenetlenségként jelentkezik, mind kereszt, mind hosszirányban.

6. A forgalom hatásának sem szabad mutatkoznia aszfaltbeton-burkolatok egyenlőtlen utántömörödésében. Ha ez a jól és gondosan kivitelezett aszfaltbeton-burkolaton mégis kialakul, akkor ennek oka az alaprétegben, esetleg a védőrétegben, földmunkában kereshető. Ezért nehéz terhelésű utakon a hullámmentes, egyenletes felület érdekében az alaprétegek *hézagszegény* felépítésűek legyenek. A bitumenes útalap szabad hézaga ne legyen nagy, ugyanakkor a stabilitása nagy legyen; esetleges zúzottkő alap hézagait teljesen ki kell tölteni. A védőréteg szemeloszlása ne csak a fagyvédelemnek, hanem a jó tömöríthetőségnek is lehetőséget adjon.

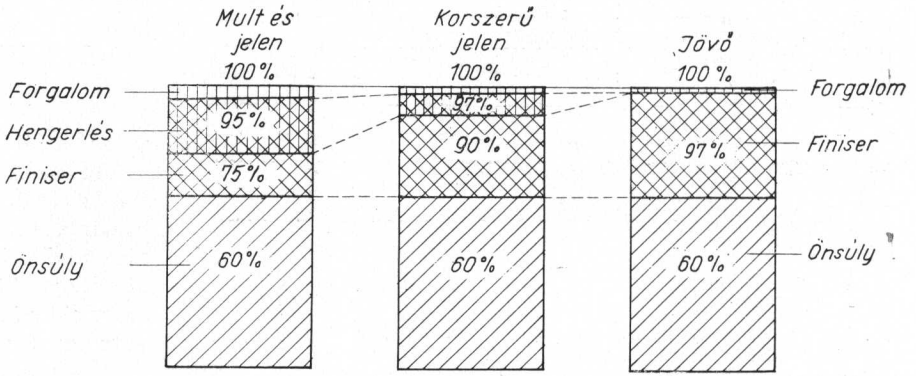
Az aszfaltburkolatok felületi egyenletességének jelentős javulása az eddigi hagyományos módszerek mellett az *auto-*



6-71. *ábra.* Burkolatelvékonyodás, feltorlódás és erős hullámképződés az eredménye, ha a kopó- és kötőréteg között szennyezett vagy hideg felület miatt hiányzik egy szakaszon a kötés

matikus magasságbeállító és hatékonyan előtömörítő aszfaltfiniserek munkába állítása révén lesz megoldható. Jó összehasonlítást ad erre vonatkozóan a 6-72. ábra, amelyben az *a)* részen a hagyományos típusú aszfaltterítőgépek esetén mutatja az aszfaltanyag tömörödésének a tényezőit a Marshall-tömörség függvényében: önsúly hatására 65%-ra, a terítőgépé után 75%-ra, a hengerlés hatására: 75%-tól 97%-ig (ennek azonban hátránya a hengerlési munkaigényén kívül a jelentős hullámossági lehetőség), végül a forgalom hatása 97%-tól 100% körüli értékig tömörödik az aszfaltréteg. Az igen nehéz forgalom hatására a Marshall-féle próbatesthez viszonyított tömörség 100% fölé is emelkedhet.

A nagy előtömörítést nyújtó aszfaltfiniserek nagyobb végső tömörségi értéket adnak. Korszerű fajtáik 90...93%-ig emelik a tömörséget. A hengerlés munkaszükséglete és hibalehetősége itt már kisebb, 93...97% közötti fokozásra van csak szükség (6-72*b.* ábra). A jövő évtized várható fejlődése az aszfaltbeton-burkolat esetében is olyan irányban halad, hogy az aszfaltfiniser tömörítő hatásának további fokozásával már teljes tömörséget adjon, és az emberi befolyás esetlegességét elkerülhetetlenül magával hozó hengerlés hátrányait és szükségességét messzemenően lecsökkenti, megszünteti. Ez a fejlődés valósítja meg majd egyúttal legjobban az aszfaltbeton-burkolatok hullámmentességét, nagy felületi egyenletességét.



6-72. ábra. Az aszfaltburkolatok 100%-os tömörségének megoszlása az összsúly, finiser, hengerlés és forgalom között a múltban és a jövőben. A tendencia: a teljes tömörítést a finiser végezze, ez ad majd legjobb felületű burkolatot

6.3. ÖNTÖTTASZFALT-BURKOLATOK ÉPÍTÉSE

6.3.1. Öntöttaszfalt-burkolatok fajtái és anyagai

6.3.1.1. Az öntöttaszfalt-burkolatok jellemzése

Az öntöttaszfalt-burkolat értékes, nagy forgalombírású, nagy élettartamú, különösen vízzáró kopóréteg, amely az aszfaltbetonokkal egyenértékű, sőt annál ellenállóképesebb és tartósabb, ugyanakkor drágább. Alkalmazása elsősorban városokban terjedt el. Az utolsó évtizedben azonban több államban a legnehezebb forgalmú autópályák, nagyforgalmú külső útszakaszok burkolataként is alkalmazzák. Hazánkban a városokban régóta elterjedt és jól bevált burkolatfajta, amelynek alkalmazása az utóbbi évtizedben jelentősen fokozódott. Korszerűségét, alkalmazási lehetőségeit és tulajdonságait legjobban akkor látjuk, ha azokat az aszfaltbeton-burkolatokkal összehasonlítva ismertetjük.

Amíg az aszfaltbeton összetételét $B = 6...8\%$ középkemény, NB-90 jelű bitumen, 8...12% mészkőliszt-töltőanyag és 50...60% zúzalék alkotja a homokfrakción kívül, addig:

az *öntött aszfaltra* több és keményebb kötőanyag kb. 8...9,5% NB-30 jelű bitumen, nagyobb mennyiségű: 22...25% körüli mészkőliszt-töltőanyag a jellemző. Így a 30...35%-nyi aszfalthabarcs mellett a zúzalék mennyisége viszonylag kisebb, 35...45% körüli, a homokfrakción kívül.

Amíg az aszfaltbeton ún. hézagszegény burkolat, — azaz az ásványi váz hézagait a bitumen nem tölti ki egészen, hanem kb. $h = 1...5\%$ szabad hézag marad benne — és az elterítés után hatékony hengerléses tömörítéssel kell elérni a még 130...150 °C hőmérsékletű aszfaltanyag tömör állapotát, addig:

az *öntött aszfaltban* semmi szabad hézag nincs ($h = 0$). A nagy aszfalthabarcs-tartalom a 220...240 °C hőmérsékleten az egész anyagot önthetővé, kenhetővé teszi úgy, hogy azt kézi vagy gépi beépítés, elterítés után már nem kell tömöríteni és kihűlve teljesen tömör, vízzáró, stabil és forgalombíró kopóréteget képez.

Amíg az aszfaltbeton esetében keverőtelepen gyártott aszfaltanyagot közönséges tehergépkocsikon vagy dömpereken szállítják ki a beépítéshez, addig

az öntött aszfaltot nemcsak keverik, hanem olajtüzelésű, fűtött keverőtérben hosszabb ideig főzik, emellett a hely-

színre ugyancsak állandó fűtést és általában keverést is biztosító masztikátorban, azaz tűzkocsiban szállíthatják.

Az előbbiekben tárgyalt különbségek miatt az öntött aszfalt következő *előnyeit* sorolhatjuk fel az aszfaltbetonokkal szemben.

a) Az öntött aszfaltot nem kell tömöríteni hengerekkel. Ezáltal nem csak a hengerlés közben előfordulható hibalehetőség marad el, hanem főleg városi utakon, tereken, csomópontokban bármilyen helyszínrajzú határoláshoz, járdaszigethez vagy szerelvényhez könnyen alkalmazkodni lehet, különösen magassági értelemben a vízelvezetés érdekében.

b) Az öntött aszfalt anyaga rendkívül tartós, teljesen vízzáró. A felületét a fagy és az olvasztósók sok év múlva sem kezdik ki, emellett bátran építhető még olyan hideg vagy nedves, de még nem fagyos időben is — az építési időszak jelentős meghosszabbításával —, amikor aszfaltbetont semmiképpen nem lehetne jó minőségben beépíteni.

c) Az öntött aszfalt kopása és ezáltal élettartama jóval kedvezőbb az aszfaltbetonénál. Különösen télen az acélszöges gumiabroncsok romboló hatását tűri jobban a nagy aszfalthabarcs-tartalom és a szabad hézagok teljes hiánya miatt.

d) Az öntött aszfalt felbontása, majd utólagos helyreállítása a városi közművezetékek javítása stb. miatt előnyösen és könnyen végezhető, sőt a felszedett öntött aszfaltanyagot újból fel lehet használni; ilyen javítások aszfaltbeton-anyaggal nem végezhetők el.

Ezen jelentős előnyök mellett az öntött aszfaltnak bizonyos *hátrányai* is vannak az aszfaltbeton-burkolatokkal szemben:

a) Az öntött aszfalt ára a több bitumen és a nagy mészkőszükséglet miatt jóval nagyobb mint az aszfaltbetoné (50... ...100% az eltérés). Meg kell azonban jegyezni, hogy az egész pályaszerkezet 30...40 cm vastagságán belül ez a különbség csak a legfelső 3 cm-es rétegben jelentkezik.

b) Az öntött aszfaltanyag előállítása és beépítése speciális keverőgépeket, és tűzkocsis szállítást igényel; továbbá a kis teljesítményű kézi beépítés legfeljebb a városokban lehetséges; a nagyobb teljesítményű gépi beépítés külső szakaszon már speciális, sínen mozgó, újabban lánctalpas beépítőgépek alkalmazását teszi szükségessé.

c) Az öntött aszfalttal nehezebben lehet létrehozni a burkolatfelület kellő érdességét és hullámmentességét mint aszfaltbeton-burkolat esetében. Ezért általában külön zúzalékos érdesítést kell alkalmazni. A megfelelően gondos kivitelezés esetében az öntött aszfalt is teljesen kielégítő érdességű és felületi egyenletességű lehet.

d) Az öntött aszfalt készítéséhez feltétlenül kemény, kispenetrációjú és jó minőségű bitumen szükséges. Ez nálunk a nagylengyeli bitumen választékában kedvező módon rendelkezésünkre áll. Számos állam azonban azért nem tudja az öntött aszfaltot alkalmazni, mert nincs megfelelő minőségű kispenetrációjú, kemény bitumene.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a legnehezebb és legnagyobb forgalmi igényekre minden esetben az öntött aszfalt bizonyult a leggazdaságosabbnak a fekete burkolatok közül.

6.3.1.2. Felhasznált anyagok és minőségi követelmények a hazai előírások szerint

A hazai előírások kétféle típusú öntött aszfaltot különböztetnek meg, elsősorban a zúzaléktartalom (2 mm-nél nagyobb szemcsék aránya) szerint:

Ö-1 jelű öntött aszfalt, amelyben min. 15% zúzalék van. Gyalogjárdák, kisforgalmú lakó utak burkolására alkalmas.

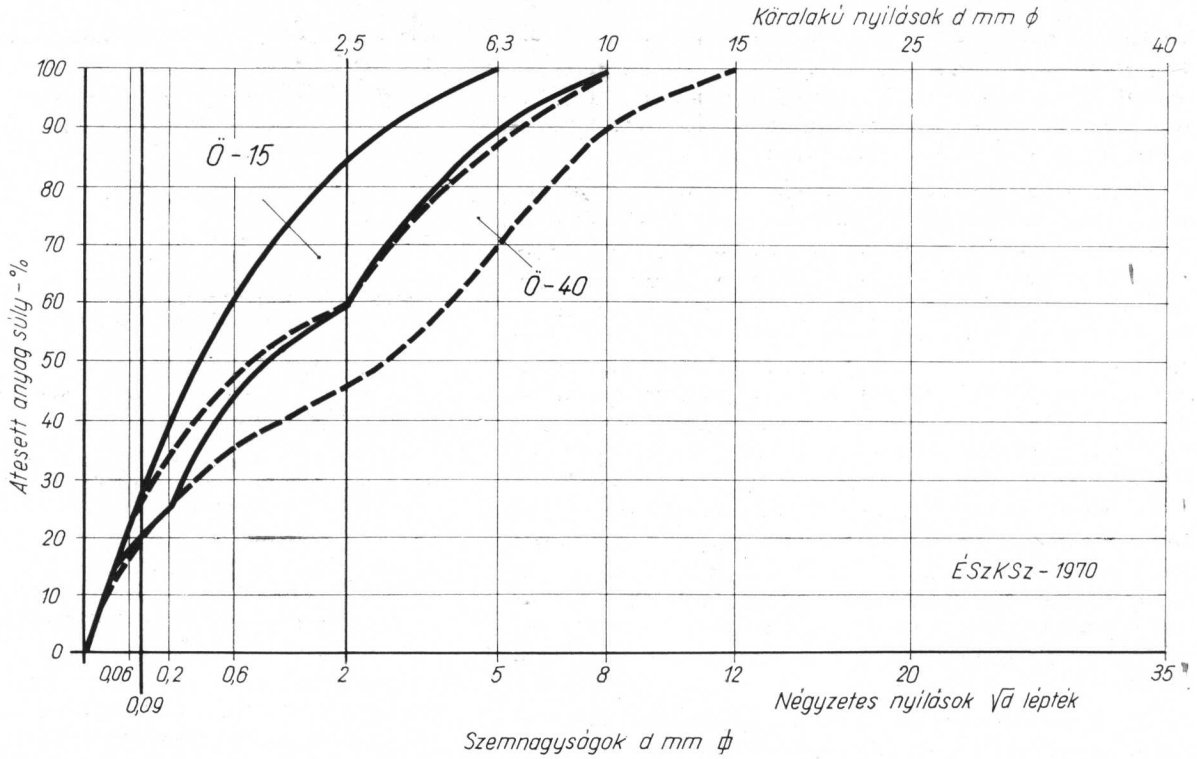
Ö-2 jelű öntött aszfalt, amelyben min. 40% zúzalék van. Nagy- és nehéz forgalmú közutak, üzemi utak, autóbuszmegállók burkolására alkalmas.

Az öntöttaszfalt-burkolatok fenti fajtáinak szemeloszlási határgörbéit a 6-11. táblázatban és a 6-73. ábrán látjuk. Jellemző, hogy a töltőanyag-tartalom általában 20...26% közötti, a max. szemnagyság pedig a közúti burkolatokhoz alkalmas *Ö-2* esetén 8...12 mm, amíg a főleg csak járdaburkoláshoz való *Ö-1*-nél 5...8 mm.

6-11. táblázat. Az öntött aszfaltanyagok összetétele az 1969. évi ÉKSZ előírások szerint

Típus jele:	Ö-1	Ö-2
Adalék szemeloszlása %-ban (szitán, ill. □-rostán)		
0,00... 0,06 mm	18... 22	18... 22
0,09 mm	20... 28	20... 26
0,2 mm	25... 40	26... 34
0,6 mm	44... 60	36... 48
2,0 mm	60... 84	46... 60
5,0 mm	90...100	70... 88
8,0 mm	100	90...100
12,5 mm		100
Bitumenszükséglet *B*% (tájékoztató érték)	9,0...9,5	8,0...9,3

A klórozott oldószerrel kioldott bitumen lágyuláspontja 25 °C-kal lehet nagyobb, mint a szabvány szerinti felső határérték.



6-73. ábra. Öntöttaszfalt-burkolatok szemeloszlási határgörbéi az 1971. évi ÉKSZ előírások szerint

Jellemző és az előírt határgörbéknek megfelelő adalékanyag-összetételeket közlünk az alábbiakban:

Ö-1 jelű öntött aszfalt (járda, kerékpárút):

Mészkőliszt	25%
Homok	45%
NZ-2/5	20%
NZ-5/8	10%
Összesen:	*100%*

Ö-2 jelű nagy zúzaléktartalmú öntött aszfalt:

Mészkőliszt	25%
Homok	15%
NZ-0/2	15%
NZ-2/5	25%
NZ-5/8	10%
NZ-8/12	10%
Összesen:	*100%*

Az *adalékanyag* összetételének tervezésekor, az adott szemeloszlási határgörbék figyelembevétele mellett arra kell törekedni, hogy ha nehezebb, nagyobb forgalomra kell számítani, akkor nagyobb stabilitású aszfaltanyagot biztosítsunk. Ezért a homoktartományban (0,09...2,0 mm között) csak a gyalogjárdák és kerékpárutak esetében lehet kizárólag vagy túlnyomórészt gömbölyű szemű, kis belső súrlódású természetes homokot alkalmazni hazai előírásaink szerint. Az átmenő forgalmú utakon már kb. 50...50% arányban kell gömbölyű szemű természetes homokot és az érdesebb zúzotthomokot (0/2) keverni és ügyelni kell arra is, hogy 2 mm-nél nagyobb gömbölyű szemű apró kvarckavicsok a zúzalékok frakciójában max. 3% arányban lehetnek jelen. 2/5, 5/8 és 8/12 jelű zúzalékot kell használni, mert összevont (nyújtott) frakciók használatát az előírás nem engedi meg.

A legnagyobb belső súrlódású adalékanyagot a nagy sztatikus és koncentrált dinamikus igénybevételű öntött aszfaltokhoz kell használnunk, tehát parkolóhelyeken és parkolósávokon (ahol nagy melegben a nehéz álló tehergépkocsik sokszor jelentős benyomódásokat okozhatnak), valamint a nagy nyíróigénybevételnek, deformációnak kitett autóbuszmegállók esetén. Ilyenkor indokolt a 60...70% zúzott- és csak 40...30% természetes homok, ugyanakkor a homokfrakción belül nagyobb lehet a 0,09...0,2 mm közötti finom homok aránya. Meg kell jegyezni, hogy a zúzotthomok alkalmazása növeli ugyan a stabilitást, ugyanakkor azonban a bedolgoz-

hatóságot nehezíti, és a bitumenszükségletet emeli. A bedolgozhatóságot nálunk sokszor a sok bitumen adagolásával szokták növelni. Ez nyáron nagyobb stabilitáscsökkenést és kárt okoz, mintha csak természetes homokot alkalmaztak volna, ami külföldön még autópályákon is gyakori.

A *világos aszfaltburkolatok előnyeire* nemcsak aszfaltbetonok, hanem öntött aszfalt esetén is lehet törekedni. Ezért az öntött aszfaltnál is érdemes alkalmazni fehér, ill. világos színű zúzalékokat (pl. fehér mészkő, gránit, dolomit, kvarcit, esetleg tört klinker, keramit vagy világos kohósalak zúzalék). Az említett anyagok valamelyikéből a 2/5 és az 5/8 mm-es frakciók harmadának-felének megfelelő mennyiséget tanácsos alkalmazni. Külföldön speciális fehér, mesterségesen előállított adalékokat alkalmaznak, pl. Luxovit, Sinopal, alumíniumdara. Alumíniumdarával világossá tett öntöttaszfaltburkolatot kísérletképpen Magyarországon is készítettek.

Az öntött aszfalt lényege a nagy töltőanyag-tartalom. Ezért a *mészkőliszt minőségét* különös gonddal kell ellenőrizni (146. oldal). Legfontosabb, hogy $B/M = 1:3$ arányú bitumen-mészkőliszt habarcskeveréket készítve, azt még jól lehessen önteni (ne legyen morzsalékos), a habarcs lágyuláspontja pedig legfeljebb 50 °C-kal lehet nagyobb, mint az eredeti bitumen lágyuláspontja.

A *bitumen* keménységét — a hazai előírásunk szerint — a következőképpen kell megválasztani:

a) gyalog- és kerékpárutak esetén:
NB-55 vagy NB-30;

b) átmenő forgalmú utak esetén:
NB-30 vagy NB-15;

c) parkolóhelyeken, leálló sávokban:
NB-15.

A hazai módszer szerint a bitumenszükségletet a következőképpen kell megállapítani. Számítani kell a $B\%$ értékét egyrészt a felületelmélet (191. oldal), másrészt a hézagelmélet (186. oldal) alapján. Ezután többféle adagolással laboratóriumi próbakeverékeket, majd ezekből Marshall-próbatesteket kell készíteni, és azok egyirányú nyomószilárdságát a 218. oldalon leírt módon meg kell állapítani, (azaz az 5 mm tengelyirányú összenyomódást okozó névleges nyomófeszültséget). A 6-12. táblázatban látjuk az előírt minimális nyomószilárdsági értékeket, 20 és 40 °C hőmérsékleten, amelyeket be kell tartani. Ha a stabilitás nem volna kielégítő, akkor a szemeloszlás javításával, több zúzotthomok és zúzalék alkalmazásával, esetleg keményebb bitumennel lehet célt érni. A végleges $B\%$ bitumenszükségletet ezután a felület alapján, valamint az adalék legnagyobb hézagtartalma alapján végzett számítások eredményeinek, és a laboratóriumi eredményeknek mérlegelése alapján kell eldönteni.

Megemlítjük, hogy a 196. oldalon tárgyalt, fajlagos bitumenszükségleten alapuló *Kraemer*-féle számításmód különösen öntött aszfalt esetében sokkal reálisabb, mint a hézagelmélet, és a gépesített és kézi beépítés hatását is külön figyelembe tudja venni.

6-12. táblázat. Az öntött aszfaltok kívánatos mechanikai tulajdonságai

Úttípus	Egyirányú nyomószilárdság kg/cm²-ben	
	22 °C-on	40 °C-on
Gyalog- és kerékpárúton	min 40 (36)	min 20 (18)
Átmenő forgalmú közúton	min 60 (56)	min 30 (28)
Autóbusz-megállóhelyeken, parkolóhelyeken, üzemekben és raktárakban	min 90 (75)	min 45 (38)

(A zárjeles értékek az 1971. évi kötelező ÉKSZ minimumelőírások.)

