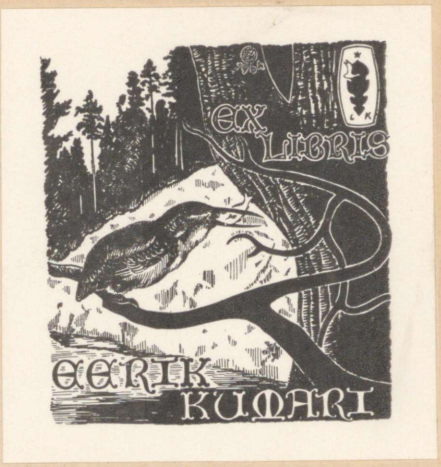
E. Tomingas

MAA-PARANDUSE ÕPIK

RK
„Pedagoogiline Kirjandus"
Tallinn 1949


EX LIBRIS
EERIK KUMARI

E. Lemari
11.10.1950.

EVALD TOOMINGAS

MAAPARANDUSE ÕPIK

Põllundus- ja aiandustehnikumidele

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"
TALLINN 1949

Kmr 954
Kmr
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
962

EESSÕNA.

Maaparanduse töödel on Eesti NSV põllumajanduse arendamises täita tähtis osa. Nende tööde osatähtsus suureneb veelgi seoses jõudsasti areneva põllumajanduse mehhaniseerimisega ja alanud kollektiviseerimisega. Peaaegu iga kolhoosi loomisel kerkib üles vajadus teostada mõnesuguseid maaparanduse töid, ja paljudel juhtudel on maaparanduse läbiviimine eelduseks, ilma milleta üldse pole võimalik kollektiivse suurmajapidamise viisi järgi ratsionaalselt maad majandada. Sellele vastavalt tuleb ka meie põllumajanduslikes õppeasutistes maaparanduse õppeainele omistada vajalist tähelepanu. Selle aine edukat õpetamist on suuresti takistanud eestikeelse õpiku puudumine.

Sellest tingituna ja üldise plaani raamides põllumajanduslikkude tehnikumide varustamiseks vajalikkude õpikutega tegi Põllumajanduse Ministeeriumi Õppeasutiste Valitsus allakirjutanule ülesandeks koostada uus maaparanduse õpik põllundus- ja aiandustehnikumidele nelja-aastase kursuse õppekavade kohaselt.

Juhindudes mainitud koolide õppekavadest ja neist ülesannetest, mis agronoomil maaparanduse alal tuleb täita, on aine käsitamisel pearõhku pandud detailmaaparandusele, kuna muid osi on käsitatud ainult selles ulatuses, nagu see agronoomile on tarvilik maaparanduse projektide ja tööde üldiseks mõistmiseks. Inseneerialased üksikasjad maaparanduse tööde projekteerimiseks ja teostamiseks selles ulatuses, nagu see on tarvilik melioratsiooniala spetsialistide ettevalmistamiseks, vajavad detailsemat käsitamist, kui seda käesolevas raamatus oli võimalik teha. Seevastu on aga küll püütud raamatut koostada sellisena, et see kõlbaks käsiraamatuks maaparanduse ala masskaadritele.

Rohumaade ja sookultuuri küsimusi pole raamatus käsitatud eeldades, et seda käsitatakse erikursuses või ühenduses taimekasvatusega.

Käesoleva raamatu juurde kuuluvad tabelid kraavide mullatöö mahu arvutamiseks on käsitamise hõlbustamise mõttes trükitud eraldi lisas.

Raamatu koostamisel olen saanud tõhusat abi ENSV Teaduste Akadeemia Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaali juhatajalt sm. A. Kalman'ilt, kes retsensendina, koos oma teaduslike kaastööliste, agronoomide A. Jaansoni ja J. Kännuga vaatas läbi raamatu käsikirja, mille tulemusena selles on tehtud olulisi täiendusi ja parandusi.

Samuti võlgnen tänu Põllumajanduse Ministeeriumi Maaparanduse Valitsuse juhatajale, insener G. Karus'ele, kes vastutava toimetaja ülesannetes käsikirja põhjalikult läbi vaatas ja selles vajalikke parandusi tegi.

Mullatööde tabelite koostamisel ja kontrollimisel on mind abistanud ins. Gustav Arukaevu, kellele siinkohal samuti lausun oma tänu.

Autor.

I. Üldosa.

1. Maaparanduse mõiste ja ülesanded.

Põhjamaine karm loodus sunnib meie kodumaa põlluharijat tegema palju tööd selleks, et maa annaks selle harijale rahuldavat saaki. Mida intensiivsem töö on, seda parem on ka saak. On veel väga palju kasutamata võimalusi maa toodanguvõime tõstmiseks. Selliseid võimalusi pakuvad mitmesugused agrotehnilised võtted, nagu: põhjalikum maa harimine, parem seeme, rikkalikum väetis ja parem hoolitsemine kasvuaja kestel, kuid eelkõige maaparanduse tööd kui põhiparandused, ilma milledeta muud abinõud mõjuvad ainult vähe või ei pääse üldse mõjule.

Maaparandustena mõistetakse selliseid töid, mis vahenditult ja püsiva mõjuga tõstavad maa toodangu võimet. Siia hulka kuuluvad: maa liigniiskuse kõrvaldamine, liiga kuivade maade niisutamine, põllumajanduslikkude maade puhastamine kividest, turbamaade savitamine, rasketele savimaadele turba pealevedamine ja muud sedalaadi tööd.

Maa väetamine ja lupjamine — olgugi et need on samuti saake suurendava toimega — pole siiski mitte maaparandused, sest nad pole püsiva mõjuga. Ka pole õige arvata maaparanduste hulka selliseid töid, nagu maade korraldamine, teede parandamine, põllumajanduslike ehitiste otstarbekohasemaks muutmine või muud sellised tööd, mis küll võivad maa majandamise tingimusi tõhusalt parandada, kuid siiski mitte otseselt haritavat pinnast ei paranda.

Karl Marx omas teoses «Kapital» (venekeelne väljaanne 1932. a. III köide, lk. 538) määratleb maaparanduse sisu järgmiselt: «Nõndanimetatud püsivad melioratsioonid — mis muudavad pinnase füüsikalisi ja osalt ka keemilisi omadusi kapitali kulu nõudvate toimingute kaudu ja tulevad võtta kapitali mahutusena maasse — seisnevad peaaegu kõik selles, et määratud maatükile, pinnasele teatavas piiratud kohas, anda selliseid omadusi, mida teine maa teises kohas, sageli eelmise vahetus läheduses, omab

looduse poolest. Üks maa on juba looduslikult tasane, teist tuleb tasandada kunstlikult; üks omab looduslikku äravoolu liigveele, teine vajab kunstlikku drenaaži; ühel on juba looduse poolest sügav künnikiht, teisel see tuleb kunstlikult sügavamaks muuta; üks savipinnas on juba looduslikult sobivas vahekorras segatud liivaga, teisel tuleb selline vahekord luua kunstlikult; üks luht niisutub looduslikult või kattub väetava mudakihiga, teisel see tuleb saavutada töö abil, või — väljendudes kodanliku majandusteaduse keeles — kapitali mahutuse abil.»

Eeltoodud tsitaadist nähtub, kui ulatuslikult ja sügavalt K. Marx on mõistnud maaparanduse olemust ja kui tihedalt ta seob seda mullaviljakust määravate tegurite kogu kompleksiga.

Maaparandus ei ole eesmärk omaette, vaid see on abinõu maa toodanguvõime tõstmiseks nende looduslike tegurite mõjutamise teel, mis antud kohas taimekasvu piiravad. Inimesed ja loomad tarvitavad oma toiduks orgaanilisi aineid: süsivesikuid, valke, rasvaineid ja teisi. Neid aineid ei oska meie praegu veel valmistada sünteetilisel teel anorgaanilistest ainetest; neid aineid suudavad produtseerida ainult rohelised taimed, kasutades lähteainena päikese energiat, süsihappegaasi, vett ja mineraalaineid. Seetõttu on kogu loomariik, kuhu kuuluvad ka inimesed, omas eksistentsis olenev taimeriigist. Inimeste ja loomade arvu suurenedes suureneb ka vajatava toidu hulk. See sunnib inimest võtma taimi, mis on tema ülalpidamiseks vajalikud, oma hoolitsuse alla, neid viljelema ja nende saakide suurenemiseks looma taimedele võimalikult soodsaid kasvutingimusi.

Looduslikult kujunenud kasvutingimused ei ole igal pool taimedele täiesti soodsad. Inimesel tuleb seepärast oma korraldava käega vahele astuda ja neid tingimusi võimaluste piirides parandada. Seda on tehtudki arvatavasti juba sellest ajast peale, kui inimene üldse muutus püsipaikseks maaharijaks.

On teada, et umbes 6500 aastat tagasi tehti Egiptuses vesiehitusi Niiluse jõe vee juhtimiseks niisutatavatele maadele. Analoogilisi ehitusi on tehtud hiljem veel Baabülonis, Assüürias ja Indias. Aasia rahvastelt omandasid veekorraldamise oskuse ka mitmed Euroopa rahvad; algul kreeklased ja hiljem (umbes 400—500 aastat enne praeguse ajaarvamise algust) ka roomlased. Neis maades omas kuivendus suuremat tähtsust kui niisutus.

Hilisemal ajal on tähelepanuväärivaid maaparanduse töid teostatud Hollandis, Inglismaal, Taanis, Austrias, Saksamaal ja teistes maades. Endisel tsaari-Venemaal tehti maaparanduse töid vähe. Alles peale Oktoobrirevolutsiooni on NSV Liidus hakatud suureulatuslikult teostama maaparanduse töid. Seda mõjutas suuresti

tarvidus kindlustada puuvilla tootmise osas täielik rippumatus kapitalistlikest maadest ja vabaneda põuaikaldustest teravilja osas NSV Liidu Euroopa lõuna- ja kagupoolsetes rajoonides, ariidse[1] kliimaga vööndis. Laiaulatuslikud niisutustööd ongi võimaldanud ülesseatud eesmärki saavutada. Nõukogude Liit varustab ennast nüüd täiel määral omal maal kasvatatud puuvillaga ja teravilja jätkub väljaveokski. Esikohal maaparandustöödest NSV Liidus seisavad niisutustööd, kuid ka maade kuivendamisel on küllalt suur tähtsus.

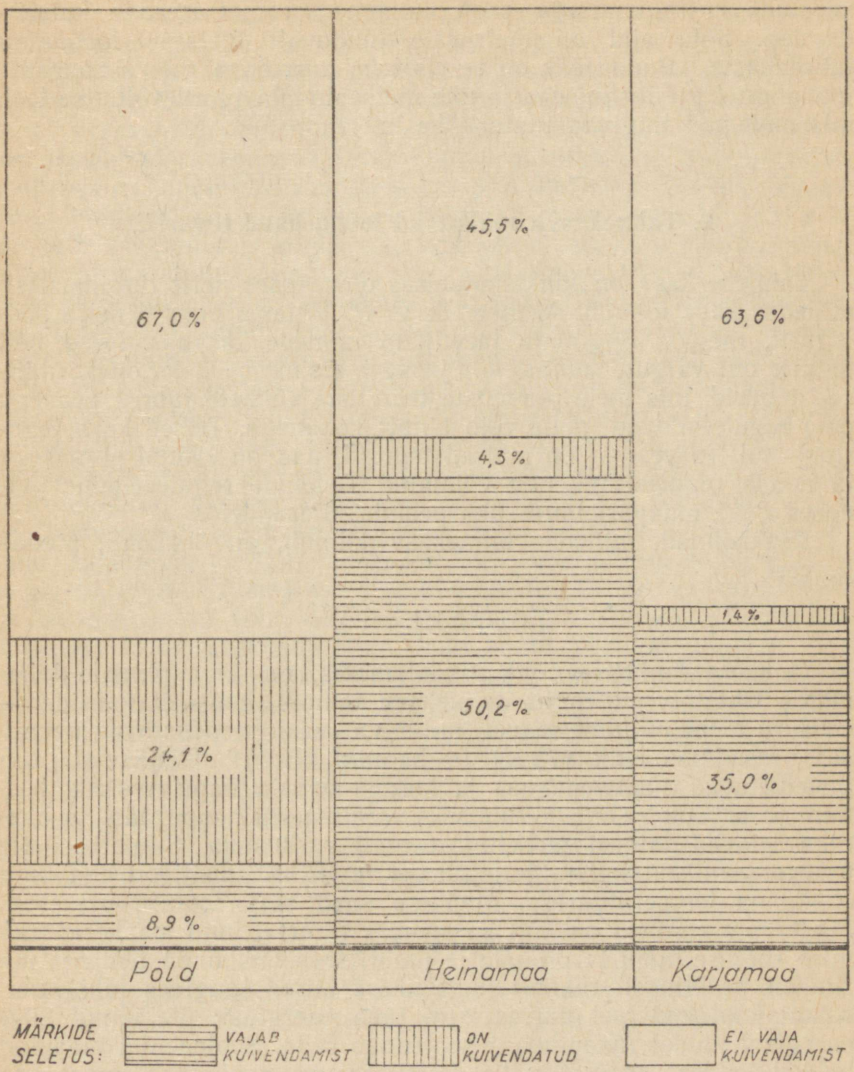
Eesti osas on maaparanduse töid hakatud tegema märgatavamas ulatuses alles XIX sajandi teisel poolel. Algul sündis see loomulikult ainult mõisamaadel ja alles sajandi kolmandal veerandil tekkis ka talupoegadel huvi maaparanduse tööde vastu. Mõistetavalt võisid selliseid töid siiski teha ainult jõukamad talupojad, sest riiklikku abi tol ajal nende tööde läbiviimiseks ei antud. Alles viimase paari aastakümne kestel enne Teist Maailmasõda elavnes maaparanduse tegevus talude koopereerimise läbi veeühinguisse.

Igal maal kujunevad maaparanduse ülesanded vastavalt tema looduslikele tingimustele. Maades, kus pinnas ja soojuse tingimused on taimekasvuks soodsad, kuid sademete hulk pole küllaldane, avab maade kunstlik niisutamine võimalusi saada kõrgeid saake. Niisuguseid maid leidub palju. Nende hulka kuuluvad muude hulgas ka laiad alad NSV Liidu lõunapoolsetes rajoonides. Juba Lõuna-Ukrainas, Krimmis, Põhja-Kaukasuses, Volga kesk- ja alamjooksu piirkonnas, Kasahstani põhja- ja keskosas ning Altai krai lääneosas on niiskusest puudus. Kuid mida kaugemale lõuna- ja kagusuunas, seda teravamaks muutub niiskuse puudus. Kasahhi NSV lõunapoolses osas, Usbeki, Tadžiki, Kirgiisi ja Turkmeeni NSV-s, Taga-Kaukaasia idaosas, Dagestani mõnedes rajoonides ja Stalingradi oblasti lõunapoolses osas on maade põllumajanduslik kasutamine üldse võimalik ainult kunstliku niisutamise varal. NSV Liit haarab nii laialdasi maa-alasid, et selles leidub niihästi liigkuivuse kui ka liigniiskuse piirkondi. Viimased moodustavad iseendast suuregi ala, nimelt arvestatakse NSV Liidu soode ja soostunud niitude kogupindala olevat ca 26,7 milj. ha. Kuid asetsedes suuremas enamikus jahedas või külmas ilmastiku vööndis, ei oma nende kasutamine sama tähtsust kui selle ca 300 milj. ha põua all kannatava maa niisutamine, mis asetseb NSV Liidu lõunarajoonides. Maades, nagu India, kus aastasademete koguhulk on rikkalik, kuid sademete jaotus on selline, et 3—4 sademeterohkele suvekuule

[1] ariidne = põuane, vihmavaene.

järgneb 8—9 kuud põuaaega, ehitatakse veekogumisbasseine, milledesse akumuleeritakse osa kõrgvee-aegsest kasutult mahavoolavast veest, et seda järgneval põuaperioodil vajadust mööda juhtida niisutamist vajavatele maadele. Uuemal ajal on samal eesmärgil ehitatud paisusid jõgedele, milledega luuakse suured veemahutid maade niisutamise otstarbel.

Põhja- ja Loode-Euroopa piirkonda kuuluvad maad, siinhulgas ka Eesti NSV, asetsevad liigse niiskuse vööndis, kus peamise ülesande maaparanduse töös moodustab maade kuivendamine. Küll ei puudu siingi ka niisutamise vajadus. Nii on mai-juunikuus meil tavaliselt ikka sademetest puudus. Paljudel aastatel on ka hilisematel kuudel sademetest puudus. Kunstliku niisutuse teel oleks võimalik tunduvalt tõsta saake juurvilja- ja rohumaadel. Juba praegusteski majandamise tingimustes, kuid veel enam tulevikus, kasvab ka meil niisutuse tähtsus. Esialgu omavad kuivendustööd meie maal siiski kaugelt suuremat majanduslikku kaalu. Põllumajanduse areng meie maal läheb loomakasvatuse suunas, mis tingib tarviduse söödabaasi laiendamiseks ja parandamiseks. Meie oludes see võib sündida eeskätt rohumaade parandamise teel. Põllumajanduse loenduse andmeil 1939. aastast annavad rohumaad, mis pindalalt moodustavad 59,3% tulundusmaast, kogu toodangust ainult 20,9%, kuna põllu- ja aiamaa, mis pindalalt moodustab ainult 40,1%, annab 79% toodangust. See näitab, et looduslike rohumaade toodanguvõime praeguses seisukorras on väga madal. Ümmarguselt 500—700 kg kuiva heina ha kohta, harva rohkem, sageli aga vähemgi — see on praegune saak neilt maadelt. Kuid reguleeritud veeolude juures ja kultuurmaadeks muudetuina võiksid nad anda 3500—5000 kg ha kohta, s. o. 6—7 korda rohkem senisest. ENSV Teaduste Akadeemia Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaalis on koguni saadud 11 000 kg-ni ulatuvaid ha saake aastas. Siit nähtub, millised suured toodangureservid seisavad meil alles kasutamata. Nende reservide täielik ärakasutamine meie maa põllumajanduslik tootmisvõime suurendamiseks peab kujunema lähema paari aastakümne ülesandeks. Suurem osa maaparanduse tööst meie maal seisab rohumaade parandamises. Aga ka põllumaadel on veel küllalt teha maaparanduse töid. Osa põllumaast on alles kuivendamata ja seegi osa, mis on kuivendatud, on suures osas kuivendatud lahtiste kraavide abil, mis praegu enam ei rahulda nõudeid ja tuleb asendada salakraavidega. Osa varemalt salakraavidegi abil tehtud kuivendusest vajab juba uuendamist, sest see on juba nii vana, et drenaaž enam ei toimu rahuldavalt. Suure tööna ootab tegemist veel põldude puhastamine kividest, mis muutuvad üha enam tülitavaiks sedamööda, kuidas põllutööd järjest suuremas



Joon. 1. Maade kuivendamise vajadus Eesti NSV-s.

ulatuses mehhaniseeruvad. Rööbiti põllumajanduslikkude maade veeolude korraldamisega peab kulgema ka metsamaade kuivendamine. Sõja ajal on metsaraie tunduvalt ületanud loomuliku juurdekasvu. Puudujääk on tarvis teha tasa olemasoleva metsaala toodanguvõime tõstmisega ja uue metsapindala juurdevõitmise teel, mis mõlemad tingivad ulatuslikke kuivendustöid.

2. Taimekasvu määravad looduslikud tegurid.

Taimede kasv on funktsionaalses olenevuses neist tingimustest, milledes kasv toimub. Akadeemik V. R. Viljams mainib nelja peategurit, mis on tingimata tarvilikud taimede kasvuks. Need neli tegurit on: valgus, soojus, toit ja vesi. Esimesed kaks on kosmilised tegurid, mis meie praeguste tehniliste võimete juures peaaegu pole reguleeritavad, neile võib ainult kohaneda. Teised kaks tegurit — toit ja vesi — on maised tegurid, nad on seotud pinnasega ja nende reguleerimine on võimalik. Veeolude reguleerimine pinnases ongi maaparanduse üks peamisi ülesandeid.

Keskkonnad, milledes taimekasv toimub, on õhkkond, pinnas ja vesi.

a) Õhkkond.

Maakera ümbritsev õhk madalamates, maakera pinnale lähemates kihtides, milles ka taimekasv toimub, koosneb gaaside ja veeauru mehaanilisest segust, mille koosseisu moodustavad peamises osas lämmastik (78%) ja hapnik (21%). Ülejäänud osa moodustavad süsihappegaas ja kerged gaasid nagu vesinik, heelium ja argoon. Oma toitumiseks vajaliku süsihappegaasi ja hapniku leiavad taimed õhkkonnast alati raskusteta. Samuti ei ole valgus tavaliselt mitte limiteerivaks teguriks. Teisiti on aga lugu õhkkonna temperatuuriga. Maakera saab oma soojuse päikeselt. Maakera sisemuses on küll ka soojuse reserve, kuid maakera sisemise soojuse mõju ta pinnale ja ümbritseva õhkkonna temperatuurile on praktiliselt tähtsusetu. Päikese kiired tungides läbi ilmaruumi kaotavad teel umbes 20% oma energiast; ülejäänud 80% energiast jõudes maapinnani soojendab seda. Soojenenud maapind hakkab endast soojust välja kiirgama ja soojendab maapinna kohal olevat õhku. Nii ei saa siis maapinna lähedased õhukihid oma soojuse mitte vahetult päikeselt, vaid kaudselt, maapinna kiirgamise tulemusena. Maapinnale tulev soojuse hulk on seda suurem, mida enam püstloodis päikesekiired maapinnale langevad,

sellepärast on ekvaatori vööndis soojem kui polaarvööndis ja samal põhjusel on meil suvel õhk soe ja talvel külm. Ka öö-päeva kestel temperatuur muutub. Keskpäeval, kui päike seisab kõrgemal, on õhk soojem kui õhtul või hommikul, päikese madalseisu ajal. Temperatuuri maksimum ei lange siiski mitte keskpäevale, vaid 2—4 tunni võrra hilisemale ajale, sest õhk saab oma soojuse alles soojaksköetud maapinnalt ja maapind saavutab oma maksimaalse soojuse alles mainitud aja järel peale keskpäeva. Teisalt, ööpäevane temperatuuri miinimum ei lange ka mitte kesköösle, vaid esineb alles hommikul, koidu eel, sest alles selleks ajaks on maapinna temperatuur saavutanud oma madalseisu. Päeval saab maapind päikeselt rohkem soojusenergiat, kui ta seda väljakiirgamise teel õhule ära annab, sellepärast maapinna temperatuur päeva kestel suureneb. Öösel aga kiirgab maapind soojust välja ilma päikeselt seda asemele saamata, ja tulemuseks on maapinna jahtumine öö jooksul. Pilves ilmaga on kiirgamine väiksem, sest pilved moodustavad nagu vaiba maapinna kohal, mis pidurdab soojuse kiirgamist ilmaruumi. Seetõttu on maapinna (ja siis ka selle läheduse õhu) temperatuur pilves ööl kõrgem kui selgel ööl.

Taimekasvus omab temperatuuri tegur väga kaaluvat tähtsust, kuid selle teguri mõjutamiseks on meie võimalused esialgu alles väga piiratud. Klaasialuse kasvupinna loomisega kasvuhoonetes ja lavades on ju võimalik kasvuperioodi pikendada või taimedele soojemat kasvukeskkonda luua, kuid ainult piiratud ulatuses; samuti on kasvupinna kunstlik soojendamine küttetorustiku abil alles katsete astmel. Taimede kohandamine antud temperatuuri tingimustele selektsiooni ja sordiaretuse teel on praegu ainuke laiemal ulatusel reaalselt kasutatav abinõu, mida selle kasvuteguri suhtes saab ette võtta. Muudest õhkkonna elementidest omab õhurõhk määravat tähtsust sademete ja sellega ühenduses ka temperatuuri kujunemisele. Kuid selle mõjutamiseks ei ole abinõusid. Samuti on võimalused õhuniiskuse mõjutamiseks praegu alles väga piiratud.

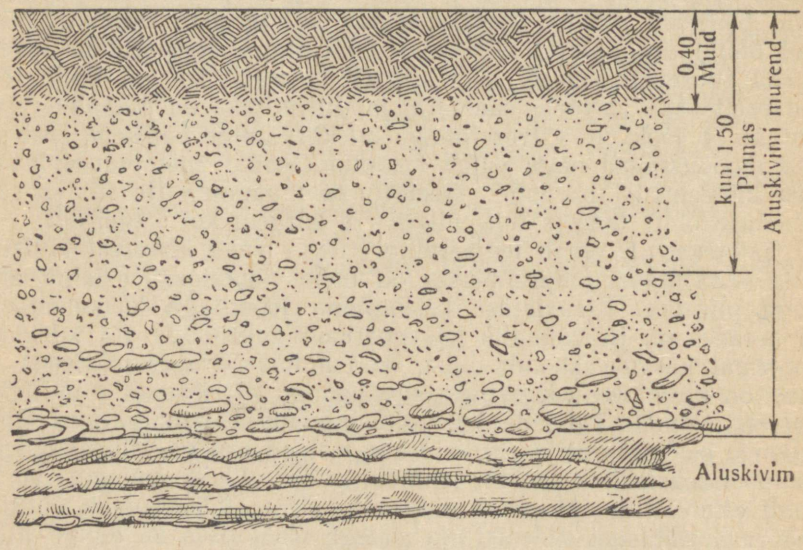
b) Pinnas.

Pinnas kui taimekasvu keskkond on hoopis suuremal määral alluv inimese mõjutamise võimalustele; seda on võimalik parandada.

Pinnase ülesanne seisneb selles, et olla toetuspaigaks taime juurekavale ja ühtlasi mineraalsete toitainete ning vee varupaigaks.

Teatavasti moodustavad maakera koore pinnaosa: aluskivim ja aluskivimi murend. Aluskivimiks nimetatakse seda osa maakera koorest, mida ilmastikulised tegurid ainult vähe mõjutavad.

Meil on aluskivimiks Põhja-Eesti osas siluuri- ja ordoviitsiumiaegsed paekivi ladestused, Lõuna-Eestis aga devoni liivakivi. Aluskivimi murendiks nimetatakse aluskivimist aegade jooksul termilise ja keemilise murenemise tagajärjel tekkinud lahtist maakihti (V. R. Viljamsi järgi — rõhljak), mis õhema või paksema korrana katab aluskivimit. See võib olla tekkinud murenemise kohal või jää ja veega eemalt kokku kandunud. Murendi kihipaksus kõigub suurtes piirides: mõnest sentimeetrist paljude meetriteni.



Joon. 2. Pinnase skemaatiline läbilõige.

Ülemine kiht aluskivimi murendist on püsivalt ilmastiku mõju all ja mõjutab taimekasvu maapinnal. Seda kihti nimetatakse pinnaseks. Pinnase kihipaksus ei ole tavaliselt 1,5 meetrist suurem, võib aga sageli — nagu näiteks meil Põhja-Eesti loopealsetel maadel — piirduda ainult mõne sentimeetriga.

Pinnase mõistesse kuulub ka selle viljakus, mille määrab vee ja taimetoitainete sisaldus pinnases. Kaugelt suurem osa taime toitainetest sisaldub pinnase pealmises, 20—40 sm paksuses (künni-) kihis; siin leidub ka suuremal või vähemal määral mitme-

suguses kõdunemise astmes olevaid taime- ja loomariigi jäänuseid, ja selles kihis asetseb suurem osa kasvavate taimede tegusast juurekavast. Seda pealmist pinnase kihti nimetatakse mullaks.

Pinnase füüsikalised omadused olenevad suurel määral tema koostise osakeste suurusest või lõimisest.

Pinnase terakeste suuruse järgi tehakse vahet järgmistele lõimise rühmadele:

a) V. V. Ohhotini klassifikatsioon	terakeste läbimõõt mm-tes	b) A. Atterbergi klassifikatsioon	terakeste läbimõõt mm-tes
Sau, peen	alla 0,001	Sau	alla 0,002
„ , jäme	0,001—0,05	Ibe, peen	0,002—0,006
Ibe	0,05 —0,10	„ , jäme	0,006—0,020
Tolm, peen	0,01 —0,05	Möll, peen	0,02 —0,06
„ , jäme . . .	0,05 —0,10	„ , jäme	0,06 —0,20
Liivatolm	0,10 —0,25	Liiv, peen	0,2 —0,6
Liiv, peen	0,25 —0,50	„ , jäme	0,6 —2,0
„ , keskmine . .	0,5 —1,0	Kruus	üle 2,0
„ , jäme	1,0 —2,0		
Rühk	üle 2,0		

Tavaliselt pinnas koosneb mitmesuguse terasuurusega osistest, mis omavahel on segunenud kõige mitmekesisemas vahekorras. Pinnase koostise osade vahekord määrab sel juhul ta omadused ja ka nimetuse. Pinnased (mineraalpinnased) jaotatakse tavaliselt nelja põhiliiki: savi-, liivsavi-, saviliiva- ja liivapinnased. Liitnimetustes (liivsavi ja saviliiv) näitab viimane osa nimest domineerivat osist ja esimene osa — lisandit; nii näiteks on liivsavi selline pinnas, milles domineerivaks osaks on savi, lisandiks aga liiv. Pinnase liigitamises oli vanemas (A. Atterbergi) liigituses aluseks võetud ainult alla 0,002 mm suuruse läbimõõduga terakeste protsentuaalne osa. Selle järgi jagunesid pinnased järgmistesse liikidesse:

Savi	alla 0,002 mm terakesi	üle 50%
Liivsavi, raske . .	„	40—50%
„ , keskmine	„	30—40%
„ , kerge . .	„	20—30%
Saviliiv, raske . .	„	15—20%
„ , keskmine	„	10—15%
„ , kerge . .	„	5—10%
Liiv	„	alla 5%

Uuemas, V. V. Ohhotini liigituses on aluseks võetud kolm lõimise rühma, nimelt: alla 0,005 mm, 0,005—0,25 mm ja 0,25—2,0 mm. Sel alusel pinnased jagunevad V. V. Ohhotini klassifikatsiooni kohaselt järgmistesse liikidesse.

