


*S. Dokelin*

# KOREBEToon



2-43120

A-22043 III

S. DOKELIN  
TEHN. TEAD. KAND.

# KOREBEToon

TOIMETANUD  
E. OJAMAA  
TEHN. TEAD. KAND.



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1958

✓

Raamatus käsitletakse uue seinamaterjali —  
korebetooni — omadusi ja tema rakendamise  
võimalusi hoonete ehitamisel Eesti NSV-s.  
Raamat on mõeldud laialdasele ehitajate ring-  
konnale

2

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

43120

ARHIIVKOGU

## EESSÕNA

NLKP XX kongressi otsused nõuavad ehitajatelt pidevat ehituse maksumuse alandamist. Üheks põhiliseks suunaks selle ülesande lahendamisel on kohalike ehitusmaterjalide igakülgne kasutamine. Kuna suur hulk ehitusmaterjale kulutatakse hoonete seinte püstitamiseks, siis just siin annab odavate kohalike materjalide kasutamine, eriti koos mehhaniseerimisega ja industriaalsete ehitusmeetodite kasutamisega, suurt majanduslikku efekti. Seoses sellega on aktuaalseks küsimuseks kohalike looduslike materjalide — Eesti NSV-s paekivi ja kruusa — suurte tagavarade kasutamine seinte püstitamiseks.

Ehituspaas on aastasajandeid leidnud kasutamist hoonete massiivsetes seintes ja viimasel ajal ka kergseintes. Pae kasutamine seinamaterjalina on siiski piiratud. Isegi tööstusehituses, rääkimata tsiviilehitusest, kasutatakse paasi vähe. See on tingitud mitte niivõrd paekivi halbadest ehitus-füüsikalistest omadustest, kui sellest, et paasseinte ladumine ei anna ennast mehhaniseerida ega ka mõistlikult industrialiseerida. Täiesti tähtsusetu on Eesti NSV-s kruusa kasutamine seinakonstruktsioonides.

Parimaid võimalusi Eesti NSV kohalike kivimaterjalide ärakasutamiseks hoonete seinakonstruktsioonides pakub korebetooni laialdane juurutamine vabariigi ehitustegevusse. Industriaalse ehitusmeetodi tingimustes on korebetoonplokkide rakendamine peaaegu ainukeseks vastuvõetavaks lahenduseks vabariigi paekiviressursside kasutamisel.

*Autor.*

## SISSEJUHATUS

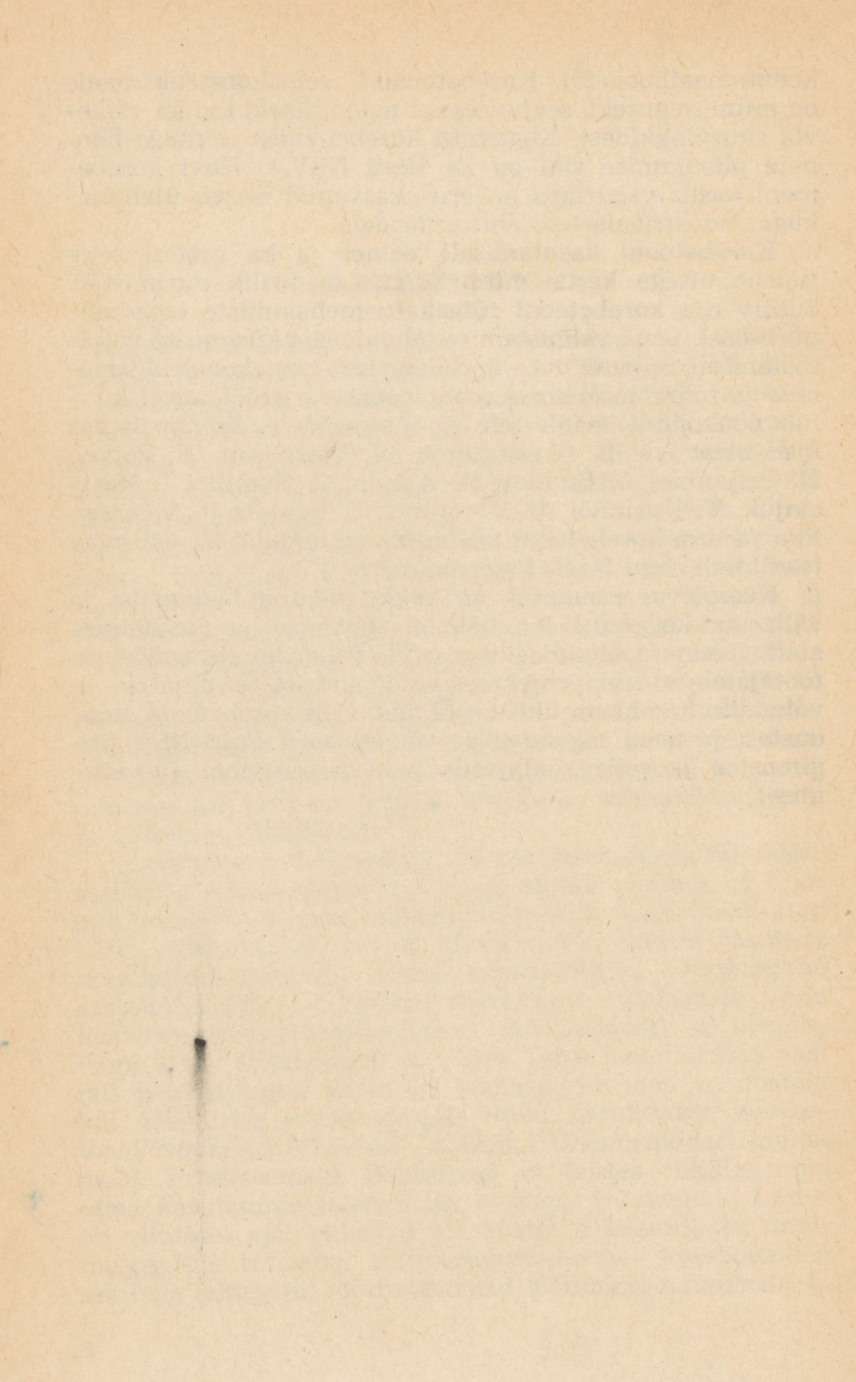
Korebetoon erineb tavalisest betoonist rea omaduste poolest. Viimased on tingitud peene täitematerjali, s. o. liiva puudumisest betoonis ja jämeda täitematerjali enam-vähem ühtlasest terasuurusest. Kuna tsemendikulu korebetoonis ei ole suurem, vaid harilikult on väiksemgi kui tavalises betoonis, siis tsementkivi ei täida poore jämeda täitematerjali terade vahel ja betoon jääb urbseks, koredaks. Pooride maht korebetoonis on suur — kuni 40% ja enam. Seepärast korebetooni mahukaal on suhteliselt madal isegi raske täitematerjali puhul. Suur poorsus ja väiksem mahukaal tingivad võrreldes tavalise betooniga väiksema soojajuhtivuse. Teiselt poolt suure poorsuse ja korebetooni struktuuri iseärasuse tõttu see betooni liik on suhteliselt väiksema tugevusega. Et poorid on omavahel ühendatud, siis korebetoon omab kõrget auru- ja õhujuhtivust. Kokkuvõttes on korebetoon kergem ja soojapidavam kui tavaline betoon, ühtlasi ka viimasest nõrgem ja väiksema tihedusega.

Korebetooni iseärasused teevad tema küllaltki väärtuslikuks seinamaterjaliks. Nagu näitab ajalugu, ei leidnud korebetoon nimetamisväärset määral kasutamist, kuni 1930.—1931. aastal prof. B. Skramtajev soovitas kasutada korebetooni hoonete seinte püstitamiseks. Järgnevatel aastatel hakati korebetooni rakendama Nõukogude Liidu looderajoonide ehitustegevuses. Sel perioodil oli korebetooni levik siiski piiratud. Alles Teise maailmasõja aastail ja sõjajärgsel perioodil leidis korebetoon tunnustust kui väärtuslik seinamaterjal. Nüüd kasutatakse korebetooni Nõukogude Liidus, Ameerika Ühendriikides, Inglismaal, Prantsusmaal, Saksamaal ja teistes riikides ning tema kasutamine laieneb iga aastaga. Nõukogude Liidus on viimasel ajal ehitatud erinevates kliimatilistes tingimustes üle tuhande mitmesuguse hoone korebetoonist seintega (elumaju, tööstushooneid, põllumajandusehitisi ja

kommunaalhooneid). Korebetoonist seinakonstruktsioone on mitmesuguseid, seejuures nii monoliitseid kui ka väikevõi suurplokkidest. Kogemusi korebetoonist seintega hoonete püstitamise alal on ka Eesti NSV-s. Huvi korebetooni vastu vabariigis on eriti kasvanud seoses üleminekuga industriaalsetele ehitusviisidele.

Korebetooni kasutamisele eelnes ja ka rööbiti selle juurutamisega kestis mitmekülgne teaduslik uurimistöo. Juhtiv osa korebetooni füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimisel, tema valmistamise tehnoloogia küsimuste väljatöötamisel, samuti uute korebetoonist seinakonstruktsioonide ja tööde teostamise tehnoloogia väljatöötamisel kuulub nõukogude teadlastele ja inseneridele. Silmapaistvamad neist on B. Skramtajev, V. Tšernõšev, N. Popov, N. Orljankin, A. Budilov, A. Atapin, G. Šumilin, I. Martinsjuk, T. Kurinnõi, V. Voronkov, E. Schults jt. Väärtusliku panuse korebetooni uurimisse on andnud ka välismaa teadlased, nagu P. H. Petersen, Levy j. t.

Käesolevas raamatus on kokku võetud kodumaisi ja välismaa kogemusi korebetooni uurimise ja kasutamise alalt. Raamatu ülesandeks on anda vabariigi ehtustööstuse töötajatele — nii projekteerijatele kui ka teostajatele — võimalikult rohkem üldistatud materjali korebetooni omadustest ja tema rakendamise võimalustest Eesti NSV tingimustes ja sellega abistada neid korebetooni juurutamisel.



## 1. PEATÜKK

### KOREBETOONIS KASUTATAVAD MATERJALID

Korebetooni kasutamise ratsionaalsus sõltub kohalikest tingimustest. Tähtsamaks tingimuseks tuleb lugeda selliste looduslike ehitusmaterjalide küllaldaste varude olemasolu antud rajoonis, milliseid võiks kasutada korebetooni täitematerjalina.

Oluliseks teguriks on samuti tsementi tootva tööstuse või teiste korebetooni valmistamiseks kõlblike ehituslike sideainete tootmine rajoonis.

#### I. BETOONI TÄITEMATERJALID

Eesti NSV aluspõhi moodustub peamiselt lubjakividest, milliste varu on praktiliselt ammendamatu. Need lubjakivid on ühel või teisel määral mergeliseerunud või dolomitiseerunud ja enamjaolt kihilise ehitusega. Vabariigi territooriumi peaaegu kogu põhjapoolses osas paekivi on kas täielikult paljastunud või kaetud kvaternaarperioodi setete ja mullaga ning on kergesti kättesaadav. Kõikide lademetega paekivi tugevus on küllalt suur selleks, et teda kasutada killustiku kujul betoonide täitematerjalina (survetugevus 300 kuni 1400 kg/sm<sup>2</sup>). Üksikute lademetega paekivi veeimavus kõigub küllaltki laiades piirides — 0 kuni 10%. Enamikul juhtudel on see alla 2%. Kõige enam on uuritud Lasnamäe lademe paekivi. Selle lademe piirides asuvad Tallinna linnalähedased ja vabariigi suurimad ehituskivi karjäärid.

Lasnamäe lademe paekivi kuulub tihedate lubjakivide rühma (veeimavus on alla 2%). Tema tugevus on kõikides kihtides küllalt kõrge (survetugevus üle 900 kg/sm<sup>2</sup>). Paekivi peab vastu 25 külmutustsüklile, kuigi seejuures paekivi survetugevus langeb kuni 22% võrra, mis viitab

pragudele ja muudele vigastustele. Tallinna Polütehnilise Instituudi andmetel kuni 12% mitmesugusest kohalikust paekivist valmistatud katsekehadedest pooldub juba pärast 14 külmutustsükli. Seda põhjustavad nähtavasti silmaga mittemärgatavad õhukesed mergli või savi vahekihid.

Seega on Eesti NSV paekivi külmakindlus üldiselt võrdlemisi madal (tavaliselt alla 25 ja vahel isegi alla 15 tsükli), mis võib avaldada otsustavat mõju betooni külmakindlusele.

Lasnamäe lademe paekivi vees pehmenemise tegur (0,82 kuni 0,95) näitab tema head veepüsivust. Kuid vabariigis esineb ka merglilise lubjakivi lademeid pehmenemisteguriga alla 0,75. See ei piira siiski paekivi kasutamist korebetoonis.

Eesti NSV paekivi muud füüsikalisi-mehaanilisi omadused esitatakse tabelis 1, mis on koostatud Eesti NSV Teaduste Akadeemia Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituudi andmetel.

Tabel 1

**Eesti NSV paekivi füüsikalisi-mehaanilisi omadusi**

Paekivi omadus	Lademe nimetus	Mõõtühik	Näitaja
Erikaal	Lasnamäe	g/sm <sup>3</sup>	2,70—2,75
Poorsus	Lasnamäe	0/0	2,56—5,48
	Uhaku	0/0	2,52—6,96
Pooride täitumine veega	Lasnamäe	0/0	75—80
	Uhaku	0/0	97,1
Väljakuivamise aeg	Lasnamäe	tund	kuni 176
Auru erijuhtivus	Lasnamäe	g/m h mmHg	0,00051 kuni
Soojaerijuhtivus (niiskus 0,3—0,4 <sup>0/0</sup> )	Lasnamäe	kcal/m h °C	0,00550 1,83

Tabelis esitatud andmed iseloomustavad paekivi kui rasket ja tihedat, eriti madala aurujuhtivusega, aeglaselt kuivavat ja kõrge soojajuhtivusega materjali.

Paekivi kihilise ehituse tõttu sisaldab paekillustik nii plaatja kui ka nõelja kujuga teri. Seejuures on mittesoovitava kujuga terade protsent killustiku erinevates fraktsioonides erinev (vt. tabel 2).

Mittesoovitava kujuga terade sisaldus karjääri «Lasnamäe paemurrud» killustiku fraktsioonides

Killustiku fraktsioon mm	Terade sisaldus %-des kaalust	
	plaatjad	nõeljad
5—10	1,0	0,9
10—20	12,2	4,8
20—40	8,3	3,0

Nagu tabelist nähtub, ei saa nõelja kujuga terad vähese sisalduse tõttu avaldada nimetamisväärset mõju paekillustikul valmistatud korebetooni tugevusomadustele. Kuna aga plaatja kujuga terade protsent killustikus on küllaltki kõrge, siis see asjaolu võib avaldada mõju korebetooni survetugevusele.

Eesti NSV pinnakatte koostis on äärmiselt ebaühtlane, mis on seletatav tema jääaegse päritoluga. Pinnakattes esineb nii Eesti NSV aluspõhja kui ka Skandinaavia poolsaare kivimeid.

Vabariigi põhilisi kruusavarusid moodustavad jääsula-vete settekruusad. Need ladestused sisaldavad hästi läbiuhutud ja sorditud materjali, peamiselt ümarike teradega. Settekruusad on leidnud laialdast kasutamist nii tee-ehituses kui ka betooni täitematerjalina.

Rannamoodustiste kruusad on levinenud nii praegusel rannikul kui ka muistsetel rannajoontel. Nendes ladestustes plaatjas kruus on mitmesugustes vahekordades segatud liivaga. Vaatamata headele ehitusomadustele kasutatakse seda kruusa vähe, sest transpordivahendite juurdepääs rannale on enamikul juhtudel raskendatud ja kruusa tagavarad üksikutes kohtades on suhteliselt väikesed.

Kohalike kruusade terastikuline koostis on iseloomustatud tabelis 3.

Tabelist nähtub, et enamiku vabariigi karjäärade kruusliivad on peensusmooduliga 4 kuni 5, millele vastab kruusa fraktsiooni 5 kuni 40 mm sisaldus piirides 11,6—48,5%, ja et vabariigis on küllalt kõrge kruusasisaldusega karjääre. Kruusa näiverikaalu kõikumine piirides 2,56 kuni 2,69 t/m<sup>3</sup> viitab erinevustele tema petrograafilises koostises.

**Eesti NSV kruusliivade iseloomustus (Tallinna Polütehnilise  
Instituudi uurimissektori andmetel)**

Näitaja nimetus ja mõõtühik	Kruusliiva peensusmoodul			
	3,4 kuni 4,0	4,1 kuni 5,0	5,1 kuni 6,0	üle 6,1
Uuritud karjääride arv	8	18	8	6
Mahukaal t/m <sup>3</sup> :				
maksimaalne	1,80	1,89	1,99	1,92
minimaalne	1,55	1,57	1,74	1,52
Näiv erikaal g/sm <sup>3</sup> :				
maksimaalne	2,66	2,69	2,68	2,66
minimaalne	2,62	2,56	2,61	2,61
Porsus %:				
maksimaalne	39,0	40,0	37,5	42,5
minimaalne	31,5	28,5	23,7	27,5
Minimaalse kruusasisaldu- sega karjäärid ja kruusa hulk 0/0-des	Paun- küla	Loobu	Kärevere	Nea- nurme
5—10 mm	3,0	3,5	10,3	11,7
10—20 mm	3,3	5,5	8,6	10,7
20—40 mm	3,0	2,6	9,0	15,0
5—40 mm	9,3	11,6	27,9	37,4
Maksimaalse kruusasisal- dusega karjäärid ja kruu- sa hulk 0/0-des	Rumba	Tartu teedeehi- tusvalit- suse	Muike	Soodla
5—10 mm	10,1	20,4	19,0	12,7
10—20 mm	6,0	17,7	24,0	30,5
20—40 mm	5,0	10,4	7,4	42,5
5—40 mm	21,1	48,5	50,4	85,7

Märkus. Huumusesisaldus kõikides kruusaproovides oli lubatud piirides, veeimavus oli 1,48 kuni 2,94<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Kruusaterade tugevus on iseloomustatud nõrkade kivimite terade sisaldusega. Selles osas riiklike standardite täielikku rahuldamist vabariigi kruusade poolt tõendavad Tallinna Polütehnilise Instituudi ehitusmaterjalide laboratooriumi andmed (vt. tabel 4).

Nagu nähtub tabelist, on nõrkade kivimite terade protsent kohalikus kruusas palju madalam kui lubatud 10—20%.

Eesti NSV leiukohtade kruusa kõrge külmakindlus ei kutsu esile kahtlust. Selle tõendamiseks esitatakse tabelis

## Nõrkade kivimite terade sisaldus Eesti NSV kruusades

Kruusa fraktsioonid mm	5—10	10—20	üle 20	kokku
Nõrkade kivimite terade sisaldus %-des	0,225	0,587	1,125	1,94

Tabel 5

## Eesti NSV kruusa külmaskindlus

Külmutustsüklite arv	15	35
Kaalumuutus pärast katsetamist %-des	+ 0,95 kuni + 1,22	—7,8

5 mõningaid andmeid Tallinna Polütehnilise Instituudi uurimissektori materjalidest.

Tardkivimid (nn. raudkivid) on Eesti NSV-s esindatud graniidi, gneisi, süeniidi ja teiste süvakivimitega. Nende kivimite rahne leidub peaaegu kõikjal nii maa peal kui ka moreenis, samuti ka mere rannaäärses ribas. Tardkivimid moodustavad Eesti NSV-s hinnalise ehitusmaterjali suuri varusid. Kuid suure laialipillatuse tõttu leiavad raudkivid vaid vähest kasutamist ehituses nii tee-ehitusmaterjalina kui ka betooni täitematerjalina.

Betooni kunstlike täitematerjalidena võivad Eesti NSV-s leida kasutamist mitmed keraamilised materjalid: keramiitkruus, telliskillustik jne.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia Energeetika Instituudi andmetel [31] on vabariigis külluses savivarusid, mis on kõlblikud keramiidi tootmiseks.

Eesti NSV-s on mõeldav ka telliskillustiku kasutamine korebetooni täitematerjalina. Kuna see materjal on üldtuntud, siis tema omadusi siin ei käsitleta.

## II. SIDEAINED

Sideainena korebetoonis kasutatakse peamiselt portlandtsementi, mida meie vabariigis toodab tehas «Punane

Kunda». Väärtuslikkudeks kohalikkudeks sideaineteks on põlevkivituhk-sideained, millistest korebetooni valmistamiseks on võimalik kasutada hüdraulilist kukermiiti ja vääristatud hüdraulilist kukermiiti.

Hüdraulilise ja vääristatud hüdraulilise kukermiidi tooraineks on põlevkivi tolmtuhk. Tolmtuhk omab sideaine omadusi isegi töötlemata kujul ja vastab markide 25 ja 50 nõuetele. Jahvatatud tolmtuha, s. o. hüdraulilise kukermiidi aktiivsus tampmördil vastab markidele 100 ja 150 ja plastsel mördil — markidele 50 ja 75. Vääristatud hüdrauliline kukermiit, s. o. koos aktiivsete mineraalsete lisanditega jahvatatud põlevkivi tolmtuhk vastab tampmördil markide 100 kuni 200 nõuetele ja plastsel mördil — markide 50 kuni 100 nõuetele.

Hüdraulilist kukermiiti iseloomustab aeglane kivinemine. Sideaine tugevus 7 päeva vanuses moodustab kõigest 10% 28 päevasest tugevusest. Portlandtsemendi lisand tõstab hüdraulilise kukermiidi kivinemise kiirust, eriti kivinemise algperioodil. Näiteks 10% tsemendi lisand tõstab hüdraulilisel kukermiidil valmistatud mördi 7 päevase tugevuse kahekordseks. Portlandtsemendi lisand (20—30%) tõstab samuti hüdraulilise kukermiidi õhupüsivust. Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud tooted kivinemisel +20° temperatuuri juures muutuvad veepüsivaiks alles pärast 7 kuni 14 päevast kivinemist ja nõuavad selle aja jooksul eriti ettevaatlikku hooldamist [32; 25].

Hüdraulilise kukermiidi veepüsivust parandab tolmtuha jahvatamisele eelnev kustutamine veega, mis üheaegselt tõstab ka aktiivsust ja külmakindlust.

Hüdraulilise kukermiidi veepüsivust suurendab ja kivinemist kiirendab 2—3% klooralkaltsiumi lisand.

Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud mörtide ja betoonide töödeldavus on halvem kui tsementmörtidel ja -betoonidel.

Tolmtuha eelneval kustutamisel ja küllalt kõrge jahvatuspeensuse korral peab hüdraulilisel kukermiidil valmistatud mört vastu 15 külmutustsüklile. Nafteenhappe-seebi lisand 0,01—0,02% suuruses koguses sideaine kaalust tõstab hüdraulilisel kukermiidil valmistatud mördi külmakindlust (isegi tuha eelkustutamisetä) 25 tsüklini.

Keskkonna temperatuuri alanemisel aeglustub hüdraulilise kukermiidi kivinemine palju enam kui portland-

tsemendil. Seepärast on hüdraulilise kukermiidi kasutamine normaalsest madalamate temperatuuride juures mitteefektiivne. Seevastu aga hüdraulilise kukermiidi sideaine omadusi kasutatakse kõige paremini tema kivinemise kiirendamisel hüdrotermilise töötlemisega aurutuskambrites või, veelgi parem, autoklaavides. Aurutuskambrites 75—80° juures aurutamise kestuse optimum asub 40 ja 50 tunni vahel.

Peale kivinemise kiirendamise tõstab hüdrotermiline töötlemine hüdraulilisel kukermiidil valmistatud toodete külmakindlust, õhupüsivust ja teeb nad täielikult vee-püsivateks. Hüdrotermiline töötlemine, eriti autoklaavimine, parandab ka hüdraulilisel kukermiidil valmistatud toodete mitteküllaldast püsivust vahelduval niiskumisel ja kuivamisel.

Märg töötlemine kollerveskis tõstab H. Remma andmetel [33] tunduvalt põlevkivi tolmtuha sideainelisi omadusi, kusjuures töötlemise kestuse suurenemisel viiest viieteistkümne minutini kasvab katsekehade survetugevus kahekordseks.

## 2. PEATÜKK

### KOREBEToon SEINAMATERJALINA

Käesoleva peatüki ülesandeks on vabariigi tingimustes kõige otstarbekohasemate korebetooni komponentide ning nende parimate kasutamiskiiside väljaselgitamine. Vastavalt sellele, vaadeldes korebetooni füüsikalisi-mehaanilisi omadusi, püütakse kasutada peamiselt kohalike materjalide baasil valmistatud korebetooni uurimise andmeid. Seejuures järeliduste tegemisel ja mõningate kohapeal uurimata küsimuste käsitlemisel kasutatakse ka kirjanduse andmeid.

#### I. MITMESUGUSTE TEGURITE MÕJU KOREBETOOINI TUGEVUSELE

Korebetooni tugevus, nagu teistegi betooniliikide tugevus, ei olene ainult sideaine hulgast ja selle kvaliteedist, vaid veel tervest reast teguritest. Seejuures mõnedki nendest teguritest mõjuvad korebetoonile hoopis teisiti kui tavalisele betoonile.

Küsimuse vaatlemisel on otstarbekohane jaotada korebetooni tugevust mõjutavad tegurid nelja alljärgnevasse rühma:

1. rühm — korebetooni koostismaterjalide mõju;
2. rühm — tehnoloogiliste tegurite mõju;
3. rühm — väliskeskkonna mõju ja
4. rühm — aja mõju.

Esimesse rühma kuuluvad sellised tegurid, nagu betooni täitematerjali liik ja omadused, sideaine hulk ja omadused, vesitsementtegur, mitmesugused lisandid.

Teine rühm hõlmab korebetooni valmistamise tehnoloogiat, s. o. tema tihendamise viise, hüdrotermilise töötlemise režiimi jms.

Kolmanda rühma moodustavad sellised väliskeskkonna tingimused, nagu temperatuur, niiskus, agressiivsus. Aeg avaldab mõju põhiliselt koos teise ja kolmanda rühma teguritega.

Allpool vaadeldakse loetletud tegurite mõju korebetooni tugevusele. Seejuures üksikasjalikumalt vaadeldakse küsimusi, mis on iseloomulikud antud betooniliigile.

## 1. Täitematerjali mõju korebetooni tugevusele

Täitematerjali omadusteks, mis mõjuvad korebetooni tugevusele, on täitematerjali kivimi tugevus, tema terade kuju, terade pinna iseloom, nende poorsus ja veimavus. Peale selle on tähtsateks teguriteks täitematerjali terastikuline koostis ja sellega seoses olevad täitematerjali (killustiku või kruusa) mahukaal, poorsus ja pooride suurus.

### a) Täitematerjali kivimi mahukaal ja tugevus, täitematerjali terade kuju

Täitematerjali kivimi mahukaal ise ei mõju korebetooni tugevusomadustele, kuid iseloomustab materjali tihedust ja teatud määral ka tugevust.

Katseliselt on kindlaks tehtud, et Eesti NSV-s võimalike täitematerjalide puhul (välja arvatud keramsiitkruus) korebetooni tugevus piirides ligikaudu kuni  $35 \text{ kg/sm}^2$  ei sõltu täitematerjali kivimi mahukaalust. Sama tugevusega korebetooni saamiseks võib kasutada praktiliselt võrdse tsemendikulu juures kas paekillustikku kivimi mahukaaluga  $2550\text{—}2700 \text{ kg/m}^3$  või telliskillustikku tellise mahukaaluga  $1600\text{—}1950 \text{ kg/m}^3$ . Seejuures on korebetooni mahukaal telliskillustiku kasutamisel  $15\text{—}20\%$  võrra väiksem kui paekillustiku kasutamisel.

Kui piiratud tugevusega korebetooni korral tema tugevus muude võrdsete tingimuste juures ei sõltu täitematerjali kivimi mahukaalust või (mis on sama) selle tugevusest ja seejuures betooni purunemine toimub tsementkivi mööda, siis tugevama korebetooni juures toimub purunemine teatud määral ka mööda täitematerjali nõrgemaid teri. Nõrgemateks osutuvad terad, mis on kas ebasoodsa kujuga või milliste materjal on suhteliselt väikese tugevusega.

Katsed näitavad, et korebetooni survetugevus alaneb plaatja kujuga terade kõrge sisalduse puhul paekillustikus. Suhteliselt küllalt kõrgete korebetooni tugevuste juures selline langus võib ulatuda kuni 30 protsendini. Tugevuse alanemise põhjusi on kaks. Ühelt poolt on tähele pandud, et plaatjaskujuliste teradega täitematerjal ühe ja sama betooni tihendusviisi juures annab poorsemat (väiksema mahukaaluga) ja seega ka nõrgemat korebetooni. Teiselt poolt korebetoonist katsekehade survetugevuse määramisel ilmnes, et plaatjaskujuliste teradega täitematerjali puhul purunemine kulgeb juba märksa väiksema tsemendikulu juures osaliselt mööda täitematerjali, s. o. mööda selle plaatjaid teri.

Plaatja kujuga terade kõrge sisaldus paekillustikus nõuab suuremat sideaine kulu, eriti aga kõrgemargilise korebetooni saamiseks. Viimane asjaolu ei õigusta siiski plaatja ja nõelja kujuga terade hulga normeerimist korebetooni täitematerjalis. Ainsaks kriteeriumiks peab siin olema sellise täitematerjali kasutamise tehnilis-majanduslik otstarbekus konkreetsetes tingimustes.

Korebetoonis ei saa kasutada täitematerjali, mis aja jooksul laguneb peenemateks tükkideks. See nõue käib põhiliselt rübude kohta ja pakub meie vabariigi tingimustes huvi, sest põlevkivi restkoldetuha kasutamine korebetooni täitematerjalina pole mõeldav just tema lagunemise tõttu aja jooksul.

Kehtivate riiklike standardite nõuded tavalise betooni täitematerjalide tugevuse suhtes ei ole täiel määral rakendatavad korebetooni täitematerjali kohta. Neist on kohane ainult nõue, et täitematerjal peab võimaldama betooni saamist, mille survetugevus on 20% kõrgem nõutavast margist.

## b) Täitematerjali terade pinna iseloom, poorsus ja veeimavus

Surumisel purustatud katsekehade süstemaatilised vaatlused lubavad järeldada, et katkemine täitematerjali üksikute terade vahel enamikul juhtudel kulgeb mööda täitematerjali pinda. See tähendab, et korebetooni purunemisel tsementkivi nagu tuleks lahti täitematerjali teradest. Seejuures purunemispinnakeste äärtes rebeneb ka tsementkivi. Tähendab, korebetooni tugevus oleneb tsementkivi

ja täitematerjali vahelise nakke tugevusest. Viimane peaks olema tugevam karedama pinnaga täitematerjali terade puhul. See lubab eeldada, et teistel võrdsetel tingimustel on karedamal täitematerjalil valmistatud korebetooni tugevus suurem. Kuid karedama täitematerjali puhul on tsementkivist kile terade pinnal õhem, mistõttu purunemispind mööda tsementkivi on väiksem. Viimane asjaolu võib täiesti tasa teha korebetooni tugevuse kasvu, mida tingis parem nake tsementkivi ja täitematerjali vahel. Niisiis teoreetiliselt kareda täitematerjaliga valmistatud korebetoon võib olla kas tugevam või nõrgem siledade teradega täitematerjalil valmistatud betoonist.

Tabelis 6 esitatakse raudkivikillustikul ja telliskillustikul valmistatud korebetoonist katsekehade survetugevusi. Need kaks täitematerjali on terade kuju ja terastikulise koostise poolest sarnased. Terade pinna iseloom on nendel aga erinev: raudkivikillustikul on ta jämedalt krobe, telliskillustikul aga suhteliselt siledam.

Tabel 6

**Korebetooni tugevus erineva pinnaga täitematerjalide puhul**

Täitematerjali liik	Betooni koostis (kaalu-line)	Tsemendikulu kg/m <sup>3</sup>	Survetugevus kg/sm <sup>2</sup>	
			7 päeva vanuses	28 päeva vanuses
Raudkivikillustik	1 : 13	115	23,4	36,2
Telliskillustik (veega immutatud)	1 : 8,4	120	28,4	39,4
Telliskillustik (kuiv)	1 : 8,4	120	19,5	35,0

Tabelist on näha, et võrdse tsemendikulu juures isegi väiksema tugevusega telliskillustik, tänu soodsamale terade pinna iseloomule, võimaldab saada suurema tugevusega korebetooni. Antud näite juures on otsustavaks mitte ainult terade pinna karedus, vaid ka täitematerjali poorsus ja sellega seosesolev veimavus. Esitatud katsetulemused näitavad, kui võrd tähtis on arvesse võtta täitematerjali poorsust korebetooni valmistamise tehnoloogia kindlaksmääramisel. Telliskillustiku või teiste poorsete

täitematerjalide eelnev veega immutamine tõstab korebetooni tugevust ja seepärast tuleb seda lugeda otstarbekohaseks tehnoloogiliseks võtteks. Tihedate täitematerjalide eelnev immutamine aga märgatavat efekti ei anna. Näiteks paekillustiku puhul korebetooni tugevuse tõus ei ületa 4%.

### c) Täitematerjali terastikuline koostis

Täitematerjali terastikuline koostis on korebetooni tähtsamaid iseloomustusi, sest ta mõjub korebetooni tugevusomadustele, mahukaalule, poorsusele, pooride suurusele ja soojustehnilistele omadustele. Selles peatükis vaadeldakse täitematerjali terastikulise koostise mõju peamiselt korebetooni survetugevusele.

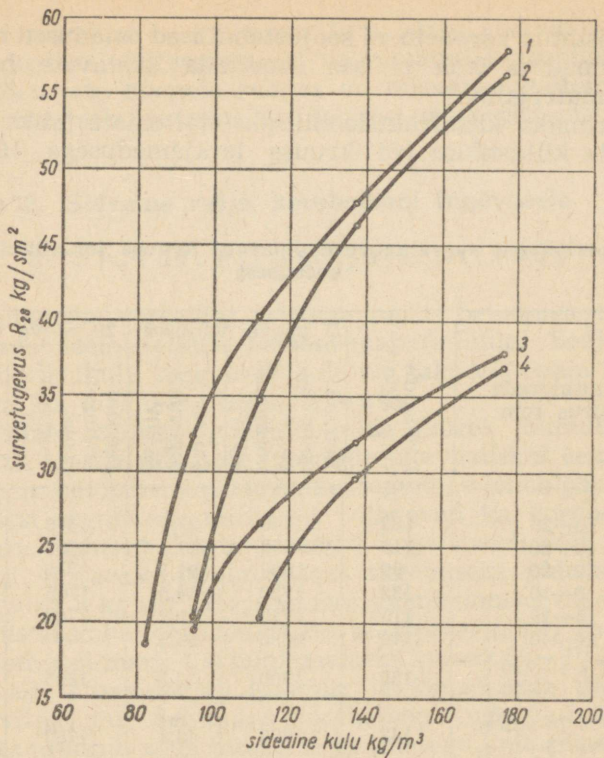
Kirjanduse andmed täitematerjali terastikulise koostise mõju kohta korebetooni tugevusele on napid ja seejuures teatud määral omavahel vasturääkivad. Antud küsimusse töid selgust Tallinna Polütehnilises Instituudis läbiviidud katsed. Katsetel võrreldi nii ühtlase terasusega täitematerjalidel — 5 kuni 10, 10 kuni 20 ja 20 kuni 40 mm — kui ka laiemate fraktsioonidega täitematerjalidel valmistatud korebetooni survetugevusi.