Az egyszer megszabott $B\%$ bitumentartalmat ezután már $\pm 0{,}5\%$ pontossággal feltétlenül be kell tartani, és főleg azt *kell megakadályozni, hogy a masztikátorban való keveréskor, főzéskor illetéktelenül ne tegyenek be többletbitument.* A többletbitumen ugyanis kétségtelenül megkönnyíti a kézi bedolgozást, ugyanakkor azonban az *öntött aszfalt stabilitását, minőségét,* deformációval szembeni ellenállóképességét *nagymértékben rontja,* és az *érdesítés* céljából rászórt és bekötött *zúzalékot elnyeli.*

A kisebb igényű útburkolásokra, járda és kerékpárút burkolatához fel lehet használni a bontott, régi öntött aszfalt anyagát is, sőt 12 mm-nél nagyobb szemcsét nem tartalmazó aszfaltbeton is alkalmas lehet. Ilyen esetben meg kell állapítani a szemeloszlást és a bitumentartalmat, hogy a kiegészítő anyagokat pontosan meg lehessen adni a masztikátorban való együttes főzés-keverés részére.

Az öntött aszfalt rétegek *alkalmazható vastagsága* az előírás szerint a következő:

a) Gyalog- és kerékpárutakon:
2,0...3,0 cm (50...75 kg/m²).

b) Átmenő forgalmú közúton:
3,0 cm (75 kg/m²) + kötőréteg.

c) Parkolóhelyeken, üzemekben:
3,0...3,5 cm (75...90 kg/m²).

Az öntött aszfaltot általában csak *egy rétegben* alkalmazzuk. Két rétegben csak ott indokolt legfeljebb $2 \times 3{,}0$ cm vastagságban fektetni, ahol kötőréteg nem hengerelhető be vagy a kis felületek miatt nem gazdaságos.

6.3.1.3. Külföldi előírások öntött aszfaltok összetételére

A legelső öntött aszfaltot 1825-ben Franciaországban, Lyonban készítették. Nagyobb arányban azonban 1908 óta elsősorban Németországban alkalmazzák. Különösen a „berlini összetétel" vált ismertté Európában.

Régebben nagy töltőanyag-tartalom és közepes keménységű bitumen volt elterjedve. Ilyen még ma is a hagyományos angol előírás. A *BSS 1447. brit szabvány* szerint az ún. *„mastic asphalt"* összetétele a következő:

Mészkőliszt	44,8%
Zúzalék 3/8'...1/2'	45,0%
Ásványolaj-bitumen B-60/70	5,1%
Trinidadi aszfalt	5,1%
	100,0%

Ezen előírás szerinti anyag csak kézzel dolgozható be, géppel nem. Jellemző, hogy a homokfrakció hiányzik. Az utolsó években Angliában is törekvés látszik a kontinensi aszfalt-receptúra átvételére [67]. Ennek egyik legismertebb példája a *TVbit 6/60* jelű, *1960. évi nyugatnémet előírás*, és az 1966. évi keletnémet *KDT-Sw2* ajánlás. Ezek lényege a következő:

Az ásványi adalékanyagban min. 20% töltőanyag (0,09 mm alatt) szükséges, a zúzalék maximális szemnagysága 12 mm legyen. A *nagy* zúzaléktartalmú öntött aszfalt 40...55%, de inkább 45...50%, 2...12 mm közötti zúzalék legyen, a többi zúzott- és természetes homok. A kőváz hézaga 18 térf.%-nál nem lehet több. A *kis* zúzaléktartalmú öntött aszfaltban 30...40%, de inkább 35...40% zúzalék szükséges, a kőváz hézagtartalma legfeljebb 22% lehet.

Bitumentartalom kézi beépítéskor 7...9%, gépi beépítéskor 6,5...8,5%. Max. 4 térf.% bitumenfelesleg lehetséges a hézagelmélet szerint számítva. Az alkalmazandó bitumenfajták:

a) Városi és külső útszakaszok, autópályák, járdák és gyalogutak egyaránt:

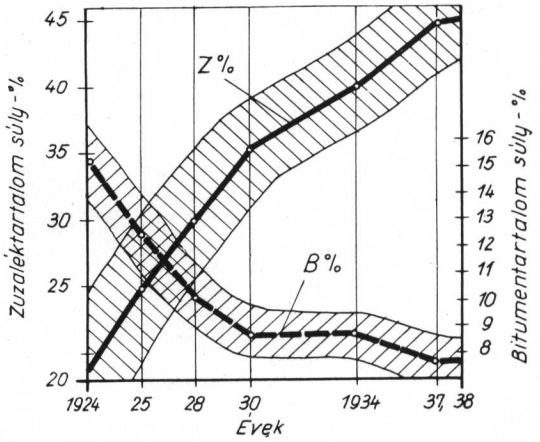
B-25, B-45, B-65, általában *B-45.*

b) Parkolóhelyek, leállósávok:

B-15, B-25, B-45, általában *B-25.*

Jellemző a fejlődésre a müncheni öntött aszfaltok összetételváltozásában a zúzaléktartalom növekedése és a bitumentartalom csökkenése (6-74. ábra).

1964-ben jelent meg *Berlin város* legújabb *öntött aszfalt előírása*, amely szemeloszlási határgörbét szabott meg a 6-75. ábra szerint, csak a *nagy zúzaléktartalmú* öntött aszfaltot alkalmazva. Érdekes az 1964-es berlini előírás rendelkezése, amely szerint *kézi bedolgozás esetében is csak legfeljebb*



6-74. ábra. A bitumentartalom csökkenése és a zúzaléktartalom növekedése a müncheni öntött aszfaltok háború előtti fejlődésében (Schmuck, 1968 [71])

8,5% bitument szabad alkalmazni, sőt megjegyzik (*Sahm* [64] 1967), hogy a valóságban a 6,5...7,5% bitumentartalmakat alkalmazzák. Az öntött aszfalt kopásállósága, stabilitása így jelentősen növekszik. Az új előírás megtiltja, hogy a zúzalékfrakcióhoz 50%-nál több bazalt zúzalékot alkalmazzanak, mert a legtöbb bazalt a nagy szilárdság mellett simára csiszolódik, és síkossá teszi a burkolatot. A többi anyag más kőzet (porfír, moréna, mészkő) lehet. Az előírt rétegvastagságok Berlinben:

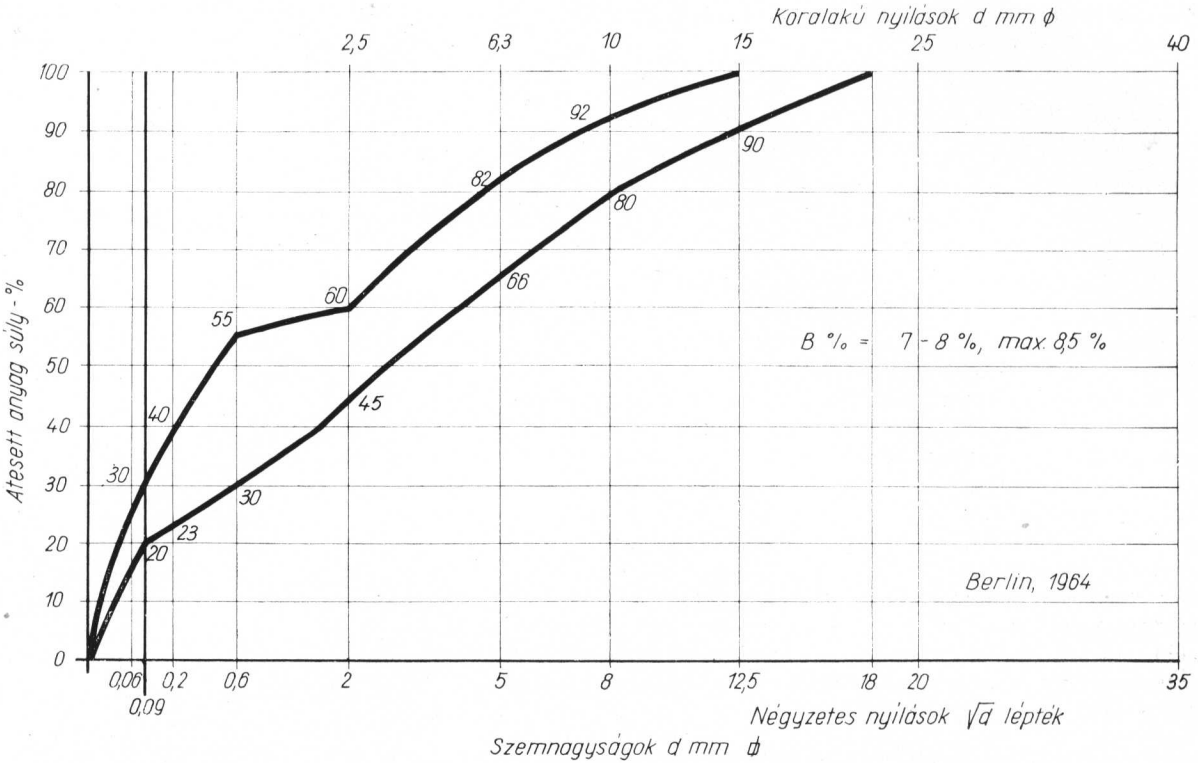
	Cementbeton alapon öntött aszfalt cm	Hajlékony alapon	
		kötőréteg cm	öntött aszfalt cm
I. Főforgalmú utak	4	5...8	4
II. Főforgalmú utak	4	3...5	4
III. Gyűjtőutak	3	3	3
IV. Lakóutak	3	3	2,5

Végül ismertetünk néhány öntöttaszfalt-összetételt a fenti előírások alapján, amelyet az utóbbi években *nagyforgalmú autópályák építése* során alkalmaztak:

a) Számos német autópályán alkalmazott összetétel *Scheurer* 1966 [65]):

Mészkőliszt	25%
Természetes homok	30%
Zúzalék 2/5	15%
Zúzalék 5/8	15%
Zúzalék 8/12	15%
	100%

A 2/5 és 5/8 jelű frakció fele részben világos színű (Luxo vit vagy mészkő).
Bitumen: 7...8% B-45. Ennek 20...30%-a *Trinidadi epüré.*



6-75. *ábra.* Az 1964. évi berlini előírás zúzalékdús öntött aszfalt szemeloszlási határgörbéi. Bitumentartalom 7...8%, kézi bedolgozás esetén is

b) A *„Hansalinie"* autópálya Bremen és Münster között (1969):

Mészkőliszt 0/0,09 mm	24%	Bitumentartalom:
Természetes homok 0/2 mm	29%	8%
Luxovit 2/5 mm	16%	(B-45 és Trinidadi epüré)
Alpesi morénazúzalék 2/5 mm	3%	
Alpesi morénazúzalék, 5/8 mm	14%	
Alpesi morénazúzalék, 8/12 mm	14%	
	100%	

c) E-5 európai útvonal Aachent elkerülő autópálya szakasza (1965):

Mészkőliszt, 0/0,09	28%	Bitumentartalom:
Világos zúzotthomok, 0/3	27%	B-65/B-80 6%
Világos alpesi moréna, 2/5	15%	Trinidadi epüré 2%
Világos alpesi moréna, 5/8	15%	
Bazaltzúzalék, 8/12	15%	
	100%	

d) Frankfurt-Mannheim autópálya Darmstadtnál (1968):

Mészkőliszt, 0/0,09		28%	Bitumentartalom:
Homok	0/2	26%	B-45 7,8%
Gránitzúzalék	2/5	18%	Trinidadi epüré
Gránitzúzalék	5/8	10%	1,5%
Gabbrozúzalék	2/12	18%	
		100%	

Megjegyzés: A Trinidadi epüré természetes aszfalt, kb. 50% bitumentartalommal. A másik 50% finom, stabilizáló hatású, s érdes felületet adó ásványi anyag. Alkalmazását ugyan sokszor előírják, szükségessége azonban széles körben vitatott Németországban is.

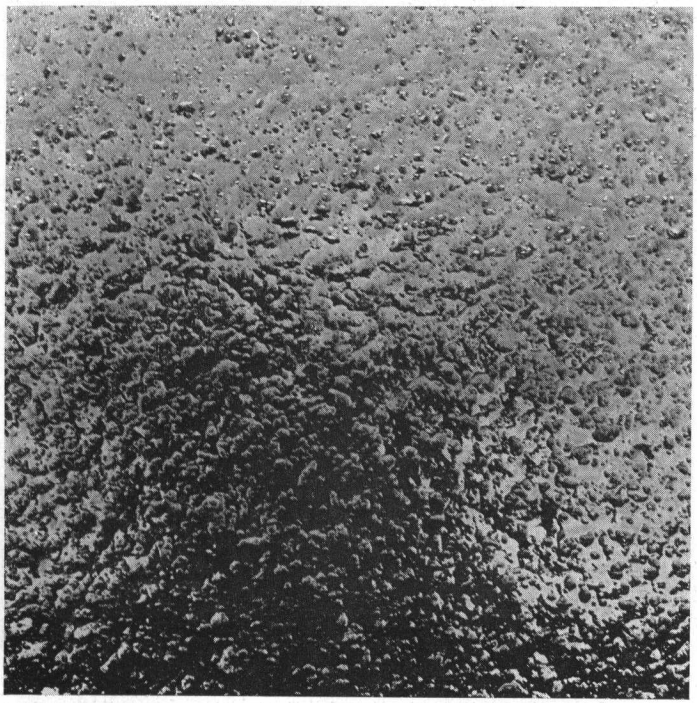
e) Jelentős fejlődés az ún. *durva öntött aszfalt (Rauhgussaspalt)* alkalmazása az autópályákon (*STRABAG*, 1968...69, Zichner [75], Bucholz [60, 73]). Ez stabilabb, ellenállóképesebb, a szöges abroncsok hatását jobban bírja, kopása, érdessége és élettartama kedvezőbb. Tulajdonképpen az öntött aszfalt összetételét az aszfaltbeton felé közelítik, de speciális vibrátoros terítőgerendás aszfaltfiniserrel (6.27 kép)

még mint öntött aszfaltot dolgozzák be, utólagos hengerlés szüksége nélkül.

Mészkőliszt, 0,09 mm	21%	Bitumentartalom
Homok, 0,09...2 mm	24%	9,5%
Zúzalék, 2/5, 5/8, 8/12 mm	55%	B-25 típus, 65 °C lágyulásponttal. Burkolat-penetráció: 1,4 mm

Az ellenállóképességet és stabilitást azzal növelték meg, hogy egyrészt 45-ről 55%-ra növelték a zúzaléktartalmat (azonos az aszfaltbetonéval), az aszfalthabarcs-tartalmat kb. 6 térf.%-kal csökkentették, a kőváz max. 18 térf.% hézagtartalmának növelése nélkül. Másrészt a bitumen keménységét fokozták, az addigi 57...60 °C-ról 65 °C-ra növelve a lágyulás-pontot, azaz a B-65 vagy B-45 helyett B-25 kemény bitument alkalmaztak. Az ilyen öntött aszfalt már önmagában is elég érdes, durva felületű (6.25 kép), és ezért csak kb. 6 kg/m² impregnált NZ 1/3 finom érdes zúzalékkal szórják be, minden utóhengerlés nélkül.

Összehasonlítva az előzőeket a magyar előírásokkal és főleg a gyakorlattal, feltűnik, hogy a bitumentartalom kisebb: 7...8% körüli. Nálunk a gyakorlatban sokszor 9...10% a bitumentartalom, amelyet a kenhetőség, bedolgozhatóság



6.25 kép. A STRABAG zúzalékos durva öntöttaszfalt burkolatának felülete, zúzalékleszórás előtt, forrópotban (*Zichner*, 1969)

érdekében tartanak szükségesnek. Ennek hátránya a nagyobb deformációk mellett főleg az érdesítő zúzalékok elnyelődése. Emellett a német előírások és gyakorlat nem követel meg zúzotthomokot, mint a hazai gyakorlat. A természetes homok így segíti a bedolgozást, amíg a kisebb bitumenadagolás létrehozza a kielégítően nagy stabilitást. Különbség mutatkozik ott is, hogy a német öntött aszfaltokban B-45, sőt néha B-65 bitumen van. Nálunk pedig a jóval keményebb B-30 vagy B-15 bitumen.

6.3.1.4. Az öntött aszfalt alatti kötőréteg és alap, a felhólyagzás veszélye

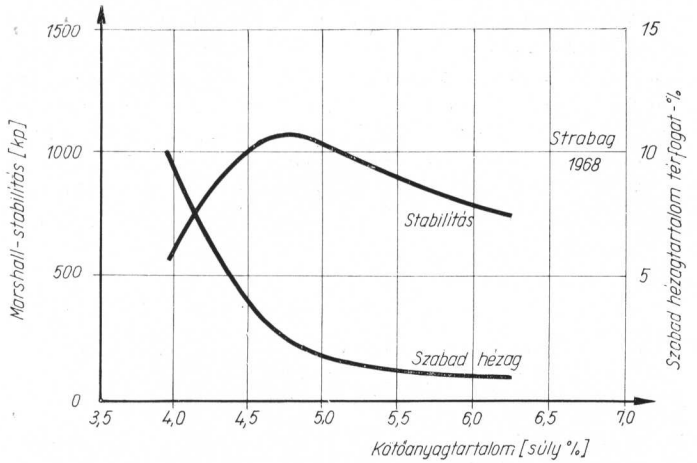
Az öntött aszfalt burkolati kopóréteget a pályaszerkezet szükséges teherbíró-képességének megfelelő jó minőségű alaprétegre kell helyezni. Gyalogúton, kerékpárúton, lakóutakon, parkolóhelyeken sokszor a sovány beton alapra közvetlen öntött aszfaltréteget helyeznek el; közepes és főleg nagyforgalmú úton azonban feltétlenül egy vagy két *kötőréteg szükséges* az öntött aszfalt kopóréteg alá, ugyanúgy, mint az aszfaltbeton kopórétegek esetében. A kötőréteg feladata az, hogy a hosszirányú erőkkel (fékezés, gyorsítás, dilatáció és kontrakció) szemben jól *lehorgonyozza a kopóréteget*, és ne engedje elcsúszni az alapon.

Az öntött aszfalt kopóréteg alapra vagy kötőrétegre helyezésekor azonban úgy kell eljárni, hogy az ún. *hólyagképződésekkel, légzárványokkal és felpúposodásokkal* kapcsolatos burkolathibákat meg tudjuk előzni.

Akkor, ha a 200...220 °C hőmérsékletű forró aszfalt zárt, de nedves alapra vagy kötőrétegre kerül, akkor a víz nagy része azonnal elpárolog. Sokszor azonban marad még kevés víz az alap vagy kötőréteg és a kopóréteg között. Ez a pórusvíz nyáron a nap melegétől felhevült kopóréteg alatt vízgőzzé változik, és eredeti térfogatának kb. 20...30-szorosára szeretne kiterjedni. Ha ez a vízgőz koncentrált, lehatárolt területen keletkezik, és nem tud a pórusokban eltávozni, akkor jelentős feszítőerőt okoz, és az öntött aszfaltban 5...10 cm magas, 10...20 cm átmérőjű hólyagok, felpúposodások keletkeznek, a forgalomban kényelmetlen rázkódást okoznak. Ezt a káros hatást meg kell előzni.

a) Ha az öntött aszfaltréteg *közvetlenül a betonalapra kerül, kötőréteg nélkül*, akkor azt kell elérni, hogy a képződő vízgőz ne koncentrált helyeken feszítse a burkolatot, hanem legyen szabad kiterjedési lehetősége az alap és a burkolat között. Meg kell tehát akadályozni, hogy az öntött aszfalt ráragasztódjon a betonalapra. Ezt elérjük, ha az alap felületére előzőleg 5...7 kg/m² *száraz homokot* hintünk, esetleg vékony háztartási *alumíniumfóliát, csomagolópapírt* vagy üvegszövetet.

Ezt a megoldást természetesen nem alkalmazhatjuk akkor, ha nagyobb fékezési, gyorsítási erőket kell felvenni.



6-76. *ábra.* Nagy terhelésű öntött aszfalt alá kerülő kötőréteg stabilitásának és szabad hézagának változása a bitumentartalommal. A max. stabilitás a $h=2\%$ kis hézag mellett van, így az igen stabil kötőréteget gumihengerrel zárt felületűre hengerlik, hogy az öntött aszfalton ne legyen hólyagképződés

b) Átmenő közepes és nehéz forgalmú utakon feltétlenül *kötőréteget alkalmazunk* az öntött aszfalt kopóréteg alatt. Ez általában 4...5 cm vastagságú K-20 jelű réteg. Ha a kötőréteg zárt, akkor felette az öntött aszfalt felhólyagzik. Ezt akkor lehet elkerülni, ha a *kötőréteg nyitott, viszonylag nagy szabad hézagtartalmú*, $h=2...6$ térf.%. Ekkor ugyanis a kiterjedni szándékozó vízgőzöket a szabad hézagok nyelik el. Fontos körülmény viszont, hogy az ilyen nyitott kötőrétegnek *mégis jelentős stabilitást kell adnia*. Ez akkor érhető el, ha a kötőréteg anyagában csak zúzotthomokot alkalmazunk és alaposan, jól betömörítjük.

c) Nehéz forgalmú utakon, autópályákon a kötőréteget már nem lehet nagy szabad hézagú aszfaltból építeni, mert ennek stabilitása akkora forgalomhoz nem elég és deformációk keletkeznek. Ezért az öntött aszfalt alatt *zárt, nagystabilitású tömör kötőréteget* alkalmaznak, amelynek a szemeloszlása az *AB-20* durva aszfaltbetonnak felel meg. A hólyagképződést ilyenkor azzal akadályozzák meg, hogy lehetetlenné teszik a víz bejutását a kötőrétegbe. Pl. a STRABAG rendszerű *durva öntött aszfalt* autópálya-burkolat zárt kötőrétegénél ezt úgy érik el, hogy a kötőréteget $h=2$ térf.% hézagtartalommal, és nagy stabilitással tervezik meg (6-76. ábra).

A beépítést száraz időben végezve, már a finiserben jelentős vibrációs—döngölős előtömörítést adnak, majd a hengerléses tömörítés során *gumihengert* használnak. Ez gyúró—tömörítő hatásával a felső pórusokat lezárja és *vízzáróvá teszi*. Ezáltal a rákerülő forró öntött aszfalt az esetleges felületi nedvességet elpárologtatja, viszont pórusvíz sehol sincs.