Pinnase liik	Sisaldab %-des		
	Savi (terasuurusega alla 0,005 mm)	tolmu, mölli (terasuurusega 0,005—0,25 mm)	liiva (terasuurusega 0,25—2,0 mm)
Savi, raske	üle 60		
Savi	60—30		
„ tolmjas	üle 30	enam, kui ühtki teist	
Liivsavi, raske	30—20		tolmust enam
„ „ , tolmjas	30—20	liivast enam	
„ keskmine	20—15		tolmust enam
„ „ , tolmjas	20—15	liivast enam	
„ kerge	15—10		tolmust enam
„ „ , tolmjas	15—10	liivast enam	
Saviliiv, raske	10—6		tolmust enam
„ „ , tolmjas	10—6	liivast enam	
„ kerge	6—3		tolmust enam
„ „ , tolmjas	6—3	liivast enam	
Liiv	alla 3	alla 20	
„ tolmjas	„ 3	20—50	
Tolm	„ 3	üle 50	

Peale mineraalosise leidub pinnase pealmises kihis (mullas) alati ka veel orgaanilise päritoluga taime- ja loomariigi jäänuste kõdunemise produkte, mida ühise nimega nimetatakse huumuseks. Huumuse sisalduse järgi liigitatakse pinnaseid järgmiselt:

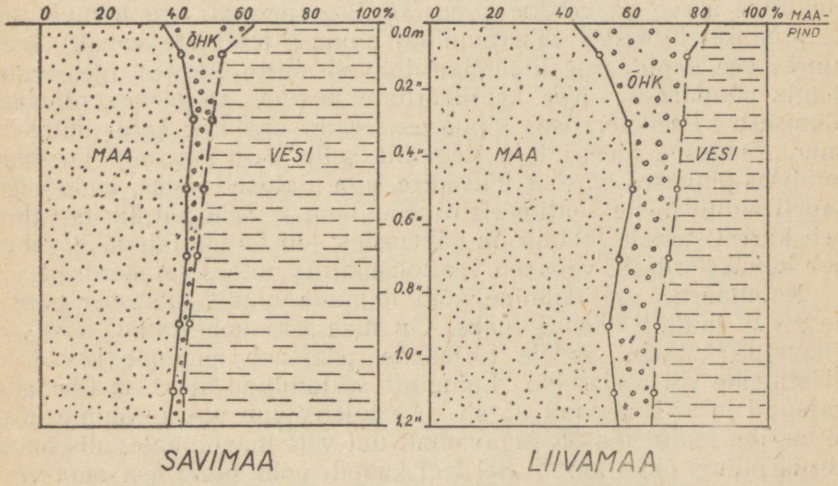
huumusevaesed	mullad	—	huumuse sisaldusega	alla 3%
huumuselised	„	—	„ „	3— 6%
huumuserikkad	„	—	„ „	6—15%
huumusmullad	„	—	„ „	15—50%

Mullad, mis sisaldavad üle 50% huumust, nimetatakse organogeenilisteks.

Lisaks mineraalosistele ja orgaanilisele ainele on pinnases veel vett, õhku, süsihappegaasi ja suur hulk mullabaktereid.

Pinnase tähtsamaid füüsikalisi omadusi on selle vee- ja õhumahtuvus ning kapillaarsus.

Veemahtuvuse (veekapatsiteedi) all mõistetakse seda veehulka, mida pinnas võib endasse imeda ja endas kinni pidada, ilma et vesi raskustungi jõul valguks pinnasest välja. See vee kinnipidamise võime on olenev pinnase lõimisest. Peeneteralistel pinnastel, nagu savimaa, see on suurem, jämedateralistel — väiksem. Suurema veemahtuvusega pinnased on põuakindlamad kui



Joon. 3. Pinnase õhu- ja veemahtuvus.

väikese veemahtuvusega pinnased. Suurem põuakindlus ongi üks tähtsamaid tegureid, mis savimaad teeb väärtuslikumaks põuaargadest liiva- ja kruusa pinnastest. Vee mahtuvus kõigub mineraalpinnastel üldiselt 20—80% vahel (kaalu järgi). Taimekasvule on olukord mineraalmaades kõige soodsam siis, kui veesisaldus pinnases on 50—60% ta täiest veemahtuvusest.

Õhumahtuvus (õhukapatsiteet). Pinnas kujutab endast poorset keha, milles isegi kõige peeneteralisema lõimise juures jääb terakeste vahele ka õhuruumi, mida nimetatakse pinnase poorsuseks. Ühe osa sellest poorsusest (õhuruumist) täidab pinnases olev vesi, kuid ka siis, kui pinnases on vett tema täie veemahtuvusele vastaval määral, pole kogu poorsus veega täidetud, vaid pinna-

sesse jääb ka veel õhku. Seda osa pinnase poorsusest, mis temasse veel jääb, kui pinnas on küllastunud veega täie veemahtuvuseni, nimetatakse pinnase õhumahtuvuseks. Õhu olemasolu on tingimatult vajalik eeldus taimekasvuks, sest taimejuured vajavad hingamiseks hapnikku. Hapnik on ka tarvilik taimejuurte poolt väljahingatava süsihappegaasi oksüdeerimiseks, eriti aga nende mikroobide elutegevuseks, kellede toimel toimub mullas orgaanilise aine mineraliseerimine ja uueks taime toitaineks muutumine.

K a p i l l a a r s u s. Nagu vesi peentes klaastorukestes kapillaarjõu mõjul tõuseb kõrgemale vabapinnast (pinnast, kus hüdrostaatiline surve on võrdne atmosfäärilise survega), nii toimub see ka pinnases kitsastes vaheruumides pinnase terakeste vahel. Seejuures vee kapillaarne liikumine toimub mitte üksnes üles, vaid kõigis suundades. Vee kapillaarne liikumine on olenev pinnase lõimisest. Peeneteralises pinnases see on aeglane, kuid ulatuselt suur, tõustes 2 meetrini ja isegi üle selle. Seevastu aga jämedateralises pinnases on tõus küll kiire, aga ulatuselt väike, küündides sageli ainult mõne sentimeetrini. Kapillaarse veetõusu kiirus väheneb kiiresti terade läbimõõdu vähenedes; kui terade läbimõõt väheneb kümnekordselt, väheneb vee tõusukiirus umbes sajakordselt.

Kapillaarne veeliikumine võib toimuda ainult kitsastes poorides, s. o. küllalt tihedas maas. On maa aga kobestatud, siis vee liikumine katkeb. Sellele tõsiasjale põhjeneb põldude kevadine libistamine või äestamine. Lume alt väljatulnud künd on tihedaks vajunud ja selle pinnalt algab kohe intensiivne vee auramine. Kapillaarjõu mõjul tõuseb sügavamalt uut vett maapinnale, mis omakorda jällegi õhku aurab. Sel teel kaotab põld suure osa oma veetagavarast juba enne külviaega. Mahakülvatud viljaseeme satub kuiva mulda, kus ta idanemine ja arenemine sünnib aeglaselt ja vili jääb nõrgaks. Selle pahe vältimiseks tuleb maa kevadel kohe selle järel, kui ta on juba seevõrra tahenenud, et peal kannab, äestada või libistada. Sel teel kobestatud künnimaal on kapillaarne vee tõus pinna lähedases kihis katkestatud ja vee auramine tõkestatud. Õhuke kobestatud kiht maapinnal kuivab küll ruttu ära, kuid selle all olevates kihtides niiskuse tagavarad säilivad taimedele kasutamiseks. Nii nagu äestamine või libistamine on vee auramist tõkestavaks tööks, nii on rullimine vastandina sellele abinõuks kapillaarsuse suurendamiseks. Seda kasutatakse peale külvi selleks, et tihendada künnimaad, millega hõlbustatakse vee kapillaarset tõusu mahakülvatud seemneteni ja soodustatakse nende idanemist ja kasvu.

Mõlemad abinõud, rullimine ja äestamine on tõhusaks vahendiks veeolude reguleerimiseks pinnase pealmises, haritavas kihis.

Tähtsamad pinnase liigid. Pinnased jagunevad teatavasti mineraalseteks ja organogeenilisteks.

Mineraalpinnastest on tähtsamad savi, möll, liiv ja kruus.

Savi on märjana plastiline ja seebitaoliselt libe, kuivades aga tõmbub kokku, vähenedes mahult kuni 10%, muutub kõvaks ja praguneb. Savi on raskesti vett läbilaskev. Kapillaarne veetõus savis on suur, kuid väga aeglane. Vee mahtuvus on suur ja auramine savi pinnalt intensiivne. Viimane asjaolu teeb savimaad külmadeks maadeks (sest auramine seob palju soojust). Savimaa ei moodusta taimekasvule soovitavat sõmeralist struktuuri ja on raskelt haritav, mis ta väärtust kultuurmaana suuresti vähendab. Savimaade põuakindlus ja taimetoitainete suhteline rikkus tõstavad neid siiski paremate põllumajanduslikkude maade hulka.

Möll sarnaneb märjana välimuselt saviga ja on nagu seegi — plastiline. Kuivanuna ta aga ei pragune ega tõmbu märgatavalt kokku mahus. Ka ei muutu ta kõvaks nagu savi, vaid mureneb. Vee läbilaskvus on suurem kui savil, veemahtuvus aga väiksem. Vee kapillaarne tõus pole sama suur kui savil, kuid tõusukiirus on suurem. Need maad on kergemad harida, kuid on vähema põuakindlusega ja taime toiduvarude poolest vaesemad kui savimaad.

Liiv on niiskena samuti vormitav, kuid kuivades pudeneb; seejuures siiski mahtu muutmata ja pragunemata. Liiva veemahtuvus on väike, vee kapillaarne tõus on kiire, kuid tõusu kõrgus väike. Liivamaa on kergesti haritav, kuid põuaarg ja toitaine varude poolest vaene.

Kruus on väga kiirelt vett läbilaskev ja kapillaarsus praktiliselt puudub. Põllumajanduslikuks viljelusmaaks vähe kõlblik.

Pinnas koosneb enamasti loeteldud osiste: savi, mölli, liiva ja kruusa segust mitmesugustes kombinatsioonides ja vahekorras. Nende osiste omavaheline vahekord määrab ka pinnase füüsikalised omadused. Suurt tähtsust omab seejuures ka huumuse sisaldus.

Organogeenilised pinnased. Need on surnud taime- ja loomariigi jäänuste puuduliku lagunemise tulemusena tekkinud pinnased. Siia kuuluvad: turvas, toorhuumus ja järvemuda.

Turvas moodustab meie oludes kaugelt suurema osa kõigist organogeenilistest maadest. See on hapnikuvaeses keskkonnas liigniiskuse tingimustes tekkinud taimejäänuste kuhjatis mitmesuguses lagunemise astmes, milles mineraalosa on vähene. Turbakihi paksus võib olla paarist detsimeetrist paljude meetriteni. Kõik sood ja rabad kujutavad endast turbaladestusi.

Toorhuumus erineb turbast selles mõttes, et ta tekib peamiselt liivastel maadel varjulistes kohtades surnud taimestiku puuduliku lagunemise produktina. Ta on seenkoe narmastest läbi põimunud ja moodustab tiheda vilditaolise kihi, mille paksus aga pole suur, piirdudes tavaliselt mõne sentimeetriga. Üldiselt toorhuumus tekib ainult väikestel maa-aladel, metsamaal ega oma põllumajandusliku pinnasena tähtsust.

Järvemuda (sapropeel) tekib lahtistes veekogudes hõljuvate orgaaniliste ainete settimise teel veekogu põhja. Nende ainete päritolu järgi tehakse vahet kahesugusele mudaliigile. Sündimise kohal kihistunud, nn. autoktoonsed sedimendid veetaimedest, veeloomade surnud jätteist ja väljaheiteist moodustavad värvuselt hallikasroheka, haiseva, vedela konsistentsiga muda, mida nimetatakse «gyttjaks» (rootsikeelsest sõnast — gyttja). Seevastu eemalt veega kokkukantud aineist veekogusse tulnud ja siin settinud nn. alloktoonilisi sedimente, mis tavaliselt kihistuvad gyttjamuda peale ja omavad pruuni värvust, nimetatakse dy-mudaks (rootsikeelsest sõnast — dy). Järvemuda tuleb pinnasena küsimusse ainult järvede kuivakslaskmise korral, kui järve põhi võetakse põllumajanduslikule kasutamisele. Oma halbade füüsikaliste omaduste tõttu ei ole järvemuda heaks pinnaseks.

Looduslik pinnas pole kaugeltki alati kõigis suhtes taimekasvuks soodus. Maaharijal tuleb seepärast maad parandada, et saada kõrgemaid saake. Selliseid maa füüsikaliste omaduste parandamise võimalusi ongi mitmeid ja intensiivse põllukultuuri tingimustes neid ka kasutatakse majandusliku tasuvuse piirides. Nii näiteks parandatakse savimaade rasket haritavust ja külmust liiva ja huumusaine (turba või muda) pealevedamise teel, liivastele maadele turba lisamise või turbamaa saviga segamise teel.

c) Vesi.

Taimede toitumises omab vesi keskkonnana eriti suurt tähtsust. On võidud isegi tõestada, et vesi võib teataval määral ka pinnast asendada. Nii on Guerick esitanud nn. hüdropoonilise meetodi aedvilja kasvatamiseks toitval vesilahusel sel teel, et vesi, millesse on lahustatud sobivas suhtes taime toitesoolasid, valatakse rauast, puust või betoonist valmistatud paakidesse. Paak kaetakse metallvõrguga ja sellele raputatakse õhukesi laaste, saepuru, hekseldatud õlgi või turvast. Võrgu ja paagis oleva veepinna vahele jääb õhuvahe. Aedvilja seemned külvatakse võrgule asetatud katekihti ja kastetakse veega. Kui taime juurekesed ulatuvad võrgust läbi, toitelahuseni, lõpetatakse pealtkastmine. Kasvuaja kestel lisatakse

vette mitmel korral täiendavalt väetist. Taimed kasvavad hästi ja on andnud kuni viis korda suuremat saaki kui aiamaal kasvades. Seejuures langevad ära mulla harimise ja umbrohu kitkumise tööd, ja toitainete hea reguleerimise võimaluse tõttu on võidud kasvatada suurema mineraalsoolade sisaldusega aedvilja, mis on suure dieedilise tähtsusega, eriti lastele ja haigetele. Hilisemad katsed on küll näidanud, et see kõrbetingimustes väga sobiv meetod ei lase ennast paraskliima vööndis mitte õigustada, kuna ta pole andnud ei kvantitatiivselt ega kvalitatiivselt paremat saaki, võrreldes taimede viljelemisega mullas. Kuid siiski on sellega tõestatud, et ka ilma pinnaseta on võimalik taimi viljelda. Ilma veeta oleks see aga absoluutselt võimata.

3. Vee ringkäik looduses.

Vesi on kõige elusa looduse, niihästi loomariigi kui ka taimestiku olemasolu kõige tähtsamaid eeltingimusi. Looduses vesi on alalises ringkäigus: maapinnalt õhku, õhust maapinnale ja sealt kas taimede kaudu või vahetult auramise teel uuesti õhku tagasi. Õhk sisaldab endas alati teataval määral veeauru. Veeauru hulk, mida õhk võib gaasi kujul sisaldada, on olenev õhu temperatuurist. Kõrge temperatuuri juures see on suurem, madala temperatuuri juures — väiksem. Õhu jahenedes veeaur tiheneb kuni õhk on küllastunud. Selle kriitilise piiri (kastepunkti) saavutanud, veeaur veeldub, muutudes väikesteks veepiisakesteks, mis esialgu pilvede kujul jäävad õhku hõljuma, kuid edaspidisel tihenemisel õhu jahenemise tagajärjel suurenevad ja sademetena maapinnale langevad. Sademetena maapinnale langenud vesi imbub osalt pinnasesse, osalt aga valgub maapinda mööda kraavidesse, ojadesse, jõgedesse ja järvedesse ning lõpuks merde. Pinnasesse imbunud vesi täidab pinnase poorid ja kui pinnas on veega küllastunud, valgub ülejääk raskustungi mõjul allapoole kuni põhjaveeni või vettpidava kihini. Kui see vettpidav kiht omab kallakut, siis hakkab vesi kaldesuunas edasi liikuma. Enamasti toimub see liikumine väga aeglaselt, kuid võib teatavatel juhtudel omada ka maa-aluste vooluste kuju, mis madalamates kohtades allikate näol jälle maapinnale nähtavale tulevad ja veejuhtmeisse ning veekogudesse voolavad. Vett, mis pinnasesse imbub, kasutavad taimed toitumiseks. Osa veest seotakse sel teel taime organismiga, suurem osa aga peale oma ülesande täitmist lahkub taimest auramise teel uuesti õhku. Kõik õhku tõusnud veeaur — olgu see siis auranud taimede kaudu või vahenditult maapinnalt ja veekogudest — tiheneb sobivate tingimuste

juures jälle pilvedeks, kust vesi sademete kujul maapinnale langeb, et siit eelkirjeldatud viisil kaudselt või vahenditult uuesti õhku tõusta. Nii jätkub vee ringkäik katkestamatult. Looduses sellises ringkäigus oleva vee hulka hinnatakse 1,27 miljardile kuupmeetrile. See ringkäik ei vähenda aga kogu looduses leiduvat veehulka, olgugi et kogu maakera taime- ja loomariik ennast sellest veest elatab. Isegi see osa veest, mis taime või looma organismi on seotud, vabaneb sealt peale organismi elutegevuse lõppemist ja astub uuesti ringkäiku.

See vee ringkäik on väga tähtis. Ta on kogu orgaanilise elu säilimise eeltingimuseks. Niipea kui vee ringkäik lõpeks, lakkaks ka maapealne elu.

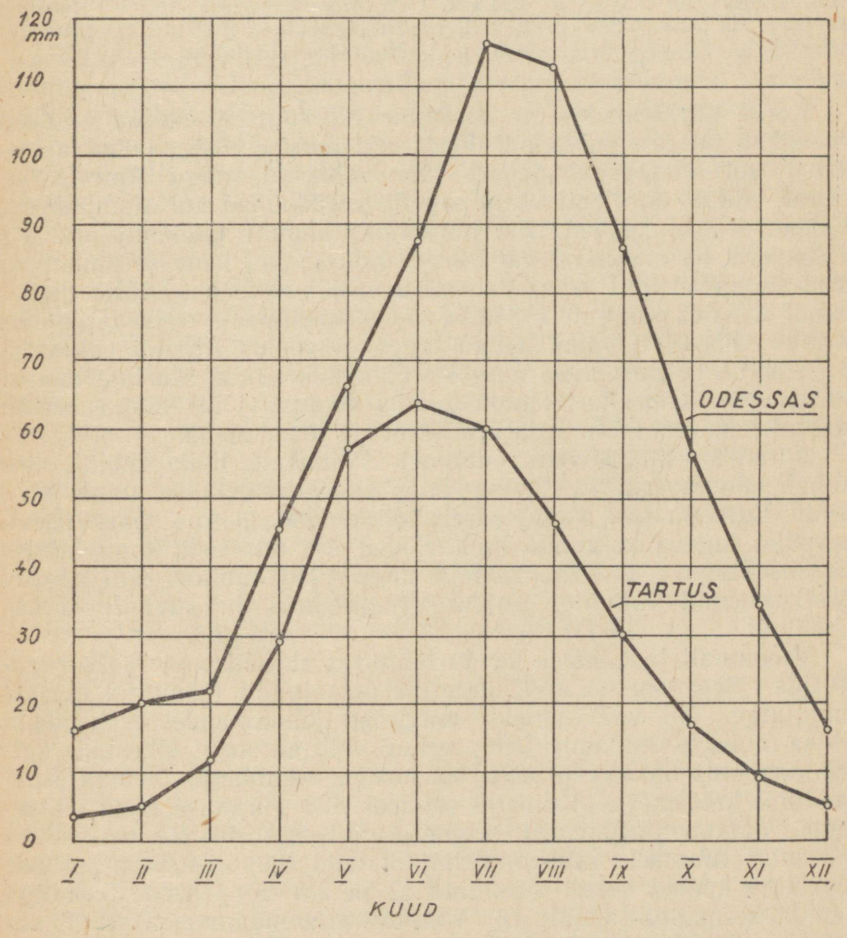
Jõud, mis vett alalises ringkäigus peab, on päikese energia. Auramist sünnitades ei lase see veel jääda maapinnale ja veekogudesse seisma, vaid tõstab selle uuesti õhuruumi, varustades teda uue energiapotentsiaaliga uue ringkäigu alustamiseks. Õhkkonnas olev vesi omab kõige suuremat energiapotentsiaali, sademete näol maapinnale langenuna ja pinnasesse imbununa vee energiapotentsiaal on väiksem ja lahtistesse veekogudesse kokku voolanuna on vesi oma potentsiaalse energia kaotanud. Ta saab aga päikeselt uuesti vajaliku energia, mis auramise teel vee jälle viib üles õhkkonda.

Kuna vee ringkäik omab otsustavat tähtsust taimeriigi ja kogu elu ülalpidamises, siis on tarvilik tunda selle ringkäigu eri faase, et selgusele jõuda, millisel määral need on inimese poolt reguleeritavad. Tähtsamaid ringkäigu faase on: vesi õhkkonnas ja vesi maapinnal. Kaks tähtsat looduslikku tegurit määravad selle veehulga, mis tuleb maapinnale taimestiku ja loomariigi kasutusesse. Need on auramine ja sademed.

a) Auramine.

Kogu see veeaur, mida õhk endas sisaldab nähtamatul gaasisarnasel kujul ja mis sobivates tingimustes veeks tihenedes langeb sademete näol maapinnale tagasi, on auramise teel õhku sattunud. Ilmaruumist maakerale uut vett juurde ei tule. Auramine toimub veekogudest, maapinnalt ja taime lehtede kaudu. Õhk võtab endasse auramise teel niikaua vett vastu, kuni ta ei ole veeauruga küllastunud. Auramine on seda intensiivsem, mida kuivem on õhk, s. o. mida väiksem on õhu relatiivniiskus. Ka õhu temperatuur ja tuule kiirus mõjutavad auramist; nimelt, mida kõrgem on temperatuur või mida suurem tuule kiirus, seda suurem on auramine. Suvel on auramine suurem kui kevadel ja sügisel. Kuid auramine kestab

ka talvel, jää ja lume pinnalt, kuigi see on märksa väiksem auramisest lahtiselt veekogult või maapinnalt. Auramine soolaselt veepinnalt on väiksem kui magedalt ja lahtiselt veepinnalt suurem kui paljalt maapinnalt. Taimkattega kaetud maapind aurab aga rohkem vett õhku kui ilma taimkatteta maa. Auramise intensiivsus aasta kestel on suurtes piirides kõikuv. Seda iseloomustavad kujukalt auramiskõverad Tartu ja Odessa kohta joonisel nr. 4.



Joon. 4. Auramise aastane kulg.

Ööpäevane auramise intensiivsus oleneb õhu relatiivniiskusest ja tuulest. Tuulevaikuse puhul küllastub õhk mõne aja pärast veeaurust ja edaspidine vee auramine maapinnalt lakkab. Seevastu aga tuulise ilmaga kandub veeauruga rikastunud õhk ära ja uus, kuivem voolab asemele, mis on suuteline jälle veeauru vastu võtma.

Eri ilmastiku tingimustes auramine on suuresti erinev. Nii näiteks on aasta keskmine auramine:

Leningradis	320 mm	Odessas	700 mm
Tartus	340 „	Taškendis	1340 „
Kiievis	480 „	Madrassis (India) . . .	1930 „

Kõrve piirkondades on auramine nii suur, et paljud endised veekogud on ära kuivanud. Jõed, mis oma alguse saavad mäestikust või kõrvepiirkondadest läbi voolavad, nagu Amu-Darja, Uural, Niilus, on ülemjooksul sageli veerikkamad kui alamjooksul. Vähemad jõed kaovad kõrvepiirkonnas koguni täielikult ära. Ka Vahemerel on auramine väga suur, suurem kui temasse suubuvad jõed suudavad vett tuua. Vahemere veepind püsib seetõttu madalamal Atlandi ookeani ja Musta mere veepinnast. Selle tagajärjel toimub Gibraltari väina kaudu tugev veevoolus Atlandi ookeanist Vahemerde ja Bosporuse ning Dardanellide kaudu Mustast merest Vahemerde. Gibraltari kaudu toimuv voolus on nii võimas, et on koguni tekkinud mõte seda ära kasutada jõuastmena.

Auramise intensiivsus suureneb tunduvalt tuule mõjul. See annab ennast eriti tunda lagedates stepipiirkondades, nagu NSV Liidu Euroopa osa kagupoolseis piirkondades, kus paar päeva kevadist tugeva kuivtuule ilma võivad ära aurutada kogu talvise niiskuse tagavara. Põua-aastail, nagu 1946, muutus siin sügisel hästiarenenud taliviligi kuivaks nagu hein ja suvivili kõrbes täielikult.

Veepinnalt ja taimede kaudu toimuvat auramist on raske reguleerida. Seevastu on aga auramine maapinnalt mõningal määral mõjutatav. Nii võib näiteks auramist künnimaadel vähendada lihtsa mulla kohendamise teel; samuti võib auramist tõkestada kattes maapinda näiteks turbaga, saepuruga, samblaga või muu sellelaadilise kateainega. Kuipalju sel teel võib auramise kadu vähendada, nähtub järgmistest arvudest Mitscherlichi katses: võttes auramise suuruseks kesapõllul ilma katteta 100, oli 0,5 sm paksuse õlekihiga kaetud kesalt auramine 42 ja 2,5 sm paksuse õlekihiga kaetud kesapõllult ainult 18. Katekihi suurendamine 5 sm-ni vähendas auramist 10 peale.

b) Sademed. Õhk võib endasse vastu võtta ja mahutada veeauru kuni küllastuse piiri saavutamiseni. Veeaurust küllastatud õhu jahenemisel tiheneb gaasitaoline aur veepiisakesteks. Piisakeste tekkimist soodustavad õhus heljuvad tolmu- ja suitsukübemekesed, millede kui südamikkude ümber vee molekulide kondenseerumine toimub kiiremini. Need veepiisakesed on väikesed ja kerged; nad hõljuvad pilvetena õhus ja langevad ainult aeglaselt allapoole. Madalamaisse, soojemaisse ja veeaurust veel mitte küllastatud õhukihtidesse sattudes muutuvad veepiisakesed uuesti gaasitaoliseks, nähtamatuks veeauruks, mis jälle tõuseb ülespoole. Kui aga alumised õhukihid juhtuvad olema veeaurust küllastatud, siis suurenevad kõrgemalt allapoole langevad piisakesed kiiresti, muutuvad rasketeks ja kukuvad sademetena maapinnale, kas vihma või lume kujul, olenevalt õhu alumiste kihtide temperatuurist.

Sademete jaotus maakeral on väga ebaühtlane. Ekvatoriaalses vööndis selle tõusvate õhuvoolustega on aastane sademete hulk suurim, tõustes kuni 2000 mm, ja Vaikse ookeani saartel koguni 5000—6000 mm. Seevastu lähistroopilises vööndis, sealsete langevate õhuvooluste tingimustes on sademeid ainult 200 mm ümber aasta kohta ja Sahara kõrbe piirkonnas koguni alla 100 mm. Keskmistel laiuskraadidel suureneb sademete hulk jälle, ulatudes siin keskmiselt 1000 mm-ni aastas. Kuid poolustele lähenedes väheneb aastane sademete hulk uuesti ja on polaarvööndis sama väike kui kõrbe piirkondades, s. o. alla 100 mm aastas. Kogu maailma kohta tuletatud aastane sademete keskmine hulk on 743 mm. Kõige sademetevaesem paik on Kopiapo, Lõuna-Ameerika lääneranniku, kus aastane keskmine sademete hulk on ainult 8 mm. Sademeterikkaim koht on Kauni saar Havai saarestikus 12 000 mm suuruse aastase sademete hulgaga.