Näitena on joonisel 1 esitatud kahe seeria katsekehade proovimise tulemused, kus korebetoon on valmistatud paekillustikul teradega 5 kuni 10 ja 10 kuni 20 mm.

Joonisest on näha, et muude võrdsete tingimuste puhul korebetoon paekillustikul terajämedusega 10—20 mm on tugevam kui killustikul terasusega 5 kuni 10 mm; seejuures tugevuste vahe väheneb tunduvalt sideaine kulu suurenemisel.

Sama paekillustiku suuruselt järgneval fraktsioonil (20 kuni 40 mm) valmistatud korebetooni survetugevus võrdse tsemendikulu puhul on veelgi kõrgem kui 10 kuni 20 mm terasuurusega täitematerjalil valmistatud korebetoonil.

Kruusal valmistatud korebetooni survetugevuse sõltuvus täitematerjali terastikulisest koostisest on ligikaudu samasugune kui paekillustikul valmistatud betoonil. Seda illustreerivad ilmekalt tabelis 7 esitatud erinevate fraktsioonidega Kiisa karjääri kruusal valmistatud korebetooni katseandmed. Portlandtsemendi aktiivsus antud juhul oli  $385 \text{ kg/sm}^2$ .



Joon. 1. Korebetooni survetugevuse sõltuvus täitematerjali jämedusest, sideaine kulust ja aktiivsusest (betooni paigaldamisel vormidesse tihendamiseta).

- |     |           |             |         |        |
|-----|-----------|-------------|---------|--------|
| 1 — | killustik | ∅ 10—20 mm, | tsement | «514», |
| 2 — | „         | ∅ 5—10 mm,  | „       | «514», |
| 3 — | „         | ∅ 10—20 mm, | „       | «385», |
| 4 — | „         | ∅ 5—10 mm,  | „       | «385». |

Tabelist nähtub, et ühefraktsioonilisel kruusal (piirides 5 kuni 40 mm) valmistatud korebetooni tugevus, samuti nagu paekillustik-täitematerjali puhulgi, on suurim täitematerjali terasusel 20—40 mm, aga mitte terasusel 10 kuni 20 mm, nagu seda esitatakse kirjanduses. Seejuures täitematerjalil jämedusega 20—40 mm valmistatud korebetoon on suurema mahukaaluga, s. o. suurema tihedusega. Viimasel põhjusel, samuti ka liiga suurte omavahel ühendatud pooride tõttu, on nimetatud terasuurusega täitematerjalil

valmistatud korebetooni soojustehnilised omadused märksa halvemad ja teda ei saa soovitada köetavate hoonete seinamaterjalina.

Parimaks kitsafraktsiooniliseks täitematerjaliks tuleb lugeda killustikku või kruusa terajämedusega 10 kuni

Tabel 7

**Korebetooni survetugevuse olenevus kruusa terastikulisest koostisest**

Kruusaterade suurus mm	Tsemendikulu kg/m <sup>3</sup>	7 päeva vanuses		28 päeva vanuses	
		Betooni mahukaal peale vormimist kg/m <sup>3</sup>	Survetugevus kg/cm <sup>2</sup>	Betooni mahukaal peale vormimist kg/m <sup>3</sup>	Survetugevus kg/cm <sup>2</sup>
10—20	133	1640	27,1	1670	43,8
10—20	115	1680	24,3	1680	39,5
10—20	99	1660	21,3	1640	36,0
5—10	133	1730	24,5	1705	42,0
5—10	115	1710	18,2	1700	36,1
20—40	144	1830	36,3	—	—
80% 10—20 } 20% 5—10 }	135	1700	33,3	1695	50,0
60% 10—20 } 40% 5—10 }	142	1790	40,3	1780	61,1

20 mm. Niisugusel täitematerjalil valmistatud korebetooni mahukaal ei ületa isegi kõige efektiivsemate tihendusmeetodite ja suure tsemendikulu korral 1700 kg/m<sup>3</sup>. Terajämedusega 5—20 mm täitematerjalil valmistatud korebetooni mahukaal on 5—6% võrra suurem, seejuures on suurem ka betooni tugevus. Seetõttu juhtudel, kui heade soojustehniliste omaduste kõrval oluline tähtsus on ka tugevusel, osutub kõige otstarbekamaks 5—20 mm-lise terajämedusega täitematerjalil valmistatud korebetoon.

Laiakraaktsiooniliste (terajämedusega 5 kuni 50 mm) täitematerjalide kasutamine kutsub esile korebetooni mahukaalu märgatava suurenemise (kuni 2000 kg/m<sup>3</sup>) ja soojustehniliste omaduste halvenemise. Seetõttu ei ole niisugusel täitematerjalil valmistatud korebetoon köetavate hoonete seinamaterjalina vastuvõetav. Kuna aga laiakraaktsioonilise täitematerjali kasutamine ühtlasi tõstab kore-

betooni tugevust — ligikaudu 30% võrra võrreldes ühefraktsioonilisel täitematerjalil valmistatud betooniga, siis mittekõetavate hoonete seintes on niisugusel täitematerjalil valmistatud betooni kasutamine nähtavasti otstarbekohane.

## 2. Sideaine mõju korebetooni tugevusele

### a) Sideaine kulu ja aktiivsus

Korebetoon võrreldes tavalise raske betooniga nõuab väiksemat tsemendikulu betooni mahuühikule. Seejuures tsemendi erikulu tugevusühikule on kaks või enam korda suurem kui tavalises tihedas betoonis.

Sideaine minimaalne kulu, mille juures toimub veel üksikute terade sidumine (vormide ettevaatlikul eemaldamisel korebetoonist katsekehad ei lagune), oleneb põhiliselt samadest teguritest, millistest olenevad ka korebetooni tugevusomadused. Nagu näitavad kogemused, võib korebetooni vastavaks minimaalseks tugevuseks pidada survetugevust  $3 \text{ kg/sm}^2$ . Korebetooni valmistamisel ühefraktsioonilistel kohalikel looduslikel täitematerjalidel on portlandtsemendi mark 400 minimaalseks kuluks  $65\text{--}70 \text{ kg/m}^3$ , olenevalt täitematerjali kivimist ja jämedusest, tihendamise viisist jne. Seejuures korebetooni tugevus näidatud piirides muutub väga järsku isegi tsemendikulu minimaalsel muutmisel.

Eesti NSV tingimustes praktilist huvi pakuvad sideainete kulunormid, mis võimaldavad saavutada konstruktiivse korebetooni marke 15, 25, 35 ja mitmekorruseliste suurplokkhoonete jaoks ka marke 50 ja 75.

Peab märkima, et soovitusel korebetooni koostise projekteerimiseks, mis antakse kirjanduses [5; 24], üldse ei arvesta selliste tähtsate tegurite mõju korebetooni tugevusomadustele, nagu täitematerjali terastikuline koostis ja betooni tihendamise meetodid. Seejuures nende soovitude autorite poolt trükitud avaldatud hilisemate katsete tulemused lähevad tunduvalt lahku nende esialgsetest soovitustest. Katsetulemused näitavad, et mingil kindlal täitematerjalil valmistatud ja kindla viisiga tihendatud korebetooni tugevuse uurimise tulemusi ei saa laiendada isegi samast kivimist, kuid erineva terastikulise koostisega täitematerjalil valmistatud korebetoonile.

Korebetooni survetugevuse sõltuvus sideaine kulust ei ole lineaarne. See on selgesti näha joonisel 1, samuti ka teistel järgnevatel joonistel (vt. joon. 5). Neist nähtub, et mistahes ühefraktsioonilisel täitematerjalil valmistatud korebetooni tugevus kasvab eriti intensiivselt väikesel tsemendikulul, edasi aga tugevuse juurdekasv aeglustub. Selline kõverate iseloom säilib erinevate korebetooni tihendamisviiside juures. Sellest järeldub, et väikese tsemendikulu puhul tuleb osutada erilist tähelepanu doseerimise täpsusele.

Kirjanduses võib tähele panna tendentsi põhjendamatult soovitada korebetoonis kasutamiseks madalamargilisi kohalikke sideaineid. Katsed aga näitavad, et suurema aktiivsusega tsemendi kasutamine on korebetoonis kasulik, sest võrdse tsemendikulu juures tsemendi aktiivsuse suhe betooni survetugevusse on aktiivsema tsemendi juures väiksem. Näiteks tsemendikulu juures  $110 \text{ kg/m}^3$  on nimetatud suhe tsemendi mark 500 korral 10,0; tsemendi mark 400 korral 11,4.

Huvitav on märkida, et mõningate katsete juures on tähele pandud, et korebetooni survetugevus sõltub tsemendi tõmbetugevusest. Seda võib näha alljärgnevast tabelist 8, kus on esitatud katseandmed kahel erineval, kuid aktiivsusest lähedastel tsementidel ja 10 kuni 20 mm terasusega kruusal valmistatud korebetooni kohta.

Tabel 8

**Korebetooni survetugevus kahel erineval tsemendil**

Tsemendikulu $\text{kg/m}^3$	Tsementide nr-d	Tsementide iseloomustus		Korebetooni survetugevus $\text{kg/sm}^2$
		Mördist katsekehade tugevused 28 päeva vanuses $\text{kg/sm}^2$		
		tõmbel	survel	
81	1	23,8	385	30,0
99	1	23,8	385	36,0
81	2	27,9	391	35,3

Tähele pandud sõltuvus nõuab veel eksperimentaalset kontrollimist.

## b) Sideaine liik

Vaatleme hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni tugevusomadusi, kõrvutades neid portlandtsemendil valmistatud korebetooni tugevusega.

Esimesi kogemusi põlevkivituhk-sideainete kasutamise kohta korebetoonis omandati 1951. aastal Tallinna Polütehnilises Instituudis. Katseandmed on esitatud tabelis 9.

Tabel 9

Vääristatud hüdraulilisel kukermiidil ja portlandtsemendil valmistatud korebetooni omaduste võrdlus

Sideaine liik	Sideaine aktiivsus kg/sm <sup>2</sup>	Sideaine kulu kg/m <sup>3</sup>	Vesideaine-tegur	Betooni mahu-kaal kg/m <sup>3</sup>	Korebetooni survetugevus kg/sm <sup>2</sup> vanuses	
					7 päeva	28 päeva
Vääristatud hüdrauliline kukermiit	285	135	0,6	1680	5,6	16,6
Portlandtsement	385	133	0,5	1640	27,1	43,8

Katsetulemused näitavad, et vääristatud hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetoon sideaine kulu juures 135 kg/m<sup>3</sup> omab 28 päeva vanuses tugevust, mis on küllaldane ühekordsete hoonete seinte valamiseks. Suurema sideaine-kuluga võib muidugi saada ka suurema tugevusega betooni. Seejuures, nagu nähtub tabeli andmetest, küllaltki kõrge aktiivsusega vääristatud hüdraulilist kukermiiti kasutatakse korebetoonis portlandtsemendiga võrreldes tunduvalt vähema eduga. Suurem vesideaine-tegur portlandtsemendiga võrreldes osutab vääristatud hüdraulilise kukermiidi suuremale veetarvidusele. Katse juures tähele pandud kukermiitaigna suur sitkus halvendas betooni paigaldatavust. Põhiliseks puuduseks, mis esineb vääristatud hüdraulilise kukermiidi puhul, on kahtlemata tugevuse aeglane kasv, mida tõendab betooni madal 7-päevane tugevus. Tuleb lisada, et katsekuupe kasteti iga päev.

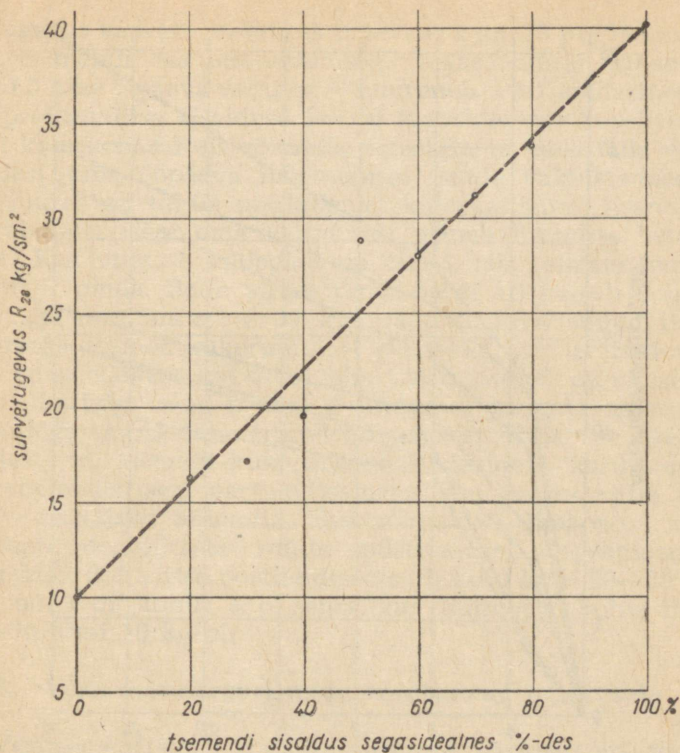
veega ning osa neist purunes vormidest vabastamisel 6-ndal kivinemispäeval. Seda põhjustas kasutatud kukermiidi mitteküllaldane veepüsivus kivinemise algperioodil. Sideaine oli seejuures niivõrd vähe kivilinenud, et teda võis nagu savi sõrmede vahel muljuda.

Seega on hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetoon kivinemise esimesel nädalal ja hiljemgi tugevuse aeglase kasvamise kõrval väga tundlik ja nõuab niisugust hooldamist, mille kindlustamine ehituse tingimustes on raskendatud. Seinte püstitamise protsessi vastuvõetavat organiseerimist korebetooni pikaajalise raketistes hoidmise vajaduse tõttu võib saavutada ainult väga suure tööriinde puhul. Isegi sel juhul rahakulu raketisele vaevalt osutub õigustatuks.

Palju paremaid tulemusi annab tsement-kukermiit-segasideainete kasutamine korebetoonis. Seda näitavad joonisel 2 esitatud katsete tulemused, kus sideaineteks kasutati portlandtsementi aktiivsusega  $405 \text{ kg/sm}^2$  ja hüdraulilist kukermiiti aktiivsusega  $210 \text{ kg/sm}^2$ .

Joonisest selgub, et korebetooni tugevuse ja portlandtsemendi-sisalduse vahel segasideaines on lineaarne vahekord. See asjaolu lubab kergesti arvutada korebetooni tugevust kõikide võimalike portlandtsemendi ja hüdraulilise kukermiidi vahekordade puhul, kui ainult teada on korebetooni survetugevused portlandtsemendil ja hüdraulilisel kukermiidil sama sideaine kulu juures.

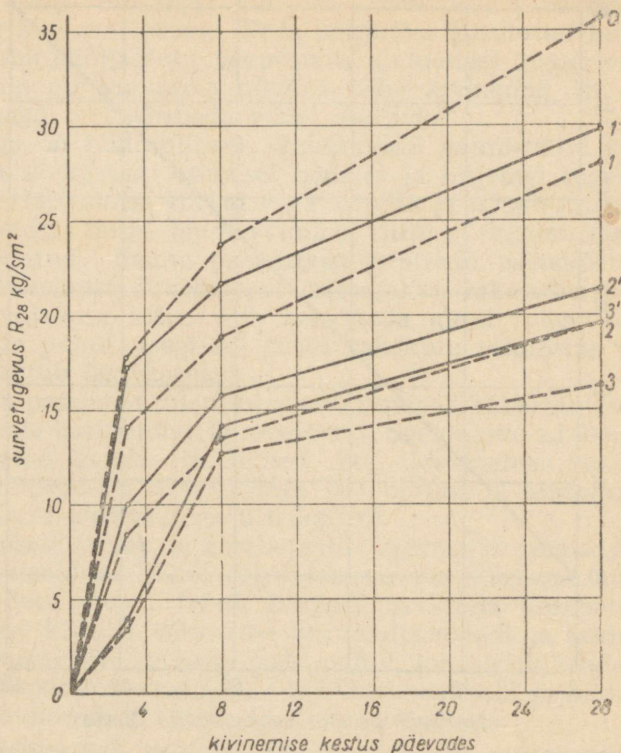
Segasideainel valmistatud korebetooni survetugevuse kasv, nagu näha joonisel 3 esitatud katseandmetest, toimub küllaltki intensiivselt kivinemise esimestel päevadel, kui segasideaine sisaldab üle 30% tsementi. Väiksema tsemendisalduse puhul tugevuse kõvera nõigus kuju säilib piirkonnas kuni 8 päeva. Survetugevust  $15 \text{ kg/sm}^2$  28 päeva vanuses võib saavutada portlandtsemendi kulu juures kõigest  $23 \text{ kg/m}^3$ , aga tugevust  $25 \text{ kg/sm}^2$  — tsemendikulu juures —  $60 \text{ kg/m}^3$ . Seega tsement-kukermiit-segasideainete kasutamine korebetoonis on otstarbekohane portlandtsemendi kokkuhoiu eesmärgil. Katsetulemused lubavad eeldada, et küllalt kõrge õhutemperatuuri juures (üle  $+15^\circ\text{C}$ ) on tootmistingimustes võimalik segasideainetel valmistatud monoliitset korebetoonist seinakonstruktsioone raketisest vabastada vastuvõetavatel tähtaegadel, s. o. olenevalt portlandtsemendi sisaldusest teiselt või kolmandal päeval pärast betooni paigaldamist.



Joon. 2. Korebetooni survetugevuse sõltuvus tsemendi ja hüdraulilise kukermiidi vahekorra-st. Täitematerjal — paekillustik  $\varnothing$  10—20 mm. Sideaine — portlandtsement + hüdrauliline kukermiit. Sideaine kulu — 113 kg/m<sup>3</sup>.

Siiski peab nimetama, et tsement-kukermiitkivi kõvadus (vähese tsemendisalduse korral) ja selle sidumine täitematerjali teradega varem nimetatud vanuses kutsuvad esile kahtlust, sest teda võib liiga kergesti maha kraapida. Seepärast on siin otstarbekohane kasutada betooni kivinemist kiirendavaid lisandeid.

Uurimine on näidanud, et kõige efektiivsemaks osutub klooralksiumi lisand vääristatud hüdraulilise kukermiidi kasutamisel. Lisandi optimaalseks suuruseks on 3% sideaine kaalust. Seejuures korebetooni survetugevus tõuseb ligi 40%. Klooralksiumi kokkuhoidmise eesmärgil võib



Joon. 3. Kloorkaltsiumi lisandi mõju segasideainel valmistatud korebetooni survetugevusele. Täitematerjal — paekillustik  $\varnothing$  10—20 mm. Sideaine kulu 113 kg/m<sup>3</sup>.

Sideaine: 0 — 20% — hüdraulilist kukermiiti + 80% tsementi  
 1,1' — 40% — „ „ + 60% „  
 2,2' — 60% — „ „ + 40% „  
 3,3' — 80% — „ „ + 20% „

Segud 0; 1; 2 ja 3 on valmistatud CaCl<sub>2</sub> lisandita, segud 1'; 2' ja 3' on valmistatud 5% CaCl<sub>2</sub> lahusel.

piirduda 2% lisandiga, mis tõstab betooni tugevust 34% võrra. 7 päeva vanuses selline kloorkaltsiumi lisand tõstis betooni tugevust isegi 79% võrra (5,6 kg/sm<sup>2</sup> asemel 10,0 kg/sm<sup>2</sup>).

Kloorkaltsiumi mõju tsement-kukermiit-segasideainel valmistatud korebetooni tugevusele selgitab joonis 3. Jooniselt on näha, et kloorkaltsiumi mõjul korebetooni sur-

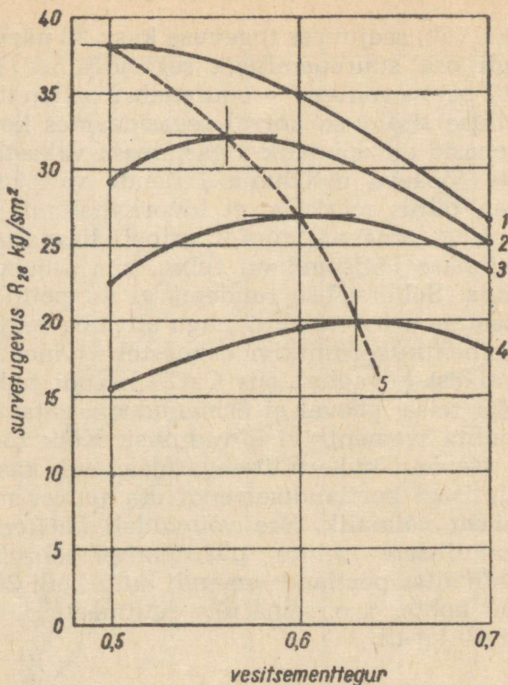
vetugevus kasvab, seejuures tugevuse kasv 28 päeva vanuses tsemendi osa suurenemisega segasideaines väheneb, kuid 3 ning 7 päeva vanuses — suureneb. Portlandtsemendi 20-protsendilise sisalduse korral segasideaines korebetoonist katsekehasid oli võimalik vigastamata vabastada vormidest juba ööpäeva möödumisel nende valmistamisest. Seejuures on tähtis märkida, et kloorkaltsiumi lisandiga korebetoon isegi oma välimuselt erineb lisandita betoonist. Kui viimase välispind on tuhm, siis esimene omab läikivat pinda. Selle välise tundemärgi all peitub hoopis tähtsam sisemine erinevus: kui, nagu oli juba öeldud, ilma lisandita tsementkukermiitkivi esimestel kivinemispäevadel omas väikest kõvadust, siis  $\text{CaCl}_2$  lisandi puhul selle kõvadus juba teisel päeval ei erinenud märgatavalt sama vanusega puhta tsementkivi kõvadusest. Kõik see räägib sellest, et tsement-kukermiit-segasideainete kasutamine korebetoonis isegi portlandtsemendi osa juures mitte üle 20%, on täiesti võimalik. See võimaldab ühekorruseliste hoonete monoliitsete seinte püstitamisel korebetoonist alandada defitsiitse portlandtsemendi kulu kuni 20—25 kg betooni 1 m<sup>3</sup> kohta, s. o. seinä ühe ruutmeetri kohta ligikaudu kuni 10 kg-ni.

### 3. Vesitsementtegiuri mõju korebetooni tugevusele

Vesitsementtegiuri suurus mõjutab korebetooni tugevust. Nii liiga väikeste kui ka liiga suurte seguvee hulka de korral korebetooni tugevus on väiksem kui optimaalse seguvee-sisalduse korral.

Korebetooni survetugevuse sõltuvus vesitsementtegiurist erisuguse tsemendikulu juures on kujutatud joonisel 4. Tsemendi aktiivsus katsel oli 385 kg/sm<sup>2</sup>, täitematerjaliks oli paekillustik terasuurusega 10—20 mm. Vormidesse paigaldamisel korebetooni ei tihendatud.

Joonisest on näha, et määrates mingi kindla koosseisuga korebetooni tugevust kolme erineva vesitsementtegiuri juures, mis erinevad üksteisest 0,1 võrra, on võimalik analoogilise graafiku abil leida optimaalne vesitsementtegiur täpsusega  $\pm 0,01$  ja täpsustada antud koostisega korebetooni survetugevust. Tsemendikulu suurenedes optimaalse vesitsementtegiuri suurus väheneb. Seejuures, nagu näitab punktiiriga tõmmatud optimaalsete vesitsementtegiurite kõver, maksimaalsete survetugevuste ja opti-



Joon. 4. Korebetooni survetugevuse sõltuvus vesitsementtegurist ja tsemendikulust.

- 1 — tsemendikulu 176 kg/m<sup>3</sup>,
- 2 — „ 137 „
- 3 — „ 112 „
- 4 — „ 95 „
- 5 — optimaalse vesitsementteguri kõver.

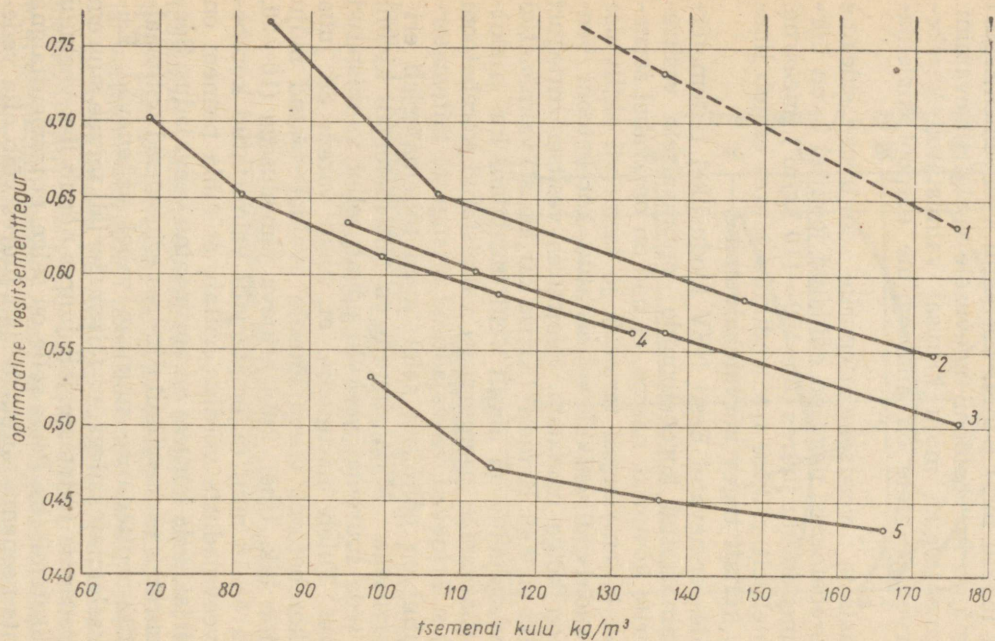
maalsete vesitsementtegurite vahel puudub lineaarne seos. Lineaarset seost pole ka korebetooni survetugevuse ja vesitsementteguri pöördsuuruse vahel, millist seost soovitab kasutada juhend «И-201-51» [5] optimaalse vesitsementteguri esialgseks valikuks. Joonis 4 näitab samuti, et tugevamini mõjub vesitsementteguri muutus korebetooni tugevusele suurema tsemendikulu juures. Näiteks optimaalsest vesitsementtegurist kõrvalekaldumine 0,1 võrra tsemendikulu juures 176 kg/m<sup>3</sup> põhjustab tugevuse languse 3,4 kg/sm<sup>2</sup>, aga tsemendikulu juures 95 kg/m<sup>3</sup> — tugevuse languse 2,6 kg/sm<sup>2</sup>. Kuid suhteline survetuge-

vuse langus, mis esimesel juhul moodustab 8% ja teisel — 13%, nõuab ühesugust tähelepanelikku lähenemist optimaalse vesitsementteguri õigele määramisele mistahes tsemendikulu juures. See on eriti oluline peenema täitematerjali (5—10 mm) puhul, mispuhul vesitsementteguri muutus mõjub korebetooni tugevusele veelgi tugevamini.

Vesitsementteguri mõju kruusal valmistatud korebetooni survetugevusele on analoogiline eespool kirjeldatule.

Optimaalsete vesitsementtegurite sõltuvus sideaine kulust korebetoonis, nagu on näidatud joonisel 5, on kõrgema tsemendikulu juures (üle 100—110 kg/m<sup>3</sup>) lineaarne. Kuid suhteliselt väikese tsemendikulu juures esineb lineaarsusest küllalt tugev kõrvalekaldumine.

Võrreldes erinevatel Eesti NSV looduslikel täitematerjalidel valmistatud korebetoonide optimaalsete vesitsementtegurite kõveraid, näeme, et nad on omavahel sarnased. Sama täitematerjali terasuse ja tsemendi aktiivsuse juures raudkivikillustikul valmistatud korebetooni veevajadus on kõige madalam. Seejuures vesitsementteguri alampiiriks on 0,40. Kruusal (Kriisa karjäärist) valmistatud betooni veevajadus on ainult veidi madalam kui paekillustikul (Lasnamäe paemurrust) valmistatud korebetooni veevajadus. Erinevad veevajadused erisuguste täitematerjalide puhul on põhiliselt seletatavad täitematerjali erineva poorsusega. Mida suurem on täitematerjali kivimi poorsus, seda suuremat veekulu nõuab sellel valmistatud korebetoon. Tuleb meenutada, et, nagu varem oli juba öeldud, korebetooni veevajadusele avaldab teatud mõju ka sideaine liik. Ühel, kuid erineva jämedusega (10—20, 10—15 ja 5—10 mm) täitematerjalil valmistatud korebetoonide veevajaduste võrdlus näitab, et mida peenem on täitematerjal, seda kõrgem on optimaalne veevajadus. Seejuures suurema tsemendikulu juures erinevused optimaalsete vesitsementtegurite suuruste vahel vähenevad. Esimene on seletatav sellega, et täitematerjali terade suurem eripind peenema täitematerjali juures nõuab lisa-veekulu terade niisutamiseks. Peale selle on selge, et tsementaigna konsistents peenema täitematerjali juures võib olla vedelam, sest täitematerjali terade suurema eripinna tõttu tsementaigna kile täitematerjali teradel on õhem ja selle mahavoolamine algab suhteliselt vedelama konsistentsi juures. Teine tuleb aga sellest, et tsemendikulu suurene-



Joon. 5. Kõrbebetooni optimaalse vesitsementteguri sõltuvus tsemendikulust. Betooni täitematerjalid: 1 — paekillustik  $\varnothing$  5—10 mm, 2 — paekillustik  $\varnothing$  10—15 mm, 3 — paekillustik  $\varnothing$  10—20 mm, 4 — kruus  $\varnothing$  10—20 mm, 5 — raudkivikillustik  $\varnothing$  10—20 mm.

misega seguvee osa, mis läheb terade niisutamiseks, suhteliselt väheneb ja seega mõjub vähem optimaalsele vesitsemmentegurile.

#### 4. Korebetooni tihendamine

Peamiseks kriteeriumiks kõige efektiivsema tihendamismeetodi valikul on betooni maksimaalse tugevuse saavutamine. Seejuures ei saa aga tähele panemata jätta betooni paigaldamise tingimusi, olemasolevaid konkreetseid võimalusi ning betooni mahukaalu. Korebetoonisegu paigaldamisel võib piirduda ainult betooni tasandamisega, või siis kasutada kas sorkimist, tampimist või lühiajalist vibreerimist.

Segu paigaldamisel tihendamiseta (s. o. piirdudes ainult tasandamisega) võib 10—20 mm-se terajämedusega pae-killustiku kasutamisel saada korebetooni mahukaaluks vähem kui  $1500 \text{ kg/m}^3$ , kuid seejuures on betooni tugevus, vaatamata suurele tsemendikulule (kuni 140 kg tsementi mark 400), väike — 15 kuni  $25 \text{ kg/sm}^2$ .

Enne kui võrrelda korebetooni tihendamise viise, nagu sorkimine, tampimine ja vibreerimine, nende mõju seisukohalt korebetooni survetugevusele, peab iseloomustama meetodikat, mida kasutati laboratoorsete katsete teostamisel Tallinna Polütehnilises Instituudis ja mida võib soovitada kõigile kasutamiseks.

Laboratooriumis korebetooni tihendamisel vormides kasutati järgmisi vahendeid: sorkimisega tihendamisel — terasvarrast läbimõõduga  $1/20$  katsekeha küljepikkusest; tampimisega tihendamisel — ruudukujulise põiklõikega puidust tambitsat ruudu külje pikkusega  $1/4$  katsekeha küljepikkusest; vibreerimisega tihendamist teostati laboratoorsel vibrolaual. Tihendamisel kahel esimesel viisil kasutati tabelis 10 esitatud meetodit.

Katsete läbiviimise ajal (1951. a.) korebetooni tihendamist vibreerimisega loeti lubamatuks. Väideti, et korebetooni vibreerimisel tsementtainas ei püsi täitematerjali teradel ja valgub alla, mille tagajärjel betoon jääb nii tiheduse kui ka tugevuse seisukohalt ebaühtlaseks.

Eksperimentaalsete uurimistega tehti kindlaks, et korebetooni lühiajalisel vibreerimisel 5 sekundi kestusega eespool nimetatud ohtu ei ole. Kuid vibreerimise kestuse suurenedes üle 5 sekundi esineb tsementtaina tugev maha-

## Korebetooni tihendamise meetod laboratoorsete vormide täitmisel

Vormide suurus sm	Kihide arv	Kihi pak-sus sm	Tihendamise järjekord ja löökide arv				
10×10×10	2	6—7					Kokku 50
15×15×15	3	6	5+5	5+5	4×5	5+5	
20×20×20	3	7—8					

valgumine, mis põhjustab korebetooni survetugevuse alenemist.

Tabelis 11 esitatakse katseandmed, mis võimaldavad näitlikult omavahel võrrelda erinevaid korebetooni tihendamise viise.

Tabel 11

## Korebetooni survetugevuse sõltuvus tihendamise viisist

Kruusa koostis	Tihendamise viis	Tsemendikulu kg/m <sup>3</sup>	Betooni mahu-kaal kg/m <sup>3</sup>	Survetugevus kg/sm <sup>2</sup> vanuses	
				7 päeva	28 päeva
80% 10—20 +20% 5—10 mm	tampimine	136	1705	36,3	55,9
	vibreerimine	138	1730	36,8	56,5
	sorkimine	135	1695	33,3	50,0
60% 10—20 +40% 5—10 mm	tampimine	136	1710	37,8	55,9
	vibreerimine	144	1795	41,7	64,6
	sorkimine	142	1780	40,3	61,1

Tabeli andmed näitavad, et korebetooni tihendamise efektiivseimaks viisiks on vibreerimine. Võrreldes sorkimisega tihendatud korebetooni tugevusega suureneb vibreeritud betooni tugevus 6 kuni 13% võrra. Seejuures suureneb betooni tihedus ja mahukaal. Ühtlasema täite-

materjali puhul annab tampimine paremaid tulemusi kui sorkimine. Tuginedes vaatlusandmetele võib oletada, et viimane sõltub peene fraktsiooni terade ebaühtlasest jaotumisest sorkimisega tihendatud betoonis, eriti selle fraktsiooni terade väiksemal sisaldusel. Peente terade suure sisaldusega täitematerjali puhul on sorkimine parem kui tampimine.

Katsetulemused lubavad teha järelduse, et korebetooni lühiaegne vibreerimine (plokkide valmistamisel) on tehniliselt otstarbekohane. Korebetooni tihendamist tampimisega võib soovitada laia fraktsiooniga täitematerjali puhul.

## 5. Korebetooni hüdrotermiline töötlemine

Korebetooni kivinemisprotsessi kiirendamine hüdrotermilise töötlemisega on Eesti NSV-s otstarbekohane kahel põhjusel. Esiteks laheneb suurplokkide kiire valmistamise küsimus tehase tingimustes, teiseks — avaneb võimalus kohalike põlevkivituhk-sideainete kasutamiseks.