6.3.1.5. Az öntött aszfaltok felületi érdesítése

Az öntött aszfalt felülete a bedolgozás után, lehűlés alatt bársonyos tetszetős, azonban a forgalom számára meglehetősen csúszós. Ennek oka a felületen levő bitumenhártya. Az öntött aszfalt lehűlése után ez a bitumenhártya síkos marad, és ezért ezt meg kell törni. Egyik lehetséges megoldás az, hogy homokkal ledörzsölik, majd a kézi *tüskés hengerrel* mintázatot vágnak bele. Ez utóbbi megoldás ugyan tetszetős, szép felületet ad, mégis több hátránnyal jár: A por meggyűlik a mintázat kis bemélyedéseiben, és esővízzel keveredve mintegy kenőanyagot képez a pálya felületén. A recézés mélyedéseiben a víz jobban megáll, emiatt a burkolatfelület nehezebben szárad, télen jobban jegesedik. Autópályákon vagy külső útszakaszokon, ahol a forgalom nagy sebességű, ott a recézésben maradó jelentős többletvíz a járművek kerekeitől felverve és szétporlasztva sáros ködöt képez. Jelentősen rontja a követő jármű vezetőjének látási viszonyait és csökkenti ezzel a forgalombiztonságot.

Budapesten a tetszetős felületet adó kézi tüskés hengerezést az 1960...64. években használták. Részben az érdességmérések negatív eredményei, részben a forgalom hatása alatti kisimu-



6.26 kép. Öntöttaszfalt-burkolat felülete érdesítés nélkül

lás, de nem utolsósorban a külföldi nagyvárosok hasonló kedvezőtlen eredményei miatt azonban 1964-ben áttértek az *impregnált zúzalékkal érdesített felület* különböző formáira. Először még a tüskés hengerekkel kombinálva érdesítettek, majd a tüskés hengerlést teljesen elhagyták. A külföldi fejlődés — körülbelül egyidőben — szintén ilyen irányban haladt.

A jelenlegi *hazai előírások* az öntött aszfalt érdesítésére a következőket tartalmazzák.

Különlegesen jó minőségű és jó alakú kubikos zúzalékot — KZ-5/8 vagy KZ-8/12 vagy KZ-12/20 frakciót — kb. 1,5... ... 2,5% NB-55 vagy NB-30 jelű kemény bitumennel (esetleg HB-2-vel) impregnálunk úgy, hogy az ne csomósodjon és jól lehessen szórni. (Ennek érdekében hasznos kb. 2% mészkőlisztet is adagolni.)

A friss, 210...240 °C hőmérsékleten elterített és bedolgozott öntött aszfalt felületére lehetőleg egyenletesen el kell szórni az impregnált zúzalékot, betartva a következő mennyiségeket:

5/8 szemnagyságból: 8...10 kg/m²,
8/12 szemnagyságból: 10...12 kg/m²,
12/20 szemnagyságból: 13...15 kg/m²).

Az egyenletesen elszórt zúzalékot *sima* könnyű, 2,0... ...2,5 t-ás kis hengerrel azonnal be kell hengerelni a még ki nem hűlt öntött aszfaltba, mindenképpen még 140 °C feletti hőmérsékleten. A hengerlést lassan, 1,5 km/h sebességgel végezzék, a járatok fél szélességű átfedéssel következzenek, azonban túl sok hengerlésre nincs szükség (max. 2...3 hengerátmeneti számot kell elérni).

Meg kell állapítanunk, hogy az impregnált zúzalékos felületi érdesítés kényes és gondosságot igénylő eljárás, amelyet könnyen el lehet rontani. A gyakorlatban többször előforduló fő hibák a következők:

a) A zúzalékot nem egyenletesen és nem a megadott mennyiségben szórják el, hanem rendszerint jóval többet használnak fel. Miután egyetlen sornak megfelelő mennyiségű zúzalék nyomódik be az öntött aszfaltba, ezért többet nem is szabad elszórni. A fölös többi zúzalék nem kötődik be, s ezt a fenntartás és a forgalom távolítja el. Ez a kipergő anyag ilyenkor nemcsak veszteség, de eltömi a csatornák víznyelőit is.

b) A hengerlést időben elhúzzák, és a már kihűlt részeken a zúzalék nem köt meg. Ez többnyire nagy foltokban jelentkező zúzalékhiányt okoz, ami rontja a felület egyenletességét és helyileg kisebb érdességet ad.

c) Ha az eredeti öntött aszfaltot nagy bitumen-, ill. habarcstartalommal készítik, akkor ennek következtében egy-két év alatt elnyeli az érdesítő zúzalékot, és a felülete kisimul.

Általában még a jól végrehajtott zúzalékos érdesítés is az első időben kisebb pergést mutat, és felülete nem tetszetős. Csak egy-két hónapi forgalom után lesz egyenletes és elég érdes, ekkor lesz az optikai hatása is megfelelő.



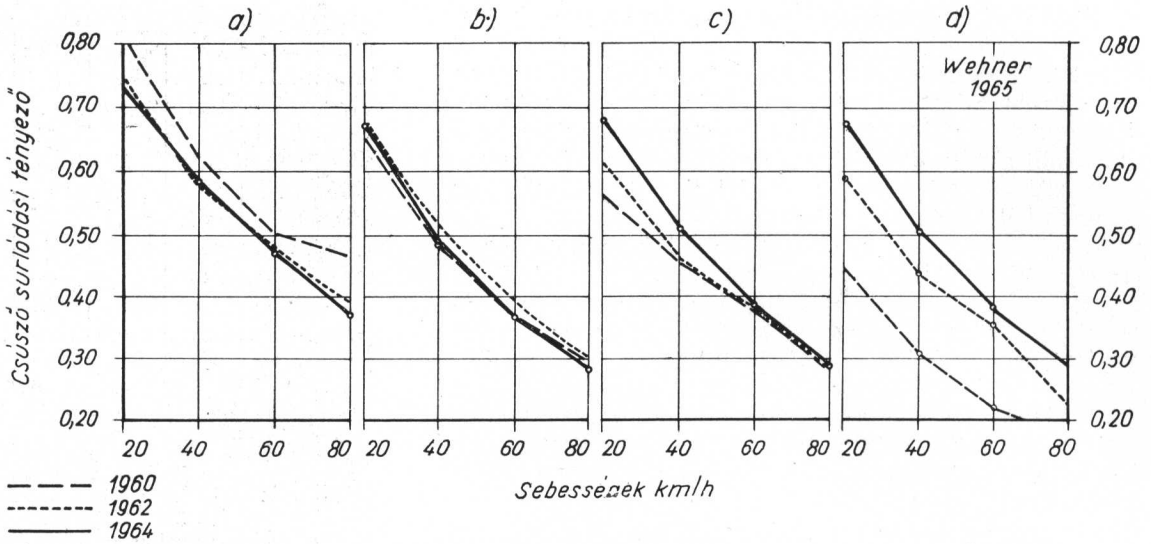
6.27 kép. Öntöttaszfalt-burkolat behengerelt zúzalékkal érdesített felülete hazai gyakorlat szerint, egyéves forgalom után

Az érdesítés szempontjából — a kísérletek szerint — elsősorban a *8 vagy 12 mm-es legnagyobb szemnagyság az előnyös*, ez ad nagyobb súrlódási együtthatót. A 12/20 mm-es zúzalék városi utakon túlzottan nyitott és durva felületet ad, és ezért viszonylag kisebb az érdessége, mint az 5/8 vagy 8/12 zúzaléknak. Emellett esztétikailag is a legkedvezőtlenebb.

Mindezen nehézségek felvetik a hazai öntött aszfaltok egy hátrányos vonását: az előírásokat néha messze meghaladó nagy bitumen-, ill. habarcstartalmukat. Így pl. az 1965-ben épült egyik budapesti belvárosi utca burkolata az egyik szakaszon a következő összetételű volt, jellemzően a hibákra:

10...11% bitumen (sok!),
35...40% mészkőliszt (sok!),
25...40% homok,
13...24% zúzalék, 2 mm felett (kevés!).

Lehet, hogy a 45...51%-os rendkívül magas aszfalthabarcs-tartalom és a túl kevés zúzalék könnyebben kenhető, nagyobb beépítési teljesítményeket ad kisebb fáradsággal, viszont az összetétel kedvezőtlen és korszerűtlen. Érthető,



6-77. ábra. Csúszósúrlódási értékek változása különböző sebességeken különböző módon érdesített öntött aszfalt burkolatokon, Prof. dr. *Wehner* mérései szerint: *a)* zúzalékolva, sima hengerrel benyomva; *b)* zúzalékolva, tüskés hengerrel benyomva; *c)* zúzalékolás és hengerlés nélkül, csak dörzsölt felület

hogy a 10 kg/m² mennyiségben elhintett és behengerelt 5/12 zúzalékot a burkolat hamar elnyelte és kisimult a forgalom alatt.

A *nyugatnémet autópályák öntött aszfaltjainak* készítése során elterjedten alkalmazták az impregnált 5/8 mm-es, korábban a 2/5 mm-es zúzalékot, tüskés hengerrel benyomva. Ma már sima hengerrel hengerlik be a zúzalékot az öntött aszfaltba. Nem csak a kellemetlen vízfelhőszórás marad így el a sebes kocsik mögött, hanem a 6-77. ábrán látható érdességmérési eredmények szerint a súrlódási tényezők alakulása is jóval kedvezőbb. A berlini műszaki egyetem Prof. dr. *Wehner* által 1965-ben közölt és az 1960., 1962., 1964. években végzett mérések szerint ezen zúzalékolt öntött aszfaltok érdessége évek múlva sem romlik. (Sőt, a mérések szerint a nem kezelt, emiatt nagyon síkos öntött aszfalt felülete a forgalom alatt elvesztve a felső habarcsréteget, 4 év alatt jelentősen javult, és elérte a zúzalékolás és tüskés henger együttes hatását.

Külön meg kell még említeni a 370. oldalon ismertetett, ún. *durva öntött aszfalt* autópálya-burkolatot, amelyet 55% nagy zúzaléktartalommal készítenek, és amelynek durva felülete (6-25. kép) önmagában is megtöri a nedves burkolaton a vízfilmet, és a szokásos öntött aszfaltoknál érdesebb. Ezt 6 kg/m² mennyiségű 1...3 mm-es tiszta és érdes bitumennel impregnált morénazúzalékkal érdesítik úgy, hogy ezt a mennyiséget csak egyenletesen rászórják a még forró burkolatra, de hengerrel nem nyomják be. Az eddigi tapasztalatok kedvezőek. Ilyen kis szemnagyságú érdesítőzúzalék azonban csak önmagában is durva felületen alkalmazható, amely emellett olyan kemény és kis bitumentartalmú, hogy a kis szemeket nem nyeli el.

A jövőben hazánkban is nagyobb erőfeszítéseket kellene tenni a technológiai fegyelem megszilárdítása mellett a stabilabb, kisebb habarcstartalmú, kisebb bitumentartalmú, de még jól kenhető, beépíthető, és kisszemű 5/8 mm-es zúzalékokkal is maradandóan érdesíthető öntött aszfaltok alkalmazása irányában.

6.3.1.6. Öntöttaszfalt-burkolatok deformációi autóbuszmegállókban, fékezési szakaszokon

A) Főleg nagyforgalmú városi utak öntöttaszfalt-burkolataiban meg lehet figyelni jelentős deformációkat azokon a szakaszokon, ahol járművek rendszeresen fékeznek és megállnak. Így különösen nagyforgalmú autóbuszmegállókban fordulnak elő, néha deciméterrendű vályúképződések, deformációk, hullámok. Sokszor tapasztalhatunk útkereszteződésekben, jelzőlámpák előtti fékezési felálló szakaszon erős hullámosodást, sokszor 3...4 cm-es bemélyedésekkel, 30... ...35 cm-es hullámhosszokkal, amelyek az áthaladáskor erős kocsirázkódást okoznak sokszor. Miután az ilyen deformációk öntött aszfalt esetében fordulnak elő, azért ezeket a jelenségeket sokszor az öntött aszfalt hibájának gondolják. A jelenségek tüzetesebb vizsgálata azonban arra mutat, hogy ilyen helyeken legtöbbször nem a kopóréteg a deformáció oka, hanem legtöbbször az alatta levő kevésbé stabil és tömör kötőréteg vagy az alapréteg. Sőt a kötőrétegben és esetleg

az alapban keletkező nagyfokú deformációkat csak az öntött aszfalt kopóréteg képes ilyenkor repedés és szakadás nélkül elviselni. Pl. aszfaltbetonban a hasonló deformációk azért ismeretlenek, mert a sokkal merevebb kopóréteg már kisebb deformációk esetében felbomlik és tönkremegy. Bár ez a rendkívüli alkalmazkodóképesség egyben előnye is az öntött aszfaltnak, másrészt azonban forgalombiztonsági, üzemi szempontból kifejezetten hátrányosnak tekinthető. Öntött aszfaltnál ugyanis az alap és kötőréteg deformációja esetén először csak centiméteres mélységű hullámok alakulnak ki, és ezek nyáron a forgalom további hatása alatt már a decimétert megközelítő, nagyobb, másfél méteren belüli magassághibákra fokozódhatnak anélkül, hogy az öntött aszfalt még megrepedne. A burkolat „még jó", hiszen zárt, vízzáró, „csak felületi hullámok vannak" rajta. Ezek a deciméternagyságú „hullámok" valójában *burkolt kátyúk*, és a gépjárművek (sőt esőben gyalogosok) számára ugyanolyan kellemetlenek és veszélyesek, mint a közönséges kátyúk, sőt annyival kedvezőtlenebbek, hogy sokkal később javítják ki őket. Ha ezek aszfaltbeton-burkolattal készültek volna, már a régen széttöredezett burkolatot rendbe kellett volna hozni.

B) Hogyan keletkezhetnek az ilyen nagyarányú deformációk? Érdekesek erre vonatkozóan az 1967...68. évi müncheni vizsgálati eredmények. Egy fékezési szakaszon 3 cm vastag öntöttaszfalt-burkolatban 3 év forgalma alatt 75 cm hosszúságon belül 4 cm magasságú hullám támadt. Másfél méteres burkolatdarabot kivágva megvizsgáltak (6-78*a* ábra), és azt tapasztalták (*Schmuck* 1968 [71]), hogy:

a) az öntött aszfalt minősége kielégítő,

b) a kötőréteg szabad hézagtartalma nagy, eredetileg kb. 10% volt, stabilitása viszont nem kielégítő, így a forgalom alatt erős utótömörödést kapott, ami maradó deformációkhoz vezetett,

c) a kötőréteg csökkent stabilitása a nagy eredeti szabad hézagon, tömörítetlenségen kívül még a gömbölyű kavicsszemek nagy aránya miatt állhatott elő. A kötőréteg inkább bitumenes kavics útalaphoz hasonlított, amelyet nagy kötőadagolással készítettek,

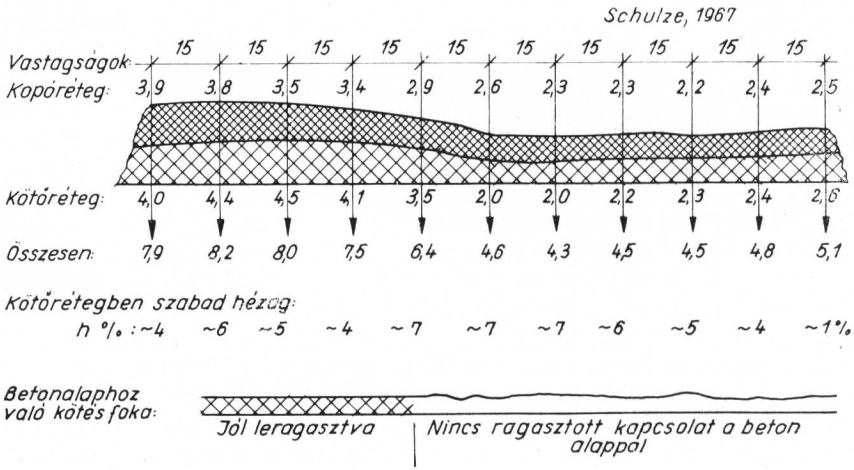
d) a kötőréteg kb. egy méteres sávon nem ragadt, nem kötődött le a különben sértetlen betonalapra, mert azt — láthatóan — az építés alatt nyilván az építési forgalom agyagos réteggel vonta be. 3 év alatt az eredetileg 3+4=7 cm vastag burkolatot a forgalom hatása az alaphoz nem lekötött részen 4,3 cm-re elvékonyította, a jól leragasztott szakaszon pedig 8,3 cm-re feltorlaszolta, és előállt 75 cm hosszon belül a 4 cm-es lépcső. Amíg az öntött aszfalt rétegben térfogatcsökkenés nem volt, csak lassú alakváltozással anyagátrendeződés, addig a kötőrétegben főleg utótömörödés, térfogatcsökkenés, emellett torlódásos átrendeződés is adódott.

A hiba megelőzésére az újraépítés során két szempontot kell kielégíteni:

— az új kötőréteget teljesen megtisztított betonalapra, gondosan leragasztva kell felvinni (pl. 0,8 kg/m² NB-90 vagy HB-2, vagy pedig 0,6 kg/m² bitumenemulzió segítségével),

— az új kötőréteg nagy belső súrlódású, jó minőségű zúzott anyagból készüljön, kötőanyag túladagolás nélkül, 2...6 térf.% közötti szabad hézaggal, 100% Marshall-tömörségre tömörítve. (Lehet teljesen tömör $h = 2\%$ szabad hézagú stabil, zárt kötőréteget is alkalmazni gumihengeres tömörítéssel, száraz időben, hogy így a hólyagképződést is megelőzzük.)

C) Egy jelzőlámpa előtti fékezési szakaszon deformálódott hullámos szakaszból kivett burkolatminta adatait és méreteit látjuk a 6-78*b* ábrán. A kb. 30 cm-enként megismétlődő 2,5...3 cm mély hullámvölgyek itt is elsősorban a porózus, sok gömbölyű szemcsét tartalmazó, nem elég stabil kötőréteg, valamint a szintén kevéssé stabil, kissé túladagolt bitumennel készült, nem kielégítően tömörített bitumenes kavics útalap felső 8 cm-es rétegének összenyomódásaiból, ritmikusan ismétlődő deformációiból keletkeznek. Ugyanakkor az *öntött aszfalt kopóréteg csak kíséri a deformációt*, de végig majdnem teljesen megtartja a vastagságát. A hullámos deformáció oka tehát legtöbbször nem az öntött aszfalt kopóréteg, hanem a kevéssé stabil kötőréteg és bitumenes kavics útalapréteg volt. Eddig felderítetlen kérdés, hogy a vízszintes fékerőhatásokból miért keletkeznek kb. éppen



6-78. *ábra.* Egy betonalapon fekvő, túl porózus, kevéssé stabil, s egy szakaszon az alaphoz nem kötődő kötőrétegen fekvő öntöttaszfalt-burkolat deformációja 75 cm-en 4 cm lépcsővel (München, Schmuck, 1968 [71])

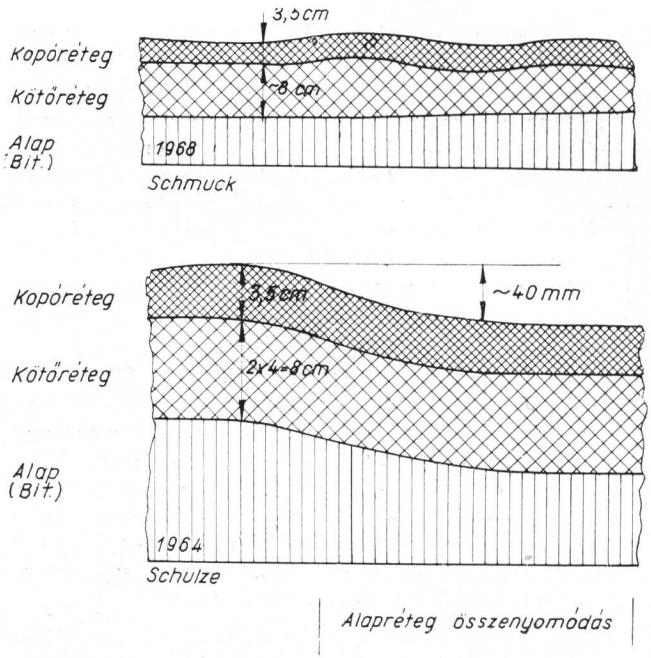
30 cm hullámhosszú, 3...5 cm amplitúdójú hullámok, a deformáció ritmikusan ismétlődő kisebb-nagyobb mértékű változtatásával. Nyilván a következő *D)* pont alatt tárgyalt vízszintes irányú deformációk is összefüggésben vannak a függőleges deformációs hullámok kialakulásával.

Kiegészítésül a 6-78*b* ábrában egy 1964. évi müncheni példát ismertetünk [61, 62] egy autóbuszmegállóból. Itt 8 cm magasságú hullám képződött 20...25 cm távolságon belül. A rokonság a 6-78*b* ábrában említett másik esettel abban áll, hogy itt is kielégítő a rétegek egymáshoz kötődése és az öntött aszfalt réteg itt is csak kíséri, de nem okozza az alakváltozást.

A hullámos deformációk megelőzésének egyik módja tehát: stabil, kevéssé deformálódó, nem nagy szabad hézagú, jól tömörített kötőrétegre és útalaprétegre van szükség, a rétegek jó összeragasztása mellett. Ahol ezen feltételek érvényesültek, ott Münchenben a jelzőlámpák előtt nagy forgalom mellett sem képződött hullámos felület.