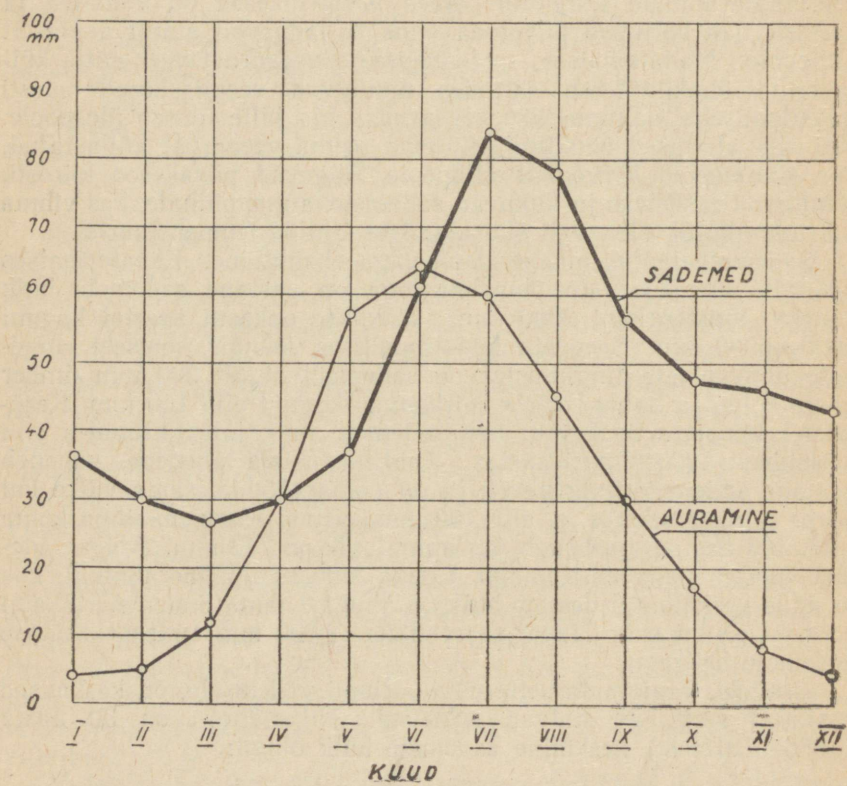
Eestiski, vaatamata selle territooriumi väiksusele, on keskmised aastased sademete hulgad erinevad. Nii näiteks on 30 aasta (1886—1915. a.) keskmine sademete hulk olnud:

Paides	601 mm	Tallinnas	504 mm
Tartus	573 „	Kuivastes	336 „
Haanjas	557 „		

Sademete jagunemine aasta kestel on eri kuudel erinev. Meil on veebruari- ja märtsikuud tavaliselt kõige sademetevaesemad, kuna juuli- ja augustikuus on sademete hulk suurim. Aasta sademete summa on meie maa kliimalistes tingimustes küllaldane ja pahatihti isegi tarbetult suur. Kuid sademete jaotus aasta kestel ei ole rahuldav. Mai- ja juunikuus on sademeid üldiselt liiga vähe, mis eriti suviteravilja, juurvilja ja heina kasvu tugevalt halvab.

Seevastu on aga suve teisel poolel sademeid sageli üle tarviduse, mis pahatihti takistab saagikoristamise töid.

Sademete rohkus oleneb tuulte suunast. Meile toovad soojad lõuna- ja edelatuuled enamasti ikka sademeid. Sellepärast nime-



Joon. 5. Keskmine sademete ja auramise aastane kulg Tartus 1886—1915. a.

tabki vanarahvas neid ilmakaari sagedasti «vesikaarteks». Idakaare tuuled seevastu toovad meile aga kuiva ilma; suvel palavat põuda, talvel aga pakast.

Veel rohkem kui aasta kestel on sademete hulk muutuv kuu kestel. Sademeteta päevade kõrval esineb päevi, mil sademete hulk tõuseb kuu sademete summani. Nii on maksimaalne sademete hulk ühe öö-päeva kestel Tartus olnud 82 mm. Võrdluseks maini-

tagu, et Kurskis on ööpäevane sademete maksimum olnud 144 mm, Genovas (Itaalias) 812 mm ja Tscherrapundschis (Indias) koguni 1036 mm.

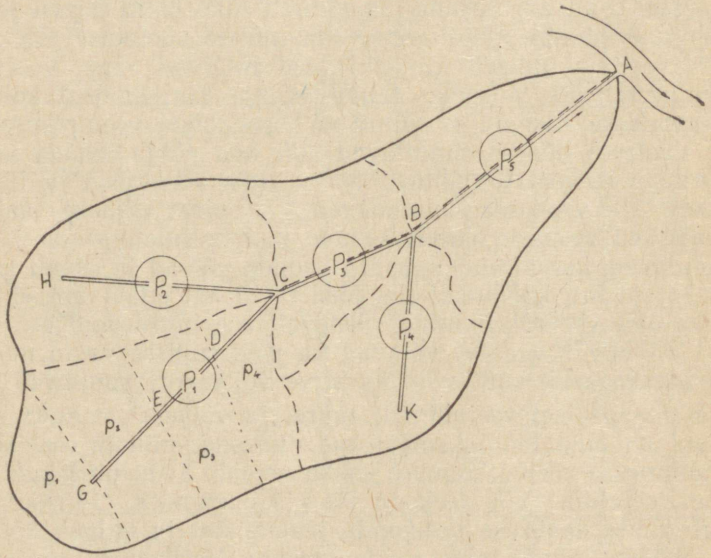
Lühikese kestusega ägedad vihmahood kannavad valingvihmade nimetust.

Sademete reguleerimine ei seisa praegu veel inimese võimuses; kuid on pääsetud juba üsna suurel määral valitsema vee üle tema selles ringkäigu faasis, kus ta on sadanud maapinnale ja siin imbunud pinnasesse või veejuhtmeidpidi maha voolab järvedesse ja meredesse.

c) V e s i k o n d. Sademetena maapinnale tulnud vesi imbub osalt pinnasesse, osalt aurab juba maapinnalt jälle õhku tagasi ja osalt hakkab raskustungi mõjul maapinda mööda voolama. Kõik maapealsed veed ja üldiselt ka põhjaveed jälgivad oma voolamises maapinna reljeefi, valgudes langu suunas kõrgematest kohtadest madalamatesse. Seejuures sünnivad kõrgendikel veenirekesed, mis kokku voolates nõosse sünnitavad siin nõo põhja mööda voolava oja. Allapoole voolates ühineb ojasse uusi veeniresid ja haruojakesi, mis selle veehulka suurendavad, kuni ojast viimaks saab jõgi. Kui väikesed veenired ainult sadude ja lumesulamise järel on tähelepandavad, kuival ajal aga ära kaduda võivad ja sageli ka ojad kuni põhjani ära kuivavad, siis jõed tavaliselt enam ära ei kuiva, kuigi ka neis veehulk muutub, olenevalt vee juurdevoolust. Langu suunas allapoole voolates võtavad ka jõed endisse vastu uusi ojasid ja harujõgesid, kuni viimaks järve või merde suubuvad.

Igal maapealsel veejuhtmel, suurel ja väikesel, samuti seisval veekogul on oma kindlaksmääratud piirkond, millelt vesi sellesse voolujuhtmesse või veekogusse kokku voolab. Seda piirkonda nimetatakse veejuhtme või veekogu v e s i k o n n a k s. Piirjoont, mis eraldab kahte naabruse vesikonda teineteisest ja kulgeb kõrgemat kohta mööda, nimetatakse veelahkmeks. Vesikonna suurust on võimalik määrata pindala mõõtmise teel topograafilisel kaardil (tavalisel planimeetri abil) veejuhtme iga soovitud ristlõike kohta. Veejuhet mööda ülevalt allapoole liikudes leiame, et vesikonna pindala järjest suureneb, kusjuures iga uue haruveejuhtme suubumise kohal vesikonna suurenemine toimub järsult, sest seal tuleb korraga juurde harujuhtme vesikond tervena. Joonisel nr. 6 on skemaatiliselt kujutatud magistraalkraav *ABCG*, mis omab üleval otsas, punktis *G* vesikonda p_1. Voolu suunas allapoole liikudes vesikond (s. o. pindala, millelt vesi kraavi kokku voolab) pidevalt suureneb. Punktis *E* peab magistraalkraav läbi laskma veehulga, mis koguneb vesikonnast ülevalpool seda punkti, s. o. pindalalt

$p_1 + p_2$, ja jõudes punkti D leiame, et vesikonna suurus siin on juba $p_1 + p_2 + p_3$. Punktist C voolab läbi veehulk, mis on kogunenud magistraalkraavi osa CG vesikonnast $P_1 = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$, ja sellele lisaks veel harukraavi CH vesikonnalt P_2 kogunev vesi. Seega on vesikonna suurus selles profiilis $P_1 + P_2$. Edasi allapoole hakkab magistraalkraavi vesikond suurenema osavesikonna P_3 arvel ja punkti B jõudes on juurde tulnud juba kogu osavesikond P_3. Peale selle lisandub aga veel harukraavi BK vesikond P_4, millega koos vesikonna suurus profiili B kohta kujuneb $P_1 + P_2 + P_3 + P_4$. Allapoole profiilist B jätkub vesikonna suurenemine

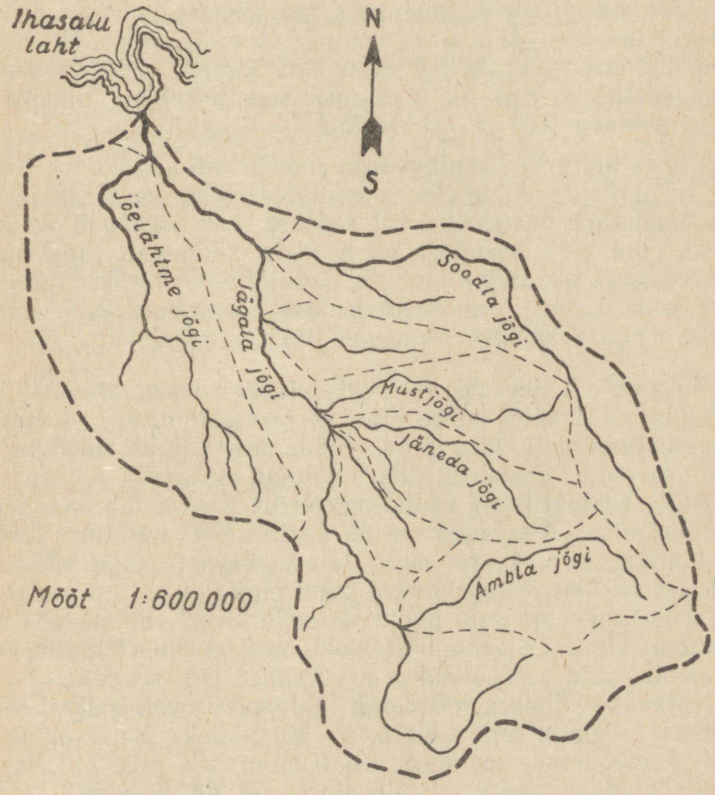


Joon. 6. Vesikonna ja alavesikondade skeem.

veelgi, kuni see viimaks magistraalkraavi suudmeprofiilis (-ristlõikes) A saab oma täie suuruse. Selles profiilis peab magistraalkraav suuteline olema läbi laskma veehulga, mis on kogunenud vesikonnalt suurusega: $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$.

Vesikond, tema piirkonda kuuluvate veejuhtmetega, moodustab endast veemajanduslikult suletud, iseseisva üksuse, mis teistest vesikondadest ei olene. Vesikonda tuleb sademete näol teatav pii-

ratud hulk vett. Sellest veest osa valgub pinda mööda ära, teine osa läheb auramise teel õhku tagasi. Pikema ajavahemiku kohta veehulk, mis sademetena vesikonda tuleb, on tasakaalus äravoolu ja auramisega, s. o. sademed = äravool + auramine. Vesikonna veebilansi sissetuleku poolt me mõjutada ei saa; veetarbe rahuldamine kõikideks vajadusteks vesikonnas peab sündima selle veehulga arvel, mis sademetena vesikonda tuleb. Kui tarbimise hulk tõuseb suureks, tuleb tarbimist reguleerida, kusjuures esimeses



Joon. 7. Jägala jõe vesikond alavesikondadega.

järjekorras peavad tarbimisvett saama need tarbijad, kes antud vesikonnaga on orgaaniliselt seotud, s. o. põllu- ja metsamajandus. Kuna tööstused ja tarbijad, kes ei ole otseselt antud vesikonnaga

seotud, peavad leppima ülejäägiga või, kui see nende tarvet ei rahulda, leidma endale sobivama asukoha teises suurema veetagavaraga vesikonnas. Meie maa suhteliselt harva asustuse ja vähese industrialiseerimise astme juures on esialgu kõigi tarbijate rahuldamine olnud raskusteta võimalik, välja arvatud üksikud vesikonnad, nagu õlikivitööstuse rajoon ja ka Pirita ja Jägala jõe vesikond, kus tarvidus on juba jõudnud või on jõudmas selle piirini, mida vesikond suudab pakkuda.

Jõed omavad tavaliselt ühte või mitut harujõge, mis omakorda võivad hargneda ojadeks, kusjuures iga jõeharu ja oja moodustab oma iseseisva veekogumise piirkonna — vesikonna. Nii näiteks joonisel kujutatud Jägala jõe vesikonda kuulub selle vasakpoolse haruna Jõelähtme jõgi ja parempoolsete harudena Soodla jõgi, Mustjõgi, Jäneda jõgi ja Ambla jõgi.

Jõgi koos kõigi ta harujõgedega moodustab jõgikonna või süsteemi. Jõeharusid nimetatakse parempoolseteks, kui need jõevoolu suunas vaadatuna paremalt poolt sellesse sisse voolavad, ja vasakpoolseiks, kui nad vasakult poolt jõkke suubuvad. Jõel ja igal muulgi voolusängil, nagu ojal või kraavil, nimetatakse paremaks kaldaks seda kallast, mis voolusuunas vaadatuna jääb paremat kätt, ja vasakuks kaldaks seda, mis jääb vasakut kätt.

d) Äravool. See osa vett, mis pinnase veemahtuvust ületab ja mida pinnas seetõttu endas kinni ei pea, samuti kui ka vesi, mis pinnasesse imbumata maapinda mööda ära valgub, moodustavad nn. vee äravoolu. Veehulka, mis ajaühiku (sekundi) jooksul pindala ühikult (hektaarilt või ruutkilomeetrilt) ära voolab, nimetatakse äravoolunormiks. Äravoolunorm on aasta kestel muutuv. Kevadel, lume sulamise järel ta on suur, talvel seevastu õige väike. Ka lühema aja piirides äravoolunorm võib muutuda; nii on see näiteks saju ajal ja tugevama saju puhul ka selle järgnevail päevil tunduvalt suurem kui enne sadu. Äravoolunormi ei ole võimalik vahenditult mõõta, vaid see saadakse arvutamise läbi sel teel, et voolusängi teatavas ristlõikes mõõdetud läbivoolava vee hulk jagatakse vesikonna pindalaga selle ristlõikes. Nii näiteks, kui kraavil *ABC* punktis *B* mõõdetud vooluhulk on 0,24 m^3/sek. ehk 240 l/sek. ja vesikonna pindala punktist *B* ülevalpool on 300 ha ehk 3 km^2, siis äravoolunorm selle vooluhulga juures on 240 l sek.: 300 ha = 0,80 sl/ha ehk 80 sl/km^2.

Äravoolunorm oleneb vesikonna kujust, langust ja pinnase läbilaskvusest ja vesikonna kanaliseerimise astmest. Ümarik kuju, suur maapinna lang ja pinnase vähene veeläbilaskvus suurenda-

vad vee äravoolu, seevastu aga piklik kuju, vähene lang ja läbilaskev pinnas mõjuvad äravoolu pidurdavalt. Pikemaajaliste vaatluste alusel on võidud siiski määrata mingid keskmised äravoolunormid eri perioodide jaoks aastas ja mitmesuguse suuruse ja omadustega vesikondadele. Need normid võimaldavad hõlpsasti arvutada antud vesikonnast äravoolavat vee hulka. Vähematel, alla 100 km² suurusega vesikondadel vegetatsiooniaegne äravoolunorm valitakse järgmise tabeli järgi.

Äravoolunormid vesikondades pindalaga alla 100 km².

Vesikonna liik	Vesikonna iseloom	Vegetatsiooniaegne veeseis	Äravoolunorm sl/km² kohta vesikonna suuruse olles km²				
			alla 20	20—40	40—60	60—80	80—100
I	Kitsa pikliku kujuga, vähese pinnalanguga, läbilaskva pinnasega ja hõreda veejuhtmete võrguga	keskm.	14	14	14	14	14
		kõrge	66	62	58	54	50
II	Kujult mitte kitsas, aga ka mitte ümmargune, keskmise pinnalanguga, keskmise läbilaskvusega pinnases ja keskmise veejuhtmete võrgu tihedusega	keskm.	17	17	17	17	17
		kõrge	76	72	68	64	60
III	Ümariku kujuga, suure maapinna languga, vähese pinnase läbilaskvusega ja tiheda veejuhtmete võrguga	keskm.	20	20	20	20	20
		kõrge	84	82	78	74	70

4. Vesi pinnases.

Taimekasvu seisukohalt omab erilist tähtsust see faas vee ringkäigust, kus vesi asub pinnases, sest kogu oma elutegevuseks vajatava vee võtab taim pinnasest.

Vesi esineb pinnases: keemiliselt seotuna, hügroskoopilise ehk adsorptsiooniveena, kapillaarveena ja põhjaveena.

Keemiliselt seotud vesi on jagamatu aineosana seotud pinnase terakestesse ega ole neist lahutatav. Seepärast taimed seda osa pinnase veest kasutada ei saa.

Adsorptsiooni- ehk hügroskoopiline vesi ümbritseb õhukese kelmena pinnase terakesi. Atraktsioonijõud seovad veemolekule selles õhukeses kelmes nii tugevalt terakeste pinnale, et taimejuured pole suutelised seda kätte saama. Pinnase kuumutamisel hügroskoopiline vesi küll aurab pinnasest välja, kuid jahtudes pinnas võtab õhust uuesti selle veehulga endasse tagasi, mis vastab tema hügroskoopilisele veemäärale antud temperatuuri juures.

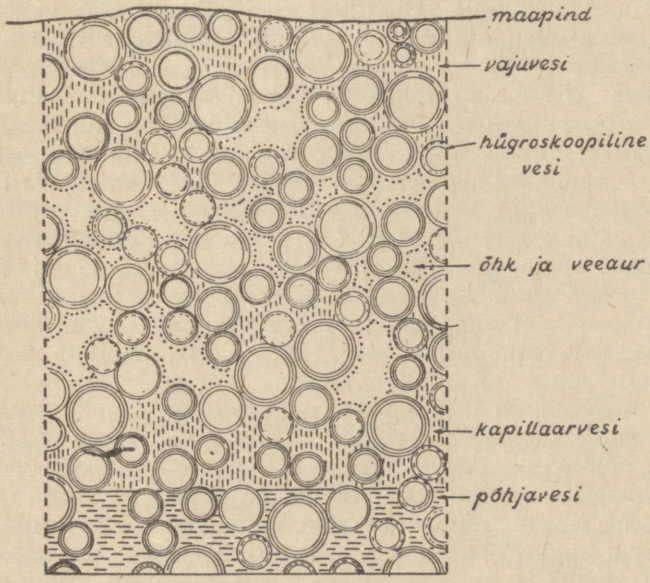
Kapillaarvesi on see osa vett, mis täidab kitsaid, alla 0,1 mm läbimõõduga vahesid pinnase terakeste vahel ja mille liikumist määrab mitte gravitatsioonijõud, vaid kapillaarjõud.

Selle jõu toimel liigub vesi suurema potentsiaaliga niiskuse piirkonnast madalama potentsiaaliga piirkonda, s. o. niiskemast kohast kuivemasse, kusjuures selle liikumise kiirus on progressiivselt vähenev. Selle imbumiskiiruse vähenemisega on seletatav muu seas ka nähtus, et maapealsed väiksemadki veekogud, nagu näiteks tiigid, ei kaota kogu oma vett vee imbumise läbi põhja kaudu maa sügavamatesse kihtidesse, kuigi veekogu all olev maa on võimeline vett endasse vastu võtma. Tihedaks vajunud maas veekogu all, kitsaste vaheruumidega pinnase osakeste vahel, toimub vee imbumine kapillaarjõudude mõjul veekogu põhjast kõrge niiskuse potentsiaaliga, veega küllastatud piirkonnast madalama potentsiaaliga, vähemküllastunud piirkonda, kuid järjest väheneva kiirusega, kuni imbumise kiirus lõpuks nii väikeseks muutub, et teda praktiliselt võib pidada nulliks, s. o. edasiimbumine lõpeb. Nii moodustab vesi ise vett pidava kihi veekogu all, mis takistab vee neeldumist maakoore sügavusse.

Kapillaarvesi on vahenditus ühenduses allpool oleva põhja- ehk gravitatsiooniveega, millest see kapillaarjõu mõjul tõuseb kitsaid vahesid mööda pinnase terakeste vahel nagu peeni kapillaartorusid mööda ülespoole. Vesi võib kapillaarjõu mõjul liikuda mitte üksnes ülespoole, vaid ka horisontaalsuunas ja igas teiseski suunas. Ka-

pillaarvesi on taimedele kättesaadav ja sellest veest taimed peaasjalikult oma veetarbe rahuldavadki.

Talvel tõstavad kapillaarjõud suurel hulgal vett sügavamaist pinnase kihtidest maapinna lähedasse, külmunud kihti. Maapinna pealmises kihis leiduva vee külmumise tagajärjel langeb veeauru pinge selles kihis järsult. Tekkinud vahe tõttu veeauru pinges pealmise külmunud ja alumise sula pinnase kihi vahel hakkab veeaur altpoolt kõrgema potentsiaaliga (sulanud maa) piirkonnast liikuma ülespoole, madalama potentsiaaliga (külmunud maa) piirkonda. Siin veeaur tiheneb veeks ja külmub jääkristallideks. Selline vee liikumine kestab niikaua, kuni püsib pinge vahe, s. o. kuni kõik poorid pinnases on täitunud jääkristallidega. Mida tihedam pinnas on, seda intensiivsem on vee kogumine pinnase pealmistesse kihtidesse. Kevadel, maa sulamisel on sügisel kündmata jäänud ja tihedaks vajunud maa pealmised kihid selle tõttu veega üleküllastunud ega suuda endasse enam vastu võtta lumesulamise vett. Need voolavad kasutult maha, kuigi need vee tagavarad oleksid vajalikud kevadsuvisel perioodil, kui sademeid on liialt



Joon. 8. Vesi pinnases.

vähe, et rahuldada taimede veetarvidust neile optimaalsel määral. Samal põhjusel muutuvad teed kevadel poristeks ja raskelt läbipääsetavaiks, eriti peeneteralisest materjalist katekihiga teed, nagu savised või põlevkivituhaga täidetud tee muldkehad.

P õ h j a v e e k s nimetatakse seda osa pinnases leiduvast veest, mis, ületades pinnase pealmise kihi veemahtuvuse, ei peeta pinnases kinni adsorptsiooni- või kapillaarjõudude poolt, vaid allapoole vajudes täidab kõik vabad poorid pinnases ja liigub selles raskustungi jõu mõjul. Alludes raskustungi jõule liigub põhjavesi pinnases samuti nagu maapinnalgi kõrgematest kohtadest madalamatesse, kuid pinnase osakeste põhjustatud takistuste tõttu on põhjavee liikumine aeglane ja seda aeglasem, mida väiksem on lang. Valgudes langu suunas, suubuvad need veed looduslikesse voolavatesse või seisvatesse veekogudesse või kunstlikult tehtud kanalitesse, kraavidesse ja dreenidesse, või tulevad allikate näol päevavalgele. Esineb isegi suuremaid maa-aluseid veekogusid ja voolujuhtmeid, nagu meil näiteks Jõelähtme jõgi Harjumaal. Kostivere ja Koila küla vahelises osas ning Salajõgi Läänemaal.

Pinnases põhjavesi ehk gravitatsioonivesi ei moodusta tavaliselt kindlat nivood, vaid on ühenduses kapillaarveega. Neid mõlemaid eraldab ainult nähtamatu null-rõhu pind, s. o. see pind, kus hüdrostaatiline survejõud võrdub atmosfäärilisele survele. Nähtavaks saab põhjavee pind alles seeläbi, kui pinnasesse kaevatakse auk, mis ulatub null-rõhu pinnast allapoole. Augus tõuseb siis vesi üles, kuni hüdrostaatiline survejõud on tasakaalustatud atmosfäärilise õhu survega. Taimede juured otse põhjavee piirkonda ei tungi, kuid põhjavesi on siiski tähtsaks veevaruks, mis ülemisi pinnase kihte veega toidab. Põhjavee kõrgus kujuneb vastavalt antud paiga reljeefile ja aluspõhja vee läbilaskvusele. See muutub ühes aastaaegadega, olles tavaliselt meie maa tingimustes talvel ja suvel madalamal kui sügisel ja kevadel. Vihmasadude järel põhjavee pind tõuseb, kuid langeb hiljem uuesti. Kõrge põhjavee seis, kui vesi ühtlasi on vähe liikuv, mõjub taimekasvu pidurdavalt.

Olles filtreerunud läbi maapinna pealmiste kihtide, milles mikroorganismide kaasmõjul toimub orgaaniliste ainete väljaeraldamine, on põhjavesi mineraalmaade piirkonnas puhas ja vaba bakteritest, mistõttu see on hästi kõlblik joogiveeks.

Pinnases leidub peale selle veel nn. osmootilist vett. See on vesi surnud taimekudedes, näiteks turbas. Seda vett elavad taimejuured kasutada ei saa. Alles selle järel, kui taimejäänused, milledesse osmootiline vesi on seotud, täielikult ära kõdunevad ja

mineraliseeruvad, vabaneb neis olev vesi ja muutub uuesti kasutatavaks elavatele taimedele.

Vajuvee all mõistetakse seda osa pinnases leiduvast veest, mis sademete järel on pinnasesse imbunud ja raskustungi jõul on allapoole vajumise olukorras. Vajuvesi esineb ainult suhteliselt lühikest aega, sademete järel.

5. Vee ülesanne taimekasvus ja taimede veetarvidus.

Vee ülesanne taimekasvus on õige mitmekülgne. Ta lahustab pinnases leiduvad taime toitesoolad, tehes neid niiviisi taimedele kättesaadavaks, sest teatavasti on taimed suutelised endisse mineraalseid toitaineid vastu võtma ainult nõrkade vesilahuste kujul. Vesi on ka vahendiks, mis transporteerib toitelahuseid pinnasest juurekava kaudu taime organismi kõigisse osadesse. Vesi lahustab ensüümide kaasabil mõnesuguseid orgaanilisi ühendeid ja kannab neid taimeosadesse, kus need kas energia moodustamiseks ära kasutatakse või tagavaraks kogunevad. Vesi on tarvilik ka otseselt orgaanilise substantsi ülesehitamiseks, sest veest ja süsihappegaasist moodustub taimeorganismis dekstroos, mis on põhisubstantsiks teiste orgaaniliste ainete moodustamiseks. Lõpuks vesi on tarvilik taimes ka selleks, et anda temale pingsust (turgorit), ilma milleta taim närbub. Vee tähtsus taimedele ilmneb juba selleski lihtsas tõsiasjas, et vesi moodustab kaaluliselt 70—85% ja vahel veelgi suurema osa taime organismist. Tähtsa ülesandena taimede kasvus mainib akadeemik V. R. Viljams veel vee jahutavat toimet. Rohelistes taimedes toimub järjest valguse ja soojuse energia mõjul töö orgaanilise substantsi ülesehitamiseks: kloroplastid toimetavad süsivesikute kujundamist, leikoplastid rasvade ja valkude kujundamist. Selle tööprotsessi sooritamise järel soojus vabaneb, soojendades roheliste taimelehtede pinda. Et aga kloroplastid võivad toimida ainult teatavates temperatuuri piirides, siis vajavad taimede töötavad lehepinnad alalist jahutamist; seda ülesannet täidab lehtede pinna kaudu väljaaurav vesi, mis auramisel seob palju soojust.

Oma kasvuks vajaliku vee saavad taimed juurekava abil pinnasest. Vee hulk, mida taimed tarvitavad, on õige suur. Juba taime organismis sisalduv veehulk on küllalt suur, kuid see on ainult väike murdosa veehulgast, mida taim oma elu kestel tarvitab transpiratsiooniks, kandes mineraalseid toitainelahuseid juurekava kaudu läbi tüve kuni lehtedeni ja oma ülesanded taime toitmises täitnud lehtede kaudu õhku aurab. Transpiratsiooniks kuluv

veehulk 1 kg kuivaine moodustamiseks, mida nimetatakse transpiratsioonite guriks, on tärklisrikastel kõrsviljadel 300—600 kg, valgu- ja rasvarikastel söödataimedel ja tehnilistel kultuuridel aga koguni 1200—1500 kg.

Veekulu mõjutavad mitte üksi taime liik, vaid ka temperatuur, päikesepaistelisus, tuul, väetamine, maa harimine ja rida muidki tegureid, muude hulgas seegi, kui palju taimedel on vett kasutada; tugevama niisutuse puhul on ka transpiratsioonitegur samal taimeliigil olnud suurem. Seepärast transpiratsioonitegurit ei saa pidada kindlaks veetarbe hindamise mõõdupuuks.

