H. JOOSTI

KOHALIKUD TOORAINED FILLERI VALMISTAMISEKS

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIKE UURIMISTÖÖDE
KOORDINEERIMISE KOMITEE

TALLINN 1962

A-25127/II

H. JOOSTI

KOHALIKUD TOORAINED FILLERI VALMISTAMISEKS

55658

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIKE UURIMISTÖÖDE
KOORDINEERIMISE KOMITEE

TALLINN 1962

I FILLERI OMADUSED

Asfaltbetooni mehaanilise tugevuse, sitkuse, tiheduse, vee- ja temperatuurikindluse tõstmiseks lisatakse asfaltbetoonisegusse mineraalset pulbritaolist täiteainet - fillerit.

Filler on väga tähtis asfaltbetooni komponent. Asfaltbetooni struktuurist võtab filler osa sel teel, et moodustab koos bituumeniga asfaltsideaine, mis seob mineraalsed komponendid.

Võrreldes teiste asfaltbetooni koosseisu kuuluvate mineraalsete materjalidega on filleril tunduvalt suurem eripind. Seetõttu adsorbeerib filler suurema osa bituumenist.

Tähtsamaiks filleri omadusteks on ta granulomeetriline koostis ja võime niduda bituumeniga.

Niduvustugevus oleneb filleri keemilisest ja mineraloogilisest koostisest ning bituumeni omadustest. Parem niduvus saavutatakse hüdrofoobsete materjalide (lubjakivide, dolomiitide) kasutamisel. Ka hüdrofiilne materjal (näit. kvarts) adsorbeerib oma pinnal bituumenit, kuid niiskumisel ta pinna niduvustugevus väheneb. Hüdrofiilsest fillerist valmistatud asfaltbetoon on väiksema vee- ja temperatuurikindlusega ning väiksema mehaanilise tugevusega.

Kehtivas standardis GOST 9128-59 "Kuumad teedeehituse asfaltbetoonisegud. Üldised nõuded. Nõuded materjalide ja nende valmistamise kohta", on püstitatud nõue, et filleri osakeste läbimõõduga alla 1,25 mm hüdrofiilsuse koefitsient ei tohi olla üle 1,0.

Hüdrofiilsuse koefitsient K^1 määratakse valemi abil:

$$K^1 = \frac{V_1}{V_2},$$

kus V_1 - viie grammi filleri maht peale paisumist vees;

V_2 - viie grammi filleri maht peale paisumist petrooleumis.

Hüdrofiilsest materjalist filleri maht on peale vees paisumist suurem kui paisumisel petrooleumis; järelikult hüdrofiilsel materjalil on V_1 suurem kui V_2 ja nende omavaheline suhe - hüdrofiilsuse koefitsient K^1 - samuti suurem.

Vastavalt GOST-i 9128-59 nõuetele peab filleri jahvatuspeensus (märjal sõelumisel) olema järgmine:

Sõela ava ø mm	Läbib sõela %
1,25	mitte vähem kui 100
0,315	-"- -"- -"- 90
0,071	-"- -"- -"- 70

GOST 9128-59 ei reglementeeri filleri eripinna suurust.

Kaudselt iseloomustab peenete fraktsioonide jaotust filleris poorsus, mis GOST-i 9128-59 järgi ei tohi olla suurem kui 35%. Poorsus $V_{poorsus}$ protsentides mää-

ratakse valemi abil:

$$V'_{poorsus} = (1 - \frac{\gamma_1}{\gamma_2}) \cdot 100,$$

kus γ_1 - 300 kg/sm^2 surve all tihendatud filleri mahukaal g/sm^3;

γ_2 - filleri erikaal g/sm^3.

Mida suurem on filleri poorsus, seda suurem on ka bituumeni kulu.

GOSTI-i 9128-59 järgi valmistatakse fillerit jahvatamise teel lubjakivist ja dolomiidist, mille survetugevus ei ole alla 200 kg/sm^2-le, kuid samuti lubjakivisest ja dolomiitsest asfaltkivimist ja aluselisest metallurgilisest räbust. Juhul, kui filler valmistatakse lubjakivist või dolomiidist, mis saadakse pärast teist või kolmandat purustamise staadiumi, siis selle kivimi survetugevust GOST-is ei normeerita.

GOST-i 9128-59 nõuete kohaselt ei lubata filleri toorainena kasutada merglist lubjakivi ja dolomiiti, mille $Al_2O_3+Fe_2O_3$ sisaldus ületab 1,5%.

Veel nõuab GOST 9128-59, et materjal, millest fillerit valmistatakse, peab olema puhas ja mitte sisaldama risustavaid lisandeid. Risustavate lisandite iseloomu ja lubatava hulga kohta GOST-is andmeid ei ole.

Nõuded tooraine survetugevuse kohta ei ole suured. Eesti NSV-s leiduvad lubjakivid ja dolomiidid on tavaliselt tunduvalt suurema survetugevusega.

Lubatav $Al_2O_3+Fe_2O_3$ sisaldus püstitab kivimile vägagi range kasutuspiiri. Nagu hiljem näeme Eesti NSV

lubjakivide, dolomiitide ning nende tootmisjäätmete keemilistest koostistest, rahuldavad vähesed seni uuritud ja ekspluateeritavad lademed seda tingimust.

Alumiiniumoksüüdi sisalduse range piiritlemisega määratakse ilmselt ka savi sisaldust filleris, kuna muid kriteeriume savi sisalduse kohta GOST otseselt ei anna. Savi sisaldav filler vähendab asfaltbetooni ilmastikukindlust, sest et savi niiskudes paisub ja lõhub asfaltbetooni struktuuri.

Vajaduse korral võib kasutada fillerit lisandina asfaltbetooni liiva (jämedusmooduliga M_k alla 2,0) granulomeetrilise koostise parandamiseks. Sel juhul lubab GOST vähendada filleri jahvatuspeensust - 0,71 mm-st sõela peab läbima kaaluliselt mitte vähem kui 40% fillerit.

Lisatingimusena nõutakse, et filleri lähtematerjali survetugevus ei tohi olla väiksem kui 400 kg/sm^2.

Filler peab olema kuiv, kobe ega tohi moodustada bituumeniga segamisel asfaltbetoonisegus tükikesi.

Fillerit võib eelnevalt töödelda bituumeni või tõrvaga. Bituumeni- või tõrvasisaldus eeltöödeldud filleris ning asfaltkivimist saadud filleris ei tohi kõrvale kalduda etteantud hulgast rohkem kui ± 1% võrra. Eeltöödeldud filler on kergemini säilitatav ja transporditav, ei ima niiskust ja säilitab oma kobeduse. Ühtlasi vähendab eeltöötlemine peeneteraliste fraktsioonide lendumist. Eeltöötlemata filler hakkab moodus-

tama tükikesi isegi väikese, 2 - 3% niiskuse juures, jaotudes siis asfaltbetoonisegus ebaühtlaselt.

Eesti NSV-s toodeti ja kasutati viimastel aastatel fillerina jahvatatud põlevkivituhka, nn. harilikku kukermiiti. Osa kohalikke teedeehitajaid, kes on loobunud kukermiidist kui fillerist, kas ei kasuta üldse fillerit või tarvitavad selleks jäätmelist järelpeenendamata lubjakivi, millega ei viida fillerit asfaltbetooni vajalikus koguses. Filleripuudusele asfaltbetoonis kaasneb bituumeni ülekulu ja teekatte kvaliteedi langus.

Filleri hulk asfaltbetoonisegus võib kõikuda olenevalt viimase liigist ja kasutatavast mineraalagregaadist küllalt suurtes piirides - 5 - 30%.

Eesti NSV Riikliku Plaanikomisjoni andmeil ulatub 1965.a. filleri orienteeruv vajadus asfaltbetoonisegudeks 70 000 tonnile.

II FILLERI TOORAINED

1. Lubjakivid ja dolomiidid

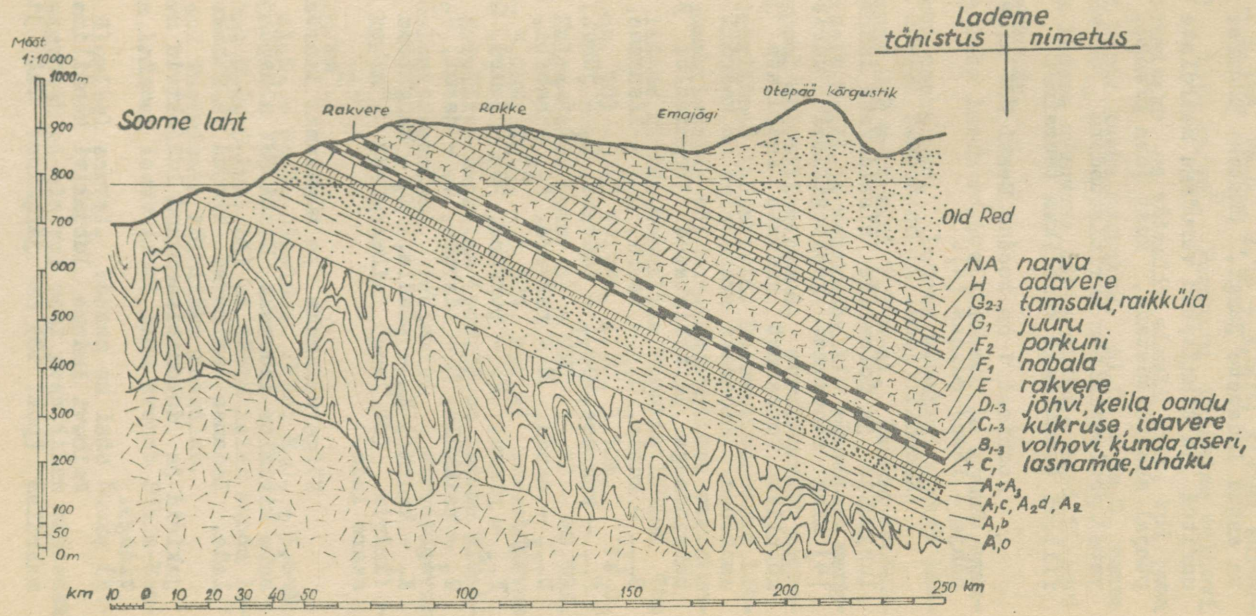
Eesti aluspõhja lubjakivide ja dolomiitide peamised avamused paiknevad maa põhjaosas ja saartel. Lademed lasuvad aluspõhjas enam-vähem rõhtsalt, ainult väikese, 15'kallakuga lõunasse. Lademete avamused kulgevad ribadena peaaegu paralleelselt läänest itta. Nende avamused on kaetud pinnakattega, mille paksus kõigub

suurtes piirides. Eesti NSV põhjaosas ja saartel aluspõhi paljandub või on kaetud ainult õhukese mullakorraga. Valdavas osas on aga lubjakivide avamused kaetud liiva, savi, kruusa või soosetetega, mille paksus tavaliselt ei ole suurem kui 1 - 2 m, aga vahel, olenevalt pinnavormidest, tõuseb ka kuni mõnekümne meetrini.

Sinna, kus pinnakatte tüsedus pole suur, on aegade jooksul rajatud paemurde. Arvukad paemurrud, Põhja-Eesti paekallas ja viimasel aastakümnel eriti intensiivsed ning süstemaatilised geoloogilised uurimised on andnud geoloogidele rikkalikult andmeid meie lubjakiviladamete omaduste kohta. Filleri valmistamiseks sobivate lubjakivide ja dolomiitide otsinguil ongi kasutatud peamiselt geoloogiliste uurimistööde andmeid. Hinnangul on oluline kivimi $Al_2O_3+Fe_2O_3$ sisaldus ja survetugevus. Teised filleri kohta kehtestatud standardis püstitatud tehnilised nõuded, nagu vajalik jahvatuspeensus, tagatakse lubjakivi peenendamisel; lubjakivi kui aluselise kivimi hüdrofiilsuse koefitsient on väiksem kui 1.

Lubjakiviladamete omadused Eesti NSV territooriumil on enam-vähem püsivad, kui mitte kogu territooriumil, siis ometi sadade ja tuhandete ruutkilomeetrite ulatusel. Tundes lubjakivi omadusi üksikutes kohtades konkreetse lademe avamusel, võib teha järeldusi kogu lademe lubjakivide kohta.

Seepärast on käesolevas brošüüris andmed kohalike lubjakivide ja dolomiitide kui filleri tooraine koh-


Mõõt
1:10000
1000m
900
800
700
600
500
400
300
200
100
50
0m
Soome laht
Rakvere
Rakke
Emajõgi
Otepää kõrgustik
Old Red
Lademe
tähistus | nimetus
NA narva
H adavere
G2-3 tamsalu, raikküla
G1 juuru
F2 porkuni
F1 nabala
E rakvere
D1-3 jõhvi, keila, oandu
C1-3 kukruse, idavere
B1-3 volhovi, kunda, aseri,
+ C1 lasnamäe, uhaku
A1+A3
A1c, A2d, A2
A1b
A1a
km 10 0 10 20 30 40 50 100 150 200 250 km

ta antud lademete järgi. Ühtlasi tuuakse andmeid seni uuritud ja kinnitatud varudega maardlate kohta. Selle põhjal saab otsustada, kust juba praegu, ilma täiendavate geoloogiliste uurimistöödeta on võimalik saada filleri tootmiseks kõlblikku toorainet.

Joonisel 1 on toodud Eesti NSV aluspõhja profiil põhja - lõuna suunas [4].

Kaardil (joon. 2) on toodud Eesti NSV aluspõhja lubjakive ja dolomiite sisaldavate lademete avamused [4] ning tähtsamad geoloogiliselt uuritud filleriks kõlblikku toorainet andvate maardlate ja karjääride asukohad. Lademete avamusalad on kaardil piiratud kahe täisjoonega ja tähistatud järgmiselt: B_{II} - volhovi, B_{III} - kunda, C_{Ia} - aseri, C_{Ib} - lasnamäe, C_{Ic} - uhaku, C_{II} - kukruse, C_{III} - idavere, D_I - jõhvi, D_{II} - keila, D_{III} - oandu, E - rakvere, F_{Ia} - nabala, F_{Ib} - vormsi, F_{Ic} - pirgu, F_2 - porkuni, G_I - juuru, G_{II} - tamsalu, G_3 - raikküla, H - adavere, J_I - jaani, J_2 - jaagarahu, K_I - kaarma, K_2 - paadla, K_3 - kaugatoma ja K_4 - ohesaare lade.

Kõige vanemaks ja sügavamal lamavaks karbonaatsete kivimite lademeks Eesti NSV aluspõhjas on volhovi lade. Lademes esinevad kirjud ja rohekashallid lubjakivid ja dolomitiseerunud lubjakivid mergli vahekihtidega.

Volhovi lademe lubjakivi keemiline koostis Väo maardlas (pos. 10) on järgmine: CaO 31,96 - 34,10%,

Al_2O_3 3,68 - 8,34%, Fe_2O_3 2,18 - 3,60%; kivimi survetugevus 471 - 1340 kg/sm^2. Paemurru rajamine volhovi lubjakivi tootmiseks on võimalik ainult siis, kui tema peal lasuvad kihid kaasa murtakse. Al_2O_3 + Fe_2O_3 suure sisalduse ja lademe sügavuse tõttu ei tule need filleri toorainena arvesse.

Kunda lade lasub volhovi lademel ja avaneb samuti Põhja-Eesti paekaldas. Lademe tüsedus kasvab läänest - ida suunas 0,2 m-lt kuni 7,5 m-ni. Lademe moodustavad tavaliselt halli ja rohekashalli värvusega merglised ja idapool dolomitiseerunud, struktuurilt peeneteralised, detriitsed lubjakivid. Dolomitiseerunud lubjakivid on jämekristalse või mosaiikdetriitse struktuuriga. Kunda lademe kivimi keemiline koostis läänes Väo maardlas (pos. 10) - CaO 39,95%, Al_2O_3 3,10%, Fe_2O_3 2,54%; idas Kolga-Sakal (pos. 5) - CaO 39,40 - 40,56%, Al_2O_3 3,53 - 5,08%, Fe_2O_3 - 3,52%, kivimi survetugevus 430 kg/sm^2. Kureliiva maardlas (pos.3) on lademe ülemise osa - dolomitiseerunud lubjakivi survetugevus 1151 - 1428 kg/sm^2, Väo maardla (pos. 10) kivimil - 771 - 1284 kg/sm^2.

Suur Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisaldus (Väol R_2O_3 - 5,64% ja Kolga-Sakal R_2O_3 5 kuni 8%) ei tõota leida kunda lademest filleri tootmiseks kõlblikku maardlat.

Kunda lademel lasuv aseri lade avaneb Põhja-Eesti paekalda ülemisel serval. Läänes on lade õhuke (kuni 0,2 m), mistõttu ei ole sel seal praktilist tähtsust.

Ida-Eestis tõuseb aga lademe tüsedus kuni 5 m-ni (Tallinna kohal 0,5 m).

Lademe idapoolsel avamusalal on ülekaalus hallid lubjakivid või dolomitiseerunud lubjakivid rauda sisaldavate ooliitidega. Kohati leidub mergliseid erimeid. Läänes sarnanevad aseri lademe lubjakivid kunda lademe idapoolse osa ülemiste kihtide lubjakividele.

Lubjakivid on struktuurilt peendetriitsed, peeneteralised, ooliitidega.

Lademe kivimite lahustumatu jääk moodustab keskmiselt 5 - 15%.

Tähtsamad maardlad, kus on geoloogiliselt uuritud aseri lademe lubjakive, paiknevad Ida-Eestis: Aru (pos.I), Kureliiva (pos.3), Kolga-Saka I ja II (pos.5 ja pos.16), Rannu (pos.11), Aseri (pos.14), Narva (pos.17); Lääne-Eesti maardlatest on paremini tuntud: Lasnamäe Paemurrud (pos.7), Lasnamägi (pos.8), Väo (pos.10) ja Maardu (pos.27).

Neis maardlais esineva lubjakivi survetugevus kõigub 419 - 1429 kg/sm^2, Al_2O_3 sisaldus 1,59 - 5,42% ja Fe_2O_3 sisaldus 1,51 - 5,58% piires. Järelikult aseri lademe lubjakivid oma keemilise koostise poolest ei sobi filleri tooraineks, sest Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisaldus ületab tunduvalt GOST-is 9128-59 maksimaalselt lubatud 1,5% piiri.

Aseri lademel lasub lasnamäe lade, mis avaneb Põhja-Eestis. Avamusriba läheneb kohati vahetult pae-

kaldani. Lademe tüsedus on 4,6 - 10 m.

Lasnamäe lademe lubjakive on murtud ja murtakse kogu lademe avamuse ulatuses alates Paldiskist kuni Narvani. Suuremad töötavad paekarjäärid asuvad Lasnamäel, Väol, Harkus, Narvas, Arul ja Kolga-Sakal.

Lademes esinevad (akad. K.Orviku järgi) alumistes kihtides merglised lubjakivid, keskmistes dolomiitsed lubjakivid ja ülemistes hallid, paksude tahvlitena murduvad lubjakivid. Kohati on dolomitiseerunud ka lademe alumised ja ülemised kihid; eriti märgatav on kivimi dolomitiseerumine Narva ümbruses.

Lasnamäe lademe lubjakivide struktuur on enamuses peendetriitne, peeneteraline, kohati dolomiidi kristallidega. Dolomitiseerunud erimi struktuur - peenekristalsest jämekristalseni.

Lasnamäe lademe lubjakivide keemilise koostise ja füüsikalis-tehniliste omaduste kohta võib saada ülevaate rea geoloogiliselt uuritud maardlate järgi. Neist maardlatest on tähtsamad idapoolsetel avamusaladel: Aru (pos.I), Kureliiva (pos.3), Kolga-Saka I ja II (pos.5 ja 16), Aru-Lõuna (pos.26), Narva (pos.17) ja Rannu (pos.11); Lääne-Eestis: Lasnamäe Paemurrud (pos.7), Lasnamägi (pos.8), Väo (pos.10), Harku (pos.9) ja Maardu (pos.27).

Lasnamäe lademe lubjakivide head tugevusomadused on üldtuntud ja täiesti piisavad filleri toorainele püstitatud nõude rahuldamiseks - uuritud maardlais kõi-

gub survetugevus 405 - 1950 kg/sm^2 piires. Otsustavaks teguriks on jällegi kivimi Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisaldus, mis kõigub 1,95 - 5,47% piires.

Eeltoodust võib järeldada, et Lasnamäe lademe lubjakivid filleri tootmiseks ei sobi, kuna nende Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisaldus ületab standardis lubatud 1,5% piiri. Ainult ühel juhul, Lasnamäe maardlas (pos. 8), lademe ülemisest, lubjakivisest erimist võetud üksiku proovi keemiline koostis rahuldab standardi nõuet. Erimi keskmine Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisaldus ületab aga tunduvalt 1,5% piiri.

Lasnamäe lademel lasub uhaku lade, mille tüsedus ulatub kuni 5 m-ni.

Lademe alumises osas esineb peamiselt mergline õhukesekihiline lubjakivi, mis vaheldub kuni 20 sm paksuse tugeva lubjakivi vahekihtidega. Lubjakivi värvus on hall või rohekashall, lademe ülemises osas pruunikas, mis tuleneb kukersiidi sisaldusest. Lubjakivi struktuur on peeneteraline, lahustumatu jääk kõigub 10 - 25% piires.

Uhaku lade on tuntud suure savika aine sisalduse poolest. Lademe keemilise koostise (filleri tootmise juures mõõduandva alumiiniumoksüüdi ja rauaoksüüdi summaarse sisalduse kohta) võib saada ülevaate uhaku lademe lubjakivimaardlate uurimisandmetest. Tähtsamad geoloogiliselt uuritud leiukohad, kus esineb uhaku lademe lubjakive, on Lasnamäe Paemurrud (pos.7), Lasnamägi

(pos.8), Väo (pos.10) ja Aru-Lõuna (pos.26).

Loetletud maardlais esinevate uhaku lademe lubjakivide Al_2O_3 sisaldus on 2,01 - 5,26% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,91 - 1,80%.

Uhaku lademe lubjakivide survetugevus on 276 - 1400 kg/sm^2. Toodud andmetest järeldub, et suure alumiinium- ja rauaoksüüdi summaarse sisalduse tõttu ei saa uhaku lademe lubjakivi kasutada toorainena filleri valmistamiseks.

Uhaku lademel lasub kukruse lade, ja sellel idavere lade. Mõlemad lademed on üldtuntud oma põlevkivisisalduse poolest. Kukruse lademe lubjakivid on tavaliselt merglised, peeneteralised ning sisaldavad kukersiidi ja mergli vahekihte. Kukruse lademe lubjakivides (J.Karki järgi) on Al_2O_3 sisaldus 4,39% ja Fe_2O_3 sisaldus 1,59%, mis ületab filleri toorainele lubatud piiri. Idavere lademes on esindatud merglised, mergli vahekihidega ja kukersiiti sisaldavad lubjakivid. Lahustumatu jääk on 15 - 20%. Aluvere maardla idavere lademe lubjakivi Al_2O_3 sisaldus on 2,1 - 10,4% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,8 - 2,7% (E.Jürgensoni andmeil). Arvesse võttes idavere lademe kivimi merglisust, on vähe tõenäoline leida sealt filleri tootmiseks kõlblikku toorainet.

Idavere lademel lasub jõhvi lade, milles esinevad sinakashallid, kohati kollakad, peamiselt merglised lubjakivid mergli vahekihtidega. Lubjakivide struktuur on peendetriitne, peeneteraline. Lahustumatu jäägi suu-

rus kõigub 10 - 25% piires.