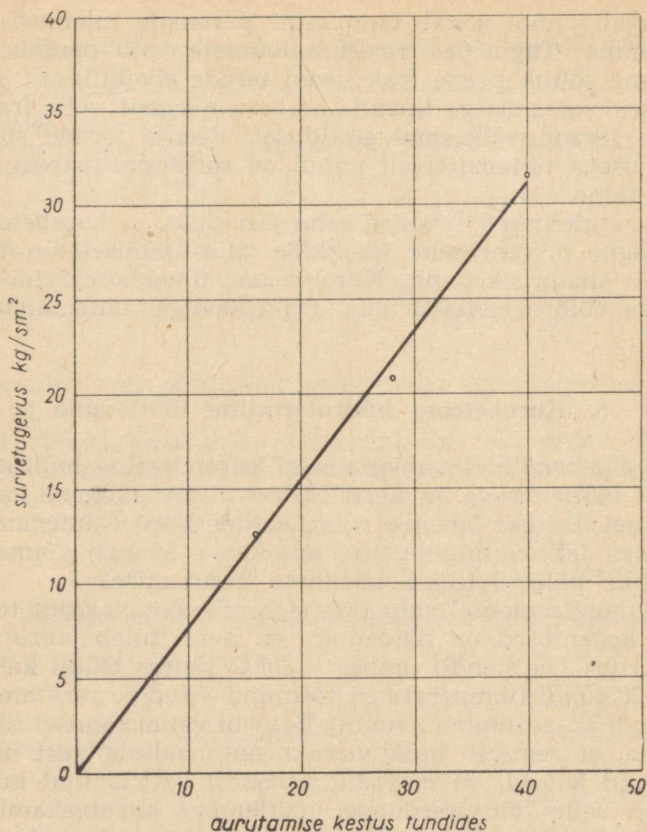
Portlandsemendil valmistatud korebetoonplokkide tootmise kogemused on näidanud, et neid tuleb aurutada kambrites või stendil umbes  $+80^{\circ}\text{C}$  juures tsükli kestusega 20 tundi (temperatuuri tõstmine 3 tundi, aurutamine 15 tundi ja jahtumine 2 tundi). Betooni valmistamisel tuleb jälgida, et seguvee hulk vastaks optimaalsele, sest nagu näitavad katsed, on portlandtsemendil valmistatud korebetoon selle hüdrotermilisel töötlemisel aurutuskambris niisama tundlik vesitsementtegi muutumisele kui normaalsetes tingimustes hoitud korebetoon (vt. tab. 12).

Tabel 12

**Vesitsementtegi mõju aurutatud korebetooni survetugevusele**

Vesitsementtegi	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
Survetugevus kg/sm <sup>2</sup>	39,0	46,6	43,7	34,2	Tsement ei sidunud, katsekehad lagunesid

Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetoonitoodete aurutamisel aurutuskambrites  $+80^{\circ}\text{C}$  juures toimub



Joon. 6. Kollerveskis töödeldud põlevkivi tolmtuhal valmistatud korebetooni survetugevuse sõltuvus aurutamise kestusest.

nende tugevuse intensiivne kasv 40 tunni jooksul (vt. joonis 6 ja tabel 13).

Jooniselt 6 on näha, et ajavahemikus kuni 40 tundi aurutamise kestuse ja kollerveskis aktiveeritud põlevkivi tolmtuhal valmistatud korebetooni survetugevuse vahel kehtib lineaarne seos.

Katsetel, mille tulemused on esitatud tabelis 13, korebetoonist katsekehade valmistamisel kasutati hüdraulilist kukermiiti aktiivsusega  $210 \text{ kg/sm}^2$  ja portlandtsementi

Temperatuuri  $\pm 80^{\circ}\text{C}$  juures aurutatud korebetooni survetugevus

Sideaine	Sideaine kulu $\text{kg/m}^3$	Vesi-tsement-tegur	Aurutamise kestus tsükklites	Betooni mahukaal pärast aurutamist $\text{kg/m}^3$	Survetugevus pärast aurutamist $\text{kg/sm}^2$
Hüdrauliline kukermiit	136	0,6	1	1575	12,6
”	136	0,6	2	1575	23,3
50% hüdraulilist kukermiiti + 50% tsementi	133	0,5	1	1550	18,4
50% hüdraulilist kukermiiti + 50% tsementi	137	0,5	2	1575	24,7

aktiivsusega  $385 \text{ kg/sm}^2$ . Aurutamistsükli kestus oli 20 tundi (3+15+2).

Tabeli andmed näitavad, et hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni aurutamine kahe tootmistsükli vältel, s. o. 40 tunni jooksul, on efektiivne. Hüdraulilise kukermiidi 50-protsendiline asendamine portlandtsemendiga võimaldab saavutada korebetooni ühe tsükli vältel aurutamisel poolteisekordse tugevuse tõusu. Kuid aurutamisel 2 tsükli vältel segasideaine kasutamine ennast ei õigusta. Segasideainel valmistatud korebetooni veevajadus on väiksem kui hüdraulilise kukermiidi korral.

Tähelepanuväärne on hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni välimus pärast aurutamist: värvuselt peaaegu valge, välispind sile ja läikiv, nagu glasuuriga kaetud.

Nagu näitab tabel 14, ka vääristatud hüdraulilise kukermiidi kasutamisel (aktiivsusega  $255 \text{ kg/sm}^2$ ) põlevkivituhksideaine osaline asendamine tsemendiga korebetooni survetugevuse tõstmise suhtes ei ole otstarbekohane.

Tabeli 14 andmed lubavad ühtlasi kindlaks määrata teguri üleminekuks  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$  suurusega katsekehade

survetugevuselt normaalsete mõõtmetega katsekehade (20×20×20 sm) survetugevusele. Küllaldase täpsusega võib üleminekuteguri lugeda võrdseks 0,8-ga.

Tabel 14

**Korebetooni survetugevus pärast 40-tunnilist aurutamist**

Betooni koostis (kaalu-line)	Sideaine liik	Betooni survetugevus kg/sm <sup>2</sup> katsekehade suuruse juures	
		10×10×10 sm	20×20×20 sm
1 : 10	Vääristatud hüdrauliline kukermiit	45,5	34,5
1 : 10	50% vääristatud hüdraulilist kukermiiti +50% tsementi	37,1	30,7

Katseliselt on kindlaks tehtud, et aurutatavas korebetoonis segasideaine kasutamine väiksema portlandtsemendi hulgaga (25%), võrreldes puhta hüdraulilise kukermiidiga, annab veelgi väiksemat efekti kui seda oli näha tabelitest 13 ja 14. Portlandtsemendist tunduvalt madalama aktiivsusega hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetoonitooted nende aurutamisel 40 tunni kestel omandavad tugevuse, mis on 1,1 kuni 1,4 korda suurem sama sideaine-kulu juures portlandtsemendil valmistatud korebetooni tugevusest pärast selle aurutamist normaalsel kestusel. Vääristatud hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni tugevus pärast tema aurutamist 40 tunni kestusel ületab tema 28-päevase tugevuse kahekordselt.

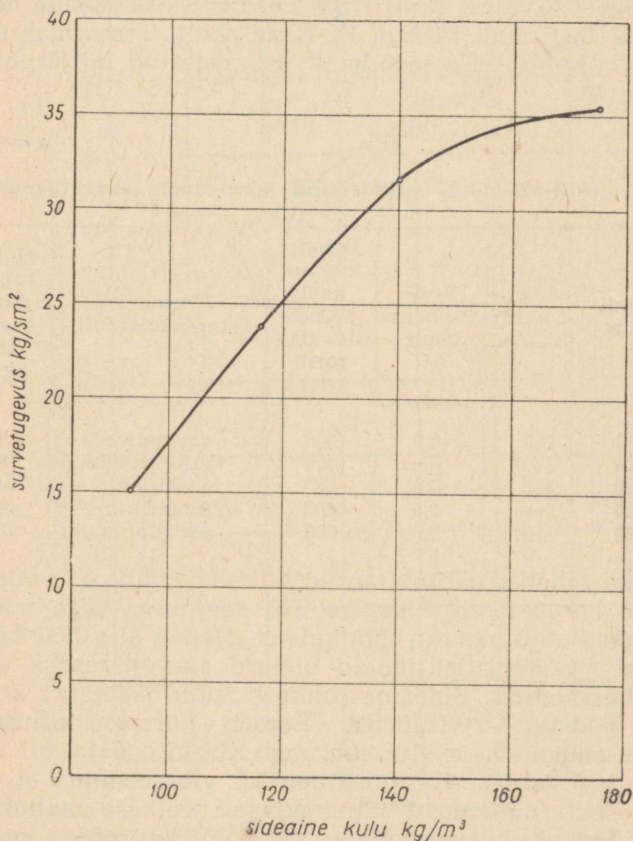
Tabel 15

**Vesitsemmenteguri mõju vääristatud hüdraulilisel kukermiidil valmistatud ja aurutatud korebetooni survetugevusele**

Vesitsemmentegur	0,45	0,50	0,55	0,60
Survetugevus kg/sm <sup>2</sup>	26,5	34,0	34,6	34,7

Nagu nähtub tabelist 15, vääristatud hüdraulilise kukermiidi puhul vesitsementtegori muutumine võrdlemisi laiadest piirides ei avalda mõju aurutatud korebetooni survetugevusele. Seejuures sideaine taina suure sitkuse tõttu viimase allavalgumist ei esinenud.

Kollerveskis määrjalt töödeldud põlevkivi tolmtuha kasutamisel korebetooni sideainena tuleb kinni pidada 15-minutilisest jahvatamise kestusest. Nimetatud sideainel valmistatud ja 40 tunni kestel aurutatud korebetooni survetugevuse sõltuvust sideaine kulust iseloomustab joonis 7.



Joon. 7. Kollerveskis töödeldud põlevkivi tolmtuhal valmistatud korebetooni survetugevuse sõltuvus sideaine kulust.

Sideaine hulga juures üle 140 kg fikseeriti ainult minimaalne survetugevuse tõus. Seda aga ei saa lugeda kindlaksmääratuks, sest on määratud ainult ühe katsekeha tugevuse järele. Teistel katsetel, kuigi aktiivsema hüdraulilise kukermiidi kasutamisel, saadi sama sideaine-kulu juures korebetooni tugevusi üle 50 kg/sm<sup>2</sup>.

Korebetooni täitematerjaliks võib kasutada ka keramsiiti. Autori poolt teostatud katsetel võeti aurutatud korebetooni täitematerjaliks keramsiitkruusa purustamise teel saadud keramsiitkillustik ja sideaineks portlandtsement aktiivsusega 385 kg/sm<sup>2</sup>. Keramsiitkruus oli valmistatud kohalikest savidest Eesti NSV Teaduste Akadeemia Energeetika Instituudi töötaja K. Kase poolt. Tema mahukaal oli 302 kg/m<sup>3</sup>. Katseandmed on esitatud alljärgnevas tabelis 16.

Tabel 16

**Keramsiitkillustikul valmistatud korebetooni survetugevus**

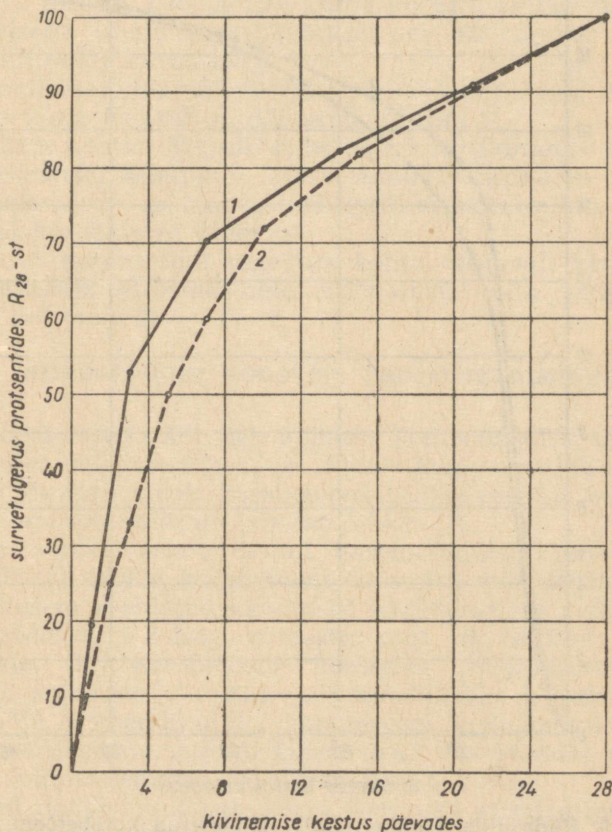
Täitematerjali jämedus mm	Tsemendikulu kg/m <sup>3</sup>	Vesitsemenditegur	Betooni mahukaal pärast aurutamist kg/m <sup>3</sup>	Betooni tihendamise viis	Survetugevus pärast aurutamist kg/sm <sup>2</sup>
5—10	162	0,5	583	sorkimine	11,9
10—20	119	0,6	477	vibreerimine	8,3
10—20	133	0,6	530	sorkimine	14,5
10—20	169	0,5	608	vibreerimine	14,7
10—20	153	0,5	552	sorkimine	18,3

Nagu tabelist nähtub, antud täitematerjalil on võimalik saada korebetooni margiga 15, seejuures väga madala mahukaalu juures — õhukuivas olekus alla 500 kg/m<sup>3</sup>. Sellisest materjalist plokid oleksid suurepäraseks täidiseks kergseintes. Sideaine rohke kulu on seletatav killustiku poorse struktuuriga. Betoon keramsiitkillustikul terade suurusega 5—10 mm, nagu võiski oodata, oli väiksema tugevusega. Keramsiitbetooni vibreerimine ei andnud efekti nähtavasti täitematerjali väikese mahukaalu tõttu. Betooni purunemine kulges põhiliselt mööda keramsiiti. See näitab, et antud täitematerjali puhul ei või oodata korebetooni tugevuse tõusu suurema tsemendikulu

juures. Suuremat tugevust võib saada ainult tihedama struktuuriga keramsiitkillustiku või peenikese keramsiitkruusa (terajämedusega kuni 20 mm) kasutamisel. Viimasel täitematerjalil prof. N. Popov ja tehn. tead. kand. M. Elinson [24] said tsemendikulu juures 150 kg/m<sup>3</sup> korebetooni margiga 35 (mahukaal 712 kg/m<sup>3</sup>).

## 6. Korebetooni tugevuse kasv aja jooksul

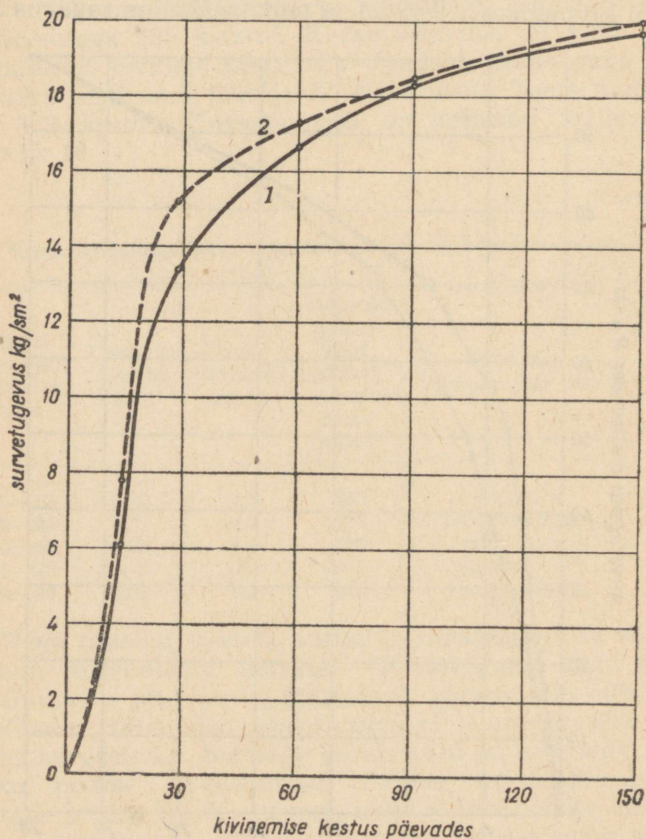
Huvi pakub korebetooni survetugevuse kasvu kiirus esimestel kivistumise päevadel ja tema suhteline tugevus 3 ja



Joon. 8. Portlandtsemendil valmistatud korebetooni survetugevuse sõltuvus kivistumise kestusest. 1 — korebetoon, 2 — raskebetoon.

7 päeva vanuses võrreldes 28-päevase survetugevusega. Selle illustreerimiseks on esitatud joonis 8, mis on koostatud hulgaliste katseandmete alusel.

Joonisel kõrvutatakse normaalse temperatuuri ja niiskuse juures hoitud korebetooni ja tavalise raske betooni (Tööstusehituste Teadusliku Uurimise Keskinstituudi «ЦНИПС» andmetel) tugevuste kasvu aja jooksul. On näha, et korebetooni tugevus esimesel kolmel kivinemise päeval kasvab suhteliselt kiiremini kui tavalise



Joon. 9. Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni survetugevuse sõltuvus kivinemise kestusest. 1 — lisanditeta korebetoon; 2 — korebetoon nafteenhappeseebi lisandiga (0,02% sideaine kaalust).

betooni tugevus. Kivinemise esimese ööpäeva jooksul korebetoon saavutab ligi 0,2 betooni tugevusest 28 päeva vanuses. See räägib sellest, et õhutemperatuuri juures üle  $+15^{\circ}\text{C}$  margiga 15 ja enam korebetoonist seinte juures raketise eemaldamine on võimalik ühe ööpäeva möödumisel, sest selleks ajaks on tagatud raketise eemaldamiseks minimaalselt vajalik betooni tugevus  $3\text{ kg/sm}^2$ .

Erineva koosseisuga ja erinevatel täitematerjalidel valmistatud korebetoonist katsekehad nende hoidmisel normaalse temperatuuri ja 50—60-protsendilise relatiivse õhuniiskuse tingimustes näitasid 6 ja 12 kuu vanuses tugevust, mis on 1,25 ja 1,50 korda kõrgem 28-päevasest; normaalsetes tingimustes hoidmisel aga oli tugevus vastavalt 1,5 ja 2,0 korda kõrgem.

Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni tugevuse kasv aja jooksul on näidatud joonisel 9.

Joonisest nähtub ühtlasi, et betooni külmakindluse tõstmise eesmärgil kasutatav hüdrofobiseeriv lisand — naftenhappeseep — ei alanda hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni tugevust.

Andmed korebetooni tugevuse kohta olenevalt kivinemise kestusest segasideainete kasutamisel olid esitatud eespool (vt. joon. 3).

## II. KOREBETOONI KOOSTISE PROJEKTEERIMINE

Korebetoonisegu koosneb kolmest komponendist: täitematerjalist, sideainest ja veest. Nende komponentide kaaluline vahekord tuleb korebetooni projekteeritud margi kindlustamiseks määrata laboratoorselt.

Tuleb konstateerida, et nii varemmainitud juhendis И-201-51 [5] toodud korebetooni koosseisu valiku meetod kui ka hiljem avaldatud soovitused sisaldavad rea puudusi ja vastuolusid. Nii isegi viimastes prof. B. Skramtajevi soovitustes [24] korebetooni koosseisu projekteerimise kohta ei arvestata täitematerjali terastikulist koostist ja selle mõju tsemendikulule, korebetooni mahukaalule ja vesitsementtegurile, samuti korebetooni tihendamise viisi ja selle mõju tsemendi ja täitematerjali kulule.

Katsed nende puuduste kõrvaldamiseks viisid allpool kirjeldatud meetodile, mis on vähem seotud mitmesuguste graafikute kasutamisega, kuid võimaldab paremini arvestada täitematerjali struktuurseid ja füüsikalisi iseärasusi.

Seejuures tuleb märkida, et anda universaalsed eeskirja korebetooni koosseisu valikuks ükskõik missuguse täitematerjali, sideaine ja tihendamisviisi kasutamisel ei ole võimalik.

Korebetooni koosseisu valik seisab harilikult tsemendi ja täitematerjali hulga määramises 1 m<sup>3</sup> paigaldatud betooni kohta ning vesitsementteguri määramises nii, et valitud tihendamisviisi ja betooni nõuetekohase hooldamise juures oleks tagatud projektikohase betooni margi saamine 28-päevases vanuses. Laboratooriumi antakse tsemendi ja täitematerjali proovid (soovitav sõelutult vastavalt tegelikele tootmisvõimalustele projektis nõutud terastikulise koosseisu kohaselt) ning näidatakse kavatsetav tihendamismeetod. Laboratooriumis määratakse tsemendi aktiivsus ja muud riiklike standarditega ettenähtud näitajad. Sõelanalüüsiga tuleb määrata täitematerjali koostis, samuti tehakse kindlaks tema mahukaal, huumusesisaldus jne. Täitematerjali mahukaal tuleb määrata tema tihendamisega samal meetodil, millise kasutamine on ette nähtud korebetooni paigaldamisel.

Edasi on vaja teada korebetooni tugevuse orienteeruvat sõltuvust (kasutatava täitematerjali teralise koostise ja betoonisegu tihendamismeetodi juures) antud aktiivsusega tsemendi hulgast. Mõningad andmed selle sõltuvuse kohta on esitatud tabelis 17.

Tabel 17

**Ligikaudne portlandtsemendi kulu kg/m<sup>3</sup> sõltuvalt paekillustikul valmistatud korebetooni survetugevusest ja tsemendi aktiivsusest betooni tihendamisel sorkimisega**

Tsemendi ja täitematerjali iseloomustus	Portlandtsemendi ligikaudne kulu kg/m <sup>3</sup> , kui betooni survetugevus 28-päevases vanuses on				
	15 kg/sm <sup>2</sup>	25 kg/sm <sup>2</sup>	35 kg/sm <sup>2</sup>	50 kg/sm <sup>2</sup>	75 kg/sm <sup>2</sup>
Tsement mark 400, killustik 10—20 mm	70	80	110	165	—
Tsement mark 400, killustik 5—20 mm	70	75	100	135	—
Tsement mark 500, killustik 10—20 mm	65	70	80	110	170

Kui täitematerjalina kasutatakse hea terakujuga kruusa, osutub tsemendikulu alates betooni margist 35 ligikaudu 15% võrra väiksemaks tabelis 17 toodust.

Vastavate katseandmete puudulikkuse tõttu ei ole võimalik anda sõltuvust laia fraktsiooniga kohalikel täitematerjalidel valmistatud korebetooni survetugevuse ja tsemendikulu vahel. Seni võib aga soovitada kasutamiseks juhendi И-201-51 [5] orienteerivaid soovitusi (vt. tab. 18).

Tabel 18

Ligikaudne tsemendikulu  $\text{kg/m}^3$  sõltuvalt laia fraktsiooniga (5—50 mm) täitematerjalil valmistatud korebetooni survetugevusest ja tsemendi margist

Tsemendi mark	Portlandtsemendi ligikaudne kulu $\text{kg/m}^3$ , kui betooni survetugevus 28 päeva vanuses on			
	15 $\text{kg/cm}^2$	25 $\text{kg/cm}^2$	35 $\text{kg/cm}^2$	50 $\text{kg/cm}^2$
400	70	90	110	130
300	90	110	130	150
200	130	150	—	—

Kui vastavast tabelist on leitud ligikaudne tsemendikulu ( $\text{kg/m}^3$ ), tuleb määrata täitematerjali kulu (kg) 1  $\text{m}^3$  betooni kohta ja optimaalne vesitsementtegur. Need suurused on soovitatav leida katseliselt.

Täitematerjali kulu määramine 1  $\text{m}^3$  betooni kohta toimub alljärgnevalt. Määratakse tsemendikulu ( $\text{kg/m}^3$ ) ja täitematerjali 1  $\text{m}^3$  kaalu (kg) suhe. Viimane võetakse arvestades täitematerjali tihendamist vastavalt betoonisegu kavatsetavale tihendamismeetodile. Näiteks oletame, et soovitakse kasutada paekillustikku 5—20 mm, tsemendi mark on 400 ja nõutav korebetooni mark on 50. Tabelist 17 leiame, et vastav tsemendikulu on 135  $\text{kg/m}^3$ . Oletame, et täitematerjali mahukaal, määratult vastavalt eeltoodule, on 1430  $\text{kg/m}^3$ . Tsemendi ja täitematerjali kaaluline suhe on seega  $\frac{135}{1430} = \frac{1}{10,6}$ . Saadud suhe ümardatakse, vähendades täitematerjali osade arvu täisarvuni. Ümardatud suhe antud juhul on  $\frac{1}{10}$ . Võttes tsemendi ja täitematerjali valitud kaalulises vahekorras, valmistatakse korebetoonisegu

hulgas, mis on küllaldane ühe  $15 \times 15 \times 15$  sm või  $20 \times 20 \times 20$  sm vormi täitmiseks betoonisegu käsitsi valmistamisel või vähemalt kolme  $20 \times 20 \times 20$  sm vormi täitmiseks betoonisegu valmistamisel segistis.

Vee hulk määratakse silma järgi. Tuleb tähele panna, et täitematerjali terad oleksid tsementtainaga ühtlaselt kaetud, et nendel ilmuks iseloomulik veeläige ning et segisti põhja ei koguneks tsementtainast. Toodud näites võeti ühe  $20 \times 20 \times 20$  sm vormi (mahtuvus  $8 \text{ dm}^3$ ) jaoks täitematerjali 12 kg ( $1,43 \times 8 \approx 12$ ) ja tsementi 1,2 kg (kinni pidades suhtest  $\frac{1}{10}$ ). Veekulu (silma järgi) oli 750 g,

seega vesitsemmentegur  $\frac{750}{1200} = 0,625$ . Valmistatud segu pai-

galdatakse kaalutud vormi ning tihendatakse ettenähtud meetodil. Täidetud vorm kaalutakse uuesti ja määratakse värske korebetooni mahukaal. Lähtudes viimasest ja betoonikomponentide (kaasa arvatud vesi) kaalulisest vahekorrast, määratakse materjalide kulu betooni  $1 \text{ m}^3$  kohta. Näiteks olgu korebetooni kaal 8-liitrilises vormis 12,45 kg. Kaalulise vahekorra 1 : 10 : 0,625 (tsement : täitematerjal : vesi) juures saame tsemendikuluks

$\frac{12,45 \cdot 1000}{8(1+10+0,625)} = 134$  kg betooni  $1 \text{ m}^3$  kohta, täitematerjali

kuluks  $134 \times 10 = 1340$  kg ja seguvee hulgaks  $134 \times 0,625 = 84$  kg  $1 \text{ m}^3$  betooni kohta. Kui saadud tsemendikulu vastab tabelist võetule, nii kuidas see on käesolevas näites, siis vastabki ta otsitavale. Seega käesoleva näite andmeil on korebetooni orienteeriv koostis järgmine: tsemendi ja täitematerjali kaaluline vahekord 1 : 10 ning vesitsemmentegur 0,62. Kui aga tsemendi hulk betoonis osutub väiksemaks või suuremaks tabelist võetust, tuleb betooni komponentide kaalulist vahekorda muuta, vastavalt suurendades või vähendades mõne kümnendiku võrra täitematerjali osade arvu. Pärast seda valmistatakse uus kontrollsegu. Seejuures täpsustatakse teatud määral ka vesitsemmentegurit. Teistkordne proovisegu on soovitav valmistada tingimata betoonisegistis, et oleks võimalik valmistada vähemalt 6 katsekeha ( $20 \times 20 \times 20$  sm) katsetamiseks 7- ja 28-päevases vanuses.

Optimaalse vesitsemmenteguri määramiseks tuleb valmistada veel kaks segu — kumbki ülalnimetatud katsekehade arvule. Täitematerjali ja tsemendi hulk peab

olema endine, vesitsementtegur aga erinema varemvoetust  $\pm 0,05$  võrra. Optimaalne vesitsementtegur ja sellele vastav korebetooni maksimaalne survetugevus määratakse pärast katsekehade proovimist.

Materjalide kulu arvutamisel ühe segistitäie kohta tuleb arvesse võtta korebetooni väljaandvuse tegurit. Viimane, olenevalt korebetooni koostisest ja tihendamise viisist, võib kõikuda piirides 0,80—0,94. Väljaandvuse tegurit võib arvutada, kuid nimetatud otstarbeks võib kasutada ka tema keskmist väärtust — 0,87.

Toodud näites 250 l segamistruumi mahtuvusega segisti annab välja töötüklis  $250 \times 0,87 = 218$  l korebetooni.

Seejuures materjalide kulu ühe segistitäie kohta on: tsementi  $134 \cdot 0,218 = 29$  kg, täitematerjali  $1340 \cdot 0,218 = 292$  kg ja vett  $84 \cdot 0,218 = 18$  l.

Juhul kui täitematerjali doseerimist teostatakse tootmistingimustes mahuliselt, tuleb viimase hulga ümberarvutamiseks kilogrammidest liitritesse kasutada vastavalt doseerimistingimustele määratud kuiva täitematerjali mahukaalu. Seguvee doseerimisel tuleb arvesse võtta täitematerjali niiskust.

### III. KOREBETOONI KÜLMAKINDLUS

Kehtivate normide («Ehitusnormid ja eeskirjad» — СНиП — II osa) kohaselt peab kõikide kivimaterjalide, sealhulgas ka korebetooni külmakindlus seinä välimises kihis paksusega 12 sm olema 10 kuni 50 tsükli, sõltuvalt ruumide niiskusrežiimist ja piirdekonstruktsioonide eest. Kehtestatud meetodi järgi materjalide külmakindluse määramisel luuakse katsekehades palju ebasoodsam soojus-niiskusrežiim kui see tekib korebetoonist seinas. Seejärel tabelis 19 paekillustikul (terajämedusega 10 kuni 20 mm) ja portlandtsemendil valmistatud korebetooni külmakindluse iseloomustamiseks esitatakse kahe meetodi järgi teostatud katsete tulemused, mis on saadud: 1) kehtivate normide kohaselt talitades (veega täisimmutatud) ja 2) niiskete (sorptsioonniiskusega) katsekehade külmutamise ja ülessulatamise teel. Tabelist 19 nähtub, et normidekohaselt katsetatud paekillustikul valmistatud korebetoon portlandtsemendi mark 400 kulu juures  $115 \text{ kg/m}^3$  kivi-nemise kestusel 1, 2, 7, 14, 21 ja 28 päeva peab vastu vastavalt 3-le, 5-le, 10-le, 12-le, 13-le ja 15-le külmutus-

Korebetooni külmakindluse määramise tulemused

Tabel 19

Katsekehade iseloomustus	Korebetooni survetugevus kg/sm <sup>2</sup> vanuses						
	1 päev	3 päeva	7 päeva	14 päeva	21 päeva	28 päeva	43 päeva
Külmutamata katsekehad	9,3	25,4	33,7	39,5	43,6	48,0	49,4
Katsekehad, millede külmakindluse kontrollimist alustati antud vanuses ja veega immutatud seisukorras	14,3	18,5	26,5	20,8	28,5	36,3	—
Sama, niiskes seisukorras	23,8	27,7	39,8	47,3	52,4	44,6	46,1
Külmutamise tsüklite arv	3	6	10	14	15	15	25
Lubatav minimaalne survetugevus pärast külmakindluse määramist	7,0	19,0	25,2	29,6	32,7	36,0	37,0

tsüklile. Vastavalt normidele võib antud koostisega betooni kasutada kuivade ja normaalse niiskusega ruumidega mistahes klassi tööstushoonete, kuni viiekorruseliste elumajade ning niiskete ruumidega III klassi hoonete seinakonstruktsioonides. Selle koostisega betooni kasutusala laienamiseks tuleb kasutada kaitsevoodrit. Veega immutatata katsekehade katsetamise tulemused lubavad eeldada, et korebetoonseinad on vastuvõetavad ka märgade ruumide puhul.

Teistel kohalikel täitematerjalidel valmistatud korebetooni külmakindlust iseloomustavad tabelis 20 esitatud katseandmed.

Tabel 20

**Korebetooni külmakindluse määramise tulemused**

Täitematerjali liik	Tsemendikulu kg/m <sup>3</sup>	Külmutsüklite arv	Survetugevus kg/sm <sup>2</sup>		
			enne külmutamist	pärast külmutamist	minimaalne lubatav pärast külmutamist
Kruus	81	15	56,2	67,2	42,2
„	81	25	„	66,3	„
„	81	40	„	53,1	„
Telliskillustik (veega immutatud)	120	11	64,2	30,4	48,2
Sama (kuiv)	120	25	42,6	49,5	32,0
Raudkivikillustik	98	15	41,8	26,1	31,4
„	115	25	49,6	29,8	37,2
„	166	25	93,5	79,0	70,0
„	136	40	64,5	57,5	48,4

Tabeli andmed lubavad järeldada, et:

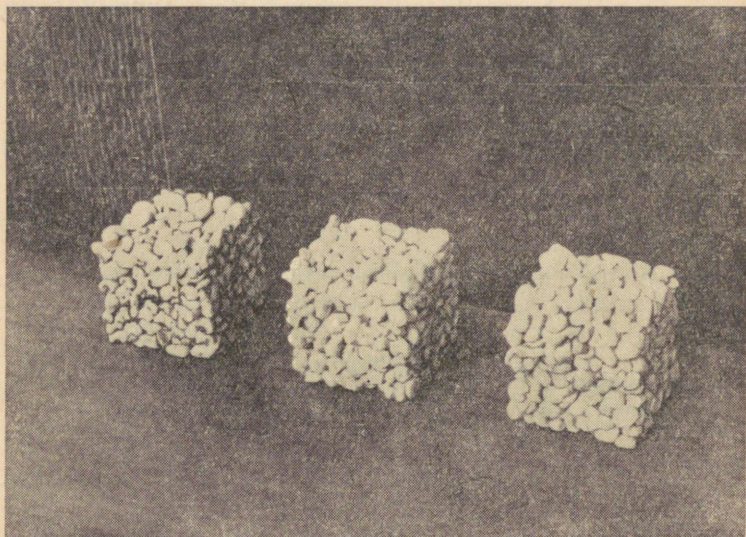
1) korebetooni külmakindlust sõltub sideaine kulust ja täitematerjali liigist;

2) raudkivikillustikul valmistatud korebetoon on väiksema külmakindlusega kui kruusal valmistatud korebetoon;

3) telliskillustikul valmistatud korebetooni külmakindlust sõltub sellest, kas killustik enne betooni valmistamist oli veega immutatud või mitte;

4) väikese tsemendikuluga (alla 115 kg/m<sup>3</sup>) valmistatud

korebetooni, mille täitematerjaliks on pae- või raudkivikillustik või eelnevalt veega immutatud telliskillustik, ei tohi normide kohaselt kasutada välisvoodrita seinakonstruktsioonides.



Joon. 10. Kruusal valmistatud korebetoonkatsekehad pärast 40 külmutamistsüklit.

Katsetulemuste illustreerimiseks on joonisel 10 näidatud kruusal valmistatud korebetooni katsekehad pärast 40 külmutamistsüklit.

Visuaalsed vaatlused näitasid, et veega immutatud telliskillustikul valmistatud proovikehadel oli side killustiku ja tsementkivi vahel rikutud, mis kandis kestenduse iseloomu.