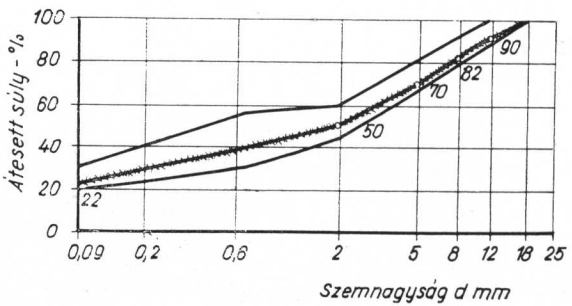
D) Az autóbuszmegállók és jelzőlámpák előtti fékezési sávoknál azonban nemcsak a magassági deformációk, hanem vízszintes irányú deformációk is előfordulnak a 6-79. ábra szerinti értelemben, és ezeket az öntött aszfalt rendesen repedés nélkül, lassú alakváltozással viseli el. Ilyen helyeken természetesen szükséges lehet, hogy az öntött aszfalt anyaga még nagyobb ellenállóképességet nyújtson. Berlinben 1960 óta folynak kísérletek az autóbuszmegállók, fékezési szakaszok öntöttaszfalt-összetételének optimális megállapítására (*Sahn*, 1967 [68]). Bevált keverék szemeloszlását közöljük a 6-80. ábrában: jellemzője a 22% töltőanyag, 28% zúzotthomok és 50% zúzalék 2...18 mm között. Kötőanyag B-30 körüli, esetleg B-15 bitumen volt, de a mennyisége csak 7...7,5% körüli lehet. Párhuzamosan eredményes kísérleteket folytattak a közönséges összetételű (berlini előírás szerinti) öntött aszfalt *azbesztadagolással való javítására* a szívósság fokozása érdekében. (Az azbesztszálak jelentős húzást képesek felvenni, az eternitcsövek anyagában az azbesztszálak olyan feladatot teljesítenek mint a vasbetonban az acélbetét.) Bár a laboratóriumi kísérletek során úgy látszott, hogy akár 2...3% azbesztanyagot is lehet adagolni, ha a bitument 1% azbesztanyagra vonatkozóan 1,5%-kal növeljük, az üzemi kísérletek közben azonban kitűnt, hogy a keverőgépek a keverőtelepen csak max. 1% azbesztet tudnak egyenletesen elkeverni. A kísérletek így 0,25...0,50...0,75% azbesztadagolással készültek, kevéssé több bitumennel. Az ilyen azbesztes öntött aszfaltokat nagyforgalmú jelzőlámpák elé beépítették, és az eredeti állapotot mutató négyzethálózat-jelölésekkel látták el. Kétéves vizsgálati idő alatt a 0,25% azbesztadagolás mellett még mutatkoztak vízszintes irányú deformációk, a 0,50... ...0,75% azbesztadagolás esetében azonban alig lehetett ilyen mozgást kimutatni.

E) Visszatérve a *hazai* öntöttaszfalt-burkolatok deformációira az autóbuszmegállóban és a forgalmas jelzőlámpák előtt: az első feladat stabil és tömör alap- és kötőréteg jó minőségének létrehozása és a rétegek jó összekötése; másodszor az öntött aszfalt ilyen helyeken feltétlenül kellően kis bitumentartalmú legyen. Csak ezen alapfeltételek teljesítése után lehet további eredményeket várni.



6-79. *ábra.* Egy jelzőlámpa előtti fékezési szakasz *(1)* és egy autóbuszmegállóban (2) meghullámosodott öntöttaszfalt-burkolat kivett próbadarab-metszete. Az öntött aszfalt rétegvastagsága közel állandó maradt, a deformációt a kevésbé stabil kötőréteg és a felső bitumenes kavicsréteg utótömörödése okozta [61, 62]

Minden esetre hangsúlyoznunk kell, hogy az autóbuszmegállók tekintetében Budapesten jóval nagyobb igénybevétellel kell számolni, mint bármelyik nyugati nagyvárosban. Egyrészt a budapesti tömegközlekedés lényegesen nagyobb, éppen a kisebb személygépkocsi-ellátottság és az olcsó menet-



6-80. *ábra.* Autóbuszmegállók részére alkalmazott öntött aszfalt szemeloszlási görbéje a berlini előírás határgörbéin belül (*Sahn*, 1967. [68])

jegyek miatt, másrészt a budapesti nagy csuklós autóbusz 10...12 t-ás nehéz tengelyeinek fékező és gyorsító hatása, a nagy tengelysúly és a viszonylag nagy sebesség miatt is különösen rongáló hatású. Erre jellemző, hogy a nagykocka kőburkolatú autóbuszmegállókban is lehet Budapesten jelentős vályúképződést észlelni, amiből nyilvánvaló, hogy a zúzottkő alap és az altalaj deformációja következett be.

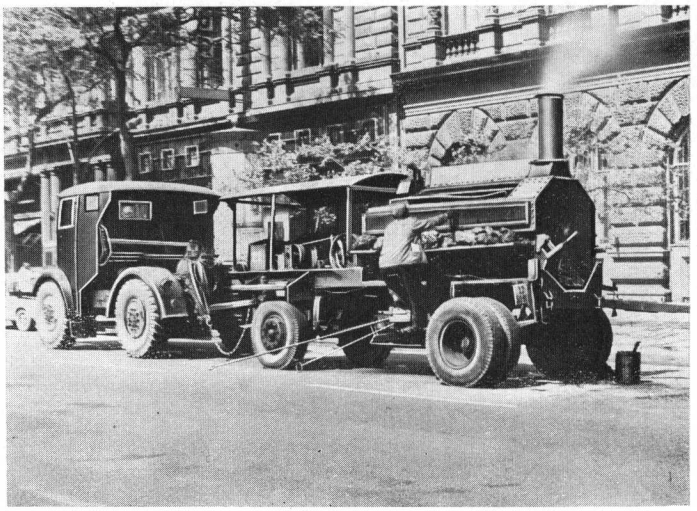
6.3.2. Öntött aszfaltok anyagának előállítása és szállítása

6.3.2.1. Öntött aszfalt előállítása és szállítása masztikátorokkal

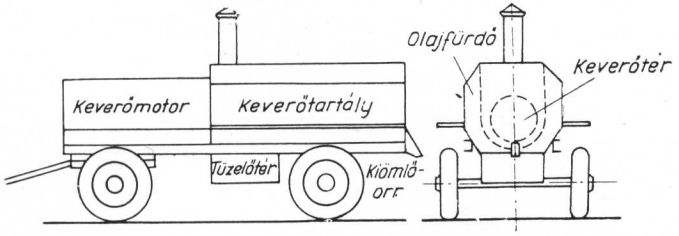
Az öntött aszfalt összetétele szerint sok töltőanyagot kell kemény bitumennel keverni, és a keveréket a beépítésig 210...240 °C hőmérsékleten kell tartani. Ezért az öntött aszfalt anyagának előállítására és szállítására állandó olaj- vagy gáztüzeléssel ellátott *masztikátort* alkalmazunk.

A *masztikátor* alvázra szerelt berendezés, amelynek fő részei a 6-81. ábrán láthatók. A jellemző keresztmetszetét a 6-82. ábrán ábrázoltuk. A keverőtér 2 vagy 3 m³, ami kb 4 vagy 6 t öntött aszfalt keverésére és szállítására alkalmas. A keverőtér saroknélküli, henger alakú teknő. Benne kettős tengelyen 8 keverőkúp forog percenkénti 4 fordulattal, úgy, hogy a teljes keverőtérben az anyagot körirányban és hossztengely irányban is mozgatja. A kb. 10 LE teljesítményű keverő motor állandóan dolgozik nemcsak az aszfaltelőállítás, hanem a szállítás és az öntött aszfalt beépítése közben is. A keverőtér alatt helyezkedik el az olajtüzelésű melegítőberendezés, amely a keverőtérhengernek nemcsak az alját, hanem a füstgázokkal az oldalsó részét is melegíti. Az olajtüzelés fogyasztása kb. 20 kg olaj óránként. A 4 és 6 t-ás masztikátorkocsi teljes súlya 10...15 t körüli.

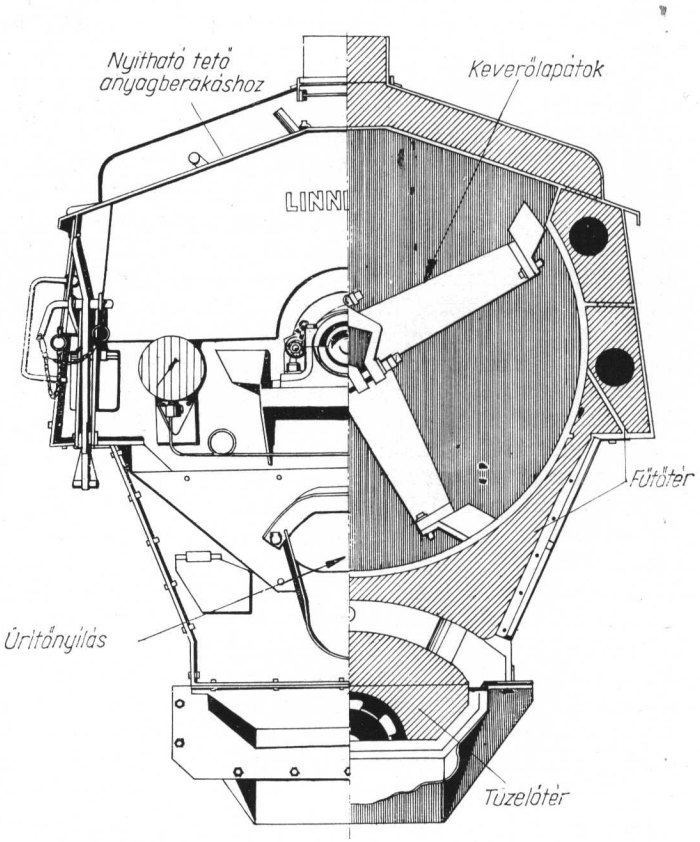
Az öntött aszfalt készítésekor először a kemény bitument adjuk a keverőtérben, rendesen tömb alakban. Ennek megolvadása után a mészkőlisztet adagoljuk be, utána a homokot, végül a zúzalékot kisebb adagokban, hogy a keverőmotor a száraz anyag nagy belső súrlódása miatt le ne álljon. A keve-



6.28 kép. Hazai gyártású masztikátor-főzőkocsi, városi útburkolatépítéshez



6-81. ábra. Vontatott motoros masztikátor (habarcsosító keverő—főzőgép) jellegrajza, az öntött aszfalt előállítására, valamint szállítására való



6-82. ábra. Linnhoff-rendszerű masztikátor keverőterének metszete

rési idő a 210...240 °C hőmérsékletre való felfűtési idővel együtt gyártási adagonként kb. 8...10 óra, mert előmelegítetlen, sokszor nedves anyagokat dolgoznak fel. A keverési időt jelentősen csökkenteni lehet, ha az adalékanyagokat és a mészkőlisztet is előmelegített állapotban adagolják be. Ekkor is szükséges azonban néhány óra főzés—keverés, hogy homogén és légzárványok nélküli kenhető öntött aszfalt jöjjön létre.

Olyan helyen, ahol öntött aszfalt állandóan szükséges (pl. nagyvárosokban), stabil, beépített masztikátorokat is alkalmaznak. Az itt előállított öntött aszfaltot felhasználás előtt a stabil masztikátorból a vontatott, mozgó masztikátorba töltik át, ahol a 210...240 °C hőmérsékletet olajfűtéssel szállítás közben is létrehozzák.

6.3.2.2. Öntött aszfalt előállítása aszfaltbeton keverőtelepen és utánfőzéssel

Ha nagymennyiségű öntött aszfalt szükséges, főleg külső útszakaszon vagy autópályán, akkor az öntött aszfalt anyagát a szokásos, aszfaltbetonok előállítására alkalmas keverőgéplánc segítségével készítik elő. Az aszfaltbeton-gyártáshoz képest az első szakaszban csak annyi a különbség, hogy a viszonylag nagy mennyiségű mészkőlisztet külön, olajtüzelésű kisebb szárító—melegítő-dob segítségével felmelegítik. (Ezen kisebb dob működése hasonló a szokásos nagy forgó szárítódobhoz, azonban nincs exhausztora.) A keverőgépben előkevert adagokat azonban felhasználás előtt motoros masztikátorkocsiba ürítik, és az ott összegyűlt 4...6 t anyagot előírás szerint még 1 óra hosszat keverik és főzik. Így az 1 órában a szállítás és a beépítésnél a kocsirendezés, várakozás ideje is benne van, tehát nagy teljesítményeket is viszonylag kevesebb masztikátorkocsival, gazdaságos üzemmel lehet lebonyolítani.

Az aszfaltbeton keverőtelepen előkevert aszfaltanyagot utána kell főzni a masztikátorban, mert a kemény bitumen a finom adalékanyagot még csak csomósan vonja be. Azért kell az utánfőzés, hogy az anyagból a gyúrás—főzés nagy, 210... ...240 °C hőmérséklet beállítása mellett homogén, buborékoktól és csomóktól mentes kenhető öntött aszfalt váljon beépítés előtt.

A nyugatnémet autópályákon öntött aszfaltburkolatok esetében kizárólag ezt a módszert alkalmazzák, vagyis a nagyteljesítményű aszfaltbeton keverőtelepen megkeverik az aszfaltot, majd többnyire speciális 10 t befogadóképességű nagy *szállító masztikátorokba* ürítik (pl. Linnhoff-gyártmány, 6-29 kép). Ezek a nagy masztikátorok önálló keverésre kevésbé alkalmasak, de az 1 órás (egyes külföldi munkahelyen csak fél órás) utánkeverés és szállítás ideje alatt a motorjukkal és olajfűtő-berendezésükkel az állandó keverést és fűtést megvalósítják. Az ilyen nagy 10 t-ás szállító masztikátorok sík alaplappal készülnek úgy, hogy bármely kb. 12 t raksúlyú billenő platós tehergépkocsira rá lehet tenni és rögzítve szállítani.



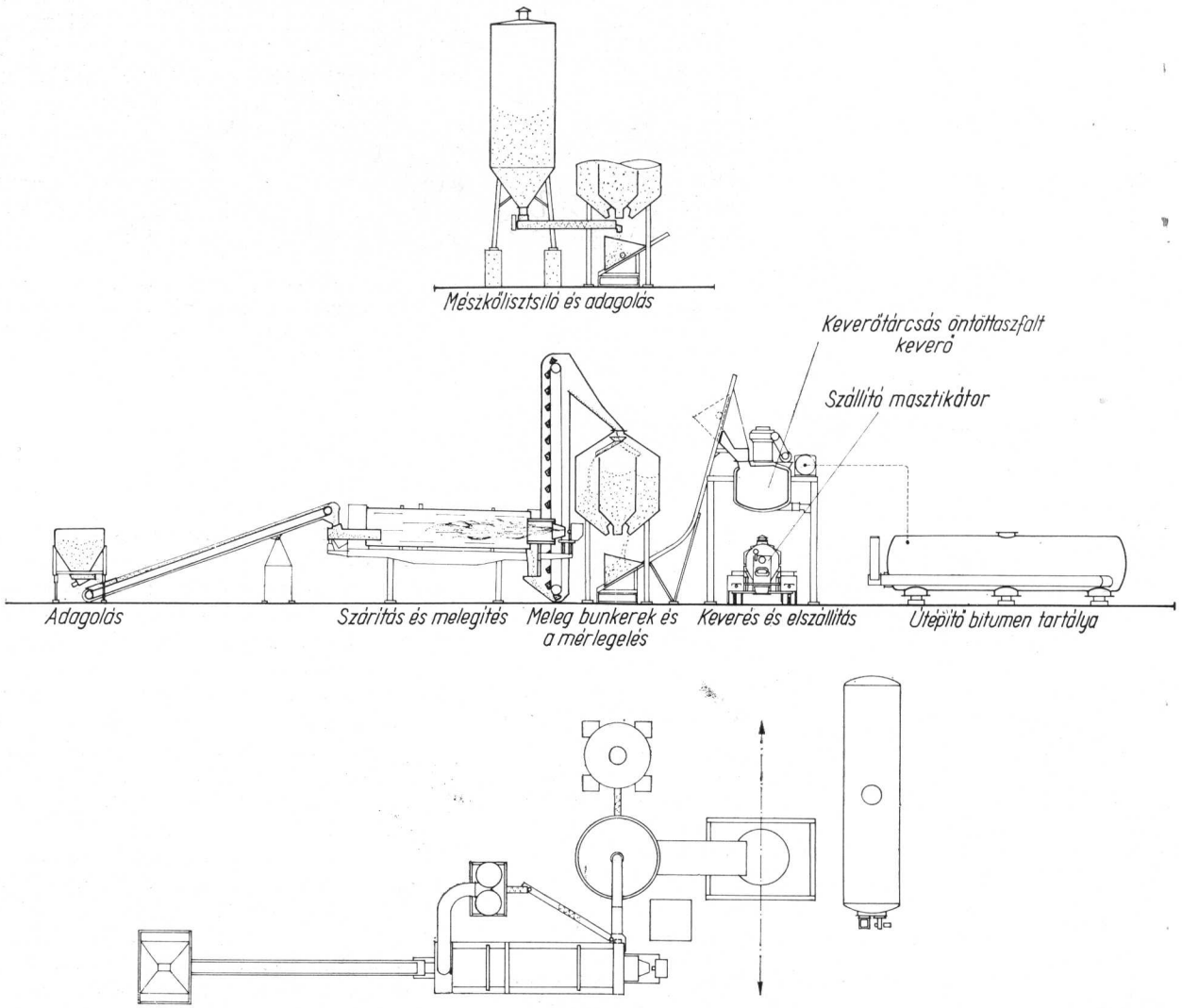
6.29 kép. Nagy 10 tonnás *Linnhoff* szállító masztikátor főzőkocsik német autópályaépítésnél, tehergépkocsi platójára szerelve. Az öntött aszfaltot először nagy teljesítményű (180 tonna/óra) aszfaltbeton-keverőtelepen előkeverik, majd a melegített készanyagtároló bunkerből a főzőkocsikba eresztve, szállítás közben fél óra hosszat utánkeverik és főzik (STRABAG-fotó)

Ez gazdaságos megoldás, mert a viszonylag nagyobb számú masztikátor koncentrált munkájának befejezése után a tehergépkocsikról leszerelve, a kocsikat más szállítási munkára lehet felhasználni.

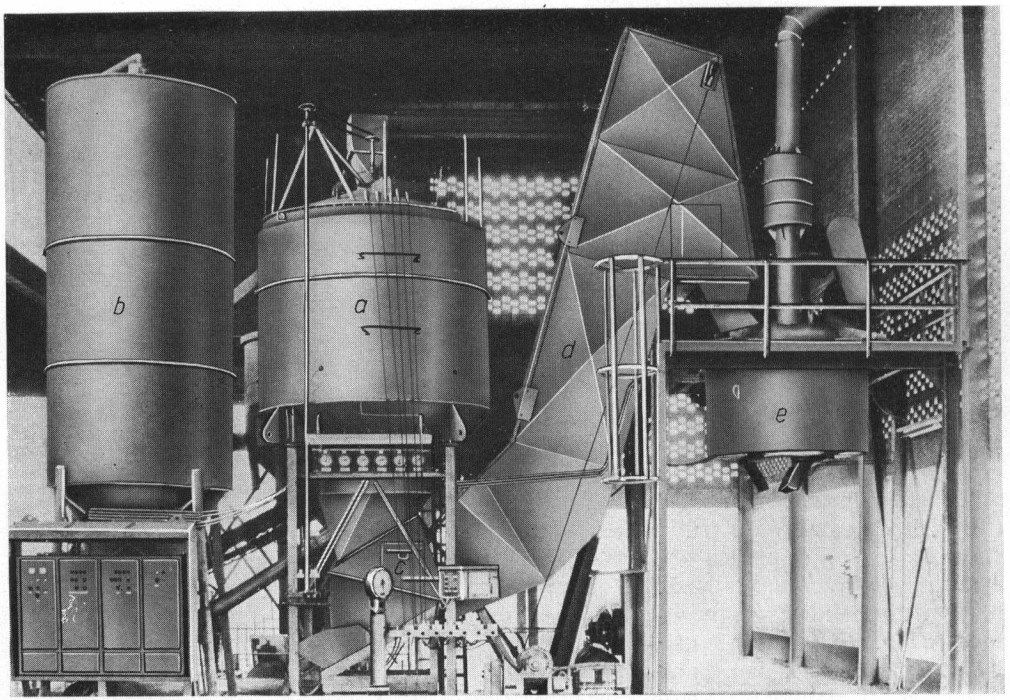
Így autópálya-építésekhez többnyire 150 t/h körüli teljesítményű keverőtelepeket alkalmaznak, amelyekben kb. 150 t bitumenes kavicsot, viszont csak kb. 90 t öntött aszfaltot tudnak óránként megkeverni. Ezek utánfőzéséhez és szállításához minimálisan 9 db 10 t-s, vagy 15 db 6 t-s masztikátorkocsi szükséges.

6.3.2.3. Öntöttaszfaltgyártás keverőtárcsás rendszerű stabil öntöttaszfalt-keverő géppel

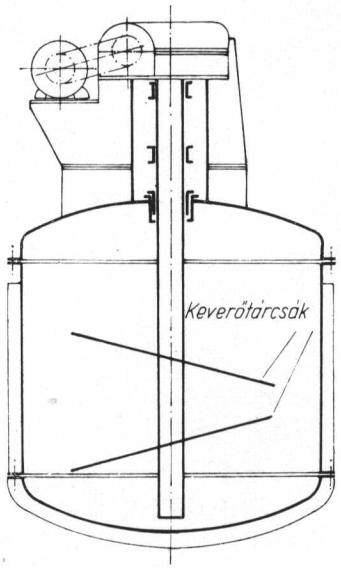
Közepes teljesítményű, de folyamatosan 10...20 t/h mennyiségű öntött aszfalt előállítására sikerrel alkalmazzák már nálunk is az ún. keverőtárcsás *WIBAU rendszerű* öntött aszfalt keverőgépláncot, amelynek részeit a 6-83. ábrán látjuk. Az ötrekeszes *előadagolóból szállítószalag* frakciónként külön viszi az anyagot az olajtüzeléses forgószárítóba. Innen a *meleg elevátoron* keresztül a frakció tisztán és forró állapotban az ötrekeszes hőszigetelt *forró anyag silóba* kerül, amelynek hőszigetelése 10 óra alatt is csak 5 °C hőmérséklet-veszteséget enged meg. Az öt silórekeszt tehát külön-külön, egymás után töltik meg. A mészkőliszt a külön *mészkőlisztsilóból* jut a forró anyagtároló siló egyik rekeszébe, közben azonban a *szállítócsiga fűtött szakaszán* ezt is 200 °C fölé melegítik. A forró anyag siló rekeszeiből pneumatikusan működtetett rekeszajtókon át összeadó rendszerű *súlymérlegen* keresztül az összetételnek megfelelő súlyarányokban kerülnek tartályba az egyes forró frakciók. A *felvonó* a keverési adagot felviszi és beönti az olajfürdővel fűtött *keverőtárcsás keverőgép* keverőterébe, ahová a kellő hőmérsékletre hevített bitument is bepermetezik. Az adagot megkeverése után azonnal az előtte álló szállító motoros masztikátorkocsiba űrítik. (Néha felvonó helyett tornyos elrendezésben a forró anyag silót a keverőgép fölé teszik, és a mérlegelést azonnal a keverőtérben végzik.)