Meie põlluviljadest on kõige vähema vee tarvidusega rukis; sellele järgnevad suureneva veenõudluse järjekorras: nisu, oder, kaer. Hein vajab rohkem vett kui ükski loeteldud viljadest, samuti on suure veenõudlusega juurvili. Ka mets transpireerib palju vett; nii näiteks kulutab pöökpuumets 1 hektaarilt öö-päeva kohta ümmarguselt 30 000 liitrit vett. Okaspuude veetarve on väiksem kui lehtpuudel.

Veetarvidus taimedel on erinev kasvuaja eri perioodidel. Veetarvidus on kõige suurem võrsumise perioodil, mil taimed moodustavad palju võrseid ja lehti, ning taimede noored koed auravad palju vett välja. Sel kasvuperioodil esinev põud kahjustab taimekasvu kõige enam.

6. Liigniiskus ja veepuudus.

Optimaalsete kasvutingimuste loomiseks taimele oleks tarvilik saada pinnase veesisalduse püsimi umbes 50—60% piirides selle täiest veemahtuvusest. Tegelikult pinnase veesisaldus kõigub aga märksa laiemates piirides. Kui veesisaldus tõuseb juba 80%-ni pinnase veemahtuvusest, siis taimede kasv on halvatud nende rohkete kahjustavate mõjutuste tagajärjel, mida liigniiskus toob endaga kaasa. Teisalt, kui pinnase veesisaldus langeb alla 15% ta täiest veemahtuvusest, siis taimed hakkavad kannatama veepuuduse all, mis tähendab taimedele otsest nälga, sest et nende toitumine ei saa toimuda ilma küllaldase veeta.

Seda niiskuse määra pinnases, väljendatuna protsentides kuiva pinnase kaalust, mille juures vesi enam ei ole kättesaadav taimedele ja taimed hakkavad kaotama turgorit, s. o. närbuvad — nimetatakse närbumisteguriks. Eri pinnaste jaoks omab närbumistegur erinevat suurust. Liivamaas võib veesisaldus langeda kuni 1%-ni (kuivmulla kaalust), enne kui taimed hakkavad närbuma; seevastu aga savimaas algab taimede närbumine juba 20 protsendist

vähema veesisalduse juures ja turbamaas koguni 50 protsendist vähema veesisalduse juures.

Taimekasvu pidurdav niiskuse vähesus esineb alaliselt kõigis ariidse kliimaga maades. NSV Liidus leidub selliseid maid rohkesti Kaspia ja Araali mere piirkondades. Siin on taimekasvatus võimalik ainult kunstliku niisutamise abil. Soe kliima ja viljakas pinnas võimaldavad siin niisutamise abiga saavutada kõrgeid saake. Seepärast omab maade niisutamine siin suurt rahvamajanduslikku tähtsust.

Eesti NSV asetseb selles ilmastiku vööndis, kus sademete üleküllus põhjustab palju sagedamaid kahjusid kui nende vähesus. Mõnel aastal, nagu näiteks 1940. aastal, võib meilgi põud tekitada tunduvat saagi vähenemist ja mai- ning juunikuus vajaksime peaaegu igal aastal rohkem sademeid, kui meie neid saame. Üldiselt omab aga maade kuivendus meil praegu kaugelt suuremat tähtsust kui niisutamine.

II. Liigvee all kannatavad maad.

1. Liigitus.

Kõiki liiga märgi maid võib jagada kolme suurde liiki: a) märjad mineraalmaad, b) soostunud mineraalmaad ja c) sood. Need kolm liiki on sisuliselt õieti sama protsessi (soostumise) kolm eri astet.

a) Märjad mineraalmaad on soostumisprotsessi esimeseks astmeks. Siin on pinnas veega üleküllastatud, õhk on pinnase pooridest välja tõrjutud ja vesi täidab kõik pinnase poorid sageli kuni aktiivse mullakihini ja pahatihti isegi kuni maapinnani. Kuid seetõttu, et neid maid harimisega liigutatakse, võib pinnase pealmises kihis siiski toimuda taime jäänuste kõdunemine sel määral, et orgaanilise substantsi kuhjumist ei teki. Pinnas jääb mineraalpinnaseks; huumuse sisaldus selles jääb tavaliselt 3—20% piiridesse.

b) Soostunud mineraalmaad kujutavad endist juba kaugemale arenenud astet soostumise protsessis. Need tekivad tingimustes, kus pinnase pealmist kihti harimise läbi ei liigutata. Põhjavesi seisab kaua aega taimekasvu hooaja kestel kõrgel; selle lühikese aja jooksul, mis ta madalamal seisabki, ei jõua aeroobsed

mullabakterid ümber töötada ja mineraliseerida kogu seda orgaanilist massi, mis surnud taimeosadest on jäänud, vaid osa sellest jääb igal aastal kõdunemata. Nii tekib aja jooksul maapinnale terve kiht puudulikult kõdunenud taimejäänuseid, millede edasine muutumine toimub peamiselt anaeroobsetes tingimustes, turvastumise näol. Põhjavee kõrge seisu tõttu ei aja taimed oma juuri sügavale; nad peavad suurelt osalt jääma pealmisesse, turvastunud kihti, mille füüsikalised omadused ja taime toitainete sisaldus määravad ka taimekasvu sellisel maal. Kujuneb soole iseloomulik taimkate, maa muutub sooks selle sõna bioloogilises mõttes, kuid ilma paksema turbakihita.

Kui selline maa, mille turbakihi paksus ei ületa veel künnisügavust, s. o. 20 sm, kuivendatakse ja üles haritakse, siis seguneb turba hulka mineraalset aluspõhja maad ja aeroobsed mullabakterid asuvad elavasse tegevusse. Orgaanilise osa kuhjumine jääb seisma ja varemkogunenud turvas, mis iga uue mullaharimisega ikka enam seguneb mineraalse osisega, hakkab mullastuma, muutub hapust turbast neutraalseks huumuseks, kuni lõpuks pikema aja kestel kaovad endise soo tunnused täielikult. Seepärast eraldataksegi õhukese, alla 20 sm paksuse turbakihiga soid muudest soodest ja nimetatakse neid soostunud mineraalmaadeks.

c) S o o d moodustavad soostumisprotsessi kõige kaugemale arenenud astme. Sooks nimetatakse üle 20 sm paksuse turbakihiga kaetud vesist maad, mis on kaetud kidura ja harva metsaga või on täiesti lage. Need maad on sood bioloogilises mõttes, sest neil kasvab soodele tunnusomane taimkate. Kuid nad on sood ka geoloogilises mõttes, sest nad kujutavad endast looduslikke turbaladestusi üle 20 sm paksuse kihiga. Kuivendamise ja ülesharimise järel võib selline maa bioloogilises mõttes küll oma soo iseloomu kaotada, kui endise sootaimestiku asemel sellel hakatakse viljelema kultuurtaimi. Kuid geoloogilises mõttes jääb ta sooks edasi, sest turbakihi paksus on nii suur, et see harimisega ei hävi. Ka pikemaajalisel harimisel pinnas ei muutu mineraalpinnaseks, vaid jääb edasi turbapinnaseks, kõigi selle pinnasele omase iseäraldustega.

2. Soode levik.

Sood esinevad nn. paraja vöö ilmastiku oludes, kus soojuse tingimused veel võimaldavad küllaldast taimekasvu, kuid taimejäänuste lagunemine ei toimu nii intensiivselt, et need täielikult mineraliseeruksid. Osa taimejäänuseid, mis jääb mineraliseerumata,

kuhjub ja ladestub turbakihtidena mineraalsele aluspõhjale. Troopilises vööndis turbaladestusi ei teki. Soid leidub küll siingi, kuid ainult soid bioloogilises mõttes, ilma paksude turbaladestusteta, sest head soojustingimused soodustavad siin suuresti taimejäänuste lagunemist. Ka polaarvöös, kus taimekasv on väga vähene, puuduvad võimalused turbaladestuste tekkimiseks.

Euroopa osas kulgeb soode lõunapoolne piir üle Pürenee mägede, Põhja-Itaalia, Balkani poolsaare, Musta mere põhjakallast mööda, tõustes edasi Siberi osas märgatavalt põhja poole. Soode protsentuaalne osa on suhteliselt kõige suurem Loode-Euroopa maades. Ka NSV Liidu Euroopa põhjapoolsed rajoonid, eriti Arhangelski oblast, Karjala NSV, Komi ANSV, Vologda oblast, Leningradi oblast, Kalinini oblast ja Sverdlovski oblast, samuti Valge-Vene NSV on rikkad soode poolest. Eesti NSV kuulub samuti soorikaste maade hulka. Ins. Velneri kokkuvõtte järgi («Eesti hüdrograafia ülevaates») on soode ja rabade pindala meil kokku 6768 km² ehk ümmarguselt 14,7% kogu territooriumist. Kõige enam soostunud on maad Soome lahe vesikonnas, kus sood moodustavad 25,4% kogu vesikonna pindalast. Riia ehk Liivi lahe vesikonnas moodustavad sood 18,5% ja Peipsi järve vesikonnas 7,7% vastava vesikonna kogu pindalast.

3. Soode tekkimine.

Surnud taime- ja loomariigi jäänuste lagunemisel küllaldase õhustumise tingimustes sünnib oksüdeerumine, mille lõpp-produktina orgaanilisest osast sünnib süsihappegaasi, vett, ammoniaaki ja muid lämmastiku ühendeid kui ka vaba lämmastikku. Mineraalained, mis taimejäänustes leiduvad, jäävad järele karbonaatide, sulfaatide, fosfaatide ja kloriidide näol. Jaheda ilmastiku tingimustes sünnib orgaaniliste ainete lagunemine üldiselt aeglaselt. Taimejäänused muutuvad vähehaaval amorfseks massiks — huumuseks. Selle protsessi juures on kaastegevad aeroobsed mullabakterid.

Halvemates õhustumise tingimustes, kus aeroobsete bakterite tegevus on halvatud, toimub lagunemine väga aeglaselt. Selle aeglase lagunemise tulemusena tekib toorhuumus.

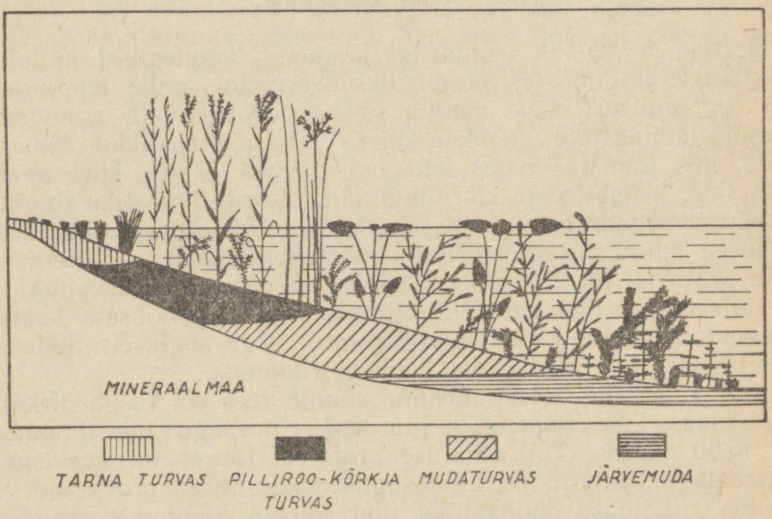
Kui taimejäänuste lagunemine sünnib vees või veega üleküllastatud maas, kus õhuhapniku juurdepääs peaaegu täiesti puudub, siis tekib turvas. Turvastumise protsessi juures on kaastegevad anaeroobsed bakterid ja mitmesugused keemilised protsessid. Vastandina küllaldase õhuhapniku juuresolekul toimuvale oksüdeerumise protsessile toimub siin reduktsiooni protsess, mille tulemu-

sena taimejätetes hapniku ja vesiniku sisaldus järjest vähenevad, süsiniku sisaldus aga suureneb. Seepärast on vanem turvas süsinikurikkam ja küttevääruselt parem noorest, vähelagunenud turbast.

Sood on tekkinud kas a) veekogude kinnikasvamise teel, b) luhamaade soostumise teel või c) metsamaade soostumise tagajärjel.

a) Soode tekkimine veekogude kinnikasvamise teel algab sellega, et veekogu põhja koguneb veekogus vabalt hõljuvate või lahustunud olekus olevaid aineid, moodustades järvemuda — gyttja. Selle mudakorra peale kihistub nn. dy-muda, mis koosneb ümbruskonnast veega kokkukandunud orgaanilise päritoluga ainetest. Niiviisi veekogu põhja sündinud mudakihile hakkab tekkima veetaimi, mis oma ea ära elanud, surevad ja lagunevad kohapeal, soodustades niimoodi veekogu täitumist põhjast.

Veekogu kinnikasvamine toimub põhjast ja pinda mööda. Põhjast ehk nn. infraakvaatiline kinnikasvamine esineb madala veega veekogudes, eriti kus kalda ääred on madalad. Kaldaäärses vees tekib veetaimestik, ja seda lopsakam, mida rikkamad on veekogu ümbritsevad maad taime toitainete poolest. Kõige kaugemal kaldast kasvavad vetikad; need veepinnani ei ulatu. Lähemale kalda poole



Joon. 9. Järve kinnikasvamise skeem (Sukatšovi järgi).

kasvavad juba veepinnani ulatuvad veetaimed, nagu penikeelelised *(Potamogeton)*, vesikupud *(Nuphar)*, vesiroosid *(Nymphaea)* jt. Edasi, lähemale kaldale kasvavad pilliroog *(Phragmites)* ja järvekaislad *(Scirpus lagustris)*, neist veel lähemal — osjad *(Equisetum fluviatile)*, ja vee piiri ääres juba tarnad, eriti pudeltarn *(Carex rostrata)*, siis veel ubaleht *(Menyanthes trifoliata)*, soopihl *(Comarum palustre)*, võhad *(Calla)* jt. Nende veetaimede jätteist, eriti juurtest ja väänudest tekib veekogu põhjas mudakihi peale limniseid, s. o. vees tekkinud turbakihte. Sedamööda, kuidas vesi järjest jääb madalamaks ja lahtise vee piir nihkub kaugemale, levivad kaldalt ka samblad veekogu poole. Esimeste pioneeridena ilmuvad vesist kasvupaika eelistavad samblad, nagu *Drepanocladus fluitans* ja *cuspidata* rühma kuuluvad *sphagnumid*. Veepiiri taganedes nihkuvad need järjest edasi ja neile järgnevad juba tahedamat kasvupaika nõudvad taimed, eeskätt mudatarn *(Carex limosa)*, niittarn *(Carex filiformis)*, ahtalehine villpea *(Eriophorum polystachyon)* jt. Sellise kinnikasvamise protsessi tagajärjel lahtine veeväli üha väheneb, kuni lõpuks veekogu täielikult on kinni kasvanud, muutudes sooks. Kinnikasvamise kiirust mõjutavad veekogu sügavus ja põhja reljeef ning väljastpoolt veekogusse kandunud uhtainete ja taime toitainete hulk. Suurt mõju avaldab ka tuul. Tuulevarjulisel kaldal, kus lainetust ei ole, läheb kinnikasvamine jõudsamini kui vastaskaldal, kus lainetus kinnikasvamist pidurdab.

Sügavama veega veekogudel sünnib kinnikasvamine pinda mööda, mida nimetatakse ka supra-akvaatiliseks kinnikasvamiseks. Sel teel võib veekogu kinnikasvamine toimuda ainult vaiksetes, tuulest kaitstud kohtades, nagu metsajärvedel. Siin algab kinnikasvamine tuulest varjatud kaldal ja levib veepinnal hõljuva vaibana kaugemale. Vaiba tekkimisele panevad alguse harilikult samblad, soopihl *(Comarum palustre)* ja ubaleht. Neile tekib aegapidi muid taimi juurde. Samblad kasvavad pikkuselt juurde samal ajal, kui nende alumised, surnud osad allapoole vajuvad, esialgu elava osaga siiski ühendusse jäädes. Surnud taimeosad turvastuvad, turbakiht muutub aasta-aastalt üha paksemaks ja vajub allapoole vette. Veekiht aga vaiba all muutub järjest õhemaks, kuni vaip lõpuks põhjaga kokku puutub. Juba siis, kui taimekattevaip alles ujub veel peal, muutub see ubalehe ja soopihla väänudest läbipõimituna inimest kandvaks, kuigi pind jalge all vajub ja õõtsub. Sellisel õõtsuval soopinnal liikumine on siiski ohtlik, sest kamaras leidub sageli auke ja rabedaid kohti, mis jalge all kergesti rebenevad.

Pinda mööda kinnikasvamine algab valdavate tuulte suhtes tuule eest kaitstud kaldalt, levides veekogu keskkoha poole. Vastas-

kaldal tuul lõhub kallast ega lase taimevaibal tekkidagi. Küllalt pika aja kestel võib siiski veekogu üleni kattuda kamaraga ja muutuda rohusooks.

b) Luhamaade soostumine. Suurematel, madala kallastega jõgedel, kus vesi igal kevadel üle kallaste tuleb, on aegade jooksul kaldad kujunenud kõrgemaks. Need looduslikud vallid on tekkinud setteainetest, mida kevadine jõevesi üle kallaste valgudes kiiruse vähenemise tagajärjel kaldale on maha pannud. Jämedateralised uhtained on settinud kalda ligemale, peenemad osad aga kanduvad pisut kaugemale. See on kordunud aastast aastasse pikkade aegade jooksul ja tekitanud vallid. Need vallid takistavad üle kallaste valgunud vett jälle uuesti jõkke valgumast, kui vesi jões juba on alanenud allapoole kaldaid. Vesi jääb vallide taha madalamatesse kohtadesse pikemaks ajaks seisma, tekitades maa soostumist. Taimkattesse tulevad samblad sisse, need levivad, tõrjudes välja nõudlikumaid taimi, nagu kõrrelised. Asemele tekivad tarnad ja muud sootaimed; luht muutub tarnsooks.

Vähematel jõgedel ja ojadel suurvesi ei kanna niipalju uhtaineid kallastele, et neist võiks tekkida mainimisväärseid valle, nende kallastel olevad sood on tekkinud kogu vegetatsiooniaja läbi püsiva kõrge veeseisu tagajärjel.

Mere rannamaadel võib soid tekkida mere taganemise tulemusena. Teatavasti Läänemere-äärsed rannamaad näitavad tõusmise tendentsi. On kindlaks tehtud, et Põhjalahe rannamaad on viimase 200 a. jooksul kerkinud umbes 150 sm. Soome lahe rannamaade kerkimine on olnud väiksem, alla 1,0 m. Mere taganemisel jääb madalatele randadele luhataolisi rohumaid, mis aga mõne aja pärast sammalduvad ja sooks muutuvad. Selliseid soid on meil tekkinud Noarootsi poolsaarel ja Matsalu lahe ümbruses.

c) Metsamaade soostumine. Suur, kui mitte suuremgi osa soodest on tekkinud metsamaade soostumise tagajärjel. Metsa soostumist võivad põhjustada mitmed asjaolud; näiteks metsaojade ummistumine ja veepinna tõus metsajärvedes, pinnavete seismajäämine nõopaikadesse, põhjavee tõus, soode transgressioon ja soovete valgumine metsamaadele.

Metsaojade ummistumine on kõige tavalisemaks põhjuseks ojaäärsete metsade soostumisel. Oja võib ise seejuures paiguti sambla ja puujuurte alla täielikult ära kaduda. Metsas olevate või metsaga piirduvate veekogude veepinna tõus põhjustab paljudel juhtudel samasugust soostumise nähtust. Seljandikkude äärel võivad allikad tihti põhjustada soostumist, kui nende vee äravool on takistatud.

Väga sagedaseks metsamaa soostumise põhjuseks on pinnavee seismajäämine madalamatesse kohtadesse, kus vesi äravoolu puudusel ainult auramise teel vähehaaval ära kaob. Neis kohtades tekib varsti karusammalt ja ka *sphagnum*-sambla liike, mis sammalvaibana katavad maapinda, pidades seda märjana ja külmana.

Ka põhjavee tõusmine on üheks tavalisemaks soo tekkimise põhjuseks. Sellist põhjavee tõusu põhjustab näiteks laialdane metsapõlemine või lageraie, juhul, kui hävitatud metsaalal põhjavesi juba metsa kasvades oli suhteliselt kõrgel. Suure vee transpiratsioonivõime tõttu kasvav mets suudab põhjavee pidada vajalisel sügavusel. Kui aga metsa, seda suurt transpiraatorit enam ei ole, siis on põhjavee tõus paratamatu ja seda tunduvam, mida suurem ja kasvujõulisem oli mahapõlenud või raiutud mets. Maa soostumine on nüüd vältimatu.

Kord juba kuskil tekkinud soostumise protsess levib kiiresti edasi, sammal matab enda alla üha uusi alasid, puude kasv muutub kiduraks, mets soostub.

Kui soo pind on kõrgem piirduvast metsamaast, nagu see näiteks esineb rabaäärsetel metsadel, siis rabalt metsamaale valguv vesi, rikas huumushapetest, aga vaene hapniku poolest, põhjustab siin rabastumise protsessi.

Liivanõmmedel võib ka ilma, et põhjavesi tarvitseks kõrgel ollagi, tekkida raba. Niisugusel lubjavaesel ja üldse taimetoitainevaesel maal kord ühes varjulises paigas tekkinud *sphagnum*-sambla pesa levib peagi. See sammal paneb hästi vastu põualegi. Tal on suur võime imeda endasse vett saju ja kaste ajal tagavaraks, ja hoiab sambla kihi all oleva maa küllaldaselt märjana. *Sphagnum*-sambla kate paksenedes ja levinedes matab enda alla kasvavate puude juuresõlmed, halvendab maa õhustumise tingimusi, takistab noorte puutaimede juure tekkimist ja põhjustab niimoodi nõmmemetsa rabastumist.

4. Soostumise käik.

Kui mets hakkab soostuma, tekib kohe muutus selle taimkattes. Endine taimestik hakkab kaduma ja asemele tekib sootaimi. Puud muutuvad kiduraiks, maapind kattub järjest pakseneva turbakihiga.

Toitainevaesel maal tekivad esimestena sootaimedena vähenõudlikke valgesambla liike, nagu *sphagnum fuscum, sph. acutifolium jt.* Pisut parema pinnasega maal tekib enamasti ka karusammalt *(Polytrichum commune)*. Mustika- ja pohlavarred tõrjutakse

välja ning asemele siginevad rabapuhmad, nagu sookail *(Ledum palustre)* jt.; metsasamblad tõrjutakse rabasammalde poolt välja. Algul võib neid veel leida mätaskohtadel, kuid hiljem tõrjutakse nad ka siit välja. Rabasambla suure veeimavuse tõttu sammal ise soodustab selle levikut ja paksuse kasvu. Maa küllastub veega, õhuvahetus muutub halvaks, aeroobsete bakterite elutegevus katkeb. Taimejäänuste lagunemine sünnib anaeroobses keskkonnas, tekib turvas. Puud — toitevaesemail pinnaseil tavaliselt männid — hakkavad kiduraks muutuma ja vanemad puud kuivama. Sel arengu astmel soostuvat metsa nimetatakse nõmmrabaks.

Soostumise jätkudes turbakiht, mis algul on 0,2—1,0 m, muutub paksemaks. Noori puid tekib küll veel esialgu juurdegi (peamiselt mätaskohtades), kuid nende juured ei ulatu enam aluskihini, vaid peavad leppima selle vähese toitainete tagavaraga, mis neile on turbakihis kättesaadav. Õhu ja toitainete vähesuse tõttu muutub puude kasv üha kiduramaks. Mets muutub ka hõredamaks, sest puid sureb rohkem välja, kui uusi asemele tuleb. Isegi rabapuhmad kaovad vähemaks, taimkattes jäävad domineerivaks *sphagnum*-sambla liigid. Viimases arenemise astmes on rabastumise protsess juba niikaugele arenenud, et ka rabamänd enam kasvada ei saa. Raba keskosa muutub puudest täiesti lagedaks ja ainult selle äärtel, kus pinnaveed mõningal määral on liikuvad, jääb veel kidurat männi- ja kase-segametsa kasvama — see metsastunud osa moodustab nn. ülemineku- või siirdesoo.

Paremal, taimetoitainete poolest rikkamal pinnasel on soostumise arengukäik pisut teistsugune. Siin tekivad soostumise tunnustena tavaliselt nõudlikumad valgesambla liigid, nagu *Sphagnum Girgensohnii, Sph. riparium* jt. Esialgu jääb aga ülekaaluvaks karusammal *(Polytrichum commune)*. Mustikavarte vahele — mis paremal metsamaal on tunnusomaseks alustaimestikuks — hakkab siginema osje *(Equisetum silvaticum)* ja mõnikord ka sõnajalgu. Puud — sellisel parema pinnasega maal tavaliselt kuused, sanglepad ja teised lehtpuud — muutuvad kiduraks, eeskätt kannatavad suuremad ja vanemad puud. Kuuskedel tekivad hallid narmad (samblikud) ja ladvad kuivavad ära. Ka suuremate lehtpuude hulgast surevad paljud välja. Juurdekasvavad noored puud jäävad endistest väiksemaks ja nende kasv on aeglane. Sel arenemisastmel nimetatakse soostuvat metsa lodumetsaks. Kus maapinna lang ei ole liiga väike, nii et pinna veed püsivad liikuvaina, seal võib lodumetsa aste pikaks ajaks jääda püsima. Kuid tasastel, vähese languga maadel muutub hapniku saamine taimedel varsti raskeks. *Sphagnum*-samblad levivad kiiresti, turbakihi paksus kasvab ja puude juured ei tungi enam mineraalse aluspõhjani. Kasvu-

tingimuste halvenemise tõttu surevad nõudlikumad puuliigid välja ja asemele tekib vähenõudlikke, nagu mänd. Ka alustaimestik omab järjest enam rabataimestiku iseloomu. Sel arenguastmel soostuvat metsa nimetatakse rabaloduks.

Soostumise jätkudes muutub rabalodu lõpuks tarnsooks. Sellele arenguastmele ei jää aga soostumise protsess seisma, vaid tarnsoo areneb pikapeale lagedaks rabaks.

Nii lõpeb soostumise protsess niihästi kehvematel kui ka paremat maadel rabaga. Kehvadel maadel raba-aste saavutatakse kiiremini, kuna paremat maadel see kujuneb mitme vaheastme kaudu pikaajalise arenemise teel. Kõikide madalsoodegi saatus on siis muutuda aegade jooksul esiteks ülemineku- ehk siirdesoodeks ja viimaks kõrgsooks ehk rabaks.

Erinevalt neile seisukohtadele, mis soo tekkimise põhjuseks peavad pinnase üleküllastumist veega ja selle tulemusena sündivat hapniku puudust, loeb akadeemik V. R. Viljams soo tekkimise põhjuseks mineraalsete taimetoite-elementide vähesust pinnases; vee üleküllust soos tuleb aga Viljamsi arvates pidada lihtsalt orgaanilise aine suure veemahtuvuse järelduseks. Viljamsi vaate järgi pole nii siis liigniiskus mitte soo tekkimise põhjuseks, vaid selle järelduseks. Põhjustavaks teguriks soode tekkimisel on aga maapinna kamardumise nähtus, mis tekib metsamaa loodusliku või kunstliku harvenemise tagajärjel, ja mille tulemusena mets muutub niiduks ja see omakorda — sooks. Selle protsessi algstaadiumis võsundilistest kõrrelistest metsa alla sündiv rohukamar takistab uute puude juurdekasvamist; iga järgnev puupõlvkond jääb oma eelkäijast nõrgemaks ja mets järjest hõreneb. Rohttaimede juurejätted rikastavad pinnase ülemist kihti orgaanilise massi poolest, milles tekib anaeroobne kõdunemise protsess. Orgaanilise aine kuhjumine koos õhustumise tingimuste halvenemisega toob muudatuse taimkattes. Võsundilised kõrrelised asenduvad algul hõredapuhmalistega ja need hiljem — tihedapuhmalistega. Viimased jätavad oma surnud tihedad võsumissõlmed juba pealepoole maapinda ja panevad alguse taimejäänustest koosneva orgaanilise soo pinnase tekkimisele. Selle pinnase mineraalsete taimetoite-elementide vähesus ja samaaegselt toimuv kreenhappe kuhjumine pinnases, vahenditult selle pealiskihi all, kujundab kasvutingimused, milledes võivad kasvada ainult sellistele tingimustele kohanenud, vähenõudlikud taimed. Edaspidises arenemiskäigus kujuneb algul tarnsoo, selle järel *hypnum*-soo ning lõpuks *sphagnum*-soo.

Soode arenemist on seotud nende kliimaperioodidega, mis arvatakse olevat valitsenud viimase jääaja järele.