Jõhvi lademe lubjakivide Al_2O_3 sisaldus on 3 - 4% ja Fe_2O_3 sisaldus 1,36 - 1,86%.

Geoloogiliselt uuritud leiukohtadest, kus esineb jõhvi lademe lubjakive, nimetame Aluvere II (pos.2) ja Allika maardlat (pos.12). Neis maardlais kivimi Al_2O_3 sisaldus on üle 1,49% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,80 - 1,93% piires. Kivimi survetugevus on 684 - 1359 kg/sm^2.

Kuigi jõhvi lademe lubjakive on murtud ehituskiviks paljudes murdudes, millest tähtsamad on Pääsküla, Sõjamäe, Jüri, Anija, Kavastu ja Jõhvi, puuduvad kõigi nende karjääride kohta andmed kivimi keemilisest koostisest, mis ei luba teha piisavat järeldust jõhvi lademe kivimite kasutamise võimaluste kohta filleri tooraina. Lademe üldine merglisus ja mergli või savi vahekihid teevad sobiva filleri tooraine leidmise raskeks ja vähe tõenäoliseks.

Keila lade lasub jõhvi lademel. Lademe lubjakivide keemiline koostis ja füüsikalis-mehaanilised omadused kõiguvad laialdastes piirides. Keila lademe lubjakive kaevandatakse maa lääne- ja keskosas (Keilas, Pääskülas, Arukülas ja Lillis). Avamuse idaosas esineb vaid väiksemaid paemurde Sõmeral (Rakvere lähedal) ja Kahulas. Keila lademe kihtide üldpaksus ulatub kuni 26 m-ni.

Lademe vanemas osas (ristna alahorisont) esinevad sinakashallid, kohati merglised lubjakivid mergli

vahekihtidega. Nooremas osas (laagri alahorisont) esinevad, eriti märgatavalt läänepoolse avamuse piires, allpool peeneteralised, sinakashallid (Keila ja Lilli paemurdudes), ülalpool tugevalt merglised lubjakivid. Idapoolse avamuse piires erinevad keila lademe ülemise osa lubjakivid vähe alumistest: kõige ülemistes kihtides suureneb terrigeense materjali hulk. Paiguti on lademe lubjakivid dolomitiseerunud.

Keila lademe lubjakivid omavad peene- kuni jämeteralise, valdavas osas siiski peeneteralise struktuuri.

Keila lademe lubjakivide keemiline koostis on järgmine: 1) peendetriitsed lubjakivid idapoolse avamuse alal - CaO 38,00 - 50,58%, MgO 0,80 - 2,72%, Fe_2O_3 1,29 - 2,33%; 2) puhtamad peeneteralised lubjakivid Lilli paemurrus - CaO 52%, MgO 1%, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 1%; 3) merglised lubjakivid avamuse läänepoolsel alal - CaO 43,7%, MgO 0,4%, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 4,4%.

Survetugevuse poolest rahuldavad Keila lademe lubjakivid filleri toorainele vajalikke nõudeid. Nende survetugevus on 600 - 800 kg/sm^2.

Eesti NSV üks suuremaid lubjakive kaevandav ettevõte - "Padise Paemurrud" - ekspluateerib Vasalemma maardlat (pos.6), kus esinevad keila ja oandu lademe lubjakivid. Kuni 1962. aastani ei ole ettevõte veel asunud sügavamal lamavat keila lademe lubjakivi murdma, vaid kaevandab ülemisi, oandu lademe lubjakive.

Keila lademe lubjakivid on Vasalemmas esindatud kahe erimiga: ülalpool tumehallid merglised lubjakivid savi vahekihtidega ja allpool kollaka tooniga helehallid käsnlubjakivid. Merglise lubjakivi $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus on 3,13%. Käsnlubjakivi $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus on 0,72 - 2,77%.

Olemasolevate andmete põhjal võib teha järelduse, et keila lademe lubjakivid on vähe perspektiivsed filleri tootmiseks vajaliku puhtusega kivimi saamiseks. Et see aga siiski on võimalik, tõendab Lilli paemurru lubjakivi keemiline koostis: kivimi $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ sisaldus oli ainult 1%.

Keila lademel lasub oandu lade, mille avamusriba laieneb Vasalemma ümbruses, kus ka lademe paksus on maksimaalne - ca 10 m.

Kivimi omadused on väga muutuvad. Idapoolsel avamusalal koosneb lade merglistest õhukesekihilistest lubjakividest, millel lahustumatu jäägi suurus ulatub 35%-ni. Kõige idapoolsemaks leiukohaks, kus vasalemma lademe lubjakive murtakse, on Saku paemurd. Murru ülemistes kihtides on kollakashallid jämedetriitsed, biomorfsed merglised lubjakivid, allpool dolomiitsed lubjakivid ja dolomiidid läätsedena ja mergliste vahekihtidega. Lahustumatu jäägi suurus selles kivimis on 10 - 25%, kohati enamgi.

Lubjakiviste dolomiitide Fe_2O_3 sisaldus on 0,3%; Al_2O_3 sisaldus 5,5%; survetugevus 600 - 800 kg/sm^2.

Olemasolevaist andmeist järeldub, et vaevalt idapool Sakut võib leida Vasalemma lademes lubjakive, mis sobivad oma keemilise koostise poolest filleri tooraineks.

Tuula (Harju rajoon) lähedal on tsüstoiidsed jämedetriitsed lubjakivid, milles esinevad üksikud biohermid - riffid. Tsüstoiidseid jämedetriitseid lubjakive on hakatud nimetama nende tugevuse ja kristalse struktuuri tõttu vasalemma marmoriks. Biohermid on läätsetaolised moodustised, millest suurimad tuntakse Vasalemma ja Rummu ümbruses - kuni 10 meetrise tüsedusega ja mõnekümnemeetrise läbimööduga.

Nn. vasalemma marmor on helehalli või halli värvusega ja keemiliselt puhas ning kõlblik filleri valmistamiseks. Selle lubjakivi $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus uuritud maardlais on 0,33 - 1,27%. Jämedetriitse tsüstoiidse lubjakivi survetugevus on 458 - 1104 kg/sm^2-le, mis täielikult rahuldab GOST-i 9128-59 nõuet filleri tooraine kohta.

Biohermidest võib eristada kahte kivimi tüüpi: sinakat merglist lubjakivi ja kohati, eriti biohermi äärtel ja alumises osas, rohekashalli merglit. Biohermid on struktuurilt peeneteralised, nende $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus (Padise maardla) on 1,81% ja survetugevus 545 - 971 kg/sm^2.

Geoloogilistest uurimisandmeist nähtub, et oandu lademes leidub filleri valmistamiseks kõlblikku tooraine-

net jämedetriitse tsüstoiidse lubjakivi näol. Lademe biohermsed ja merglised lubjakivid ei sobi oma keemilise koostise poolest filleri tooraineks. Siinjuures tuleb tähele panna, et mõningais kohtades, näiteks Padise maardlas, võib biohermse rifflubjakivi osatähtsus tõusta kogu lademe lubjakivide masiivis küllalt suureks (Padise maardlas kuni 50%), mis nõuab selektiivset murdmist. Biohermide läätsetaolise ja juhusliku esinemise tõttu on selektiivne tootmine raskendatud. Jämedetriitse tsüstoiidlubjakivi tootmine taolistes maardlates muutub ebamajanduslikuks võrreldes nendega, kus kõlblik lubjakivi esineb korrapäraselt suurte massiividena.

Oandu lademel lasuvad rakvere lademe lubjakivid. Lademes esinevad kollakad või sinakashallid, väga peeneteralised lubjakivid peeneteralise püriidi laikudega. Sageli esineb kivimis kaltsiidikristallide pesi. Lahustumatu jäägi suurus kivimis on alla 5%. Merglised vahekihid esinevad lademe alumises osas. Vanematest murdudest (Pagari, Põlula, Sõmeru, Kiviloo, Perila, Vaida, Voore, Munalaskme) on murtud paasi lubja põletamiseks.

Rakvere lademe lubjakive on lähemalt uuritud Rakvere maardlas (pos.4), kus lademe tüsedus ulatub 11 - 16,4 m-ni. Kivimi Al_2O_3 sisaldus on 0,42 - 1,23%, keskmiselt 0,81% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,31 - 0,56%, keskmiselt 0,40%. Al_2O_3 + Fe_2O_3 keskmine sisaldus on 1,21%, mis näitab, et lubjakivid kõlbavad filleri valmistami-

seks, kuna ka kivimi survetugevus (üle 800 kg/sm^2-le) rahuldab GOST-i 9128-59 nõudeid.

Toodud andmete põhjal võib järeldada, et rakvere lademes leidub lubjakive, mis kõlbavad filleri tooraineks.

Rakvere lademel lasuvad nabala lademe lubjakivid. Vanema alahorisondi helehallid lubjakivid vahelduvad rohekashallide, mergliste lubjakividega. Ülemises alahorisondis on kollakashallid lubjakivid peeneteralise püriidi laikudega. Kivimi lahustumatu jääk alumistes kihtides on 10 - 20%, ülemistes väiksem; survetugevus üle 800 kg/sm^2-le. Suurimad paemurrud asuvad Riisipere-Kose ja Tapa ümbruses.

Nabala lademe kivimid esinevad ka Rakvere maardlas (pos.4) rakvere lademe lubjakividel 0,9 - 6,2 m-se kihina. Kivimi Al_2O_3 sisaldus on 0,35 - 1,90%, keskmiselt 1,06% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,28 - 0,95%, keskmiselt 0,58%. $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ keskmine summaarne sisaldus (1,64%) ületab küll veidi GOST-is 9128-59 lubatud 1,5% piiri, kuid lubab siiski eeldada, et nabala lademe lubjakividest võib leida filleri valmistamiseks kõlblikku toorainet.

Nabala lademel lasuvad vormsi ja nendel omakorda pirgu lademe lubjakivid.

Vormsi lademe paemurdudest on tuntumad Kõrgessaare ja Paluküla Hiiumaal, Nõmmküla ja Kohila. Vormsi lademes esinevad hallid või rohekashallid merglised,

peenekihilised lubjakivid peenoteralise, peendetriitse struktuuriga. Lahustumatu jäägi suurus võib neis lubjakivides ulatuda 20%-ni. Vormsi lademe lubjakivi survetugevus (Kohila paemurrus) on 700 kg/sm^2.

Pirgu lademe avamusalad on kaetud enamuses tüsedate kvaternaarsete setetega. Paemurrud asuvad saartel või mandri läänеosas. Tuntumad neist on Niibi ja Rabivere.

Pirgu lademes esinevad sinakashallid või helehallid lubjakivid. Vormsi saarel ja mandri läänerannikul esineb lademes bioherme. Kivimi lahustumatu jäägi suurus kõigub 5 - 15% piires.

Vormsi ja pirgu lademe lubjakivide keemilise koostise, nende Al_2O_3 ja Fe_2O_3 sisalduse kohta puuduvad andmed, mistõttu ei ole võimalik kindlaks määrata lademe kivimite perspektiivi filleri toorainena. Samal põhjusel ei saa hinnata kahe järgneva - porkuni ja juuru lademe lubjakivide kõlblikkust filleri toorainena.

Porkuni lademes esinevad lubjakivid lademe kesk- ja ülaosas, kuna allpool esinevad dolomiidid. Porkuni lademe lubjakivid on helehallid, merglised. Kohati (eriti lademe ülemises osas) leidub bituumenit, mis annab lubjakivile pruunika värvivarjundi. Porkuni lademe lubjakivid on peene- kuni jämekristalsed. Lahustumatu jääk on 5 - 10%, mõningates merglistes vahekihtides aga kuni 50%. Kivimi survetugevus Seli paemurrus on üle 700 kg/sm^2. Porkuni lademe dolomiidid on kollakashallid

või helehallid ja peene- kuni jämeteralise struktuuriga. Dolomiidi keemiline koostis Seli paemurrus (E.Jürgensoni järgi) on järgmine: CaO 25,12 - 34,63%, MgO 9,50 - 17,35% ja Fe_2O_3 0,75 - 1,05%; survetugevus 1150 kg/sm^2.

Juuru lademe sinakashallid, peamiselt merglised peenekihilised lubjakivid mergli vahekihtidega on peene- kuni jämedetriitse või afaniitse struktuuriga. Kivimi lahustumatu jäägi suurus kõigub 4 - 25% piires.

Juuru lademel lasuvad kuni 14,4 m tüseduselt tamsalu lademe lubjakivid. Lademes esineb Ida- ja Kesk-Eestis pentamerus-lubjakivi, mis koosneb peamiselt käsijalgse Pentamerus borealis karpidest. Need karbid paistavad kivimi murdepinnal heledate kaarte ja ringidena, mille tõttu see kivim on saanud rahvaliku nimetuse "rõngaspaas". Sageli on kivim dolomitiseerunud.

Pentamerus-lubjakivi kasutatakse Tamsalus ja Rakkes lubja põletamiseks. Karjäärid asuvad Tamsalus, Rakkes, Karinus, Kirimäel, Juurus ja Tammikul. Kivimi lahustumatu jäägi suurus on 5%, kohati kuni 10%. Läänepoolsetel avamusaladel esineb detriitset lubjakivi. Suurimad paemurrud asuvad Pühalepas Hiiumaal ning Õiglakülas ja Ungrus mandri läänerannikul.

Tamsalu lademe lubjakive on üksikasjalisemalt uuritud Tamsalu I (pos.20), Rakke (pos.21) ja Karinu (pos.19) maardlas. Loetletud maardlais on kivimi Al_2O_3 sisaldus 0,1 - 2,07%, Fe_2O_3 sisaldus 0,11 - 0,86% ja

survetugevus 190 - 1015 kg/sm^2.

Olemasolevaist andmeist nähtub, et tamsalu lubjakivid võivad osutuda väga heaks filleri tooraineks. Eriti sobivad on Tamsalu I maardla lubjakivid, kuna need, rahuldades täielikult standardi nõuet $Al_2O_3+Fe_2O_3$ (0,80%) sisalduse kohta, omavad veel suhteliselt madala (190 - 744, keskmiselt 491 kg/sm^2), ent siiski GOST-i nõuet rahuldava survetugevuse. Madalama survetugevusega lubjakivi peenendamiseks kulub vähem elektrienergiat, mis filleri tööstuslikul tootmisel omab küllaldast tähtsust, sest elektrienergia maksumus filleri tootmise omahinnas on erikaalult küllalt märkimisväärne.

Tamsalu lademel lasuvad raikküla lademe lubjakivid ja dolomiidid, mis avanevad Hiiumaa lõunaosas, mandril Puskus, Märjamaal, Paides ja Jõgeval. Jõgeva rajooni piires pöördub avamusriba lõunasse ning lamab devoni setete all.

Raikküla lademes esinevad lubjakivid peamiselt läänepoolsetel aladel ja Kalana ning Jõgeva ümbruses, dolomiidid avamuse kesk- ja idapoolsetel aladel. Lubjakivimurrud paiknevad Tamsalus, Karinul, Matsukülas, Kullamaal, Sipal, Kabalas, Kalanas ja Jõgeval ning dolomiidimurrud Mündil, Türi-Allikul, Järva-Jaanis, Vodjal, Keavas, Haimres ja Orgital.

Raikküla lademe lubjakivid on helehalli või sinakasballi värvusega, peenekihilised, peendetriitsed, struktuurilt peenekristalsed. Mõningates paljandites ja

paemurdudes läänepoolsetel avamusaladel kohtame lubjakividel konglomeraatset struktuuri.

Kalana ümbruses esineb omapärane, valkja värvusega keskmise kristallisuurusega, tihe, hästi poleeritav, rahvasuus "kalana marmoriks" nimetatav lubjakivi. Seda kasutati ta valge värvuse tõttu heledate terrasiitkrohvide saamiseks. "Kalana marmor" murdub õhukesekihiliste väikeste tükkidena.

E. Jürgensoni andmeil on raikküla lubjakivide $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus 0,54 - 3,20% ja survetugevus 700 - 960 kg/sm^2. "Kalana marmori" Al_2O_3 sisaldus on 0,2% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,8%, survetugevus 1140 kg/sm^2.

Raikküla lademe lubjakivid esinevad Karinu (pos. 19) ja Tamsalu I (pos.20) maardlas.

Dolomiitide lahustumatu jäägi suurus (E. Jürgensoni andmeil) kõigub 5 - 20%, Al_2O_3 sisaldus 0,73% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,45 - 0,52%, survetugevus 800 - - 2100 kg/sm^2.

Raikküla lademe lubjakivide ja dolomiitide kohta olevaist keemilise koostise ja survetugevuse andmeist võib järeldada, et need on perspektiivsed filleri toorained. Väikese $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ summaarse sisalduse tõttu on Kalanas leiduv hele lubjakivi ehk kalana marmor suurepäraseks filleri tooraineks.

Raikküla lademel lasuvad <u>adavere</u> lademe lubjakivid ja dolomiidid. Lubjakivid esinevad peamiselt Lääne-Eestis. Lubjakivimurrud paiknevad Vändras, Võisikul,

Nuudil. Adavere lademe lubjakivid on sinakashallid, peenekihilised, merglised; struktuurilt peendetriitsed, peeneteralised. E.Jürgensoni andmeil on lubjakivide lahustumatu jääk umbes 10 - 20%; keemiline koostis: $CaCO_3$ 42,24 - 76,76%; $MgCO_3$ 10,14 - 14,32%; Fe_2O_3 1,12 - - 2,89%.

Adavere lademe dolomiidid on jäme- kuni peenkristalsed. Dolomiidimurrud paiknevad Adaveres, Tõrves ja mujal.

Peenkristalne dolomiit omab kollaka- või sinakashalli värvuse, kohati esineb punaseid laike. Lahustumatu jäägi suurus (E. Jürgensoni andmeil) ei ületa 10%; keemiline koostis: $CaCO_3$ 49,01%; $MgCO_3$ 41,34%; Fe_2O_3 0,54%.

Olemasolevate puudulike andmete tõttu ei saa määrata adavere lademe lubjakivide ja dolomiitide sobivust filleri tooraineks.

Adavere lademel lasuvad jaani lademe dolomiidid ja lubjakivid. Jaani lademe lubjakivid kui ka dolomiidid on tugevalt merglised ja sobivad vaevalt filleri tooraineks.

E.Jürgensoni andmeil on jaani lademe lubjakivide lahustumatu jäägi suurus 10 - 20%.

Järgmine, jaagarahu lade avaneb peamiselt saartel. Mandril avaneb jaagarahu lade Pärnu-Jaagupi, Virtsu ja Vändra ümbruses.

Lubjakive leidub ainult Jaagarahu ja Metsaküla

ümbruses. Jaagarahu lademe dolomiidid levivad nii saartel kui ka mandril. Tähtsamaist dolomiidi leiukohtadest mainitagu siinjuures mandril Kurese, Anelema, Mihkli, Kirbla, Tuudi murdu, Muhu saarel Hellamaa, Iga, Eku, Saaremaal Tagavere ja Kavandi murdu.

Jaagarahu lademe lubjakividel eraldatakse kahte erimit: helehall, peene- kuni jämedetriitne, kohati marmoritaoline ja biohermne lubjakivi.

Jaagarahu marmoritaolise lubjakivi Al_2O_3 sisaldus on ainult 0,11% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,09%.

Koos detriitsete lubjakividega esinevad biohermid, mis koosnevad korallidest ja stromatopooridest. E. Jürgensoni andmeil on biohermse lubjakivi Al_2O_3 sisaldus (Metsaküla ümbruses) 1,16% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,08%.

Jaagarahu lademe dolomiitidest on tüüpilisemad kaks erimit: kihiline, kollakashall peenekristalne ja helehall, biohermne. Biohermide tüsedus ulatub 2 - - 15 m-ni ja pikkus mõnest meetrist kuni mõne kilomeetrini. Kombinaat "Järvakandi Tehased" ekspluateerib Muhu saarel asuvat Hellamaa maardlat (pos.25), kus ülemises osas esineb tihe biohermne dolomiit ja alumises osas tüsedapangaline plaatdolomiit. Biohermse dolomiidi Al_2O_3 sisaldus on 1,35% ja Fe_2O_3 sisaldus - 0,32%. E. Jürgensoni andmeil on biohermse dolomiidi lahustumatu jääk 8%; Al_2O_3 sisaldus 0,60%, Fe_2O_3 sisaldus 0,31%.

Jaagarahu kihilise dolomiidi lahustumatu jääk E. Jürgensoni andmeil ei ületa 2%; Fe_2O_3 sisaldus on 1,08% ja Al_2O_3 kivim ei sisalda. Dolomiidi survetugevus ulatub kuni 2120 kg/sm^2. Kurese karjääris (pos.28) jaagarahu dolomiidi R_2O_3 sisaldus on 1,41% ja Anelema karjääris (pos.29) 0,8%.

Olemasolevatest andmetest järeldub, et jaagarahu lubjakivide kui ka dolomiitide seas leidub filleri valmistamiseks kõlblikku toorainet.

Järgmise, kaarma lademe, mis avaneb Saaremaal, moodustavad peamiselt dolomiidid, vähesel määral ka merglised lubjakivid. Atla maardlas (pos.22) on kaarma lademe lubjakivid peeneteralised, tugevasti dolomitiseerunud, merglised, kivim sisaldab Al_2O_3 1,80 - 2,43% ja Fe_2O_3 1,12 - 2,09%.

Kaarma lademe dolomiidid on merglised. E.Jürgensoni andmeil kõigub dolomiitide lahustumatu jääk 5 - - 20% piires, kohati ulatudes kuni 50%-ni; Al_2O_3 sisaldus 2,8% ja Fe_2O_3 sisaldus 1 - 2%, survetugevus 127 - - 815 kg/sm^2.

Kaarma lademe dolomiidid on helehalli ja halli, osalt kollaka värvusega. Värskelt murdes on Kaarma leiukoha dolomiit pehme, kuid hiljem õhus kõveneb. Kivimi Al_2O_3 sisaldus on 0,60 - 10,76% ja Fe_2O_3 sisaldus 2,40 - 39,08% ning survetugevus 62 - 977 kg/sm^2.

Olemasolevate andmete põhjal ei saa kaarma lademe dolomiite pidada perspektiivseks filleri tooraineks

suure Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisalduse tõttu. Ka kivimi survetugevus on paljudel juhtudel alla 200 kg/sm^2.

Järgmises, paadla lademes esinevad peamiselt dolomitiseerunud lubjakivid. Puhtamad lubjakivid avanevad ainult Saaremaal - Paadla, Atla ja Agama ümbruses.

Geoloogiliselt uuritud maardlaist leidub paadla lademe lubjakive Atla (pos.2) ja Agama (pos.23) maardlas. Lubjakivide Al_2O_3 sisaldus kõigub 0 - 3,92% ja Fe_2O_3 sisaldus 0 - 1,77% piires. Vähima Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisaldusega on lademes esinevad stromatopoor- ja krinoiidlubjakivi erimid. Neid võiks kasutada toorainena filleri valmistamiseks, kuid nende vähesuse tõttu pole neid muust kivimist võimalik eraldada.

Nagu nähtub andmetest Atla ja Agama maardlate kohta, võib paadla lademes esineda filleri tootmiseks kõlblikku toorainet, mille praktilist väärtust on aga raske hinnata, kuna lade on suhteliselt vähe uuritud.

Järgnevas, kaugatoma lademes, esineb lubjakive ja dolomiite. Lade avaneb Saaremaa lõunarannikul ja Sõrve poolsaare põhjaosas.