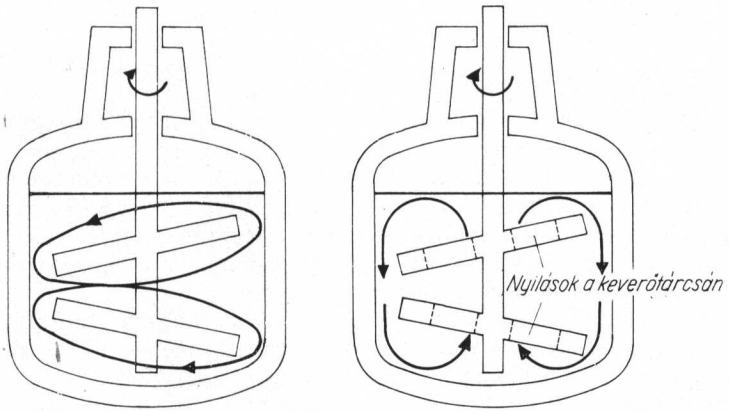


6-83. ábra. *WIBAU*-rendszerű keverőtárcsás öntöttaszfalt-keverő gép lánc technológiai folyamata



6.30 kép. *Wibau*-rendszerű keverőtárcsás stabil öntött aszfalt keverőtelep városi használatra, 24 tonna/ó teljesítménnyel (6 db 4 tonnás masztikátor-kocsi óránként) *a)* 5 rekeszes forró adalékanyagtároló bunker mérlegelő berendezéssel, *b)* mészkőliszt-siló, *c)* keverőtárcsás keverőtér, *d)* készkeverék-felvonó, *e)* fűtött tárolóbunker a kész öntött aszfalt számára





6-84. ábra. A WIBAU-féle keverőtárcsás, fűtött keverés esetén a kevert anyag vízszintes és magassági irányban is állandóan mozog, hatékonyan gyúródik és a köpenyfaltól jelentős hőmennyiséget vesz át

A speciális keverőtárcsás keverést és keverőteret a 6-84. ábrán látjuk. Lényege a külső köpennyel fűtött keverőtérbe felülről benyúló forgó tengely, amelyen két, egymással ellenkező irányú szögben állított keverőtárcsa van. A körtárcsák lapján különben egy sor kör alakú nyílás van. Amikor a tengely és a keverőtárcsák forognak, akkor a kevert anyag egyenletesen és hatékonyan keveredik, mert részben körben mozog, részben pedig a tárcsák környílásai miatt magassági irányú fel-le mozgást is végez, és a jó keveredés mellett az anyag sokszor jut a fűtött köpenyfalhoz, amelytől a hőt átveszi. Emellett a keverés módja jelentős mértékben *gyúró jellegű*, ennek köszönhető, hogy az így megkevert 2...4 t-ás keverési adag 10...15 min keverési idő alatt teljesen homogén, buborékmentes, kenhető, kellő hőmérsékletű kész öntött aszfaltot ad. A motoros masztikátorkocsi feladata itt tehát már csak a beépítéshez való szállítás alatti keverésben van.

Ennek a rendszernek az előnye közepes teljesítményszükséglet esetében (városi utakon) abban áll, hogy az öntött aszfalt készítés ideje lerövidül, minden a műszakon belül,

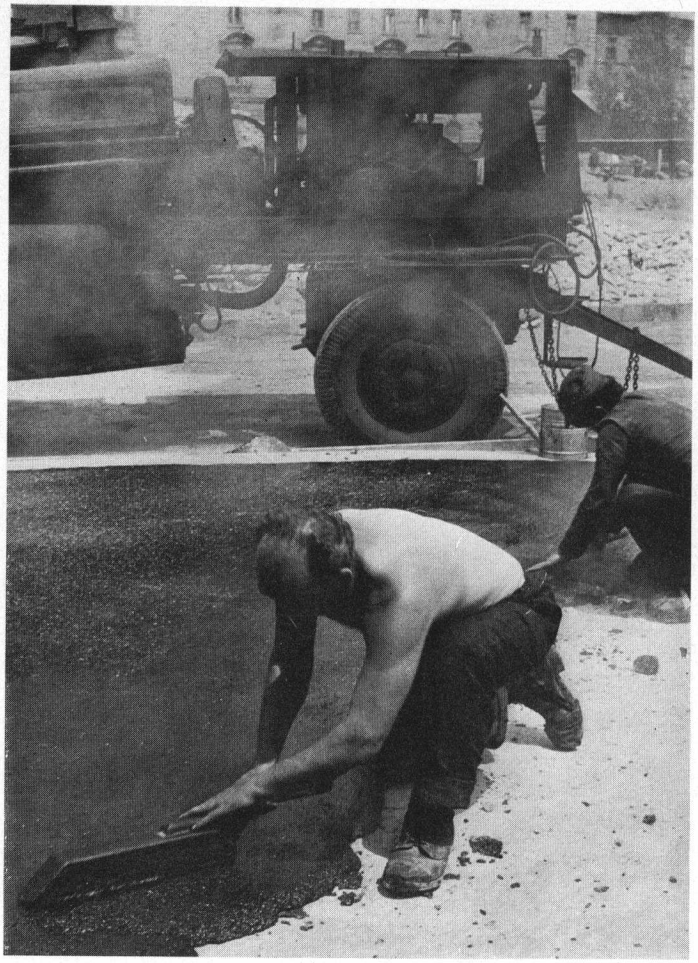
általában nappal, az építéssel párhuzamosan mehet végbe, és ezzel a motoros masztikátorkocsik munkáját, kopását és főleg számát kedvezően csökkenti. Ha ugyanis csak masztikátorkocsikkal készítünk öntött aszfaltot, akkor a 6...8 órás keverési idő miatt éjszakai műszakban kell keverni a reggeli beépítéshez, emellett jóval több masztikátorkocsi kell, és azok sokkal jobban elhasználódnak.

6.3.3. Öntöttaszfalt-burkolatok beépítése

6.3.3.1. Öntött aszfalt kézi beépítése

Az öntött aszfaltot a masztikátor szállítja a helyszínre, ahol a csapolónyíláson keresztül 210...240 °C körüli hőmérsékleten eresztik a lassan folyós aszfaltanyagot vastalicskába. A vastalicska falát *imprimollal* kell bekenni, hogy ne ragadjon hozzá az aszfalt. (Az imprimol szulfonált növényi olaj és víz emulziója. Fáradt olajat erre a célra szigorúan tilos felhasználni, mert hólyag- és zárványképződést okoz az öntött aszfaltban.) A talicskából a kötőrétegre vagy alapra kiöntött keveréket a térdelő aszfaltozó szakmunkás kézi simítófával dolgozza el az előírt rétegvastagságban, és addig egyengeti, simítja, amíg az öntött aszfalt felülete teljesen simává és bársonyossá nem válik. Ha gőzhólyagok keletkeznek, azokat ki kell lyukasztani és el kell simítani. Az elterített és elsimított öntött aszfalt réteget ezután kézi fahengerrel még tovább simítgatják. A burkolatszélek, víznyelők, más csatlakozó szerelvények oldalfelületeit előzetesen bitumennel be kell kenni, majd az öntött aszfaltnak hézagmentesen kell hozzájuk csatlakoznia. A burkolat felületével azonos magasságban elhelyezett szerkezetekre és a süllyesztett szegélykövekre kb. 3...4 mm magasságban kell öntött aszfalttal rátakarni. Gondosan kell kialakítani a napi műszak végén vagy hosszabb szállítási szünet kezdetén a burkolat lehatárolását és a csatlakozást. Ilyenkor rendesen a rétegvastagságnak megfelelő vasrúd vagy vaslemez mellett egyenes vonalban fejezzük be a burkolatot. A folytatáskor a vasrudat eltávolítják és az aszfalt roncsolt végét kb. 5 cm szélességben függőleges felülettel levágják. Ezután az új forró aszfaltanyagot 20...30 cm széles sávban ráterítik, így *fel kell melegíteni a csatlakozó felületet.* Fellágyulás után a régi felületet a simítófával gondosan össze kell dolgozni az újonnan fektetett résszel lépcsőképződés nélkül úgy, hogy *ne lehessen a csatlakozási varratot észrevenni.* Sok helyen az ilyen gondos varratcsatlakozást nem hajtják végre; itt nem csak az esztétikai hátrány, az élesen látható határvonal hátrányos, hanem az a veszély, hogy a nem tökéletes csatlakozás repedésképződésekhez vezet és a vízbeszivárgás a romlás kezdeti oka lehet.

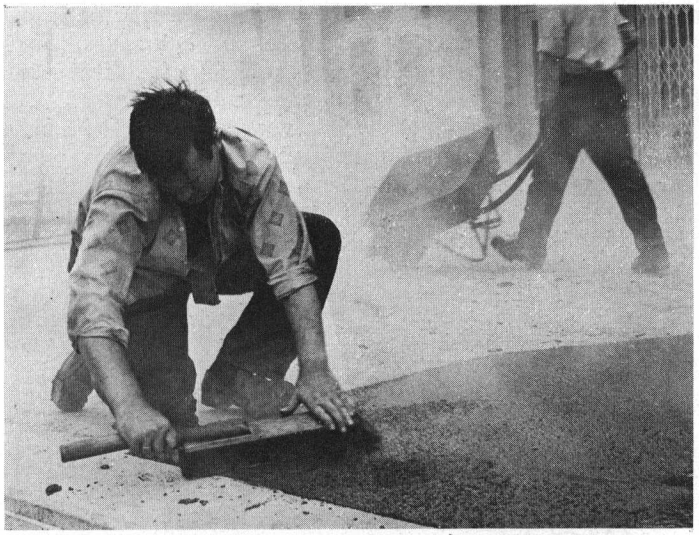
A kézi terítéskor is max. 6 mm-es hullámot lehet csak megtűrni a 4 m-es léc alatt. Ezért az építés közben az aszfaltozó szakmunkások rendszeresen ellenőrzik az egyenes élű léccel a



6.31. kép. Öntött aszfalt kézi bedolgozása járdán

felület hullámosságát, és ahol jelentősebb hibát találnak, azt a területet egyenes vonalakkal határolt idom mentén kivágják, és újra kitöltik, bedolgozzák, most már hullámmentesen öntött aszfalttal. (A kivágott öntött aszfaltrész a masztikátorba visszatehető, ahol felolvad.) A kézi terítés minősége, felületének hullámossága nagymértékben a szakmunkások ügyességétől, tudásától és főleg lelkiismeretességétől függ.

Az utóbbi években különösen fontos, hogy a hullámok nagyságát menet közben, a bedolgozás után meleg állapotban közvetlenül ellenőrizzék a lécekkel, és ha kell javítsák, ugyanis a *zúzalékos érdesítést* még a meleg anyagon kell elvégezni úgy, ahogy azt a 6.3.1.5. pontban (372. oldal) már leírtuk. A kézzel szórt zúzalékréteg behengerlés után is már alkalmatlanná teszi a felületet arra, hogy a hullámosságot a 4 m-es léccel ellenőrizni lehessen.



6.32 kép. Öntött aszfalt kézi lehúzása szegély mellett

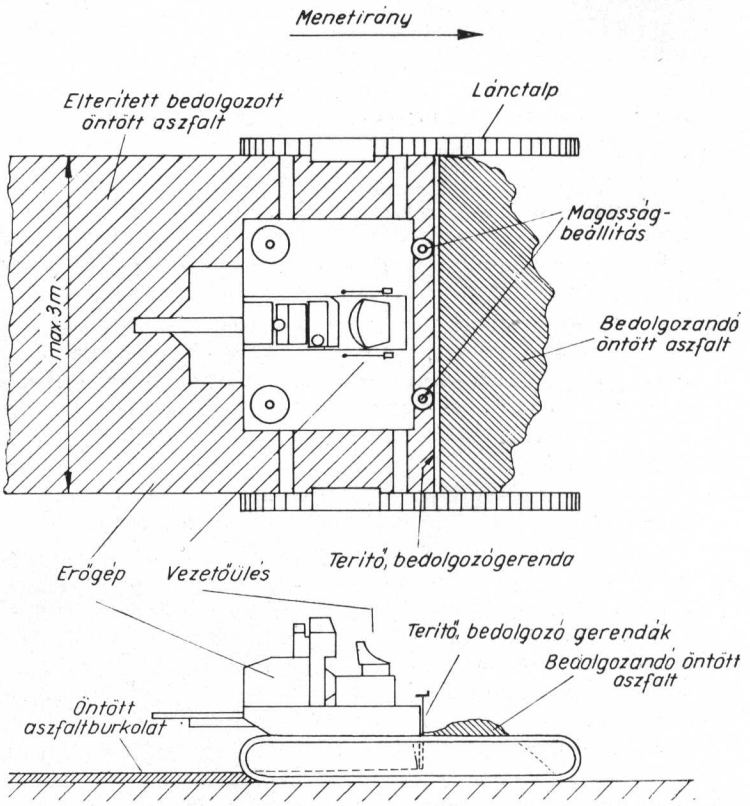
6.3.3.2. Öntött aszfalt gépi beépítése

Az öntött aszfalt gépi beépítésére először 1953-ban Berlinben került sor városi útszakaszon, az ezt követő fél évtizedben terjedt el az öntött aszfalt használata autópályákon, sínen mozgó terítőgépekkel. Magyarországon 1965 óta dolgoznak gépi terítéssel. Ennek előnye nemcsak a nagyobb teljesítmény, a nehéz fizikai munka kiküszöbölése, hanem jelentősen jobb minőségű, hullámmentesebb felületet lehet elérni, jobb minőséget adó kisebb bitumentartalom mellett.

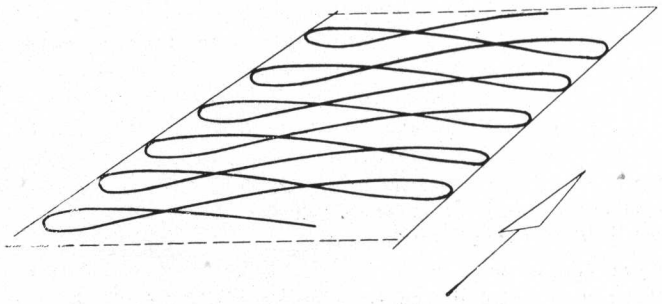
A) Öntött aszfalt beépítése *hernyótalpas könnyű terítőgéppel, döngölő hatású elosztópallóval.* A városi utakon jól bevált az öntött aszfalt fektetésére a *Linnhoff-Normalfertiger* nevű kis, 10 LE-s motorral működő hernyótalpas aszfaltbedolgozógép, amely aszfaltbeton, bitumenes kavics mellett öntött aszfalt bedolgozására is alkalmas max. 3,00 m-es sávban, max. 20 t/h teljesítménnyel (ez kb. 15...20 aszfaltozó munkás teljesítményének felel meg). A gép elrendezését a 6-85. ábrán láthatjuk. Az öntött aszfalt fektetésekor az anyagot 230 °C hőmérsékleten a masztikátorból kiöntve közvetlenül a finiser hernyótalpai közé, a kötőréteg vagy alap felületére kerül. A lassan haladó finiser hidraulikusan emelhető lehúzópallójával állítják be a rétegvastagságot. Az öntött aszfaltréteg jó bedolgozását (6-86. ábra) a max. 700/min rezgésszámmal dolgozó döngölő—terítő-gerenda úgy segíti elő, hogy döngölés közben az Amman-féle szabadalom szerint egyszerre függőleges, hátrafelé és oldalirányban való mozgást végez a döngölő—lehúzópalló, és ezzel az aszfaltozómunkás kézi fasimító munkáját utánozza. Bár ez a gép nem éri el a nivelláló finiserek munkájának felületi minőségét, mégis az öntött aszfaltra elég hullámmentes felületet ad jó gépkezelés mellett (l. később).

A zúzalékos érdesítést ezután természetesen kézi szórással és benyomó hengerléssel végzik.

B) *Sínen mozgó merev lehúzógerendás öntött aszfaltbeépítő gépláncot* főleg nagy teljesítmények esetében *autópálya építésekor* alkalmaznak, elsősorban Németországban. A járósíneket vagy a betonvezető sávokra helyezik, vagy pedig az

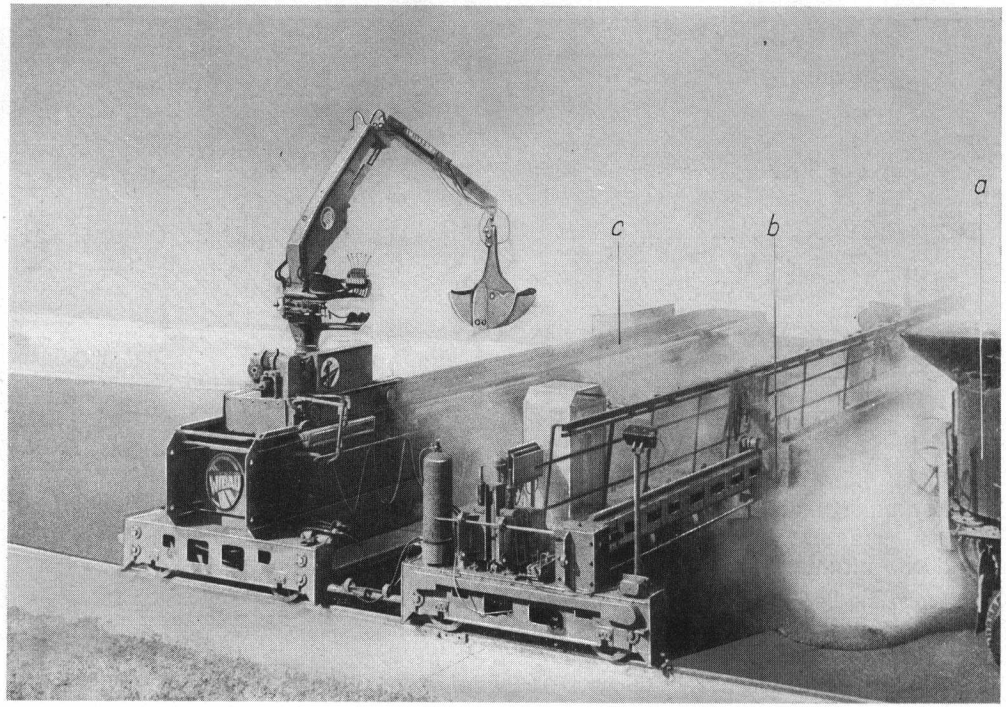


6-85. ábra. Könnyű aszfaltfiniser (Linnhoff) 3,00 m széles öntött aszfalt burkolatsáv fektetésére alkalmas. Az öntött aszfaltot a kötőrétegre vagy alapra közvetlenül ürítik a lehúzópalló elé, a hernyótalpak közé

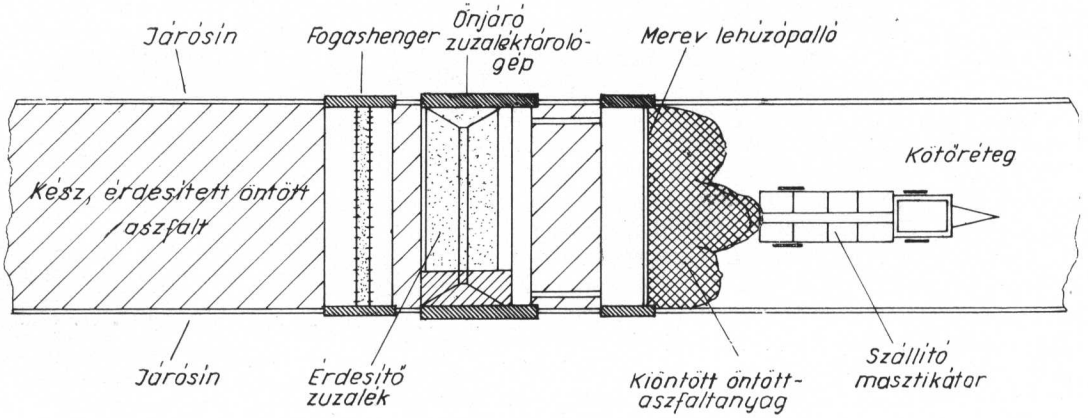


6-86. ábra. A döngölő—terítőgerenda összetett mozgása a bedolgozást és símítást hatékonyan végzi el

aszfaltburkolat 50 cm-es sávjára — a két szélen kézzel elkészítve — helyezik a síneket. Végül szóba jöhet a szélesebb kötőrétegre való helyezés is. A géplánc tagjai általában a következők (6-87. ábra): a kézi vezérlésű merev lehúzópallós finiser, mögötte az érdesítő zúzalékot tartalmazó tartály és szórókocsi motormeghajtással, végül a fogas henger, amit ma már többnyire elhagynak. Ezen megoldásban a lehúzópalló merev, nincs döngölő mozgása és hatása, ezzel szemben gázlánggal fűtik a lehúzógerendát, amely így egyenletes felülettel teríti el az öntöttaszfalt-burkolatot. Az érdesítő zúzalékot elosztó gép gépi elosztónak nem vált be. Többnyire egyszerűen sínen mozgó zúzaléktartálynak használják, és állványáról lapáttal, kézi úton szórják a felületre az érdesítő zúzalékot. Sokszor ezen gépegységben van a vontató motor is, amely megfelelő összekötéssel a finiser lassú mozgatását is megoldja. Ez a merev lehúzópallós finiser elsősorban a kb. 40...45% zúzalékkal, B-65 vagy B-45 jelű bitumennel készített közönséges zúzalékdús öntött aszfalt bedolgozására alkalmas.