Nii hüdraulilisel kui ka vääristatud hüdraulilisel kukermiidil ja pækillustikul valmistatud korebetoon, sideaine kulu juures  $120 \text{ kg/m}^3$ , pidas vastu 10 külmutustsüklile. Kahe tugevama katsekeha järgi määratud külmakindluse tegur oli 0,78. Pärast 11-ndat tsüklit side üksikute terade vahel nõrgenes, ilmusid nähtavale praod, nii et üksikuid terasid võis ilma erilise raskuseta sõrmedega välja murda. Sama koostisega korebetoonist väikeste plokkide juures,

mis seisid ühe talve kestel väljas, ei ilmnenuid märgatavaid vigastusi (peale juuspragude) ja kontakt betooni terade vahel oli tugev. Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni kasutamine ehitustegevuses peab kinnitama selle betooni küllaldast külmakindlust. Vastavalt normidele on praegu võimalik kasutada seda materjali kuivade ja normaalse niiskusega ruumidega III klassi hoonete seintes. Kaitsevoodri korral tema kasutusala võib laiendada ühe astme võrra.

Hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni kasutamist on võimalik laiendada külmakindluse tõstmise teel mitmesuguste lisandite abil. Alljärgnevalt kirjeldatakse naftenhappeseebi mõju.

Üheaegselt hüdrofobiseeriva (vett-tõrjuva) toimega omab naftenhappeseep ka õhkusiduvate lisandite omadusi. Seega on ta ühtlasi plastifikaatoriks. Naftenhappeseebiga hüdrofobiseeritud betoonid on väiksema mahukahanemisega. Tsementkivi poorne struktuur ja kapillaaride hüdrofobiseerumine vähendavad tunduvalt betooni kapillaarset veemavust ning tõstavad veetihedust ja külmakindlust. Vähenenud veevajadus võib teatud määral tõsta betooni tugevust, teiselt poolt aga hüdrofoobne kile tsemenditeradel pidurdab kivinemisprotsessi. Eesti NSV tingimustes naftenhappeseebi lisandi kasutamise põhiliseks eesmärgiks on korebetooni külmakindluse tõstmine põlevkivituhk-sideainete kasutamise korral. Naftenhappeseebi lisand (0,02% sideaine kaalust) tõstab nii aurutatud kui ka normaalsetes tingimustes kivilinenud korebetooni külmakindlust ligikaudu 5 külmutustsükli võrra (vt. tab. 21).

Tabel 21

**Naftenhappeseebi lisandi mõju hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni külmakindlusele.**

Korebetooni kivilinemise tingimused	Külmakindlus pallides S. Šestoperovi skaala järgi külmutamise tsüklite arvu juures											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
28 päeva normaalsetes tingimustes	9	8	7	lõpetatud								

Korebetooni kivi- nemise tingimused	Külmakindlus pallides S. Šestoperovi skaala järgi külmutamise tsükli arvu juures									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
40 tundi auru- tamist	10	10	9	9	8	lõpetatud				
Nafteenhappe- seebi lisandiga 28 päeva normaalse- tes tingimustes	10	10	10	10	9	9	8	lõpetatud		
Nafteenhappe- seebi lisandiga 40 tundi aurutamist	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9

Tähistused:

10 palli — välised vigastused puuduvad;

9 palli — tahkude ja servade kestendamine;

8 palli — sama, täitematerjali üksikute terade pooldumisega ja väljalangemisega;

7 palli — sama, kuid tunduva nurkade ja servade ümardumisega jne.

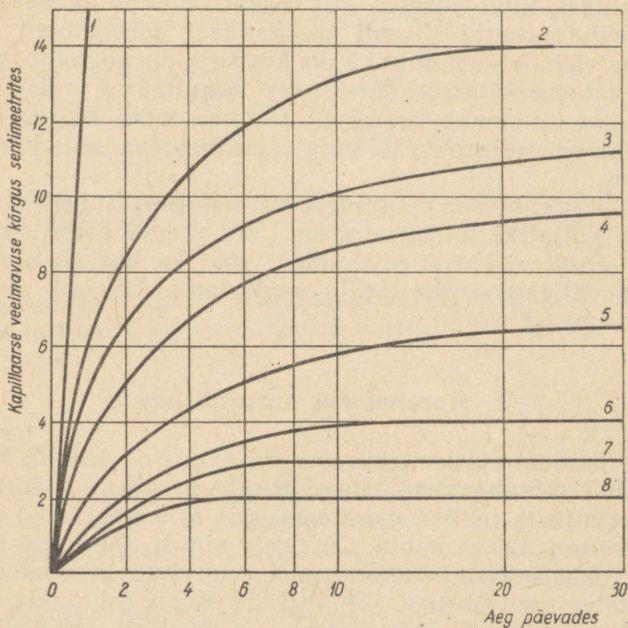
Kokkuvõttes võib konstateerida, et nafteenhappeseep on väga efektiivseks lisandiks hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetoonile ja, mis eriti tähtis, tema mõju ei halvene aurutamisel esineva (kuni  $+80^{\circ}\text{C}$ ) temperatuuri juures.

#### IV. KOREBETOOINI PÕHILISED EHTUSFÜÜSIKALISED OMADUSED

##### 1. Korebetooni kapillaarne veeimavus

Vee liikumine vedelas faasis võib ehituskonstruksioonides ja ehitusmaterjalides toimuda mitte ainult raskusjõu mõjul ja negatiivse temperatuuriga tsoonide olemasolul materjalis, vaid ka kapillaarsete jõudude mõjul. Materjalide niiskumise kiirus veeimavuse arvel, nende aurujuhtivus ja sorptsiooni niiskumine moodustavad materjalide iseloomustuse, mille järgi võib otsustada nii materjalide kui ka nendest materjalidest valmistatud konstruktsioonide niiskumise ja väljakuivamise üle.

Üldiselt on teada, et korebetoon oma struktuurilise isearasuse tõttu on väikese kapillaarimavusega ja et pooride suurenemisega betoonis vee tõusu kõrgus väheneb. Seejuures pakuvad huvi võrdlusandmed kapillaarse veemavuse suuruse ja kiiruse kohta eri liiki ja mitmesuguse jämedusega täitematerjalidel valmistatud korebetoonides.



Joon. 11. Korebetooni kapillaarne veemavvus. 1 — savitegelis; 2 — silikaattellis; 3 — korebetoon telliskillustikul  $\varnothing$  2,5–5 mm; 4 — korebetoon telliskillustikul  $\varnothing$  5–10 mm; 5 — korebetoon paekillustikul  $\varnothing$  2,5–5 mm; 6 — tavaline raske betoon; 7 — paekivi; 8 — korebetoon paekillustikul  $\varnothing$  2,5–5 mm naftenhappeseebi lisandiga.

võrreldes kõige enam levinud ehitusmaterjalidega. Nimeetatud küsimust valgustab joonis 11, millele on kantud vastavate katsete tulemused. Katsetingimuste lähendamiseks eksploatatsiooni tingimustele määrati kapillaarne veemavus õhukuivadel katsekehadel.

Võrreldes savitegelisega, on kõik teised võrdluseks võetud materjalid tunduvalt väiksema kapillaarse imavu-

sega. Savitellis imas vett kogu kõrgusele kahe ööpäeva jooksul. Ülejäänud kõverad on ühesuguse iseloomuga — suhteliselt järsk tõus küllalt kiire üleminekuga lamedale kõverale, mis näitab imavuse protsessi kustumist. Mida madalam on seejuures materjali kapillaarne veeimavus, seda lamedam on kõvera algtõus.

Korebetooni kapillaarne veeimavus on väiksem kui sili-kaattellisel, kuid kõrgem kui raskel betoonil ja paekiyil. Nafteenhappeseebi lisandi kasutamisel korebetooni veeimavus väheneb enam kui kaks korda ja on iseloomustatud üsna väikese tõusuga (2—3 sm). Kapillaarne veeimavus korebetoonis oleneb peamiselt täitematerjali liigist (kivimist): mida suurem on täitematerjali poorsus, seda kõrgem on tõus.

Niisiis korebetoon imab vett mitteolulisel hulgal ja seejuures küllaltki lühikese ajaga. See räägib sellest, et ta mitte ainult ei karda niiskumist, vaid ka kuivab kiiresti. Kiiret väljakuivamist peab soodustama betooni poorne struktuur.

## 2. Korebetooni aurujuhtivus

Korebetooni auruerijuhtivuse tundmine on vajalik korebetoonist seinakonstruktsioonide niiskusrežiimi määramiseks arvutuste teel. Kirjanduses pole seni avaldatud andmeid selle suuruse kohta. On teada ainult ühe katse tulemused, kus määrati kahelt poolt krohvitud korebetoonist katsekeha aurujuhtivus [24]. Alljärgnevalt esitatakse katseandmed kruusal jämedusega 10—20 mm valmistatud korebetooni aurujuhtivuse kohta. Üheaegselt esitatakse kohalikel Pääsküla ja Männiku karjääride liivadel valmistatud tsement-krohvimörtide (koostisega 1 : 6 kaalu järgi) auruerijuhtivused. Viimased esitatakse sel kaalutlusel, et piirdekonstruktsioonide arvutamisel soovitatakse kasutada ühesugustes tingimustes määratud konstruktsiooni üksikute kihtide materjalide auruerijuhtivusi.

Kuna krohviliiva terastikuline koostis avaldab tunduvat mõju krohvi tihedusele ja sellega ka tema aurujuhtivusele, siis nimetatud krohvimörtide täielikumaks iseloomustamiseks esitatakse tabelis 22 andmed kasutatud liivade terastikulise koostise kohta.

Korebetooni keskmine mahukaal oli 1725 kg/m<sup>3</sup>. Pääs-

## Krohvimörtides kasutatud liivade terastikuline koostis

Liivakarjääri nimetus	Osajäägid % -des sõeltel avadega mm						Liiva keskmine jämedus mm
	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,15	
Pääsküla karjääri liiv	—	15,6	31,0	29,8	20,7	2,9	0,57
Männiku karjääri liiv	—	3,1	19,3	34,5	27,5	15,6	0,38

Märkus: Liiva keskmine jämedus arvutati B. Skramtajevi valemi järgi [34].

küla karjääri liival valmistatud mördi mahukaal oli 1756 ja Männiku liival valmistatud mördil 1710 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 23

## Korebetooni ja krohvimörtide aurueriujtivuse eksperimentaalse määramise tulemused

Katsekehade materjali nimetus	Aurueriujtivus g/m h mmHg			
	Üksikud katsekehad			Keskmine aritmeetiline
	1	2	3	
Korebetoon (mahukaal kg/m <sup>3</sup> )	0,052 (1670)	0,044 (1725)	0,029 (1780)	4,2 · 10 <sup>-2</sup>
Krohv Pääsküla karjääri liival	0,0067	0,0060	0,0063	0,60 · 10 <sup>-2</sup>
Krohv Männiku karjääri liival	0,0103	0,0094	0,0099	0,99 · 10 <sup>-2</sup>

Aurueriujtivus määrati küllastatud soodalahuse kohal. Määramise tulemused esitatakse tabelis 23.

Tabeli andmed näitavad, et korebetoon omab väga kõrget auruerijuhtivust, mis on suurusjärgult lähedane mitmesuguste täidiste (diatomiit, tuff, keramsiit) auruerijuhtivusele. Betooni mahukaalu muutumine mõjutab suures määral tema auruerijuhtivust.

Kohalikel liivadel valmistatud krohvimörtidel on küllalt madal auruerijuhtivus. Jämedamal Pääsküla karjääri liival valmistatud krohvi (mille mahukaal oli suurem) auruerijuhtivus on umbes 1,5 korda väiksem kui peenemal Männiku liival valmistatud krohvimördil. See näitab, et korebetoonist suurplokkide faktuurkihis Tallinna tingimustes on eelistatavam Männiku karjääri liiv.

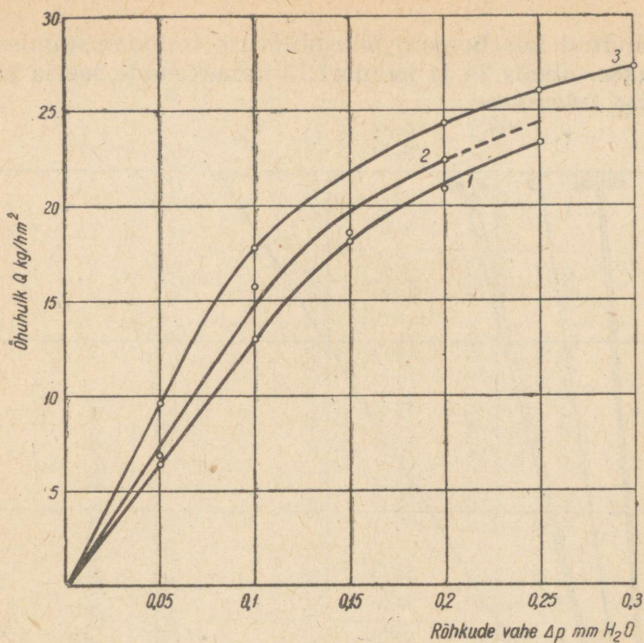
### 3. Korebetooni õhujuhtivus

Ehitusmaterjalide õhujuhtivust tavaliselt iseloomustatakse õhuerijuhtivusega, mis näitab, kui palju õhku (kg) läbib ühe tunni kestel materjali 1 m<sup>2</sup> suurust pinda kihi paksusel 1 m, kui õhurõhkude vahe kahel pool materjali kihti on 1 mm H<sub>2</sub>O (s. o. 1 mm veesammast). Selliste tegurite käsitlemine on hõlpus, kuid on õigustatud ainult siis, kui sõltuvused antud materjali läbiva õhu hulga ja kihi paksuse vahel, samuti õhu hulga ja õhu rõhkude diferentsi vahel on lineaarsed. Nagu hiljem selgub, pole need tingimused korebetooni juures täidetud, seepärast ei saagi juttu olla korebetooni õhuerijuhtivusest.

Käesolevas alapeatükis esitatakse Tallinna Polütehnilises Instituudis korraldatud katsete tulemused, millede eesmärgiks oli selgitada korebetooni õhujuhtivust erineva paksusega katsekehade juures ja muutuva õhurõhkude vahe juures, ühtlasi selgitada täitematerjali jämeduse mõju ja kohalikel liivadel valmistatud krohvi mõju õhujuhtivusele.

Katsed korraldati seadmel, mis koosnes kompressorist, kõrgrõhu õhuballoonist, reduktorist, gaasikellast, katsekeha alusest ja kompensatsioonmikromanomeetrist, mis olid omavahel ühendatud näidatud järjekorras torujuhtmete ja voolikutega. Katsekehade suurus oli 20×20 sm, paksus — normaalselt 20 sm, osalt 13 ja 7 sm.

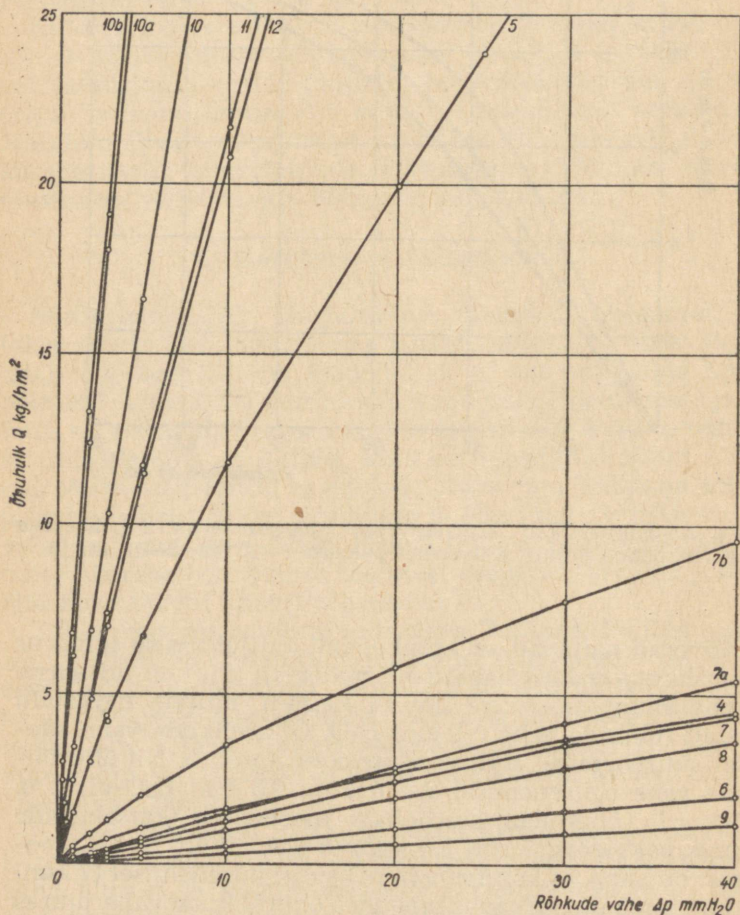
Katse tulemused on esitatud joonistel 12 ja 13. Joonisel 12 näeme erineva paksusega korebetoonist katsekehi läbinud õhuhulga kõveraid. Betooni täitematerjaliks oli kilustik terajämedusega 10—20 mm.



Joon. 12. Korebetooni õhujtiivuse kõverad erineva paksusega katsekehade puhul. Katsekeha paksus: 1—20 sm; 2—13 sm ja 3—7 sm.

Kõverad näitavad, et korebetooni õhujtiivuse sõltuvus õhurõhkude vahest kahel pool materjali kihti on lineaarne ainult õhuhulgal mitte üle 14 kg/m<sup>2</sup>h, millele ligikaudu vastab rõhkude vahe 0,1 mm H<sub>2</sub>O. Õhurõhkude vahe edasisel suurenemisel sõltuvuse iseloom muutub. Nii õhurõhkude vahe suurenemisel 0,2-st kuni 0,3 mm H<sub>2</sub>O-ni, s. o. 1,5 korda, õhuhulga juurdekasv moodustab (katsekehade juures paksusega 7 sm) 3,0 kg/m<sup>2</sup>h ehk ainult 12,4%. Joonisest on näha, et korebetooni paksuse suurenemisel (7 kuni 20 sm) tema õhujtiivus mistahes õhurõhkude vahe juures vähe muutub. Seega ei saa rääkida korebetooni õhuerijtiivusest, vaid ainult korebetooni õhujtiivusest mingi õhurõhkude vahe juures. Esitatud katseandmed näitavad, et korebetoonist piirdekonstruktsioonid ei paku õhuvoolule peaaegu mingit takistust, mistõttu korebetoonist seinu tuleb alati krohvida.

Krohvitud korebetooni õhujuhtivuse iseloomustamiseks esitatakse tabelis 24 ja joonisel 13 katsekehade seeria katsetamise tulemused.



Joon. 13. Krohvitud korebetooni õhujuhtivus. Katsekehade tähistus on antud vastavalt tabelile 24. 7a, 10a — katsekehade 7 ja 10 alumised pooled (vormi paigaldamise järjekorras); 7b, 10b — samade katsekehade ülemised pooled.

Katsetel kasutati tsementmörte kaalulises vahekorras 1 : 6. Katsekehad valmistati kolmel eri liival. Esimesed

Krohvitud korebetooni õhujuhitus (kg/m<sup>3</sup>h)

Katsekeha- de nr-d	Katsekeha- de mõõt- med sm	Viimistluse liik	Krohviliiiv	Täitema- terjali jä- medus mm	Õhurõhkude vahe (mm H <sub>2</sub> O) kahel pool materjali kihti										
					0,25	0,5	1	2	3	5	10	20	30	40	
4	20×20×20	ühe- pool- ne	Pääsküla	10—20	0,09	0,18	0,34	0,56	0,74	1,06	1,69	2,76	3,68	4,52	
6	20×20×7	—,—	Männiku	10—20	0,016	0,032	0,065	0,122	0,171	0,256	0,506	1,04	1,57	2,01	
7	20×20×20	kahe- pool- ne	Pääsküla	10—20	0,035	0,070	0,130	0,252	0,399	0,630	1,24	2,37	3,49	4,46	
8	20×20×13	—,—	—,—	10—20	0,023	0,045	0,092	0,189	0,286	0,492	0,975	1,94	2,84	3,65	
9	20×20×7	—,—	—,—	10—20	—	—	0,029	0,058	0,095	0,166	0,336	0,659	0,935	1,225	
10	20×20×20	—,—	Nr. 3	20—40	0,916	1,762	3,45	6,79	10,24	16,60	—	—	—	—	
11	20×20×13	—,—	—,—	20—40	0,631	1,25	2,45	4,86	7,34	11,70	21,65	—	—	—	
12	20×20×7	—,—	—,—	20—40	0,342	1,16	2,43	4,76	7,06	11,52	20,85	—	—	—	

kaks liiva — Pääsküla ja Männiku karjäärdest — on juba eespool iseloomustatud. Kolmandaks liivaks võeti kunstlik segu nr. 3, ühefraktsiooniliste terade kõrge sisaldusega ja keskmise jämeduse kõrge näitajaga (vt. tabel 25).

Tabel 25

Liiva nr. 3 terastikuline koostis

Osajäägid sõeltel % -des aukude suuruse juures mm					Liiva keskmine jämedus
2,5	1,2	0,6	0,3	0,15	
—	26,4	56,6	14,3	2,7	0,65

Katsete tulemused näitavad, et enamikul juhtudel on katsekeha läbinud õhuhulk võrdeline survete vahega. See viitab õhu laminaarsele voolule materjali kapillaarides ja poorides. Kahelt poolt krohvitud katsekehade õhujuhtivus on väiksem kui ühepoolse krohviga katsekehadel. Erandiks oli katsekeha nr. 6. Nagu pärast selgus, oli selle valmistamisel seguvett liiga palju, tsementtainas kattis krohvikihhi seestpoolt ja vähendas sellega viimase õhujuhtivust. Krohviliiva terastikulise koostise ja selle mahukaalu mõju on väga suur. Nii on peenepoorilisel, ühtlase terajämedusega liival nr. 3 valmistatud krohviga korebetooni õhujuhtivus kuni 70 korda suurem kui kõige tihedamal Pääsküla liival valmistatud krohviga korebetoonil. Täitematerjali terade jämeduse ja korebetooni kihi paksuse mõju krohvitud katsekehade õhujuhtivusele polnud märgata. Selgus faktuurkihi paigaldamise järjekorra tähtsus — suurem õhujuhtivus oli betooni peale paigaldatud krohvil. Seda illustreerivad joonisel 13 esitatud kõverad, mis näitavad poolitatud katsekehade õhujuhtivusi. Seega kahepoolse viimistlusega plokkide valmistamisel õhujuhtivuse seisukohalt on õigem paigaldada välisfaktuuri kiht alla. Krohviliivaks ei tohi võtta liiva nr. 3 taolisi ühtlase terajämedusega materjale.

Korebetoonist krohvitud seinte läbipuhutavuse paremaks hindamiseks tabelis 26 võrreldakse kirjeldatud katsete tulemusi enam levinud seinakonstruktsioonide läbipuhutavuse andmetega, mis on võetud tehn. tead. kand. R. Brillingu töödest [35].

Korebetoonist seinakonstruktsioonide läbipuhutavus võrreldes enamlevinenud seinte läbipuhutavusega

Seina konstruktsioon	Paksus sm	Läbipuhutavus kg/m <sup>2</sup> h mmH <sub>2</sub> O
Korebetoonist sein kahepoolse tiheda krohviga	—	0,029—0,092
Sama, ühepoolse krohviga	—	0,065—0,34
Sama, kahepoolse peenepoorilise krohviga	—	2,43—3,45
Tellissein (erinevate ladumissüsteemidega) ühepoolse krohviga	52	0,071—0,08
Sama, kahepoolse krohviga	52	0,026—0,032
Räbubetoonplokkidest sein ühepoolse krohviga	40	0,052

Tabeli andmed näitavad, et hea krohvi puhul korebetoonist seinakonstruktsioonide läbipuhutavus ei erine oluliselt krohvitud tellis- ja räbuplokkseinte läbipuhutavusest ja rahuldab kehtivate normide nõudeid («Ehitusnormid ja eeskirjad» — СНиП — II osa).

#### 4. Korebetooni soojajuhtivus

Käesolevas alapeatükis vaadeldakse korebetooni soojaerijuhtivuse sõltuvust betooni mahukaalust, niiskusest, täitematerjali koostisest jne. Korebetoonist seinakonstruktsioonide soojajuhtivust käsitletakse järgmises peatükis koos nende niiskusrežiimiga.

Peab konstateerima, et juhendis И-201-51 [5] soojustehniliste arvutuste otstarbeks antud korebetooni soojaerijuhtivused ei põhine katseandmetel, vaid on võetud puhtteoreetiliselt, lähtudes korebetooni mahukaalust ja põhjendamata kõrgest betooni niiskusest (5%) ning pealegi teatud tagavaraga. Juhendi koostajail ei olnud teist teed, sest vajalikud katseandmed puudusid sel ajal peaaegu täiesti. Alles pärast seda, kui 1955. aastaks olid katselisel teel määratud mõningad korebetooni soojaerijuhtivuse suurused, juhendi И-201-51 koostajad, toetudes nendele ja kasutades analoogiat teiste sarnaste seinamaterjalidega, esitasid uued soovitused (tab. 27) [24].

**Korebetooni soojaerijuhtivuse arvestuslikud suurused (soovitatud juhendi H-201-51 autorite poolt)**

Betooni mahukaal seinas kg/m <sup>3</sup>	Soojaerijuhtivus $\lambda$ kcal/m h°C	Betooni mahukaal seinas kg/m <sup>3</sup>	Soojaerijuhtivus $\lambda$ kcal/m h°C
1300	0,45	1700	0,60
1400	0,47	1800	0,70
1500	0,50	1900	0,80
1600	0,55	2000	0,90

Tabelis esitatud soojaerijuhtivused on antud siiski teatud tagavaraga, arvestades korebetooni võimalikku niiskumist seinas. Esitatud tabelis ei arvestata sõltuvust korebetooni soojaerijuhtivuse ja betooni struktuuri vahel. Mida peenema terasusega on ühefraktsiooniline täitematerjal, seda väiksem on soojaerijuhtivus (võrdse betooni mahukaalu korral).

Tabelis 28 esitatakse autori andmed korebetooni soojaerijuhtivuse sõltuvuse kohta materjali niiskusest. Korebetoon oli valmistatud kohalikul paekillustikul terajämestusega 10—20 mm.

Tabel 28

**Korebetooni soojaerijuhtivus sõltuvalt materjali niiskusest (betooni mahukaal  $\gamma = 1600$  kg/m<sup>3</sup>)**

Seina pak-sus sm	Soojaerijuhtivus kcal/m h°C, betooni kaalulisel niiskusel %-des							
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
25	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,69
51	0,48	0,52	0,55	0,59	0,62	0,64	0,69	0,72
keskmine	0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,63	0,68	0,71

Analüüsides kõiki sellekohaseid teadaolevaid andmeid osutus võimalikuks tabelis 29 anda korebetooni soojaerijuhtivused mahukaalu juures 1600 kuni 1900 kg/m<sup>3</sup>. Need kehtivad ainult keskmise pooride suurusega korebetooni kohta, s. o. täitematerjali terastikulistel koostistel 10—20 mm, 5—20, 5—40 mm jms. Peenemate pooride kor-

ral (täitematerjal 5—10 mm) on betooni soojaerijuhtivus väiksem, suuremate pooride korral (täitematerjal 20—40 mm jms.) aga suurem. Tabeli koostamisel on arvestatud korebetoonist seinte võimalikku niiskumist eksploatatsioonitingimustes (1,0%).

Tabel 29

**Eesti NSV tingimustele vastavad korebetooni soojaerijuhtivuse arvestuslikud suurused**

Korebetooni mahukaal kg/m <sup>3</sup>	1600	1700	1800	1900
Soojaerijuhtivus $\lambda$ kcal/m h °C	0,55	0,60	0,65	0,75

Nagu nähtub, antud suurused korebetooni väiksema mahukaalu juures langevad kokku tabelis 27 esitatud teiste autorite soovitusel ja lähevad nendest lahku betooni suurema mahukaalu juures.

Kokkuvõttes näeme, et raskel täitematerjalil valmistatud korebetooni soojaerijuhtivus tavaliselt esinevate betooni mahukaalude juures on väiksem kui savitellismüüritise soojaerijuhtivuse arvestuslik suurus ( $\lambda = 0,70$  kcal/m h °C).

## 5. Korebetooni akustilised omadused

Korebetooni akustilisi omadusi ei ole uuritud. Korebetoon kuulub nõndanimetatud akustiliselt homogeensete materjalide hulka. Suurte pooride olemasolu korebetoonis ei halvenda materjali kõlaisolatsiooni. Korebetooni kõlaisolatsioon on teoreetiliselt niisama hea kui mingi teise sama mahukaaluga materjalil. Seega korebetooni suhteliselt kõrge mahukaal tagab korebetoonist massiivsete seinte hea kõlaisoleerivuse. Arvestades normidega nõutud korteritevaheliste vaheseinte kõlaisolatsiooni määra ( $\tau \geq 48$  db), peaks korebetoonist seina paksus olema 15 sm.

Korebetoonist seintega hoonete eksploateerimise kogemused on näidanud, et korebetooni akustilised omadused on rahuldavad [24].

## V. KOREBETOONI DEFORMATIIVSUS JA TUGEVUSOMADUSED

### 1. Korebetooni pikideformatsioonid surveel

Korebetooni deformatiivsete omaduste osas leidub kirjanduses andmeid ainult elastsusmooduli kohta. Needki ei oma täit väärtust, sest pole küllaldaselt kirjeldataud nende määramise meetodit.

• Korebetooni deformatiivsete omaduste iseloomustamiseks on vajalikud järgmised näitajad: 1) korebetooni deformatsioonid surveel, 2) vahekord taastuvate ja jäävdeformatsioonide vahel, 3) deformatsioonide iseloom mitmesugustel koormamisviisidel, 4) korebetooni elastsusmooduli sõltuvus koormuse suhtelisest suurusest, 5) korebetooni prismaline tugevus, 6) korebetooni purunemise iseloom surveel ja 7) põlevkivituhksideainetel valmistatud korebetooni deformatiivsed omadused.

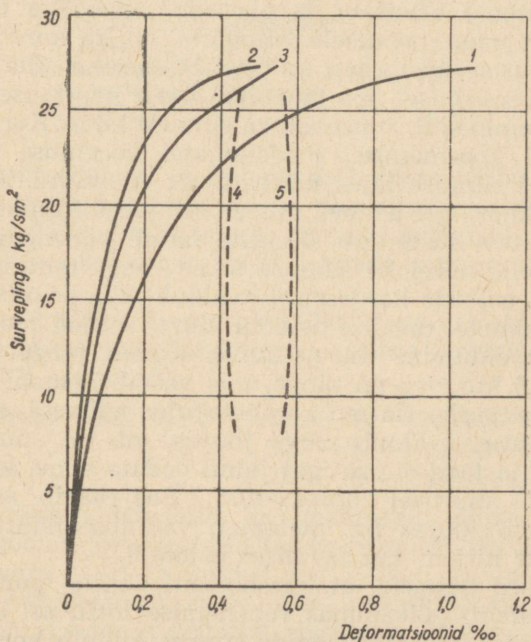
Kõik need näitajad määrati Tallinna Polütehnilises Instituudis läbiviidud katsetega. Korebetoonist katsekehade-prismade põhiliseks suuruseks oli  $20 \times 20 \times 60$  sm. Osa katsekehi oli suurusega  $15 \times 40 \times 45$  sm ja  $15 \times 15 \times 45$  sm. Välja arvatud viimased prismad, valmistati katsekehad paekillustikul terajämedusega 20 kuni 40 mm ja portlandtsemendil mark 400. Viimaste prismade valmistamisel võeti killustiku jämeduseks 10—20 mm ja sideaineks vääristatud hüdrauliline kukermiit. Korebetooni koostis kõikides seeriates oli sama — 1 : 10 kaalu järgi.

Korebetooni pikideformatsioonide mõõtmiseks kasutati mõõtkellasid. Jäävdeformatsioonide määramiseks tõsteti katsetamisel koormust astmeliselt. Igal astmel katsekeha vahelduvalt koormati ja vabastati koormast (kuni tingliku nullini) niikaua, kuni järgmisel koormamisel ei esinenud deformatsioonide juurdekasvu. Alles siis tõsteti koormus järgmisele astmele.

Teostatud katsed võimaldasid kindlaks määrata korebetooni piir-kokkusurutavuse purunemise silmapilgul. Selle all mõistetakse suurimat suhtelist deformatsiooni, mille saavutamisel korduv koormamine kutsub esile purunemise. Katseandmetel on see suurus võrdne  $0,57\%$ -ga. Samade katsete andmetel näiline piir-kokkusurutavus oli  $0,96\%$ , mis on ligi 1,8 korda suurem kui eelmine. Näiline piirkokkusurutavus vastab silmapilgule, kus arenevad

plastsed deformatsioonid kutsuvad välja katsekeha purunemise, s. o. betooni kandevõime järsu langemise. L. Oniššiku andmetel tavaliste madalamargiliste betoonide piir-kokkusurutavus kõigub piirides 1,5—2,0‰, üksikuil juhtudel alanedes kuni 0,5‰-ni või tõustes kuni 3,7‰-ni. Need andmed lubavad järeldada, et korebetooni piir-kokkusurutavus on madalam kui tavalisel betoonil. Eriti väike on ta vääristatud hüdrauilisel kukermiidil valmistatud korebetoonil (0,4 kuni 0,48‰).

Läbiviidud katsed lubasid hinnata korebetooni elastseid ja plastseid omadusi. Korebetooni elastsusmoodulid määrati alumise piirava kõvera (summaarse deformatsiooni-kõvera) järgi, s. o. arvestades ka plastseid deformatsioone koormise alalhoidmise ajal. Joonisel 14 esitatakse üks selliseid korebetooni summaarse deformatsiooni kõveraid (1): Summaarsed deformatsioonid on näidatud jäävdeformatsioonide (2) ja taastuvate deformatsioonide (3) summana.



Joon. 14. Korebetooni deformatsioonide kõverad. 1 — summaarne deformatsioon ( $\epsilon$ ); 2 — jäävdeformatsioon ( $\epsilon_j$ ); 3 — taastuvdeformatsioon ( $\epsilon_t$ ); 4 —  $\epsilon_j/\epsilon$ ; 5 —  $\epsilon_t/\epsilon$ .

Kahe osadeformatsiooni ja summaarse deformatsiooni suhted iseloomustavad korebetooni elastseid ja plastseid omadusi. Need suhted on kujutatud punktiirjoontega, mis on sümmeetrilised vertikaali 0,5 suhtes. Kõverad näitavad, et need suhted muutuvad koormuse muutumisel vähe. Antud katse põhjal korebetooni juures keskmised  $\epsilon_j/\epsilon$  ja  $\epsilon_t/\epsilon$  on vastavalt 0,42 ja 0,58. Tavalise betooni juures N. Svetšini [36] andmetel samad suhted võrduvad 0,2 ja 0,8-ga. Arvude kõrvutamise näitab, et korebetoon võrreldes tavalise betooniga on väiksema elastsusega materjal, vaatamata sellele, et korebetooni koostises on põhiliselt suure tugevusega ja elastsusega komponendid. Võib arvata, et koormuse mõjul täitematerjali üksikud terad nihkuvad üksteise suhtes. Peale selle joonise 14 võrdlemine N. Svetšini graafilise materjaliga näitab, et korebetoon puruneb rabadamalt kui tavaline betoon. Eriti suured jäävdeformatsioonid on vääristatud hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetoonil ( $\epsilon_j/\epsilon > \epsilon_t/\epsilon$ ).