Kaugatoma lademe lubjakive murtakse Muratsis ja Kastis. Suurim paljand asub Kaugatoma juures. E.Jürgensoni andmeil on lademe alumises osas sinakashall, peeneteraline ja ülalpool hallikas lubjakivi jämedetriitse struktuuriga, mille Al_2O_3 sisaldus 0,43% ja Fe_2O_3 sisaldus 0,59%.

Kaugatoma dolomiite murtakse Uus-Löves ja Loona juures. Loona dolomiitide (E.Jürgensoni andmeil) Al_2O_3 sisaldus on 1,05% ja Fe_2O_3 + FeO 0,94%.

Kivimi survetugevuse kohta puuduvad andmed. Kuna peale tööstusliku otstarbe (kunagine Waldhofi tselluloosivabrik Pärnus) on Kaugatoma lubjakive ja dolomiite kasutatud ka ehitusmaterjalina, võib eeldada, et kivimi survetugevus ületab 200 kg/sm^2.

Olemasolevate andmete põhjal võib kaugatoma lademe lubjakividest ja dolomiitidest leida filleri tootmiseks kõlblikku toorainet. Kuna leiukohad asuvad mere ääres, võib korraldada kivimi vedu ka veeteed kaudu.

Kaugatoma lademel lasuv <u>ohesaare</u> lade avaneb Sõrve poolsaarel. Ohesaare lademe moodustavad sinakashallid lubjakivid mergli vahekihtidega, milles kohati leidub liivakivi. Kivimi keemilise koostise kohta puuduvad andmed, mistõttu selle kõlblikkuse üle otsustada ei saa.

<u>Devoni</u> setted esinevad Eesti NSV-s peamiselt liivakividena, savidena ja merglitena. Puhtamaid karbonaatseid kivimeid leidub ainult Kagu-Eestis. Kivimite omaduste kohta puuduvad lähemad andmed, kuna neid on veel vähe uuritud. Suurimad paemurrud asuvad Vastseliinas, Tiirhanna küla lähedal. Seal esinevad pihkva lademesse kuuluvad lubjakivid on savikate vahekihtidega. Murtud lubjakivi on kasutatud ehitusmaterjalina, samuti ka lubja põletamiseks.

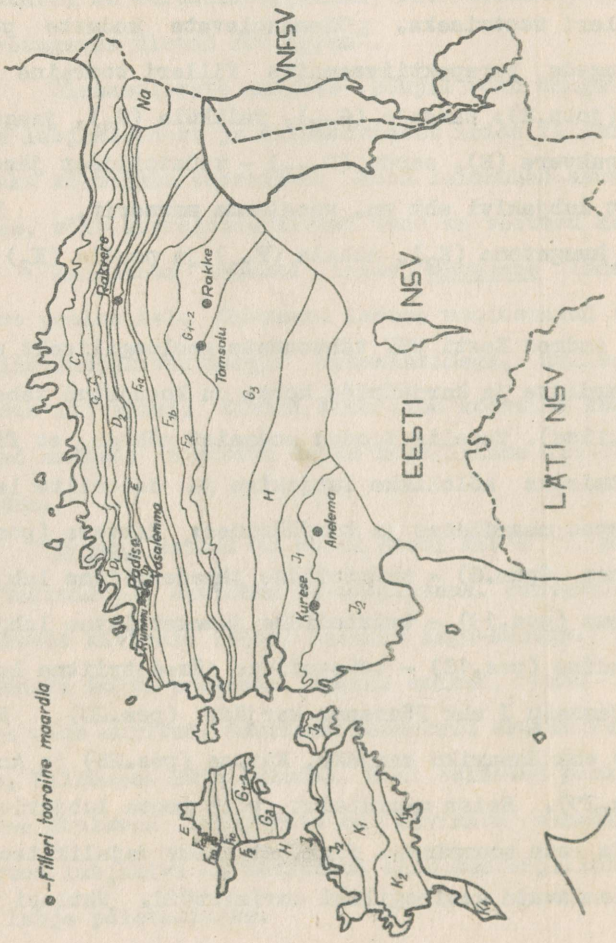
Andmete puudumise tõttu ei saa otsustada devoni lubjakivide kõlblikkuse üle filleri toorainena. Perspektiivsemad neist on pihkva lademe lubjakivid. Nende omadusi on aga vajalik lähemalt uurida.

Nagu nähtub eespool toodud ülevaatest, moodustavad Eesti NSV aluspõhja karbonaatsed kivimid, lubjakivid ja dolomiidid, praktiliselt ammendamatu tooraineva-ru filleri tootmiseks. Olemasolevate andmete põhjal võib lugeda perspektiivsemaiks filleri tooraine lademeiks (joon.2): tamsalu (G_{II}), raikküla (G_3), jaagarahu (J_2), rakvere (E), oandu (D_{III}) - tsüstoiidset jämedetriitset lubjakivi ehk nn. vasalemma marmorit, keila (D_{II}), kaugatoma (K_3), nabala (F_{Ia}) ja paadla (K_2) ladet.

Andmed Eesti NSV tähtsamate geoloogiliselt uuritud maardlate ja karjääride kohta on koondatud tabelisse (vt.lisa). Tabelis toodud andmeist nähtub, et filleri tootmiseks kõlblikke lubjakive ja dolomiite leidub järgmistes maardlates ja karjäärides: Rakvere (pos.4), Vasalemma (pos.6) - tsüstoiidne jämedetriitne lubjakivi, Rummu (pos.13) - tsüstoiidne jämedetriitne lubjakivi, Padise (pos.18) - tsüstoiidne jämedetriitne lubjakivi, Tamsalu I ehk Põdrangu karjäär (pos.20), Rakke (pos.2) ehk Kamariku karjäär, Kurese (pos.28) ja Aneleema (pos.29). Neist maardlaist võib toota lubjakivi ja kasutada seda toorainena ilma, et oleks vajalik teostada täiendavaid geoloogilisi uurimistöid. Ühtlasi võib

eeldada, et nende maardlate lubjakivide kaevandamisel ja töötlemisel tekkivaid jääke on võimalik kasutada filleri toorainena.

Maardlate ja karjääride asukohad koos nimetustega, kus leidub filleri valmistamiseks kõlblikku lubjakivi ja dolomiiti, on näidatud joonisel 2.



2. Jääklubjakivi

Paekivi murdvais, ümbertöötavais ja kasutavais ettevõtteis tekib igal aastal suurtes kogustes jääke, mille kasutamine võrreldes nende kogustega on seni tähtsusetu. Olenevalt kaevandamise viisist, ümbertöötamisagregaatidest ja toote liigist, ulatub jääklubjakivi kogus Eesti NSV ettevõtteis 10 - 30%-ni toorainest. Kui arvestada, et Eesti NSV-s murti ja töödeldi 1960.a. um-1,5 miljoni m^3 paekivi ning lugeda keskmiseks tootmisjäägi protsendiks 12, siis tekkis neid 1960. aastal Eesti NSV-s ligi 300 000 tonni, mis enam kui neljakordselt ületab filleri tooraine perspektiivse vajaduse 1965. aastal (Eesti NSV Riikliku Plaanikomisjoni andmeil 70 000 tonni).

Ehituskillustikku valmistavais ettevõtteis tekib jääklubjakivi seni mittekasutatava 0 - 5 mm-se killustikufraktsiooni näol.

Ehituspaekivi tootvais karjäärides, kus jääke ei kasutata killustiku valmistamiseks, tekib neid rohkesti ehituskivi mõõtmetele mittevastavate paekivitükkidena.

Lubjatootmisel šahtahjudes ja ringahjudes on samuti põletamisele suunatavate lubjakivitükkide suurus rangelt limiteeritud. Näiteks Rakke Lubjatehase Tamsalu tsehhis ei kasutata põletamiseks lubjakivitükke, mille läbimõõt on alla 70 mm. Need osutuvad jäägiks ega leia seni mingisugust kasutamist. Fraktsiooni 0 - 70 mm mit-

tekasutamise tõttu on Tamsalu karjääris jääke kuni 20%.

Tselluloositööstusele murtava lubjakivi tükisuurus on samuti reglementeeritud.

Tsementitööstuses, kus tooraine minimaalne tükisuurus ei ole piiratud, jääklubjakivi ei esine.

Karbonaatsete kivimite tootmisjääkide kasutamine filleri toorainena omab suurt rahvamajanduslikku tähtsust. Esiteks kasutatakse täielikult ära maavara, mille geoloogilisel uurimisel, karjääri avamisel, kaevandamisel ja transpordil on tehtud kulutusi; teiseks on jääklubjakivi (tavaliselt terasuurusega 0 - 10 mm) juba peenmaterjal, mis lubab filleri valmistamisel ära jätta elektrienergiat ja töökulu nõudva eelpeenendamise. Kasutades filleri valmistamiseks mäemassiivist kaevandatava lubjakivi asemel jääklubjakivi, alaneb filleri ja samuti selle toote omahind, mille töötlemisjääke filleri valmistamiseks kasutatakse. Osa kulutustest, mis enne langesid kõik paekivitoodetele, võib kanda nüüd jäägi maksumuse (kaevandamise, transpordi, jäägi eemaldamise jne. kulud) arvele. Kivimi jääk muutub väärtuslikuks tooraineks.

Lähemalt uuriti Eesti NSV suurimates, lubjakivikaevandavates, kasutatavates ja töötlevates ettevõtetes tekkinud jääke. Tabelis 1 on toodud nende ettevõtete lubjakivi jääkide hulgad, tükisuurused ja andmed jääkide kasutamise kohta. Kõikide nende kivimijääkide keskmine survetugevus ületab GOST-is 9128-59 nõutud mini-

maalse väärtuse - 200 kg/sm^2. Enamuse (välja arvatud Tamsalu karjääri lubjakivi) tootmisjääkide survetugevus ületab 400 kg/sm^2, mis on oluline, kui kasutada neid asfaltbetoonis mineraalagregaadina selle granulomeetrilise koostise parandamiseks.

Tabel 1

ENSV tähtsamate lubjakivikarjääride jääklubjakivi (tootmisjäägi) hulk, fraktsioonid ja kasutamine

Jrk. nr.	Karjääri nimetus ja asukoht	Ühtoodang tuh. m^3 1961.a.	Jääklubjakivi hulk aastas tuh. m^3 1961.a.	Jääklubjakivi tükisuurus, mm	Jääklubjakivi kasutamine praegu
1.	V ä o Harju rajoon	500	60	5 - 0	Täiteks teedeehituses
2.	P a d i s e Harju rajoon	300	35.	25 - 0	Täiteks teedeehituses
3.	V a s a l e m m a Harju rajoon	300	50	5 - 0 15 - 0	Täiteks ja filleriks Leningradi
4.	R a k k e Rakvere rajoon	80	30	30 - 0	Ei kasutata
5.	T a m s a l u Rakvere rajoon	65	40	70 - 0	Ei kasutata
6.	H a r k u Harju rajoon	200	25	5 - 0	Osaliselt betoonblokkide valmistamiseks
7.	N a r v a Narva linn	100	15	5 - 0	Täiteks teedeehituses
8.	A h t m e Kohtla-Järve (põlevkivi rikastamisjääk)	-	100	125 - 25	Ei kasutata

Andmed jääklubjakivi $R_2O_3 = Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldusest on koondatud tabelisse 2; samas on toodud ka jääkide proovi niiskus. Jääkide niiskus oleneb muidugi sademetest ja ilmastikust, mille mõjule jäägid allusid perioodil enne proovide võtmist. Jääkide niiskus võib tõusta kuni 15, isegi kuni 25%-ni.

Tabel 2

Jääklubjakivi keemilise analüüsi tulemused

Jrk. nr.	Karjääri nimetus	Jäägi liik	R_2O_3 sisaldus jäägis %	Jääklubjakivi niiskusesisaldus, %-des kaalust
1.	Väo	Lubjakivitolm	4,38-4,46	5,3
2.	Padise	- " -	3,02	4,2
3.	Vasalemma	- " -	3,01	2,8
4.	Rakke	Lubja põletamiseks liialt peenike fraktsioon	0,87-1,81	2,6
5.	Tamsalu	- " -	0,75-1,85	2,4
6.	Harku	Lubjakivitolm	6,16	2,4
7.	Narva I	- " -	8,02	4,4
8.	Narva II	- " -	5,02	4,3
9.	Ahtme I (primaarne)	Põlevkivi rikastamise aheraine	4,30	-
10.	Ahtme II (sekundaarne)	- " -	5,99	-

Nagu nähtub tabelis 2 toodud arvudest, rahuldavad GOST-i 9128-59 nõuet $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisalduse kohta Tamsalu ja Rakke karjääri lubjakivid, kusjuures mõningail juhtudel ka nende karjääride jääklubjakivi R_2O_3 sisaldus ületab lubatud 1,5% piiri. Arvesse võttes nende maardlate kivimi R_2O_3 sisaldust, mille lubjakivide kaevandamisel, kasutamisel või töötlemisel jäägid on saadud, võis eeldada R_2O_3 sisaldust alla 1,5% järgmistes karjäärides: Tamsalu I maardla (pos.20, keskmine R_2O_3 sisaldus 0,80%), Rakke (Rakke-Kamariku maardla, pos.21, keskmine R_2O_3 sisaldus alla 1,46%), Padise (Padise maardla, pos.18) ja Vasalemma (Rummu maardla, pos.13).

Reeglipäraselt esineb kõikides karjäärides suurem $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus kui maardla kivimis keskmiselt ja isegi suurem kui geoloogilisel uurimisel saadud maksimaalne R_2O_3 sisaldus. Seda põhjustab asjaolu, et jäägid on saadud lubjakivi purustamisel (killustiku valmistamisel, õhkamisel) ja moodustavad purustatud kivimi peenema osa. Purustamisel peenenduvad rohkem pehmemad, savikad kivimi osad, merglised ja savikad vahekihid. Need kontsentreeruvad peenes jääkfraktsioonis, mistõttu jääklubjakivi $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus saadaksegi alati suurem kui maardla kivimis tervikuna.

Mergliste ja savikate osakeste kontsentreerumine jääklubjakivis sunnib tootmisjääkide tarvitamisel ette-

vaatusele ja eeldab pidevat R_2O_3 sisalduse kontrolli. Samuti osutub vajalikuks vältida savikate osakeste sattumist jääkidesse, õigemini purustusliinidesse ja õhitavasse kivimisse üldse. Kahtlemata aitab siin kaasa ka karjääri kasulikku mäemassi katva pinnase hoolikas kõrvaldamine. Halvasti kooritud pinnasega karjääris satub pinnases sisalduv savi mäemassi ja sealt edasi jääkidesse.

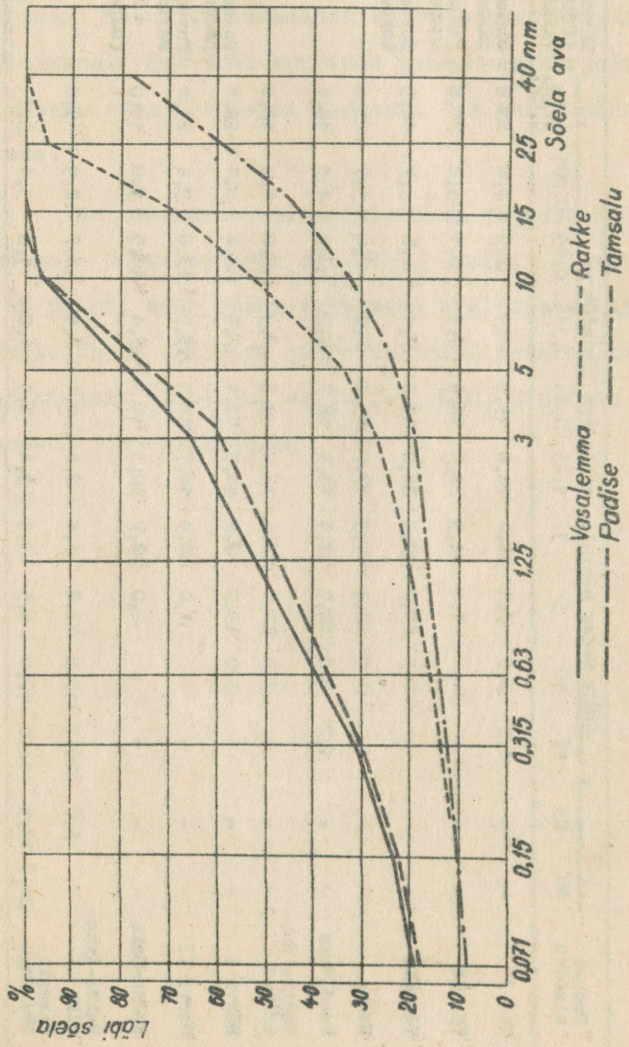
Kui maardlas esinev kivim on väikese R_2O_3 sisaldusega, tootmisjäägis aga R_2O_3 veidi ületab lubatud 1,5% piiri, saab jääki rikastada kvaliteetse kivimi lisamise teel. Filleri jahvatamisel lisatakse kvaliteetset kivimit niipalju, et filleri R_2O_3 sisaldus taanduks lubatud 1,5% piiridesse.

Tabel 3

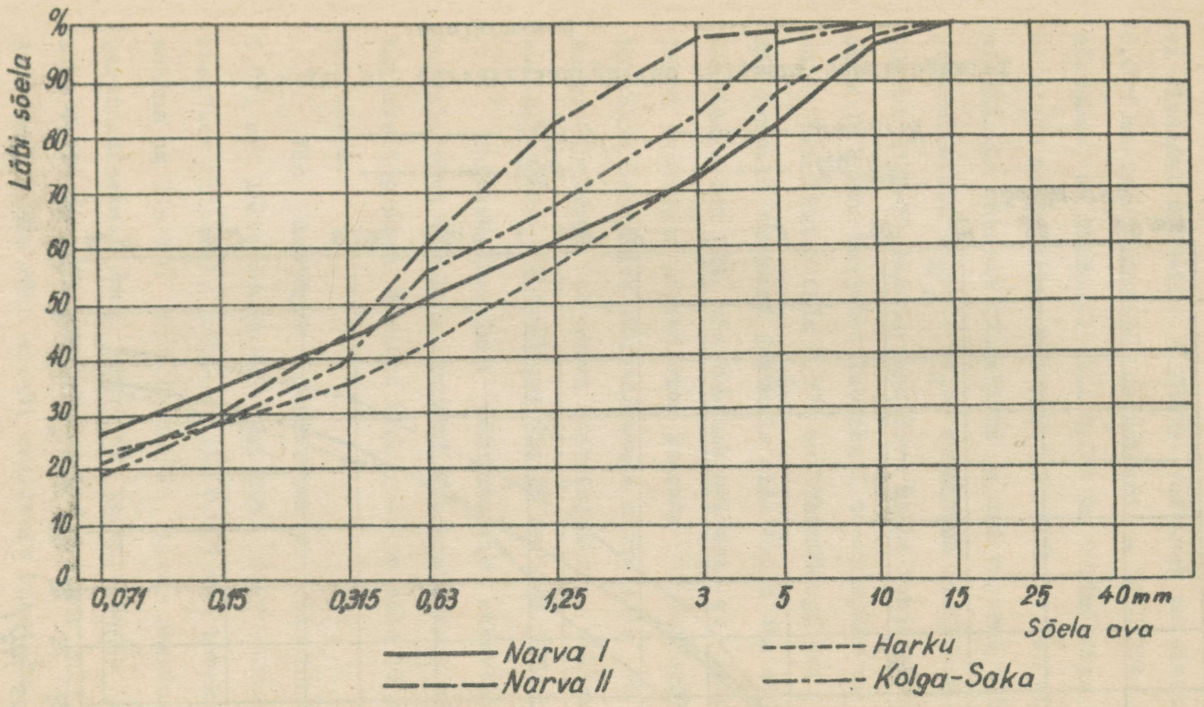
Jääklubjakivi sõelanalüüsi tulemused

Proovi nimetus	Jääk %-des sõelale, mille ava läbimõõt, mm												Märkused tootmisjääkide tekkimisviisi kohta
	40	25	15	10	5	3	1,25	0,63	0,315	0,15	0,071	alla 0,071	
Väo I	-	-	1,0	3,0	7,1	14,2	18,6	13,5	7,9	7,3	4,8	22,6	Purustamisel lõugpurustiga
Väo II	-	-	-	-	1,4	12,5	20,1	17,8	10,1	8,1	5,2	24,8	Purustamisel koonuspurustiga
Väo III	-	-	-	0,1	11,7	20,5	21,0	13,4	7,1	6,0	3,7	16,5	Purustamisel rootorpurustiga
Harku	-	-	-	1,6	10,5	14,3	17,6	13,3	7,2	7,4	5,7	22,4	
Vasalemma	-	-	1,2	2,5	18,7	12,4	13,5	12,7	8,2	7,5	4,5	18,8	
Padise Paemurrud	-	-	-	3,8	23,1	13,5	13,0	9,3	6,9	8,0	4,4	18,0	
Narva I	-	-	-	3,0	15,2	9,2	11,5	10,1	7,9	8,4	8,1	26,6	Purustamisel lõugpurustiga
Narva II	-	-	-	-	1,0	1,9	14,7	21,9	15,9	13,8	9,4	21,4	Purustamisel lõugvaltspurustiga
Kolga-Saka	-	-	-	-	4,0	12,7	16,5	11,5	16,4	10,9	9,0	19,0	- " - (sulet. tsükkel)
Rakke-Kamariku	-	5,0	26,3	15,6	19,2	7,4	6,4	4,1	2,4	2,7	2,9	7,8	
Tamsalu-Põdrangu	22,0	17,5	18,0	10,0	9,5	3,8	3,4	1,9	1,2	1,6	3,1	8,0	

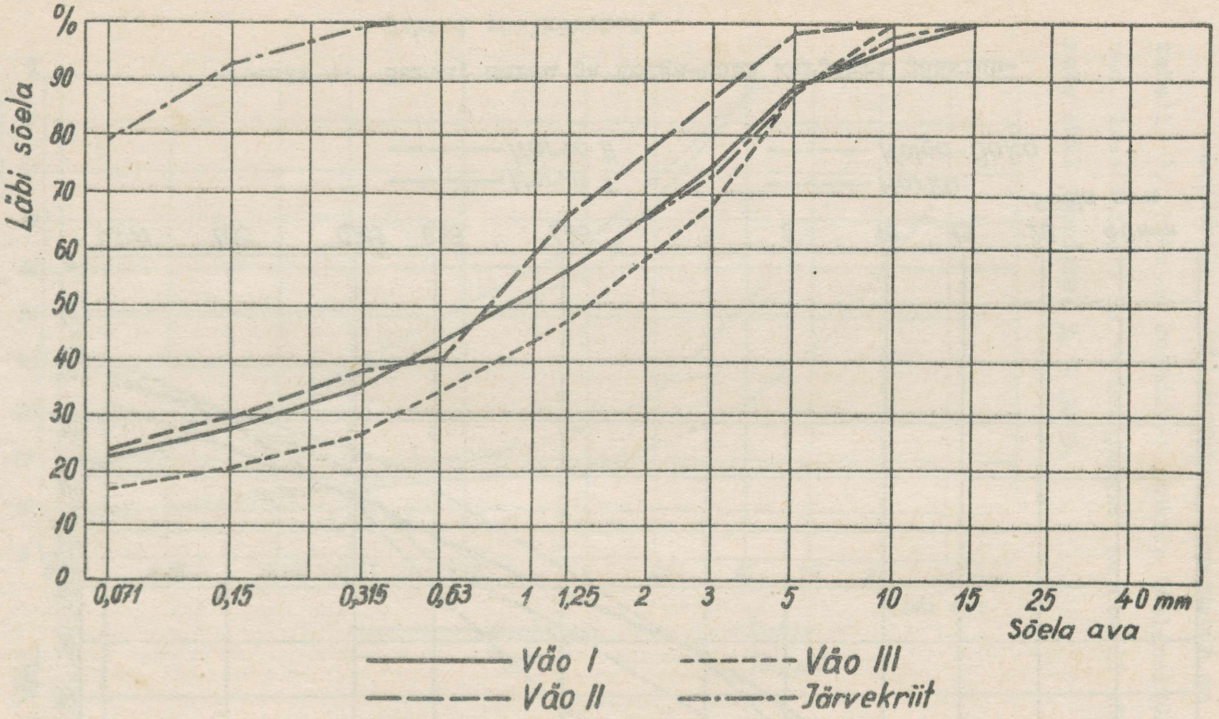
Karjääride jääklubjakivi terasuurus on toodud tabelis 3, kuhu on koondatud jääkide sõelanalüüsi andmed. Graafiliselt on tootmisjäägid kujutatud sõelkõverate abil joonistel 3, 4 ja 5.