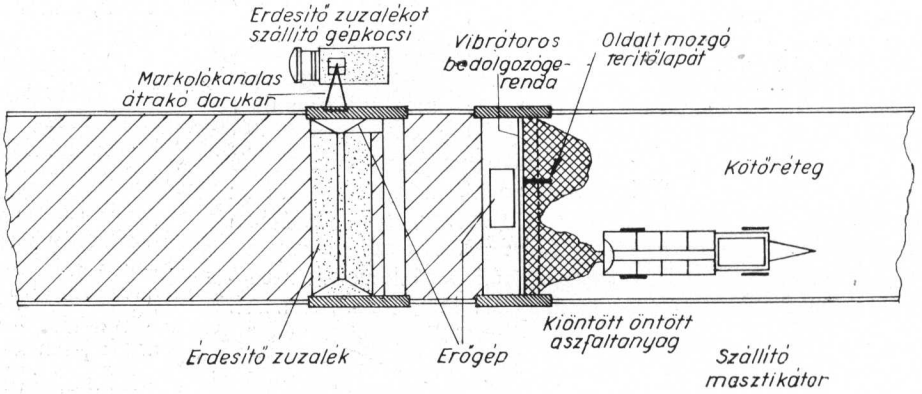
6.33 *kép. Wibau*-rendszerű sínen járó öntöttaszfalt-bedolgozó és érdesítő géplánc, német autópályaépítésnél *a)* szállító főzőkocsi, *b)* terítő-bedolgozógép, fűtött és vibrációs lehúzópallóval, durva öntött aszfalthoz is alkalmas, *c)* zúzalékszóró gép, a zúzaléktartály töltésére szolgáló markolóval



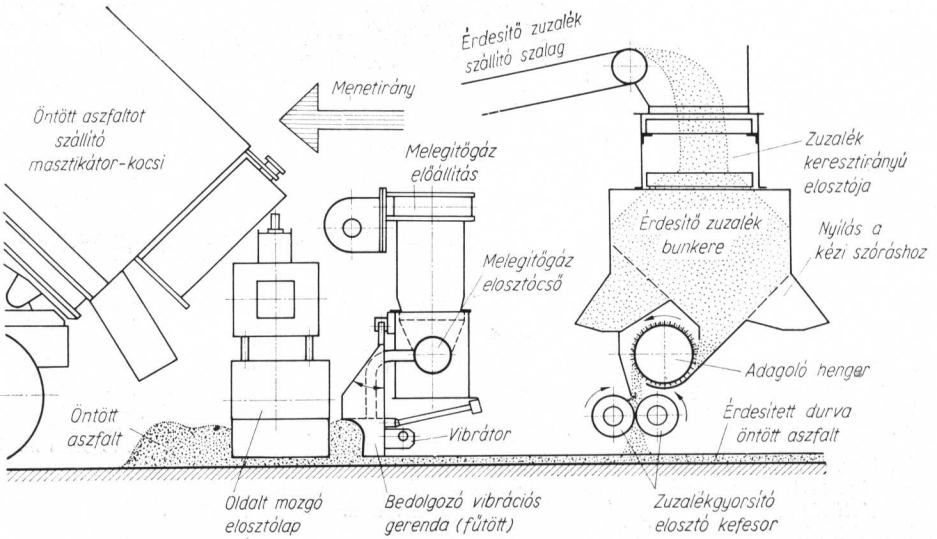
6-87. *ábra.* Autópálya öntött aszfalt burkolatának építésére alkalmas, sínen mozgó bedolgozó géplánc: *a)* merev lehúzógerendás fűtött öntött aszfalt terítőgép; *b)* motormeghajtású zúzaléktartály és -szóró berendezés; *c)* tüskés henger sínen járó kerettel

C) *Sínen mozgó vibrátorgerendás, elosztólapátos öntött aszfalt bedolgozó géplánccot* a *STRABAG* nagyvállalat 1968. évben alkalmazta először a nyugatnémet autópálya-építések során. Az új nagy teljesítményű berendezés a fejlődést jelentő 55% zúzalékkal és B-30 jelű kemény bitumennel készült „durva öntött aszfalt" (Rauhgussasphalt) beépítésére való (6-88. ábra). A finiser önjáró, motoros, amely energiával látja el a vibrációs tömörítő mozgást végző és gázlánggal fűtött terítőgerendát. A terítőgerenda alakja különlegesen íves az egyenletes terítés érdekében (l. a 6.91b ábrát). A terítőgerenda előtt a kötőrétegre űrített öntött aszfalthalmokat, a finiser vázára szerelt, az úttengelyre merőleges irányban gépi úton mozgatott elosztó géplapáttal egyenletesen szétterítik. Az 55% zúzalékkal, keményebb bitumennel készült „durva öntött aszfaltot" STRABAG csak ilyen speciális nagy teljesítményű finiserrel lehet gazdaságosan beépíteni. A finiser mögött sínen mozgó önjáró zúzalék bunker van, amelyet saját markolódaruval oldalról lehet megtölteni. Innen kb. 1...3 kg/m² 6 mm-es impregnált nemes zúzalékot szórnak szét érdesítőül, és ezt már nem hengerlik be.

(Megjegyezzük, hogy 1970 óta a WIBAU gyár ezt a gépláncot járósín nélkül, önjáró hernyótalpas változatban gyártja.)



6-88a. ábra. A STRABAG-rendszerű durva öntött aszfalt bedolgozására alkalmas sínen mozgó géplánc: *a)* fűtött, ívelt alakú vibrátoros terítőgerendával dolgozó önjáró finiser, előtte oldalirányban dolgozó előterítést végző gépi terítőlapáttal; *b)* önjáró zúzaléktartály érdesítéshez, henger nélkül



6-88b. ábra. Az előző ábra öntött aszfalt-bedolgozó gép láncának keresztmetszeti ábrázolása (WIBAU gépek)

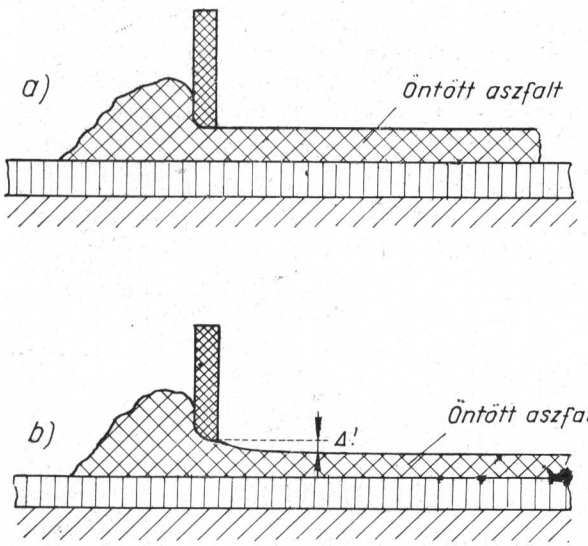
6.3.3.3. Öntöttaszfalt-burkolatok felületi egyenletességének megvalósítása az építés alatt

Az öntött aszfalt bedolgozására az aszfaltbetonok esetében alkalmazott úszógerendás automatikusan szintező rendszerű finisereket alig használják, inkább a hernyótalpas vagy sínen járó, de lényegében merev gerendás terítőgépeket. Emiatt a gépi bedolgozású öntött aszfalt felületének hullámossága kissé nagyobb, mint a legjobb aszfaltbeton-burkolaté. Gondos munka mellett azonban teljesen kielégítő felületet lehet a merev gerendás gépekkel összeállítani. Feltétlenül ügyelni kell azonban az alábbi fő szempontokra:

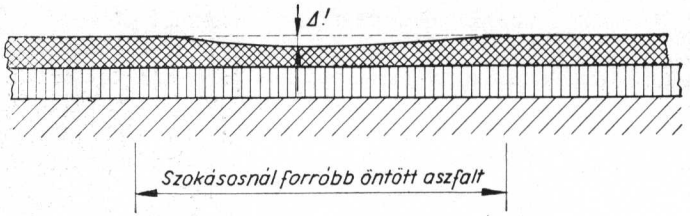
a) Az öntött aszfalt felületi egyenetlenségének, hullámmentességének alapvető feltétele, hogy az útalap és a kötőréteg az öntött aszfalt alatt tömör és stabil legyen, mert az öntött aszfalt az alap deformációit átveszi (l. 6.3.1.6. pont) (6-78. ábra).

b) Az öntöttaszfalt-burkolat, kötőréteg és az alap között jó kötés legyen, mert a szennyezett, agyagos felületre tett öntött aszfalt a vízszintes járműerőktől meghullámosodhat (6-77. ábra).

c) Egyenletes hőmérsékletű és egyenletes összetételű öntött aszfalt anyagot kell bedolgozni, mert különben az aszfalt rétegvastagsága változik a változatlan magasságban tartott terítőgerenda esetében is. A 6-89. ábra szerint ugyanis a kedvező viszkozitású és plasztikus állapotú keverék rétegvastagsága azonos a terítőgerenda által megszabott szinttel.



6-89. ábra. a) Ha az öntött aszfalt plasztikussága normális, akkor a rétegvastagság a terítőgerenda után normális. *b)* Ha kihűlt aszfalt vagy túl nagy belső súrlódás miatt kevéssé plasztikus az aszfalt, a terítőgerenda mögött vékonyabb rétegvastagság alakul ki



6-90. ábra. Hullámot okoz a felületen, ha egy szakaszon a szokásosnál forróbb öntött aszfaltot fektetünk, mert a lehűléskor adódó összehúzódás, rétegvékonyodás a forróbb szakaszon nagyobb lesz

Ha a kisebb hőmérséklet vagy nagyobb belső súrlódású keverék miatt az aszfalt kevésbé plasztikus állapotú, akkor a gerenda magával húzza a szívósabb anyagot, és a rétegvastagság kisebb lesz. Ha a hőmérséklet és összetétel ingadozik, akkor a vastagság is ingadozik, és a felület hullámos lesz.

d) Az egyenletes hőmérsékletű aszfaltanyag fektetés közben azért is fontos, mert a hézag nélkül fektetett öntött aszfaltréteg a nagy hőmérsékletről lehűlve összehúzódik, benne húzófeszültségek keletkeznek, amelyek azonban az alakváltozásban az összehúzódásban meg is szűnnek. Ha viszont a 6-90. ábra szerint az öntöttaszfalt-burkolatba különlegesen forró anyagot dolgoztak be, akkor az eredetileg teljesen sík felület hullámos lesz, mert az eredetileg forróbb anyagból álló burkolatszakasz vékonyabbra húzódik össze a kihűlés alatt. (Ez a jelenség kézi és gépi bedolgozáskor egyaránt jelentkezik.)

e) Egyenlőtlen rétegvastagsághoz vezet az is, ha a terítőgerenda különböző magasságra feltorlódott aszfaltanyagot tol maga előtt. Az öntött aszfalt úgy viselkedik, mint nagyon viszkózus folyadék, amelynek folyadéknyomása is van. Így a kis magasságúra torlódott aszfalt esetében a rétegvastagság szabályos, amíg magasabbra összetorlódott aszfalt folyadék nyomása a terítőgerenda másik oldalán kissé nagyobb rétegvastagságot eredményez (6-91. ábra). A vastagságingadozás, hullámképződés különösen akkor jelentős, ha a finiser haladási sebessége változó, főleg pedig ha az többször megáll.

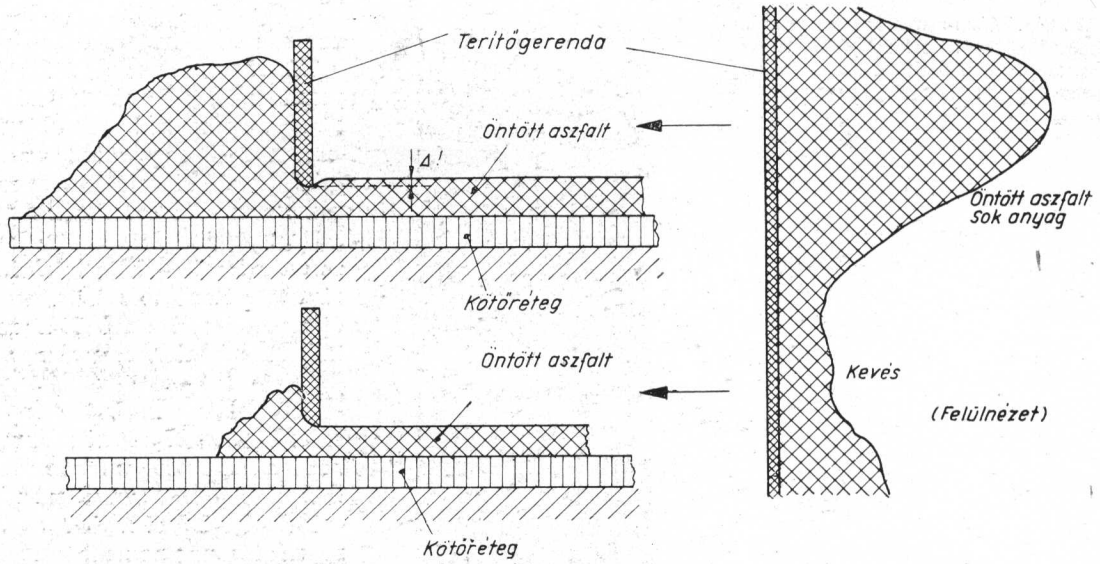
Különösen autópálya-építésen van ennek jelentősége, ahol 7,50 m szélességben sínen járó finiserrel végzik a bedolgozást. Ilyenkor a masztikátorok egymás mellett űrítik ki a kötőrétegre az öntött aszfaltot a terítőgerendához minél közelebb. A terítőgerenda hosszában tehát hol nagy magasságú torlódott aszfalt van, hol pedig alacsony. Ezért más-más a folyadéknyomás, tehát változó a gerenda hosszában az előállított rétegvastagság, azaz a felületen hullámok keletkezhetnek. Ennek a káros jelenségnek veszi elejét a STRABAG durva öntött aszfalt bedolgozó gépe. Ennél a 6-92. ábra szerint egyrészt a terítőgerendával párhuzamosan gépi úton mozgatható terítőlapáttal a masztikátorok által a gerenda elé űrített aszfalthalmokat egyenletesen el lehet osztani, másrészt a

6.34 kép. *Wibau*-rendszerű öntöttaszfalt-bedolgozó géplánc kiszolgálása 7,50 m széles pályánál 3 db 10 tonnás masztikátorkocsival történik *(STRABAG)*





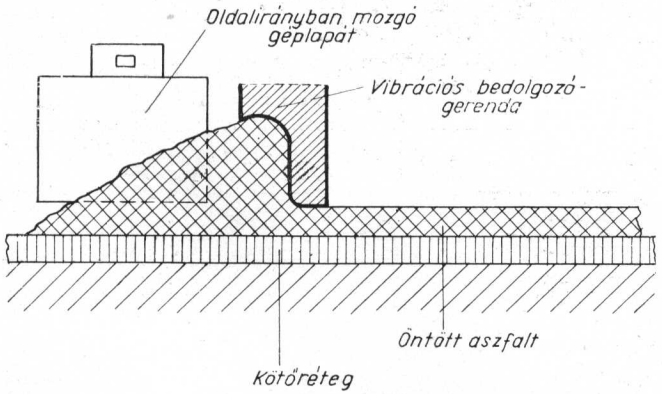
6.35 kép. A Wibau-rendszerű öntöttaszfalt-bedolgozó géplánc üzemben, a kész burkolatrész felől. Nagy előny a hengerléses tömörítés teljes elmaradása *(STRABAG)*



6-91a ábra. Ha a terítőgerenda előtt különböző magasságra torlódik fel az öntött aszfalt, különböző nagyságú folyadéknyomások alakulnak ki, s ez azonos gerendamagasságon is eltérő vastagságú aszfaltréteg-terítésre vezet

terítőgerenda alakját elöl íves alakúra képezték ki, hogy az aszfalt torlódási magasságot állandósítsa.

f) A felületi egyenletességet erősen befolyásolja az érdesítés céljáról végzett zúzalékszórás végrehajtása. A felületi hullámosság részben abból keletkezhet, ha a rászórt zúzalékmennyiség nem egyenletes. Másrészt az is fontos, hogy az esetleg egyenletesen elszórt érdesítő zúzalék a burkolat felületének egy részén jól megkössön. A burkolat más részén (eltérő hőmérséklet, elmaradt behengerlés miatt) az érdesítő zúzalék jelentősebb része nem kötődött le az öntött aszfaltba,



6-91b ábra. Az egyenletes vastagság érdekében a STRABAG-rendszerű öntött aszfalt finiser vibrációs terítőpallója egyforma folyadéknyomásra törekszik, ezért íves alakú, azonos torlódási magasságot adó gerendaalakot és oldalirányban mozgó gépi terítőlapátot alkalmaz

hanem a forgalom pár hónap alatt azt lesöpri. A hiányzó helyeken nyilván „vékonyabb" a burkolat, és a hátrányos optikai hatás mellett ez jelentősen egyenetlen, hullámos felületet képez, amelyet a gépjárművek megéreznek.

Az előző megjegyzések elsősorban a gépi bedolgozásra vonatkoznak, mert csak itt lehet garantálni az öntött aszfalt megfelelő sima felületét. Kézi bedolgozás esetében az aszfaltozók kézügyességére és lelkiismeretességére kell hagyatkozni, és ez sokszor egyenetlen, hullámos szakaszt is eredményezhet. Számos budapesti útszakasz viszont nagy öntött aszfalt felületeken kézi beépítéskor is igen jó felületi egyenletességet mutat, és bizonyítja, hogy a gondos munka ezen a területen is jó eredményeket hozhat.

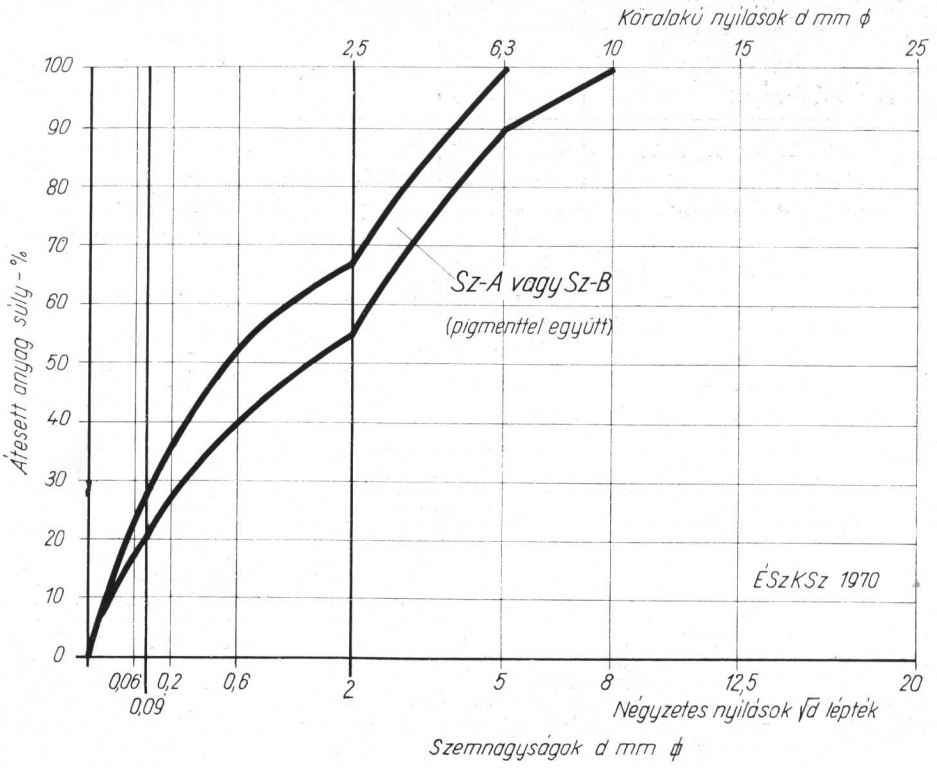
6.3.4. Színes öntöttaszfalt-útburkolati jelek készítése

6.3.4.1. A műanyag tartalmú színes aszfaltok összetétele és készítése

Különösen a városi öntött burkolatokban alkalmazott forgalomtechnikai célzatú útburkolati jeleket előnyösen, tartós és gazdaságos módon lehet — a különben szokásos festés helyett — ún. *színes aszfalttal* kiképezni. A színes (fehér vagy sárga) aszfalt tulajdonképpen nem aszfalt, a kötőanyag nem bitumen, hanem valamilyen már termoplasztikus tulajdonságú, tehát hőre lágyuló és a hőmérséklet-csökkenésre keményedő műgyanta. Különben az ásványi váz lényegében az

6.36 kép. Oldalirányban mozgó terítőlapát az öntöttaszfalt-finiser fűtött, vibrációsan tömörítő lehúzógerendája előtt a durva zúzalékdús öntött aszfalt anyag számára *(STRABAG)*





6-92. *ábra.* Színes aszfalt adalékanyagának és pigmentfestéknek együttes szemeloszlási határgörbéi az 1970. évi ÉKSZ előírásokban

öntött aszfaltnak felel meg és mészkőliszt, mészdara-homok és mészkőzúzalék összetételéből áll. A keverék a színét különböző pigmentfestékeknek köszönheti, és ezekkel nemcsak fehér vagy sárga színű útburkolati jeleket, hanem számos más színárnyalatot is lehet alkalmazni különleges térburkolat-díszítés vagy sportpályaburkolat stb. céljaira. A következőkben csak az útburkolati jelek kiképzésére alkalmas fehér (esetleg sárga) színű „színes aszfalt" készítését ismertetjük. Ezen szabadalommal védett eljárás alapján — amelyeket az Útügyi Kutató Intézetben *Simon Miklós és Szelényi István* dolgoztak ki — Budapesten az 1960 óta széles körben jó eredményekkel alkalmazzák a színes aszfalt útburkolati jeleket.