Korebetooni elastsete ja plastsete omaduste uurimine näitab, et nagu tavalisele betoonile, on ka korebetoonile omane elastse hüstereesi nähtus. Hüstereesi silmuse kõrguse suurendamisel, see tähendab ühelt koormuse astmelt teisele üleminekul, suureneb ka silmuse laius. Korebetooni tsüklilisel koormamisel madalamatel koormuse astmetel hüstereesi silmuse laius märgatavalt ei muutu. Ja ainult ülemisel koormuse astmel, mis vastab piirdeformatsioonile, on märgatav hüstereesi silmuste laiuse vähenemine. See toimub selle arvel, et silmuse tõusev haru muutub nõgusaks, mis tsüklite kordamisel avaldub ikka enam. J. Stoljarovi andmetel tavalise betooni juures selline koormamiskõvera kooldumine vastassuunas esineb pingete juures  $\sigma/\sigma_{pr} > 0,5$  kus  $\sigma_{pr}$  on pinge, mis vastab betooni prismalisele tugevusele. Katsed korebetooniga näitasid, et kirjeldatud nähtus avaldub pinge juures, mis on suurem kui 0,90  $\sigma_{pr}$ , ja teda ei saa igal juhul oodata enne, kui pinge suhtelisel suurusel  $\sigma/\sigma_{pr} > 0,75$ . See räägib sellest, et korebetooni juures nn. materjali välimuse nähtus algab suhteliselt hiljem kui tavalisel betoonil.

Vaatlused näitasid, et korebetooni äkiline purunemine survele toimub põiksuunas rebenemise tõttu sel silmapilgul, kui põikdeformatsioonide suurus küünib korebetooni venivuse piirini.

Korebetooni elastsusmodulid erinevate suhteliste pin-

gete juures on esitatud tabelis 30. Moodulid määrati kui summaarse deformatsiooni kõrvale tõmmatud puutuja tõusunurga tangensid. Samas antakse korebetooni prismalise tugevuse ja  $20 \times 20 \times 20$  sm suurusega katsekehade survetugevuse suhted.

Korebetooni elastsusmoodul

Tabel 30

Survepinge	Sideaine liik	Prismalise ja kuubikulise tugevuse suhe	Elastsusmoodul $\text{kg}/\text{sm}^2$
0,4 $\sigma_{pr}$	Portlandtsement	—	64 000
— „ —	Vääristatud hüdrauliline kukermiit	—	28 000
0,5 $\sigma_{pr}$	Portlandtsement	—	52 000
— „ —	Vääristatud hüdrauliline kukermiit	—	21 000
0,6 $\sigma_{pr}$	Portlandtsement	—	40 000
— „ —	Vääristatud hüdrauliline kukermiit	—	17 000
	Portlandtsement	0,88	—
	Vääristatud hüdrauliline kukermiit	0,74	—

Portlandtsemendil ja vääristatud hüdraulilisel kukermiidil valmistatud korebetooni elastsusmoodulite võrdlemine kinnitab, et korebetoon viimasel sideainel on väiksema elastsusega. Seda tuleb seletada kukermiitkivi iseärasustega.

Nagu märgib B. Skramtajev [24], oleneb elastsusmoodul korebetooni margist. Seejuures ta esitab järgmised elastsusmooduli suurused:

korebetoonil	mark	50	—	$E = 100\,000$	$\text{kg}/\text{sm}^2$ ,
„	„	35	—	$E = 90\,000$	„
„	„	25	—	$E = 70\,000$	„

Need elastsusmoodulid on määratud pingel, mis on võrdne poolele prismalisele tugevusele. Millise deformatsioonikõvera järgi ja kuidas nad võetud on, selle kohta andmed puuduvad. Arvesse võttes moodulite suurusjärku võib siiski arvata, et esitatud elastsusmoodulid on võetud mitte summaarse, vaid esialgse deformatsioonikõvera järgi ja mitte kui puutujad, vaid kui kõõlu tõusunurga

tangensid, s. o. mitte kui  $\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$ , vaid kui  $\frac{\sigma}{\varepsilon} = 0,5\sigma_{pr}$  juures). Sellise meetodika rakendamise, eriti aga suhteliselt väikese tugevusega materjali juures, nagu seda on korebetoon, on vaieldav.

## 2. Korebetooni kahanemine

Korebetoon, nagu tavaline betooni muudab kivinemisel oma mahtu — ta kahaneb.

Kirjanduses leiame küllaldaselt andmeid korebetooni kahanemise kohta. Tabelis 31 esitatakse P. H. Peterseni poolt [27] teostatud katsete tulemused.

Tabel 31

Korebetooni kahanemine protsentides

Betooni paigaldamise viis	Kruusa terajämedus mm		
	2,4—4,8	4,8—9,5	9,5—19,1
Tihendamiseta	0,038	0,029	0,012
Tampimisega	0,026	0,025	0,007

Tabelist on näha, et korebetooni kahanemise suurus ühelt poolt sõltub täitematerjali jämedusest ja teiselt poolt — betooni tihendamise astmest.

B. Skramtajeви [24] andmetel 5—40 mm terajämedusega kruusal või killustikul valmistatud korebetooni kahanemine on keskmiselt 0,012%. Seejuures tsemendikulu mõju korebetooni kahanemisele on minimaalne. Sama autor väidab, et korebetooni kahanemine õhus lõpeb 28-ndaks päevaks. Levy [30] andmetel korebetooni 10-päevane kahanemine moodustab vähemalt poole kogu kahanemise suurusest.

Levy töös on nimetatud, et korebetooni kahanemine on vähemalt 2 korda väiksem kui samal täitematerjalil valmistatud raskebetooni kahanemine. Kui arvestada, et tehniliste tingimuste järgi raskebetooni kahanemise tegur võrdub 0,00020-ga, siis esitatud andmed lubavad teha alljärgnevaid järeldusi.

Kui korebetooni täitematerjali jämedus on 10—20 mm, siis tihendatud korebetooni kahanemine on 2,5 kuni 3 korda väiksem kui tavalisel betoonil. Kui aga täitemater-

jaliks on laiafraktsiooniline materjal (näiteks 5—40 mm), siis korebetooni kahanemine on ainult 1,5 korda väiksem kui tavalise betooni kahanemine.

### 3. Korebetooni temperatuursed deformatsioonid

Korebetooni joonpaisumise teguri suurust on määranud B. Skramtajev [24] ja P. H. Petersen [27]. Nende poolt teostatud katsete tulemused lubavad teha järgmise üldistava järelduse. Korebetooni joonpaisumise tegur, s. o. korebetooni suhteline pikenemine temperatuuri tõusmisel  $1^{\circ}\text{C}$  võrra praktiliselt ei sõltu täitematerjali jämedusest ja tsemendikulust ega ka betooni tihendamise astmest. Tema keskmine suurus on 0,000007. Vastavalt tehnilistele tingimustele tavalise betooni joonpaisumise tegur võrdub 0,00001-ga. Seega korebetoon on vähem tundlik temperatuuri muutumisele kui tavaline betoon, mis on tema positiivseid omadusi.

### 4. Korebetooni paindetugevus

Korebetooni paindetugevust iseloomustavad katseandmed on esitatud tabelis 32. Katsetel kasutati korebetooni koostisega 1 : 10 kaalu järgi. Täitematerjaliks oli paekilustik jämedusega 20—40 mm ja sideaineks portlandtsement mark 400.

Tabel 32  
Korebetooni paindekatsede tulemused

Survetugevus $R_s$ kg/sm <sup>2</sup>	Paindetugevus $R_p$ kg/sm <sup>2</sup>	Tõmbetugevus (paindel) $R_t$ kg/sm <sup>2</sup>	Suhted	
			$R_p   R_s$	$R_t   R_s$
42,9	6,16	3,67	1 : 7 /	1 : 12

Tabeli andmed näitavad, et korebetoon tõmbe- ja survetugevuse suhte poolest sarnaneb tavalisele betoonile. Viimasel see suhe B. Skramtajevi [24] andmetel muutub piirides 1 : 8 kuni 1 : 15. Suhe  $R_p | R_s$  on korebetoonil suurem kui tavalisel betoonil (1 : 10).

## 5. Korebetooni väsimus

Andmeid korebetooni katsetamise kohta väsimuse suhtes leiame B. Skramtajevi töös [24]. Katsetati kaht liiki betooni — lubjakivi- ja räbukillustikul. Katsetamisel koormust muudeti piirides 20 kuni 100% arvutuskoormusest. Koormuse muutmise sageduseks oli 300 tsükli minutis. Katse kestuseks oli 100 tuhat koormustsükli.

Lubjakivikillustikul valmistatud korebetooni survetugevus 28 päeva vanuses oli  $37 \text{ kg/sm}^2$ . Katsekehasid katsetati 1 aasta vanuses. Pinget katsetamisel muudeti piirides: minimaalne pinge  $4,5 \text{ kg/sm}^2$ , maksimaalne —  $20 \text{ kg/sm}^2$ . Katsetamise järel korebetoonist katsekehade juures minigeid välisvigastusi ei avastatud, nende survetugevus oli  $45 \text{ kg/sm}^2$ .

Samasugused tulemused andis ka räbukillustikul valmistatud korebetooni katsetamine väsimuse suhtes. Leiti, et mõlemal juhul on korebetoon väsimuskatsetele vastu pidanud.

Kirjeldatud katse puuduseks on asjaolu, et puudusid andmed korebetooni survetugevuse kohta vahetult enne katset. Ühtlasi puudub ka kriteerium selliste katsete tulemuste hindamiseks.

## 6. Korebetooni nake armatuuriga

Korebetoonist seinte püstitamisel betooni armeeritakse põhiliselt kahel juhul: 1) sillustes avade kohal ja 2) kui temperatuuri-kahanemisvuukide vahekaugused seintes on võetud üle lubatava 15 m. Viimasel juhul soovitatakse asetada armatuur vöödena akende, alla ja nende kohale. Raudade põiklõikepind üksikus vöös on orienteerivalt  $2\text{—}3 \text{ sm}^2$ . Suurplok-konstruktsioonide puhul võib esineda üksikute plokkide armeerimist. Ühtlasi betoneeritakse suurplokkidesse armatuurrauast tõsteaasad.

Tabelis 33 esitatakse B. Skramtajevi [24] katseandmed korebetooni nakketugevuse kohta armatuuriga.

Armatuuriks oli ümmargune raud läbimõõduga 14 mm. Rauad kaeti tsementtainaga vahetult enne betoneerimist.

Tabelist nähtub, et korebetooni nakketugevus tsementtainaga katmata armatuuriga on üsna väike ja moodustab kõigest umbes 10%, korebetooni survetugevusest. See tähendab, et nakke- ja survetugevuse suhe on ligikaudu

## Korebetooni nakketugevus armatuuriga

Korebetooni survetugevus kg/sm <sup>2</sup>	Nakketugevus kg/sm <sup>2</sup>	
	tsementtainaga kaetud armatuuri puhul	tsementtainaga katmata armatuuri puhul
38	30	4

sama kui tavalisel betoonil. Eelnevalt tsementtainaga kaetud armatuuri puhul korebetooni nakketugevus tõuseb tugevasti ja moodustab ligikaudu 80% korebetooni survetugevusest.

P. H. Peterseni katseandmetel [27] korebetooni nakketugevus armatuuriga moodustab umbes  $\frac{3}{4}$  tavalise betooni nakketugevusest armatuuriga.

Seega armatuuri katmine tsementtainaga on korebetooni juures vajalikuks tehnoloogiliseks võtteks, mis peale nakke suurendamise ühtlasi kaitseb rauda roostetamise eest.

### 7. Korebetooni naelutatavus

Naelutatavus on elumaja seinamaterjalile soovitav omadus. Korebetoonist seinaga saab naela sisse taguda ainult terade vahele, nii nagu tellisseina puhul — vuugi sisse. Seejuures tõenäosus, et krohvitud seinaga puhul nael satub täitematerjali terade vahele või vuugi sisse, on korebetooni juures märksa suurem kui tellisseinal.

Naelte püsivus korebetoonseinaga B. Skramtajeви andmetel [24] on hea. Naela väljatõmbamiseks seinast naela läbimõõdu juures 4 mm, tema sisselöömise sügavuse korral 7 sm ja killustikul valmistatud korebetooni juures margiga 35 on vajalik rakendada jõudu 34 kuni 103 kg.

Levy märgib [30], et poorse täitematerjali puhul, mille hulka tuleb arvata ka telliskillustik, korebetooni naelutatavus on hea.

### 3. PEATÜKK

## KOREBETONIST SEINAD, NENDE KONSTRUKTSIOONID JA PÜSTITAMISE MEETODID

### I. KOREBETONIST SEINAKONSTRUKTSIOONIDE LIIGITUS

Püstitamise meetodist sõltuvalt võib korebetoonist seinakonstruktsioonid jaotada nelja järgnevasse rühma:

- 1) monoliitsed seinad;
- 2) väikeplokkseinad;
- 3) suurplokk- ja suurpaneelseinad ning
- 4) kombineeritud seinad.

Korebetoonist monoliitsete seinte iseloomustavateks joonteks on: betoonisegu paigaldamine vahetult seina, tööde mehhaniseerimise kõrge aste ja suhteliselt suured kulud raketisele.

Seinte püstitamine korebetoonist väikeplokkidest on seotud suhteliselt suure käsitsitöö-kuluga, kuid vähendab nõndanimetatud märgade protsesside mahtu.

Suurplokk- ja suurpaneelseinad on korebetoonist seinakonstruktsioonide kõige progressiivsemaks tüübiks, mis võimaldab alandada miinimumini käsitsitöö-kulu ehitusplatsil, eriti kui kasutada kahepoolse viimistlusega konstruktiivselemente.

Kombineeritud seinakonstruktsioonid kujutavad endast segatüüpi, milles on võimalikud mistahes kombinatsioonid kolme esimese tüübi konstruktsioonidest. Selle seinatüübi alla tuleb viia mitte ainult seinakonstruktsioonid, millistes kombineeritakse mitmesuguseid korebetooni paigaldamise meetodeid, vaid samuti konstruktsioonid, millistes kõrvuti korebetooniga kasutatakse ka teisi konstruktiivseid seinamaterjale.

Nimetatud seinakonstruktsioonid omakorda jaotatakse massiivseteks ja kergseinteks. Seejuures viimaste hulka arvatakse mitte ainult seinte mitmesuguseid õneskonst-

ruksioone, vaid samuti seinu, millistes nende kaalu vähendamist (kergendamist) teostatakse termoisolatsioonplaatmaterjalide kasutamise teel. Õneskonstruktsioonide all mõistetakse seinu õhuvahedega ja poorsete materjalidega täidetud õonetega.

Korebetoonist seinakonstruktsioonide kindlaksmääratud liigituse skeemi piirides on võimalikud mõningad variatsioonid, nagu näiteks sõltuvalt krohvviimistluse teostamise viisist.

Vastavalt esitatud liigitusele kirjeldame nüüd lühidalt mitmesuguseid korebetoonist seinakonstruktsioone.

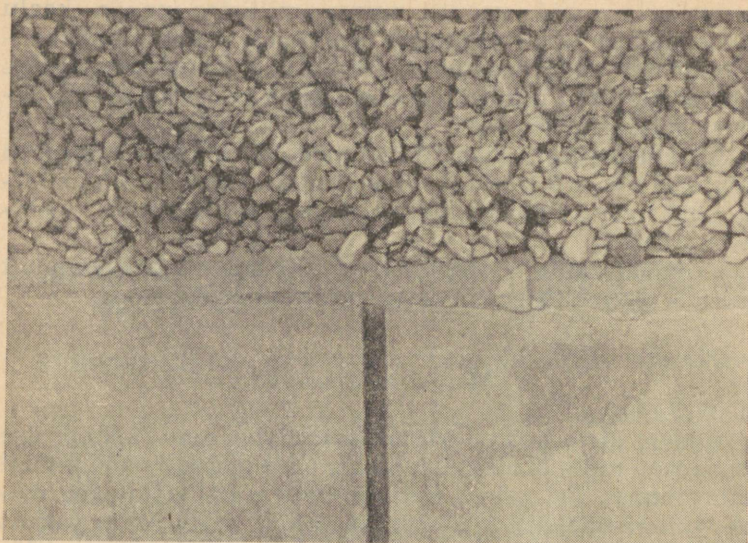
## 1. Monoliitsed seinad

Kõige enam on levinud massiivne sein kahepoolse krohviga, mille krohvimist teostatakse pärast hoone katuse alla viimist. Sel juhul, kui korebetoon valmistatakse raske täitematerjalil, võetakse käesoleva ajani seinapaksus võrdseks savitelliseina paksusega, mis on kindlaks määratud antud kliimaatilisele tsoonile. Krohvikihhi paksus on tavaliselt 1,0—1,5 sm. Seinte sisemise krohvimise asemel kasutatakse vahel seinapindade tasandamist krohvimördiga. Korebetoon paigaldatakse seinaintaarse raketise abil.

Kirjeldatud konstruktsiooni eriliigiks on korebetoonist massiivne sein valukrohviga (B. Skramtajevi, N. Popovi ja N. Orljankini ettepanek). Krohvimört valatakse kivi- ja korebetooni ja laiälitõmmatud raketiskilpide vahele. Krohvikihhi paksuseks nii seinavälis- kui ka sisepinnal jääb 4—5 sm (arvestades ka betooni sisse tunginud krohvi). Joonisel 15 esitatud foto illustreerib valukrohvi «Silikatnaja» jaamas ehitatud elumaja korebetoonist seinat.

Märga krohvi korebetoonist seintel võib asendada ühelt või mõlemalt poolt vooderdusplaatidega. Nii insenerkonstruktor G. Šumilin [17] soovitas korebetoonist seinakonstruktsiooni, kus välisvoodri ülesannet täidavad erilise põiklõikega ribiga ääristatud betoonplaadid. Plaatide suurus pole normeeritud, plaadi paksus keskel — 2,5 sm ja ribide kohal — 6 sm. Kirjeldatud seinatüüp lubab püstitada korebetoonist seinu ilma raketiseta.

Püüa vähendada korebetoonist seinte kaalu ja alandada

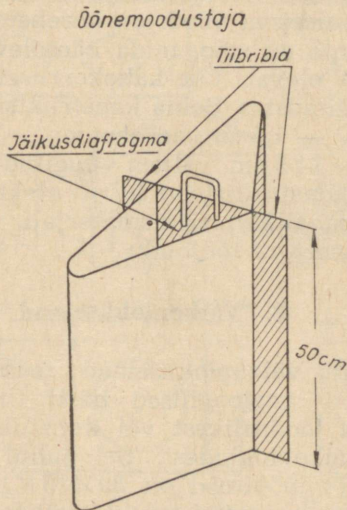
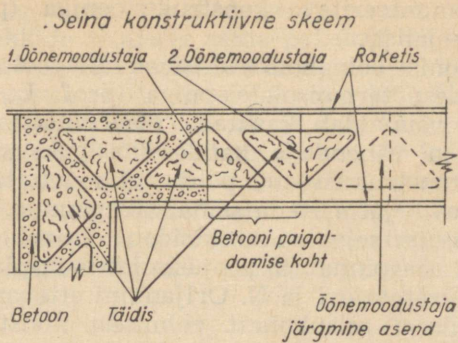


Joon. 15. Valukrohv korebetoonist seinal.

sideaine kulu suunas konstruktorite mõtte monoliitset korebetoonist kergseintele. Seejuures ilmneseid järgmised seinakergendamise teed: 1) õõnesseinte konstrueerimine, 2) termoisolatsioon-plaatmaterjalide rakendamine nende üheaegse ärakasutamisega raketisena, 3) termoisolatsioon-plaatmaterjalide rakendamine ühes kinnise õhuvahemoodustamisega ja viimase ärakasutamisega lisaisolatsioonina ja 4) korebetoonist seinte projekteerimine kandva eemalseisva voodriga ühes vaheruumi täitmisega poorsete materjalidega.

Ins. L. Balaševi sein [11] on monoliitse korebetooniseina õõneskonstruktsiooni originaalseid lahendusi. Seinas on kolmnurksed õõned, mis täidetakse poorse täidismaterjaliga üheaegselt korebetooni paigaldamisega raketise vahele. Õõnte moodustamiseks ja täitmiseks kasutatakse metallist õõnemoodustajaid. Balaševi seinakonstruktiivne skeem koos õõnemoodustaja kujutisega on esitatud joonisel 16.

Käesoleva raamatu autori poolt on soovitatud teine korebetoonist õõnesseina konstruktsioon, mille teostatavust kontrolliti Lungu sovhoosi veiselauda korebetoonist seinte



Joon. 16. Ins. L. Balaševi sein.

püstitamisel. See konstruktsioon on analoogiline vertikaaldiafragmadega tellisseinale (Gerardi seinale). Välise seinapaksuseks võeti 12 sm ja sisemise, kandeseinapaksuseks — 25 sm. Poorse täidismaterjaliga täidetava vaheruumi laius oli 13 sm. Selle seinakonstruktsiooni juures määratakse vertikaalsete diafragmade vahekaugus sõltuvalt avade asetusest. Diafragmade paksuseks soovitatakse võtta 15 sm. Raketis vaheruumi moodustamiseks võetakse

kokku-lahtimonteeritava konstruktsiooniga (puidust või muust materjalist).

Korebetoonist seinakonstruktsioon ühepoolse roog- või TEP-plaatidest termoisolatsiooniga (prof. L. Jürgensoni ettepanek) võimaldab kasutada plaatisolatsioonmaterjali raketisena ja vähendada kandeseina paksust 25 sm-ni. Peamiselt konstruktiivsetel põhjustel soovitatakse termoisolatsioonmaterjal asetada seinä välispinnale.

Korebetoonist seinakonstruktsioon õhuvahega krohvitud betooni sisepinna ja soojusisolatsioon-plaatmaterjali vahel (B. Skramtajeви ja N. Orljankini ettepanek [24]) on soojustehnilisest seisukohast eelmisest konstruktsioonist parem. Kuid ta nõuab krohvi lisakihti. Seetõttu muutub keerukamaks tööde teostamine ja pikeneb nende kestus.

Kandva eemalseisva voodriga korebetoonseina üks võimalikke variante on sein, mida käesoleva raamatu autor leiab kohase olevat ühe-kahekorruselisteks hooneteks Eesti NSV tingimustes. Seinä konstruktsioon on järgmine: sisemine krohv — 1,5 sm, korebetoon — 25 sm, põlevkivituhast täidis — 14,5 sm, väljast vuugitud tellismüüritus —  $\frac{1}{4}$  kivi. Seinä konstruktsioon lubab efektiivselt ära kasutada odavat kohalikku täidismaterjali, kuid nõuab küllaltki kvalifitseeritud tööjõudu.

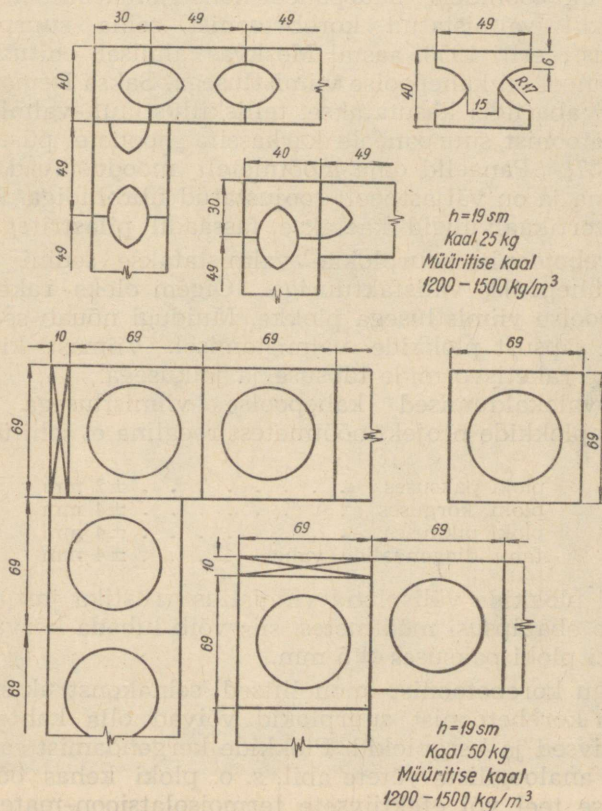
## 2. Väikeplokkseinad

Korebetoonist väikeplokkseinad massiivsete plokkide kasutamisel on analoogilised hästi tuntud seinä konstruktsioonidega looduslikest või kunstlikest materjalidest valmistatud väikeplokkidest. Sel juhul massiivse korebetoonploki põhimõõtmed on  $39 \times 19 \times 19$  sm. Käesoleva raamatu autor on valmistanud selliseid plokkide tehase «Silikaat» betoondetailide tsehhis, aurutades neid aurutamiskambris. Plokkid kaaluvad 22—23 kg, millist kaalu tuleb lugeda vastuvõetavaks. Plokkide mõõtmed lubavad laduda seinu paksusega 19, 39 ja 59 sm. Selleks et samuti saaks püstitada seinu paksusega 29 ja 49 sm, on tarvilikud plokkid paksusega 9 sm.

Et valmistada korebetoonist tühemetega plokkide, tuleb suurendada nende laiust. Ins. I. Martsinjuk [14] kirjeldab korebetoonist tühemetega väikeplokkide kasutamist 50 sm paksusega hoonete seinte ladumisel. Plokkid on kahe ovaalse auguga. Nende mõõtmed —  $50 \times 24 \times 13$  sm ja

kaal — 22 kg. Nende plokkide seotis on analoogiline mas-  
siivsete plokkide seotisele seinä paksusel 39 sm.

Korebetoonist väikeplokkide omapärased tüübid on soo-  
vitatud konstruktor G. Šumilini poolt [10]. Esimest tüüpi  
ploki suurus on 49×40×19 sm ja kaal 25 kg. Teist tüüpi  
ploki suurus on 69×69×19 sm ja kaal 50 kg. Tühemete  
maht nendes on vastavalt 37 ja 40%. Autori soovitusel  
kohaselt tühemad täidetakse kohalike materjalidega:  
räbuga või antiseptitud orgaaniliste materjalidega. Joo-  
nisel 17 on näidatud nende plokkide kuju ja seinä ladu-  
mise viis.



Joon. 17. Korebetoonist õõnsad väikeplokkid ja müüritis nendest.

### 3. Suurplok- ja suurpaneelseinad

Korebetoonist valmistatud suurplokkidest seinakonstruktsioonid ei erine teistest materjalidest suurplokkseinetest. Seinte jaotus plokkideks võib olla erinev, sõltuvalt olemasolevaist monteerimisvahendeist. Korebetoonist suurplokkehitud praktiliselt on rakendatud erinevaid seinte plokkideks jaotamise süsteeme: alates kaheksarealistest ja lõpetades kaherealisega.

Efektiivsete betooni täitematerjalide rakendamisel, nagu näiteks keramsiitkruus, võib plokkide mõõtmeid suurendada kuni korruse kõrguseni, s. o. üle minna suurplok-konstruktsioonidelt suurpaneel-konstruktsioonidele. Keramsiidil valmistatud korebetoonist sein suurpaneeli demonstreeriti 1953. aastal Moskvast alalisel ehitusnäitusel. Paneel oli kahepoolse viimistlusega. Saksa Demokraatlikus Vabariigis kasutatakse telliskillustikul valmistatud korebetoonist suurpaneeli karkassita hoonete püstitamiseks [37]. Paneelid oma mõõtmetelt moodustavad terve toaseina ja on väljastpoolt soojustatud fibroliidiga. Paneelide vertikaalvuugid kaetakse fassaadil pilastritega.

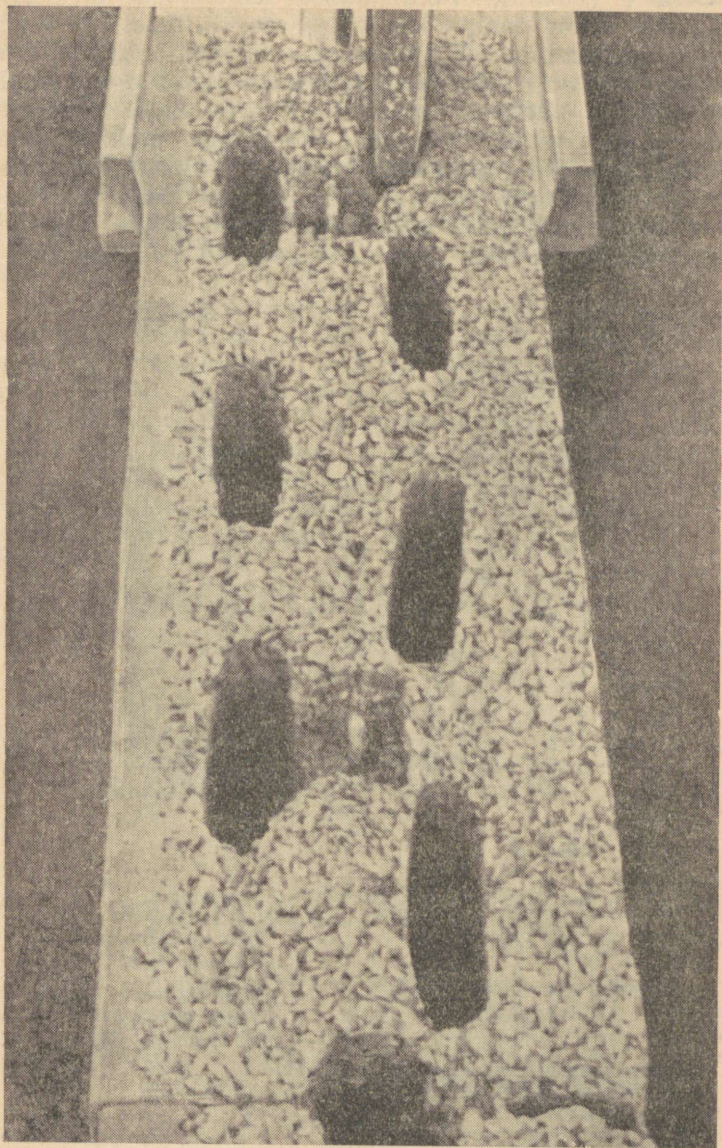
Korebetoonist suurplokke valmistatakse senini enamjaolt ühepoolse välisfaktuuriga. Õigem oleks rakendada kahepoolse viimistlusega plokke. Muidugi nõuab see suuremat täpsust plokkide valmistamisel. Viimast kindlustatakse raketisvormide täpsuse ja jääkusega.

Kõrvalekaldumised kahepoolse viimistlusega korebetoonplokkide projektmõõtmetest reeglina ei tohi ületada [38]:

ploki paksuses . . . . .	±2 mm
ploki kõrguses . . . . .	±4 mm
ploki pikkuses . . . . .	±4 mm
tahu diagonaalide vahes . . . . .	±4 mm

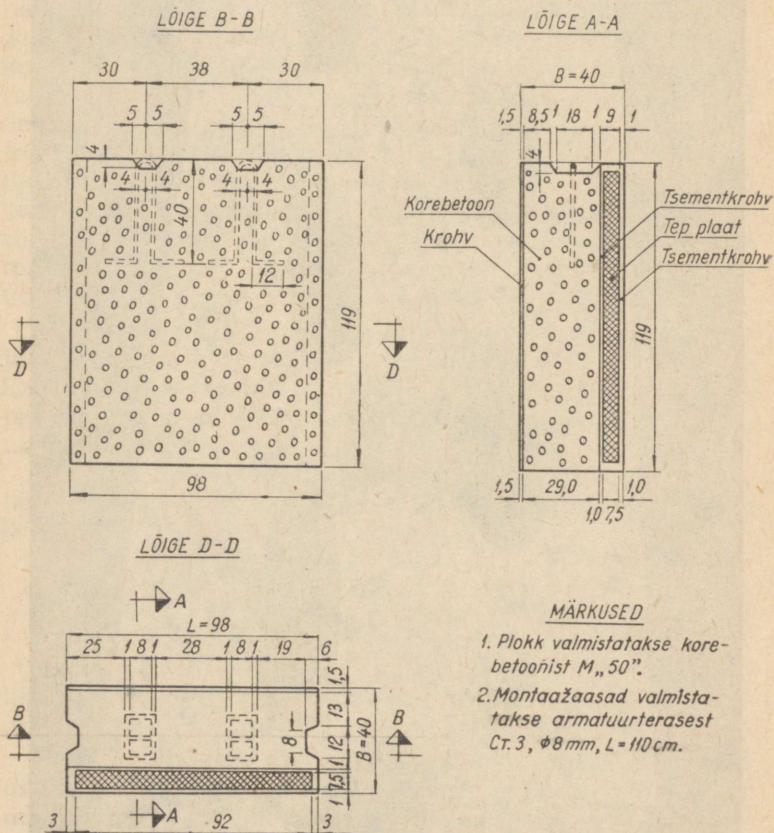
Kui plokkide välispinna viimistlus (rustika jms.) maskeerib ebatäpsusi mõõtmetes, siis võib lubada kõrvalekaldumisi ploki paksuses ±5 mm.

Nagu korebetoonist monoliitsed seinakonstruktsioonid, nii ka korebetoonist suurplokid võivad olla kahte liiki: massiivsed ja kergplokid. Plokkide kergendamist saavutatakse analoogiliste võtete abil, s. o. ploki kehas õõnsuste jätmise teel või efektiivsete termoisolatsioon-materjalide kasutamise abil. Joonisel 18 on toodud korebetoonist ühepoolse krohvikihiga õõnesploki näide.



Joon. 18. Korebetoonist kergplokk.

Selliste plokkide valmistamise tehnoloogia on välja töötatud autori poolt koostöös tehase «Silikaat» betoonitsehhi kollektiiviga. Tühemete maht plokis on 13%. Esitatud plokis on pilukujulised tühemed asetatud vertikaalselt. Selline tühemete asetuse ei luba ilma küllalt keeruka sisseseadeta valmistada suure kõrgusega plokk. Seepärast Läti NSV-s alates 1955. aastast varustatakse kahe realise seinajaotusega hoonetel kõrged avadevahelised korebetoonplokkid horisontaalsete pilukujuliste tühemetega. Viimaste asetuse on sarnane joon. 18 näidatud asetu-

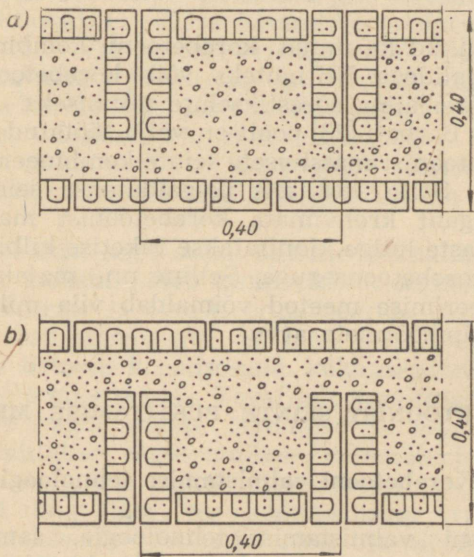


Joon. 19. Korebetoonist seinaplokk TEP-plaatidest termoisolatsiooniga.

sele, s. o. tühemed on kahes reas ja malekorras. Plokkide kaalu vähendamiseks ja soojapidavuse parandamiseks võib tühemete moodustamise asemel plokkide vormimise ajal asetada korebetoonisse eelnevalt madalamargilisest kergbetoonist (saepurubeton, mullbetoon jms.) valmistatud täidiskehad.