Jää alt vabanemise järel kujunes algul arktiline, külm kliima sellele iseloomuliku tundrataimestikuga. Sedamööda, kuidas jääserv kaugemale põhja poole nihkus, soojenes kliima, ja taimkate

Praegusest ajaarvamisest tagasi arvates (aastaid)	Kliimaperioodid		Metsa valdav puuliik	Läänemere ajalugu
— 10 000	Arktiline		Tundra	Paisjärved
— 9 000 — 8 000	Subarktiline		Kask (mänd ja paju)	Yoldia meri
— 7 000 — 6 000	Boreaalne, soe ja kuiv	Postglatsiaalne soojusperiood	Ilmuvad sarapuu ja jalakas. Mänd. Ilmuvad sanglepp, pärn ja tamm	Antsülusjärv
— 5 000 — 4 000	Atlantiline, soe ja niiske		Tamme segamets	Litoriina-meri
— 3 000 — 2 000 — 1 000	Subboreaalne, soe, lõpupoole kuivem		Kuusk	
0 = praeguse ajaarvamise algus	Piirihorisont			Läänemeri
+ 1000 + 2000	Subatlantiline, jahe ja niiske		Mänd, kask ja kuusk	

muutus liigirikkamaks. Umbes 7000 aasta eest enne praeguse ajaarvamise algust oli kliima juba sellevõrra soojenenud, et võisid kasvada muude hulgas ka sarapuupõõsad, jalakad, pärnad ja tammed. Sel kuival ja soojal (praegusest tõenäolikult soojemal) boreaalsel ajajärgul algab laialdane seisvate vete kinnikasvamine. Jääaja järel tekkinud ürgjärvede asemel tekkivad laialdased madalsoo alad.

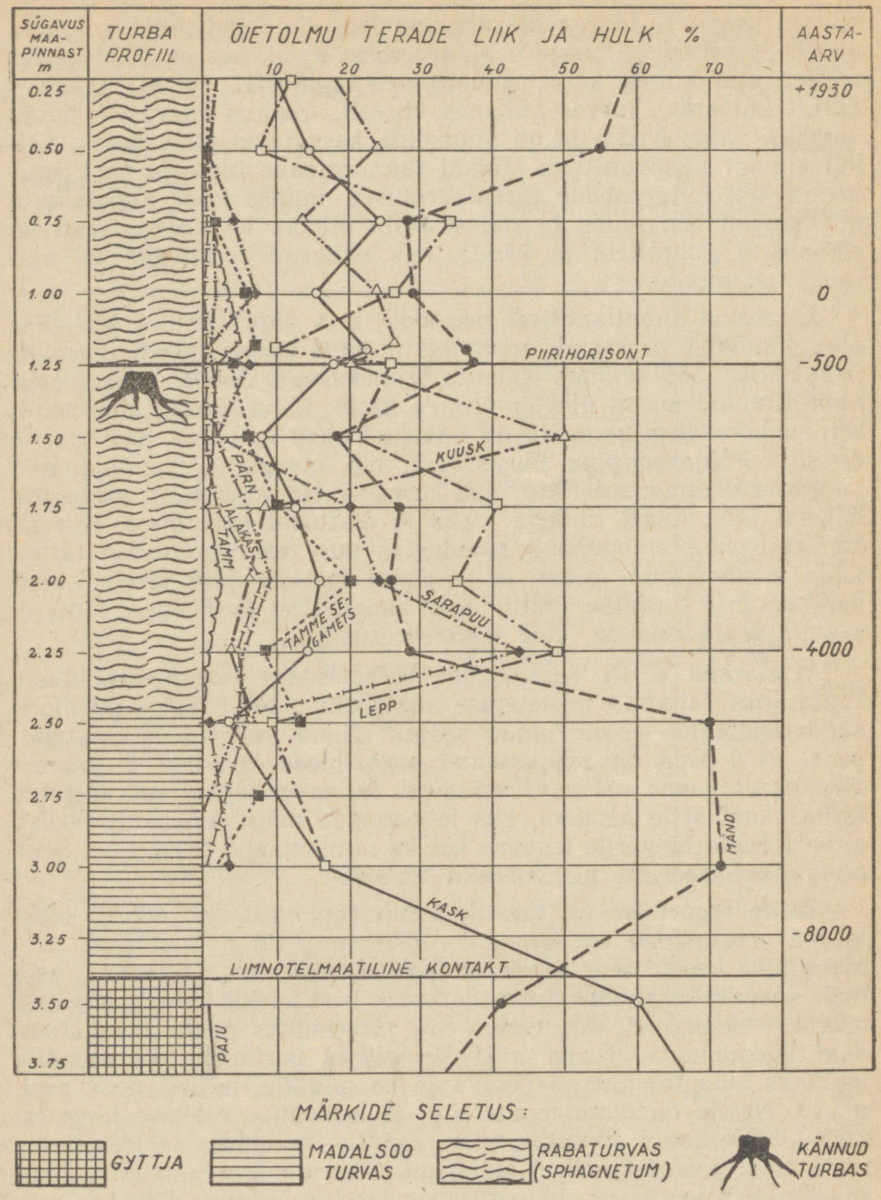
Atlantilisel ajajärgul kliima muutus niiskemaks ja veelgi soojemaks. Suuremat osa meie maast katsid tol ajal tamme segametsad, taimkate sarnanes praeguse Kesk-Euroopa taimestikuga, samuti oli loomariik teistsugune kui praegune. Selle ajajärgu niiskuse rohkus lõi soodsad eeltingimused *sphagnum*-sammalde kasvuks, mille tagajärjel madalsood hakkasid kiiresti rabastuma ja tekkis *sphagnum*-turvas. Niiske kliima tõttu turbakihi paksus

kasvas jõudsalt. Järgneval subboreaalsel ajajärgul muutus kliima uuesti kuivemaks. Praeguse ajaarvamise algul, umbes 2000 aastat tagasi, olid kliima kuivaksmuutumise tagajärjel rabad hakanud äärest kuivama. Turvas kõdunes kiiresti, muutus värvuselt tumedamaks, vajus kokku ja oli võimeline kasvatama juba metsa. Sellelt kuivalt ajajärgult on jäänud tunnusomane tume ja hästilagunenud kiht kõrgerabade turbaladestuses, millist kihti nimetatakse piirihorisondiks, selles ja sellest pisut allpool leidub enamasti ka rikkalikult puujätteid ja kände, mis annavad tunnistust tol ajal kasvanud metsast.

Järgneval subatlantilisel perioodil, mis algas umbes praeguse ajaarvamisega ja kestab praegugi, muutus kliima uuesti jahedaks ja niiskeks. See avaldus kohe ka taimekasvus. Soodel said *sphagnum*-samblad uuesti ülevõimu enda kätte. Raba äärtel, kus eelmisel, subboreaalsel perioodil oli hakanud mets kasvama, hävines see uuesti. Põhjavee pind tõusis jälle ligi maapinda, puude juured lämbusid õhupuuduse tõttu; nad kuivasid ära, kõdunesid maapinna lähedal läbi; murti tuulega maha ja mattusid samblasse. Kiiresti kasvav *sphagnum*-sammal moodustas uusi vähelagunenud turbakihte piirihorisondi peale ja endisest metsast jäid järele ainult kännud, mis turbasse mattununa, anaeroobse keskkonna tõttu ei saanud ära kõduneda, vaid konserveerusid.

Akadeemik V. R. Viljams on piirihorisondi tekkimise põhjuste kohta soos esitanud teistsuguse vaatekoha. Selle järgi piirihorisondi tekkimine ei ole olnud seoses kliima kuivemaks muutumisega, vaid seda on põhjustanud puutaimede levikuga ühenduses olev ulmiinhappe pidev vähenemine ja kreenhappe suurenemine turbas kuni selle astmeni, kus kreenhappe mõjul täielikult lakkab anaeroobsete bakterite tegevus kui ka ulmiinhappe tekkimine. Seda olukorda fikseeribki piirihorisont turbas.

Soode arenemise eri faaside tundmaõppimist ja nende seost kliima muutustega on suuresti hõlbustanud nn. tolmuterade analüüs, mida kasutatakse soode teaduslikul uurimisel. Suuremal osal meil kasvavatel puudel õietolmu terade kest koosneb väga püsivast ainest — eksiniinist, mis turbas või järvemudas püsib aastatuhandeid kõdunemata. Turba mikroskoopilisel uurimisel on võimalik kindlaks teha tolmuterade hulka ja ka puuliiki, millelt need pärinevad. Nende õietolmu terade liigi ja esinemise rohkuse järgi eri turbakihtides ongi võimalik teha järeldusi taimkatte ja kliima üle meie maal postglatsiaalsel ajajärgul. Ühe niisuguse analüüsi tulemusi näitab joonis nr. 10, milles on toodud Tallinna lähedal asetseva Sõjamäe raba turbaprofiil ja tolmuterade diagramm.



Joon. 10. Sõjamäe raba turbaprofiil ja tolmuterade diagramm.

5. Soo taimestik.

Vesisest kasvupaigast tingituna omavad sood erilist taimkatet, milles rikkalikult esineb mitmesuguseid sambla- ja tarnaliike, kuid puu- ja põõsasrinde taimestik on liigivaene.

Taimkate on funktsionaalses olenevuses kasvukoha looduslikest tingimustest, eeskätt niiskuse oludest ja taime toitainete sisaldusest pinnases. Seega on looduslikult kujunenud taimkate heaks indikaatoriks kasvupaiga hindamisel. Tundes sootaimi ja tundes ühe või teise liigi nõudlikkust kasvupaiga suhtes on võimalik otsustada soo kasutamiskõlblikkuse üle põllumajanduslikuks või metsamajanduslikuks kasutamiseks. Praktiliseks soo hindamiseks piisab enamasti sellestki, kui tuntakse nn. juhttaimi ja nende nõudeid kasvukoha suhtes, s. o. taimi, mis kõige eksimatumalt võimaldavad teha järeldust kasvukoha suhtes.

Tähtsama osa soo taimestikust moodustavad valgesamblad, pruunsamblad ja lõikheinad. Alljärgnevalt on toodud kokkuvõtlik loetelu tähtsamatest sootaimedest liigitatuna nende nõudlikkuse järgi kasvupaiga toitainerikkuse suhtes.

A. Valgesamblad, *sphagnum* = ehk rabasamblad.

Valgesamblad moodustavad valdavama osa kehvemate soode taimkattest. Nad pole valged, nagu nime järgi võiks otsustada, vaid kollaka, roheka, punaka või pruuni värvusega.

Üldiselt on nad aga enamasti küll valkjamad kui teine suur liik samblaid, nimelt pruunsamblad.

Valgesambla varsi katab surnud rakkudest, nn. vesirakkudest koor. Vesirakkude seinad omavad rõngakujulisi paksemaid kohti, mis on toeks rakkude kokkuvajumise vastu. Rakkudes olevate aukude kaudu pääseb õhk ja vesi varre sisse ja siit sambla muudesse osadesse. Samasugused surnud vesirakud leiduvad ka lehtedes. Samblalehtede elavad rakud, mis leherohelist sisaldavad, on üsna kitsad ja asetsevad vesirakkude vahel. Sammalde sellise ehituse tõttu on need suutelised vastu võtma ja endas kinni pidama suurt veehulka, milline omadus jääb püsima ka sambla surnud osadel. Samblal surnud osad ei lange ära, vaid jäävad ühendusse elava osaga. Samal ajal, kui ülemine osa sambla varrel kasvu jätkab, sureb alumine osa ja muutub hapnikuvaese keskkonna tõttu pikkamööda turbaks.

Kasvupaiga toitainete sisalduse suhtes on valgesamblad üldiselt vähenõudlikud, mõned üksikud erandid välja arvatud. Lubi mõjub valgesamblaile hävitavalt. Leidub siiski samblaliike, mis just lubjarikast kasvupaika eelistavad.

Nõuded kasvupaiga veeolude suhtes on mitmesugused. Mõned, nagu näiteks *Sphagnum fuscum* ja *Sph. acutifolium* on kserofiilsed, teised aga nagu *Sph. medium*, *Sph. Russowii* ja *Sph. Girgensohnii* — eelistavad niiskemat kasvupaika, kuna *Sph. Dusenii* ja *Sph. cuspidatum* kasvavad peaaegu avavees.

Kasvupaiga toitainete nõudluse järgi — mis soode põllumajandusliku kasu-

tamise seisukohalt omab eriti suurt tähtsust — jagunevad valgesamblad kolme liiki: a) oligotroofsed ehk vähenõudlikud, b) mesotroofsed ehk keskmise nõudlikkusega ja c) eutroofsed ehk nõudlikud.

a) Oligotroofsed valgesamblad.

Siia kuulub suurem osa valgesammaldest. Tähtsamad neist on järgmised:

Sphagnum fuscum. See on kehvade rabade valitsev samblaliik, esineb aga sageli rabamätastena ka muudel sootüüpidel. See sammal ei kannata üleujutust, ta valib oma kasvukohaks kõrgemad mättakohad. Ta on peenetoimeline, värvuselt punakas-pruun ja kasvab tihedate mätastena.

Sphagnum rubellum. See sammal esineb raba nõopaikades ja kehvades lodumetsades, kuid mitte väga vesises kohas. Ta on kasvult madal, peenetoimeline, värvuselt punane, harud lüheldased. Esineb harilikult koos *Sph. recurva* ja *Sph. medium*'iga.

Sphagnum acutifolium kasvab tavaliselt koos *Sph. fuscum*'iga, esineb ka kehval liivamaal. See on punase-valgekirju ja omab tihedat poolkerakujulist pead. Värvus on valkjam kui *Sph. rubellum*'il. Ei kannata väga vesist kasvupaika.

Sphagnum Russowii on värvuselt lillakas-punane ja sarnaneb kujult *Sph. Girgensohnii*'ga. Ta kasvab soostuvas metsas ja on kasvupaiga toitainete sisalduse suhtes eelmistest nõudlikum.

Sphagnum cuspidatum kasvab rabaloikudes ja laugaste ääres, peaaegu lausa vees. Ta on nii nõrga ehitusega, et püsib püsti ainult vee varal. Värvuselt see on määrdunud pruunikas.

Sphagnum Dusenii on niihästi välimuselt kui ka kasvupaiga nõuete suhtes väga sarnane *Sph. cuspidatum*'iga.

Sphagnum balticum on pruunikas kreemi värvusega õrnatoimeline ja lühikeste harudega sammal. Kasvab rabadel ja rabaäärtel, kuid mitte nii vesises kasvukohas nagu *Sph. cuspidatum* ja *Sph. Dusenii.*

Sphagnum medium on halbadel soodel väga levinud samblaliik. Kasvab kuivematel kohtadel, mätastel ja tasasel maal. Värvuselt ta on lillakas-punane ja ehituselt jämedatoimeline.

Sphagnum papillosum sarnaneb kuju poolest mõningal määral *Sph. medium*'iga, kuid on värvuselt kollakas-roheline, tumedamate vartega. Kasvab vesistel kohtadel halval sool.

Sphagnum compactum kasvab tavaliselt koos *Sph. papillosum*'iga. Ta on värvuselt aga eelmisest tumedam. Sambla varred on üksteisele nii tihedalt ligi kasvanud, et üksikuid varsi on raske eraldada.

b) Mesotroofsed valgesamblad.

Sellesse rühma kuuluvad samblad esinevad peamiselt soostuvates metsades. Neid samblaid on palju vähem kui oligotroofseid. Tähtsamad mesotroofsed valgesamblad on järgmised.

Sphagnum Girgensohnii. See on tüüpiline lodumetsa sammal, mis ilmub tavaliselt esimesena valgesammaldest, kui metsamaa hakkab soostuma. Värvuselt see on roheline, kaunis pikkade hiire saba meenutavate harudega, mis ripuvad allapoole.

Sphagnum riparium on samuti nagu eelminegi lodumetsa tüüpiline sammal. Ta on tugevama ehitusega ja pikemate harudega kui *Sph. Girgensohnii*, harud sarnanevad kujult kõvera mõõgaga ja on otstest teravad. Värvuselt see sammal on tumeroheline ja ta kasvab veejooksukohtades, nagu metsaojade ja kraavide kaldal jne.

Sphagnum squarrosum kasvab samuti ojade ja kraavide ääres soostuval metsamaal. Ka see on tüüpiline sammal lodumetsale. Ehituselt on ta tugevatoimeline, lehed okkalised, värvus valkjasroheline.

Sphagnum centrale sarnaneb kujult *Sph. papillosum*'iga, kuid omab tunnusomast, meeldivalt puhast rohelist värvust ladvaosades. Varre alumised osad on pruunid. See sammal on eelmistest nõudlikum ja esineb tavaliselt toitainerikkamatel lodumetsa maadel.

Sphagnum Walfianum on samuti paremates lodumetsades kasvav sammal. Värvuselt see on roheline või pruunikas-roheline. Ta kasvab kohedalt, peaaegu üksikult, iga vars teisest lahus. See sammal on kergesti äratuntav paksu ümariku pea järgi.

c) Eutroofsed valgesamblad.

Veel vähem kui keskmise nõudlikusega samblaid leidub valgesammalde hulgas selliseid, mida võib pidada nõudlikuks ja mis seega siis võivad iseloomustada parema pinnasega soid.

Sphagnum Warnstorfii. See sammal kasvab lubjarikastel madalsoodel, mitte väga vesistes kohtades. Värvuselt ta on punane ja sarnaneb *Sph. rubellum*'iga, kuid ei kasva kunagi koos vähenõudlikkude valgesammaldega, vaid seltsib ainult nõudlike pruunsammaldega, nagu näiteks *Camptothecium trichoides, Paludella squarrosa* jt. Ehituselt see sammal on õrnatoimeline.

Sphagnum subsecundum on madalsoil, vesistes nõopaikades kasvav porivärvi pruun sammal. Ehituselt ta on võrdlemisi õrnakoeline, lühikeste harudega, kusjuures ladva osas harud on ülespoole pööratud nagu õielehed, moodustades väikesi päid.

B. Pruunsamblad, *hypnum* = ehk soosamblad.
(Ka lehtsamblad)

Valgesammaldel on harud varte küljes radiaalselt paigutatud; pruunsammaldel aga harud kas üldse puuduvad või nad on reas. Valgesammaldele iseloomulikud vesirakud pruunsammaldel puuduvad. Sellepärast ei suuda pruunsamblad ka mitte imeda endasse niipalju vett kui valgesamblad. Värvuselt pruunsamblad on üldselt tumedamad valgesammaldest. Kasvupaiga suhtes on nad nõudlikumad. Kui valgesammaldest enamik on vähenõudlikud, vähene osa — keskmise nõudlikkusega ja nõudlikke ainult paar liiki, siis pruunsammaldest vastupidi — suurem enamus kuulub nõudlike ja keskmise nõudlikkusega taimede hulka ja ainult üksikud on vähenõudlikud.

a) Oligotroofsed pruunsamblad.

Polytrichum strictum. See sammal kasvab raba mätastel koos *sph. fuscum*'iga ja teiste vähenõudlike valgesammaldega. Varred on tal lühikesed, punakas-pruuni värvusega, ladva otsad rohelised. Lehed on liibunud varre ligi.

Digranum Bergeri kasvab samuti kehvadel rabadel, mätaste otsas, koos *Polytrichum strictum*'iga; harvemini ta esineb paremate soodel. See sammal kasvab laikudena ja hästi tihedalt koos. Varred on pruunid, ladva osas aga kollakad.

Aulacomnium palustre on sammal, mis ei ütle palju midagi oma kasvukoha headuse kohta, sest ta esineb niihästi halbadel kui ka paremate soodel. Kasvab tavaliselt mätastel, kuivematel kohtadel, moodustades vähemaid laikusid. Varred on tal ilma harudeta, lehed kitsad. Värvuselt varte alumised osad on pruunid, ülemised aga kollakas-rohelised, varte küljes leidub tavaliselt kreemikat vilditaolist massi.

b) Mesotroofsed pruunsamblad.

Polytrichum commune (karusammal). See sammal kasvab kuivapoole, varjulises lodumetsas, endistel kütistel, põlenud metsa all ja kuivendatud, kuid ülesharimata jäetud soodel. Ta on suur, jämedatoimeline sammal, omab soomuselist vart ja pikki väljapoole suunatud lehti. Vars on läikiv, helepruuni värvusega, lehed — tumerohelised.

Polytrichum Schwartzii on eelmisest väiksem, lühemate lehtedega ja peenema toimega. Varred on tumepruunid või mustad, ladva poolt rohelised. Kasvab tavaliselt üleujutatavatel luhtadel.

Drepanocladus fluitans. See on keskmistel ja parematel soodel esinev samblaliik värvuselt rohelisest kuni tumepruunini, sageli mahagooni värvi. Varred on vähesel määral harulised, lehed karvataolised ja käharad.

Ptilium crista-castrensis. See sammal kasvab ainult tahedatel soodel, tihti ka mineraalmaal varjulises kuusikus. Kuju poolest ta meenutab pisut sõnajalga, omab tihedalt kõrvalharusid, lehed on kõverad, värvuselt eredalt rohelised. Varre alumised osad on pruunid.

Hylocomium parietinum (harilik seinasammal). See sammal kasvab tavaliselt metsas, võib aga esineda ka soos kuivemail mättail ja kuivendatud soodel. Värvuselt on seinasammal läikivroheline, kollaka või pruunika jumega; varred omavad kõrvalharusid.

Hylocomium proliferum sarnaneb hariliku seinasamblaga, kuid on sellest peenetoimelisem. Varred on kõrvalharudega, mis omakorda harunevad. Värvuselt pruunikas-roheline. Kasvupaiga suhtes eelmisest pisut nõudlikum.

Rhytidiadelphus triquetrus on jämedatoimelisem eelmistest *hylocomiumi*-liikidest ja suurem. Harud kaunis pikad, lehed pikad ja kitsad ja hoiavad varrest eemale, andes samblale okkalise ilme. Värvuselt kollakas-roheline. Ta kasvab lodumetsades ja niisketel ojaäärsetel maadel, kuid esineb mõnikord ka kuival metsamaal.

c) Eutroofsed pruunsamblad.

Dicranum Bonjeani. See sammal kasvab parematel madalsoodel ja lodumetsades. Ta eelistab kuivapoole kasvupaika. Varte alumised osad on pruunid, ülevalt rohelised. Lehed ladva osas koonduvad teravikuks, allpool on aga varrele peaaegu ristiasendis.

Bryum Duwalii kasvab allikate läheduses, ojade ja kraavide ääres ja isegi kaevatud kraavides soodel; esineb vähemate laikudena. Ehituselt on see peenetoimeline sammal, varred harudeta ja ladva osas teravnevad. Värvuselt punakas-pruun, ladva pool roheline, punaka jumega.

Paludella squarrosa. See on harilikumaid madalsoo samblaid, esineb ka allikate läheduses. Omab harudeta vart käharas lehtedega. Värvuselt ta on pruun, ladva poolt roheline.

Philonotis fontana. See sammal kasvab enamasti allikalistes kohtades, sageli koos *Bryum Duwalii*'ga. Varred on sirged, alt pruunid, ladva poolt rohelised.

Climacium dendroides on sooniitudel ja isegi mineraalmaadel kaunis sageli esinev sammal, millel tüviosa on harudeta, ladvaosa aga palmitaoliselt haraline, kusjuures harud on tavaliselt pikad. Värvuselt ta on roheline. Omapärase, palmi meenutava kuju järgi on see sammal kergesti äratuntav.

Drepanocladus intermedius. See sammal iseloomustab häid soid. Ta kasvab vesistes nõopaikades, sageli koos *Campylium stellatum*'iga. Värvuselt on see sammal enamasti mahagooni värvi pruun, rohekate latvadega.

Scorpidium scorpioides. Ka see sammal kasvab ainult headel soodel. Ta

varred on nagu nööripundar, värvuselt mustjas-pruun, jämedatoimeline, väga väheste harudega, varre ladvaotsad rohekad. Kasvab vesistes paikades.

Camptothecium trichoides kasvab heade soode kuivapoole tasandikel või mätastel. Ta tuletab ehituselt meelde seinasammalt, kuid erineb sellest oma erilise siidiläikelise kollakas-rohelise värvusega. Vartel on võrdlemisi rohkesti kõrvalharusid, lehed karvataolised.

Calliergon trifarium on sammal, mis kasvab ainult kõige parematel soodel. Ta esineb madalates nõopaikades, peaaegu lausa vees mudastel kohtadel. Kasvab sageli koos *Scorpidium scorpioides*'ega ja *Cadoscopium nigritum*'iga. Varred on tumepruunid, lehed varre ligi liibunud, mistõttu sammal meenutab sassis nööripundart.

C. Lõikheinalised *(Cyperaceae)*.

Sammalde kõrval on lõikheinalistel tähtis koht soode taimkattes. Lõikheinad meenutavad kõrrelisi, kuid neil puuduvad kõrrelistele iseloomulikud kõrresõlmed. Vars pole neil mitte seest õõnes nagu kõrrelistel, vaid täidetud koheda taimekoega. See varre kohe kude soodustab õhu hapniku pääsu varte kaudu taime juurteni, mis muidu veega üleküllastatud pinnasest seda küllaldaselt ei saaks. Juurte hingamiseks mõjuvad kaasa veel juure kudedes leiduvad õhurakud.

Soodel kasvavatest lõikheinalistest on tähtsamad: kõrkjalised ja tarnalised.

a) Kõrkjalised *(Scirpoideae)*.

Eriophorum vaginatum (tupp-villpea ehk soovill). See on vähenõudlik taim. Ta kasvab rabadel ja kehvadel soodel. Õitsemise ajal ta on kergesti äratuntav puuvillataolise valge õietupsu järgi, milliseid iga varre küljes on alati ainult üks. Varred on väga sitked ja libedad ja nende alumist osa ümbritsevad pruunid kiulised tuped. Viimased on väga vastupidavad kõdunemisele ja säilivad turbas kaua aega. See taim moodustab kasvades tihedaid mättaid.

Eriophorum polystachyon ehk ahtalehine villpea on kasvupaiga toitainete sisalduse suhtes eelmisest nõudlikum. Vars on tal jämedam ja selle alumine osa ja tuped on punakad. Varre otsas on mitu pead, kuid väiksemad ja mitte nii puhtalt valged kui tuppvillpeal. Eelistab keskmise väärtusega soid.

Eriophorum latifolium ehk laialehine villpea on kasvupaiga suhtes veelgi nõudlikum kui ahtalehine villpea. Ta kasvab tavaliselt ainult headel lubjarikastel soodel. Päid on laialehisel villpeal mitu, kuid pead on väiksemad kui ahtalehisel villpeal. Seevastu on aga varre tupe osa ja juur märksa jämedam kui eelmisel.

Eriophorum alpinum (Scirpus trichoforum) ehk alpijäneslill on kasvult madal ja peenevarreline. Tal on pisikesed pruunid pead valgete, puuvilla meenutavate otstega. Kasvab laikude kaupa paremate soodel.

Scirpus caespitosus ehk murukõrkjas ei võimalda teha mingit järeldust kasvupaiga toiterikkuse kohta, sest murukõrkjas esineb nii kehvematel kui paremategi soodel. Välimuselt murukõrkjas meenutab alpijäneslille, kuid on äratuntav selle poolest, et ta kasvab tihedate mätastena, kusjuures varred on ümbritsetud tuppedest nagu tupp-villpeal ja lehed on pikad ja kitsad.

Rhynchospora alba ehk valge nokkhein. Seegi taim ei sobi soo viljelusväärtuse hindamiseks. See on madal valgepäine ja kitsalehine taim. Vanemana pead omandavad pruunika jume.

Shoenus ferrugineus ehk roostepruun sepsikas on heade, lubjarikaste madalsoode tunnustaimeks. Omab 15—30 sm kõrgust vart, otsas enamasti 2, harva 3 tumepruuni pähikut.

TRÜ Raamatukogu

b) Tarnalised *(Caricoideae).*

Tarnad on kõrrelisi heintaimi meenutavad taimed, kuid omavad sõlmedeta ja tavaliselt kolmekandilist vart. Kasvavad liigvee all kannatavatel niitudel ja luhamaadel, moodustades siin enamasti valdava osa taimkattest. Mõned tarnaliigid esinevad ka kuivemal maal. Tavalisemalt meil esinevad järgmised tarnad.

Carex vesicaria ehk põistarn. See on kõrgekasvuline (40—70 sm kõrge) taim laiade lehtedega ja ümariku, otsa poolt peenemaks muutuva põisikuga. Kasvab mudastel randadel ja niitudel, harilikult veekogude lähedal.

Carex rostrata (C. ampullacea) ehk pudeltarn on samuti kõrgekasvuline ja esineb nagu eelminegi lodukohtades sool, järvede ja jõgede ääres ning kraavides. Põisik on pudelikujuline, lehed sinikas-rohelised, lehetupe osa lillakaspunane. See, nagu eelminegi, on suhteliselt nõudlik taim ja eelistab seega paremaid soid

Carex filiformis (C. lasiocarpa) ehk niittarn on levinumaid tarnaliike keskmise väärtusega sooniitudel. See on saleda, peaaegu ümmarguse varrega ja kitsaste lehtedega, milledel ääred on sisse keeratud. Lehetuped on sageli punaka jumega

Carex limosa ehk mudatarn kasvab vesistel mudastel paikadel madalsoil. Kasvult ta on madalapoole (15—40 sm), lehed pikad ja kitsad, varre otsas mitu pead, mis peene, niiditaolise kaela kaudu on varrega ühendatud. Alumised pead ripuvad norgus alla.