A kötőanyag két műanyag keveréke, amelyeknek összeolvasztása során a keverék lágyuláspontját 55...60 °C közé állítják be. Az alkalmazott eljárás során az olvasztókazánban a *glicerinészter-gyantát* vagy pedig *kolofonium WW gyantát* kell első komponensként adagolni, és 120...140 °C hőmérsékleten megolvasztani. Ebbe kell második komponensként az *alkydosol R-43* anyagot adagolni. Az összeolvasztást és az egész színes aszfalt előállítást olyan kazánban, ill. masztikátorban kell végezni, amelyben még nem olvasztottak bitument. Ez ugyanis a keveréket elszínezné.

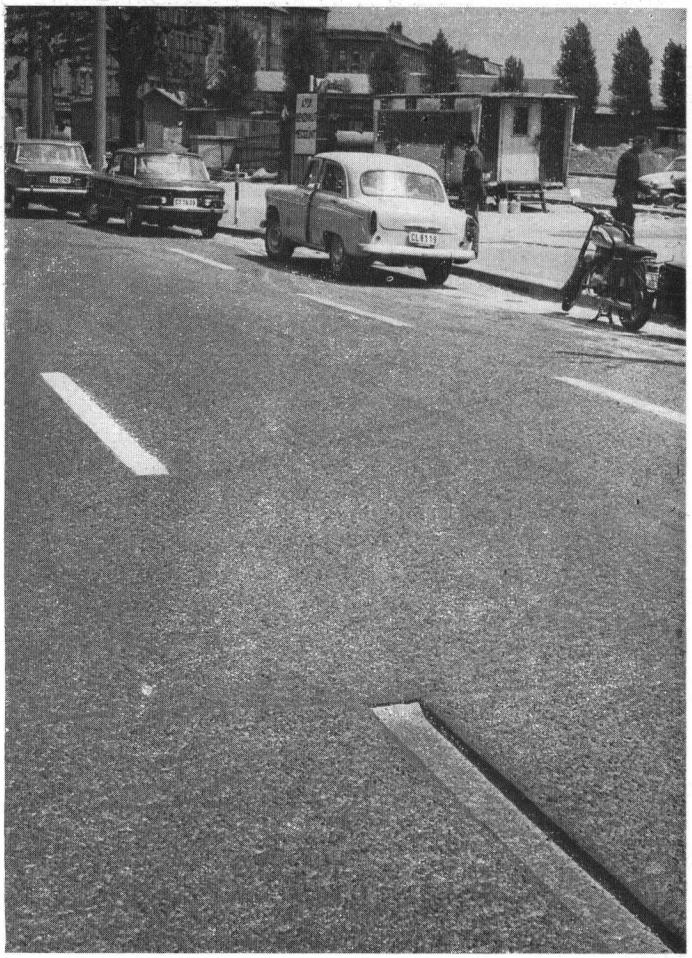
A színes aszfalt két változata a következő összetételű:

Színes aszfalt típusjele		Sz-A	Sz-B
Kötőanyag:	Glicerinészter-gyanta	5%	6%
	Alkydosol R-43	4%	5%
Festék:	Krómsárga vagy titán-dioxid	3%	—
	Litophon 60	—	8%
Adalék:	Mészkőliszt	19%	14%
	Mészkődara 0,2/1 mm	22%	22%
	Mészkőzúzalék 1/3 mm	10%	9%
	Mészkőzúzalék 3/5 mm	37%	36%
		100%	100%

Az adalékanyag és a pigmentfesték együttesének szemeloszlása a 6-92*a* ábrán látható határgörbék között maradjon. A mészkőadalék minősége a kőszabvány B osztályának feleljen meg. Ha sárga színű aszfalt készül, akkor mészkőzúzalék helyett sárga keramittéglából tört megfelelő szemnagyságú zúzalékot lehet alkalmazni.

A fenti két összetétel-változat közül:

SZ-A az *A* jelű színes aszfalt lehet *fehér* színű (ekkor *titándioxid* a pigmentfesték) vagy lehet *sárga* színű (ekkor *krómsárga* a pigmentfesték).

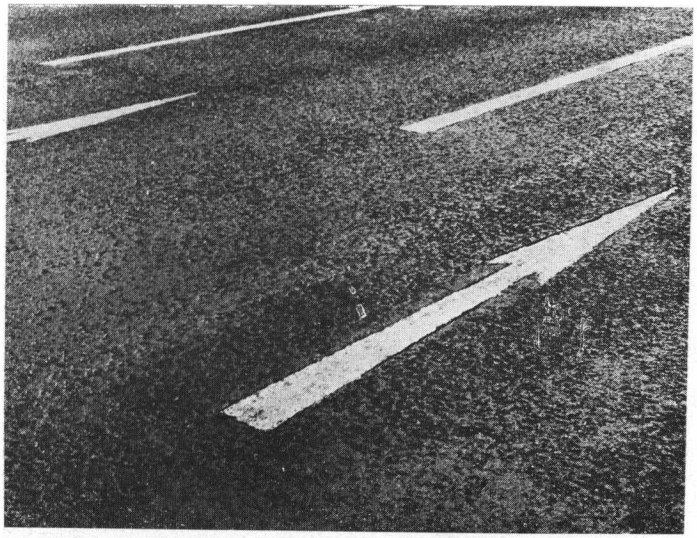


6.37 kép. Burkolatjel negatív kihagyott helye öntöttaszfalt-burkolatban

SZ-B a *B* jelű színes aszfalt csak *fehér* színű lehet, (A *litophon 60* a pigmentfesték).

A horganyfehér pigment nem alkalmazható, mert ez a kötőanyag keményedését gyorsítja.

A színes aszfalt készítésekor a két komponensből álló feloldvasztott kötőanyagot tesszük be először a masztikátorba, utána a mészkőlisztet, később a mészkő homokot, végül a mészkőzúzalékot. A masztikátorban a keverés és a főzés ugyanúgy megy végbe, mint öntött aszfalt készítése esetén. A keverési idő 4...6 óra. A hőmérsékletet pontosan beszabályozzuk a gáz- vagy olajfűtéssel úgy, hogy az ne legyen 150 °C-nál nagyobb, különben a pigment és a kötőanyag elszíneződne. A keverés során a színes aszfalt anyaga akkor kész, ha légmentesre főtt, egyenletes és egyöntető színű masszává lett. Ezt úgy ellenőrizzük, hogy a masztikátor csapolónyílásán



6.38 kép. Színes aszfalt-burkolatjel zúzalékkal érdesített öntöttaszfalt-burkolatban



6.39 kép. Színes aszfaltból kialakított útburkolati jelek Budapesten, öntöttaszfalt-burkolatnál

10...15 favödör anyagot lecsapolunk, megvizsgáljuk szemre, és utána visszaöntjük felül a masztikátor keverőterébe.

Természetesen más összetételű színes aszfaltok is alkalmazásra kerülnek külföldön, ezek receptúrája többnyire egy-egy vállalat szabadalma.

6.3.4.2. A színes öntöttaszfalt-burkolatjelek bedolgozása

A színes aszfalt burkolati jeleket hazánkban eddig elsősorban öntöttaszfalt-burkolatokban alkalmazták. A burkolatjel alakját az öntött aszfalt rétegvastagságának (3 cm-nek) megfelelő merevített szögvasidomból elkészítik, 3 cm-es sugarakkal legömbölyített sarkokkal. A sablonokat a kötőrétegen a terv szerinti helyen rögzítve öntött aszfalttal körüldolgozzák, majd az egész öntöttaszfalt-burkolatot elkészítik úgy, hogy a sablonokkal rögzített burkolatjelek üresen maradnak. Lehűlés után az acélsablonokat eltávolítva, a burkolatjel negatívja marad vissza az öntöttaszfalt-burkolatban, 3 cm mélyen. Ennek a 3 cm mély körülhatárolt résznek az alsó felét kb. 1,5 cm vastagságban bitumenes öntött aszfalttal kell kitölteni, majd azonnal, még meleg állapotban kell ráhordani és bedolgozni kézi fasimítókkal a felső kb. 1,5 cm vastagságú színes öntött aszfalt anyagot (6.37 kép). A színes aszfalt felülete is bársonyosan tükröző legyen az eldolgozás végén. Bár eddig elsősorban csak öntöttaszfalt-burkolatokban alkalmaztak színes aszfaltot útburkolati jelként, nincsen akadálya aszfaltbeton esetén sem az alkalmazásának, bár többletköltséggel jár. A burkolat szükséges hengerlése itt nehézséget okoz. A burkolati jeleket már csak elkészült, (vagy akár régi) aszfaltburkolatból az előírt idom körvonalai szerint tárcsás marógéppel ki kell marni, 3 cm mélyre. Nyilak vagy betűjelzések esetében nagyobb felületet kell kimarni és ekkor a vassablont el kell helyezni, utána öntött aszfalttal a sablont kívülről körüldolgozva az aszfaltbetonhoz való csatlakozást létrehozzák. A burkolatjel negatívját ezután már ugyanígy töltik ki 1,5 cm vastag öntött aszfalttal és 1,5 cm vastag színes aszfalttal, ahogy előbb leírtuk.

(Megjegyezzük, hogy a burkolatjelek másik tartós kialakítási módja, az aszfaltra ragasztott műanyag fólialemezek alkalmazása, hazánkban kísérleti stádiumban van.)

6.4. UTÁNTÖMÖRÖDŐ KEVERT ASZFALTBURKOLATOK ÉPÍTÉSE

6.4.1. Utántömörödő aszfaltburkolatok előnyei és hátrányai

A) Az előző fejezetben tárgyalt, folytonos szemeloszlású, útibitumennel készült, magas hőfokon kevert és beépített *tömör aszfaltburkolatok* nagy előnye abban áll, hogy a behengerlés, tömörítés és lehűlés után a burkolat eléri a teljes szilárdságát és stabilitását. A későbbi forgalom ezért — ha jól készítették őket — már nem okoz rajtuk semmi lényeges utólagos tömörödést, még kevésbé deformálódást. A tömör aszfaltburkolatok nagy előnye emellett a jó és tartósan hul-

10.8. AZ 1967. ÉVI SZOVJET ASZFALTBETON-SZABVÁNY

(A 6.2.1.4. fejezethez, 312. oldal.)

Az 1967. évi szovjet aszfaltbeton-szabványból csak a minket leginkább érintő, úti-bitumennel készített, I. márkájú (jó minőségű adalékanyaggal készített) keverékeket ismertetjük szemelvényesen. A fő keveréktípusok a következők:

Típus:

A: Zúzalékdús, 50—65% zúzalékkal,
B: Közepes zúzaléktartalmú, 35—50% zúzalékkal,
C: Zúzalékszegény, 20—35% zúzalékkal.

A kellő érdes felületet, jó csúszásellenállást az *A* típusnál a sok zúzalék, a *B* típusnál a természetes helyett zúzott homok alkalmazása, a *C* típusnál pedig utólag behengerelt impregnált érdesítő zúzalék biztosítja. A kopórétegek és a kötőréteg szemeloszlásait a ~~10-4.~~ 10-5. *táblázat* mutatja, a bitumenszükséglet tájékoztató értékével. Kivételesen alkalmazhatók a lépcsős, kihagyásos szemeloszlások is, ha az 1,25—5 mm közötti finom zúzalék beszerzése nehézségekbe ütközik. Igen érdekes a ~~19-5.~~ 10-4. *táblázat*, amelyben az aszfaltbeton rétegek mechanikai tulajdonságaira vonatkozó követelmények szerepelnek. Jellegzetes, hogy az értékek a sajtolással készített próbahengerekre vonatkoznak, ahol a stabilitást az egyirányú nyomószilárdság mutatja (lásd a 574. oldalt.)

~~10-5.~~ 10-5. táblázat. Aszfaltbetonok szemeloszlása az 1967. évi szovjet előírás szerint

Részlet a GOSZT 9128-67 szabványról

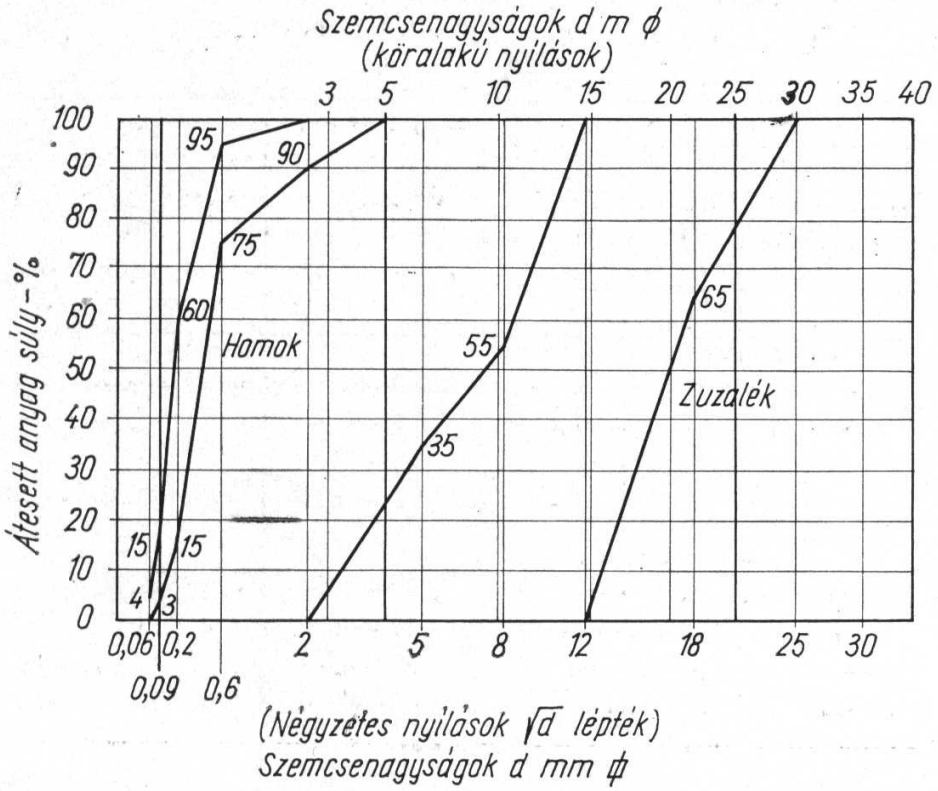
Szemnagyság mm	Burkolati kopórétegek														Kötőréteg	Szemnagyság, mm
	Folytonos szemnagyságú adalékanyag									Lépcsős, kihagyásos adalékanyag (kivételes eset)						
	Közepes szemnagyságú adalék			Finom szemnagyságú adalék						Közepes szemnagyságú adalék		Finom szemnagyságú adalék				
	A	B	C	A	A	B	B	C	C	A	B	A	A	B	B	
0—0,071 mm	4—8	6—10	8—12	4—8	4—8	6—10	6—10	8—12	8—12	4—8	6—10	4—8	4—8	6—10	6—10	0—4	0—0,074
0,14	6—10	9—15	12—19	6—10	6—10	8—15	9—15	12—19	12—19	8—14	14—22	8—14	8—14	14—22	14—22	2—7	0,14
0,315	9—15	14—22	20—28	9—15	9—15	14—22	14—22	20—28	20—28	17—28	28—40	17—28	17—28	28—40	28—40	4—11	0,315
0,63	12—20	20—29	29—40	12—20	12—20	20—29	20—29	29—40	29—40	35—50	50—65	35—50	35—50	50—65	50—65	7—18	0,63
1,25	17—28	28—39	39—53	17—28	17—28	28—39	28—39	39—53	39—53	35—50	50—65	35—50	35—50	50—65	50—65	10—26	1,25
3	26—40	40—45	55—70	26—40	26—40	40—55	40—55	55—70	57—70	35—50	50—65	35—50	35—50	50—65	50—65	19—40	3
5	35—50	50—65	65—80	35—50	35—50	50—65	50—65	65—80	65—80	35—50	50—65	35—50	35—50	50—65	50—65	27—49	5
10	60—70	70—80	81—90	63—75	95—100	75—85	95—100	85—93	95—100	60—70	70—80	63—75	95—100	75—80	95—100	43—69	10
15	78—85	85—91	91—96	95—100		95—100		95—100		78—85	85—91	95—100		95—100		55—83	15
20	95—100	95—100	95—100							95—100	95—100					—	20
25																75—100	25
40																95—100	40
Tájékoztató bitumentart. 100% adalékhoz g%	5—6,5	5—6,5	6,5—7	5—6,5	5—6,5	5,5—7	5,5—7	6—7,5	6—7,5	5—6,5	5—6,5	5—6,5	5,—65	5,5—7	5,5—7	4—6	g_b%
100% aszfalthoz B%	4,8—6,1	4,8—6,1	6,1—6,5	4,8—6,1	4,8—6,1	5,2—6,5	5,2—6,5	5,7—7,0	5,7—7,0	4,8—6,1	4,8—6,1	4,8—6,1	4,8—6,1	5,2—6,5	5,2—6,5	3,8—5,7	B%

10-3. táblázat. Aszfaltbetonok mechanikai tulajdonságaira vonatkozó követelmények az 1967. évi szovjet előírás szerint

(Részlet a GOSZT 9128-67 szabványból)

Minőségi mutatók kopórétegeknél	Előírt értékek az I. márkájú aszfaltbeton kopórétegeknél
1. Ásványi rész hézagtartalma, térf.%	
A és B típusú keveréknél	15—19
C típusú keveréknél	18—22
2. Az aszfalt szabad hézagtartalma (htérf.%)	3,0—5,0
3. Megengedett vízfelvétel legfeljebb, térf.%	
A típusú keveréknél	2,0—5,0
B típusú keveréknél	2,0—3,5
C típusú keveréknél	1,5—3,0
4. Megengedett duzzadás legfeljebb, térf.%	0,5
5. Egyirányú nyomószilárdság, kp/cm²	
a) +20 °C hőmérsékleten legalább:	24
b) +50 °C hőmérsékleten legalább:	
A típusú keveréknél:	9
B és C típusú keveréknél:	10
c) ±0 °C típusú keveréknél:	120
6. Vízállékonysági együttható, min.:	0,90
7. Vízállékonysági együttható hosszantartó vízfelvétel esetében, min.:	0,80

Minőségi mutatók a kötőrétegeknél	Előírt értékek kötőrétegeknél
1. Ásványi váz hézagtartalma, térf.%	16—22
2. Szabad hézagtartalom az aszfaltban, térf.%	5—10
3. Vízfelvétel max. térf.%	3—8
4. Duzzadás max, térf.%	1,5



10-4. ábra. Az angol *Hot Rolled Asphalt* esetén alkalmazandó természetes homok és zúzalék szemeloszlási határgörbéi. (86,90).

10.9. AZ ANGOL HOT ROLLED ASPHALT ASZFALTTECHNOLÓGIAI TULAJDONSÁGAI

Az 1960-as évek második felétől egymás után a svéd, francia, holland, majd német szervek tanulmányai kimutatták, hogy az Angliában kialakult, s empirikus úton már régóta alkalmazott, s igen jól bevált ún. „*Hot rolled asphalt*'' bizonyos fajtái a *nehéz szöges abroncsos forgalom* hatásának is hosszú ideig ellenállnak, s igen kedvező élettartamuk mellett igen nagy és hatékony geometriai érdességet is felmutatnak.

Mivel ez az aszfaltbeton az utolsó években az európai kontinensi országokban kissé drágább volta mellett is terjed jó tapasztalatokkal, amellett aszfalttechnológiai felépítésének alapelvei eléggé eltérőek az eddig tárgyalt aszfaltbetonfajtáktól, érdemes külön foglalkozni ezzel az aszfaltburkolati fajtával.

10.9.1. Az angol empirikus előírások

Az Angliában nagymértékben elterjedt *Hot Rolled Asphalt*, azaz „forró hengerelt aszfalt'' egy hagyományos összefoglaló elnevezése a majdnem teljesen empirikus úton kialakult angol aszfaltbetontípusnak, melynek részletezett előírásait az *1961.* évi *British Standard 594* foglalja össze. (lásd később az 581. oldalt).

Jellegzetességei a következők [86, 88, 90.]

1) Tapasztalat és még a múlt századi *Richardson*ra visszanyúló hagyomány alapján az aszfaltbeton adalékanyagát három frakcióból állítják össze:

a) *Mészkőliszt* vagy portlandcement töltőanyag d<0,076 mm,

b) *Természetes tiszta finom homok*, 0,074—2,4 mm szemnagysággal, amelynél a d=0,63 szemnagyságnál kisebb, finomabb a homok tömegének 75—95 %-a; a homok szemeloszlásának a betartása a tapasztalat szerint igen fontos

c) *zúzalék, durva szemnagyság* ált. 8—18 mm között úgy, hogy a 2/5 és 5/8 frakciók hiányoznak. A zúzalékok szemeloszlási görbéje bár adott, de ennek pontos betartása jóval kevésbé fontos.

Az alkalmazandó homok és zúzalékok saját szemeloszlási határgörbéi a 10-4. ábrában és a 10-4. táblázatban láthatók. A durva szemnagyságú frakció (d>2 mm, azaz d>8 mm) mennyisége annál kisebb, minél vékonyabb a fektetendő aszfaltréteg kívánt vastagsága, az alábbi táblázat szerint:

1 coll=2,5 cm	esetén:	0—25% durva frakció
$1^1/_4$ coll=3	cm esetén:	15—30% durva frakció
$1^1/_2$ coll=4	cm esetén:	30—45% durva drakció
$1^3/_4$ coll=4,5	cm esetén:	35—45% durva frakció
2—3 coll=5—7,5	cm esetén:	45—55% durva frakció

Az aszfalt összetevőit nem az összekevert, kész adalékanyag határgörbéivel, hanem a fenti három adalékanyag és a bitumen szükséges súlyarányának a megoldásával rögzíti a 10-5. táblázatban a szabvány bizonyos szűkebb határok között, attól függően, hogy a durva szemnagyságú zúzalék az előbbiek szerint hány % legyen. (Az így összetevődő adalékanyag szemeloszlási görbéje nem folytonos, hanem *kihagyásos, lépcsős szemeloszlási görbe* a 2—8 mm közötti szemnagyságok hiánya miatt).