Näiteks, kus plokkide kergendamiseks kasutati termoisolatsioon-plaatmaterjali, on Keila sovhoosi karjalauda ehitusel kasutatud suurplokkid. Nendes plokkides on termoisolatsioon TEP-plaatidest ja asub väliskrohvi all (vt. joon. 19).

Originaalne suurplokkide konstruktsioon on välja töötatud ins. I. Ivanovi poolt. Siin on korebetoon väljast vooderdatud serviti asetatud tellisega. Voodri seotise süsteem tagab vajaliku plokkide tugevuse ja korebetooni küllaldase nakke voodriga. Selleks on voodri pikiread paaristellistega jaotatud kaevudeks. Paaristellised lastakse välja kord ühest voodri seinast, kord teisest (vt. joon. 20). Kirjeldatud suurplokkide konstruktsioon võimaldab plokkide valmistada raketisvormideta.



Joon. 20. Korebetoonist suurplokkide voodriseotis ins. I. Ivanovi süsteemi kohaselt  
a) paarisread, b) paaritud read.

## 4. Kombineeritud seinad

Mitmesugustel kohalikel sideainetel valmistatud madalamargilise korebetooni kasutamine on kõige paremini teostatav seinakonstruktsioonides, millistes korebetooni kaitstakse kas tellistest või teisest materjalist kandva välisvoodriga. Korebetoon paigaldatakse välisvoodri ja sisemise raketise vahele. Vastavalt N. Popovi jt. poolt koostatud juhistele [39] on vähekorruseliste hoonete ja 4—5-korruseliste hoonete ülemiste korruste tellisvälisvoodri paksus  $1\frac{1}{2}$  kivi (pilastrid 1 kivi) ja 4—5-korruseliste hoonete alumiste korruste välisvoodri paksus 1 kivi (pilastrid  $1\frac{1}{2}$  kivi). Korebetoonikihi paksus määratakse soojustehniliste arvutustega.

Teiseks mitmekihiliseks seinakonstruktsiooniks, kus korebetooni kasutatakse täidismaterjalina, on nn. «moskva ökonoomne sein» [40]. Selle konstruktsiooni juures kergtäitematerjalil valmistatud korebetoon paigaldatakse ühe kuni poolteise kivi paksusega tellisseina ja kuivkrohvi vahele. Viimane on kinnitatud sõrestikule. Seega kirjeldatud konstruktsiooni juures ei vajata puitu raketise jaoks.

On võimalikud ka muud korebetooni kombinatsioonid teiste materjalidega. Nii näiteks võib korebetooni eduga kasutada materjalina sõrestikseinte täitmiseks.

Insener P. Borbati [23] poolt on välja töötatud ja juurutatud korebetoonist massiivsete seinte kombineeritud teostamise viis. Selle kohaselt paigaldatakse seina teatud vahemaa tagant krohvimata korebetoonist majak-suurplokid, viimaste külge kinnitatakse raketise kilbid ja vahe täidetakse korebetoonseguga. Selline nn. majak-plokkide järgi betoneerimise meetod võimaldab viia miinimumini plokkide tüüpõõtmete arvu.

## II. KOREBETONIST SEINTE PÜSTITAMISE MEETODID

### 1. Korebetooni valmistamise tehnoloogia

Korebetooni valmistamise tehnoloogia, samuti nagu tema tihendamise meetod ja betooni hooldamise või hüdrotermilise töötlemise režiim, peab kindlustama korebetooni projektikohase margi saamist. Seda võib saavu-

tada nõutud koostisega betoonisegu valmistamise, täitematerjali niiskuse õige arvestamise, betooni koostisosade segistisse laadimise järjekorra, segamise enese organiseerimise ja efektiivse kontrolli teostamise teel seguveesisalduse üle.

Korebetooni segu koostise peab määrama laboratoorium (arvestades ettenähtud betooni tihendamise viisi). Laboratoorium peab tingimata andma betooni koostisse kuuluva tsemendi ja täitematerjali kaalulise vahekorra ja optimaalse vesitsementteguri õhukuiva täitematerjali kohta. Tsemendi ja täitematerjali mahulist vahekorda anda ei ole soovitatav, sest selle kasutamisel tekivad ehitusel suured kõrvalekaldumised projekteeritud tugevustest. Kui tootmistingimustes täitematerjali doseerimist teostatakse mahu järgi, siis, määrates tema mahukaalu (õhukuivas olekus) vastavalt doseerimise tingimustele ja lähedes etteantud betooni koostisosade kaalulisest vahekorrast, kindlustatakse segu koostise suurem täpsus.

Selleks, et seguvett õigesti doseerida, on vajalik teha laboratooriumi poolt antud vesitsementteguri juurde parandus, mis arvestab täitematerjali tegelikku niiskust. Katsed näitavad, et sellise paranduse määramine teoreetilise arvutuse teel täitematerjali niiskuse täieliku arvestamisega tavaliselt põhjustab optimaalsest väiksema veesisaldusega korebetooni saamist. See asjaolu räägib sellest, et tootmise tingimustes, eriti aga tihedate sademetega rajoonides, nagu seda on Eesti NSV territoorium, on vajalik kindel kontroll õige veesisalduse üle korebetooni segudes.

Et korebetooni segu saaks ühtlane võimalikult lühema segamisaja jooksul, tuleb kinni pidada segisti õigest laadimisjärjekorrast ja õigesti organiseerida segamise protsess. Kui vesitsementtegur on määratud, siis põhiliseks ülesandeks betooni koostisosade kokkusegamisel on vee ühtlane jaotamine segus. Tavaliselt soovitatakse järgmist materjalide segutrumlisse laadimise ja segamise korda: alguses laaditakse segutrumlisse täitematerjal ja segatakse osa veega, mis tagab täitematerjali terade ühtlast niisutamist ilma liigse vee kogunemiseta trumli põhja, edasi kallatakse tsement ja lühikese aja möödumisel ülejäänud vesi. Sellise betoonisegu valmistamise korra puuduseks on liiga suur tsükli kestus. Kronometreerimise andmetel on segamise kestus (250-liitrilise segamistruumliga

segisti puhul) alates täitematerjali segamistruumlisse laadimise silmapilgust ja lõpetades trumli kummutamisega väljalaadimise eesmärgil, 110 sekundit, s. o. ligi 2 minutit. Kirjanduses räägitakse samuti 2-st minutist kui minimaalsest segamisajast. Segamise kestust võib lühendada, võttes tarvitusele järgmise korebetooni koostismaterjalide laadimise ja segamise järjekorra (sel juhul, kui seguvee hulk on täpselt kindlaks määratud). Algul kallatakse kogu seguvesi segamistruumlisse, edasi antakse sinna tõstuki kopa abil üheaegselt täitematerjal ja tsement. Tolmamise ja sellega seoses olevate tsemendikadude ärahoidmiseks asetatakse tsement kopas täitematerjali vahele. Seejärel algab segamine. Et vältida tsementtaina kogunemist trumli põhja, tuleb trummel segamise ajal vähemalt kaks korda pöörata üle vertikaaltele. Sellisel segamise protsessi organiseerimisel on võimalik alandada korebetooni segamise kestust kuni 80 sekundini.

Nagu juba öeldud, on tootmisel eriti tähtis kontrollida korebetooni optimaalset veesisaldust, sest optimaalsest vesitsementtegurist mõlemale poole kõrvalekaldumine toob kaasa betooni tugevuse alanemise. Üleliigne vesi võib pealegi põhjustada nn. «külmasildade» moodustumist seinas, mis mõjub negatiivselt viimase soojustehnoliste omadustele.

Kõik tuntud meetodid korebetooni optimaalse veesisalduse kontrollimiseks lähtuvad sellest, et korebetooni puhul ei tohi olla tsementtaina mahavoolamist või roomamist täitematerjali teradelt. Asjaolu selgitamiseks kirjeldame lühidalt neid meetodeid:

1. meetod. Korebetooniga täidetud metallvorm ( $20 \times 20 \times 20$  sm) lastakse 5 korda kukkuda kõrguselt 30 sm ja seejärel võetakse lahti. Betoonisegu on rahuldav, kui vormi põhja ei teki tsementtaina kihti.

2. meetod. Betoonisegu raputatakse kõrguselt 1,5—2 m aluse peale asetatud nõu sisse, mille põhi on varustatud aukudega. Rahuldava segu puhul ei tohi tsementtainas 1—2 minuti jooksul läbi valguda.

3. meetod. Betoonisegu kallatakse kolm korda järjest kõrguselt 0,5—0,6 m ühest ämbrist teise. Rahuldava betoonisegu puhul ei tohi ämbrite põhja koguneda tsementtainast.

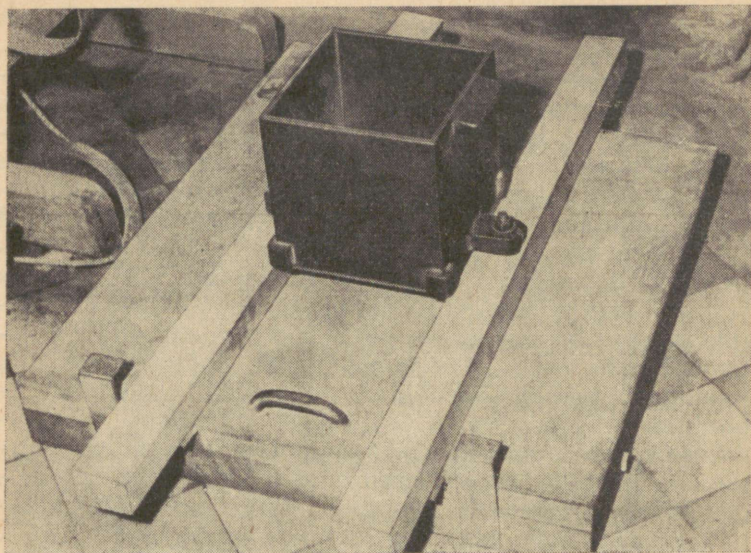
Loetletud meetodeid üksikasjaliselt kritiseerimata märgime, et kõik nad ei võimalda konstateerida mitteküllal-

dast veesisaldust. Viimane on aga samuti lubamatu, sest põhjustab optimaalsest madalamat betooni tugevust.

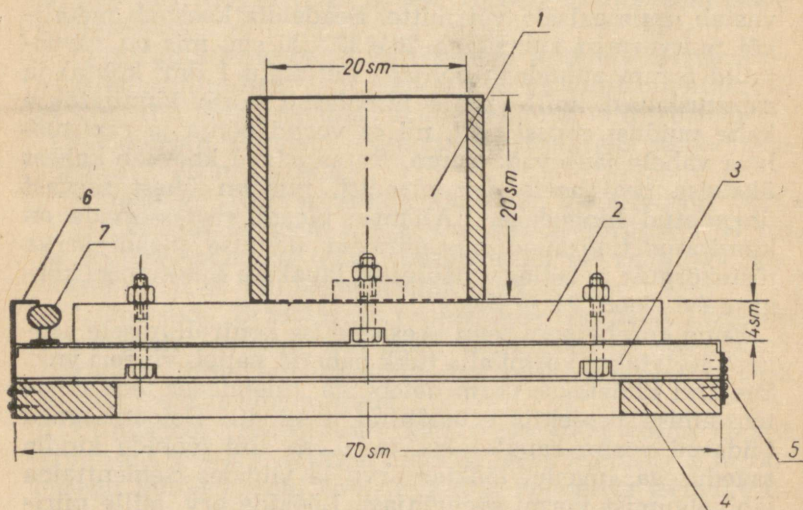
Korebetoonist katsekehade valmistamisel, lahtirakes-tamisel ja proovimisel teostatud vaatlused lubasid jõuda järeldusele, et korebetoon saavutab suurima survetugevuse, mis vastab optimaalsele vesitsementtegurile, mitte tsementtaina täitematerjali teradelt mahavoolamise tundemärgi puudumisel (see on väga ebakindel mõiste), vaid just niisuguste tundemärkide esialgsel tekkimisel korebetooni tihendamisel projektis ettenähtud viisil. Seda võib seletada sellega, et üksikute terade vaheliste kontaktide tugevus on suurim sel juhul, kui tsementtaina konsistents lubab temal tihendamisjõudude mõjul osalt alla roomata ja teatud määral kontsentreeruda terade kontaktpunktides. Seda tõendab asjaolu, et optimaalse veesisaldusega korebetoonist katsekehade juures ilmnesid tsementtaina mahavoolamise esialgsed tundemärgid. Viimane avaldus selles, et katsekeha alumisel tahul tekkisid allavalgunud tsementtaina laigud, suhtelise pinnaga 5 kuni 15% katsekeha tahu pinnast.

Autori poolt on konstrueeritud seadeldis, mille abil on võimalik kontrollida, kas korebetooni segu veesisaldus vastab optimaalsele või mitte. Seadeldis koosneb metall- või puitvormist suurusega  $20 \times 20 \times 20$  sm, mis on varustatud 5 mm aukudega põhjaga (90 auku  $1 \text{ dm}^2$  kohta) ja raputuslauast, mille peale nimetatud vorm kinnitatakse kahe puidust prussi abil, nii et vormi põhja ja raputuslaua vahele jääb vaba ruum. Raputuslaud koosneb kahest üksteise peal asetsevast plaadist, mis on ühest servast ühendatud hingedega. Alumise plaadi vastasservale on kinnitatud tugirauad, mis piiravad ülemise plaadi serva tõstekõrgust ja sellega määravad lauakese kukkumise kõrguse (vt. joon. 21 ja 22).

Enne korebetooni segu veesisalduse kontrollimisele asumist asetatakse vormi alla tükk paberit, pappi, vineeri vms. Seejärel täidetakse vorm betooniga, tihendades teda tööde teostamise projektis ettenähtud meetodil. Betooniseguga täidetud vormi raputatakse lauakese abil löökide kindla sagedusega, lugedes löökide arvu ja jälgides tsementtaina läbivalgumist vormi sõelpõhjast. Löökkide arv, mille piirides algab tsementtaina läbivalgumine optimaalse veesisaldusega korebetooni juures, peab olema normitud. Korebetooni segu, selle tihendamisel sorkimisega, on optimaalse



Joon. 21. Seadeldis korebetooni veesisalduse kontrollimiseks.

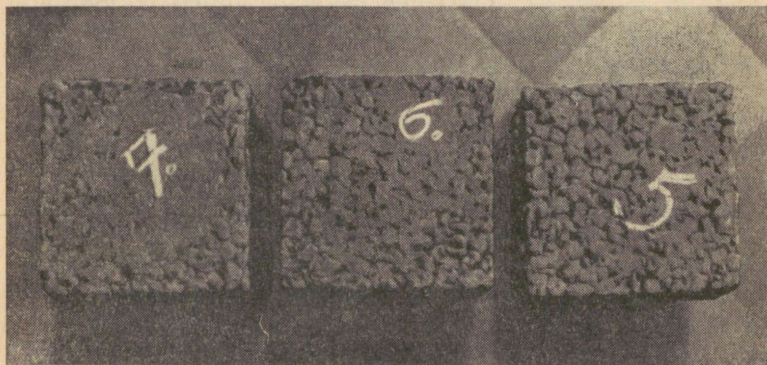


Joon. 22. Seadeldis korebetooni veesisalduse kontrollimiseks.

1 – metallvorm sõelpõhjaga; 2 – aluspuid 4×5 sm; 3 – tõstetav laud 70×70 sm; 4 – alusraam; 5 – hing; 6 – tõstekõrguse piiraja; 7 – käepide.

veesisaldusega, kui tsementtaina läbivalgumine vormi sõelpõhjast (metallvormi puhul) algab vormi raputamisel sagedusega 2 lööki sekundis 10-nda ja 35-nda löögi vahel. Kui läbivalgumine algab sellest varem või juba korebetooni tihendamisel, siis betoon sisaldab liiga palju vett. Vastupidi, kui raputamisel üle 35 löögini tähelepanuväärset läbivalgumist ei konstateerita, siis betoon on mitteküllaldase veesisaldusega. Joonisel 23 näeme optimaalse veesisaldusega korebetoonist katsekeha alumist tahku (kuup nr. 6), sellest veidi väiksema veesisaldusega (kuup nr. 5) ja liigse veesisaldusega katsekeha (kuup nr. 7).

Korebetooni tihendamisel vibreerimise teel asetatakse seadeldis vibrolauale. Seejuures optimaalne veesisaldus määratakse tsementtaina läbivalgumise alguse aja järgi.



Joon. 23. Erineva veesisaldusega korebetoonist valmistatud katsekehad.

5 — veesisaldus alla optimaalse; 6 — optimaalne veesisaldus;  
7 — veesisaldus üle optimaalse.

## 2. Korebetoonist suurplokkehitus

Kõige ajakohasemaks korebetooni kasutamise viisiks on suurplokkehitus. Samuti nagu teistes Nõukogude Liidu vabariikides, on ka Eesti NSV-s esimesi kogemusi korebetoonist seinaplokkide kasutamise alal. Esimesed hooned korebetoonplokkidest seintega on juba eksploateerimisel.

Seinte monteerimise tehnoloogia ja montaažtööde organiseerimine korebetoonist suurplokkide rakendamisel on

põhimõtteliselt samad mis mingist teisest materjalist suurplokkide puhul. Seepärast käsitleme siin korebetoonist suurplokkide valmistamise tehnoloogiat, korebetoonist seinte montaaži osas aga piirdume ainult mõningate näidete ja soovitustega.

Korebetoonist suurplokkide valmistamist võib organiseerida kas ehitusplatsil või tehastes. Esimesel juhul korebetoonplokkide kivinemine toimub harilikult välisõhu tingimustes. Korebetooni kivinemise kiirendamiseks võib eduga kasutada tavalisi betooni kivinemise kiirendajaid: kloorkaltsiumi, soolhapet ja teisi. Üksikutel juhtudel ehitusplatsi tingimustes võib organiseerida polügoone plokkide aurutamise või elektrisoojendamise võimalustega. Korebetoonplokkide valmistamisel tehases kiirendatakse betooni kivinemist aurutamisega aurutamiskambrites.

Korebetoonplokkide valmistamine tehastes on industriaalsem meetod ja seda tuleb eelistada suurplokkide valmistamisele ehitusplatsil. Tehaseline meetod võib aga olla rentaabel, kui plokkide valmistamise protsess on otstarbekohaselt mehhaniseeritud ja plokkide vormid on metallist. Puitvormid tehase tingimustes õigustavad ennast vähe, sest nad ei taga mitmekordset täpset vormimist. Aurutamisel puitvormides on peaaegu võimatu ära hoida plokkide kuju moonutamist. Metallvormide ringlus on aga suur — neid võib remondita tarvitada mitusada korda. Kui korebetoonplokkide tehaselisel valmistamisel kasutatakse siiski puitvorme, siis nende geomeetriliste mõõtmete säilitamiseks tuleb kinnitada nurkraud vormi külgmiste kilpide ülemistele servadele ja otstele (kilpide välimisele küljele risti laudadele).

Tööstuslikud katsed korebetoonplokkide valmistamise alal tehaselistes tingimustes viidi läbi koostöös tehase «Silikaat» töötajatega.

Korebetoonist suurplokkide valmistamisel oli täitematerjaliks paekillustik terajämedusega 10—20 mm. Kuna Lasnamäe paemurdude karjäärist toodud killustik sisaldas suurel määral peeni osakesi, siis tuli tehases teda täiendavalt sõeluda ja pesta. Sideainena kasutati nii portlandtsementi kui ka hüdraulilist kukermiiti. Korebetooni koostis kaalu järgi oli 1 : 10. Tsementmört viimistluskihi jaoks oli mahulise vahekorraga 1 : 3. Nii korebetooni kui ka mördi valmistamiseks kasutati 250-liitrilist betoonisegistit.

Plokkide vormimist teostati lahtivõetavates vormides.

Vormid olid valmistatud neljasentimeetristest punnitud laudadest, millede sisepinnad olid hõõveldatud (vt. joon. 24).

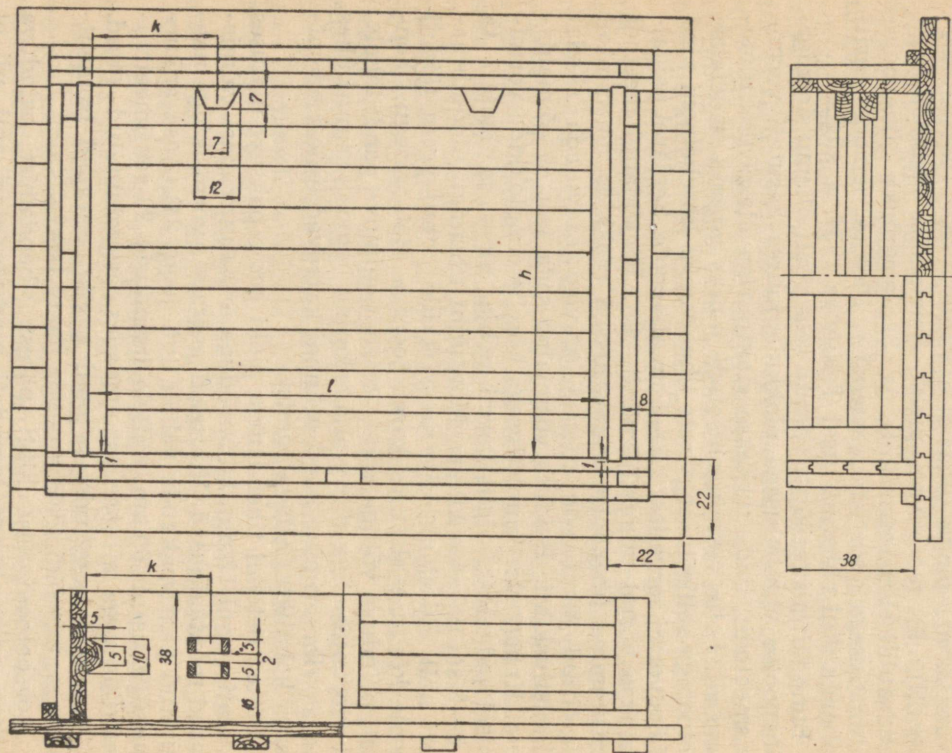
Plokkide mõõtmed olid  $140,5 \times 108 \times 38$  sm. Massiivse ploki kaal oli ligikaudu 1 t. Plokid valmistati kolme tüüpi: 1) massiivne plokk ühepoolse viimistlusega (portlandtsemendil), 2) massiivne plokk kahepoolse viimistlusega (hüdraulilisel kukermiidil) ja 3) kergplokk ühepoolse viimistlusega (portlandtsemendil). Plokke demonstreeriti vabariiklikul ehitusnäitusel Tallinnas 1954. a. sügisel.

Enne täitmist määriti vormid seestpoolt õliemulsiooniga. Ühepoolse viimistlusega plokkide juures kasutati vormimismeetodit, mida tuntakse «faktuuriga ülespoole» nime-tuse all. Selle vormimismeetodi juures vormid täidetakse betooniga selliselt, et pärast tihendamist korebetooni pind jääks vormi servadest 1,5—2 sm allapoole. Seejärel paigal-datakse vormi viimistlusmördi kiht. Kirjeldatud meetodi kasutamine ühepoolse viimistlusega plokkide vormimisel oli antud juhul põhjustatud sooviga saavutada siledat viimistluskihti. Puidust vormialus seda aga ei võimaldanud. Kahepoolse viimistlusega korebetoonplokkide vormi-misel paigaldati algul vormi põhja mört ja laotati ta 1,5—2 sm paksuse kihina. Mördikiht tihendati pindvibraatori abil. Edasi massiivsete plokkide puhul vorm täideti poole kõrguse ulatuses korebetooniga. Betoonisegu tihen-dati painduva võlliga vibraatoriga. Seejuures pandi tähele, et vibronüia liiga sügav allalaskmine betooni, samuti ühes kohas vibreerimine üle 5 sekundi kutsuvad esile tsement-taina kohalikku allavalgumist.

Pärast betooni tihendamist ploki poole paksuse ulatuses asetati vormi 12 mm läbimõõduga armatuurraudast valmis-tatud montaažasaad. Viimased paigutati vormi külge nae-lutatud paarispaakude vahele (vt. joon. 24). Aasa ankur-dussügavus oli 60 sm, millele lisandusid 20-sentimeetrili-sed täisnurga all vastassuundades ärapainutatud otsad. Enne nende asetamist betooni kaeti aasarauad tsement-tainaga, mis pidi tõstma nende naket betooniga.

Korebetooni teist kihti pärast tihendamist painduva võlliga vibraatoriga tasandati pindvibraatori abil, nii et betoonipinna ja vormi serva vahele jäi 1—1,5 sm suurune vahe. Seejärel paigaldati vormi ülemise viimistluskihi mört, mis samuti tihendati ja tasandati pindvibraatoriga.

Ploki kergendamist saavutati ovaalsete püstpilude ( $5 \times$



Joon. 24. Lahtivõetav puitvorm suurplokkide valmistamiseks.

×20 sm) moodustamisega, mis paigutati malekorras (vt. joon. 18). Tühemete moodustamiseks asetati ploki vormimisel betooni sisse katuseplekist õõnemoodustajad, mis olid eelnevalt võõbatud õliemulsiooniga. Õõnemoodustajad valmistati puitšabloonil, mille pinnad olid kooniliselt töödeldud. Üks õõnemoodustaja oli needitud, teised olid valtsitud. Betoneerimise ajal, selleks et ära hoida plekist õõnemoodustajate kokkumuljumist, asetati nendes kaks omavahel klotsidega ühendatud kiilukujulist vineeririba. Kivinenud plokkide lahtirakestamisest eemaldusid õõnemoodustajad (isegi needitud) küllaltki kergelt. Seepärast võib kirjeldatud korebetoonist suurplokkide kergendamise meetodit soovitada tootmisesse rakendamiseks.

Korebetoonist suurplokkide hüdrotermilist töötlemist teostati aurutamiskambrites varem kindlaksmääratud režiimi kohaselt (3+15+2 tundi).

B. Skramtajejev soovib [24] aurutamise kestuse lühendamiseks teostada tsemendi eelnevat märga jahvatamist, lisades tsemendile jahvatamise alguses 4% kipsi ja pärast jahvatamist 2,5% kloorkaltsiumi. Kruusal ja portlandtsemendil aktiivsusega 415 kg/sm<sup>2</sup> valmistatud korebetoon, mahulise koostise juures 1:10, pärast aurutamist nelja tunni kestel temperatuuril +80° näitas järgmist tugevust:

kivinemise kiirendajateta . . . . .	17 kg/sm <sup>2</sup>
kloorkaltsiumi lisandiga . . . . .	22 „
tsemendi märjal aktiveerimisel (segistis)	
4% kipsi lisandiga . . . . .	23 „
tsemendi märjal aktiveerimisel (segistis)	
4% kipsi ja 2% CaCl <sub>2</sub> lisandiga . . . . .	39 „

Sama betooni 28-päevane survetugevus normaalsel kivinemisel oli 47 kg/sm<sup>2</sup>.

Vastavalt B. Skramtajejevi ettepanekule tsemendi märjal aktiveerimisel betoonisegistis viimase trumlist eemaldatakse juhtlabidad ja pikendatakse korebetooni segamise kestust kuni 5—7 minutini. Jahvatuskehadeks on kruusa (killustiku) terad, mis peavad olema küllalt tugevad (survetugevus mitte alla 300 kg/sm<sup>2</sup>).

Korebetoonist suurplokkide tehasealise valmistamise näitena vaatleme Läti NSV-s Riia raudbetoondetailide tehases kasutusele võetud tehnoloogiat.

Korebetooni segu valmistatakse 425-liitrilises C-158 tüüpi betoonisegistis. Segamise ajal lisatakse betoonile

2—3% (tsemendi kaalust) kloorkaltsiumi. Segamine kestab 3—4 minutit.

Valmis betoonisegu suunatakse vormimisosaakonda, kus vibrolaua asub ettevalmistatud vorm. Vormi põhi on metallist, vormi servad puidust ning pealt ääristatud nurkraudadega. Algul paigaldatakse vormi põhja sisemise krohvikihi mört, mille järel toimub vibreerimine. Edasi paigaldatakse vibropunkrist vormi korebetoon ja vibreeritakse 5—10 sekundi kestel. Lõpuks paigaldatakse vormi välimise krohvikihi mört, millele erilise rulli abil antakse soovitatav viimistlus.

Plokkide betoneerimise protsessis asetatakse vormi montaažsaad ja puidust õõnemoodustajad.

Betoneerimise lõppedes laotakse plokkid kraanatala abil aurutuskambrisse, kust nad pärast 16-tunnilist hüdrotermilist töötlemist välja võetakse, lahti rakestatakse ja valmistoodete lattu suunatakse.

Plokkide vigastamise ärahoidmiseks transportimise ja monteerimise ajal kasutatakse krohvikihis kõrgemargilist tsementmörti ( $80 \text{ kg/sm}^2$ ) ja transportimisel asetatakse plokkid serviti saepuru kihile.

Suvingimustes võib korebetoonist plokkide valmistada aurutamisea, otse ehitusplatsidel või polügoonidel. Selliselt oli organiseeritud korebetoonist suurplokkide valmistamine Keila sovhoosi veiselauda ehitamisel. Karjalaut 104 veisele oli projekteeritud TEP-plaatidest (paksus 75 mm) termoisolatsiooniga ja kahepoolse tsementmördist (1 : 3 mahu järgi) viimistlusega korebetoonplokkidest paksusega 40 sm. Üksiku ploki kaal ulatus 735 kg-ni. Korebetooni mark projekti järgi oli 50. Täitematerjalina kasutati paekillustikku terajämedusega 20 kuni 40 mm. Kohaletoodav killustik oli laiema fraktsiooniga ja sisaldas palju peenikesi teri, mis sõeluti kohapeal välja. Üheaegselt killustiku sorteerimisega toimus ka tema pesemine. Korebetoon valmistati estakaadile paigutatud 250-liitrilises betoonisegistis. Betooni komponente doseeriti mahuliselt vahekorras 1 : 10 — tsement mark 400, killustik karjäärist «Lasnamäe paemurrud». Korebetoonile lisati juurde kloorkaltsiumi ca 3% tsemendi kaalust. Samas segistis toimus ka tsementmördi valmistamine koostisega 1 : 3 mahu järgi, mida kasutati nii plokkide viimistlemiseks kui ka mördina plokkide omavaheliseks sidumiseks.

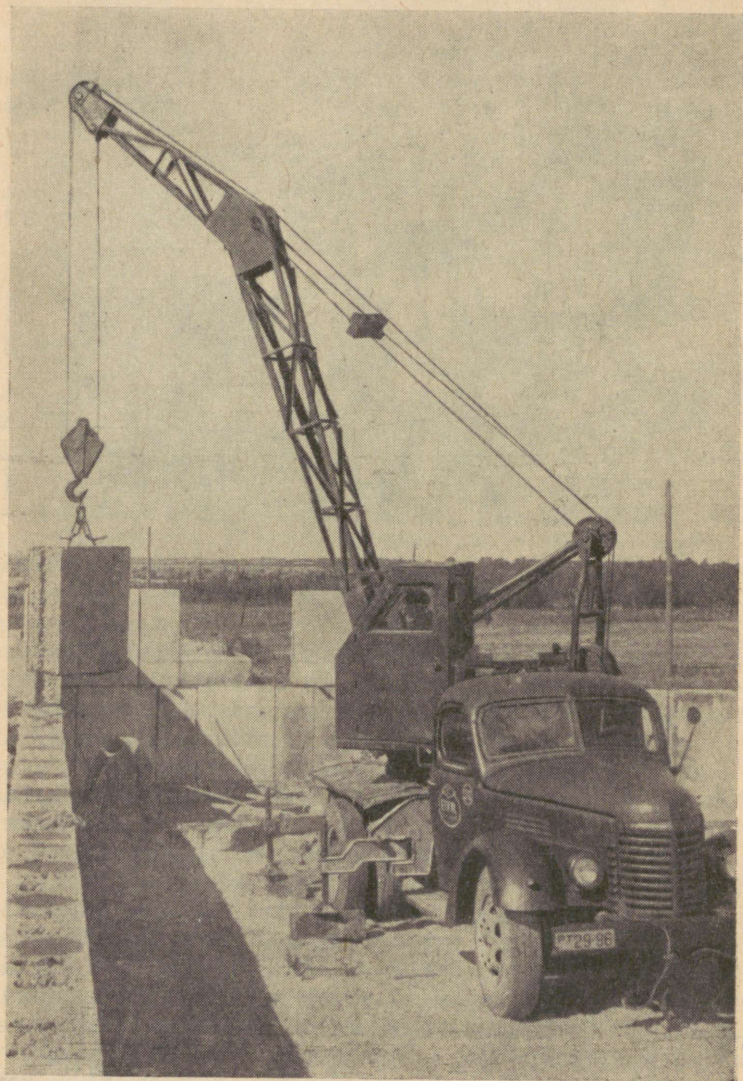
Betooni ja mördi transportimine betoonisõlmest plok-



Joon. 25. Korebetoonist suurplokkide vormimine Keila sovhoosi veiselauda ehitamisel.

kide vormimiskohani toimus vagonettidele asetatud kaldpõhjaga punkrites mahuga  $0,5 \text{ m}^3$ . 2,5 sm laudadest valmistatud vormid asetati piki rööbasteed, 10—20 sm kaugusel sellest. Plokkide vormimine on näidatud joonisel 25.

Plokkide vormimist teostati järgmise tehnoloogia järgi. Puhastatud vormide õigsust kontrolliti suure kolmnurga abil. Vormi põhja laotati ca 1,5 sm kihina muldnuiske konsistentsiga tsementmört. Pärast selle tasandamist müürikellu abil laoti mördile märjad TEP-plaatide ribad selliselt, et plaatide vahele ja plaatide ning vormi äärte vahele jääks umbes 3 sm vaba ruumi. TEP-plaadid ümbritseti külgedelt ja pealt tsementmördiga. Seejuures jälgiti eriti hoolsasti, et vormi nurkades ja plaatide vahedes mört oleks korralikult tihendatud. Pärast nimetatud mördikihi tasandamist paigaldati vormi korebetoon. Samaaegselt asetati klotside vahele montaažasaad. Betoon tihendati korruga ühes kihis, nii et vormi servadeni jäi veel 1,5—2 sm ruumi ülemise krohvikihi moodustamiseks. Viimast mördikihti tasandati rihtlatiga ning siluti kelluga. Plokke kasteti kividemise vältel 3—4 korda päevas.



Joon. 26. Korebetoonist suurplokkide monteerimine autokraanaga K-32.

Plokkide valmistamisel töötas kuueliikmeline brigaad. Kolm töölist teenindasid betoonisõlme, neist üks segisti motoristina. Üks tööline töötas korebetooni transportimisel ja kaheliikmeline lüli vahetult suurplokkide vormimisel.

Vormide küljekilbid eemaldati järgmisel päeval pärast plokkide valmistamist. Tavaliselt kolmandal päeval lükati plokid aluse abil käsitsi püsti ja seitsmendal päeval paigaldati sein. Üksikud plokid aga paigaldati sein juba kolmandal päeval pärast nende valmistamist. Vabanenud vormid puhastati enne nende järjekordset kasutamist kellu abil tsementkivist ja mördist. Vormide kastmist veega enne plokkide vormimist ei kasutatud.

Suurplokkide paigaldamist sein teostati autokraanaga K-32 (vt. joon. 26). Kraana tõstevõime lisatugedel on 0,75 kuni 3,0 t ja ilma lisatugedeta 0,4 kuni 1,0 t.