Joonis 3. Vasalemma, Padise, Rakke ja Tamsalu karjääri jääklubjakivi sõelkõverad.



Joonis 4. Narva, Harku ja Kolga-Saka karjääri jääklub-jakivi sõelköverad.



Joonis 5. Järvekriidi ja Väo karjääri jääklubjakivi sõelkõverad.

Sõelanalüüsi tulemustest selgub, et jääklubjakivi sisaldab GOST-ile 9128-59 vastavat peenimat - alla 0,071 mm terasuurusega fraktsiooni - 8 - 27%. GOST-is nõutakse, et filleril alla 0,071 mm läbimõõduga terasid ei oleks mitte vähem kui 70%. Järelikult ei ole tootmisjääkide peensus küllaldane ja nad vajavad täiendavat peenendamist. Al_2O_3 + Fe_2O_3 summaarse sisalduse poolest GOST-i 9128-59 nõuded rahuldava Rakke Lubjatehase Tamsalu ja Rakke karjääri lubjakivi tootmisjääk on jämedamaid, sisaldades alla 0,071 mm läbimõõduga osi ainult 8%. Tamsalu karjääri jäätmeis sisaldavad üle 40 mm läbimõõduga osi 22%, mis tuleneb sellest, et tehnoloogilised eeskirjad näevad ette suunata lubjapõletamise ahtahju lubjakive tükisuurusega mitte alla 70 mm. Ka Rakke karjääri lubjakivi tootmisjääkide tükisuurus on küllalt suur - läbimõõduga üle 20 mm ligi 50%.

Ehituskillustikku valmistavais ettevõtteis on tootmisjäägi teraline koostis lubjatehastega võrreldes tunduvalt peenem. Peaaegu kogu jääk on alla 10 mm terasuurusega.

Väo karjääri jääklubjakivi sisaldab alla 0,071 mm läbimõõduga osi ligi 25%. GOST 9128-59 lubab kasutada fillerit, milles alla 0,071 mm terakeste sisaldus on üle 40% asfaltbetooni liiva jämedusmooduli parandamiseks. Ühegi karjääri tootmisjäägis ei ulatu alla 0,071 mm suurusega osakeste sisaldus küll 40%-ni, kuid neid jääke võib siiski osaliselt kasutada filleri asendajana.

Tabelis 2 ja 3 nimetatud lubjakivikarjääride tootmisjääkidest valmistati jahvatamise teel laboratoorses kuulveskis fillerit, mida katsetati GOST-i 9128-59 ja GOST-i 9129-59 kohaselt. Narva I ja II, samuti Väo I, II ja III karjääri tootmisjäägid liideti enne filleri jahvatamist kokku üheks prooviks, mida nimetatakse vastavalt Narva (I+II) ja Väo (I+II+III).

Jääklubjakivist valmistatud filleritega viidi läbi järgmised katsed: sõelanalüüs, hüdrofiilsuse koefitsiendi, poorsuse, $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisalduse ja niiskuse kapillaartõusu kiiruse määramine. Katsete tulemused on koondatud tabelisse 4.

Jrk. nr.	Pilleri nimetus toormaterjali või selle leiukoha järgi	Jahvatuspeensus % Läbi sõela, mille ava läbimõõt, mm			Hüdrofiilsuse koefitsient	Poorsus %	Niiskuse kapillaartõusu kiirus, mm/min	R_2O_3 sisaldus %
		1,25	0,315	0,071				
1.	Padise	100	99,85	89,95	0,66	33,5	0,61	3,02
2.	Vasalemma	100	99,90	86,70	0,68	33,0	0,80	3,01
3.	Harku	100	99,35	76,30	0,78	33,3	0,61	6,16
4.	Kolga-Saka	100	100	84,40	0,75	31,7	0,61	-
5.	Põlevkivi rikastusjääk	100	99,45	82,40	0,72	38,3	1,16	4,30-5,99
6.	Narva (I + II)	100	99,95	84,80	0,83	32,8	0,63	5,02-8,02
7.	Väo (I + II + III)	100	99,75	77,40	0,78	31,6	0,77	4,38-4,46
8.	Rakke	100	100	83,35	0,63	32,8	0,85	0,87-1,81
9.	Tamsalu	100	100	82,70	0,74	31,2	1,54	0,75-1,85
10.	Kukersiit (harilik)	100	98,60	61,60		40,3	1,25	
11.	Kukersiit (hüdrauliline)	100	100	97,3		40,9		
12.	Tolmpõlevkivituhk (peenfraktsioon)	100	100	96,6		43,6		
13.	Tolmpõlevkivituhk (jämefraktsioon)	100	99,2	58,8		46,0		
14.	Järvekriit	99,9	98,3	79,7	1,02	53,2	4,16	0,98
15.	Järvekriit (jahvatatud)				0,74	43,1	0,83	
16.	Järvekriit (50% loodusl.+50% jahvat.)				0,82	46,7	1,34	
17.	Tunnelahju poolkoks	100		80	0,85	35	0,031	8,5

Nagu nähtub tabelis 4 toodud katsetamise tulemustest, rahuldavad kõikide lubjakivi kaevandavate ja töötlevate karjääride tootmisjääkidest valmistatud fillerid GOST-is 9128-59 püstitatud tingimusi hüdrofiilsuse koefitsiendi (0,63 - 0,83%), peensuse (alla 0,071 mm osakeste sisaldus 82 - 90%) ja poorsuse (31,2 - 33,5%) poolest. Ent Al_2O_3 + Fe_2O_3 sisalduse poolest ning kokkuvõttes kõiki GOST-i nõudeid rahuldavad ainult Tamsalu ja Rakke karjääride tootmisjääkidest valmistatud fillerid.

Kõikidest filleritest, mille kohta on toodud andmed tabelis 4, valmistati asfaltbetooni proovikehad. Nende katsetamise andmed on koondatud tabelisse 10.

3. Järvekriit

Eesti NSV-s on laialdaselt levinud magevee-lubisetted. Nende leiukohad esinevad praeguste ja endiste järvede põhjas või oruveergudel. Järve- ja soosetete hulka kuuluvaid lubisetteid nimetatakse järvekriidiks. Allikalise päritoluga lubisetteid nimetatakse lubituffiks. Mõlemad ülalnimetatud lubisetted esinevad pudeda massina, mis läbib jäägita 1 mm sõela. Eesti NSV-s on teada 128 magevee lubisetete leiukohta, kusjuures enamik järvekriidi leiukohti asub Lõuna-Eestis. Praegu kasutatakse järvekriiti peamiselt happeliste muldade lupjamiseks. Allikalubja leiukohad on väikesed, aga järvekriidi varud võivad ulatuda üksikutes leiukohtades kuni mitme miljoni tonnini. Geoloogiliselt on teistest pare-

mini uuritud Tapa lähedal asuv järvekriidi maardla. Sealset järvekriiti kasutatakse nii loomasööda lisana kui ka maalritööks.

Allpool on esitatud eesti järvekriidi ja lubituffide keemilised analüüsid:

	R_2O_3	CaO	MgO	HCl-s lahustumatu jääk
Järvekriit	1,08%	46,6%	0,92%	3,02%
Lubituff	1,27%	49,6%	0,62%	1,15%

Järvekriidi kui filleri tooraine omaduste ja sobivuse kindlaksmääramiseks kasutati Varangu (Rakvere rajoon) järvekriidi proove. Järvekriit rahuldas looduslikul kujul oma terasuuruse poolest GOST-i 9128-59 nõudeid, kuna sõela avaga 1,25 mm läbis 100%, sõela avaga 0,315 mm - 98,3% (GOST-i 9128-59 nõue - vähemalt 90% ja sõela avaga 0,071 mm 79,7% (GOST-i 9128-59 nõue vähemalt 70%).

Sõelanalüüsi andmed on järgmised (vt. joon.5):

Jääk sõelale, mille ava suurus	3	mm - 0%
	1,25	mm - 0,1%
	0,63	mm - 0,4%
	0,315	mm - 1,2%
	0,15	mm - 6,5%
	0,07	mm - 12,1%
Läbi sõela avaga	0,071	mm - 79,7%
Eripind	3600	sm^2/g

Järvekriidi proovi $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus oli 0,98%.

Järvekriidi poorsust püüti uurimistööde käigus vähendada tema terasuuruse muutmise teel. Jahvatades laboratoorses kuulveskis saavutati järvekriitfilleri poorsuse näitajaks 43,1%, mis siiski ületab GOST-is 9128-59 lubatud piiri. Segades kuulveskis jahvatatud järvekriiti looduslikku jahvatamata järvekriidiga vahekorras 50:50, saadi poorsuse näitajaks 46,8%.

Jahvatades järvekriiti desintegraatoris, saadi poorsuse näitajaks 49%.

Järelikult järvekriiti fillerina kasutada ei saa looduslikul kujul ega ka peenendatult, kuna ta poorsus ei vasta GOST-i 9128-59 nõuetele.

Järvekriidi kasutamine fillerina toob kaasa bituumeni enamkulu. Jahvatatud järvekriidiga laboratoorsed asfaltbetoonisegud osutusid raskelt töödeldavaiks.

Järvekriidi kui filleri katsetuste tulemused on toodud tabelis 4.

4. Liivad, kruusad, rändkivid, allikalubi

Peale lubjakivide ja dolomiitide võivad Eesti NSV aluspõhjas ja pinnakattes leiduvatest kivimitest osutuda filleri tootmiseks kõlblikeks veel liivad, rändkivid, kruusad ja allikalubi. Viimase leiukohad ja varud on aga piiratud.

Meil laialdaselt esinevad liivakivid ja liivad on põhiliselt puhtad räniliivad, millest valmistatud fillerid osutuvad suure kvartsisisalduse tõttu hüdrofiilseiks ega tule seepärast toorainena arvesse.

Kruusadele ja kruusa-liiva segule on iseloomulik lubjakivimunakate rohkus. Kruusasid kui filleri toorainet pole lähemalt uuritud.

Tihti sisaldavad meie kruusa-liiva segud savi, mistõttu neid ei saa kasutada filleri valmistamiseks. Kui aga kruusast eraldada sõelumise teel jämedamad lubjakivifraktsioonid, võiks neist valmistada standardile vastavat fillerit. Selle küsimuse lahendamine vajab aga veel täiendavaid uurimistöid.

Lisaks kruusadele ja liivadele esineb meie pinnakattes rändkive, mis rõhuvas enamikus koosnevad kristalsetest kivimitest (graniit, pegmatiit, basalt, gneiss, süeniit, diabaas j.t.). R.Ambros uuris mõningate kivimite (graniidi, süeniidi, gneisi, basaldi ja diabaasi) kõlblikkust filleri tootmiseks ja tuli järeldusele, et basalti ning diabaasi võib kasutada filleri valmistamiseks. Kuid võttes arvesse, et neid esineb suhteliselt vähesel määral, ei ole majanduslikult õige baseerida filleri tootmist neile rändkividele.

5. Põlevkivi kasutamise mineraalsed jäägid

Põlevkivi kasutamisel kütusena energeetika- ja keemiatööstuses tekib jääk - põlevkivi (kukersiidi) mineraalne osa. Igal aastal tekib niisuguseid mineraalseid jääke miljoneid tonne. Seni need leiavad kasutamist põhiliselt ehitusmaterjalide tööstuses kukermiidi, mineraalvati ja seinamaterjalide valmistamisel. Kuigi ehitusmaterjalide tööstus näeb ette tunduvalt tõsta põlevkivi põletamise mineraalsete jääkide kasutamist, jääb siiski suur osa neist kasutamata. Juba sellest seisukohast on arusaadavad teadlaste, uurijate ja tootjate otsingud leida põlevkivi mineraalsetele jääkidele täiendavaid kasutusalasid. Need otsingud on laienenud ka teedeehitusmaterjalidele. Selle tulemusena ühest põlevkivijäägi liigist (põlevkivi restilpõletamise tuhast) toodetud kukermiiti kasutati alates 1950.a. fillerina asfaltbetooni valmistamisel.

Põlevkivi esineb ENSV territooriumil kukruse ja idavere lademes.

Nimetatud lademed koosnevad peamiselt lubjakividest ja merglistest lubjakividest. Lubjakivides esineb mitmesugusel määral orgaanilist ainet pruunide terakeste näol. Kui need pruunid terakesed moodustavad kivimi peamassi, siis ongi tegemist põlevkiviga kitsamas mõttes.

Tootmisväärsed põlevkivikihid eralduvad teravalt

lubjakivilademe alumises osas. Nende profiil Jõhvi ümbruses on järgmine [4]:

0,12 m	Põlevkivi ussikäikudega ja lubjakivi
0,11 m	Põlevkivi (kiht H)
0,28 m	Lubjakivi ja bituumenjas lubjakivi
0,24 m	Põlevkivi (kiht G)
1,44 m	Lubjakivi ja bituumenjas lubjakivi (ülemises kolmandikus 5 sm põlevkivi)
1,05 m	Põlevkivi lubjakivimügaratega, eriti ülemises osas (kiht E ja F)
0,07 m	Bituumenjas lubjakivi (roosa paas)
0,08 m	Põlevkivi (kiht D)
0,21 m	Lubjakivi (kahekordne paas)
0,40 m	Põlevkivi, ülal ussikäikudega (kiht C "hobuse nahaga")
0,09 m	Lubjakivi
0,60 m	Põlevkivi (kiht B)
0,14 m	Lubjakivi
0,10 m	Savikas põlevkivi
0,12 m	Põlevkivi (kiht A)
5,05 m	K o k k u

A- ja C-kiht on peaaegu täiesti vabad lubjakivist ja teistest vahekihtidest ning sisaldavad 50% mineraalainet. D-kiht sisaldab 67% mineraalainet. B-kiht, mis on kõige rikkam orgaanilise aine poolest, sisaldab mineraalainet umbes 40%. Lubjakivi on selles kihis 2-6%.

TRÜ Raamatukogu

F-kihis moodustavad lubjakivi vahekihid umbes 65% kogu massist.

Ülaltoodud andmetest järeldub, et toorainena vaadeldava põlevkivi mineraalse jäägi keemiline koostis ja omadused olenevad sellest, missugusest kihist on pärit põlevkivi, sellest, kuivõrd on ta sorteeritud ning põlevkivis endas esinevatest lubjakivimügaratest.

Ülevaate saamiseks sellest, missuguseks võib kujuneda põlevkivi mineraalsete jääkide keemiline koostis, on tabelis 5 toodud põlevkivi tööstuslike kihtide ja lubjakivi-vahekihtide mineraalse osa keemiline koostis "Küttejõu" kaevanduse profiilist.

Tabel 5

"Ellitsejõu" kaevanduse tööstuslike põlevkivikihtide ja vahekihtide mineraalosa keemiline koostis

K i h i d	Kivimi koostis %			Terrigeense materjali keemiline koostis %										Karbonaatse kompon. keemiline koostis %		
	Orgaaniline aine	Karbonaadid	Terrigeenne materjal	FeS_2	SO_3	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	MgO	H_2O hügroskoopne	CaO	MgO	CO_2
Põlevkivi F	23,8	56,8	16,9	2,29	0,23	63,6	1,07	16,6	6,54	8,36	0,95	0,12	2,79	54,5	1,9	43,6
Põlevkivi E-F	27,1	58,5	9,7	4,36	0,31	62,9	1,23	16,2	7,40	7,40	0,20	3,19	3,19	55,4	1,1	43,5
Põlevkivi E	40,6	38,1	16,6	4,33	0,35	64,8	0,90	16,6	4,80	8,65	0,96	1,12	3,30	54,5	2,3	43,2
Lubjakivi D/E	12,4	75,6	10,8	1,05	0,14	66,8	0,65	16,1	7,09	7,18	0,28	0,18	1,75	53,6	2,2	44,2
Põlevkivi D	27,5	40,7	30,8	0,85	0,20	68,8	1,04	16,9	4,27	6,58	0,55	0,06	1,82	51,9	4,8	43,3
Lubjakivi C/D	1,9	84,9	12,5	0,61	0,12	66,1	0,96	15,7	5,45	10,80	0,48	0,16	0,40	55,1	1,3	43,6
Põlevkivi C	26,7	54,2	17,7	1,15	0,25	66,6	0,96	16,3	5,49	6,85	0,79	0,11	2,94	54,8	1,7	43,5
Põlevkivi B	35,2	48,4	13,5	2,63	0,25	65,5	1,04	15,1	7,95	6,46	1,11	0,07	2,97	55,0	1,5	43,5
Lubjakivi B/C	8,5	84,7	5,5	1,18	0,14	63,4	1,42	15,0	6,93	7,82	2,14	0,36	2,85	65,1	1,0	43,9
Lubjakivi A^1/B	5,7	76,3	17,0	0,86	0,14	68,4	1,18	15,7	5,17	6,70	0,82	0,12	1,94	54,4	1,7	43,9
Põlevkivi A^1	26,0	32,4	39,6	1,67	0,38	66,0	0,79	17,3	4,95	7,07	1,52	0,05	1,29	50,0	6,8	43,0
Põlevkivi A	44,3	28,6	25,3	1,51	0,30	67,4	1,03	16,2	5,06	6,73	0,51	0,04	3,04	52,5	4,4	43,1

Põlevkivi mineraalsete jääkide omadused ei sõltu mitte ainult mineraalosa keemilisest koostisest, vaid ka põlevkivi töötlemise termilisest režiimist. Olulist osa etendavad temperatuuri kõrgus, selle kestus, jahtumise, mineraalsete jääkide säilitamise tingimused, nende kustutamine veega jne.

Jääkide eraldamisel võib toimuda nende separeerimine fraktsioonidesse, kusjuures üksikute fraktsioonide omadused võivad teineteisest tunduvalt erineda. Näiteks tsüklontuhad, elektrifiltrite tuhad jne. Neid tavatsetakse liigitada vastavalt tekkimisviisile, põlevkivi termilise töötlemise ja põletusviisile, tuha eemaldamise ja separeerimise viisile. Kasutatakse termineid: põlevkivi aheraine, põlevkivikoks, põlevkivipoolkoks, põlevkivituhk ja selle liikidena põlevkivitolmtuhk, elektrifiltrituhk, põlevkivi restilpõletamise tuhk, tsüklontuhk, generaatortuhk jne.

Kas põlevkivi mineraalsed jäägid võivad olla tooraineks GOST-i 9128-59 tingimustele vastava filleri saamiseks? GOST-i 9128-59 § 20 piiritleb: "Mineraalpulbritena kasutatakse kunstlikult peenendatud lubjakive ja dolomiite tugevusega mitte alla 200 kg/sm^2... ja aluselisi metallurgilisi räbusid".

Põlevkivi mineraalosa võib vaadelda kui lubjakivi. Põlevkivi töötlemise üks mineraalse jäägi liike - aheraine - kahtlemata vastab GOST-i 9128-59 § 20 nõudele filleri kivimi liigi suhtes. Lubjakivid, järelikult

ka aheraine ja teised mineraalsed jäägid, kus ei toimu nende töötlemisel mineraalosa keemilist muutust (näiteks tunnelahjude poolkoks), peavad rahuldama GOST-i 9128-59 § 22 märkuses 3 püstitatud nõuet, mille kohaselt mergliste lubjakivide ja dolomiitide $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus ei tohi ületada 1,5%. Tabelis 5 toodud põlevkivi ja lubjakivi-vahekihtide keemilise analüüsi abil võime teha järelduse, et põlevkivi mineraalsed jäägid ja vahekihid ükskõik millises kombinatsioonis ei rahulda GOST-i 9128-59 nõuet $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisalduse kohta.

Tõepoolest, aluseks võttes tabelis toodud keemilise koostise, leiame arvutamise teel, et F-kihi mineraalosa (eeldades, et orgaaniline osa on ära kasutatud) sisaldab Al_2O_3 ja Fe_2O_3 kokku 7%, E-kihi mineraalosa 10,5%, E-F-kihi mineraalosa 6,3%, D-kihi mineraalosa 9,8%, C-kihi mineraalosa 6,3%, B-kihi mineraalosa 7,3%, A'-kihi mineraalosa 13% ja A-kihi mineraalosa 11%, s.o. kaugelt üle filleri toorainele lubatava 1,5% piiri.

Järeldusest, et vahekihid oma keemilise koostise tõttu ei kõlba toorainena filleri valmistamiseks johtub, et ka põlevkivi aheraine, mis saadakse põlevkivi kaevandamisel ja sorteerimisel, ei sobi standardikohase filleri valmistamiseks.

Töötlemisjääkide tekkimisel kõrgemate temperatuuride juures moodustuvad neis uued keemilised ühendid. Lagunevad karbonaadid, tekivad aluumosilikaadid,

kaltsiumsilikaadid jne. GOST 9128-59 ei ole otseselt rakendatav niisuguste jääkide kohta. Peale lubjakivide ja dolomiitide mainib GOST 9128-59 toorainena veel aluselisi metallurgilisi räbusid, mille hulka põlevkivi termilise töötlemise ja energeetilise kasutamise mineraalsed jäägid ei kuulu.

Põlevkivi termilise töötlemise ja energeetilise kasutamise mineraalseid jääke kui filleri toorainet on uurinud Tallinna Polütehnilise Instituudi teadlased - R. Ambros, V. Kikas jt.

Spetsiaalses Konstrueerimise Büroos katsetati filleri toorainena järgmisi põlevkivi mineraalseid jääke: põlevkivikaevanduse nr.10 rikastamistehase (Ahtmes) põlevkivi rikastamise aherainet, tunnelahjude põlevkivi-poolkoksi, harilikku ja hüdraulilist kukermiiti ning tsüklontuhkasid.

Kukermiit

Kukermiiti valmistatakse põlevkivituhast. Põlevkivituha, järelikult ka sellest valmistatava materjali omadused olenevad põlevkivi sordist ja omadustest, põletamise temperatuurirežiimist, põletuskolde liigist, tuha jahutamise ja kustutamise tingimustest.

Temperatuur, mille läbivad tuhad, on tavaliselt 800 - 1200°C. Selle temperatuuri juures on toimunud suures osas karbonaatide lagunemine ja moodustunud silikaadid ning aluminaadid.

Põlevkivi põletatakse Eesti NSV-s peamiselt kihis ja hõljuvas olekus (tolmpõletamine).

Põlevkivi kihispõletamine toimub küttekolletes Lomšakovi, "Ilmarise" tüüpi ja teistel restidel. Kihispõletamisel kasutatakse peamiselt peenpõlevkivi. Kihispõletamisel põlevkivi mineraalne osa läbib temperatuuri 800 - 950°C. Põlevkivi viibib koldes 20 - 30 minutit, karbonaatide lagunemisaste on niisugustel tingimustel keskmiselt 0,7. ENSV-s kasutatakse kolderestil põlevkivi kihispõletamisel saadud kuiva kui ka märga tuhaärastust.