Carex flava ehk kollane tarn on levinud tarnaliik soo niitudel. Värvuselt see on rohekas-kollane, mis annab niidule kollaka jume eemalt vaadates. Ta moodustab mättaid. Varre otsas on 2—4 ümarikku, okastega pead, tihedalt varre küljes. Vahenditult neist allpool asetseb kaks eri suunda harunevat teravat tupelehte, milledest üks on sirge pikk (6—10 sm). See tarn iseloomustab häid soid.

Carex Oederi ehk ojatarn on eelmisega sarnane, kuid märksa madalam, sageli vaevalt 10 sm pikk. Ka see tarn eelistab häid soid.

Carex caespitosa — murutarn ehk mätastarn. See tarn moodustab tihedaid mättaid. Ta on peenevarreline ja kitsaste lehtedega. Varre otsas on 3—4 piklikku pead, millede põisikud on rohelised ja soomused mustad. Selle tõttu pead on rohelise-mustakirjud. Lehetuppede alumised osad on punakas-pruunid. Kasvab sooniitudel ja esineb ka lodumetsas.

Carex Goodenowii (C. vulgaris) ehk harilik tarn kasvab soodel, sageli taliteede kohal, kraavide ja teede ääres ja mõnikord ka mineraalmaal. Omab nagu murutarn rohelist ja mustakirju pead, kuid see on suurem murutarna omast. Ta ei sünnita mättaid, vaid vääne. Lehetuppedel puudub murutarnale iseloomulik punakas värvus, kasvult pikem kui murutarn.

Carex Hornschuchiana (ääristarn) on puisniitudel ja lubjarikastel soodel esinev keskmise kõrgusega (20—40 sm) tarn; iseloomustab häid soid.

Carex canescens ehk hallikas tarn on väikeste heleroheliste peadega ja pikkade hallikas-roheliste lehtedega. Kasvab madalsoo niitudel, lodumetsas, sihtidel ja mõnikord ka kraavides. Iseloomustab paremaid soid.

Carex echinata ehk tähttarn kasvab sooniitudel ja eelistab keskmise väärtusega soid. Ta on kergesti äratuntav väikeste okkaliste peade järgi, milliseid on 3—5 tk. ühe varre otsas. Kasvult see on madal tarn (15—30 sm) peente varte ja kitsaste lehtedega.

Carex panicea ehk hirsstarn on hallikas-roheliste lehtedega madalapoole (15—40 sm) tarn, mis meil kõige harilikumalt kasvab märgadel puisniitudel.

Suur hulk muidki tarnaliike esineb meie soodel; üldse arvatakse neid siin kasvavat umbes 60 eriliiki. Üldiselt tarnad iseloomustavad paremaid soid, kuid

leidub siiski palju erandeid, mis kasvavad niihästi halbadel kui ka parematel soodel, nagu näiteks *C. globularis* ehk keratarn.

D. Muid rohurinde taimi.

Peale tarnade soodel kasvab rohurindes veel mõningaid kõrrelisi, nagu lubikas *(Sesleria coerulea)*, sinihelmikas *(Molinia coerulea)*, paelrohi *(Phalaris arundinacea*, ka *Digraphis arundinacea)*, pilliroog *(Phragmites communis)*, kastikud *(Calamagrostis)*, ja veel mõned teised. Kuid kõrrelistel on tavaliselt ainult vähene osatähtsus sootaimestikust tervikuna. Nende esinemine annab aga tunnistust soo heast viljelusväärtusest, seepärast on nende tundmine soo hindamise seisukohalt tarvilik.

Muudest rohurinde taimedest mainitagu rabakas *(Scheuchzeria palustris)*, mis kasvab rabadel ja iseloomustab kehva sood. Kehva kasvukoha tunnuseks on ka murakas *(Rubus chamaemorus)*. Seevastu soo-osi *(Equisetum palustre)*, järveosi *(Equisetum fluviatile)*, sookuuskjalg *(Pedicularis palustris)*, konnakapsas *(Caltha palustris)*, ubaleht *(Menyanthes trifoliata)* ja soopihl *(Comarum palustre)* edustavad paremaid soid.

E. Puhmasrinde taimed.

Puhmasrinde taimed edustavad üldiselt hapu reaktsiooniga kehvi maid. Nad esinevad hulgaliselt rabastuvatel metsamaadel, nõmmrabades; kuid mitmed neist võivad esineda ka kuival liivamaal.

Tavalisemaid rabadel kasvavaid puhmastaimi on: sookail *(Ledum palustre)*, küüvits *(Andromeda polifolia)*, hanevits *(Cassandra calyculata)*, vaevakask *(Betula nana)*, sinikas *(Vaccinium uliginosum)*, kanarbik *(Calluna vulgaris)* ja kukemari *(Empetrum nigrum)*.

F. Puu- ja põõsasrinde taimed.

Puu- ja põõsasrinde osas on sootaimestik päris liigivaene. Parematel lodumetsa-tüüpi soodel võib leida sangleppa, kuuske, paakspuu-põõsaid ja pajusid, keskmise viljelusväärtusega soodel peale kase, kadaka ja paju muid puu- ja põõsasrinde taimi leidub harva, ja lõpuks rabadel võib leida ainult veel mändi — seda kõige vähenõudlikumat puuliiki.

6. Soo pinnas.

Soo pinnase moodustab turvas. Turvas on tekkinud niisugustes paikades, kus taimejäänuste lagunemine on toimunud hapnikuvaeses keskkonnas ja jaheda ilmastiku tingimustes. Niisugustes tingimustes surnud taimede jäänused ei jõua nii ruttu laguneda, kui uut orgaanilist massi juurde kasvab, mille tagajärjel tekib orgaanilise substantsi kuhjumine, nagu seda võib leida turbaladestute näol soodes ja rabades. Kuhjumise kiirus oleneb mitmesugustest teguritest, milledest tähtsamad on temperatuur ja hapniku juurdepääsu võimalus. Ka aluspõhja ja taimejäänuste eneste lubjasisaldus avaldab oma mõju; nimelt kiirendab lubjasisaldus tunduvalt lagunemise protsessi.

Taimejäänuste lagunemist hapnikuvaeses keskkonnas, soodes nimetatakse turvastumiseks. See on taandumise protsess, mille tulemusena sünnib süsinikurikkaid, põlemisvõimelisi produkte. Samuti

sünnib orgaanilisi happeid, mida ühise nimega nimetatakse huumushapeteks. Lagunevate taimejäänuste orgaaniliste ainetega moodustavad need happed keemilisi ühendusi, mida nimetatakse humaatideks. Need annavad soo veele iseloomuliku pruuni värvuse.

Turvas on üldiselt kerge. Õhukuivas olekus kokkupressimata vähelagunenud sammalturba erikaal on sageli ainult 0,2—0,4; kuid kaugemas lagunemise astmes see on suurem, tõustes hästilagunenud turbal kuni 1,0-ni ja mõnikord koguni üle selle. Selle nn. «näilise erikaalu» kõrval on turbamajanduses tarvitamisel veel mõiste: «tõeline erikaal», mille all mõeldakse absoluutkuiva turba mahuühiku kaalu sellises olukorras, kus turvas absoluutselt tihedalt, ilma õhuvahedeta täidab kogu mahuühiku. See tõeline erikaal on turba koostisest ja lagunemise astmest olenev ja kõigub 1,3—1,6 piirides.

Turvas on suure veemahtuvusega. Eriti suur on veemahtuvus vähelagunenud *sphagnum*-turbal, mis võib endasse imeda vett 8—15 korda niipalju, kui ta ise kaalub. Suure veesisalduse tõttu jääb märjas turbamaas vähe ruumi õhule, mis põhjustab hapnikuvaesust neis maades. Hapniku sisaldust vähendavad ka veel turvastumise protsessis toimuvad keemilised reaktsioonid. Selle tõttu turbas, mis asetseb sügavamal kui 20 sm maapinnast, hapnikku peaaegu ei leidu.

Vee läbilaskvus on turbal olenev lagunemise astmest. Vähelagunenud turvas laseb hästi vett läbi, kuna hästilagunenud turvas võib olla peaaegu sama vettpidav kui savi. Soojuse mahtuvus on turbal märjas olekus suur, kuivas olekus aga väike. Märg turbamaa soojeneb aeglaselt: sellepärast on sood kevadel kaua külmanud ja püsivad ka suvel külmadena. Sügisel soo aga jahtub aeglasemalt ja külmub hiljem kui mineraalmaa. Külmumise sügavus on soos üldiselt väiksem kui mineraalmaas. Tooma Sookatsejaamas (nüüd TA Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaal) sooritatud vaatlustel soo külmumise sügavus ei ületa 0,6 m, jääb aga tavaliselt sellest märksa vähemaks. Seevastu mineraalmaa jäätub kuni 1,0 m sügavuseni.

Kuivendatud turba halvast soojusejuhtivusest tingituna on turbamaadel taimekasvu hooajal öökülmad sagedaseks nähtuseks. Nii on näiteks end. Tooma Sookatsejaamas 1922—1936. a. toimetatud vaatluste andmeil taimekasvuaja kestel (maikuust kuni septembrikuuni) aastas keskmiselt olnud öökülmadega päevi:

turbamaal . . 38,2,
mineraalmaal . 15,7.

Ühtlasi langeb öökülma ajal õhu temperatuur soos tunduvalt madalamale, kui see on mineraalmaal.

Halva soojusejuhtivuse tõttu kuivendatud turbamaad sulavad kevadel väga aegamööda. Ülesharitud soopõldudel tuleb selle tõttu osa kevadisi põlluharimise töid teha keltsa peal, s. o. olukorras, kus ainult pealmine künnikihti on sula, allpool aga soo on alles jääs.

Taime toitainete sisaldus turbas on kaali ja fosfori osas väga väike, lämmastiku osas aga märksa suurem. Kuid suur osa lämmastikust on orgaaniliste ühendite kujul, millistena need on taimedele kättesaamatud. Harimise tagajärjel, sedamööda kuidas turba pealmine kiht aeroobsete protsesside mõjul kõduneb ja mineraliseerub, muutuvad turba lämmastiku varud aja jooksul siiski taimedele kättesaadavaiks.

Taime toitainete sisaldus turbas oleneb palju turba botaanilisest koostisest, s. o. sellest, milliste taimede jäänustest turvas on tekkinud. Eutroofsete taimede jäänustest tekkinud turvas on taime toitainete poolest rikkam kui turvas, mis on tekkinud oligotroofsete taimede jäänustest.

Ka lagunemise aste mõjutab turba väärtust pinnasena. Enamlagunenud turvas on rikkam taime toitainete poolest kui vähelagunenud turvas.

ENSV madalsoode kohta on olemas järgmisi andmeid turba taimetoitainete sisalduse kohta.

Turba liik[1]	Kihi sügavus A — 0—20 sm B — 20—40 sm	Lagunemise aste	Mahukaal kg/m³	Reaktsioon pH	Tuhka %	CaO %	P_2O_5 %	N %	K_2O %
Sphagnetum . . .	A	H_3	104	4,79	3,9	0,50	0,12	1,20	0,05
„	B	„	80	5,62	3,2	0,56	0,11	1,67	0,05
Lignetum . . .	A	H_9	211	6,22	18,0	4,35	0,26	2,81	0,08
„	B	H_7	176	6,23	17,0	4,04	0,15	2,44	0,07
Caricetum . . .	A	H_6	174	6,26	14,7	3.46	0,23	2,97	0,09
„	B	H_6	148	6,23	15,5	3,76	0,17	2,80	0,08
Phragmitetum . .	A	H_6	162	6,17	18,0	3,10	0,31	3,33	0,12
„	B	H_6	143	6,13	12,2	3,28	0,18	3,10	0,09
Hypnetum . . .	A	H_5	125	6,24	12,3	3,0	0,18	2,74	0,08
„	B	H_5	128	6,49	9,1	3,53	0,15	2,96	0,06

Märkused: [1] Turba liikide tähendusi vaata lk. 61.
[2] Turba lagunemise astme tingmärkide tähendusi vaata lk. 58.

Turba taimetoitainete protsentuaalse sisalduse kõrval omab suurt tähtsust ka selle mahukaal, sest see määrab toitainete kontsentratsiooni. Kaalu-protsendiliselt ühesuguse, näiteks 2%, N sisalduse juures pealmises 20 sm paksuses kihis on turbamullas 1 ha kohta:

mahukaalu olles 100 kg/m³ — 4000 kg lämmastikku,
„ „ 200 „ — 8000 „ „ ,

seega kaks korda rohkem. Põllumajanduslikust seisukohast on sellepärast soovitav, et turvas omaks võimalikult suurt mahukaalu. Mahukaalu loetakse väga madalaks, kui see on alla 100 kg/m³ (absoluutkuivas olekus), madalaks, kui see on 100—150 kg/m³, normaalseks, kui see on 150—200 kg/m³, ja väga heaks, kui mahukaal on üle 200 kg/m³.

Rohke tuhasisaldus lisab tavaliselt turba kui pinnase viljelusväärtust, sest taimetoitesoolade sisaldus turbas on enamasti võrdeline tuhaprotsendiga. Erandi moodustavad ainult need juhud, kus mineraalaine rohkust turbas on põhjustanud tuule või veega soosse kandunud viljatu räniliiv.

Mida enam lagunenud turvas on, seda enam ta sisaldab taimetoitaineid. Harimisega turba pinnas aja jooksul muutub taimetoitainete poolest protsentuaalselt rikkamaks. See ilmneb kujukalt Tooma Soouurimisinstituudi (TA Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaali) ühelt katseväljalt võetud turba analüüsi tulemustest. Mainitud katseväljalt 1910. a. ja 1933. a. tehtud turba analüüsid näitasid järgmist:

Analüüsi aasta	Turba lagunemise aste (Posti järgi)	Orgaanilisi aineid %	CaO %	P_2O_5 %	N %
1910	H_2—$_3$	91,47	3,25	0,12	2,85
1933	H_6—$_7$	88,89	4,23	0,38	3,37

Kolmest peamisest taimetoitainest on lämmastik turbas kõige olulisem. Lämmastiku suhteline rikkus ongi, mis soode harimise teeb majanduslikult tulutoovaks.

Fosforisisaldus on turbas vähene. Fosforit leidub mõnikord üksikutes paikades vivianiidi $Fe_3(PO_4)_2+8H_2O$ kujul. See on värvitu või hall mineraal, mis õhu käes muutub rohekas-siniseks. Vähemal määral leidub fosforit ka orgaaniliste ühendite näol. Kogu fosforisisaldus ENSV soodes kõigub 0,1—0,3% piirides.

Kaalisisaldus on veelgi väiksem; seda leidub ainult 0,01—0,10%. Kaali esineb kergesti lahustuvate mineraalsoolade kujul, millisena see on kergesti väljauhutav.

Fosfori ja kaali väga vähene sisaldus turbas sunnib ülesharitud soodele igal aastal andma kaali- ja fosforväetist.

Lubjasisaldus turbas kõigub 0,3—4,5% vahel; üksikuil juhtudel see võib olla suuremgi. Lubi esineb turbas osalt karbonaatide, osalt humaatide kujul. Nagu lämmastikusisaldus, nii ka lubjasisaldus on üldiselt seda suurem, mida enam lagunenud on turvas. Rohkem oleneb lubjasisaldus aga turba botaanilisest koostisest.

Turvas sisaldab endas mõnikord ka taimedele kahjulikke ühendeid, eelkõige mõnesuguseid raua- ja väävliühendeid, nagu püriit, FeS_2, ja markasiit, mis hapniku mõjul muutuvad rauasulfaadiks ja väävelhappeks.

$$FeS_2 + H_2O + 7\,O \rightarrow FeSO_4 + H_2SO_4$$

Edasi võib ferrosulfaat muutuda ferrisulfaadiks

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$$

Tekkinud rauasool muutub hüdrolüüsi teel ferrihüdroksüüdiks, kusjuures sünnib ka väävelhapet:

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 3H_2SO_4 + 2\,Fe(OH)_3$$

Ferrihüdroksüüd sadestub, väävelhape aga uhutakse aja jooksul veega välja. Niihästi väävelhape kui ka rauavitriol ($FeSO_4$) on mõlemad taimedele kahjulikud ained. Väävelhappe kahjutuks tegemiseks tuleb sood lubjata, kus vaba hape seotakse neutraalseks soolaks:

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

Turbamulla reaktsioon on tavaliselt hapu; see kõigub pH_3 ja pH_6 vahel. Eriti hapu on toitainevaene *sphagnum*-turvas. Lupjamise teel on võimalik turba happesust vähendada.

Turba lagunemise aste (humiinistumine) on suurtes piirides kõikuv. Kõige vanemal turbal on lagunemine enamasti nii kaugele edenenud, et taime jäänused moodustavad ühtlase must-jaspruuni massi, milles üksikute taimede liike pole enam võimalik silma abil kindlaks teha; seevastu aga kõige nooremas turbas on üksikute taimeliikide jäänused hõlpsasti äratuntavad. Nende kahe äärmise lagunemise astme vahel võib turvas esineda kõigis vahepealseis lagunemise astmeis. Lagunemise astme märkimiseks on tarvitusel kaks skaalat: L. Posti 10-astmeline skaala ja uuem prof. Varlõgini poolt esitatud protsendiline skaala. L. Posti skaala on järgmine:

Lagunemise aste	Tunnused turba proovi peos pigistades a) sõrmede vahelt läbituleva vee või muda värvus või hulk b) pihku jääva turba välimus
H_1 = täiesti lagunemata	a) vesi läbipaistev b) taimede struktuur selge
H_2 = peaaegu lagunemata	a) vesi nõrgalt kollakas-pruun b) taimede struktuur selge
H_3 = õige vähe lagunenud	a) vesi pruun vähese mudaosade lisandiga b) turvas ei ole pudrutaoline
H_4 = vähe lagunenud	a) vesi tugevalt mudane b) turvas pisut pudrutaoline
H_5 = mõningal määral lagunenud	a) koos mudase veega tuleb sõrmede vahelt läbi ka pisut turbamuda b) turvas on pudrutaoline; taimede ehitus on veel äratuntav, kuid tuhm
H_6 = keskmiselt lagunenud	a) $^1/_3$ turbast tuleb sõrmede vahelt läbi b) turvas on tugevasti pudrutaoline, taimejäänuste struktuur ebaselge
H_7 = tugevasti lagunenud	a) $^1/_2$ turbast tuleb sõrmede vahelt läbi b) pudrutaolises turbamassis mitmete taimede jäänused on veel äratuntavad
H_8= väga tugevasti lagunenud	a) $^2/_3$ turbast tuleb sõrmede vahelt läbi b) pihku jäävad peamiselt juured ja muud paremini säilinud taimeosad
H_9= peaaegu täiesti lagunenud	a) peaaegu kogu turbamass tuleb sõrmede vahelt läbi b) turbas võib vaevalt veel märgata mingisuguste taimede jäänuseid
H_{10} = täiesti lagunenud	a) kogu turbamass tuleb sõrmede vahelt läbi b) taimejäänuseid pole üldse enam märgata

Prof. P. Varlõgini meetodi järgi turba lagunemise aste määratakse sel teel, et turbapuuri abil võetud proovil — seda puurilusikast välja võtmata — hinnatakse silma järgi, kui suure protsendi lusikas nähtavast turbapinnast moodustab mudastunud osa turbast. Kui näiteks avatud puurilusikas — selle järel, kui lusikas olev turbaproov sõrmega on siledaks tõmmatud — $^1/_5$ turbapinnast näib olevat mudastunud, siis selle turba lagunemise aste = 20%. Kui lagunenud osa näib lusikas moodustavat poole kogu turbapinnast, mis avatud lusikas on näha, siis lagunemise aste = 50%. Täiesti lagunemata turbal ei tule lusikas mudast osa üldse nähtavale; sellise turba lagunemise aste märgitakse 0%. Täielikult lagunenud turbal on lusikasse võetud proovi pinnal näha ainult mudaastmeni

lagunenud turvas, ilma igasuguse märgatavate taimejäänusteta; sellise turba lagunemise astmeks märgitakse 100%. Mõlema äärmuse, s. o. nulli ja saja protsendi vahel võib lagunemise astet protsentides näidata iga soovitud täpsusega. Väga väikesi vahesid lagunemise astmes pole siiski võimalik silmaga eraldada; sellepärast ei näidata lagunemise astet tavaliselt peenemalt kui 5%-lise täpsusega.

Meil toimetatud turbarabade uurimistel on kasutatud eelkirjeldatud P. Varlõgini meetodit turba lagunemise astme määramiseks.

7. Turba liigid.

Turvas koosneb tavaliselt paljude taimeliikide jäänustest. Kuid enamasti on siiski üks või paar taimeliiki olnud domineerivaks turbamoodustajaks ja moodustab peamise osa turba massist. Nende domineerivate taimejäänuste järgi saabki turvas oma nimetuse ja jaguneb liikidesse. Peamised turbaliigid on: a) valgesamblaturvas ehk *sphagnetum,* b) tarnaturvas ehk *caricetum,* c) pruunsamblaturvas ehk *hypnetum* ja d) metsaturvas ehk *lignetum.*

a) Valgesamblaturvas *(Sphagnetum)* koosneb peamiselt valgesambla liikidest. Värvuselt on see kollakas või hele pruun. Vähe lagunenuna on sambla ehitus turbas selgesti äratuntav, keskmises lagunemise astmes sambla lehed ei ole enam äratuntavad ja turba värvus on pruun. Hästi lagunenud valgesamblaturvas omab juba mustjas-pruuni värvust. See on mudataoline mass, mis käes muljudes tundub seebitaoliselt libedana. Murdepind on peeneteraline, ja lisandeina selles turbas leidub tupp-villpea *(Eriophorum vaginatum)* lehetupe kiude, paiguti isegi sel määral, et modustab vilditaolise õhukese vahekihi valgesamblaturbas. Peale tupp-villpea leidub tihti murukõrkja *(Scirpus caespitosus)* kiude ning rabaka *(Scheuchzeria palustris)* jätteid ja seemneid. Harvemini esineb tarnajätteid. Reaktsioon on valgesamblaturbal hapu, enamasti alla pH_4, ja taimetoitainete sisaldus väga vähene.

b) Tarnaturvas *(Caricetum)* koosneb peamises osas lõikheinaliste, eriti tarnade jätteist. Vähelagunenud kujul ta on värvuselt kollakas-pruun, kõrgemas lagunemise astmes aga tumedam. See turbaliik on kergesti äratuntav valgete peenikeste tarnajuurte järgi, mis turbatükke murdes valgete niitidena selgesti nähtavale tulevad.

Tarnaturbal puudub see seebitaoline libedus, mis on iseloomulik valgesamblaturbale. Lisandeina tarnaturvas sisaldab ubalehe

(Menyanthes trifoliata) ja soopihla *(Comarum palustre)* seemneid, ning alumistes kihtides sageli ka konnaosja *(Equisetum limosum)* hõlpsasti äratuntavaid musti läikivaid juurikajätteid ja jõhvitaolisi juuri. Mõnikord leidub ka pilliroo *(Phragmites communis)* valkjaid vildistunud juureosi või õhukeseks litsutud sõlmelisi kõrrejätteid. Reaktsioon on tarnaturbal pH_4 kuni pH_6. Taimetoitainete sisalduse poolest on tarnaturvas rikkam valgesamblaturbast.

c) Pruunsamblaturvas *(Hypnetum)* koosneb peamises osas mitmesuguste pruunsammalde jätteist. Puhtal kujul seda turbaliiki esineb harva; enamasti on ta lisandina tarna- või metsaturbas. Vähelagunenud pruunsamblaturvas on kollakas-pruun pronksi jumega, valgesamblaturbast tumedam. Hästilagunenud kujul ta on värvuselt peaaegu must, vähese roheka või pruuni jumega. Käes muljudes pruunsamblaturvas tundub muredana. Pruunsammalde haralised, tumedad varreosad on suuremalt osalt selgesti turbas äratuntavad. Reaktsioon on nõrgalt hapu, pH_6 või üle selle. Taimetoitainete sisalduse poolest kuulub see turbaliik paremate hulka.

d) Metsaturvas *(Lignetum)* koosneb peamises osas puude ja metsa alustaimestiku jäänustest. Värvuselt see on tumepruun ja esineb harilikult hästilagunenud kujul. Struktuurilt ta on mure. See turbaliik sisaldab rohkesti selgelt äratuntavaid puu ja kasetohu jätteid, milledega koos esineb karusambla *(Polytrichum commune)* musti, traaditaolisi harudeta varreosi. Reaktsioon on nõrgalt hapu; viljakus hea.

Muid turbaliike. Eespool loeteldud tähtsamate turbaliikide kõrval esineb vähemas ulatuses, peamiselt lokaalsete vahekihtidena või segatuna teiste turbaliikide hulka veel järgmisi turbaliike: Puhmasturvas *(Callunetum)*, mis koosneb kanarbiku, küüvitsa, kukemarja ja teiste puhmaliste jätteist; villpeaturvas *(Eriophoretum)*, mis koosneb peamiselt tupp-villpea lehetupe kiulistest jätetest; osjaturvas *(Equisetetum)*, mis koosneb konnaosja jätteist, ning rooturvas *(Phragmitetum)*, mille moodustavad pilliroo vildistunud juure- ja varrejätted.

Tavaliselt ei esine ükski kirjeldatud turbaliik täiesti puhtana, vaid enamasti seguna mitmete taimeliikide jäänustest. Niisugusel juhul saab turbaliik oma nimetuse domineeriva taimeliigi järgi, kusjuures lisakomponendid märgitakse liiginimetuse ette. Nii näiteks turvas, mille põhimassi moodustab valgesammal ja lisandiks on tarnad, kannab tarna-valgesamblaturba nime. Analoogiliselt nimetatakse tarnaturvast valgesambla lisandiga valgesambla-tarnaturbaks, metsaturvast tarna ja pilliroo lisandiga pilliroo-tarna-metsaturbaks jne.

8. Eri turbaliikide väärtus pinnasena.

Pinnastena omavad eri turbaliigid suuresti erinevat väärtust; botaanilise koostise kõrval on suur tähtsus ka turba lagunemise astmel. Üldiselt on turvas seda toiterikkam, mida nõudlikumate taimede jäänustest see on tekkinud ja mida enam ta on lagunenud. Erandi lagunemise astme osas moodustab tarnaturvas, mis viimases lagunemise astmes ei ole kõige parem, sest täiesti lagunenuna tarnaturbal on kalduvus muutuda harimisel tuhkjaks ja struktuurilt taimekasvule ebasobivaks.

Viljelusväärtuse järgi võib turbaliike rühmitada järgmiselt:

1) Väga head — pruunsambla-tarnaturvas keskmisest kuni täiesti lagunenud astmeni, ja tarnaturvas keskmisest kuni hea lagunemise astmeni.

2) Head — pruunsambla-tarnaturvas keskmisest vähemas lagunemise astmes, tarnaturvas samasugustes lagunemise astmetes, metsaturvas kõigis lagunemise astmeis ja tarnaturvas täiesti lagunenuna.

3) Rahuldavad — valgesambla-tarnaturvas keskmisest kuni täiesti lagunenud astmeni.

4) Kehvad — valgesambla-tarnaturvas keskmisest vähemas lagunemise astmes, tarna-valgesamblaturvas kõigis keskmisest paremas lagunemise astmeis ja metsa-valgesamblaturvas, samuti kõigis keskmisest paremates lagunemise astmetes.

5) Halvad — tarna-valgesamblaturvas ja metsa-valgesamblaturvas keskmisest vähemates lagunemise astmetes ning valgesamblaturvas kõigis lagunemise astmeis.

T u r b a v a l e m. Soode uurimisel võib kasutada turba koostise märkimiseks lühendeid. Selliselt, leppemärkide abil ülestähendatud turba kirjeldust nimetatakse turba valemiks. Valem sisaldab tavaliselt järgmisi andmeid: turba liik, lagunemise aste, vesisus, villpea kiudude sisaldus, puu jätete sisaldus ja juurejätete sisaldus.

Turba liik märgitakse järgmiselt:

S = valgesamblaturvas = *Sphagnetum*
C = tarnaturvas = *Caricetum*
H = pruunsamblaturvas = *Hypnetum*
L = metsaturvas = *Lignetum*
Ca = puhmas-(kanarbiku) turvas = *Callunetum*
Er = villpeaturvas = *Eriophoretum*
Eq = osjaturvas = *Equisetetum*
Phr = pilliroo turvas = *Phragmitetum*

Segaturbad märgitakse vastavalt: SC = valgesambla-tarnaturvas ehk *sphagneto-caricetum,* PhrHL = pilliroo ja pruunsambla lisandiga metsaturvas ehk *phragmiteto-hypneto-lignetum* jne. Alati märgitakse domineeriv osa viimasena sellises liitnimetuses, lisandid aga seisavad eespool.

Lagunemise aste märgitakse protsentides allindeksina turba liigi nimetuse juurde; näiteks C_{50} = tarnaturvas 50%-lise lagunemise astmega.

Turba vesisus märgitakse tähega B ja vesisuse astet allindeksiga 1—5 järgmiselt:

B_1 = õhukuiv turvas
B_2 = pisut kuivanud
B_3 = normaalselt märg (kõige tavalisem)
B_4 = vesine
B_5 = turbasegane vesi.