3. Az alkalmazandó bitumen-súlyarány értékét minden adalék-összetételhez viszonylag szűk határok között megadják az angol összetételi előírások. A bitumenszükséglet ált. 3—4%-kal, tehát jelentősen nagyobb, mint a hasonló D_{max} szemnagyságú aszfaltbeton esetén. A viszonylag sok bitument a töltőanyag és a nagy mennyiségű finom homok veszi fel, s így nagy mennyiségű habarcs képződik.

4. A kellő stabilitást úgy biztosítják még, hogy az alkalmazandó bitumen kötőanyag keménysége viszonylag jóval nagyobb, penetrációja viszonylag jóval kisebb, mint a kontinensen szokásos aszfaltbeton esetén.

Így *B-30/40*, azaz 30—40 mm/10 penetrációjú útépítő bitument alkalmaznak az igen nagy és nehéz forgalmú utaknál elsősorban ott, ahol különösen meleg nyárra lehet számítani.

B-40/60, azaz 40/60 pen. bitumen alkalmas általában főútvonalakra, szélsőséges hőmérsékletek nélkül,

B-60/80, azaz 60/80 pen. bitumen alkalmas könnyű forgalomra, főleg, ha klíma nyáron is hűvös, nedves (Észak-Anglia, Skócia).

A bitument többnyire tisztán használják, Angliában az állandó nedvesség miatt néha keverik trinidadi bitumennel, vagy kátrányszurokkal. A kontinensen épített *Hot Rolled Asphalt*-szakaszok, és számos szakértő szerint az európai kontinens országainak klímájánál a tiszta útépítőbitumenek használata teljességgel elegendő. (A Trinidadi Epurét (131. oldal) hirdető vállalati érdekű híradások a trinidadi epüré és *B-200* útibitumen 50—50%-os keveréséről írnak, ebből adódik egy *B-40/60* szerű bitumen [93]).

5. Ha a durva zúzalék aránya 45% vagy ennél magasabb, akkor a zúzalékdús aszfalt felülete önmagában is viszonylag kellően érdes. Ha viszont — és ez ma a túlnyomórészt előforduló gyakorlati eset — a 3 vagy 4 cm vastag kopórétegben a durva zúzalék aránya 45%-nál kisebb (többnyire *30—35%*), akkor a felületet az építés során *impregnált érdesítő zúzalékot behengerelve* igen hatékonyan érdesítik. Az alkalmazott kiváló minőségű érdesítő zúzalék szemnagysága és mennyisége:

8/12 mm-es zúzaléknál: $9{,}4 \pm 0{,}7$ kg/m²
12/18 mm-es zúzaléknál: $12{,}2 \pm 1{,}2$ kg/m².

A zúzalék magas szilárdságú, jó alakú, max. 10% határ feletti és max. 25—30% határ alatti szemnagyságú lehet csak. A polírozódással szemben különösen ellenálló kőzet szükséges, az angol előírás a *P-SRT=59—62* közötti polírozás utáni ingás csúszásellenállási értéket kívánja meg (572. oldal).

Az érdesítő zúzalékot a beépítési szünetekben a keverőgépben előregyártva impregnálják, azaz régebben 1,5—2,5% úti-bitumennel és 1,5—2,5% mészkőliszttel keverték össze. Újabban mészkőliszt nélkül, csak $1{,}3 \pm 0{,}3$% kisebb mennyiségű 40/60 esetleg 60/80 penetrációjú úti-bitumennel keverik. Az impregnált zúzalék szórható kell legyen.

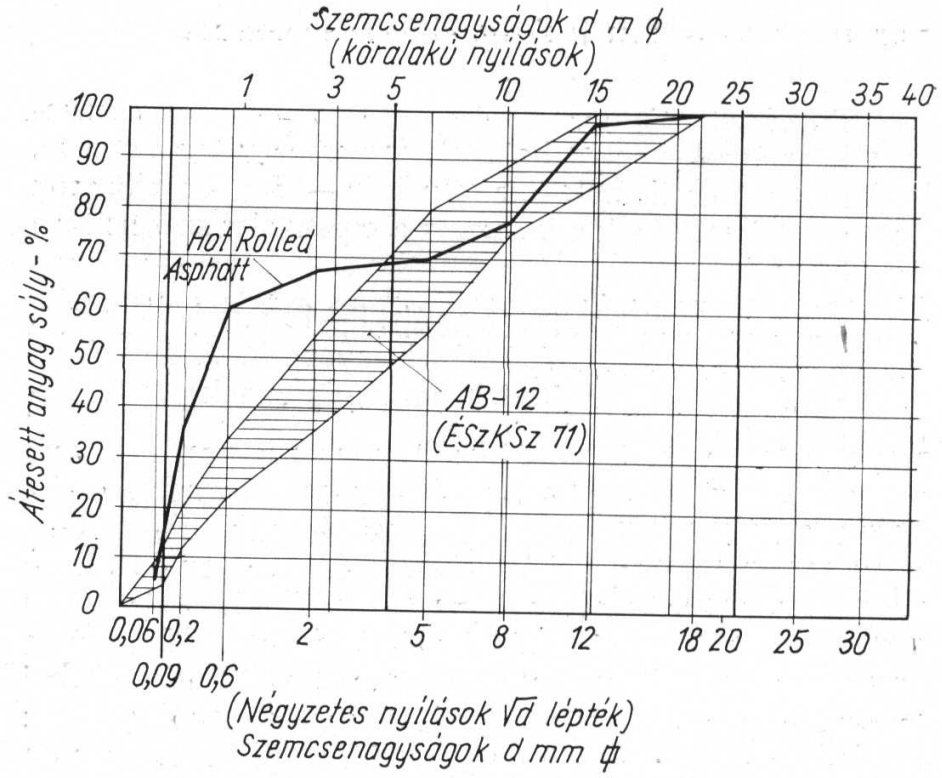
Az impregnált érdesítő zúzalékot a korszerű finiser által már előtömörített aszfaltra lehetőleg gépi úton, igen egyenletesen és pontos adagolásban kell elosztani. A kézi szórás rendszerint egyenlőtlen, a *Road Research Laboratory* által kifejlesztett önjáró *Bristowes*-zúzalékszóró géppel (Franciaországban Beugnet géppel) viszont a munka minősége kiváló.

6. Az aszfaltbeton finiserrel való elterítése és előtömörítése, valamint az impregnált érdesítő zúzalék gépi (esetleg kézi) egyenletes elszórása után általában 8—10 tonnás acélhengerlőjű úthengerrel hengerlik be. A hengerlési, tömörítési munka itt igen hatékony és könnyű, s az *ilyen habarcsdús aszfalt igen hamar és jól tömörödik*, annyira, hogy az angol előírás nem is ad határértéket, vagy ellenőrzési utasítást a tömörségmérésre.

7. Az elkészült tömör érdesített aszfaltbeton felületébe az érdesítő zúzalék szemei teljesen benyomódtak úgy, hogy csak kb. 1—1,2 mm magasságú részük áll ki. Jóminőségű, nehezen polírozódó zúzalék esetén egy időben is tartós geometriai érdesség, tartós és nagy csúszásellenállás biztosítható. Az angol előírások *SFC=0,50* oldalirányú súrlódási tényezőt követelnek meg, 50 km/ó sebesség mellett, ami kb. 0,6—0,7 mm geometriai érdességi mélységnél érhető el.

Az így előállított aszfaltburkolat ma már számos ország tapasztalata szerint igen kedvező, mert egyrészt nagy sebességek mellett is kellő érdességű, nagy élettartamú, nagyon ellenállóképes és különösen jól áll ellen a szöges abroncsok igen veszedelmes rongáló hatásának.

A zúzalékkal érdesített, angol rendszerű *Hot Rolled Asphalt* jó tulajdonságait és előnyeit kb. 15—20%-kal nagyobb árral lehet biztosítani a szokásos aszfaltbetonnal szemben. A többletköltség egyrészt a keményebb és több bitumen, a külön impregnált és különösen jóminőségű érdesítő zúzalék beszerzésében, s a gondos szervezést és külön zúzalékszórógépet kívánó zúzalékos érdesítésben rejlik. Ugyanakkor megtakarítások is jelentkeznek: zúzott homokra és 2/8 frakciójú zúzalékra nincsen szükség (hiánycikkek), a finom homok hazánkban is jól beszerezhető, a tömörítésre elegendő 1 vagy max. 2 henger, a tömörítési munka kisebb.



10-5. ábra. Az angol *Hot Rolled Asphalt*, azaz a zúzalékkal érdesített homokaszfalt lépcsős, kihagyásos szemeloszlása összehasonlítva a hazai folytonos szemeloszlású AB-20 aszfaltbetonnal.

10.9.2. Az angol rendszerű és a szokásos aszfaltbeton közötti aszfalttechnológiai különbségek

Az angol *Hot Rolled Asphalt*ot hazánkban találóan *„zúzalékkal érdesített homokaszfalt"*-nak lehetne nevezni. Lényegének megértéséhez segít, ha éppen a jellegzetes eltéréseket, különbségeket vesszük sorra a hagyományos folytonos szemeloszlású, kontinentális (pl. hazai) aszfaltbeton burkolathoz viszonyítva. A fő különbségek:

1. Az adalékanyag lépcsős szemeloszlása a 2—8 mm közötti frakció hiánya (10-5. ábra).
2. A homokfrakciónál csak természetes homok, mégpedig igen finom, aprószemű homok alkalmazása, zúzott homok nélkül.
3. Igen kevés, csak 30%-nyi zúzalék alkalmazása, az is főként 8 mm felett.
4. Viszonylag nagymennyiségű és jóval keményebb bitumen alkalmazása
5. Igen magas aszfalthabarcstartalom, amely a 30—35%-nyi zúzalékot annyira körülveszi, hogy azok szinte úsznak, s nem érintkeznek egymással a habarcsban.
6. A durván 10 kg/m² körüli mennyiségű impregnált érdesítő zúzaléknak az építés során az előtömörített felületbe való teljes és könnyen végrehajtható benyomása, betömörítése.

Látható a különbségekből, hogy ez az aszfaltfajta a célt egy a szokásos aszfaltbetontól teljesen eltérő és más, de szintén lehetséges és jónak bizonyult úton éri el. A *kellő geometriai érdességet* és jó csúszásellenállást biztosító, utólag behengerelt érdesítő zúzalékot éppen azért tudja a keverék véglegesen és kipergés nélkül befogadni, mert zúzalékszegény és nem folytonos, hanem hiányos szemeloszlású, s a habarcstartalom igen nagy, emellett a tömöríthetőség a csak természetes homok miatt igen kedvező.

A *kellő élettartamot és ellenállóképességet* a viszonylag magas bitumentartalom, ill. magas aszfalthabarcs-tartalom tudja biztosítani; a magas bitumentartalmat jelentős mértékben az igen finom szemű és nagymennyiségű természetes homok teszi lehetővé. Természetes, hogy a kellő stabilitás az ellenállóképesség feltétele; ezt a viszonylag kevés zúzalék és a folytonos szemeloszlás hiánya ellenére is jól biztosítja az aszfalthabarcsban a viszonylag kemény, kisebb penetrációjú bitumen alkalmazása. Így a vizsgálatok általában 700—800 kp feletti, nagymértékű Marshall-stabilitást mutatnak, amellett, hogy a szabad hézagok nagysága 2—3% körül marad. Ez a szabad hézagtartalom azonban különösen kis nagyságú pórusokból tevődik össze a nagymennyiségű aszfalthabarcsban, s így ez sokkal kevésbé okozhat vízfelvételt, fagyási károsodást, vagy éppen vízáteresztést.

10.9.3. A Hot Rolled Asphalt újabb fejlődése

Az utolsó fél évtizedben, amikor a szöges abroncsok Európában rohamosan elterjedtek, s az észlelt nagy burkolatkárosodások ellen a küzdelem megindult, az 1961. évi *Hot Rolled Asphaltra* vonatkozó *BS 594* előírásainak szűkítése, a legalkalmasabb variációk kiválasztása is megtörtént; emellett a kontinensen való elterjedés magával hozta a tisztán empirikus tervezési módszerek mellé a *Marshall eljárás*sal való laboratóriumi ellenőrzés alkalmazását is.

Kb. 1966. előtt a legtöbb *Hot Rolled Asphalt*ot 5—6 cm vastagságban, s ennek megfelelően maximális, 55% zúzalék-tartalommal és ezért utólagos behengerelt érdesítő zúzalék nélkül építették. Ezzel szemben 1966. után főként a szöges abroncsok elleni sikeres védekezés hatására, valamint a tökéletes vízzárás biztosítása érdekében a kötőrétegre tett kopóréteg már csak 4 cm vastag (100 kp/m²), és csak *30% zúzalék-tartalmú*, s ennek megfelelően az impregnált érdesítőzúzalék behengerlése általánossá vált. Az 1961. évi szabvány még sok lehetőséget tartalmazó táblázatából *1969-ben* a *Ministry of Transport, Scottish Developpement Department, Welsh Office* az alábbi általánosan alkalmazott összetételt írta elő;

Zúzalék 2,4 mm-nél nagyobb (8/12 mm)	30%
Homok 0,076—2,4 mm között	50,2—53,2% között
Töltőanyag 0,076 mm alatt	8,9—10,9% között
Bitumen kötőanyag (B40/60)	7,9—8,9 % között

A legfontosabb, hogy a finom homok szemeloszlása jól feleljen meg a szabvány 10-4. ábrában már közölt szemeloszlási görbének. 2/5 és 5/8 mm-es zúzalékra nincsen szükség, a keverékhez általában csak 8/12 mm nagyságú egyetlen frakciót használnak. Az érdesítő zúzalék nagysága ismét 8/12 mm-es, csak 1,3 ± 0,3% mennyiségű bitumennel való előzetes bevonással. A beépítés, elterítés után a gépi úton egyenletesen elszórt impregnált érdesítő zúzalék mennyisége: 9,4 ± 0,7 kg/m².

Az 1961. évi eredeti előírásnak még egy nehézsége volt az alkalmazásnál: a megadott határok közötti bitumenadagolások eredményezhettek kissé túl sovány és kissé túl zsíros keverékeket is elsősorban attól függően, hogy a töltőanyag és a homok adott szemeloszlása (a határgörbéken belül) éppen milyen volt, amellett a szemcsék felületi minősége és alakja hogyan alakult. Erre nézve az 1961. évi szabvány nem adott utasítást (noha a megadott bitumenadagolási határok azért

10-6. táblázat. Homok és zúzalék előírt szemeloszlási görbe-határai a Hot Rolled Asphalt esetén az 1961. évi BS 594 angol szabvány szerint

Négyzetes szitaméretek mm-ben			British Standard szerinti szitaméretek inc és mm-ben			
mm	Homok %	Zúzalék %	Inch. v. Nº	mm	Homok	Zúzalék
0,075	0— 4	—	200	0,076	0—4	—
0,09	3—15	—	—	—	—	—
0,2	15—60	—	72	0,21	15—60	—
0,6	75—95	—	25	0,60	75—95	—
2	90—100	0	7	2,4	94—100	0— 5
5	100	0—35	3/16''	4,8	100	0—35
8	—	0—55	3/8''	9,5	—	0—60
12	—	0—100	1/2''	12,7	—	0—100
18	—	65—100	3/4''	19,1	—	65—100
25	—	100—	1''	25,4	—	100—

10-7. táblázat. Hot Rolled Asphalt összetétele az 1961. évi British Standard 594 szerint

Táblázat száma	Durva szemek >2,4 mm Súly, %	Bitumen Súly, %		Töltőanyag <0,076 mm Súly, %		Finom homok 0,076—2,4 mm Súly, %	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
1. Közepes klíma	0	9,8	10,8	12,0	14,0	75,2	78,2
	15	8,6	9,6	10,0	12,0	63,4	66,4
	20	8,2	9,2	9,3	11,3	59,5	62,5
	25	7,8	8,8	8,6	10,6	55,6	58,6
	30	7,4	8,4	7,9	9,9	51,7	54,7
	35	7,0	8,0	7,2	9,1	47,9	50,8
	40	6,6	7,6	6,4	8,4	44,0	47,0
	45	6,2	7,2	5,8	7,8	40,0	43,0
	50	5,8	6,8	5,1	7,1	36,1	39,1
	55	5,4	6,3	4,4	6,4	32,3	35,2
2. Kedvezőtlen nedves klíma	0	10,8	11,8	14,0	16,0	72,2	75,2
	15	9,6	10,6	12,0	14,0	60,4	63,4
	20	9,2	10,2	11,3	13,3	56,5	59,5
	25	8,8	9,8	10,6	12,5	52,7	55,6
	30	8,4	9,4	9,9	11,8	48,8	51,7
	35	8,0	9,0	9,1	11,1	44,9	47,9
	40	7,6	8,5	8,4	10,4	41,1	44,0
	45	7,2	8,1	7,8	9,8	37,1	40,0
	50	6,8	7,7	7,1	9,1	33,2	36,1
	55	6,3	7,2	6,4	8,4	29,4	32,3

10.8. táblázat. Példák a Hot Rolled Asphalt-ból kivett próbatestek összetételére és mechanikai tulajdonságaira [90]

Minta száma	1	2	3
Szemeloszlás			
0 —0,09 mm %	14,2	15,0	17,0
0,09—0,2 mm %	21,6	20,6	19,0
0,2 —0,63 mm %	24,9	24,2	26,6
0,63—2 mm %	5,2	8,4	5,8
2 —5 mm %	1,3	1,7	1,5
5 —8 mm %	7,2	7,2	8,2
8 —12,5 mm %	23,4	19,3	20,9
12,5 —18 mm %	2,2	3,6	1,0
Kötőanyagtartalom %	8,1	8,6	9,1
Bitumen lágyuláspont °C	54	52	55
Marshall próbatestek			
Stabilitás 60 °C (kp)	1050	860	920
Folyási érték mm/10	35	43	50
Térfogatsúly (g/cm^3)	2,31	2,32	2,34
Sűrűség (g/cm^3)	2,40	2,37	2,36
Szabad hézagtartalom (térf. %)	3,8	2,1	0,8

elég szűkek voltak). A *Marshall* eljárásról még 1958-ban *Broome* és *Please* kimutatták, hogy eredeti formájában nem alkalmazható ennél az aszfalttípusnál, mert a gyakorlattal össze nem férő túl sovány keverékeket eredményez. A kérdést 1967-ben *Price* (89) oldotta meg, két ütemben alkalmazva és módosítva a *Marshall*-féle eljárást:

a) először a zúzalék nélküli homokaszfaltkeveréket kell összeállítani a 61. évi szabványban előírt homok és töltőanyagarányok, valamint a szemeloszláshatárok betartásával, s a bitumen adagolás változtatásával a *Marshall*-eljárás már ismert módszere szerint meg kell állapítani a homokaszfaltkeverék optimális bitumenszükségletét. (B'%).

b) A teljes, 30%-os zúzalékmennyiséget tartalmazó *Hot Rolled Asphalt* B% bitumenszükséglete éppen 2,3 %-kal nagyobb, mint a homokaszfaltkeverék *Marshall*-módszerrel megállapított optimális bitumenszükséglete:

$$B\% = (B' + 2{,}3)\%.$$

Megemlítjük azonban, hogy az utóbbi években számos európai országban létesített, behengerelt zúzalékkal érdesített homokaszfalt (Hot Rolled Asphalt) építéseiről szóló beszámolók szerint egy teljes Marshall vizsgálat elvégzése a következő munkamódszer szerint történik [90, 92]:

A már ismert angol szabványelőírások alapján gondosan kiválasztják, esetleg két komponensből összeállítják az alkalmas szemeloszlású finom homokot, majd az előírásnak megfelelő közepes mennyiségű arányokkal, közepes bitumenadagolással előállítják az aszfaltkeveréket (a 30% zúzalékkal együtt). Ezután a keverékből *Marshall*-próbatesteket készítenek, majd ezeknek megállapítják sorra a *h*% szabad hézagát, térfogatsúlyát, aszfaltsűrűségét, stabilitását és folyási értékét. Ha ezek kielégítő értéket mutatnak (általános eset), akkor nem kell tovább vizsgálni. Ellenkező esetben az előbb említett *Price* eljárást lehet alkalmazni.

Hogy milyen értékek adódnak, jól látható a 10-8. táblázatban, ahol három *Hot Rolled Asphalt*-minta összetétele és a belőlük készült Marshall-próbatestek adatai vannak feltüntetve (90). Látjuk, hogy bármelyik összetétel kedvező, hiszen a *h*% szabad hézagok alacsonyak, s a stabilitás-értékek pedig igen magas előnyös értéket mutatnak.

IRODALOM

[86] Specification for Rolled Asphalt, BS 594, 1961
[87] Specification for Road and Bridge works Ministry of Transport, 1969.
[88] Bituminous Materials on Road Construction Road Research Laboratory, London, 1962
[89] *Price:* The Effect of Different Sands on Hot Asphalt. The Journal of the Inst. of Asphalt Technology 1967. 3. 5—12.
[90] *Schmidt—Hanig:* Eigenschaften und Zusammensetzung des englischen Hot Rolled Asphalt. Bitumen, 1969. 8. 237.
[91] *Praksch:* Englischer Walzasphalt oder deutscher Asphaltbeton? Bitumen-Teere-Asphalte, 1970. 4. 163.
[92] *John—Lehdrich:* Erfahrungen mit den englischen Hot Rolled Asphalt in deutschland, Bitumen, 1970. 5. 124.
[93] *Kloss:* Hot Rolled Asphalt. (Studienreise) Bitumen, Teere, Asphalte, 1970. 7. 304; Strasse und Verkehr. 1970. 11. 626; Strassen und Tiefbau 1970. 8. 676.
[94] *Vivier:* Le beton bitumineux clouté de l'autoroute A 1. dans le Pas de-Calais. Bull. Liaison Labo. Routiers, P. et Ch. 1970. Mai-Juin, No. 45.