Põlevkivi kihispõletamisel tekkinud tuha peenjahvatamisel saadakse sideaine - harilik kukermiit, mille kohta tehniliste tingimuste nõuded on püstitatud ENSV vabariiklikes tehnilistes tingimustes EVTT 746-59. Vastavalt neile tehnilistele tingimustele toodetakse harilikku kukermiiti mark "25" ja "50". Harilikku ku-

kermiiti tootva tehase tehnoloogiliste eeskirjade järgi on kukermiidi jahvatuspeensus reguleeritud nõudega, et jääk sõelal (4900 auku/sm^2) ei tohi olla suurem kui 10%.

Harilikku kukermiiti valmistati alates 1949.a. kuni 1961.a. Tallinna Paekivitoodete Tehase tsehhis "Kukermiit" (end. tehas "Kukermiit") Tallinna Elektrijaamast saadavast põlevkivi kihispõletamise tuhast, mis ärastatakse kuivalt. Muide, nimetatud elektrijõujaamas ärastatakse osa tuhka ka hüdromsnetlusel. Veega ärastatud tuhka kukermiidi valmistamisel aga ei ole võimalik kasutada, kuna märjalt ärastatud tuhk kaotab oma sideaine omadused. Alates 1950.a. hakati harilikku kukermiiti kasutama ka teedeehituses asfaltbetoonis fillerina, esmalt Leningradis, hiljem mujal.

Kukermiidi kui filleri omadusi uuris lähemalt Tallinna Polütehnilise Instituudi õppejõud R. Ambros, kes avaldas Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetistes 1950.a. kokkuvõtte uurimistöö tulemustest "Kukermiit fillerina asfaltbetooni valmistamisel" [1]. Selles märgitakse: "Tuginedes tehtud laboratoorsete uurimiste tulemustele, võib järeldada, et kõige veekindlamaks ja kõvemaks filleraineks osutuvad basaldist ja diabaasist valmistatud mineraalpulbrid. Et aga neid tardkivimeid - basalti ja diabaasi - leidub Eesti NSV-s teiste moreenkivide hulgas vähesel määral, siis ei ole nende kogumine filleri valmistamiseks majanduslikult õigustatud. Eesti NSV oludes on võimalik fillerina kasutamisele

võtta peale portlandtsemendi ning paekivi jahvatatud põlevkivituhka - kukermiiti ja fosforiidijäätmeid, viimaseid aga tingimusel, et neid vääristatakse peeneteraliste fraktsioonidega".

Peale esmaste kogemuste saamist leidis harilik kukermiit fillerina väga laialdast kasutamist kohalike, Leningradi, Läti, Leedu, Moskva ja ka teiste teedeehitajate poolt. Nõudmine hariliku kukermiitfilleri järgi ületas tehase toodangu. Hiljem 1956.-1958.a. paigu tekkis osal, peamiselt neil kohalikel teedeehitajail, kes kasutasid asfaltbetoonis põlevkivibituumenit, veene, et kukermiitfiller põhjustab teekatte lagunemist.

Seetõttu paljud kohalikud teedeehitajad loobusid kukermiidi kui filleri tarvitamisest.

Eesti NSV Ministrite Nõukogu Riikliku Teaduslik-Tehnilise Komitee käskkirjaga nr. 137-a, 4.nov. 1958.a. moodustati põlevkivi poolkoksfilleri juurutamise brigaad. Käskkirjas märgitakse: "Fillerina kasutatav kukermiit on hinnalt kallis ja põlevkivibituumeniga segamisel moodustab vaba lubjaga keemilisi ühendeid, mis on vees lahustuvad ja uhutakse ära teekattest". Käskkirjaga moodustatud komisjon oma aruandes (1958.a.) märgib kukermiidi kui filleri kõlblikkuse kohta järgmist:

"Kuigi laboratoorsetel katsetamistel kukermiit fillerina annab häid tulemusi, on mõned teedeehitajad arvamisel, et kukermiit kiirendab asfaltbetooni vananemise protsessi ... Kukermiidi peamiseks puuduseks võib

lugeda tema kõrget vaba lubja sisaldust. Kukermiidi niiskumisel tekkiv kaltsiumhüdroksüüd, reageerides bituumenis leiduvate happeliste komponentidega, annab vees lahustuvaid ühendeid, millede väljauhtumisel asfaltbetooni pinnal esineb vananemise tunnuseid" [5]. Samal ajal mõned teedeehitajad annavad oma kogemuste põhjal kukermiidile kui fillerile hea hinnangu.

Kus ja missugusel hulgal 1960. ja 1961.a. tarvitati fillerina harilikku kukermiiti, iseloomustavad järgmised arvud. Tallinna Paekivitoodete Tehases toodeti 1960.a. harilikku kukermiiti 27 000 tonni, millest turustati fillerina tarbijaile 14 700 tonni ehk 55%; 1961.a. esimese 9 kuu jooksul toodeti 19 300 tonni, millest turustati fillerina tarbijaile 8 100 tonni ehk 42%. Tarbijad jagunesid majanduspiirkondade kaupa järgmiselt:

Tabel 6

Majanduspiirkond	Tarvitatud harilikku kukermiiti			
	1960. a.		1961.a. 9 kuud	
	tonni	%	tonni	%
Eesti NSV,	4572	31	891	11
sellest:				
Autotranspordi ja Maanteede Ministeerium	4254	29	825	10
Tallinna Teede ja Sildade Trust	241	2	66	1
Tartu Sildade Trust	77	0,5		
Läti NSV	4441	30	3111	38
Leedu NSV	1586	11	2287	28
Kaliningradi oblast	3012	21	1404	17
Muud		?		6
K o k k u:	14660	100	8104	100

RMN EMTV Spetsiaalse Konstrueerimise Büroo poolt teostatud uurimistöös katsetati Tallinna Paekivitoodete Tehases 1961. aastal valmistatud harilikku kukermiiti vastavalt GOST-i 9128-59 nõuetele. Katsetulemused on toodud tabelis 4. Hariliku kukermiidi poorsus oli 40,3%, mis veelkord tõestab seniseid uurimise tulemusi, et hariliku kukermiidi poorsus ei rahulda GOST-is 9128-59 püstitatud nõuet.

Harilikust kukermiidist filleriga valmistatud proovikehade katsetamisel selgus, et sama veekindluse koefitsiendi saavutamiseks on vaja lisada segusse bituumenit 2,5 - 3% rohkem kui lubjakivifilleriga valmistatud asfaltbetoonisegudesse, mis tähendab bituumeni enamkulu üle 30%.

Ülaltoodu põhjal võib järeldada, et harilik kukermiit fillerina ei rahulda GOST-i 9128-59 "Kuumad teedeehituse asfaltbetoonisegud" nõudeid.

Hüdrauliline kukermiit on ehitus-sideaine, mis saadakse põlevkivi tolmpõlemisel tekkinud kustutatud või kustutamata tuha peenjahvatuse teel.

Hüdraulilist kukermiiti valmistab Ahtme Põlevkivituhk-liivtoodete Tehas alates 1961. aastast Ahtme soojuselektrijõujaama kustutamata tolmtuhast.

Vastavalt ENSV vabariiklikele tehnilistele tingimustele EVTT 746-59 jaotatakse hüdrauliline kukermiit kahte marki - "100" ja "150".

Hüdraulilise kukermiidi kui filleri omaduste kindlaksmääramiseks võeti proov Ahtme Põlevkivituhkliivtoodete Tehase 1961.a. IV kvartali toodangust; hüdraulilise kukermiidi mark oli "100", võetud proovil määrati jahvatuspeensus ja poorsus (vt. tabel 4). Kuigi proovi jahvatuspeensus täielikult rahuldab GOST-i 9128-59 nõudeid, on hüdraulilise kukermiidi poorsus 40,9%, s.o. tunduvalt üle standardis lubatud piiri.

Siit tuleneb, et ainuüksi juba suure poorsuse tõttu ei rahulda hüdrauliline kukermiit fillerina GOST-i 9128-59 nõudeid, mistõttu hüdraulilise kukermiidiga katseid ei jatkatud.

Tsüklontuhk

Ahtme soojuselektrijõujaamas, kus aurukatelde küttekolletes põletatakse peeneksjahvatatud põlevkivi nn. tolmpõletamisel, eraldatakse koos suitsugaasidega väljuvast põlevkivituhast suur osa multitsüklonides. Seda tuhka nimetatakse tsüklontuhaks või üldisema nimetusega tolmtuhaks. Tsüklontuhk on küllalt peeneteraline materjal ja rahuldab ses osas fillerile püstitatud nõudeid - sõela, mille avade suurus 0,071 mm, läbib üle 70%.

Kuiv tsüklontuhk juhitakse pneumaatiliselt Ahtme soojuselektrijõujaamast elektrijaama kõrval asuvasse

Ahtme Põlevkivituhk-liivtoodete Tehasesse, kus seda kasutatakse tehnoloogilise toorainena. Tehases jaotatakse tolmtuhk õhuseparaatoris peen- ja jämefraktsiooniks. Kummagist fraktsioonist võeti proov ning määrati nende terasuurus. Poorsus oli 43,6% ja jämefraktsioonil 46,0%, mis tunduvalt ületab GOST-is 9128-59 lubatud piiri. Järelikult juba ainult suure poorsuse tõttu ei rahulda tolmtuha (tsüklontuha) peen- ja jämefraktsioonid fillerina GOST-i 9128-59 nõudeid, mistõttu nendega teisi katseid enam ei sooritatud.

Tunnelahju poolkoks

Põlevkivi-poolkoks saadakse Põlevkivikeemia Kombinaadi "Kiviõli" ja Kohtla-Järve V.I.Lenini nimelise Põlevkivitöötlemise Kombinaadi tunnelahjudest utmisjäägina. Utmistemperatuur tunnelahjudes on 400 - 500°, mistõttu seal põlevkivi mineraalosa karbonaatide lagunemist ja uute ühendite tekkimist veel ei toimu. Arvutatuna lähteainele, s.o. põlevkivile, saadakse poolkoksi 72 - 75%.

Peale mineraalosa sisaldab poolkoks orgaanilisi aineid.

Poolkoksi keemiline koostis (B. Torpani andmeil):

SiO_2	- 17,27%
Al_2O_3	- 4,94%
FeO	- 2,08%
FeS	- 1,23%
CaO	- 34,39%
MgO	- 1,16%
$H_2O + Na_2O$	- 2,00%
SO_3	- 0,21%
CO_2	- 27,30%
orgaaniline osa	- 9,42%
K o k k u	100,0 %

Analüüsi andmeist nähtub, et poolkoksi peamiseks koostisosaks on kaltsiumkarbonaat. Poolkoks sisaldab 0,5 - 0,6% bensoolis lahustuvat orgaanilist ainet, mis poolkoksi kasutamisel fillerina tõstab bituumeni sisaldust asfaltbetoonis.

Kuulveskis nõutava peensuseni jahvatatud poolkoksfiller näitas katsetamisel järgmisi omadusi (vt. tabel 4): $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ sisaldus 8,5%, poorsus 35% ja hüdrofiilsuse koefitsient 0,85.

Poolkoksist valmistatud filler järelikult ei rahulda GOST-i 9128-59 nõudeid R_2O_3 sisalduse kohta, mistõttu poolkoks ei sobi toorainena standardikohase filleri valmistamiseks.

Poolkoksist filleriga valmistatud liivasfaltbetoonisegude katsetamise tulemused on toodud tabelis 9 ja 10.

6. Põlevkivi rikastamise aheraine

Kaevandatav põlevkivi sisaldab suhteliselt palju lisandeid, mis kõrvaldatakse töötlemise käigus. Kuni viimase ajani teostati vääristamist käsitsi aheraine tükkide väljanoppimise teel. Alates 1960.a. organiseeriti esmakordselt tööstuslikus ulatuses põlevkivi mehaaniline rikastamine kaevanduses nr. 10. Seadme võimsus on esialgu 700 tonni vahetuses. Kasutatakse märgrikastamist.

Põlevkivi koosneb tegelikult kolmest komponendist: orgaanilisest, karbonaatsest ning terrigeensest. Orgaaniline osa - karogeen - on väiksema (ca 1,1), terrigeenne savi ja mergel vahepealse (ca 2,0) ja karbonaatne komponent suurima erikaaluga (2,6). Kuna põlevkivis on kõik kolm komponenti tihedalt seotud, siis täiesti puhast aherainet tükisuurusega ca 25 mm ei saagi. Rikastamisel saame suhteliselt puhtama põlevkivi ning osaliselt põlevkivi sisaldava aheraine. Aherainena (tükisuurus 25 - 125 mm) on peamiselt mergel, peaaegu kogu savi uhutakse peenema osaga ära ja ta ei satu aheraine hulka. Võiks eeldada, et rikastamisel saadava aheraine R_2O_3 sisaldus on väiksem kui aherainel enne rikastamist.

Kuna aheraine - primaarse ja sekundaarse - eraldamine sünnib kahes järgus, siis võeti aheraine kõlblikkuse selgitamiseks kaks proovi.

Katsetamisel oli primaarse aheraine Al_2O_3+ Fe_2O_3 sisaldus 4,30% ja sekundaarsel aherainel 5,99%. Seega kumbki proovidest ei rahulda GOST-i 9128-59 nõuet filleri keemilise koostise kohta, kuigi R_2O_3 sisaldus proovides osutus tunduvalt väiksemaks kui aheraines enne põlevkivi märgrikastamist.

Järgnevalt liideti toorained üheks keskmiseks prooviks ning valmistati sellest laboratoorses kuulveskis filler, mis esineb käesolevas töös nimetuse "rikastusjääk" all.

Tabelis 4 on toodud selle filleri katsetamise tulemused: hüdrofiilsuse koefitsient 0,72, poorsus 38,2% ja niiskuse kapillaartõusu kiirus 2,94. Kuna GOST 9128-59 nõuab, et filleri poorsus ei oleks üle 35%, siis ei rahuldanud rikastusjääk GOST-i 9128-59 nõudeid.

Rikastusjäägist saadud filleriga valmistatud asfaltbetooni proovikehade katsetamise tulemused on esitatud tabelis 9 ja 10.

Nagu nähtub tabelis toodud arvudest, on rikastusjäägist filleriga proovikehadel võrreldes teiste lubjakividest valmistatud proovikehadega tunduvalt suurem veespaisumise koefitsient.

Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et põlevkivi rikastusjääk ei kõlba toorainena GOST-i 9128-59 nõuetele vastava filleri valmistamiseks.

III LIIVASFALTBETOONISEGUDE OMADUSTE TEHNILISED NÄITAJAD

Uurimistöö käigus koostati lubjakivi tootmisjäätkidest, järvekriidist, kukermiidist ja tunnelahju põlevkivi-poolkoksist valmistatud filleritega liivasfaltbetoonisegud ja katsetati neid vastavalt GOST-i 9128-59 "Kuumad teedeehituse asfaltbetoonisegud" ning GOST-i 9129-59 "Kuumad teedeehituse asfaltbetoonisegud ja asfaltbetoon. Proovimise meetodid" nõuetele.

Katsete sihiks oli kindlaks määrata ülalnimetatud materjalidest saadud filleritega valmistatud asfaltbetooni tehnilised omadused, saada võrdlusandmeid, leida sobiv filleri eelimmutusaine ja kindlaks määrata eelimmutatud filleriga valmistatud asfaltbetooni omadused. Asfaltbetoonisegud valmistati nii nafta- kui ka põlevkivibituumen-sideainega; bituumeni hulk segudes varieeriti 6,6 kuni 12 protsendi piires. Asfaltbetoonisegudega viidi läbi järgmised katsed ja määramised:

- proovikehade survetugevus kuivalt +50°C juures (tähistatud tabelis R_{50});
- proovikehade survetugevus kuivalt +20°C juures (tähistatud tabelis R_{20});
- proovikehade survetugevus vett täisimbunud olekus +20°C juures (tabeleis tähistatud R_{vees});
- soojakindluse koefitsient $K_m = \frac{R_{20}}{R_{50}}$;
- veekindluse koefitsient $K_v = \frac{R_{vees}}{R_{20}}$;
- jääv poorsus %;

- proovikehade veeimavus vaakuumis %;
- proovikehade ruumpaisumine %.

Asfaltbetoonisegude valmistamisel kasutati järgmiste omadustega tooraineid.

Liiva võeti ehitusmaterjalide tehase "Männiku" karjäärist. Enne kasutamist seda pesti, kuivatati ja sõeluti läbi 5 mm sõela. Fraktsiooni terasuurusega üle 5 mm asfaltbetoonisegude valmistamisel ei kasutatud; kasutamisele võeti sõela läbinud fraktsioon, mille granulomeetriline koostis oli järgmine (tabel 7):

Tabel 7

	Sõela ava suurus mm						
	5	3,0	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
Läbis sõela %	100	99,6	94,3	64,3	22,0	3,2	0

Killustik. Asfaltbetoonisegus kasutati liiva granulomeetrilise koostise parandamiseks Tallinna Paekivitoodete Tehase Väo karjääri jämekillustikust laboratoorses lõugpurustis valmistatud paekivi peenkillustikku. Paekivi survetugevus (kuivalt), millest killustik valmistati, on üle 500 kg/sm^2. Peenkillustik sõeluti fraktsioonideks 10 - 5 mm, 5 - 3 mm ja 3 - 1,25 mm. Katsetamisele võetud asfaltbetoonisegu mineraalse osa koostamisel doseeriti liiva ja peenkillustiku üksikuid fraktsioone nii, et kogu mineraalosa granulomeetriline koostis rahuldas GOST-i 9128-59 "Kuumad teedeehituse asfaltbetoonisegud" soovitatud koostist tiheda liivas-

faltbetooni kohta. Segude mineraalosa koostised on toodud tabelis 8.

Filleritena kasutati lubjakivi tootmisjääke, järvekriiti, kukermiiti ja tunnelahju põlevkivi-poolkoksi. Nende keemilised ja füüsikalis-tehnilised omadused on toodud tabelis 4.

Naftabituumenit БН-III kasutati köikides naftabituumeniga segudes. Selle bituumeni:

penetratsioon	50
pehmenemistäpp K ja R järgi	48,2° C
lenduvuskadu	0,16%
jääkpenetratsioon pärast lenduvuskadu	91%
pehmenemistäpi tõus pärast lenduvuskadu	1,6%

Põlevkivibituumenit БС-I kasutati köikides põlevkivibituumeniga segudes. Selle bituumeni:

erikaal	1,025 g/sm^3
veesisaldus	2%
reaktsioon	neutraalne
viskoossus 75°C juures	2,2
leektäpp Brenkneri järgi	75° C
tuhasisaldus	0,3%
väävlisisaldus	1,2%

Tabel 8

Asfaltbetoonisegude mineraalosa granulomeetriline koostis

Segu nr.	Aine hulk %-des					Terade hulk %-des, mille suurus mm-tes on vähem kui							
	Killustik, fraktsioon			"Männiku" liiv	Filler	10	5	3	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
	10-5 mm	5-3 mm	3-1,25 mm										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
50	25,0	8,0	14,0	33,3	20,0	100	75	66,8	51,1	46,2	27,3	20,9	18,4
53	"	"	"	"	"	100	75	66,8	51,1	41,1	27,2	20,3	15,7
7, 8, 9, 10, 11,48, 49,55	10,0	5,0	5,0	60,0	20,0	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,1	16,2
18	"	"	"	"	"	100	100	90	85	76,6	58,6	33,2	21,2
24,25,57, 58	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,7	18,0
26,27,59	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,7	17,6
3,4,5,6, 45,46,47	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,7	17,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12,13,51	10,0	5,0	5,0	60,0	20,0	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,8	18,7
14,15,16, 17,52	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,2	20,8	17,2
31,32,33, 34,35	"	"	"	"	"								
19,20,21, 22,23,24, 54,56	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,6	33,2	21,2	16,0
28,60	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,6	17,7
1,2,42, 43,44	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,3	21,6	17,2
36,37,38, 39,40,41	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,7	33,0	19,3	13,0
41,62	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,1	30,9	18,9	14,8
29,30	"	"	"	"	"	100	90	85	76,6	58,6	33,0	20,2	16,6

Põlevkiviõli. Fillerite eelimmutamiseks kasutati põlevkivi tooröli järgmiste omadustega:

erikaal	1,025 g/sm^3
veesisaldus	2%
reaktsioon	neutraalne
viskoossus 75°C juures	2,2
leektäpp Brenkneri järgi	75°C
tuhasisaldus	0,3%
väävlisisaldus	1,2%

Asfaltbetoonisegudest valmistatud silindriliste proovikehade läbimõõt oli 50 mm. Asfaltbetoonisegude katsetamise tulemused on koondatud tabelisse 9 ja 10. Tabelis 9 on toodud naftabituumeniga ja tabelis 10 põlevkivibituumeniga valmistatud liivasfaltbetoonisegude katsetulemused. Katsetulemuste hindamiseks on tabelis ühtlasi GOST-i 9128-59 ja põlevkivibituumenist valmistatavate asfaltbetoonisegude tehniliste tingimuste projekti tehnilised nõuded.