Villpea kiude märgitakse tähega F ja nende esinemise rohkust allindeksiga 0—3 järgmiselt:

F_0 = kiude pole silmaga näha
F_1 = kiude on pisut
F_2 = kiude on rohkesti
F_3 = kiud moodustavad peamise osa turbast.

Puujätete sisaldust märgitakse tähega V ja nende suhtelist rohkust allindeksiga 0—3 järgmiselt:

V_0 = silmaga nähtavaid puujätteid ei ole
V_1 = puujätteid on vähe
V_2 = puujätteid on rohkesti
V_3 = puujätteid on väga palju.

Juurejätete sisaldust märgitakse tähega R ja nende esinemise rohkust allindeksiga 0—3 järgmiselt:

R_0 = silmaga nähtavad juurejätted puuduvad
R_1 = juurejätteid on vähe
R_2 = juurejätteid on rohkesti
R_3 = juurejätted moodustavad peamise osa turbast.

Puujätete ja juurejätete kohta märgitakse juurde klambrites nende liik.

Eeltähendatud märkidega ülestähendatuna turba valem saab näiteks järgmise kuju: CS_{60} B_3 F_1 V_0 R_1 (C_1 Eq 0—1), mis dešifreerituna tähendab: tarna-valgesamblaturvas lagunemise astmega 60%, normaalselt märg, vähese villpea kiudude sisaldusega, ilma nähtavate puujätete sisalduseta, kuid vähese juurejätete sisaldusega, kusjuures esineb vähe tarna juuri ja väga vähe osja juuri

9. Soode klassifikatsioon.

Soid liigitatakse kolmesuguse põhimõtte alusel:

a) nende morfoloogilis-geoloogiliste tunnuste järgi,
b) nende toiterežiimi järgi ja
c) nende taimkatte järgi.

a) Vanim soode liigitusviisidest on prof. C. A. Weberi poolt esitatud liigitus morfoloogilis-geoloogiliste tunnuste järgi, millede kohaselt sood jagunevad: 1) madalsoodeks, 2) ülemineku-soodeks ja 3) kõrgsoodeks.

1) Madalsoodeks nimetatakse selliseid soid, millede pind on ligikaudu horisontaalne või keskelt pisut nõgus, ja mis omavad kuivendatud olekus vähemalt 20 sm paksust kihti eutroofset (toitaineterikast) turvast soo pinnal.

2) Ülemineku- ehk siirdesoodeks nimetatakse pinna kujult madalsoodega sarnanevaid soid, mis kuivendatud olukorras omavad vähemalt 20 sm paksust kihti mesotroofset (keskmise toitesisaldusega) turvast soo pinnal.

3) Kõrgsoodeks ehk rabadeks nimetatakse keskelt kumeraid, kuplitaolise pinnakujuga soid, mis kuivendatuina omavad veel vähemalt 20 sm paksust kihti oligotroofset (toitainevaest) turvast soo pinnal.

Neid kolme soo põhiliiki tuleb Weberi arvates vaadelda mitte järsult lahutatuina üksteisest, vaid ainult eri arenguastmeina samas soostumise protsessis, milles veega üleküllastatud maad segamatuis looduslikes arengutingimusis muutuvad eutroofseist madalsoodest mesotroofseteks siirdesoodeks ja need edasi — oligotroofseteks kõrgsoodeks. Kuigi mitte kõigil soodel areng ei alga madalsoo astmega, on siiski üldiseks loodusseaduseks, et geoloogiliselt küllalt pika aja kestel lõpuks iga soo areneb kõrgsooks.

b) Prof. D. A. Brudastovi poolt on esitatud soode liigitus nende toiterežiimi alusel, mille kohaselt sood liigitatakse nelja pearühma järgmiselt:

1) Üleujutus-toitumusega sood. Siia kuuluvad madala asendiga sood, mida jõest või kõrgemal asetsevatelt maadelt soole valguvad ja mineraalainete poolest rikkad veed üle ujutavad.

2) Surve all oleva põhjavee toitumusega sood. Need on sood, millede toitevesi pärineb soo piirkonnas maapinnale väljatulevatest allikatest või soo mineraalsest aluspõhjast kihtide vahelt välja surutakse ja soo pinnakihtidesse tõuseb. Mõlemal juhul pinnast üleküllastav vesi on surve all. Ka selle toiterežiimi

juures on vesi suhteliselt rikas (peamiselt lahustunud olekus olevate) mineraalainete poolest.

3) Põhjavee toitumusega sood. Need on sood, kus vesi, olemata surve all, küllastab soo pinnase. Sellise toitumusega soodel mineraalne aluspõhi on pealmises kihis tavaliselt hea veeläbilaskvusega, allpool aga raskesti vett läbilaskev. Need sood asetsevad madalamal ümbruskonna maadest. Vesi pärineb osalt väljastpoolt soostumise ala olevatelt maadelt, osalt on sooala enda piirkonnas kogunenud. See sisaldab tähelepanuväärsel määral vees lahustunud ja uhtainete kujul leiduvaid mineraalaineid. Sood omavad enamasti ulatusliku pindalaga vesikonda.

4) Atmosfäärilise toitumusega sood. Neil soodel vee üleküllus pärineb sooalale langevatest sademetest (vihma ja lume näol), mis on vaesed mineraalainete poolest. Vee juurdevool väljaspool soo piirkonda olevatelt maadelt puudub. Neid soid iseloomustab nende kõrgem asend ümbruskonna maade suhtes. Tavaliselt asetsevad nad veelahkmeil ja on sageli pinna osas halva veeläbilaskvusega.

Vastavalt eelkirjeldatud toiterežiimile ja soode arengule esitab prof. Brudastov lk. 65 toodud klassifikatsiooni skeemi soode kohta. Nooled näitavad arengu suunda.

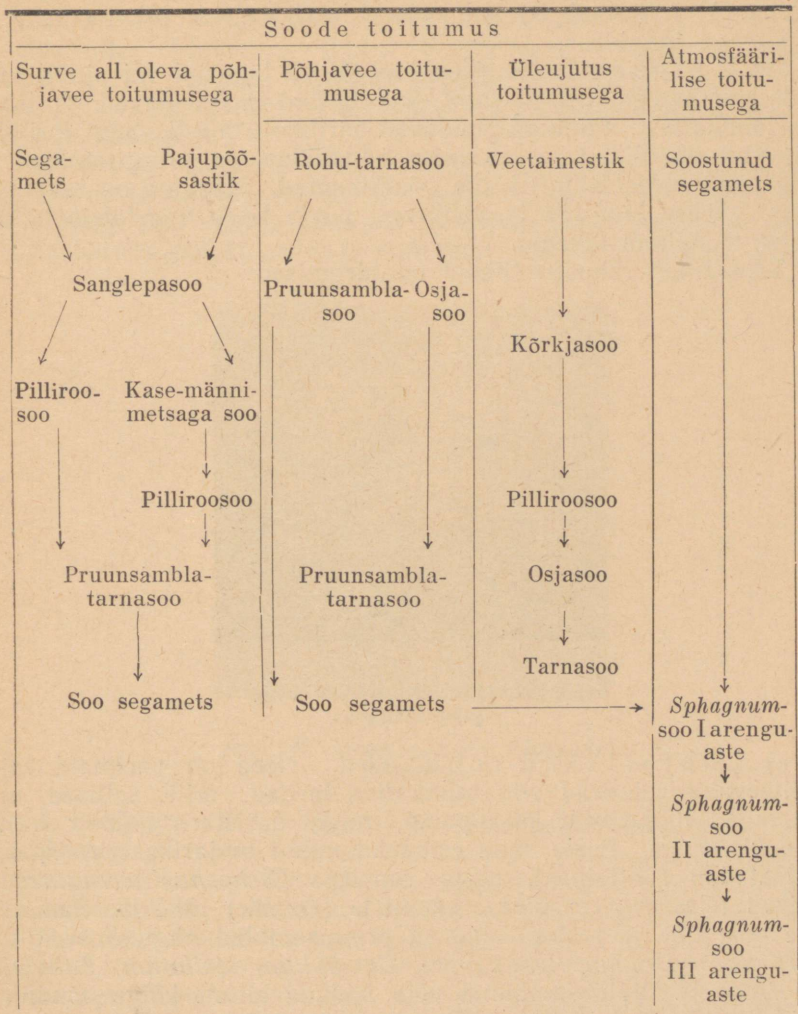
c) Kolmanda soode liigituse, nimelt soopinna taimkatte alusel, on esitanud A. K. Cajander. Selles liigituses on püütud luua seost soo pinnase toitainete sisalduse ja soo taimkatte vahel. Taimkatte järgi liigitab Cajander sood tüüpidesse, milledel igaühel on temale iseloomulik taimestik. Taimestik aga peegeldab pinnase toitainete sisaldust.

Vastavalt taimeökoloogilistele tingimustele on looduslikus olukorras sood pika aja jooksul välja arenenud mitmesugusteks sootüüpideks, igaüks temale iseloomuliku taimkattega. Sootüüpide tundmine annab võimaluse sootüübi järgi teha järeldusi soo pinnase viljelusväärtuse üle, mis soode hindamise juures omab suurt praktilist väärtust.

Soo tüübid ei ole muutumatud; nad muutuvad ühes kasvutingimustega, ühes soode loomuliku arenemisega, mis ühel täielikumalt, teisel vähem täielikult teeb läbi kõik arengu faasid madalsoost kuni rabani. Selles arengus üksikud sootüübid ei tähenda õieti muud kui eri vanuseastmeid. Looduses leidub soid kõigis arenemise astmeis kahe äärmuse: madalsoo ja raba vahel. Nende liigitamine tüüpidesse (s. o. vanuseastmeisse) võib seega sündida suurema või vähema detailsusega vastavalt eesmärgile, milleks liigitamist tehakse.

Tarvitusel olnud ja praegugi laialdaselt tarvitusel olev C. A. We-

Prof. Brudastovi soode klassifikatsioon.

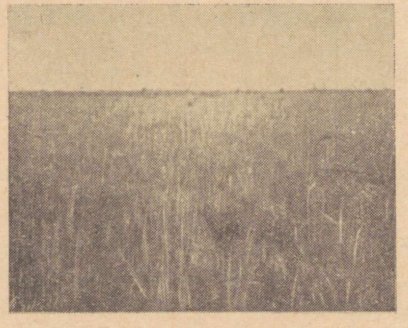


beri soode klassifikatsioon morfoloogiliste tunnuste järgi, mille kohaselt sood liigitatakse kolme tüüpi: madalsood, üleminekusood ja kõrgsood, ei võimalda sootüübis rahuldavalt väljendada selle viljelusväärtust. Selleks et sootüübi järgi täpsemalt oleks võimalik hinnata selle viljelusväärtust, tuleb tüüpe rohkem detailida. Aluseks võttes Cajanderi poolt loodud klassifikatsiooni võib Eesti

soid nende viljelusväärtuse seisukohast jagada kolme suurde rühma: A) rohusood, B) lodumetsad ja C) rabad. Need omakorda jagunevad tüüpideks.

A) Rohusood. Need on kas täiesti lagedad või ainult harvade põõsastega kaetud sood, kus tarnad moodustavad valitseva osa taimkattest. Puhmad puuduvad harilikult täiesti. Samblarindes esinevad nõudlikud ja keskmise nõudlikkusega pruunsamblad ja valgesammaldest ainult kõige nõudlikumad. Maapind on tavaliselt lame, vähese languga ja põhjavesi püsib kogu vegetatsiooni aja kestel maapinna lähedal.

Tähtsamad rohusoo tüübid on järgmised:



Joon. 11. Rohusoo Saaremaal Elme-Suursoos.

a) Lubjarikkad rohusood. Need on parimaid soid. Valitsevana esinevad siin taimkattes tarnad, eriti sellised, mis eelistavad lubjarikast kasvupaika, nagu ääristarn *(Carex Hornschuchiana)* jt. Peale selle esinevad muud lubjarikast keskkonda armastavad rohttaimed, nagu sepsikas *(Schoenus ferrugineus)*, lubikas *(Sesleria coerulea)*, käpaliste *(Orchis)* liike jt. Sammalkate pole tihe ja selles esinevad pruunsamblad nagu *Scorpidium scorpioides, Drepanocladus* liike, *Campylium stellatum, Paludella squarrosa* jt. Valgesamblaist võib leiduda ainult kõige nõudlikumaid liike, nagu *Sphagnum Warnstorfii* ja *Sphagnum subsecundum.*

Turbakiht neis soodes pole tarvaliselt sügav, on hästi lagunenud ja ainult nõrgalt hapu reaktsiooniga. Sellised sood on tavaliselt kasutamisel sooniitudena.

b) Tarnsood. Ka siin puudub puu- ja põõsasrinde taimestik kas täielikult või esineb ainult vähe paju- ja kasepõõsaid. Rohurindes valitsevad tarnad, kusjuures parematel soodel on dominee-

rivaiks kõrged tarnaliigid *(Carex filiformis, C. rostrata, C. vesicaria)*, kuna aga halvemail esineb rohkem muid tarnaliike ja laialehine ning ahtalehine villpea. Samblarindes esineb pruunsammalde kõrval ka juba mitmeid keskmise nõudlikkusega ja nõudlikke valgesambla liike. Halvematel tarnsoodel esineb ka mõningaid puhmalisi.

c) Rabastunud sood kujutavad endist üleminekuastet rohusoode ja rabade vahel. Siin esinevad taimkattes sellised taimed, nagu alpi villpea *(Scirpus trichophorum)*, ahtalehine villpea *(Eriophorum polystachyon)*, peenejuureline tarn *(Carex chordo-*



Joon. 12. Rabastunud soo Pärnumaal Virunasoos.

riza), mudatarn *(Carex limosa)* jt. Kuid esineb ka tüüpilisi rabataimi, nagu keratarn *(Carex globularis)*, huulheinad *(Drosera)*, valgesamblaid, nagu *Sphagnum acutifolium* (mättail), ning rabadele iseloomulikke puhmalisi, nagu küüvitsad *(Andromeda polifolia)* jt. Puurindes leidub harvana mände ja kaski.

B) Lodumetsad. Need on mättalised soometsad lehtpuude ülekaaluga. Kuuski võib siiski esineda kaunis rohkesti, kuid mände kas üldse mitte või siis õige vähe. Sammalkatte moodustavad peamiselt mesotroofsed ja eutroofsed valgesamblad, nagu *Sphagnum Girgensohnii, Sph. centrale, Sph. squarrosum, Sph. Wulfianum* jt., ning karusammal *(Polytrichum commune)*. Halvemates lodumetsades esineb sageli ka *Sph. recurva* ja *Sph. Russowii*. Turvas on harilikult kas hästi või keskmiselt lagunenud metsaturvas. Keskmise või hea maapinnalangu juures on põhja- ja pinnavesi liikuv



Joon. 13. Soostumise tagajärjel väljasurnud mets (kaselodu) Sirtsu sool Püssi metskonnas.

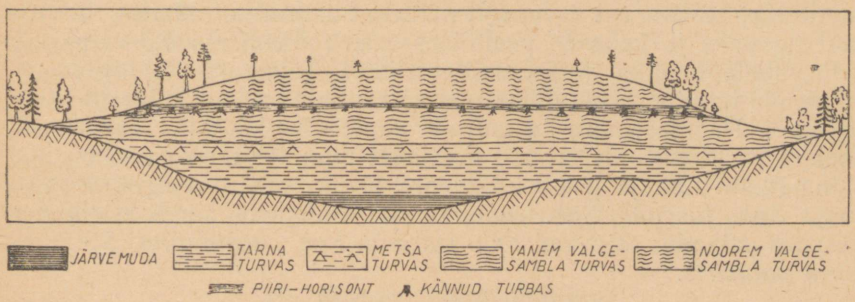
ja sisaldab endas hapnikku, mis võimaldab tihti suhteliselt head puude kasvu. Valitseva puuliigi järgi jagunevad lodumetsad a) sanglepalodudeks ja b) kaselodudeks.

a) Sanglepalodudele on iseloomulik ülekaalukas sanglepa esinemine, millele seltsib veel kuusk, saar ja harvemini haab. Võsarindes leidub paakspuupõõsaid, toomingaid jt. Rohurinde taimestik on liigirikas. Siin leidub rohkesti sõnajalgu, angervaksu ja koertubakat. Vähesed siin esinevad samblad kuuluvad nõudlike hulka.

b) Kaselodudel on kask domineeriv. Kuuske võib esineda

samuti kaunis rohkesti, kuid sangleppa vähe. Isegi kask jääb paiguti juba harvaks ja esineb põõsakujulisena. Lagedamates paikades esineb rikkalikult tarnu ja villpead. Peale selle kasvavad rohurindes veel võhad, soopihlad, ubaleht jt. Samblarindes esinevad peamiselt mesotroofsed valgesambla liigid, nagu *Sph. Girgensohnii, Sph. squarrosum* jt.

C) R a b a d. Rabad kujutavad endist kas kidura männimetsaga kaetud või hoopis lagedat ala rikkaliku puhmastaimestikuga. Samblarindes esinevad peamiselt vähenõudlikud valgesambla liigid, mis katavad maapinna tiheda ühtlase vaibana. Rabasid võib liigitada alanevas väärtuse järjekorras järgmiselt: a) lodurabad, b) puhmasrabad, c) nõmmrabad ja d) laugasrabad.



Joon. 14. Raba ristlõige.

a) L o d u r a b a d moodustavad teatava ülemineku tüübi lodumetsa ja raba vahel. Maapind on siin mättaline, ilma suurema languta. Kuusk ja kask on puurindest peaaegu täiesti ära kadumas ja mänd on valdavaks puuliigiks; see kasvab siiski sageli veel palgipuu pikkuseks. Võsarindes leidub pajusid. Mätastel kasvab puhmaid, nagu kukemari, sookail, pohlad jt. Leidub ka pilliroogu, sookastikut, niittarna, konnaosja jt. Sammaldest esinevad *Sph. medium, Sph. angustifolium, Sph. recurvum* jt., kuid leidub ka nõudlikumaid, nagu *Sph. Girgensohnii* jt.

b) P u h m a s r a b a d on tüüpilisi rabamännikuid. Metsakasv on siin kiduram kui lodurabadel ja peale männi muid puid peaaegu ei esine; harva juhtub mõni kask hulka. Iseloomulik sellele rabatüübile on väga rikkalik puhmastaimestik. Kasvavad kanarbik, sookail, küüvits, vaevakask ja hanevits. Sammalkate on tihe ja koosneb vähenõudlikest liikidest. Pealmine turbakiht koosneb tavaliselt metsa-valgesamblaturbast.

c) N õ m m r a b a d on tekkinud toitainevaesel liivasel alus-

pinnal, nõmmemetsa rabastumise tulemusena. Turbakihi paksus siin tavaliselt kõigub 0,2—1,0 m piirides ja on koostiselt valgesamblaturvas terve kihi paksuses. Puurinde taimedest esineb siin ainult mänd. Põõsasrinde taimed tavaliselt puuduvad täiesti. Puhmasrindes leidub rikkalikult kanarbikku, sookailu, murakat jt. Rohurinde taimestik on liigivaene, leidub ainult keratarna ja tuppvillpead. Samblarinde taimestik on rikkalik, koosnedes oligotroofsetest valgesambla liikidest nagu *Sph. fuscum, Sph. acutifolium, Sph. medium* jt. Nõmmrabad ei ole põllumajanduslikuks maaks kõlblikud ja ka metsakasv on neil peale kuivendamistki kehv.

d) Laugasrabad. Kõikidest sootüüpidest on laugasrabad kõige vähem kõlblikud põllumajanduslikuks või metsamajanduslikuks kasutamiseks. Rabas leidub sageli laukaid. Raba pind on mättaline, keskkohast tavaliselt märksa kõrgem kui äärtest. Turbakiht on paks ja koosneb pealmises osas rohkem kui 1,0 m paksuselt vähelagunenud valgesamblaturbast. Taimkate on liigivaene. Puurinde taimi ei esine üldse, ehk siis ainult harvalt kiduraid rabamände. Puhmasrindes esinevad kanarbik, küüvits, vaevakask, sookail jt. Rohurinde taimed tavaliselt puuduvad, seevastu on aga sammalkate tihe ja paks, koosnedes oligotroofseist valgesamblaist, nagu *Sph. fuscum, Sph. rubellum* jt. Laugaste ääres madalates vesistes paikades esinevad *Sph. Dusenii, Sph. cuspidatum, Scheuchzeria palustris.*

10. Eri sootüüpide viljelusväärtus.

Kirjeldatud sootüübid on looduses kergesti äratuntavad ja üksteisest eraldatavad. Kasutamiskõlblikkuse järgi põllumajanduslikuks või metsamajanduslikuks taimekasvatuseks on nende väärtus järgmine:

Boniteet	Põllumajanduslikuks kasutamiseks	Metsamajanduslikuks kasutamiseks
Väga head	Lubjarikkad rohusood Sanglepa lodud	Sanglepalodud Kaselodud
Head	Kaselodud Tarnsood	Lubjarikkad rohusood
Rahuldavad	Lodurabad Rabastunud sood	Lodurabad Puhmasrabad
Kehvad	Puhmasrabad	Nõmmrabad Rabastunud sood
Halvad	Nõmmrabad Laugasrabad	Laugasrabad Tarnsood

Eeltoodud tabelist nähtub, et sama sootüüp võib omada erinevat väärtust selle järgi, milliseks otstarbeks ta tuleb kasutamisele. Nii näiteks lubjarikkad rohusood, mis põllumajanduslikuks taimekasvatuseks on soodest kõige paremad, jäävad metsamajandusliku väärtuse poolest kolmandale kohale. See on seletatav sellega, et rohusoode metsastamine on raske, sest tarnad lämmatavad noori puutaimi ega lase neil kasvama hakata. Kõrgetarnasoodel on peaaegu võimata saada metsa kasvama tarnade lämmatava mõju pärast. Sel põhjusel selliseid soid pole otstarbekohane võtta metsa alla; küll aga kõlbavad need hästi põllumajanduslikuks kasutamiseks.

Pinnase taimetoitainete sisalduse järgi eri sootüübid järjestuvad paremuse järjekorda nii, nagu tabelis on näidatud nende viljelusväärtus põllumajanduslikuks kasutamiseks. Kuid metsamajanduslikust seisukohast omab pinnase väärtuse kõrval suurt tähtsust ka soo metsastatavus peale kuivendamist. Mida rohkem puutaimi sool ta looduslikus seisukorras kasvab, seda kergem on sood metsastada. Sel põhjusel tuleb metsakasvatuseks kaselodu pidada paremaks lubjarikkast rohusoost, puhmasraba ja nõmmrabagi paremaks rabastunud soost; tarnsood aga praktiliselt kõlbmatuks, kuigi see sootüüp pinnase poolest kuulub heade soode hulka.

III. Maade kuivendamine.

1. Liigniiskuse põhjused, tunnused ja pahed.

Nii vajalik, kui vesi taimekasvule ongi, võib ta ka kahjulikuks saada, kui teda on pinnases liialt palju.

Liigniiskust põhjustavad meie maa tingimustes peamiselt järgmised asjaolud:

a) kõrge põhjavee seis vähese pinnalanguga maadel ja ummistunud veejuhtmete (jõgede, ojade ja kraavide) piirkonnas;

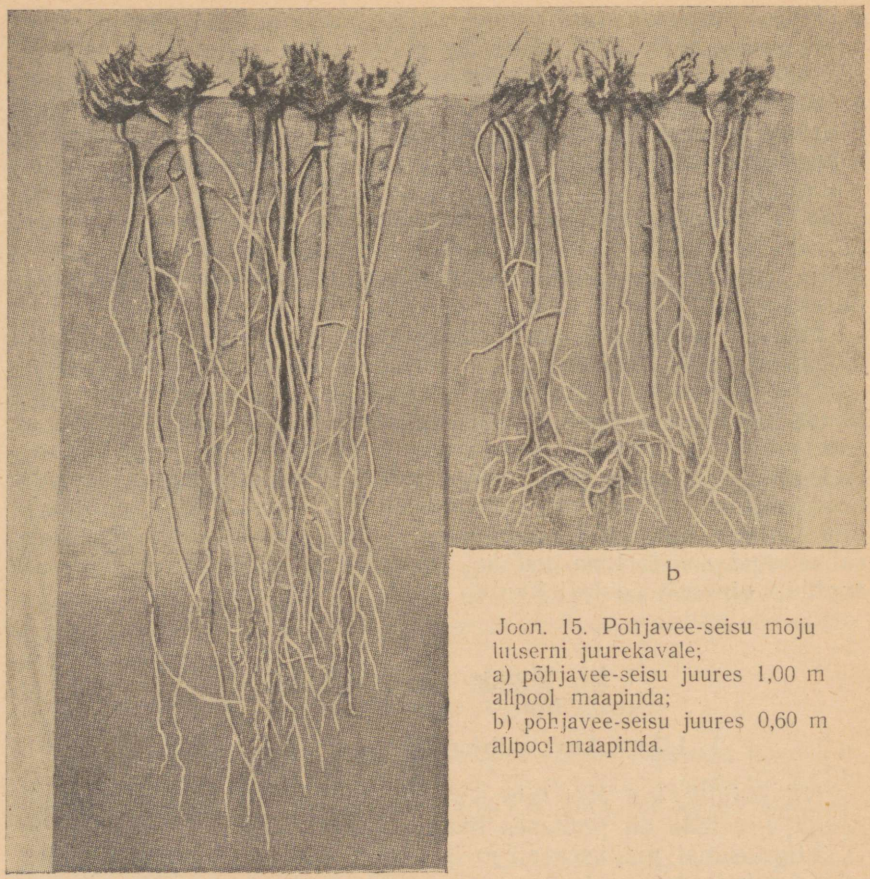
b) vesiveskite ja muude veejõuastmete (paisude)[1] kahjustavalt kõrge paisutus vähese languga jõgedel;

c) raskelt läbilaskev pinnase aluspõhi, mis muudab sademete vee pinnasesse imbumise soovimatult aeglaseks; ning

d) vete valgumine maapinda mööda kõrgemal asetsevatelt naabrusmaadelt.

---

[1] veejõuaste = paisutamise läbi tekitatud veepindade kõrguste vahe veejõu loomiseks.
veejõuseadeldis = ehitis (vesiratas, turbiin), veejõu rakendamiseks.



b

Joon. 15. Põhjavee-seisu mõju lutserni juurekavale;
a) põhjavee-seisu juures 1,00 m allpool maapinda;
b) põhjavee-seisu juures 0,60 m allpool maapinda.

a

Liigniiskuse all kannatav maa on äratuntav temale iseloomulikkude tunnuste järgi. Liiga niiske maa kohal tekib suveõhtuil udu; küntud maa, mis liigvee all kannatab, on kevadel veel kaua pinnalt must, kui muu maa juba ammu on pinnalt valkjaks kuivanud. Ka sulab lumi sellisel maal kevadel hiljem. Viljaoras liigvee all kannataval põllul jääb nõrgaks ja omab kollakat värvust, vili jääb harvaks ja on täis umbrohtu. Liigvee all kannataval põllul esinevad tunnusomased umbrohud, nagu põldosi, paiseleht, virnhein ja teised. Rohumail tekib lõikheinalisi, esineb sookuusk, pilliroog jt., suuremas niiskusastmes maa on alaliselt märg ja pehme ning kasvatab ainult sootaimestikku.

Liiga niiskete maade tähtsamad pahed on nende külmus, õhupuudus, raske haritavus, toitainete vähesus, umbrohtude rohkus ja ebatervislikkus. Liiga niiskete maade külmus on tingitud sellest, et neilt maadelt toimub intensiivne vee auramine, mis seob palju soojust. Vee suure soojusmahtuvuse tõttu liiga niisked maad soojenevad kevadel ka väga aegamööda, mistõttu taimekasvu algus neil maadel viibib kuni 2 nädala võrra. Samas suunas mõjub ka märja pinnase suurem soojusejuhtivus võrreldes kuiva pinnasega. Kuival pinnasel soojeneb pealmine pinnakiht kiiresti, sest soojuse edasijuhtivus on halb. Seevastu märjas pinnases soojus juhitakse kiiresti sügavamale maa sisse, jõudmata soojendada maapinda küllaldaselt.

Üks kõige suuremaid liigniiskuse pahesid on õhupuudus liiga niiskes maas. Vesi, täites üleküllastatud maas kõik poorid, tõrjub neist õhu täielikult välja. Kuid õhk, või täpsemalt öeldud, õhuhapnik on pinnases taimekasvule tingimata tarvilik. Esiteks — taime juured hingavad, ja nagu loomad või inimesedki, nõuavad selleks õhuhapnikku. Välja hingavad taimejuured süsihappegaasi. Pinnases, mis liigvee all ei kannata, võib hapniku juurdepääs taimejuurtele toimuda takistamatult pinnases olevate pooride kaudu ja väljahingatav süsihappegaas muutub kahjutuks ühendiks. Liiga niiskes pinnases aga on õhuhapniku juurdepääs takistatud ja pealegi on takistatud ka väljahingatava süsihappegaasi kiire muutumine kahjutuks ühendiks. Tulemuseks on taimejuurte lämbumine, ja samaaegselt mürgitava toimega orgaaniliste hapete (nagu sipelgahappe) tekkimine taimejuurte vahenditus läheduses peatuma jääva süsihappegaasi keemilise muutumise tagajärjel. Mitmed muudki oksüdeerumise protsessid toimuvad neis tingimustes pinnases ainult puudulikult, mistõttu tekib lisaks veel rauaoksüduuli, väävelvesinikku ja teisi mürgitava toimega aineid. Vesi iseendast ei ole mingi kahjulik aine taimedele, isegi kui teda on tarbetult palju. Kuid liigvesi muutub kahjulikuks selle läbi, et ta täites kõik pinnase poorid, tõrjub välja õhu ja ühes sellega tarviliku õhuhapniku pinnasest.