Esimese ja teise plokirea monteerimisel töötas peale kraanajuhi kaks töölist (nende hulgas brigadir). Tööjaotus oli järgmine: brigadir valis ja haakis ploki, kontrollis haakimise kindlust ning suunas ploki tõstmisel. Samal ajal abitööline laotas ploki sängile mördi ja tasandas selle kellu abil ühtlaseks ca 1,5 sm paksuseks kihiks. Seejuures tuli hoolikalt jälgida, et mördi ei satuks mõni killustikute, mis takistab ploki õiget asetamist. Ploki allalaskimisel mõlemad töölised võtsid ta vastu ja suunasid kohale. Seejuures ploki õigeaks asetamiseks naaberploki suhtes kasutas brigadir vuugi paksuse järgi tehtud pulka (vt. joon. 27).

Ploki õiget asetust kontrolliti majakplokkide järgi ning vertikaalsust vesi- ja nööri abil. Plokkide õigesse asendisse seadmiseks kasutati raudkangi ja puitkiilusid. Plokkide monteerimisel kraana püsivuse kindlustamiseks töötati allalastud lisatugedel. Vahetuses paigaldati keskmiselt 25—30 ploki.

Teise kahemehelise lüli ülesandeks oli vertikaalvuukide takutamine (vt. joon. 28) ja mördiga täitmine ning sein vuukimine tsementmördiga.

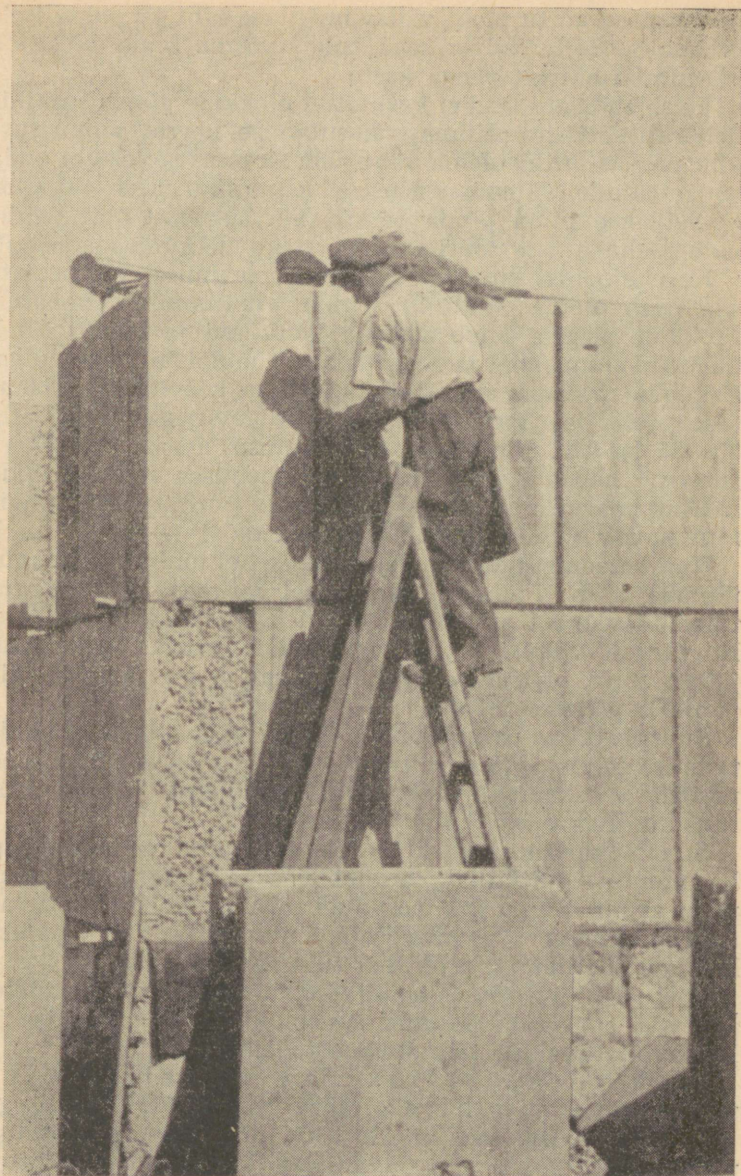
Keila sovhoosi veiselauda ehitusel esines ka mõningaid puudusi.

25 mm laudadest valmistatud vormide küljekilbid osutusid nõrkadeks. Plokkide vormimisel paindusid nad läbi kuni 15 mm, mistõttu plokkide külgtahud polnud tasapinnalised. Kuna kasutati tooreid laudu, kuivasid need



Joon. 27. Korebetoonist suurploki kohaleasetamine.

tunduvalt kokku ning tekkinud pragude tõttu põhjakilpides jäi plokkide välispind (vormimisel — alumine pind) mõningatel juhtudel ebatasaseks. Kuivade vormide kasutamise tõttu ei saanud ploki alumine pind vajalikul hulgal



Joon. 28. Vertikaalvuukide takutamine.

niiskust, mistõttu ploki välisviimistluse kiht jäi suhteliselt rabadaks. Selle vältimiseks tuleb vorme enne plokkide vormimist ohtralt veega kasta.

Veiselauda ehitusel ei kasutatud plokkide viimistluskihis dekoratiivbetooni. Viimase kasutamise korral viimistluskihi paksus peaks olema vähemalt 20 mm. Selleks et anda suurplokkide välisviimistlusele loomuliku kivi välimus, töödeldakse ploki pinda elektri või suruõhu abil töötavate mehaaniliste tööriistadega, nagu täkkimishaamer jt.

Korebetoonist suurplokkide transportimisel ehitusplatsile peab olema välditud nende vigastamise võimalus. Plokkide vahele tuleb asetada lauatükid ja plokid tuleb ühendada omavahel montaažasaadest läbipistetud traadiga. Et plokid transportimisel ei kannataks, soovitatakse kasutada plokkides korebetooni survetugevusega mitte alla 30—35 kg/sm<sup>2</sup>. Plokkide valmistamise korral väikekorruseliste hoonete püstitamiskoha läheduses võib piirduda betooni margiga 25 [24]. Plokke võib normaalsetes tingimustes kivinemise korral transportida 3—7 päeva järel.

Korebetoonist plokkide ladustamisel ei tohi virna kõrgus ületada 3 m. Plokkide asetamisel mitmes kõrgusjärgus tuleb ülevalpool asetsevad plokid asetada vahelaudadele. Et vältida viimistluskihi vigastamist, peavad vahelaud jääma ploki otstest eemale (vähemalt 5 sm ja mitte üle  $\frac{1}{4}$  ploki pikkusest [38]).

Suurplokkide paigaldamise ja horisontaalsete vuukide täitmise tehnoloogiast sõltuvad olulisel määral plokkseina positiivsed eksploatatsioonilised omadused — tugevus, tuulekindlus, väike deformeeruvus.

Suurplokkehitustel kõige levinenuma paigaldusviisi kasutamise, puitkiilude allalöömise ja selle tulemusena pisut avanenud horisontaalvuugi täitmise korral osutuvad suurplokkseina tugevusnäitajad madalaiks. Suurplokkhoonete püstitamise praktikas tuleb sellest viisist loobuda.

Toetudes kirjanduses avaldatud uurimistöö tulemustele, [41] võib soovitada järgmisi suurplokkide paigaldamise ja horisontaalvuukide täitmise meetodeid:

Plokkide paigaldamine lainelise pinnaga mördikihile. Mört mark 50, koostisega ca 1:0,1:3 (tsement mark 300:lubi:liiv) ja koonuse vajumisega 10—12 sm laotatakse kopplabidaga, jättes katmata 3 sm laiuses ribad ploki välispindade juures. Tehes siksakilisi liigutusi tehakse 30—50 mm kõrguste

hammastega «kammi» abil mördi pind laineliseks. Seejärel asetatakse plokk mördikihi. Ploki ebaõige asendi korral tõstetakse ta uuesti kraana abil, täiendatakse mördikihti sellel küljel, kuhu poole plokk kaldus, ning tehakse mördi pind uuesti laineliseks; seejärel kordub ploki paigaldamise protsess.

Plokkide paigaldamine raami abil tasandatud mördikihi. Meetod seisneb mördipinna tasandamises rihtlatiga mööda vesiloodi abil ülesseatud puitraami ning plokkide asetamises sel viisil tasandatud mördile. Kohaleasetatud ploki ebaõige asendi korral ta eemaldatakse ja täiendatakse mördikihti nagu esimese meetodi puhul.

Plokkide paigaldamine ja vuukide täitmine kiilude väljatõmbamisega. Selle meetodi korral plokk paigaldatakse mördikihi, millesse on asetatud kaks mördikihist 3—5 mm õhemat alusklotsi 5—6 sm kaugusel ploki välisservast. Seinä siseküljelt asetatakse paigaldatava ploki serva alla kaks puidust kiilu nii, et nende paksus selles kohas oleks 10—12 mm suurem vuugi lõpp-paksusest. Plokkide lõplik paigaldamine toimub kiilude väljatõmbamisega kuni ploki õige asendi saavutamiseni.

Kirjeldataud meetoditest on seinä tugevuse seisukohalt parimaks suurplokkide paigaldamine raami abil tasandatud mördikihi.

Horisontaalvuukides soovitatakse kasutada plastset mörti koonuse vajumisega 8—9 sm. Suurplokkidest seinä horisontaalvuukide keskmine paksus ei tohi olla üle 12 mm. Üksiku vuugi paksus võib olla 10 kuni 20 mm.

Plokkidevaheliste vertikaalvuukide takutamine on ülearune, kui kasutada nende täitmiseks küllalt paksu konsistentsiga mörti (koonuse vajumine 6—7 sm) või kergbetooni, mis vuukidest välja ei voola. Mört tuleb tihendada vuukides kihtide kaupa sorkimise või tampimise teel.

Seinä esikülje vuukimisel tuleb kasutada mörti, mis koostise poolest on analoogiline ploki viimistluskihiga. Töö soovitatakse teostada konsolttüüpi ripptellingutelt [38].

Negatiivse välistemperatuuri korral laotakse suurplokkidest hooneseinu külmutusmeetodil ettesoojendatud mördil temperatuuriga vähemalt +15°. Kuna mördi kulu vuukide täitmiseks on väike, siis soovitatakse töökohale

tuua ettesoojendatud kuivsegu ja vajaduse järgi lisada sellele sooja vett.

Suurplokkidest seinad peavad olema laotud suure täpsusega. Tähtsamad nõuded on siin järgmised:

- 1) vahe kahe naaberploki pindade asetuses ei tohi siledade plokkide puhul ületada nii seinavälispinnal kui ka seinasisepinnal . . . . . 2 mm,
- 2) vahe kahe naaberploki ülemiste pindade kõrgusmärkides ei tohi ületada . . . . . 3 mm,
- 3) suurplokkidest seinavälispinna kõrvalekalduvad vertikaalid ei tohi ületada ühe korruse kõrguse ulatuses . . . . . 10 mm  
ja kogu hoone kõrguse ulatuses . . . . . 20 mm.

### 3. Monoliitsetest korebetoonist ehitus

Korebetoon leidis esialgu kasutamist monoliitsetes seinakonstruktsioonides. Ka praegu võib esineda olukordi, kus korebetoonist monoliitsete seinte püstitamine osutub ratsionaalseks nii tööjõu, materjalide, mehhanismide ja transpordivahendite ärakasutamise kui ka maksumuse seisukohalt. Seepärast on antud meetodi tundmaõppimine vajalik. Küsimuse valgustamiseks kasutame kogemusi, mis saadi katseehituse — Lungu sovhoosi veiselauda — püstitamisel 1952. aasta suvel. Veiselauda projekt ja eelarve koostati «Giprosovhozvodstroj» Tallinna filiaalis konsulteerimisel autoriga. Korebetooni koostis projekteeriti Tallinna Polütehnilises Instituudis. Tsemendi mark 400 kulu Kihli karjääri ühefraktsioonilisel kruusal valmistatud korebetooni mark 15 saamiseks projekteeriti 70 kg/m<sup>3</sup>.

Kruusliiva sorteerimist fraktsioonidesse teostati vahetult ehitusplatsil — mehhaniseeritud sõlmes. Kruusliiva sõelale etteandmist ja sõelmete eemaldamist sõela alt teostati lintransporditööri abil. Kruusliiva sorteerimiseks kasutati vibrosõela (tüüp C-96) tootlikkusega 13—16 m<sup>3</sup> kruusa tunnis.

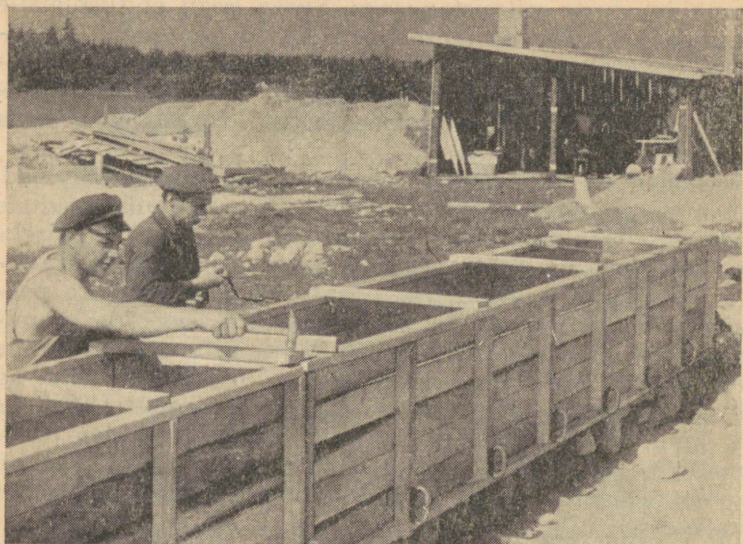
Kuna kruusliiv sisaldas vähe (kõigest 15%) soojustehnilisest seisukohast soodsama jämedusega kruusa (5—20 mm), siis betooni valmistamiseks kasutati eraldi mõlemat kruusa fraktsiooni: 5 kuni 20 mm ja 20 kuni 50 mm. Sõelumisel eraldatud liiva kasutati hiljem seinte krohvimiseks ja betoonitöödel. Munakivid läksid sööda-

rennide aluste valmistamiseks. Seega kogu ehitusplatsile veetud kruusliiv kasutati ära. Siiski ei saa antud lahendust lugeda õnnestunuks. Õigem oleks organiseerida kruusliiva sõelumist karjääris, kus saaks paremini ära kasutada sõela võimsust ja ratsionaalsemalt organiseerida tema toitmist.

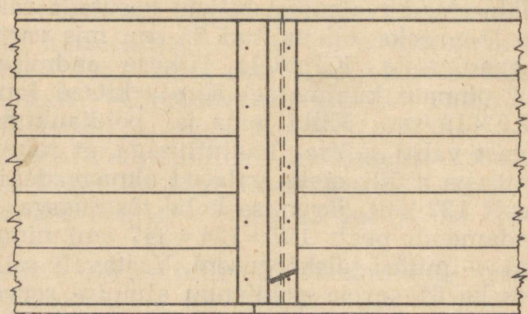
Kruusliiva sõelumisel omandatud kogemused näitavad, et materjali kõrge niiskuse puhul (tugevate vihmasadude ajal) ummistub kiiresti peenem sõel. Selle ärahoidmiseks tuleks soovitada materjali märga sõelumist või hüdraulilist sorteerimist. Neid meetodeid võib soovitada ka paekillustiku puhtamate ja peenemate fraktsioonide saamiseks paekivi karjäärides. Sellise puhta killustiku tootmine on vajalik mitte ainult korebetooni otstarbeks, vaid ka kvaliteetsete raudbetoondetailide valmistamiseks. Selleks et kindlustada küllalt puhta, savi lisanditeta kuiva täitematerjali saamist ka vihmase ilmaga, on vajalik, et nii sõelagregaadid kui ka transportöörid asuksid karjäärides katuse all.

Katseehitusel seinte raketis monteeriti inventaarsetest kilpidest. Viimased valmistati šablooni abil 2,5 sm paksustest servatud laudadest. Põikpuude (50×60 mm) vahekaugus, lähtudes kavatsusest hiljem kasutada raketiskilpe krohvilaie löömiseks, oli valitud 78 sm, mis vastas laetalaade vahekaugusele. Kilpidele jääkuse andmiseks löödi risti kilbi pinnale kummalegi äärele kitsad laudad põiklõikega 2,5×10 sm. Kilbi laius ja poldiaukude kaugus kilbi servast valiti sellise kaalutlusega, et raketiskilpide ühe tõstmisega müür oleks valatud aknaavadeni (vundamendi pealt 127 sm), järgmise kahe tõstmisega — sillusteni (vundamendi pealt 127+120=247 sm) ning viimase tõstmisega — müüri täiskõrguseni. Vastavalt sellele võeti kilbi laiuseks 67 sm ja poldiaugu alumise serva kauguseks kilbi servast 7 sm. Poldiaugud puuriti põikpuudest läbi, aga mitte nende vahel, nagu see on näidatud juhendis II-201-51 [5]. Poltide viimane asetus, nagu näitavad autori kogemused, ei kindlusta igakord ühtlase paksusega seina saamist. Raketise kilbid ühendati paarikaupa raudpoltide ja puidust pennide abil, nagu see on näidatud joonisel 29.

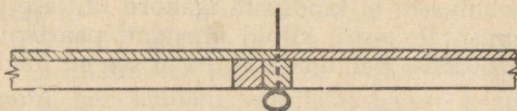
Raudpoltide valmistamisel arvestati juhendis II-201-51 soovitatud poldikonstruktsiooni puudusi. Splint ja ümmargune splindiauk asendati pikerguse augu ja kiiluga, mis



Joon. 29. Korebetoonist monoliitse seina raketis.



*külgvaade*



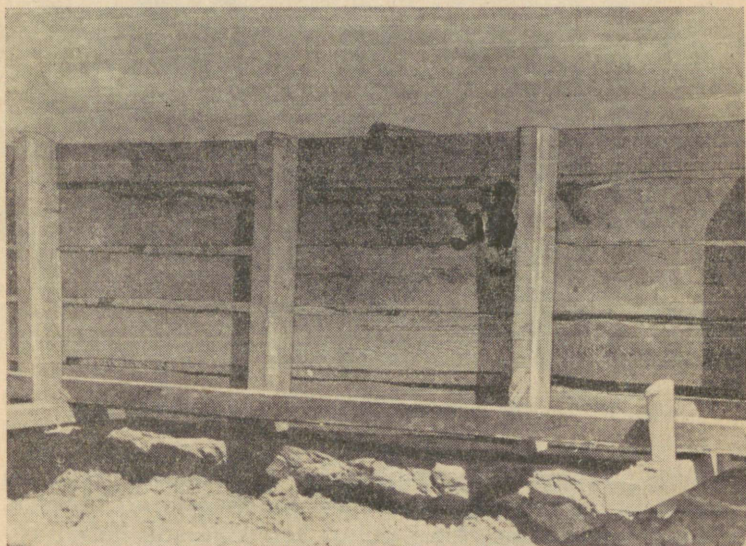
*horisontaallõige*

Joon. 30. Raketiskilpide jätk.

võimaldas täpselt kinni pidada ettenähtud seina paksusest. Augu kohal tekkinud poldi laiendus võeti maha smirgelkäial. See abinõu kõrvaldas takistuse poltide seinast väljatõmbamisel raketise tõstmiseks.

Kogemused näitasid, et nõrgaks kohaks on raketiskilpide jätk. Et vältida raketiskilpide väljapaindumist jätkude kohal ja sellega tagada ettenähtud seinapaksus, töötati välja kilbijätku konstruktsioon, mis on näidatud joonisel 30.

Juhul kui ehitusel puudub võimalus raudpoltide saamiseks, võib kasutada raketiskilpide ühendamiseks puidust kinnitusosi, nagu seda tehti asula ehitamisel «Silikatnaja» jaamas (vt. joon. 31).

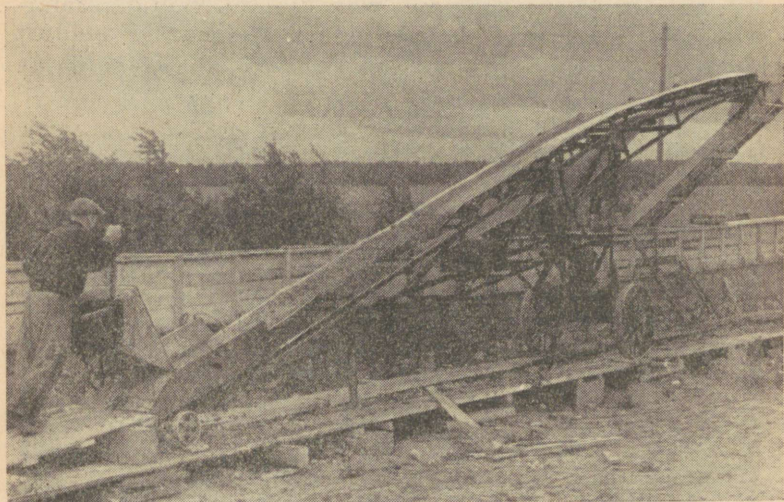


Joon. 31. Puidust kinnitusosadega raketise variant.

Massilisel ehitamisel tüüpprojektide järgi ja tõsteseadeldiste olemasolul on ratsionaalne kasutada korruse või kahe korruse kõrgust raketist. Sellise lahenduse näiteid on nii nõukogude ehituspraktikas kui ka välismaal [13, 29]. Seejuures kasutatakse välismaal korebetoonist monoliitsete seinte püstitamisel reeglina võrkraketist — terasest või puidust raamidele kinnitatud terasvõrku.

Katsehitusel kasutati korebetooni segamiseks 250-liitri-  
list betoonisegistit.

Korebetoonist müüride valamise esimesel kõrgusjär-  
gul transporditi betooni metallkärudes raketise peale ase-  
tatavatel käruteedel. Segisti tootlikkuse tõstmiseks tuleb  
betooni laadimisel kärudesse kasutada vahepunktrit.  
Käruga raketisele pealesõitmiseks kasutati teisaldatavaid  
plankudest kaldteid ja ülemist platvormi.



Joon. 32. Korebetooni paigaldamine transportööri abil.

Müüri järgnevate kõrgusjärkude betoneerimisel kasutati  
joonisel 32 näidatud transportööri kombineeritult renniga.

Nimetatud transportööri puhul kruusaterade tagasivee-  
remist isegi jämedama fraktsiooni puhul ei esinenud. Ühes  
transportööriga teisaldati lühikest kaldteed, mis võimal-  
das tühjendada kärü otse transportöörile. Selleks et väl-  
tida betooniterade kaasakiskumist transportööri lindi poolt  
ülemise pingutusrulli kohal, kinnitati sinna kummiribast  
kraapija. Transportööri teisaldati piki veiselauta maha-  
pandud puitteed mööda. Kuna renni kinnitus lubas teda  
asetada kilpide suhtes erineva kallakuga, siis transportööri  
ühest asendist täideti kuni 3 jooksvat meetrit raketist.  
Kronometreerimine näitas, et korebetooni paigaldamise

intensiivsusel  $2,4 \text{ m}^3$  betooni tunnis piisab kahest töölisest betooni transportimiseks kuni transportööri. Korebetooni tihendamist (sorkimisega) teostas üks tööline. Tööd teostasid sovhoosi töölisel, kellel üldse puudusid ehitustöölise kogemused. Korebetoon paigaldati veega niisutamata raketisse, sest Eesti NSV tingimustes puudub vajadus juhendi M-201-51 nõudmise täitmiseks raketise eelneva kahepäevase ohtra kastmise suhtes. Korebetooni hooldamist teostatakse analoogiliselt tavalise betooni hooldamisele. Raketise tõstmist järgnevale kõrgusjärgule võib teostada järgmisel päeval pärast betoneerimist. Kohalikes tingimustes on otstarbekohane organiseerida korebetoonist monoliitsete seinte püstitamist kolme haardeala süsteemi järgi.

Nõukogude Liidus on kogemusi korebetoonist monoliitsete seinte püstitamise alal talvistes tingimustes. Kasutatakse kolme meetodit: 1) elektrisoojendust, 2) seinte püstitamist kahekordses soojapidavas raketises ja 3) kivinemist kiirendavate ja betoonis oleva vee külmumistäppi alandavate soolade lisamine korebetoonile.

Loetletud meetoditest pakub kõige enam huvi viimane, nn. «külma betooni» kasutamise meetod. Efektivsemaks kivinemist kiirendavaks ja külmavastaseks lisandiks korebetooni juures loetakse kloorkaltsiumi ja keedusoola segu [20, 24].  $\text{CaCl}_2$  ja  $\text{NaCl}$  koguhulk korebetoonis ei tohi ületada 8—10% tsemendi kaalust ja seda võib vähendada sõltuvalt kliimatilistest tingimustest, ilmaennustusest ja ümbritseva õhu temperatuurist tööde teostamisel. Soolade  $\text{CaCl}_2$  ja  $\text{NaCl}$  suhe võib muutuda piirides alates 2 : 1 kuni 2 : 3.

Ei soovitata teostada betoonitöid talvel lisades 8—10% ainult kloorkaltsiumi või ainult kloornaatriumi, sest negatiivsete temperatuuride korral esimesel juhul korebetoon kivineb küll veidi kiiremini, kuid hiljem sool võib sadetuda ja korebetooni tugevus edasi ei kasva; üksnes keedusoola lisamisel aga kivineb betoon väga aeglaselt.

Korebetooni valmistamisel talvistes tingimustes lahustatakse soolad eelnevalt seguvees vesitsemmentteguri suurusest sõltuvas hulgas. Soolade lahused tuleb ettesoojendada sellise arvestusega, et korebetooni temperatuur segistist väljumisel ja seina paigaldamisel oleks piirides  $-4^\circ$  kuni  $0^\circ$ .

Õhutemperatuuri juures kuni  $-17^\circ$  võib korebetooni

paigaldada tavalise soojustamata raketise vahele. Madalama temperatuuri korral tuleb aga tingimata kasutada soojapidavat raketist. Soovitatakse kasutada mitte kilprak-tist, vaid raketist tervele korruse kõrgusele. Raketisega mitte kaitstud betooni ülemine pind tuleb kõigil külmaga betoneerimise juhtudel katta lumega, saepuruga jne. Raketist ei tohi eemaldada enne 5—7 päeva möödumist betooni seinaga paigaldamisest.

### III. KOREBETONIST SEINAKONSTRUKTSIOONIDE SOOJUSTEHNILISED OMADUSED JA NIISKUSREŽIIM

Korebetoonist seinte soojustehniliste omaduste ja niiskuserežiimi kohta on kirjanduses seni vähe andmeid. Autori poolt teostatud laboratoorsed uurimused ja mõõtmised ekspluateeritavas hoones võimaldasid tuua selgust mitmes küsimuses nimetatud valdkonnast, nagu: korebetoonist seinte termilise takistuse sõltuvus seinaga paksusest; korebetooni soojaerijuhtivuse sõltuvus materjali niiskusest; mitmesuguste korebetoonist seinakonstruktsioonide niiskuserežiim erinevates ekspluatatsioonitingimustes; termoisolatsiooni asetamise küsimus korebetooniseina välimisele või sisemisele pinnale jm.

Laboratoorses tingimustes uuriti järgmisi seinakonstruktsioone:

- 1 — korebetoonist kergsein: 25 sm korebetooni ja 5 sm roogplaati väljastpoolt (sein nr. 1);
- 2 — korebetoonist kergsein: 25 sm korebetooni ja 5 sm roogplaati seestpoolt (sein nr. 2);
- 3 — savitellisein paksusega 2 kivi (sein nr. 3) ja
- 4 — massiivne korebetoonist sein paksusega 51 sm (sein nr. 4).

Võrdsete tingimuste saamiseks olid kõik seinad krohvitud mõlemalt poolt. Etaloonsein oli laotud savitellistest mahukaaluga  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Mõrdiks oli segamört koostisega kaalu järgi 1 : 1 : 9 (portlandtsement mark 300, hüd-rauliline kukermiit mark 150, liiv).

Korebetoonist seinad püstitati raketises. Betooni mahukaal õhukuivas olekus oli  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Tema koostis kaalu järgi oli 1 : 10 (portlandtsement mark 400, paekillustik terajämedusega 10 kuni 20 mm).

Uurimisi teostati talvekuudel poolstatsioonarse režiimiga

kliimakambris. Seega katsetamise ajal ühelt poolt katseseinu oli välisõhk ja teiselt poolt kliimakambri õhk, mille püsiv temperatuur (+18°) ja niiskus (60%) hoiti alal automaatseadmete abil.

Vajalikud mõõtmised teostati peamiselt iseregistreeriva mõõteaparatuuri abil.

Esimesel talvel teostatud soojustehniliste uurimiste ajal sisaldasid katseseinad veel ehitusniiskust. Ehitusniiskuse jaotust kaks kuud pärast krohvimist illustreerib joonis 33 (pidevad jooned).

Niiskuse jaotuskõverad näitavad, et krohv korebetoonist seintel kuivab kiiremini kui tellisseinal.

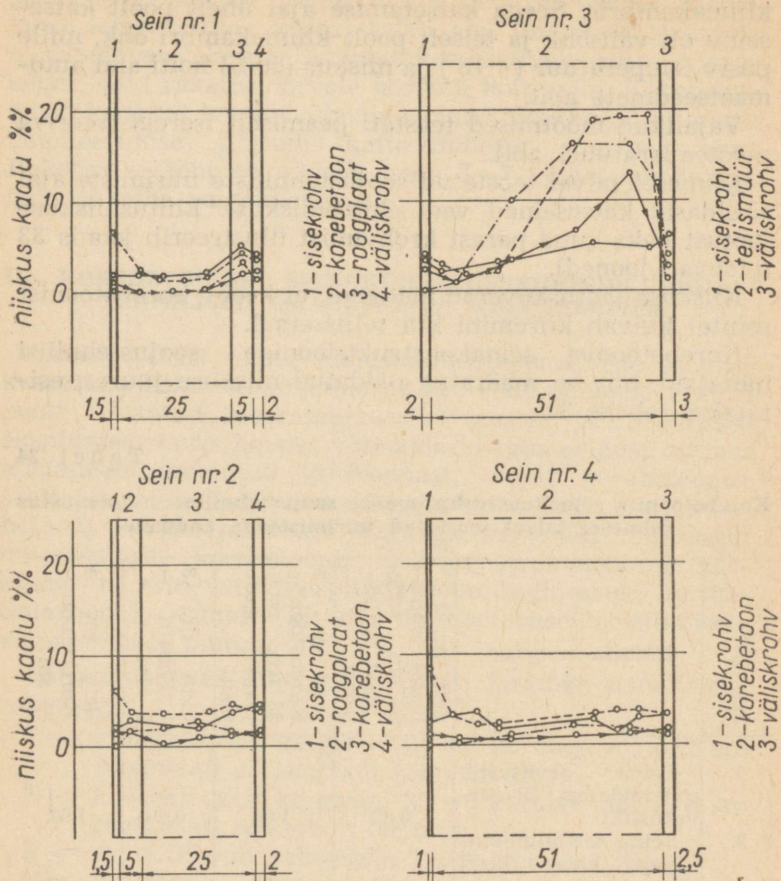
Korebetoonist seinakonstruktsioonide soojustehnilisi näitajaid, mis on määratud näidatud niiskuse juures, esitatakse tabelis 34.

Tabel 34

**Korebetoonist seinakonstruktsioonide soojustehniline iseloomustus esimesel talvel teostatud uurimistööde andmetel**

Jrk. nr.	Näitaja nimetus	Sein nr. 1 Korebetoon — 25 sm, roog- plaat väljas- poolt	2. Sein nr. Korebetoon — 25 sm, roog- plaat seest- poolt	3. — Sein nr. Tellissein 2 kivi	4. — Sein nr. Korebetoon 51 sm
1.	Seina arvutuslik soojapidavus ( $R_0$ -arvutuslik)	0,92	1,00	0,99	1,07
2.	Seina termineline takistus katse järgi ( $R_{\text{sein}}$ )	0,83	0,93	0,57	0,92
3.	Seina soojapidavus ( $R_0 = R_{\text{sein}} + 0,183$ )	1,01	1,11	0,75	1,10

Tabelist nähtub, et katse teel määratud korebetoonist seinte soojapidavused on kõrgemad kui arvutuslikud. Seda tuleb seletada sellega, et  $R_0$  arvutamisel lähtuti liiga kõrge korebetooni soojaerijuhtivusest. Tellisseina soojapidavus aga tuli katseandmetel tunduvalt väiksem kui arvutuslik (0,75  $R_0$  — arvutuslikust). Sellist ebakooskõla võib seletada sellega, et niiskuse mõju tellismüürituse soojaerijuhtivusele on märksa suurem kui see antakse arvutustel kasutatud A. Frantšuki tabelites [42]. Analoogilist tellis-



Märkus: roogplaadi niiskus on taandatud korebetooni mahukaalule

— niiskus märtsis 1953.a.  
 - - - " aprillis 1953.a.  
 - · - · " juunis 1953.a.  
 —▶ " märtsis 1954.a.

Joon. 33. Niiskuse muutumine seintes.

seinte soojapidavuse halvenemist niiskuse mõjul märgivad mitmed autorid: F. Uškov [43], E. Arievitš [44], Ukraina NSV Ehituse ja Arhitektuuri Akadeemia Ehitustehnika Instituudi kaastöötajad N. Kostromin ja K. Hmeljuk [45] jt. Viimased määrasid kahelt poolt krohvitud 2 kivi paksuse tellisseina soojapidavuse materjali niiskuse juures 5,5% ja 2,5% kaalu järgi. Vastavad soojapidavused olid 0,61 ja 0,82 m<sup>2</sup> h°C/kcal. Seega saadud tulemused võib lugeda õigeaks ning võib öelda, et korebetoonseina termiline takistus esimesel talvel on 1,6 korda suurem kui võrdse paksusega (51 sm) savitellisseina soojapidavus.

Isegi küllalt kõrge roogplaadi niiskuse korral ei ole roogplaatidega vooderdatud 25 sm paksune korebetoonsein soojapidavuselt halvem kui 51 sm paksusega massiivne korebetoonist sein. See näitab, et soojustehnilisest seisukohast on korebetoonist kergsein eelistatavam kui massiivne.

Katsete tulemused näitasid, et välisõhu ööpäevastele kõikumistele reageerimise suhtes on korebetoonseinad samaväärsed tellisseinaga.

Korebetoonist seinte soojapüsivuse võrdlev hindamine lubas järeldada, et korebetoonist seinte soojapüsivus termoisolatsiooni puudumisel nende sisepinnal on veidi halvem kui tellisseina soojapüsivus. Kui aga korebetoonseina sisepinnal on termoisolatsioon, siis tä soojapüsivus on parem kui tellisseinal.

1953. aasta talvise määteperioodi lõpul muudeti katsekambri sisekliimat. Siseõhu temperatuur tõsteti +30°C-ni ja relatiivne niiskus 80% tasemele. Sellist siserežiimi, mis vastab saunade ja pesukööride märgade ruumide režiimile, hoiti alal viie nädala jooksul. Seinamaterjalide niiskus selle perioodi lõpul on näidatud joonisel 33 punktiirjoontega.