Mitmesuguste filleritega liivasfaltbetoonisegude ja neist valmistatud proovikehade füüsikalis-mehaanilised omadused (naftabituumeniga)

Segu nr.	Filleri nimetus	Bituumeni hulk %	Survetugevus kg/sm^2			Soojuskindluse koef. $K_m = \frac{R_{20}}{R_{50}}$	Veekindluse koef. $K_v = \frac{R_{vees}}{R_{20}}$	Jäävpoorsus %	Ruumpaisumine %	Veeimavus %
			R_{50}	R_{20}	R_{vees}					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Tamsalu	7,0	13,2	61,0	59,4	4,66	0,99	3,6	0,1	2,5
2.	Tamsalu (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,0	10,9	52,1	49,4	4,82	0,98	2,2	0,7	1,9
3.	Rakke	6,6	13,0	44,8	61,4	3,44	1,4	4,1	0,1	3,5
4.	Rakke	7,0	15,0	52,3	55,3	3,48	1,05	3,7	0,2	2,1
5.	Rakke	12,0	-	-	19,9	-	-	0,0	0,4	0,7
6.	Rakke (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,0	11,6	40,0	45,0	3,44	1,14	1,8	0,6	1,3
7.	Väo	8,0	11,6	50,3	38,7	4,31	0,81	2,0	0,1	0,4
8.	Väo	7,5	11,6	48,9	52,4	4,19	1,1	2,1	0,3	0,4
9.	Väo	6,6	25,0	47,1	61,1	1,89	1,31	5,1	0,5	5,1
10.	Väo	7,0	11,2	48,6	47,6	4,32	0,98	4,5	0,1	2,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11.	Väo (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,0	12,3	39,7	44,2	3,32	1,12	2,1	0,5	1,3
12.	Padise	6,6	15,5	48,5	65,7	3,12	1,36	4,5	0,2	3,7
13.	Padise	7,0	15,9	47,6	48,3	3,04	1,02	4,5	0,0	3,0
14.	Rikastusjääk	6,6	10,2	52,9	71,7	5,16	1,36	8,8	0,7	7,5
15.	Rikastusjääk	7,5	9,0	55,4	59,7	6,2	1,09	5,5	0,1	5,7
16.	Rikastusjääk	9,0	9,3	46,5	49,5	5,03	1,06	1,4	0,1	0,5
17.	Rikastusjääk	8,5	13,5	51,5	51,1	3,80	0,99	1,7	0,2	1,6
18.	Harku	6,6	22,3	44,6	47,3	2,00	1,07	5,8	0,1	5,8
19.	Harku	7,0	12,2	49,7	47,8	4,06	0,93	4,9	0,1	4,2
20.	Harku	7,5	11,3	45,1	53,5	4,10	1,19	2,8	0,1	1,4
21.	Harku (immutatud 3% põlevkiviõliga)	6,4	12,1	43,7	48,5	3,61	1,10	4,5	0,3	4,7
22.	Harku (immutatud 3% põlevkiviõliga)	6,9	10,2	34,9	36,7	3,44	1,06	4,9	0,6	4,0
23.	Harku (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,5	10,9	52,7	62,0	4,82	1,18	1,7	0,2	1,0
24.	Vasalemma	6,6	27,5	58,8	60,1	2,15	1,02	3,6	0,3	2,6
25.	Vasalemma (immutatud 3% põlevkiviõliga)	6,6	12,6	61,3	63,4	4,85	1,04	2,5	0,2	1,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26.	Kolga-Saka	6,6	14,1	38,8	54,0	2,74	1,39	0,9	0,0	0,6
27.	Kolga-Saka	7,0	14,7	60,2	59,5	4,1	0,94	3,0	0,0	1,5
28.	Narva	7,0	10,8	57,3	69,4	5,2	1,15	3,4	0,0	2,3
29.	Järvekriit (looduslik)	8,5	10,5	45,4	40,8	4,42	0,93	8,6	0,5	9,4
30.	Järvekriit (looduslik)	10,0	9,3	51,2	64,8	4,10	1,28	5,8	0,4	4,7
31.	Järvekriit (jahvatatud)	7,0	14,7	65,2	60,2	4,46	0,92	6,4	1,4	5,3
32.	Järvekriit (jahvatatud)	7,5	16,6	71,3	66,7	4,29	0,93	4,9	0,1	4,0
33.	Järvekriit (jahvatatud)	8,5	14,6	51,9	57,8	3,60	1,11	1,0	0,1	0,3
34.	Järvekriit (jahvatatud)	8,0	18,8	53,9	62,5	2,93	1,18	2,2	0,2	1,0
35.	Järvekriit (50% jahvatatud+ +jahvat.50% looduslik.)	8,5	12,3	44,2	45,3	3,71	1,04	7,4	0,3	7,3
36.	Kukermiit	7,0	11,9	56,9	53,1	4,78	0,93	9,9	0,3	10,1
37.	Kukermiit	8,0	9,7	57,6	56,9	6,05	0,99	7,5	0,0	7,3
38.	Kukermiit	9,0	12,9	50,2	54,6	3,89	1,09	4,3	0,1	3,4
39.	Kukermiit	9,5	12,1	54,7	51,1	4,54	0,97	3,7	0,1	3,0
40.	Kukermiit	10,0	11,2	44,6	38,0	4,08	0,85	1,8	0,6	1,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
41.	Poolkoks (tunnelahi)	9,5	13,8	39,2	49,7	2,85	1,35	4,6	0,6	1,1
	GOST 9128-59 "Kuumad teedehituse asfaltbetoonisegud" tehnilised nõuded	soovitav 7-10	mitte alla 12	mitte alla 12	-	mitte üle 3	mitte alla 0,9	3-5	mitte üle 0,5	1-3

M ä r k u s: Proovikehade läbimõõt ja kõrgus 50 mm.

Tabel 10

Erineva filleriga liivasfaltbetoonisegude ja neist valmistatud proovikehade füüsikalis-mehaanilised omadused (põlevkivibituumeniga)

Segu nr.	Filleri nimetus	Bituumeni hulk %	Survetugevus kg/sm^2			Soojuskindluse koef. $K_m = \frac{R_{20}}{R_{50}}$	Veekindluse koef. $K_v = \frac{R_{vees}}{R_{20}}$	Jäävpoorsus %	Ruumpaisumine %	Veeimavus %
			R_{50}	R_{20}	R_{vees}					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
42.	Tamsalu	7,6	9,3	25,2	20,0	2,68	0,80	3,0	1,9	3,8
43.	Tamsalu	7,6	8,3	24,8	19,5	3,02	0,79	2,8	2,4	4,9
44.	Tamsalu (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,6	8,2	17,4	16,2	2,13	0,94	1,8	2,3	3,3
45.	Rakke	12,0	-	-	8,4	-	-	3,9	2,4	3,4
46.	Rakke	7,6	9,5	23,9	27,5	2,36	1,19	3,4	1,5	2,5
47.	Rakke (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,6	7,7	18,9	15,0	2,47	0,79	2,2	3,3	4,7
48.	Väo	7,6	9,5	26,7	25,8	2,84	0,97	4,0	0,5	3,4
49.	Väo (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,6	8,4	19,5	18,5	2,31	0,96	2,1	1,8	2,5
50.	Padise	8,0	8,5	29,1	18,5	3,42	0,64	0,5	0,92	1,51
51.	Padise	7,6	9,3	23,8	24,4	2,57	1,03	2,8	0,6	1,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
52.	Rikastusjääk	9,2	6,9	21,4	21,2	3,09	0,99	0,29	1,2	3,0
53.	Harku	8,0	10,9	34,3	34,1	3,18	0,70	0,9	1,36	1,94
54.	Harku	7,6	8,0	24,0	20,1	3,04	0,84	4,5	0,7	0,37
55.	Harku	8,1	9,8	23,5	19,5	2,40	0,84	2,4	2,6	4,6
56.	Harku	8,1	8,5	23,4	18,6	2,76	0,80	2,5	2,4	4,5
57.	Vasalemma	7,1	9,8	32,9	35,7	3,35	1,11	2,9	0,6	2,5
58.	Vasalemma (immutatud 3% põlevkiviõliga)	7,1	9,8	27,0	24,2	2,77	0,90	2,9	1,4	2,6
59.	Kolga-Saka	7,6	9,3	24,9	25,7	2,65	1,08	2,5	0,9	1,2
60.	Narva	7,6	9,1	25,8	24,7	2,91	0,97	2,9	0,9	2,2
61.	Kukermiit	10,8	8,1	22,1	21,2	2,74	0,96	1,8	1,9	2,5
62.	Poolkoks	10,2	8,2	22,6	23,3	2,80	3,09	3,7	2,5	5,2
	GOST 9128-59 "Kuumad teedeehituse asfaltbetoonisegud" tehnilised nõuded	soovitav 7-10	mitte alla 12	mitte alla 25	-	mitte üle 3	mitte alla 0,9	3-5	mitte üle 0,5	1-3
	ENSV-s kehtestatavate tehniliste tingimuste "Kuumal menetlusel põlevkivibituumenist valmistatavad asfaltbetoonisegud" projekti tehnilised nõuded		mitte alla 8	mitte alla 20	-	mitte üle 4	mitte alla 0,8	2-5	mitte üle 1,5	1-3

M ä r k u s: Proovikehade läbimõõt 50 mm.

IV FILLERI TOOTMISE TEHNOLOOGIA

Olenemata sellest, kas fillerit valmistav tehas või tsehh rajatakse asfaltbetoonitehase juurde või iseseisva tootmisüksusena väljaspool asfaltbetoonitehast, filleri tootmise tehnoloogiline protsess oluliselt ei muutu.

Filleri tootmise tehnoloogia on lihtne. Selle põhitsüklid on lubjakivi eelpurustamine, kuivatamine, peenjahvatamine, filleri eelimmutamine, valmistoodangu pakkimine ja laadimine.

Olenevalt toorainest, kasutatavatest tootmisagregaatidest ja tootmisüksuse asukohast (kas asfaltbetoonitehase juures või eraldi), võivad mõned tootmistsüklid üldse puududa või ühte langeda. Näiteks kasutades toorainena peeneid lubjakivijäätmeid, jääb ära tooraine eelpurustamine, kuna nende tükisuurus on tavaliselt juba alla 1 sm.

Kasutades jahvatusagregaati, kus üheaegselt jahvatamisega toimub materjali kuivatamine, langevad kuivatamise ja peenjahvatamise tehnoloogilised tsüklid ühte.

Filleri valmistamisel asfaltbetoonitehase juures pole ka vaja fillerit pakkida ja transportida tarbijani.

Trummelkuivati-kuulveski menetlus

Lubjakivi jahvatamine nõutud peensuseni (filleri osakeste sisaldus mõõtmetega alla 0,071 mm peab olema vähemalt 70%) on lahendatav kuulveski abil.

Kuulveski efektiivne töö kindlustatakse ainult sel juhul, kui lubjakivi on eelnevalt purustatud tükisuuruseni mitte üle 50 mm, veelgi parem mitte üle 35 mm. Enne kuulveskisse sisseandmist peab lubjakivi olema kuivatatud. Niiskusesisaldus ei tohi ületada 4 - 6%. Vastasel korral kuulveski ummistub.

Materjali kuivatamiseks kasutatakse laialdaselt trummelkuivatit.

Tehnoloogiline skeem, kus materjali kuivatamine toimub trummelkuivatis ja lõplik jahvatamine kuulveskis, on tüüpiline ja tavalisem, mis seni NSVL-s filleri valmistamisel rakendatakse.

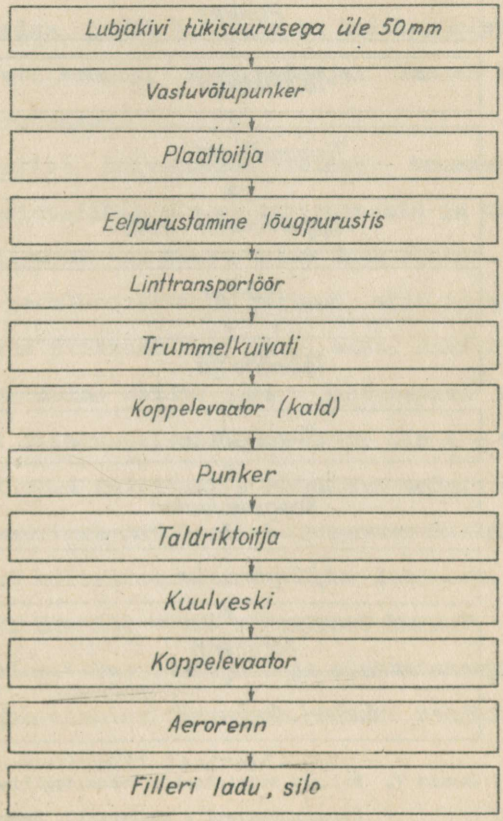
Peale kuulveski võib filleri tootmise tehnoloogilises skeemis rakendada veel eelpurustamist juhul, kui saadava tooraine - lubjakivi - tükisuurus on üle 35 - 50 mm. Eesti NSV oludes pole vajadust lubjakivi eelpurustamiseks, kuna toorainena võib kasutada lubjatöötuse või paekivi tootmisjääke. Kui neid ei piisa, siis võib lubjakivi juba eelnevalt purustada lubjatöötustes või killustikutehastes, kust tooraine saadakse.

Eelnev purustamine võib olla ühe- või kaheastmeline. Purustamiseks kasutatakse kas lõug-, koonus- või

rootorpurustit. Energiakulu poolest on viimane kõige ökonoomsem.

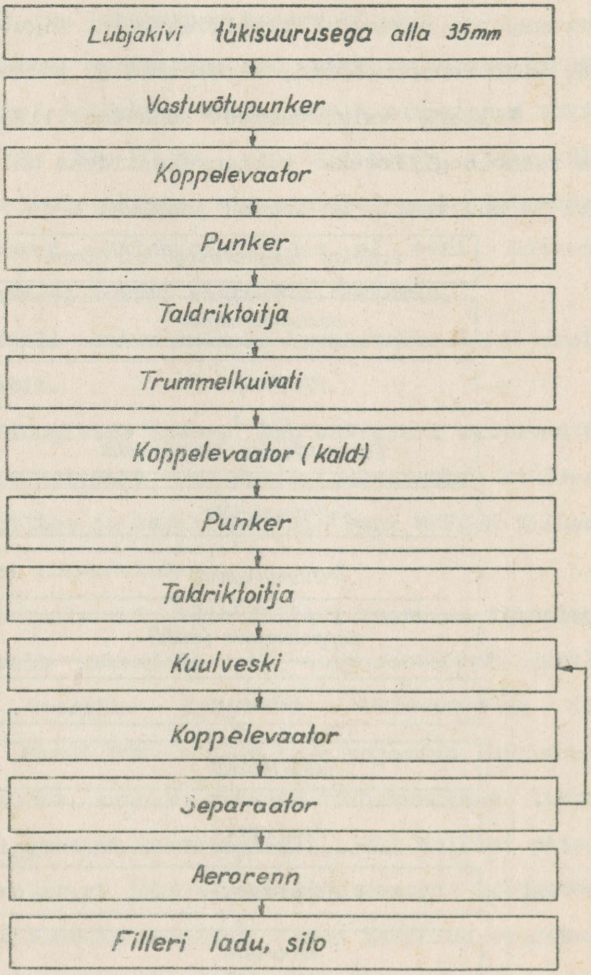
Peale kuivatustrumli, kuulveski ja eelpurustusseadme kuuluvad tehnoloogiliste seadmete hulka veel sisetranspordi seadmed (koppelevaatorid, tigutransportöörid, lihttransportöörid, aerorennid ja toiteseadmed).

Filleri valmistamise tehnoloogilised skeemid, kus tehnoloogilisteks põhiagregaatideks on trummelkuivati ja kuulveski, on toodud joonisel 6 ja 7.



Joonis 6. Filleri valmistamise tehnoloogiline skeem lubjakivi eelpurustamisega (trummelkuivati+ +kuulveski).

Joonisel 6 toodud skeemi rakendatakse siis, kui tooraine tuuakse suurte tükkidena (tükisuurus üle 35 - 50 mm). Peenjahvatamine toimub kuulveskis lahtise jahvatusskeemi kohaselt.



Joonis 7. Filleri valmistamise tehnoloogiline skeem (trummelkuivati + kuulveski). Jahvatamine toimub suletud tsüklis.

Joonisel 7 toodud skeemi kohaselt kasutatakse toorainena lubjakivi tootmisjäätmeid või eelpeenendatud lubjakivi (tükisuurus alla 35 mm), mis saadakse väljastpoolt.

Skeemi 6 järgi lubjakivi tuuakse laost vastuvõtupunkrisse näiteks isetühjendava veoautoga. Lubjakivi antakse punkrist purustisse plaattransportööri abil.

Purustajana võib kasutada lõug-, koonus- või rootorpurustit. Purustatud materjal tõstetakse linttransportööriga (võib kasutada ka kaldkoppelevaatorit) trummelkuivati kohale, kust materjal langeb kuivatustrumli toitekolusse.

Lubjakivi kuivatamine toimub trummelkuivatis pärivoolu printsiibil - s.o. suitsugaasid ja kuivatatav materjal liiguvad kuivatustrumlis ühes suunas. Lubjakivi, eriti peenlubjakivi ja jäätmed, võib ilmastiku mõjul sisaldada niiskust kuni 15%, vahel kuni 25%. Kuulveskis jahvatamine eeldab aga jahvatatava materjali kuivatamist niiskusesisalduseni mitte üle 4 - 6%.

Pärivoolu kuivatamine võimaldab seda, et väljudes on kuivatatava materjali temperatuur küllalt madal. Soovitav, et kuivatustrumlist väljuv lubjakivi ei omaks temperatuuri üle 110 - 120°. Vastasel korral väheneb kuulveski tootlikkus tunduvalt ja elektrienergia kulu materjali jahvatamisel suureneb. Samuti kahjustab kõrge temperatuur kuulveski laagreid.

Kütusena kuivatustrumlis on soovitav kasutada vedelkütust, kuid võib kasutada ka tahket kütust.

Kütusekulu ühe tonni lubjakivi kuivatamiseks trummelkuivatis vastab ligikaudu 52 kg tingkütusele.

Peale kuivatamist materjal juhitakse veski toitepunkrisse. Seejt annab taldrik- või linttoitja materjali kuulveskisse. Mõnedel juhtudel jäetakse veski toitepunker tehnoloogilisest skeemist välja.

Peenjahvatusagregaadina kasutatav kuulveski on mitmekambriline, milles jahvatuskehadena kasutatakse kuule ja tsilpebsi.

Jahvatatud materjal tõstetakse koppelevaatoriga üles ja suunatakse aerorenniga filleri lattu või kui tsehh on ehitatud asfaltbetoonitehase juurde, siis asfaltbetoonisegisti juures asuvasse vahepunkrisse.

Suuremate jahvatusvõimsuste korral on soovitav veskist väljuva materjali transpordiks kasutada pneumaatilist transporti (tigu- või kambertoitjatega).

Kuulveski energiakulu ühe tonni filleri jahvatamiseks on ligikaudu 25 kWh.

Kui rakendada lahtise jahvatustsükli asemel suletud jahvatustsüklit (joon.7), langeb energiakulu jahvatamisel 10 - 15% võrra. Suletud jahvatustsüklis kuulveskist väljunud materjal tõstetakse elevaatoriga separaatorisse, kust peenike, küllaldase jahvatuspeensusega materjal läheb filleri lattu, aga jämedad osakesed tagasi veskisse teistkordseks jahvatamiseks.

Juhul, kui tahetakse fillerit eelnevalt immutada, viiakse see läbi käppsegistis peale filleri väljumist kuulveskist. Suletud jahvatustsüklis teostatakse seda peale filleri väljumist separaatorist.

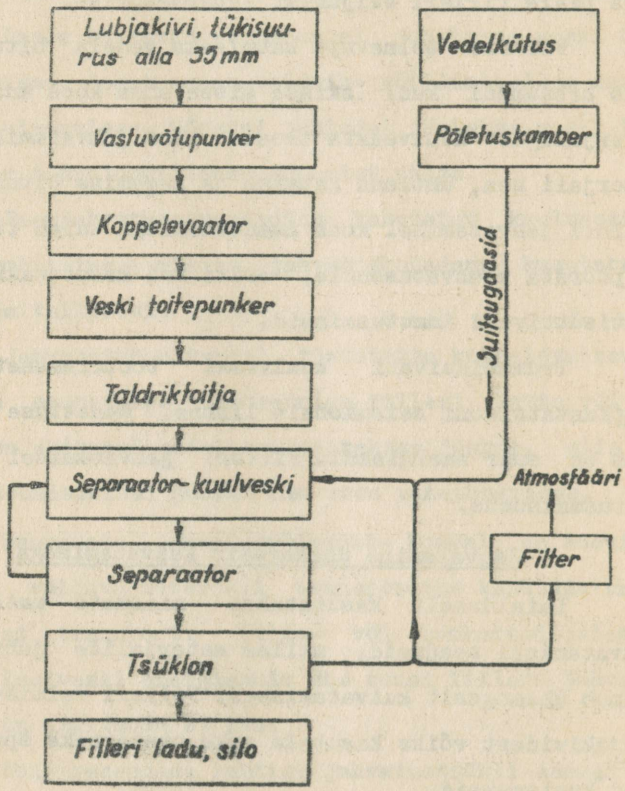
Filleri eelnevalt katmiseks vedela bituumeniga võib bituumeni kuulveskisse sisse anda koos kuivatatud materjaliga. Kuulveskis teostub koos jahvatamisega ka materjali hea, ühtlane katmine ja segamine bituumeniga. Filleri jahvatamisel koos immutusainega tuleb tähelepanu pöörata plahvatusohule, eriti kui kasutatakse kergestisüttivaid immutusaineid.

Trummelkuivati kuulveski tootmismenetlus on ekspluatatsiooni seisukohalt lihtne. Menetluse puudusteks on suur energiakulu filleri jahvatamisel ja suur ehitusmaksumus.

Jahvatamine üheaegselt kuivatamisega

Laialdaselt kasutatakse niiskete materjalide jahvatamisel seadmeid, milles materjalide jahvatamine toimub üheaegselt kuivatamisega. Filleri valmistamisel lubjakividest võiks kasutada seks otstarbeks spetsiaalseid kuulveskeid.

Niiskete materjalide jahvatamiseks samaaegse kuivatamisega kasutatakse separaatorveskeid, kus jahvatatav materjal kuivatatakse sooja õhu või suitsugaasidega, mis tsirkuleerivad läbi veski, õhkseparaatori ja tsükloni. Filleri tootmise tehnoloogiline skeem separaator-kuulveskis on toodud joonisel 8.

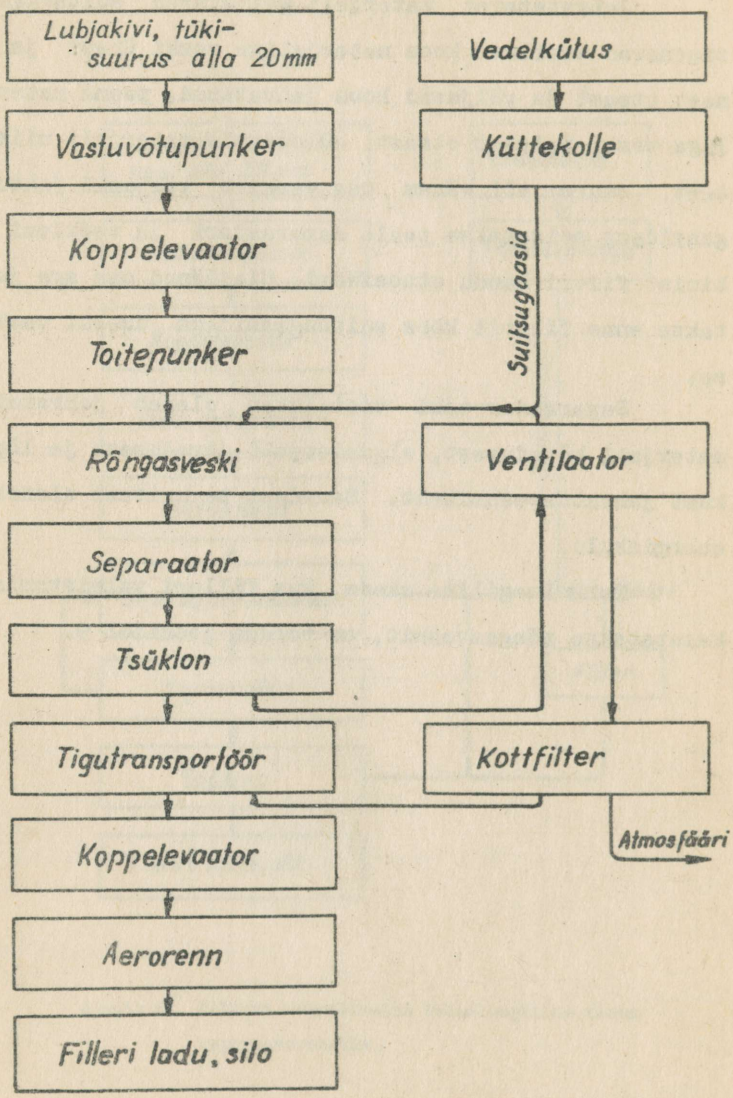


Joonis 8. Filleri valmistamise tehnoloogiline skeem separaatorveskis.

Jahvatatavat materjali kuivatavad suitsugaasid sisenevad veskisse koos materjaliga veski ühest ja samast otsast ja väljuvad koos jahvatatud, peene materjaliga veski teisest otsast. Olenevalt materjali niiskusest, suurem või vähem osa veskist väljunud jahtunud gaasidest paisatakse peale separaatori ja tsükloni läbimist filtri kaudu atmosfääri, ülejäänud osa aga juhitakse enne filtrit koos suitsugaasidega uuesti veskisse.

Separaatorveski tootlikkus oleneb jahvatatava materjali kõvadusest, algmaterjali jämedusest ja lõplikust jahvatuspeensusest. Samadest teguritest oleneb ka energiakulu.

Tehnoloogiline skeem, kus filleri valmistamiseks kasutatakse rõngasveskit, on toodud joonisel 9.



Joonis 9. Filleri valmistamise tehnoloogiline skeem rõngasveskis.

Lubjakivi tükisuurusega alla 20 mm tuuakse karjääri eelpurustussõlmest veoautodega kohale ja puistatakse vastuvõtupunkrisse. Elevaator tõstab materjali rõngasveski toitepunkrisse. Materjal antakse rõngasveskisse käpptoitjaga. Materjali peenendatakse pendeltüüpi rõngasveskis, kus üheaegselt jahvatamisega toimub ka kuivatamine. Kuivatamiseks vajalik soojuskandja saadakse spetsiaalsest küttekoldest. Tehnoloogilise skeemi kohaselt kasutatakse vedelkütust, kuid võib kasutada muigugi ka gaasilisi ja tahkeid kütuseid.

Soojuskandja tsirkulatsiooni tekitab ventilaator. Soojuskandja, läbides rõngasveski, haarab kaasa peenema materjali ja viib selle läbi separaatori, kus jämedamad osad eraldatakse ja juhitakse veskisse tagasi korduvaks jahvatamiseks. Peenmaterjal koos soojuskandjaga läbib separaatori ja satub tsükloni, kus filleri terasuurusele vastav materjal eraldub soojuskandjast. Tsüklonist suunatakse valmistoodang elevaatorisse ja aerorenni või pneumaatilise süsteemi kaudu filleri lattu - silosse.

Ventilaator suunab sooja õhu veskisse tagasi. Hõrenduse loomiseks eraldatakse süsteemist pidevalt teatav osa soojuskandjat atmosfääri läbi käisfiltri. Käisfilter puhastab suitsugaasi tolmust. Filtris sadestuv peenterine materjal juhitakse pneumaatilise transpordiga või tigutransportöör-elevaator-aerorenn süsteemi kaudu filleri silosse.

Veskisse sisendatava soojuskandja temperatuuri kontrollitakse termopaaridega ja reguleeritakse automaatselt lisatava õhuhulga suurendamise või vähendamise teel.

Kogu tootmistsükkel on automatiseeritud.

Rõngasveski on mõeldud pehmete ja keskmise kõvadusega materjalide peenjahvatamiseks. ENSV lubjakividest, mille keemiline koostis sobib filleri valmistamiseks, võiks jahvatada rõngasveskis Põdrangu karjääri (Tamsalus) lubjakivi, kuid siiski on vaja enne sooritada tööstuslikud katsed, et selgitada rõngasveski efektiivsust Tamsalu lubjakivi purustamisel.

Rõngasveski on kompaktne seade. Ekspluateerimise seisukohalt pole see nii lihtne kui kuulveski. Toodetavad rõngasveskid on väiksema võimsusega kui kuulveskid. Rõngasveskil jahvatamisel on aga energiakulu väiksem.

Filleri eelimmutamine

Filleri eelimmutamine bituumenite või tõrvadega parandab asfaltbetoonisegus bituumenkile nidumist mineraalosakeste pinnaga ja soodustab filleri ühtlasemat jaotust 6 . Eelimmutatud filler tolmab palju vähem kui eelimmutamata. Tolmamisel eralduvad fillerist kõige peenemad, kvaliteetse asfaltbetooni saamiseks kõige väärtuslikumad filleri osad. Eriti vajalikuks osutub

eelimmutamine siis, kui filler valmistatakse tsentraliseeritult ja turustatakse tarbijaile lahtiselt, pakkimata, kuna lahtise immutamata filleri kaitsmine niiskuse mõju eest transpordil ja säilitamisel võib filleri hügroskoopsuse tõttu tekitada raskusi ja lisakulu.

Eelimmutamata filler hakkab isegi väikese, 2 - 3% niiskuse juures tükistuma ja jaotub asfaltbetoonisegus ebaühtlaselt. Filleri osakesed kattuvad halvasti bituumeni kilega, mis alandab asfaltbetooni kvaliteeti.

Viimastel aastatel on levinenud asfaltbetooni valmistamise tehnikas nn. pindaktiivsete ainete kasutamine, mis tõstab asfaltbetooni kvaliteeti. Pindaktiivsete ainetena kasutatakse kütteõlisid, tõrvasid jm.

NSVL Transpordiehituse Ministeeriumi instruktsioonis BCH-59-61 pindaktiivsete ainete kasutamise kohta bituumen-teekatete ehitamiseks esineb pindaktiivsete ainete nomenklatuuris ka põlevkiviõli.

Võib eeldada, et põlevkiviõli (kui pindaktiivne aine naftabituumeniga valmistatud asfaltbetoonides) on kõlblik filleri eelimmutamiseks nii nafta- kui ka põlevkivibituumeniga segudes. Niisuguse eelimmutusaine universaalsus Eesti NSV oludes oleks soodus eelimmutatud filleri tootmisel, sest filleri tsentraliseeritud tootmisel ei ole vaja arvesse võtta, kas tarbija kasutab asfaltbetoonis sideainena põlevkivi- või naftabituumenit.

Filleri eelimmutamiseks katsetati põlevkivióli, mille erikaal 20°C juures - 1,025, vee sisaldus - 2,0%, reaktsioon - neutraalne, viskoossus 75°C juures - 2,2, plahvatustäpp Brenkeni järgi - 75°C, tuhasisaldus 0,3, väävlisisaldus 1,2%.

Nagu nähtus katsetamise tulemustest (tabel 8), on põlevkiviõliga immutatud filleriga valmistatud asfaltbetoonisegude (naftabituumeniga) ruumpaisumise protsent reeglipäraselt suurem kui samast lubjakivist immutamata filleriga valmistatud asfaltbetoonisegude ruumpaisumine, kusjuures enamikul juhtudel ruumpaisumise protsent suureneb seevõrra, et ületab GOST-i 9128-59 poolt lubatud piiri.

Kas ruumpaisumise tõus oleneb filleri eelimmutamiseks kasutatud konkreetse põlevkiviõli omadustest või esineb selline nähe üldiselt põlevkiviõlide juures - see nõuab üksikasjalikku uurimist. Igal juhul sunnivad põlevkiviõliga sooritatud katsete tulemused ettevaatusele. Seni, kuni vastav uurimine ei ole läbi viidud, on soovitav naftabituumeniga asfaltbetooni valmistamisel kasutada ainult naftaproduktidega - vedelate või vedeldatud naftabituumeniga - eelimmutatud fillerit.

Immutusaine optimaalse sisalduse määramiseks viidi läbi katsed, kus võeti immutusaineks põlevkiviõli ja filleriks lubjakivifiller ning harilik kukermiit.

Immutusaine sisaldust varieeriti ühest kuni kümne protsendini (100%=filleri kuivkaal ilma immutusaineta).

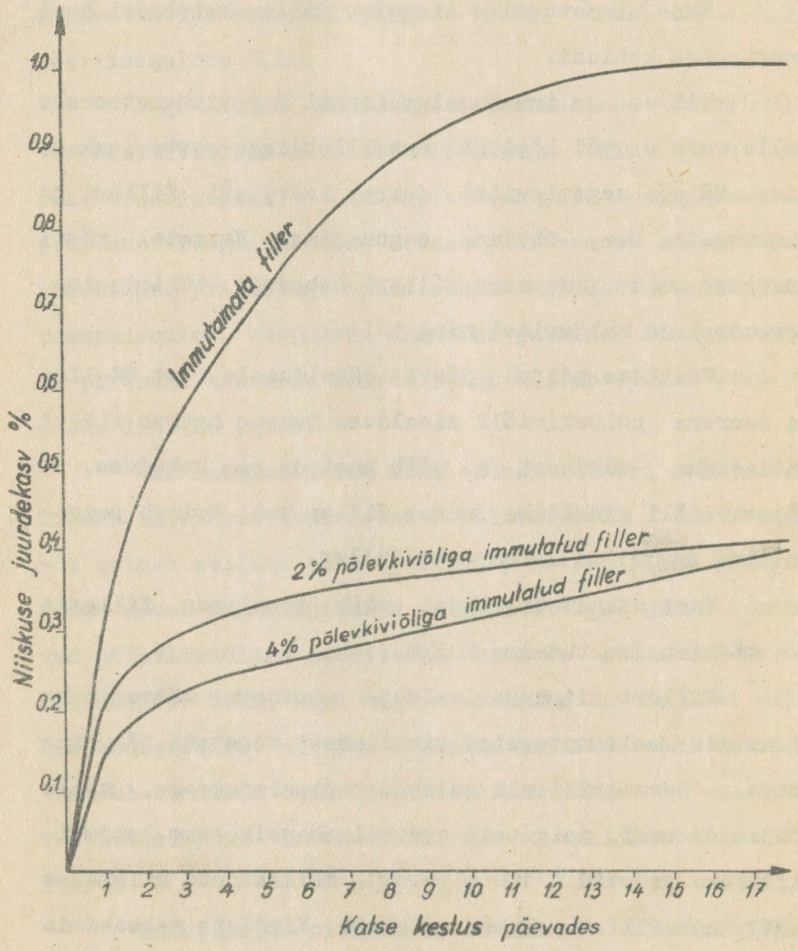
Enne immutusaine lisamist filler kuivatati kuni konstantse kaaluni.

Filler ja immutusaine segati kas laboratoorses kollerveskis või käsitsi metalllusikaga portselankausis. Mõlema segamisviisi juures saavutati filleri ja immutusaine hea, ühtlane segunemine. Katsetel võeti vaatluse alla immutatud filleri kobedus, tükistumine segamisel ja muljumisel ning tolmamine.

Vaatluse põhjal jõuti järeldusele, et 5%-lise ja suurema põlevkiviõli sisalduse juures hakkab filler moodustama tükikesi ja võib kaotada oma kobeduse. 1% põlevkiviõli sisalduse juures filler veel tolmab peaaegu sama palju kui immutamata filler.

Vaatlusandmete põhjal võib soovitada filleris 2 - 4%-list immutusaine hulka.

Filleri niiskusesisalduse muutuste määramiseks olenevalt eelimmutusaine sisaldusest teostati järgmine katse. Hermeetiliselt suletud portselannõusse, mille põhjas on vesi, paigutati portselankausikestes lubjakivifilleri proovid (100 g proov). Küllastunud niiskuses (97%) imeb filler endasse niiskust. Kindlate vaheaegade järgi määrati kaalumise teel fillerisse imbunud niiskus. Proovide niiskuse sõltuvus ajast on kujutatud graafiliselt joonisel 10. Filleri põlevkiviõlisisaldus



Joonis 10. Eelimmutamise mõju filleri hügroskoopsusele.

proovidel oli 0,2 ja 4%. Graafikust näeme, et filleri immutamine on tõhus kaitse filleri niiskuseimavuse vastu.

Väikese hulga - 2 - 4% põlevkiviõli, vedeldatud naftabituumeni või mingi muu immutusaine ühtlaseks läbisegamiseks filleriga peab vastavas agregaadis toimuma intensiivne segamine.

Mitmed allikad [10, 6 ja 9] soovitavad immutusaine ja filleri segamisagregaadina käppsegistit. J.M. Pikovski oma raamatus [9], andes filleri tootmise tsehhi (tootmisvõimsusega 2,5 tonni tunnis) konstruktiivse lahenduse, märgib ... "peale kuivatus- ja jahvatusseadmete on tsehhis üles seatud käppsegisti, mis on ette nähtud filleri töötlemiseks bituumeniga ning järsult vähendab tolmu tekkimist järgneval filleri transpordil".

L.B. Gesentsevei oma raamatus [6] soovitab: "Fillerit töödeldakse sundsegamise printsiibil töötavas segistis, mis kindlustab parema läbisegamise. Selleks otstarbeks võib kasutada ükskõik missuguse vastava tootlikkusega käppsegistit. Võib näiteks kasutada segistit D-152, vähendades võlli pöörlemiskiirust. Lubjakivi töötlemiseks enne selle veskisse etteandmist võib kasutada segistit Г-1 (kuna antud juhul töödeldakse jämedamat materjali)".

I.A. Zasov ja J.M. Pikovski märgivad oma raamatus [7] filleri ja bituumeni segamise kohta: "Kõige otstarbekohasem on töödelda fillerit bituumeniga peale

filleri väljumist kuulveskist, suletud jahvatustsükli korral aga peale peenfraktsiooni väljumist separaatorist. Töötlemine viiakse läbi käppsegistis (sundtöötlemine), kuhu sisendatakse filler (veskist või separaatorist) ja 2 - 2,5% vedelat bituumenit. Bituumen sisendatakse veskisse eelsoojendatult. Peale töötlemist võib filleri suunata vahetult asfaltbetoonisegistisse või lattu".

Filleri ja immutusaine segamise katsed viidi läbi kolme eri segamisseadmega: käppsegisti, kollerveski ja kuulveskiga.

Katseteks kasutati laboratoorset ühevõlillist käppsegistit, mille küna laius oli 25 sm ja pikkus 44 sm. Käpa otste poolt pöörlemise trajektoori läbimõõt oli 24 sm. Võlli pöörlemiskiirus oli 72 pööret minutis. Katsel täideti segisti küna kuni võllini filleriga ja valati mensuurist 4% põlevkiviõli enne segisti käivitamist ühtlase joana filleri peale kogu segisti küna pikkuses. Katse teostati toatemperatuuril +22°C.

Segamine kestis kuni 30 minutit. Kuigi efekt üldiselt saavutati, esines siiski materjalis ebaühtlase segunemise tunnuseid - õlisisaldusega ja kuni 2 mm läbimõõduga kerakesi, mis edasise segamise juures ei kadunud.

Käppsegistiga saadava efekti parandamiseks on vaja immutusaine viia pihustite abil segistisse. Pihustada tuleb segisti käppade pöörlemisel (filleriga täi-

detud segistis). Immutusaine pihustamiseks võib kasutada asfaltbetoonisegistis D-157 tüüpi analoogset bituumeni pihustamisseadet (surveandjaks bituumeni pump).

Tehnoloogilise protsessi pidevuse kindlustamiseks ja tootmisprotsessi automatiseerimise hõlbustamiseks on soovitav kasutada pideva tegevusega horisontaalset käpp-tigusegistit. Käppsegisti paigutatakse tehnoloogilises protsessis jahvatusagregaadi või separaatori järgi siis, kui filleri jahvatamine toimub suletud tsüklis, rõngasveski puhul aga tsükloni järgi.

Filleri ja immutusaine segamise katsel kollerveskis kasutati laboratoorset kollerveskit, mille taldriku läbimõõt on 46 ning rataste läbimõõt 23 sm. Rataste pöörlemise kiirus on 40 pööret minutis. Filler asetati kollerveski taldrikule kuni 1 sm paksuse kihina ja valati sinna põlevkiviõli (temperatuur 22°C) peale. Juba vähem kui viie minuti jooksul saavutati hea, ühtlane filleri ja immutusaine segunemine.

Tööstuslikes tingimustes on soovitav kasutada kiirekäigulisi kollerveski tüüpi segisteid. Segamine vältab sel puhul umbes 5 minutit. Kiirekäiguline kollerveski-segisti kindlustab hea läbisegamise. Segisti töö on perioodiline. Immutusaine tuleb segistisse pihustada.

Kui filleri jahvatamine toimub suletud tsüklis, siis paigutatakse segisti tehnoloogilises protsessis jahvatusagregaadi või separaatori järgi, rõngasveski

kasutamisel aga tsükloni järgi.

Filleri ja immutusaine segamise katsetel kuulveskis kasutati laboratoorset kuulveskit, mille läbimõõt on 30 sm, pikkus 50 sm ning jahvatuskehadeks teraskuulid läbimõõduga 5 - 2 sm. Kuulveskisse asetati jahvatamata, kuid laboratoorses lõugpurustis eelpeenendatud (tükisuurus alla 0,5 sm) lubjakivi ja valati veskisse mensuurist 3% immutusainet - põlevkiviõli.

Katse eesmärgiks oli kindlaks teha, kas jahvatamisel esineb materjali tükistumise ja kokkukleepumise ning kuulveski "ummistumise" nähet. Jahvatati kuni 48 tundi.

Katse käigus selgus, et lubjakivi jahvatamine koos immutusainega on täiesti võimalik. Materjali kokkukleepumist, tükistumist ja kuulveski "ummistumist" ei esinenud.

Jahvatamise käigus seguneb immutusaine jahvatatava materjaliga ühtlaselt ja hästi. See on tehnoloogilise't parimaid ja teostusviisilt lihtsamaid filleri ja immutusaine segamise variante.

Seejuures tuleb siiski tähelepanu pöörata plahvatushädaohule, eriti kui kasutatakse madala leektäpiga immutusaineid. Selle hädaohu vältimiseks tuleb kasutada kõrge leektäpiga immutusaineid ja kindlustada veski hea aeratsioon.

V FILLERI TRANSPORT

Fillerit on vaja transportida asfaltbetoonitehastesse või mittestatsionaarsetesse asfaltbetoonisõlmedesse juhul, kui filleri tootmine toimub väljaspool asfaltbetoonitehaseid.

Kui fillerit valmistatakse asfaltbetoonitehases ja tarvitatakse kohapeal, taandub filleri transpordi küsimus sisetranspordi probleemiks. Filleri tehasesiseseks transpordiks võib kasutada pneumotranspordi seadmeid, aerorenne, tigutransportööri, kett-transportööri, linttransportööri jne. Veokauguste lühendamiseks valitakse filleri tsehhi asukoht võimalikult asfaltbetoonisegistite lähedale, soovitav mitte üle 50 m, eriti siis, kui tahetakse kasutada filleri veoks mehaanilisi transpordivahendeid nagu tigu- või kett-transportööri.

Transpordisüsteemide ökonoomsuse võrdluseks on toodud ВНИОМС uurimisandmed [7] 100 tonni tsemendi transpordi kohta 150 m kaugusele ühe tunni jooksul:

Tabel 11

Transpordiviis	Ülesseatud võimsus, kW	Elektrienergia kulu, kWh
Aerorenn	13,6	17,6
Linttransportöör	25,6	33,2
Tigutransportöör	120,0	156,0

Aerorenniga transporditakse 20 - 200 m kaugusele; tootlikkus on sel juhul 5 - 10 - 200 tonni tunnis; aerorenni kalle 0,04 - 0,06.

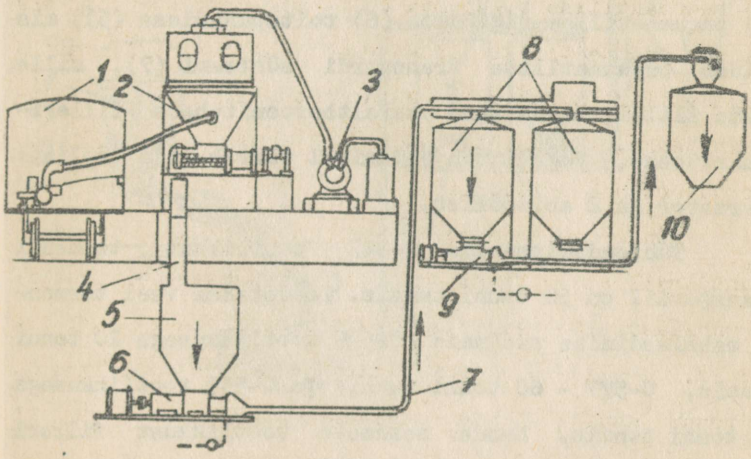
Toodud näitarvudest selgub aerorenni majanduslikkus teiste transpordivahendite ees.

Kui fillerit toodetakse väljaspool asfaltbetoonitehast, tuleb teda transportida sinna või mittestatsionaarsesse asfaltbetoonisõlme. Transpordiga on ühtlasi seotud ka filleri pakkimine.

Fillerit võib pakkida 50 kg jõupaberist valmistatud mitmekihilistesse tsemendikottidesse. Filleri saatmine ja vastuvõtmine paberikottides on õigustatud väiketarbijate puhul, eriti mittestatsionaarsetes asfaltbetoonisõlmedes. Suurematele tarbijatele on filleri saatmine paberikottides majanduslikult vähem vastuvõetav, sest kottidesse pakkimine koos koti maksumusega moodustab ühe tonni filleri kohta ca 1,55 rubla, millest kottide maksumus on 1,24 rbl. Pakkimise maksumuseks on võetud tsementitehase "Punane Kunda" 1961.a. tsemendi pakkimise omahind. Kottidesse pakitud filler lähetatakse teda valmistavast tehasest teele kinnistes raudteevagunites või veoautodel. Kotistatud fillerit võib ladustada lihtsat tüüpi ladudes ja varjualustes.

Suurematele tarbijatele tuleks filler kohale saata kas spetsiaalsetes tsementiveovagunites, tsementiveoautodel või konteinerites.

Filleri vedu tavalistes kinnistes vagunites nõuab igakordset vaguni tihendamist ja kohandamist. Mahalaadimisel tavalistest kinnistest vagunitest tekib tolmu ka pneumaatilise tühjendamisseadme kasutamisel. Filleri mahalaadimise skeem tavalisest kinnisest vagunist tühjendusseadme C-347 abil on näidatud joonisel 11.



Joonis 11. Filleri mahalaadimise skeem tavalisest kinnisest vagunist tühjendusseadme C-347 abil. 1- kinnine vagun, 2- pneumaatiline mahalaadija, 3- vaakuumpump, 4- torustik, 5- vastuvõtupunker, 6- pneumaatiline tigupump, 7- filleri torustik, 8- filleri lao punkrid, 9- ülekantav pneumaatiline tigupump, 10- asfaltbetoonitehase punker.

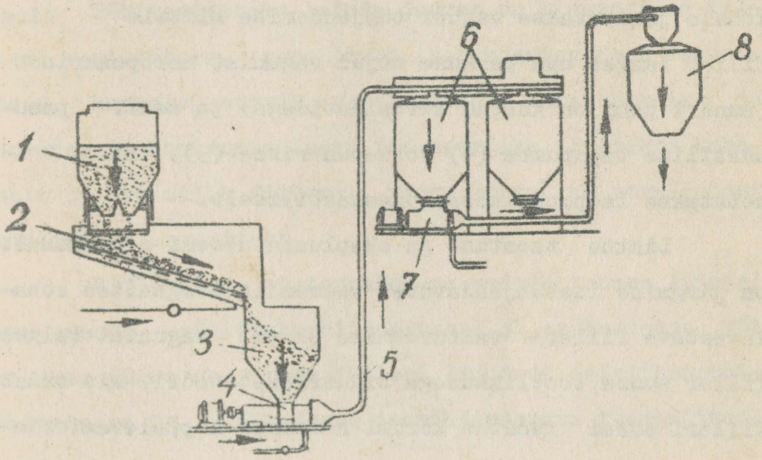
Kinnine vagun (1) lükatakse pneumaatilise tühjendusseadme (2) asukoha juurde. Tühjendusseadme C-347 koguja sõidab vagunisse mööda paigaldatavat silda. Vaakuumi mõjul, mida tekitab vaakuumpump (3), filleri-õhu segu tõmmatakse kaasa mööda painduvat voolikut tühjendusseadme sadestuskambrisse. Filler sadestub kambris ja tigumehhanismi abil toimetatakse ta mööda torustikku (4) pneumaatilise tigupumba (6) toitepunkrisse (5), mis toidab pneumaatilise transpordi süsteemi (7), mille kaudu filler suunatakse asfaltbetoonitehase filleripunkritesse. Vaguni tühjendamisel töötab kolm töölist: operaator ja 2 abitöölist.