Eriti tugevasti niiskus tellissein. Tellise keskmine kaaluline niiskus tõusis 4,3 protsendilt 10,6 protsendile. Sellega kogunes 58 kg vett seina 1 m<sup>2</sup> kohta ehk 69 g/m<sup>2</sup>h. Seejuures niiskus põhiliselt seina välimine kolmandik, kuigi väliskrohvi niiskus välisõhu kuivendava toime tõttu ei tõusnud.

Korebetoonseinte juures samuti ei esinenud väliskrohvi progresseeruvat niiskumist, kuid niiskuse jaotuse ja materjali niiskumise pilt oli hoopis teistsugune. Sisekrohvi niiskus tõusis keskmiselt 5% võrra. Seejuures nii sisekrohvide lähedastes korebetooni kihtides kui ka korebetooni

kogu paksuse ulatuses niiskuse suurenemine oli väike. Korebetoonseinte välimise kolmandiku piirides betooni niiskus ei ületanud 4,5%. Seinas nr. 2 (roogplaat seest-poolt) moodustas keskmine niiskuse suurenemine 1,1%, seinas nr. 4 — ainult 0,7%. Seinas nr. 1 (roogplaat väljast-poolt) progresseeruvat niiskumist üldse ei esinenud, vaid toimus isegi roogplaadi edasine kuivamine (6,7% võrra), kuigi seinas nr. 2 roogplaat sama aja jooksul niiskus 4,1% võrra. Vee kogunemine seinas nr. 4 35 päeva jooksul oli 5,5 kg seina 1 m<sup>2</sup> kohta ehk 6,6 g/m<sup>2</sup>h, s. o. kümme korda väiksem kui tellisseinas. Arvestades seda asjaolu võib soovitada külmakindla koostisega korebetooni kasutada kõrge siseõhu niiskusega hoonete seinamaterjalina. Seda võib soovitada veelgi julgemalt, arvestades seda, et korebetoonist piirete soojapidavus betooni niiskumisel langeb suhteliselt vähe.

Joonisel 33 on samuti näidatud uuritavate seinte kuivamine perioodil 1953. a. aprillist kuni 1954. a. märtsini. Selle perioodi vältel kliimakambri siseõhu temperatuuri ja niiskust reguleeriti ainult kolme viimase kuu jooksul ( $t=18^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi=60\%$ ), ülejäänud aja jooksul õhu temperatuur kambris kõikus  $+15$  ja  $+20^{\circ}\text{C}$  vahel ja relatiivne niiskus oli 40 kuni 45%. Joonisest on näha, et kui kuivamise kahe kuu vältel tellismüürituses toimus ainult teatud niiskuse ümberjaotumine, siis korebetoonist seinakonstruktsioonid sama perioodi jooksul kuivasid intensiivsusega 11g/m<sup>2</sup>h (sein nr. 4). See viitab korebetoonist seinte kiirele kuivamisele.

Roogplaatide asetuse kohta võib teha järelduse, et ruumide madala õhuniiskuse puhul (mitte üle 6—7 mm Hg) nad kuivavad kiiremini nende asetsemisel sisepinnal. Õhuniiskusel üle 9 mmHg on otstarbekohasem paigutada roogplaadid seina välispinnale, sest sel juhul nende kuivamine kestab aasta läbi. Seina sisepinnal asetsev roogplaat aga niiskema õhu korral talveperioodil niiskub, mis ei ole soovitav, olgugi et ta suve jooksul kuivab välja. Samad soovitused peavad paika ka teiste selliste plaatisolatsioonmaterjalide kasutamisel.

Teisel talvel saadud kolme seina soojustehnilised näitajad esitatakse tabelis 35. Samas tuuakse seinte materjalide niiskumise keskmised väärtused.

Tabelist nähtub, et korebetoonist seina ( $\gamma=1600 \text{ kg/m}^3$ ) soojapidavus ( $R_0=1,16$ ) seina paksuse juures 51 sm ja

Korebetoonist seinakonstruktsioonide soojustehnilised näitajad teisel talvel teostatud uurimistööde andmetel

Jrk. nr.	Näitaja nimetus	Sein nr. 2	Sein nr. 3	Sein nr. 4
1.	$R_0$ — arvutuslik	1,32	0,95	1,10
2.	$R_{\text{sein}}$ — katse andmetel	1,18	0,49	0,98
3.	$R_{\text{sein}} + 0,183$	1,36	0,67	1,16
4.	Keskmine kaaluline niiskus:			
	korebetoon	0,90	—	1,05
	tellis	—	5,50	—
	roogplaat	8,0	—	—

betooni niiskuse juures 1%, vastab 2,5 kivi paksuse kuiva savitellisseina normatiivsele soojapidavusele ( $R_0 = 1,14$ ). Seejuures, nagu on näha sein nr. 1 näitest (vt. joon. 33), elumajade ekspluaterimise tingimustes võib oodata korebetooni niiskuse edasist langemist. Korebetooni niiskus nimetatud seinas veebruari- ja märtsikuus oli vastavalt 0,35 ja 0,33%.

Roogplaatidega vooderdatud sein nr. 2 näitas teisel talvel suuremat soojapidavust kui eelmisel aastal. See oli tingitud peamiselt roogplaatide kuivamisest ja vähemal määral korebetooni kuivamisest. Huvitav on märkida, et selle sein termiline takistus oli kaks korda kõrgem kui etaloon-tellisseinal. Seega roog- või TEP-plaatidega vooderdatud korebetoonist kergseinakonstruktsioonide kasutamine soojustehnilisest seisukohast on otstarbekohane.

Kirjeldatud laboratoorsed uurimised võimaldasid kindlaks määrata mahukaaluga  $1600 \text{ kg/m}^3$  korebetooni soojaerijuhtivuse sõltuvalt betooni niiskusest ja korebetoonist sein paksusest. Nagu nähtub tabelist 28 mõjub seinapak-sus korebetooni soojaerijuhtivusele, kuid see mõju on suhteliselt väike. Tunduvalt suuremat mõju korebetooni soojaerijuhtivusele avaldab betooni niiskus.

Niiskus mõjub üsna tugevasti ka roogplaatide soojustehnilistele omadustele. Seda tunnistavad katsel saadud andmed (vt. tab. 36).

Eesmärgil selgitada põllumajanduslike loomapidamis-hoonete sisekliima mõju korebetoonseinte niiskusele ja

## Niiskuse mõju roogplaatide soojaerijuhtivusele

Niiskus %-des kuivast kaalust	5	10	15	20	25	30
Soojaerijuhtivus kcal/mh°C	0,065	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15

nende soojustehnilistele näitajatele, samuti tundma õppida seinakonstruktsioonide mõju ruumide siserežiimile, uuriti autori poolt seda Lungu sovhoosis.

Uurimisobjektiks oli veiselaut, mis oli projekteeritud korebetoonist seintega. Mitmesugustel tehnilistel põhjustel üks pool lauta ehitati telliskergseintega. Lauda teise poole seinad kuni akendeni ja osaliselt ka kõrgemale olid püsitatud korebetoonist. Veiselaut oli varustatud prof. L. Jürgensoni süsteemi ventilatsiooniga [46].

Uurimistööde teostamise ajal esimese aasta, s. o. 1953. a. talvel veiselaut oli eksploatatsioonis alles kaks kuud. Sisemised krohvitööd korebetoonist seinte poolel lõpetati detsembrikuus. Sisekrohv, mis oli valmistatud hüdraulilisel kukermiidil ja lubjal, ei olnud seetõttu korebetoonist seintel uurimise ajaks veel üldse kivinenud ja oli väga niiske (peaaegu täielikult veega küllastatud), mistõttu ta paljudes kohtades tuli seina küljest lahti.

Seinte niiskusseisukorda soojustehniliste mõõtmiste alguses ja nende lõppedes iseloomustavad tabeli 37 andmed.

Korebetooni niiskus veiselauda seintes eksplateerimise esimesel aastal ulatus 3%-ni. Korebetooni sisemise kihi suurem niiskus on seletatav veega küllastunud sisekrohvi mõjuga. Visuaalsed vaatlused näitasid, et sisemise kihi kruusateradel betoonis olid veepiisad, edasi aga betoon oli väliste tundemärkide järgi kuiv. Seega vee liikumine korebetoonis ei ole ulatuslik. Palju suurem on ta tellis-seinas nr. 3, kus sisekrohvi niiskus oli 10—20% väiksem kui krohvi niiskus korebetoonil, siserea telliste niiskus aga väga kõrge (9,9%). Viimast ei saa seletada aurude kondenseerumisega, sest seina selles osas seda ei võinud juhtuda. Muuseas selline krohvi kuivatamine telliste poolt põhjustas krohvi paremat kivinemist kui korebetoon-

## Seinte niiskus Lungu sovhoosi veiselaudas

Seina nr.	Seina konstruktsioon	Kihi nimetus	Niiskus %-des kuivast kaalust		
			23. 03. 53.	29. 03. 53.	05. 02. 55.
1.	Massiivne korebetoonsein paksusega 51 sm. Krohvitud kahelt poolt. Täitematerjal — kruus 20—50 mm.	sisekrohv	29,4	25,7	7,82
		betooni sisepind	—	—	2,42
		betoon 0—15 sm	3,39	3,56	1,07
		betoon 15—25 sm	2,88	1,35	—
		betoon 25—35 sm	1,00	—	—
		betoon 35—45 sm	0,83	—	0,90
		betoon 45—51 sm	1,05	1,72	—
		betooni välispind väliskrohv	1,94	2,60	1,44
2.	Korebetoonist kergsein paksusega 51 sm. Krohvitud kahelt poolt. Täidiskiht — saepurust paksusega 13 sm (koos rake-tisega). Täitematerjal — kruus 8—20 mm.	sisekrohv	27,4	23,2	2,95
		betoon 0—5 sm	—	4,01	2,37
		betoon 0—10 sm	3,06	—	—
		betoon 5—10 sm	—	2,55	1,94
		betoon 10—20 sm	4,32	—	1,35
		saepuru väljast-poolt	53,4	—	—
		välimine laud	36,4	—	—
		välisseina betoon väliskrohv	3,34 2,33	1,72 2,92	1,66 2,31
3.	Popovi sein savitellisest, saepuru täidisega ja mört-diafragmadega. Seinapaksus 51 sm.	seinakrohv	4,21	21,2	2,78
		tellis, sisemine	1,72	9,90	0,52
		saepuru seestpoolt	15,44	63,0	3,87
		saepuru keskelt	—	157,5	13,7
		saepuru väljast-poolt	33,23	100,0	—
		tellis, välimine	2,16	11,5	1,4
		väliskrohv	2,40	8,98	1,74

Märkused: 1) 29. 03. 53. niiskusproovid tellisseinast olid võetud lauda korebetoonseintega poolel.

2) Seinas nr. 2 tööliste hooletuse tõttu jäid välja võtmata 20 mm laudadest tehtud raketised tühemete moodustamiseks seinas.

seintel. Korebetooni niiskus seinavälimise poole osas oli kõigest 1%. Saepurutäidise niiskus korebetoonist seinas, vaatamata aurutõkkele märgade laudade näol, oli madalam kui temaga ühel ajal püstitatud Popovi seinas. Kore-

betooni kruusaterad, mis puutusid kokku raketise laudadega väljastpoolt, olid kaetud veepiiskadega. Väliskrohvi niiskus korebetoonil oli 3—4 korda madalam kui temaga ühel ajal laotud tellisseinal.

Kokkuvõttes näeme, et esimesel ekspluateerimise aastal korebetoonseinte niiskusseisukord on parem kui Popovi seinal.

Huvitav on märkida, et kui korebetoonseinte alumises osas väliskrohvi oli kuiv, siis Popovi seinal väliskrohvi oli imunud veega soklist peaaegu akendeni.

Kolmandal talvel teostati vaatlusi välisõhu madala temperatuuri juures, mis ulatus  $-21,6^{\circ}\text{C}$ -ni. Selle temperatuuri juures (vaata tabel 37) registreeriti sein nr. 1 sisekrohvi kõrget niiskust, mis viitab auru kondenseerumisele seina sisepinnal. Korebetooni niiskus seinas, välja arvatud kihtide osas, mis puutuvad kokku krohviga, oli üldiselt väike. Tema keskmiseks väärtuseks oli 1%, s. t. sein oli kuivem kui esimesel talvel. Sisekrohvi mõlemal kergseinal oli võrdse niiskusega. Korebetoon kergseinas oli niiskem kui tellis. Selle põhjuseks oli märgadest laudadest raketis korebetoonseinas, mis, omades korebetoonist palju suuremat aurutihedust, soodustas aurude kondenseerumist seinas. Sein avamisel ilmnes, et raketise välispinnaga kokkupuutunud kruusaterad korebetoonis olid jäätunud. See räägib sellest, et korebetoonist seintes ei tohi luua aurutihedast materjalist tõkkeid.

Eeltoodust võib järeldada, et niiskusrežiimi seisukohalt on korebetoonseinalad veiselautades ja analoogilistes põllumajanduslikes hoonetes vastuvõetavad.

Selleks et iseloomustada veiselauta ja tema erinevate seinakonstruktsioonidega poolte niiskuse ja temperatuuri režiimi, esitatakse tabelis 38 vastavad mõõtmisandmed õhu temperatuuri ja niiskuse kohta.

Tabel 38

**Õhu temperatuuri ja niiskuse mõõtmise tulemused Lungu sovhoosi veiselaudas**

Jrk. nr.	Näitaja	Märtsi kuupäevad						
		23/24	24/25	25/26	26/27	27/28	28/29	29/30
1.	Õhu temperatuur Popovi seinte poolel $^{\circ}\text{C}$	+12,2	+11,2	+12,9	+12,0	+10,5	+13,2	+13,2

Jrk. nr.	Näitaja	Märtsi kuupäevad						
		23/24	24/25	25/26	26/27	27/28	28/29	29/30
2.	Õhu temperatuur korebetoonist seinte poolel °C	+12,5	+10,2	+13,8	+12,2	+11,2	+10,8	+13,2
3.	Õhu relatiivne niiskus Popovi seinte poolel %	82	77	74	68	72	77	91
4.	Õhu relatiivne niiskus korebetoonist seinte poolel %	85	75	74	73	77	73	86

Märkus: näitajad on keskmised kahest mõõtmisest tööpäevas.

Tabeli andmed näitavad, et katselaudas ei esinenud olulisi erinevusi lauda vastaspoolte niiskuse ja temperatuuri režiimides.

Soojustehnilised mõõtmised lubasid kindlaks määrata lauda seina konstruktsioonide soojustehnilised näitajad eksploateerimise esimese ja kolmanda talve tingimustes (vt. tab. 39).

Tabel 39

**Lungu sovhoosi veiselauda seinakonstruktsioonide soojustehnilised näitajad**

Seina nr.	Konstruktsiooni nimetus	Teoreetiline $R_0$ (arvestades niiskust)	Katselised		
			1-sel talvel		3-ndal talvel
			$R_{\text{seina}}$	$R_0$	$R_0$
1.	Massiivne korebetoonsein	0,95	0,71	0,89	1,00
2.	Korebetoonist kergsein	1,26	0,96	1,14	1,89
3.	Telliskergsein	1,74	1,63	1,81	2,44

Märkused. 1) Katsetatud telliskergsein oli püstitatud suvel ja oli juba esimeseks talveks hästi välja kuivanud.

2) Kolmandal talvel kasutati mõõtmistel lihtsustatud meetodit, mille täpsus oli väiksem.

Teostatud vaatlused lubasid täpsustada 20 kuni 50 mm terajämedusega kruusal valmistatud korebetooni soojaerijuhtivuse väärtust. Korebetooni keskmisel niiskusel 1,8%, on soojaerijuhtivus 0,80 kcal/mh<sup>°</sup>C. Järelikult täitematerjali suurem terajämedus, õigemini suuremad poorid vähendavad tunduval määral korebetooni soojapidavust.

Korebetoonist kergseina rakendamine veiselauda tingimustes soojustehnilisest seisukohast on otstarbekohane. Sein nr. 1, vastavalt prof. L. Jürgensoni soovitudele laudaseina soojapidavuse kohta, on vastuvõetav neljarealiste veiselautade ja teiste suure laiussega põllumajanduslike hoonete ehitamiseks.

#### IV. KOREBETONIST SEINAKONSTRUKTSIOONIDE TEHNILIS-MAJANDUSLIK HINNANG

Eesti NSV-s korebetoonist seinakonstruktsioonide rakendamise otstarbekohasust määravad mitmed tehnilis-majanduslikud näitajad.

Ehitusfüüsikaliste omaduste poolest korebetoonseinu võib lugeda vastuvõetavateks. Eriti märkimisväärsed on nad niiskusrežiimilt, mis lubab soovitada korebetoonseinu siseõhu kõrge niiskusega hoonetele. On kindlaks tehtud, et paekillustiku või kruusa sobiva koostise korral korebetooni mahukaal ei ületa 1700 kg/m<sup>3</sup> ja tema soojaerijuhtivus normaalse niiskusega seinas on 0,60 kcal/mh<sup>°</sup>C. Seega kahelt poolt krohvitud 50 sm paksusega massiivse korebetooniseina soojapidavus on  $R_0 = 1,07 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ , mis on kõrgem kui kahelt poolt krohvitud kahe kivi paksuse savitellistest sein (  $R_0 = 0,95$  ), kahe ja poole kivi paksuse silikaattellistest sein (  $R_0 = 1,02$  ) ja poolteise kivi paksuse kärgtellistest sein (  $R_0 = 1,01$  ) soojapidavused. Viimase sein soojapidavus normatiivsete andmete puudumisel on võetud «Arhitekti käsiraamatu» IX köitest. Soojustehniliste näitajate poolest võivad kärgtelliseinaga võistelda temaga võrdse paksusega telliskillustikul valmistatud massiivne korebetoonist sein ja roog- või TEP-plaatidega soojustatud paekillustikul või kruusal valmistatud korebetoonseinad.

Seinakonstruktsioonide otstarbekohasust tööde teostamise seisukohalt tingib tööde mehhaniseerimise ja industrialiseerimise aste. Korebetoonist seinte iseloomustamiseks

sellest seisukohast võrreldakse neid tabelis 40 teistest materjalidest seintega selliste näitajate järgi, nagu: seinapüstitamise töömahukus, töö keskmine kategooria, tööjõu maksumus ja masinatöö maksumus nii protsentides tööjõu maksumusest kui ka rahalises väljenduses.

Tabel 40

**Tööjõu ja masinatöö kulu näitajad seinakonstruktsioonide 1 m<sup>2</sup> kohta**

Jrk. nr.	Seina konstruktsioon	Töömahukus inimpäevades	Töö kategooria	Tööjõu maksumus rbl.	Masinatöö maksumus	
					tööjõu maksumusest %-des	rbl.
1.	Väliskrohv + 2 savitellist + sisekrohv	0,56	4,0	10,80	38,4	4,15
2.	Väliskrohv + 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> silikaattellist + sisekrohv	0,67	4,0	12,82	38,6	4,96
3.	Väliskrohv + 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> kärgetellist + sisekrohv	0,46	4,0	8,87	38,0	3,37
4.	Paas 25 sm + põlevkivi tuhk 20 sm + paas 25 sm + sisekrohv	1,27	4,4	26,28	15,6	4,10
5.	<sup>1</sup> / <sub>4</sub> savitellist + põlevkivituhk 14,5 sm + paas 30 sm + sisekrohv	0,81	4,4	16,77	18,8	3,15
6.	Väliskrohv + korebetoon 50 sm + sisekrohv	0,55	3,8	10,26	42	4,31
7.	Väliskrohv + roogplaat (TEP) 5 sm + korebetoon 40 sm + sisekrohv	0,52	3,8	9,71	38,0	3,70
8.	Väliskrohv + roogplaat (TEP) 5 sm + korebetoon 25 sm + sisekrohv	0,40	3,8	7,47	38,0	2,84
9.	Korebetoonist väikeplokksein paksusega 50 sm	0,74	4,0	14,66	38,7	5,68
10.	Korebetoonist massiivne suurplokksein paksusega 50 sm	0,069	5,2	1,64	440	7,22
11.	Korebetoonist kergplokksein paksusega 40 sm	0,056	5,2	1,33	440	5,86

Märkus. Arvutused teostati «Ehitusnormide ja eeskirjade» (СНП) ning esimese grupi ehituste tariifimäärade järgi.

Tabeli andmed näitavad kujukalt, et korebetoonseinad on eelistatavamad tellisest oma väiksema töömahukuse, tööliste madalama kvalifikatsiooniga ja samuti seinte püstitamise protsessi mehhaniseerimise astme poolest. Ainult käre tellisest võib töömahukuse poolest kõrvutada korebetoonseintega, kuid ta nõuab püstitamisel kõrgema kvalifikatsiooniga tööjõudu.

Võrreldes paekivist seinakonstruktsioonidega nõuavad korebetoonist seinad 2 kuni 2,5 korda väiksemat tööjõukulu ning seejuures lubavad palju paremini mehhaniseerida tööde teostamise protsessi.

Käsitsi- ja masinatöö maksumuse järgi tuleb soojusisoleerimisplaatidega vooderdatud korebetoonseinu eelistada samast materjalist massiivsetele seintele.

Korebetoonist väikeplokkseinad, nagu nähtub tabelist 40, on teostamisel töömahukad ja seejuures ei võimalda tööde mehhaniseerimise astme tõstmist. Nendel põhjustel on nad vähem efektiivsed kui korebetoonist monoliitsed seinad. Väikeste plokkide kasutamist võib õigustada juhul, kui nende valmistamiseks kasutatakse põlevkivituhksideaineid, või suurplokkseinte monteerimiseks kõlblike mehhanismide puudumisel.

Korebetoonist suurplokkseinad erinevad monoliitsetest seintest väikese töömahukuse ja tööde kõrge mehhaniseerimise astme poolest nende püstitamisel.

Korebetoonist seinakonstruktsioonide võrdlemine massiivsete tellisest (vt. tab. 41) näitab, et enamik korebetoonseintest nõuab 1,5 kuni 2 korda kõrgemat sideainete kulu. Seevastu on aga suur kokkuhoid telliste arvel.

Paasseintega võrreldes sideaine kulu korebetoonist seintes ei ole palju suurem, kuid sideaine mark on kõrgem.

Korebetoonist mitmesuguste seinakonstruktsioonide majanduslike näitajate võrdlemine omavahel ja teistest materjalidest seintega lubas tulla järgnevale järeldustele.

Eesti NSV tingimustes on korebetoonist seinad majanduslikumad paasseintest ja massiivsetest tellisest.

Korebetoonist seinakonstruktsioonidest on ökonoomsemad TEP- ja roogplaatidest termoisoleerimisega seinad. Paksema plaatisolatsiooni kasutamine, näiteks 5 sm paksuste TEP-plaatide asemel 7,5 sm paksuste plaatide kasutamine, ei ole küll ühekordsete kulude suhtes ökonoomne, kuid tasub ennast ära eksploatatsioonikulude kokkuhoidmise arvel lähema kümne aasta jooksul.

Põhiliste ehitusmaterjalide ja toodete kulu krohvimata seinte 1 m<sup>2</sup> kohta

Tabel 41

Materjalide ja toodete nimetus	Mõõtühik	Seinakonstruktsioonid							
		Tellisseinad		Paasseinad		Korebetoonist seinad			
		2 savi-tellist	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> silikaat-tellist	Kaherealine á 25 sm, täidisega	Üherealine, 30 sm, 1/4 kivi tellisvoodriga	Massiivne, 50 sm paks	Kergsein, 40 sm paks, TEP- või roogplaatidest voodriga	Kergsein, 25 sm paks, TEP- või roogplaatidest voodriga	Balaševi sein täidisega
Tsement mark 200	kg	18,9	23,7	29,0	17,4+2,4	—	—	—	—
	Rbl.	3—75	4—70	5—76	3—93	—	—	—	—
Tsement mark 400	kg	—	—	—	—	50,0	40,0	30,0	25,0
	Rbl.	—	—	—	—	12—56	10—04	7—53	6—28
Lubi	kg	8,2	10,3	12,0	7,2+1,1	—	—	—	—
	Rbl.	1—33	1—67	1—94	1—34	—	—	—	—
Kokku sideained	kg	27,1	34,0	41,0	28,1	50,0	40,0	30,0	25,0
	Rbl.	5—08	6—37	7—70	5—27	12—56	10—04	7—53	6—28
Tellised	tk.	212	266	—	27	—	—	—	—
	Rbl.	92—35	99—00	—	11—77	—	—	—	—
Puidust raketis-kilbid	m <sup>2</sup>	—	—	—	—	0,8	0,4	0,4	0,8
	Rbl.	—	—	—	—	13—03	6—51	6—51	13—03
Metallist õõnemoodustajad	kg	—	—	—	—	—	—	—	4,8
	Rbl.	—	—	—	—	—	—	—	7—68

Kruusal ja telliskillustikul valmistatud korebetoonist monoliitsed ja suurplokkseinad on ökonoomsemad kui sama soojapidavusega paekillustikul valmistatud korebetoonseinad.

Tuleb loota, et vabariigi ehitajad, tundma õppides korebetooni omadusi, aitavad kaasa tema juurutamisele ja sellega ka kohalike ehitusmaterjalide efektiivsemale kasutamisele.

---

## KASUTATUD JA SOOVITATAVA KIRJANDUSE LOETELU

1. Скрамтаев Б. Г., Теория прочности бетона. Новые виды бетонов, Гостехиздат УССР, Харьков, 1934.
2. Попов Н. А. и др., Строительные материалы и изделия, Стройиздат, М., 1941.
3. Пористый бетон на заполнителе с однородной крупностью. «Бюллетень строительной техники» № 1 — 1945.
4. Кузнецов Г. Ф., Конструкции жилых домов в послевоенном строительстве, — 1947.
5. Инструкция по приготовлению и применению крупнопористого бетона. (И-201-51), Стройиздат, М., 1951.
6. Скрамтаев Б. Г., Попов Н. С., Орлянкин Н. М., Крупнопористый беспесчаный бетон, «Строительство» № 3, 1951.
7. Атапин А. Н., Внедрение крупнопористого беспесчаного бетона, изд-во МКХ РСФСР, М., 1952.
8. Скрамтаев Б. Г., Будилов А. А., Последние исследования в области крупнопористого бетона, «Бюллетень строительной техники» № 8, 1952.
9. Тигаев Н., Применение крупнопористого бетона в колхозах Крыма, «Сельский строитель», № 3, 1952.
10. Шумилин Г., Камни из крупнопористого бетона, «Московский строитель» № 138, 11. 11. 53.
11. Балашев Л., Новый способ возведения набивных стен, «Московский строитель» № 148, 11. 12. 52.
12. Скрамтаев Б. Г. и Будилов А. А., Исследование физико-механических свойств крупнопористого бетона, «Строительная промышленность» № 3, 1953.
13. Курясин Т. И., Комплексная механизация возведения стен из крупнопористого бетона, «Механизация трудоемких и тяжелых работ» № 7, 1953.
14. Марцинюк И. В., Применение крупнопористого бетона, «Строительная промышленность» № 3, 1953.
15. Скрамтаев Б. Г., Шишкин А. А., Орлянкин Н. М., Будилов А. А., Применение крупнопористого бетона для строек зданий в зимних условиях, «Строительная промышленность» № 9, 1953.
16. Скрамтаев Б. Г. и Будилов А. А., Крупные блоки из крупнопористого бетона, «Архитектура и строительство Москвы» № 5, 1954.
17. Шумилин Г., Стены из крупнопористого беспесчаного бетона, «Сельский строитель» № 1, 1954.
18. Орлянкин Н. М. и Минскер Х. А., Крупнопористый бетон как новый стеновой материал, Углетехиздат, М., 1954.

19. Скрамтаев Б. Г., Блоки из крупнопористого бетона для строительства линейных зданий, «Автомобильные дороги» № 2, 1954.
20. Куринный Т. Г., Строительство в зимних условиях промышленного здания из крупнопористого бетона с добавкой хлористых солей, «Строительная промышленность» № 3, 1954.
21. Минскер Х. А., Крупнопористый бетон с литой штукатуркой, «Московский строитель» № 45, 15. 04. 54.
22. Воронков В. А. и Шульц Э. Э., Крупноблочное строительство малоэтажных зданий из крупнопористого бетона, изд-во БТП НИИГражданстроя, 1955.
23. Борбат П. Г., Комбинированный способ возведения стен из крупнопористого бетона, «Сборник материалов о новой технике и передовом опыте в строительстве» № 3, 1955.
24. Скрамтаев Б. Г., Крупнопористый бетон и его применение в строительстве, Гос. издат. литер. по строительству и архитектуре, М., 1955.
25. Kikas, V. Eesti NSV põlevkivi-kukersiidi tuhk sideainena, (dissertatsioon), Tallinna Polütehniline Instituut, 1954.
26. Тихомиров В. С., Применение крупных блоков из крупнопористого бетона, 1956.
27. Perry H. Petersen, Properties of a Porous Concrete of Cement and Uniform—Sized Gravel, «Building materials and structures». Raport BMS 96. Washington, 1943.
28. «Post-war Building studies» Nr. 1, 1944. Appendix. Recommendation for the use of no-fines concrete.
29. Construction Method. 1946 v. 28 Nr. 12. «British try unconventional methods to speed housing program.»
30. Levy., Un materiaux commode et economique. Le beton caverneux, «Batir» Nr. 35, 1953.
31. Каск К. И., Керамзит на базе местного сырья. «Eesti NSV Teaduste Akadeemia toimetised» Nr. 1, 1955.
32. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituut. Tallinna Polütehniline Instituut, Juhised põlevkivituhk-sideainete kasutamiseks mörtides, betoonis ja raudbetoonis, Eesti Riiklik Kirjastus, 1955.
33. Remma, H. Kollermenetluse rakendamisest põlevkivi tolmkütuse tsükloontuha kasutamisel (käsikiri), Tallinna Polütehniline Instituut.
34. Скрамтаев Б. Г. и др., Строительные материалы, 1952.
35. Брилинг Р. Е., Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов, 1948.
36. Свечин Н. В., Упруго-пластические свойства цементного камня, «Исследования по технологии бетонов», ЦНИПС, 1950.
37. Туркин В. С., Некоторые итоги международного конгресса по сборному железобетону, «Московский строитель», № 118 от 2. 10. 1954.
38. НИОМС, Временные указания по возведению жилых и гражданских зданий из крупных блоков, Гос. издат. литер. по строительству и архитектуре, М., 1956.
39. МПП СССР «Указания по применению крупнопористого беспесчаного бетона в шитовой опалубке с внутренней стороны и из кирпича или плит с наружной». 1952.

40. Галицкий В. Н., Опыт применения московских экономических стен в жилищном строительстве, «Городское хозяйство Москвы», № 12, 1951.
41. Добротворский Б. Н., Мероприятия по развитию и совершенствованию строительства зданий из крупных бетонных блоков, «Бюллетень строительной техники» № 4, 1957.
42. Франчук А. У., Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов, Стройиздат, 1949.
43. Ушков Ф. В., Исследования температурно-влажностного режима стен из шлакобетонных камней со шлаковой засыпкой в условиях повышенной влажности, «Конструкций и материалы в городском строительстве», 1950.
44. Ариевич Э. М., Причины разрушения и ремонт наружных стен мокрых помещений бань и прачечных, 1952.
45. Костромин Н. И. и Хмелюк К. Д., Теплотехнические испытания и характеристики стен жилых зданий, 1952.
46. L. Jürgenson, Lauda niiskuse, soojuse ja CO<sub>2</sub> sisalduse olenevus piirdetarinditest ja õhustusseadmeist, «Tallinna Polütehnilise Instituudi toimetised», 1951.

## SISUKORD

	Lk.
Eessõna . . . . .	3
Sissejuhatus . . . . .	4
1. peatükk. <b>Korebetoonis kasutatavad materjalid</b>	7
I. Betooni täitematerjalid . . . . .	7
II. Sideained . . . . .	11
2. peatükk. <b>Korebetoon seinamaterjalina</b> . . . . .	14
I. Mitmesuguste tegurite mõju korebetooni tugevusele . . . . .	14
1. Täitematerjali mõju korebetooni tugevusele . . . . .	15
a) Täitematerjali kivimi mahukaal ja tugevus, täite-	
materjali terade kuju . . . . .	15
b) Täitematerjali terade pinna iseloom, poorsus ja	
veeimavus . . . . .	16
c) Täitematerjali terastikuline koostis . . . . .	18
2. Sideaine mõju korebetooni tugevusele . . . . .	21
a) Sideaine kulu ja aktiivsus . . . . .	21
b) Sideaine liik . . . . .	23
3. Vesitsemmenteguri mõju korebetooni tugevusele . . . . .	27
4. Korebetooni tihendamine . . . . .	31
5. Korebetooni hüdrotermiline töötlemine . . . . .	33
6. Korebetooni tugevuse kasv aja jooksul . . . . .	39
II. Korebetooni koostise projekteerimine . . . . .	41
III. Korebetooni külmakindlus . . . . .	45
IV. Korebetooni põhilised ehitusfüüsikalised omadused . . . . .	50
1. Korebetooni kapillaarne veeimavus . . . . .	50
2. Korebetooni aurujuhtivus . . . . .	52
3. Korebetooni õhjuhtivus . . . . .	54
4. Korebetooni soojajuhtivus . . . . .	59
5. Korebetooni akustilised omadused . . . . .	61
V. Korebetooni deformatsiivsus ja tugevusomadused . . . . .	62
1. Korebetooni pikideformatsioonid survele . . . . .	62
2. Korebetooni kahanemine . . . . .	66
3. Korebetooni temperatuurset deformatsioonid . . . . .	67
4. Korebetooni paindetugevus . . . . .	67
5. Korebetooni väsimus . . . . .	68
6. Korebetooni nake armatuuriga . . . . .	68
7. Korebetooni naelutatavus . . . . .	69

3. peatükk. <b>Korebetoonist seinad, nende konstruktsioonid ja püstitamise meetodid</b> . . .	70
I. Korebetoonist seinakonstruktsioonide liigitus . . . . .	70
1. Monoliitsed seinad . . . . .	71
2. Väikeplokksseinad . . . . .	74
3. Suurplok- ja suurpaneelseinad . . . . .	76
4. Kombineeritud seinad . . . . .	80
II. Korebetoonist seinte püstitamise meetodid . . . . .	80
1. Korebetooni valmistamise tehnoloogia . . . . .	80
2. Korebetoonist suurplokkehitus . . . . .	85
3. Monoliitset korebetoonist ehitus . . . . .	98
III. Korebetoonist seinakonstruktsioonide soojustehnilised omadused ja niiskusrežiim . . . . .	104
IV. Korebetoonist seinakonstruktsioonide tehnilis-majanduslik hinnang . . . . .	114
Kasutatud ja soovitatava kirjanduse loetelu . . . . .	119

---

С. Докелин!  
КРУПНОПОРИСТЫЙ БЕТОН

На эстонском языке  
Эстонское Государственное Издательство  
Таллин, Пярнуское шоссе 10

\*

Toimetaja E. O j a m a a.  
Tehniline toimetaja E. L u m e t.  
Korrektorid H. A b o j a H. K u l l.

Ladumisele antud 2. XII 1957. Trükkimisele antud  
17. III 1958. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 7,75. For-  
maadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 6,35. Arvutus-  
poognaid 6,57. Trükiarv 2000. MB-00590. Tellimise  
nr. 2747. Trükikoda „Pioneer“, Tartu, Kastani 38.

Hind rbl. 3.30



Rbl. 3.30

A-22043

///

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00395173 0