Tühjendamisseadme C-347 tootlikkus tsemendi transpordil on 50 tonni tunnis. Toodetakse veel tsemendi mahalaadimise seadmeid C-578 tootlikkusega 20 tonni tunnis, C-577 - 60 tonni tunnis ja C-559 tootlikkusega 90 tonni tunnis. Nende seadmete tootlikkust filleri transpordil võib võrdsustada tsemendi transpordile.

Kõige otstarbekohasem on korraldada filleri vedu raudteel isetühjendavates tsemendiveovagunites, mis kujutavad endast täismetalseid kaetud punkritüüpi mahuteid. Vaguni täitmine toimub vaguni peal asuvate, hermeetiliste luukidega suletavate avade kaudu.

Vaguni tühjendamine toimub vaguni all asuva siibriga suletavate avade kaudu. Vaguni punkri geomeetriline maht on .45 m^3, mis võimaldab mahutada 60 tonni fillerit.

Eesti NSV raudteel kasutatakse praegu selliseid tsemendiveovaguneid tolmpõlevkivituha veoks ehitusmaterjalide tehastele (näit. tehasele "Männiku").



Joonis 12. Filleri mahalaadimise ja transpordi skeem isetühjenevast vagunist.
1- filleri vagun, 2- aeropunker, 3- vastuvõtupunker, 4- pneumaatiline tigupump, 5- filleri torustik, 6- filleri ladu punker, 7- pneumaatiline ülekantav tigupump, 8- asfaltbetoonitehase punker.

Joonisel 12 on antud isetühjendavast tsemendiveovagunist tsemendi väljalaadimise ja lattu toimetamise skeem. Toodud skeemi on rakendatud Volgogradgidrostrois [10] tsemendi vastuvõtmisel, kuid on samahästi rakendatav ka filleri vastuvõtmisel.

Tsemendivagun (1) lükatakse aeropunkri (2) ava kohale ja avatakse vaguni tühjendamise siibrid ning filler langeb oma raskuse mõjul vagunist aeropunkrisse (punkri põhi on kaetud aeroplaatidega) ja sealt pneumaatilise tigupumba (4) toitepunkrisse (3). Filler toimetatakse laopunkritesse pneumaatiliselt.

Lihtne teostuse ja ekspluatatsiooni seisukohalt on järgmine isetühjendavates tsemendiveovagunites kohaleveetava filleri vastuvõtmise skeem: vagunist valgub filler suure tootlikkusega tigutransportööri, mis annab filleri edasi raudtee kõrval asuvasse koppelevaatorisse. Koppelevaator tõstab filleri silosse.

Filleri pneumaatilisel transpordil võib kasutada pneumaatiliste tigupumpade asemel ka kambertoitjaid.

Isetühjendavate tsemendivagunite kasutamine filleri veoks väldib tolmamist pealelaadimisel, transpordil ja mahalaadimisel ning võimaldab täielikult mehhaniseerida ja automatiseerida filleri vagunitesse laadimist ja mahalaadimist. Isetühjendavate vagunite kasutamisel saadakse suur majanduslik efekt.

Tsemendiveovagunites veetava filleri vastuvõtmi-

sel ja ladustamisel on otstarbekohane kasutada RPI Giprotsemendi poolt väljatöötatud mehhaniseeritud raudteeäärsete tsementiladude tüüpprojekte. Laod on projekteeritud kahes variandis: metallist, kokkumonteeritavad ja raudbetoonist, monoliitsed. Ladude mahtuvus 600, 1000, 1500, 2000, 4000, 6000 ja 12000 tonni.

Põhiseadmeteks ladude juures on tigutoitjad fillerі vastuvõtuks tsemendiveo isetühjendavatest vagunitest, koppelevaatorid vertikaalseks transpordiks ja aerorennid horisontaalseks transpordiks. Projekti kohaselt on võimalik fillerit vastu võtta ka tavalistest kinnistest vagunitest.

Fillerit on otstarbekohane vedada tehase lähedal asuvatesse asfaltbetoonitehastesse ja -sõlmedesse või raudtee ääres asuvatest filleri ladudest asfaltbetoonitehastesse ja -sõlmedesse isetühjendavate tsemendiveoautodega.

Tsemendiveoautosid on mitut tüüpi. Moskva ehitustel kasutatakse [10] tsemendiveoautosid, mis on konstrueeritud Moskva ja Kutaissi autotehaste isekallutavate veoautode baasil. Taoline tsemendiveoauto omab tsisterni, mis on monteeritud isekallutaja veoauto šassiile. Tsisterni ülemises osas asub laadimise ava ø 600 mm ja taga all tühjendamise luuk mõõtmetega 670x1000 mm. Luugid sulguvad hermeetiliselt. Tsisterni tühjendamiseks kallutatakse seda hüdraulilise süsteemi abil 48° võrra. Tsisterni mahtuvus on 3,2 m^3. Tühjendamise kestus 3 - 4 minutit.

Täiuslikumad on tsemendiveoautod pneumaatilise tühjendusseadmega.

3,5 tonnise kandejõuga tsemendiveoauto C-386 A (tsisterni maht 3,7 m^3) laadimine toimub vaba langemise teel ja tühjendamine pneumaatiliselt painduva vooliku kaudu. Auto võib pneumaatilise seadmega juhtida tsementi kuni 15 m kõrgusele ja 50 m kaugusele. Suruõhuga varustab autot masina raamile monteeritud kompressor. Tsemendi väljajooksmise kindlustamiseks tsisternist on viimase põhja asetatud aereerivad elemendid.

Tsemendiveoautole C-386 A on ette nähtud järelkäru-tsistern, mille mahtuvus 3,7 m^3 ja kandevõime 3,5 tonni.

Tsemendiveoauto C-570 kandejõud on 12 tonni (ka 7 tonni). Tsistern on silindrikujuline, kallakuga tahapoole. Tsisterni tühjendatakse aeropneumaatiliselt, milleks kasutatakse kompressorit ja aerorenni. Tsemendiveoauto C-570 tootlikkus tühjendamisel on 40 - 50 tonni tunnis; tsementi võib juhtida auto pneumaatilise seadmega 20 m kõrgusele ja 40 m kaugusele.

Spetsiaalsete tsemendiveovagunite ja tsemendiveoautode kasutamisel saadakse suur majanduslik efekt. Näiteks saavutati faktiliselt Volgogradgidrostroi ehitustel tsemendiveol isetühjendavate tsemendiveomasinate kasutamisel võrreldes tsemendiveoga kinnistes vagunites lahtisel veol (vagunite tühjendamine pneumaatilise tühjendamisseadme C-347 abil) järgmised majanduslikud näitajad [10]:

Tabel 12

Tehnilis-majanduslikud näitajad tsemendi mahalaadimisel vagunitest

Transpordi ja mahalaadimise viis	Töölise tootlikkus vahetuses, tonni	Tsemendi mahalaadimise omahind rbl./tonn
Isetühjendavad tsemendiveovagunid	320	0,04
Tavalised kinnised vagunid, mahalaadimine pneumaatilise tühjendamisseadme C-347 abil	50	0,198

Neist näitajatest ilmneb, et isetühjendavate vagunite kasutamisel on töölise tootlikkus 6,4 korda suurem ja mahalaadimise maksumus 5 korda väiksem. Samasugune efekt saavutatakse ka filleri transportimisel ja mahalaadimisel, kui võetakse kasutusele isetühjenevad tsemendiveovagunid.

VI FILLERI OMAHIND

Filleri tootmise omahinna arvestamisel on võetud aluseks 1961.a. kehtivad riiklikud hinnad ja tariifid.

Omahind sõltub paljudest teguritest. Mõõduandvamad neist on tooraine maksumus ja juurdeveo kaugus, tootmise maht ja tehnoloogia, tootmise mehhaniseerimise ja automatiseerimise tase.

Omahind arvestati reale variantidele, kusjuures muutuvateks teguriteks olid tootmisüksuse asukoht, tooraine baas ja tehnoloogia. Püsivateks eeldusteks oli filleri aastane toodangumaht, mis võrdsustati 70.000 tonniga ja tootmisüksuseks tsehh olemasolevate ettevõtete juures. Nii koostati projektlahendused filleri tootmiseks tsehhis, mis asub Rakke Lubjatehase juures Tamsalus, Ahtme Põlevkivituhk-liivtoodete Tehase ja Tallinna Paekivitoodete Tehase juures.

Põhivariantidel, kus tootmistehnoloogias rakendati kuulveski + trummelkuivati menetlust ja tooraineks Rakke Lubjatehase jääklubjakivi, kujunes pakkimata filleri orienteeruv omahind järgmiseks (franko tehas):

Ahtmes - 4,74 rubla/tonn

Tamsalus - 3,84 rubla/tonn

Tallinnas - 4,40 rubla/tonn

Siinjuures olgu toodud võrdluseks hariliku kukermiidi M-50 omahind, mis 1961.a. Tallinna Paekivitoodete Tehases oli 3,40 rubla/tonn. Eesti Tööstusprojekti

poolt koostatud Tartu Asfaltbetoonitehase filleri tootmise sõlme (aastatoodang 5300 tonni) filleri projekteeritud omahind 8,23 rubla/tonn (lubjakivi Põdrangu karjäärist), fraktsioneeritud lubjakivikillustiku väljalaske hind 2,00 - 2,08 rubla/m^3, hüdraulilise kukermiidi M-100 väljalaske hind 7,20 rubla/tonn.

Toodud omahinna arvestuse tulemustest nähtub, et kohalikust kvaliteetsest toorainest, Tamsalu karjääri lubjakivist ja selle jäätmetest valmistatav filler kujuneb küllalt odavaks ja kõrgekvaliteediliseks teedeehitusmaterjaliks, mis aitab suuresti kaasa asfaltbetoonteede kvaliteedi ja põlisuse tõstmiseks.

Kasutatud materjalid ja kirjandus

1. Ambros, R. "Kukermiit fillerina asfaltbetooni valmistamisel". - Tallinna Polütehnilise Instituudi Toimetised. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn-Tartu 1950.a.

2. "Asfaltbetooni valmistamiseks vajaliku filleri tootmise võimaluste selgitamine Eesti NSV-s". - ENSV RMN Ehitusmaterjalide Tööstuse Valitsuse Spetsiaalse Konstrueerimisbüroo aruanne, Tallinn 1962.a.

3. Kask, K. ja Ambros, R. - "Eesti NSV-s kehtestatavate ajutiste tehniliste tingimuste "Kuumal menetlusel põlevkivibituumenist valmistatavad asfaltbetoonisegud" projekt". - Autotransport ja Maanteed nr. 3, 1961. ENSV MN Riiklik Teaduslik-Tehniline Komitee.

4. Luha, A. - "Eesti NSV maavarad". - RK Teaduslik Kirjandus, Tartu 1946.a.

5. "Põlevkivi poolkoksi kasutamisest fillerina asfaltbetoon-teekatte ehitamisel". Aruanne. Töö teostatud Tallinna Polütehnilises Instituudis koostöös Autotranspordi ja Maanteede Ministeeriumi Projekteerimis- ja Uurimislaboratooriumiga ENSV MN Riikliku Teaduslik-Tehnilise Komitee organiseerimisel. Tallinn 1958.a.

6. Гезенцевей Л.Б. - "Дорожный асфальтовый бетон". Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, Москва 1960 г.

7. Засов И.А. - "Асфальтбетонные заводы". Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, Москва 1958 г.

8. Инструкция по применению поверхностно-активных добавок при строительстве дорожных покрытий с применением битумов ВСН-59-61 Министерства транспортного строительства СССР, Москва 1961 г.

9. Пиковский Я.Н., Полосин-Никитин С.Н., Вощинин Н.П., Баловнев В.И. - "Дорожные машины и оборудование". Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва 1960 г.

10. Семковский, В.В., Шафранский В.Н. - "Комплексная механизация в строительстве". Госстройиздат, Москва 1960 г.

Lisa

ENSV lubjakivide omadused tähtsamate maardlate ja karjääride kaupa
(geoloogiliste ja laboratoorsete uurimiste alusel)

Pos. nr.	Maardla või karjääri nimetus, asukoht, kuuluvus	Varude suurus, kinnitamise protokollinumber ja aasta	Lademe nimetus; kivimi liik	Keemiline koostis % Al_2O_3 = a Fe_2O_3 = f R_2O_3 = r	Survetugevus kg/sm^2	Milleks kasutatakse lubjakivi
1	2	3	4	5	6	7
1.	A r u Rakvere rajoon, Kundast 3 km lõunas, Tsementitehas "Punane Kunda"	14,3 milj. t TK3 prot. nr. 404, 1951.a.	Aseri, lasnamäe; lubjakivi	a = 2,94 f = 1,42 r = 4,36	Lasnamäe lademe kivimi survetugevus 734- 1196	Tooraine-na tsemendi tootmiseks, killustik., ehituskivina
2.	A l u v e r e II Rakvere rajoon, Rakverest 21 km põhjas	22,3 milj. t TK3 protokoll nr. 2053, 1957.a.	Jõhvi; mergel	läänepoolsel alal: a = 1,49 - 5,37 f = 0,88 - 1,83 idapoolsel alal: a = 2,05 - 5,23 f = 0,99 - 1,93		Toorainena tsemendi tootmiseks
3.	K u r e l i i v a Rakvere rajoon, Rakverest 21 km põhjas	13,3 milj. t TK3 protokoll nr. 2053, 1957.a.	Kunda, aseri, lasnamäe; lubjakivi	a = 3,31 f = 1,60 r = 4,91	Kunda lademe kivimil 1215 - 1251; Aseri lademe kivimil 1424; lasnamäe lademe kivimil 1151 - 1428	

1	2	3	4	5	6	7
4.	R a k v e r e Rakvere rajoon, Rakverest 3 km läänes	41,5 milj. t BK3 protokoll nr. 7210, 1952.	Rakvere, nabala; lubjakivi	Rakvere lademe kivimil: a = 1,18 a = 0,81 f = 0,40 r = 1,21 Nabala lademe kivimil: a = 1,06 f = 0,58 r = 1,64		Ei kasutata
5.	K o l g a - S a k a I Kohtla-Järve linn, Kohtla-Järvelt 4 km loodes	8,6 milj. t BK3 protokoll nr. 7583, 1952.	Aseri, lasnamäe; lubjakivi	a = 1,88 - 4,30 f = 1,25 - 2,36		Ei kasutata
6.	V a s a l e m m a Harju rajoon, Vasalemma raudteejaamast 1 km kirdes	11 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 267, 1955.	Keila, oandu; lubjakivi	Keila lademe kivimil: merglil r = 3,13 käsnlubjakivil r = 0,72 - 2,77 Oandu lademe tsüstoiidsel lubjakivil r = 0,33 - 1,27	653 - 1108	Killustikuna, tööstusliku lubjakivina
7.	L a s n a m ä e P a e m u r r u d Tallinn, Tallinna Paekivitoodete Tehas	1,9 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 409, 1951.	Aseri, lasnamäe; uhaku; lubjakivi	Lasnamäe lademe kivimil: a = 1,39 - 2,07 f = 0,96 - 1,77 Uhaku lademe kivimil: a = 2,92 f = 1,38 r = 4,30	Lasnamäe lademe kivimil 487 - 1950 Uhaku lademe kivimil 276 - 1400	Ehituskivina, killustikuna, trepiastmeteks

1	2	3	4	5	6	7
8.	L a s n a m ä g i Tallinn, Tallinna Üldehitustrust	0,9 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 317, 1949.	Lasnamäe, uhaku; lubjakivi	Lasnamäe lademe kivimil: a = 0,75 - 2,34 f = 0,52 - 3,90 Uhaku lademe kivimil: a = 2,01 - 5,26 f = 0,92 - 1,80	588 - 1800	Ehituskivina, killustikuna, trepiastmeteks
9.	H a r k u Harju rajoon, Tallinnast 10 km läänes UNR - 136	0,9 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 317, 1949.	Lasnamäe, uhaku; lubjakivi	a = 1,66 f = 1,39 r = 3,05	860 - 1765	Ehituskivina, killustikuna
10.	V ä o Harju rajoon, Tallinna linna idapiiril Tallinna Paekivitoodete Tehas	17,8 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 623,1956.	Volhovi, kunda, aseri, lasnamäe, uhaku; lubjakivi	a = 2,10 - 8,34 f = 1,10 - 4,36	580 - 1537	Ehituskivina, killustikuna
11.	R a n n u Kohtla-Järve linn, Kiviõlist 22 km loodes	14,3 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 1934,1957.	Aseri, lasnamäe; lubjakivi	a = 2,15 - 3,19 f = 1,06 - 1,87	830 - 1500	Ei kasutata
12.	A l l i k a Kohtla-Järve linn, Ahtmest 1,5 km loodes	0,4 milj. m^3 TK3 protokoll nr. 214, 1948.	Jõhvi; lubjakivi	$SiO_2 + Al_2O_3$ = = 7,00 - 19,04 f = 0,80 - 1,13	684 - 1359	
13.	R u m m u Harju rajoon, Vasalemma raudteejaamast 5,5 km läänes	2,1 milj. m^3 Varud kinnitamata	Oandu; lubjakivi			Ehituskivina, killustikuna, tööstuslikku lubjakivina lubja- ja keemiatööstustele

1	2	3	4	5	6	7
14.	A s e r i Kohtla-Järve linn, Kohtla-Järvelt 35 km loodes	0,1 milj. m^3 Varud kinnitamata	Aseri; lubjakivi	r = 1,72 - 5,58	727 - 1361	Ei kasutata
15.	S a k a Kohtla-Järve linn, Saka külast 1,5 - 2 km loodes	0,5 milj. m^3 Varud kinnitamata	Glaukoniit- ja orthoceras-lubjakivi	a = 3,03 - 5,37 f = 3,38 - 5,50	388 - 908	
16.	K o l g a - S a k a II Kohtla-Järve linnast 4 km loodes	0,6 milj. m^3 Varud kinnitamata	Aseri, lasnamäe; lubjakivi	a = 1,31 - 2,72 f = 1,04 - 5,30	405 - 893	Ehituskivina, killustikuna
17.	N a r v a Narva linn, Narva raudteejaamast 2 km loodes	0,5 milj. m^3 Varud kinnitamata	Aseri; lubjakivi		405 - 1392	- " -
18.	P a d i s e Harju rajoon, Vasalemma raudteejaamast 1 km läänes "Padise Paemurrud"	16,9 milj. t TK3 protokoll nr.465, 1953.	Oandu; lubjakivi	Tsüstoiidsel lubjakivil r = 0,76 biohermsel lubjakivil r = 1,81	Tsüstoiidsel lubjakivil 475 - 685; biohermsel lubjakivil 675 - 1011	Tööstusliku lubjakivina, killustikuna
19.	K a r i n u Paide rajoon, Paidest 40 km kirdes, Järva-Jaani raudteejaamast 5 km idas Rakke Lubjatehas	9,4 milj. t TK3 protokoll nr.694, 1957.	Tamsalu, raikküla; lubjakivid	Tamsalu R_2O_3 = 0,56 - 4,20	496 - 1251	Lubja põletamiseks
20.	T a m s a l u I Rakvere rajoon, Tamsalu raudteejaamast 0,5 km idas Rakke Lubjatehas	8,7 milj. t TK3 protokoll nr.488, 1953	Tamsalu, raikküla; lubjakivi	a = 0,49 f = 0,31 r = 0,80	Pödrangu (šahtahjude) karjääri kivimil keskm. 491 kg/sm^2; ringahjude karjääri kivimil 110-724 keskmine 445 kg/sm^2	Lubja põletamiseks

1	2	3	4	5	6	7
21.	R a k k e (Kamariku) Rakvere rajoon, Rakke raudteejaamast 4 km põhjas Rakke Lubjatehased	6,1 milj. t TK3 protokoll nr.458, 1952	Tamsalu; lubjakivi	Ülemine 2,5 - 3 m paksusel kompleks: a = 0,44 f = 0,17 r = 0,61 Alumisel 2,0 - 2,5m paksusel kompleks: a = 1,01 f = 0,45 r = 1,46	605 - 1015 ülemisel kompleksil 605 - 967	Lubja põletamiseks
22.	A t l a Kingissepa rajoon Kingissepast 36 km läänes	1,6 milj. t Varud kinnitamata	Kaarma, paadla; lubjakivi	a = 0,83 - 3,57 f = 0,45 - 2,09		Ei kasutata
23.	A g a m a Kingissepa rajoon, Kingissepast 35 km läänes	0,8 milj. t Varud kinnitamata	Kaarma, paadla; lubjakivi	Paadla lademe ülemise kompleks: krinoiidlubjakivil a = 0,55 - 1,19 f = 0,37 - 0,67 ja stromatopoor-lubjakivil a = 0,12 - 0,38 f = 0,05 - 0,12 Alumisel kompleks: a = 2,14 f = 0,80 r = 2,94		Lubja põletamiseks
24.	K a a r m a Kingissepa rajoon, Kingissepast 15 km põhjas Ehitusmaterjalide Tehas "Silikaat"	0,9 milj. m^3 TK3 protokoll nr.1542,1956.	Kaarma; dolomiit	a = 0,6 - 10,76 f = 0,76 - 3,08	165 - 490	Ehituskivina, katteplaatidena

1	2	3	4	5	6	7
25.	H e l l a m a a Muhu saare idaosas "Järvakandi Tehased"	0,135 milj. m^3	Jaagarahu; dolomiit	a = 1,35 f = 0,32 r = 1,67		Toorainena klaasi-tööstuses
26.	A r u - L õ u n a Rakvere rajoon, Kundast 6 km lõunas Tsemenditehas "Punane Kunda"	65,7 milj. t. protokoll nr.2599,1959.	Lasnamäe, uhaku; lubjakivi	Lasnamäe lademe kivimil: a = 1,61 - 2,33 f = 1,14 - 1,67 uhaku lademe kivimil: a = 4,16 - 4,35 f = 1,41 - 1,68	Lasnamäe kivimil 737 - 1141	Toorainena tsemendi tootmiseks
27.	M a a r d u Harju rajoon, Tallinnast 12 km idas Maardu Keemiakombinaat	14,5 milj. m^3 protokoll nr.2641,1959.	Lasnamäe, aseri; lubjakivi	$SiO_2 + R_2O_3$ = = 5,65 - 19,6	1468	Ei kasutata
28.	K u r e s e Haapsalu rajoon, Rootsi raudteejaamast 10 km lõunas	Varud määramata	Jaagarahu; dolomiit	f = 0,8 r = 1,41		Ehituskivina
29.	A n e l e m a Pärnu linna piirkond, Pärnu-Jaagupist 4 km idas	Varud määramata	Jaagarahu; dolomiit	f = 0,455 r = 0,8		Ehituskivina, lubja põletamiseks

Иоости Хейно Фридрихович
"Местное сырье для изготовления филлера"
На эстонском языке.

Государственнй комитет Совета Министров
Эстонской ССР по координации
научно-исследовательских работ
Таллин, Пярнуское шоссе, IO

Toimetaja J. Sõrmus
Tehniline toimetaja V. Varjend
Korrektor A. Huul

Trükkimisele antud 1.12.62. Trükipoognaid 7,37.
Arvutuspoognaid 4,60. Trükiarv 500. MB-08876.
Trükitud ENSV Ministrite Nõukogu Riikliku
Teaduslike Uurimistööde Koordineerimise
Komitee rotoprindil
Tellim. № 47.
Hind 37 kop.

A-25127

Hind 37 kop.

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00425767 3