Vesi võib endas küll lahustununa mõningal määral hapnikku sisaldada ja seegi hapniku hulk võib paljudel juhtudel olla küllaldane elavate organismide hapnikutarbe rahuldamiseks. Nii on teada näiteks, et kalad tarvitavad hingamiseks just vees lahustunud hapnikku ja veetaimed kasutavad samuti seda hapnikku. Ka muid taimi on katseliselt võidud kasvatada vees, kui on peetud hoolt selle eest, et toitesoolade kõrval taimejuured leiaksid veest küllaldasel määral hingamiseks vajatavat hapnikku. Nõndanimetatud hüdropooniline viljelus, kus vesi asendab toitva pinnase aset, põh-

jenebki sellel, et taimejuured on võimelised oma hingamiseks vajatavat hapnikku võtma ka veest, kui seda seal küllaldaselt leidub. Kuid mitte alati ei leidu vees hapnikku nõutaval määral; eriti siis, kui vesi on seisev. Kujuka näite selle kohta, et ka veega üleküllastatud maas on taimekasv võimalik, kui ei puudu toit ja hapnik, pakuvad meie lodumetsad kallakutel maadel. Kuigi siin maa on ilmselt väga märg, märjemgi kui mõni rabaosa, kasvab siin ometigi keskmise ja sageli heagi boniteediga mets, liigirikka ja küllalt nõudliku taimkattega, sest vesi on siin liikuv. Seevastu aga igal pool, kus vesi jääb seisma, muutub see varsti hapnikuvaeseks ja seetõttu ka taimekasv kiduraks; isegi kui toitainete varud võiksid võimaldada palju paremat kasvu. Hesselmanni uurimised on näidanud, et seisva veega soodes vesi soopinna pealmises kihiski, mis õhuga on paremas kokkupuutumises, sisaldab hapnikku vaevalt 0,4 sm^3 liitri kohta, ja 20 sm sügavusel soopinnast allapoole ei sisalda vesi peaaegu üldse enam hapnikku. Seevastu on aga lodumetsas pinnase vee hapnikusisaldus rahuldav, kõikudes 0,9 ja 3,3 sm^3 piirides ühe liitri kohta. Võrdluseks mainitagu, et mineraalmaal, mis liigvee all ei kannata, sisaldab põhjavesi ühe liitri kohta 4—8 sm^3 hapnikku. Turbamaas mõjub hapnikusisaldust vähendavalt ka see asjaolu, et huumusained absorbeerivad endasse vees lahustunud hapnikku ja seovad selle keemilisteks ühenditeks. Hapnikuvaesus soo sügavamates kihtides sunnib taimejuuri püsima pinna lähedases, umbes 0,3—0,4 m paksuses pealmises hapnikurikkamas kihis. Sügavamale juured ei lähe, sest seal nad lämbuksid. On teada, kuidas puud ja põõsad liiga märjal maal kasvavad nagu mätastel, nad püüavad loomusunniliselt jääda võimalikult hapnikurikkasse keskkonda. Ka mänd, mis kuival maal kasvades teatavasti ajab tugeva tüvijuure sügavale maa sisse, käänab sool kasvades selle juure kõrvale, ja see jääb nagu muudki juured pealmisse, maapinna lähedasse kihti.

Kuid õhk on pinnases tarvilik mitte ainult taimejuurte hingamiseks, vaid see on vajalik ka nende mullabakterite elutegevuseks, kellede toimel surnud taime- ja loomariigi jäänused muutuvad uuesti mineraalaineteks ja tehakse sel teel jälle kättesaadavaks toitaineks järgnevatele taimegeneratsioonidele. Niipea kui õhuhapnikust tuleb puudus, lakkab aeroobsete mullabakterite elutegevus ja tulemuseks on orgaaniliste taime- ja loomariigi jäänuste kuhjumine, nagu see näiteks aset leiab soodes ja rabades. Tekib seisak loomulikus ainete ringkäigus, milles taimed ehitavad mineraalainetest orgaanilist ainet, elavaid kudesid, mis siis loomariigi kaudu või ilma selleta oma ülesande täitnud, peale surma peavad uuesti muutuma mullaks, mineraalaineteks, millistena uued taimed

neid jälle saavad kasutada. Aeroobsete mullabakterite olemasolu mullas on sellepärast äärmiselt tähtis ja neile soodsate elutingimuste loomine on üks põlluharimise peamisi ülesandeid. See on aga võimalik ainult küllaldase õhu olemasolu tingimustes.

Liiga niiske maa on ka raskelt haritav; eriti on seda liiga niisked savimaad. Kuna neil kevadel ei ole võimalik küllalt aegsasti alustada maaharimise töid, siis hilinevad seetõttu ka külvid, mis omakorda toob kaasa saakide vähenemise.

Liiga niiskes maas taimed ei kannata mitte üksi õhupuuduse, vaid ka toidupuuduse all. Kuna taimejuured lämbumist kartes ei tungi sügavamale, vaid jäävad õhukesse pinna kihti, kus hapniku rohkem, siis peavad nad ka leppima nende toitainetega, mida nad õhukeses pealmises kihis leiavad. Allpool olevad toitevarud jäävad taimejuurtele kättesaamatuks. Ka needki toitained, mida nad pealmisest mullakihist leiavad, on pinnase liigse veesisalduse tõttu väga vähese kontsentratsiooniga, lahjad lahused. See muidugi pidurdab kasvu.

Liiga niiskes pinnases on kultuurtaimed vastuvõtlikumad mitmesugustele taimehaigustele, sest nad jäävad oma arengus nõrgaks ja on seetõttu kergesti nakatatavad. Ka umbrohtude kahjud on liigniiskuse all kannataval kultuurmaal suured. Ühelt poolt põhjustavad nad tunduvat saagivähenemist, teiselt poolt soodustavad umbrohtude levikut ka mujale.

Lõpuks on liiga niisked maad tervislikult halvad niihästi loomadele kui ka inimestele. Isegi raskete nakkushaiguste levikuks võivad märjad maad anda põhjust. Tuntumaid selliseid haigusi on lammastel esinev maksahaigus ja inimestele ohtlik malaariatõbi. Malaariatõve edasikandjaiks on teatavasti hallasääsed *(Anopheles maculipennis)*, kes oma munad munevad madalatesse, seisvatesse veekogudesse ja soodesse. Maades, kus malaariatõbi eriti on levinud, võib juba üksi selle tõve leviku pidurdamiseks vajalikuks osutuda sookuivenduse töid ette võtta.

2. Kuivenduse ülesanne.

Rohked pahed, mida liigniiskus pinnases põhjustab, alandavad saake või muudavad halvemal juhul liigvee all kannatavad maad peaaegu impedimentideks[1]. Maade kuivenduse ülesandeks on nende pahede põhjuste kõrvaldamine. Eemaldades liigse vee pinnasest peab kuivendusega loodama optimaalne vee- ja õhurežiim kultuurtaimede kasvuks ning parandatama ka pinnase soojuse ja taimede toitumise tingimusi.

[1] impediment = kõlbmata maa.

Kohe, kui liigne vesi, mis ületab pinnase veemahtuvuse, on pinnasest välja valgunud, tungib veest vabanenud pinnase pooridesse õhk. Õhu liikumine pinnases koos liigse vee kõrvaldamisega toob endaga kaasa ka pinnase soojuse tingimuste muutumise. Pinnase mineraalosise soojusmahtuvus on mitu korda väiksem vee soojusmahusest. Nii on näiteks kuivas olekus soojusmahtuvus

savil	0,16
liival	0,19
turbal	0,25

Vee soojusmahtuvus on aga 1,00. Märja pinnase soojendamine nõuab palju enam soojust kui kuiva pinnase soojendamine. Nii näiteks, kui 100 kg kuiva mulla temperatuuri tõstmiseks 1° C võrra kulub 20 kilo-kalorit, siis 50% veesisalduse juures kulub sama mulla määra temperatuuri tõstmiseks 1° C võrra 70 kilo-kalorit ja 90% veesisalduse juures koguni 110 kilo-kalorit. Liigsest veest vabanenud pinnas soojeneb märksa lühema ajaga, pikendades niimoodi taimekasvu aega, mis on eriti tähtis kevadises osas. Ka vähenev veeauramine kuivendatud maal mõjub kaasa maapinna temperatuuri tõusule.

Parem õhustamine ja kõrgem temperatuur mõjutavad ka pinnase füüsikalisi ja keemilisi omadusi. Suureneb murenemise protsess ja pinnase läbilaskvus, kolloidide kuju muutub ja need saavad võimelisteks kittima struktuurita pinnase terakesi suuremateks sõmerateks, muutes nii mulla struktuurseks, sõmeraliseks, mis omakorda suurendab selle poorsust ja läbilaskvust. Selline pinnas imeb täielikumalt endasse sademete vett, mistõttu ta kuival ajal omab suuremat niiskuse varu kui struktuurita kuivendamata maa, ja on seega niiskuse olude poolest ühtlasem. Turbamaas toimub kuivendamise tagajärjel tunduv tihenemine, mis toob endaga kaasa toitainete kontsentratsiooni suurenemise ja turba kõdunemise, s. o. mineraliseerumise kiirenemise. See omalt poolt samuti mõjub mobiilseid toitevarusid suurendavalt. Kõigis pinnastes tekib kohe kuivendamise järel elav mikroobide tegevus; eriti tunduv on tegevuse aktiviseerumine turbas maa ülesharimise järel. Reindeli andmeil on bakterite arv 1 grammis turbamullas, mis on võetud 15 sm sügavuselt, olnud ühes katses järgmine:

	Rabas		Madalsoos	
	anaeroobseid baktereid	aeroobseid baktereid	anaeroobseid baktereid	aeroobseid baktereid
Kuivendatud kultiveerimata soo	140	4000	2000	4400
Haritud soo	140 000	336 000	15 000	61 000

Võrdluseks märgitagu, et looduslik, kuivendamata soo, eriti raba, sisaldab ainult pinnakihis vähesel määral baktereid, ja needki on anaeroobsed. Sügavamal puuduvad aga bakterid täiesti.

Ka loomariigi esindajate hulk pinnases tõuseb kuivenduse järel. Tähtsamad neist on vihmaussid, kes peenendades taimejäänuste jämedamaid osi muudavad need sel teel mulla bakterеile kättesaadavamaks lõplikuks mineraliseerimiseks.

Pinnase haput reaktsiooni kuivendus iseendast ei kaota, vaid pigemini isegi suurendab pisut. Happesust tuleb lupjamise teel vähendada. Selle kasuliku mõju tõttu, mida kuivendus annab pinnase vee- ja õhurežiimile, taimede toitumisele ja mullabakterite elutegevuse aktiviseerimisele, tõuseb maa viljakus ja hektaarisaagid B. D. Onoško järgi teraviljadel ja heinal 30—50% ja juurviljal veelgi enam.

3. Kuivendusviisid.

Maade kuivendamine võib sündida kahesugusel viisil: lahtiste kraavidega või salakraavidega. Küsimuse otsustamiseks, kumba neist kuivendusviisidest ühel või teisel juhul valida, on tarvilik tunda kummagi viisi häid ja halbu külgi.

Kuivendus lahtiste kraavidega omab järgmisi voorusi:

1) See on teostatav kõige vähemate kuludega. Savitoru-salakraavitusega võrreldes jääb kulu kuni 3 korda vähemaks.

2) Lahtine kraavitus juhib kiiresti ära pinnavee, kusjuures vesivagusid ka põllul tavaliselt ei ole tarvis teha.

3) Lahtised kraavid lepivad õige väikese maapinnalanguga; nad võimaldavad seetõttu maade kuivendamist sealgi, kus kuivendus suuremat langu nõudva salakraavitusega ei ole teostatav.

4) Lahtistes kraavides on hõlbus vett üles paisutada, kui see maade niisutamiseks peaks olema vajalik.

5) Rikked kuivendussüsteemides on lahtise kraavituse puhul hõlpsasti leitavad ja kõrvaldatavad.

Loeteldud vooruste kõrval omab kuivendus lahtiste kraavidega aga suuri puudusi.

1) Lahtine kraavitus raiskab palju maad. Kaotsi läheb mitte üksnes kraavialune maa, vaid sellele lisaks peenrad kraavi kallastel. Kõik need kokku moodustavad viljelusmaa kaotuse, mis kraavide tihedusest olenevalt moodustab 10—25% kuivendatud pindalast.

2) Iga-aastased korrashoiu kulud on lahtistel kraavidel suhteliselt suured; need tõusevad mitu korda suuremaks, näiteks savi-

toru-salakraavituse korrashoiu kuludest. Suurte korrashoiu kulude tõttu lahtiste kuivendussüsteemide ekspluatatsioon osutub sageli aja kestel kallimaks salakraavituse vastavatest kuludest. Põllumaade osas võib kindlasti öelda, et lahtine kuivendus on küll odav teha, aga kallis kasutada.

3) Lahtiste kraavidega kuivendatud maal on harimise ja saagikoristamise tööd takistatud, see pahe on seda tunduvam, mida enam on põllutööd mehhaniseeritud.

4) Lahtiste kraavide peenardel saavad umbrohud ja taimekahjurid segamata võimaluse kasvuks ja levinemiseks ning võitlus nende vastu on raske.

5) Lahtise kraavituse puhul tekib tarvidus teha rohkesti truupe ja sildu, mis nõuavad nii ehitamise kui ka korrashoiu osas lisakulusid.

Kuivendus salakraavidega on vaba neist pahedest, mis on omased lahtisele kraavitusele.

Salakraavituse puhul:

1) maa kaotsiminek langeb ära;
2) aastased korrashoiu kulud on väikesed;
3) maa harimise ja saagikoristamise tööd ei ole takistatud;
4) umbrohtude ja taimekahjurite levikut ei soodustata;
5) sildade ja truupide tarve langeb ära või on ainult vähene.

Lisaks sellele aga tulevad veel järgmised voorused.

6) Salakraavidega kuivendatud maa kuivab ja soojeneb kevadel varem. Seda põhjustab asjaolu, et salakraavid toimivad hilja sügisel ja talvelgi, kui lahtistel kraavidel nõlvad on juba läbi külmanud ja vett enam kraavidesse vastu ei võta. Kuna ülearune vesi, mis ületab pinnase veemahtuvust, juba sügise ja talve jooksul on pinnasest välja valgunud, võtab pinnas kevadel peale maa sulamist kiiresti endasse sulaveed ja maa hakkab tahenema. Seevastu aga lahtistes kraavides püsib kevadel esiteks lumi, ja kui see on ära läinud, kulub veel mõni aeg, enne kui kraavide nõlvad on sulanud ja liigvesi pinnasest pääseb ära valguma ning maa tahenema. Liigveest vabanenud maa hakkab aga ka varem soojenema. Tulemuseks on, et salakraavitatud maal on võimalik vähemalt 1—2 nädala võrra varem alustada põllutöid.

7) Maa kuivamine salakraavitatud põllul toimub ka ühtlasemalt. Kui lahtise kraavituse puhul kraavikaldad kuivavad varem ja võivad olla juba liigagi kuivanud, samal ajal aga kraavide keskvahekohal maa on alles märg ja harimist veel ei võimalda, siis salakraavituse puhul sellist vahet kuivamises praktiliselt on ainult vähe märgata, ja see ei põhjusta viivitust harimistööde algamises.

8) Väetusainete kadu väljauhtumise teel on salakraavitatud maal palju väiksem, sest pinnavesi, millesse väetusaineid on lahustunud, ei pääse ära valguma maapinda mööda kraavidesse, vaid peab imbuma läbi maa, et pääseda dreenideni. Selle filtreerumise juures läbi pinnase absorbeerib aga pinnas endasse suurema osa vesilahuses leiduvatest taimetoitainetest ja ainult osa pääseb dreeni vette.

9) Oluliseks salakraavituse vooruseks tuleb lugeda veel seda, et suvised sademete veed ei pääse nii ruttu kasutult ära voolama, vaid saavad aega suuremal määral pinnasesse imbuda, ning ainult pinnase veemahtuvust ületav osa valgub dreenide kaudu ära.

10) Lõpuks annab salakraavitus võimaluse kuivendusdreene nii asetada, nagu see on kuivendustehniliselt otstarbekohasem, kuna aga lahtiste kraavide asendi määramisel tuleb arvestada seda, et ei kujuneks kraavide vahele terava nurkadega maatükke, millede harimine on raskendatud.

Puudusteks salakraavitusel tuleb pidada selle esialgse teostamise kõrget kulu, tarvidust teha vesivagusid (vähemalt raskematel pinnastel), suuremat langu nõuet ning lõpuks võimalikkude rikete puhul nende raskemat ülesleitavust ja kõrvaldamist, võrreldes lahtise kraavitusega.

Neid lahtise ja salakraavituse häid ja halbu külgi tuleb igal üksikjuhul eraldi kaaluda, enne kui võib otsust teha, kumb mainitud kuivendusviisidest on antud juhul otstarbekohasem.

4. Kuivendusviisi valik.

Määravaks teguriks kuivendusviisi valikul on maa kasutamise viis. Õue ja aiamaa kuivendamisel saab küsimusse tulla ainult salakraavitus, sest lahtised kraavid tekitaksid siin võimatuid raskusi liiklemisele ja maa kasutamisele. Tavaliselt õuemaad asetsevad kõrgematel kohtadel ega vaja kuivendamist; kuid esineb siiski juhtumeid, kus näiteks maa sisse ehitatud keldrit on võimata teisiti kaitsta põhjavee sissetungimise eest, kui drenaaži abil. Ka aiamaaks valitakse harilikult selline maa, mis liigvee all ei kannata. Rasketel savimaadel osutub siiski enamasti ikka kasulikuks veeolude ja maa õhustamise tingimuste parandamiseks drenaaž läbi viia. Soomaale rajatud majandeis vajab õuemaa kogu ulatuses, samuti kui ka aiamaa, kuivendamist, ja see tuleb teostada salakraavide abil. Siinjuures peab ka maapinna vähene looduslik lang võidetama kas või kunstliku langu andmise teel dreenidele.

Põllumaadel need pahed, mida lahtine kraavitus omab, annavad endid tunda kogu raskusega. Ühtlasi tasub põllumaa kui intensiivselt majandatav kõlvikuliik hästi ka kõrgeid salakraavituse kulusid; samuti ilmnevad siin kõige mõjuvamalt kõik need voorused, mida salakraavitus omab. Sellepärast tuleb põllumaa kuivendus võimalikult alati teostada salakraavituse abil. Eeskätt on see maksev suurte majapidamiste kohta, kus põllutööd on mehhaniseeritud. Üksnes neil juhtudel, kus maapinna langu väiksus või selle täielik puudumine salakraavitusele võitmatuid raskusi seab, võib lahtise kraavituse kasutamine osutuda paratamatuks. Intensiivne kuivendusviis, nagu salakraavitus, eeldab aga ühtlasi maa intensiivset kasutamist üldiselt, s. o. põhjalikku harimist, head väetist, hea sordiseemne kasutamist jne. Ainult siis, kui salakraavitusega ühenduses ka need abinõud saakide suurendamiseks kasutamisele võetakse, pääseb ka salakraavitus täiele mõjule.

Karjakoplite kuivendamiseks pole lahtine kraavitus ka mitte sobiv, sest loomad tallaksid siin kraavid lühikese ajaga umbe, mille tõttu kraavide korrashoid kujuneks kulukaks. Salakraavituse head küljed avalduvad ka siin, kuigi nende mõju karjakoplite osas pole sama suur kui põldude osas. Kui maapinna vähene lang sunnib siiski lahtisi kuivenduskraave kasutama, siis tuleb nende arvu võimalikult piirata ja ühtlasi neid aiaga kaitsta loomade eest.

Heinamaadel annavad lahtiste kraavide pahed ennast vähem tunda kui põllumaal või karjakoplites. Seetõttu leiab heinamaade kuivendamine lahtiste kraavidega esialgu veel laialdaselt kasutamist. See ei tähenda muidugi, et heinamaade kuivendamisel salakraavitus poleks eelistatav, kuid nende maade vähem intensiivne majandamine sobib paremini vähem intensiivse ja ühtlasi ka vähem kuluka kuivendusviisiga.

Mis lõpuks puutub metsamaadesse, siis on siin lahtine kraavitus ainuke otstarbekohane kuivendusviis, sest metsakuivenduses on ülesandeks mitte niivõrd põhjavee pinna alandamine (mille eest kasvav mets ise teatud määral hoolt kannab tugeva transpiratsiooni näol) kui pinnavete liikuvaks muutumine; ja seda ülesannet täidavad lahtised kraavid paremini kui salakraavid. Maa kaotus on siin suhteliselt väike esiteks juba kraavide väiksemate mõõdete tõttu, veel enam aga selle tõttu, et kraave tehakse siin suuremate vahelaiustega kui põllumajandusliku maa kuivendamisel ja kasutamata peenraid siin ei teki. Muud selle kuivendusviisi pahed ei anna ennast aga metsamaadel tunda. Lahtised kraavid isegi hõlbustavad metsa hooldustöid ja kasutamist, sest piki kraavipervi muutub liiklemine metsas kergemaks. Lahtiste kraavidega kuivendamisviisi odavus omab siis määrava tähtsusega voorust, sest

metsamaade hektaaritulud on üldiselt tunduvalt madalamad hektaarituludest põllumajanduslikelt maadelt ega õigusta suurte kulutuste tegemist ka maaparanduseks.

Kuivendusviisi valikul põllumajanduslikult kasutatavatel maadel mõjutab mõningal määral veel kuivendatava maatüki kaugus majapidamise keskusest, maapinna looduslik lang ja pinnase koostis.

Majapidamise läheduses asetsevaid maatükke on mõtet igal juhul püüda kuivendada salakraavidega, olgugi et neid kuivendustööde teostamise aastal kasutatakse näiteks niiduna. Nende maade läheduse tõttu võivad need edaspidi tulla intensiivsemale kasutamisele. Seevastu kaugel asetsevaid maid saab igal juhul majandada ainult niidupindalana või koguni metsana, ja sel puhul on vastuvõetav ka lahtine kraavitus.

Maapinna liiga väike lang (alla 0,2%) võib takistuseks olla salakraavidega kuivendamisele; eriti neil juhtudel, kui ka peakraav, millesse liigvett tuleb ära juhtida, omab väikest langu, sest sel korral on raske dreenidele anda kunstlikku langu. Ehk kui see võimalik olekski, siis võivad sellega olla seotud nii suured lisakulud, mis majanduslikult kogu ettevõtte tasuvuse võivad muuta küsitavaks. Pinnas võib salakraavituse läbiviimisele takistuseks saada pae aluspõhjaga maades, nagu meil Põhja-Eesti loopealsetel maadel. Ka rasketes savimaades tekib salakraavitusega raskusi, nimelt selles mõttes, et pinnase raske läbilaskvuse tõttu savimaas salakraavid sügavama asendi puhul ei pääse küllaldaselt mõjule ja täiendavate lahtiste kraavide ning vesivagude vajadus võib muutuda paratamatuks.

5. Detailkuivenduse projekteerimise alused.

Millist kuivendusviisi ka ei valitaks, peab kuivendus igal juhul tehtama asjatundja poolt valmistatud projekti järgi. Ilma korraliku projektita tehtav töö on sageli puudulik ja ebaotstarbekohane. Ta läheb enamasti ka kallimaks ja täidab oma ülesannet halvasti.

Detailkuivenduse projekti koostamiseks on tarvilik: 1) toimetada liigvee all kannatava maa paigalist ülevaatust ja 2) läbi viia vajalikud instrumentaalsed uurimised kuivendataval maa-alal.

1. Maa ülevaatus või rekognoosuurimine tehakse eesmärgiga tutvuda liigvee all kannatava maa-alaga ja selgitada selle liigniiskuse põhjuseid. On väga tähtis teha õige diagnoos, sest alles siis, kui liigniiskuse põhjused õieti on selgitatud, saab projekteerida õigeid abinõusid selle kõrvaldamiseks. Harili-

kumaid liigniiskuse põhjuseid on: a) naabruses olevatelt maadelt pealevalguv või allikana maa seest väljatungiv vesi, ilma korraliku äravooluta, b) kõrge põhjavee seis, mis võib olla tingitud puudulikust eelvoolust või raskelt vett läbilaskvast aluspõhjast, ja c) veetihe pinnas, ilma et põhjavee seis tarvitseks olla kõrge.

Rekognoosuurimise juures vajatakse plaani või koopiat plaanist küsimuses oleva maatüki kohta selleks, et orienteeruda looduses ja teha vajalikke ülestähendusi. Ülevaatusel selgitatakse muude hulgas silmamääraltka peakraave ja eelvoolusid ja püütakse kindlaks teha, millisel ulatusel need näivad vajavat korrastamist kuivenduse võimaluse loomiseks küsimuses olevale maale. Peale selle on vaja selgitada geoteetilise aluse (triangulatsiooni, polügonomeetria, täpse loodimise) märke või ka üldse küsimuses oleval maa-alal või selle vahetus naabruses varem toimetatud loodimiste ja mõõtmiste kohta andmeid koguda. Kogutud andmete kohta tehakse märkmeid rekognoosuurimise vihikusse ja plaanile. Suurematel objektidel need kirjutatakse vastavate formularide kohaselt.

2. Instrumentaalne uurimine seisneb kuivendatava maa-ala ülemõõtmises, pinnase sondeerimises ja loodimises, ja magistraalkraavide ning tarbe korral ka eelvoolude profileerimiseks. Uuritava pindala ülemõõtmine jääb sel korral ära, kui selle kohta on kasutada täpne plaan. Loodimiseks tuleb aga siiski uurimissihid sisse ajada. Ainult lagedal maal on võimalik loodimist toimetada ka nn. polaarmeetodi abil, ilma sihte ajamata. Enamasti osutub tarvilikuks ka situatsiooni elemente täiendavalt plaanile võtta, eriti veejuhtmete, allikate, kuristikkude, kuiva ja märja maa piirjoone ja muude kuivenduse seisukohalt tähtsate elementide osas. Üheaegselt uurimissihtide pikettimisega võib toimuda ka pinnase sondeerimine. Seda toimetatakse pinnase koostise ja turbamaadel ka turbakihi paksuse selgitamiseks. Loodimine peab olema küllalt tihe, et see annaks õige pildi maapinna kõrgussuhete kohta. Punktide tihedus oleneb maapinna reljeefist; muutliku reljeefi puhul tuleb loodimispunktid võtta tihedamalt, ühtlase lameda reljeefi puhul võivad need olla harvemalt. Peale maapinna tuleb loodida ka olemasolevate ja allesjäävate veejuhtmete veepind ja põhi ning truupide põhi ja lae alumine äär. Loodimiskäik ühendatakse varemate loodimiste kindelpunktidega (mida nimetatakse ka fix-punktideks ehk reeperiteks), või kui neid ei ole, tehakse uusi kindelpunkte, milleks kõlbab kapitaalsesse kiviseina sissemüüritud raudpolt, vundamendi nurgakivi, suur kivi põllu või heinamaa ääres, millest võib arvata, et see hävitamisele ei kuulu ja ka külma mõjul oma kõrgust ei muuda, või lõpuks — parema puudumisel kasvavad puud.

Olemasolevat peakraavi kuivendataval alal ja sellest väljaspool tuleb uurida nii pikal ulatusel, et vee ärajuhtimine kuivendatavalt maalt oleks kindlustatud, aga ka allpool asetsevatele maadele ei tekiks kahjusid. Uurimine seisneb veejuhtme pikuti loodimises, ristprofiilide mõõtmises ja veepinna loodimises.

Kui kuivendatava maa piirkonnas ei ole sobivat veejuhet, millesse liigvett saaks ära juhtida, siis tekib tarvidus uurida uue peakraavi kaevamise võimalust.

Kogutud välisuurimise andmed tuleb kanda plaanile. Plaanile kantakse kõigepealt kindlakstehtud muudatused ja täiendused situatsioonis, eriti teed, sillad, ehitised, kraavid, allikad, kuristikud, edasi — kõik looditud punktid ja nende kõrgused, pinnase sondeerimise andmed, andmed veeseisude kohta ning olemasolevate veejuhtmete põhjakõrgused. Kui see tehtud, järgneb kõrgusjoonte plaanile kandmine, tavaliselt 0,25 m kõrgusvahedega.

Nii saadud reljeefplaanile projekteeritakse kuivendussüsteemid, valides antud oludele vastav kuivendusviis.

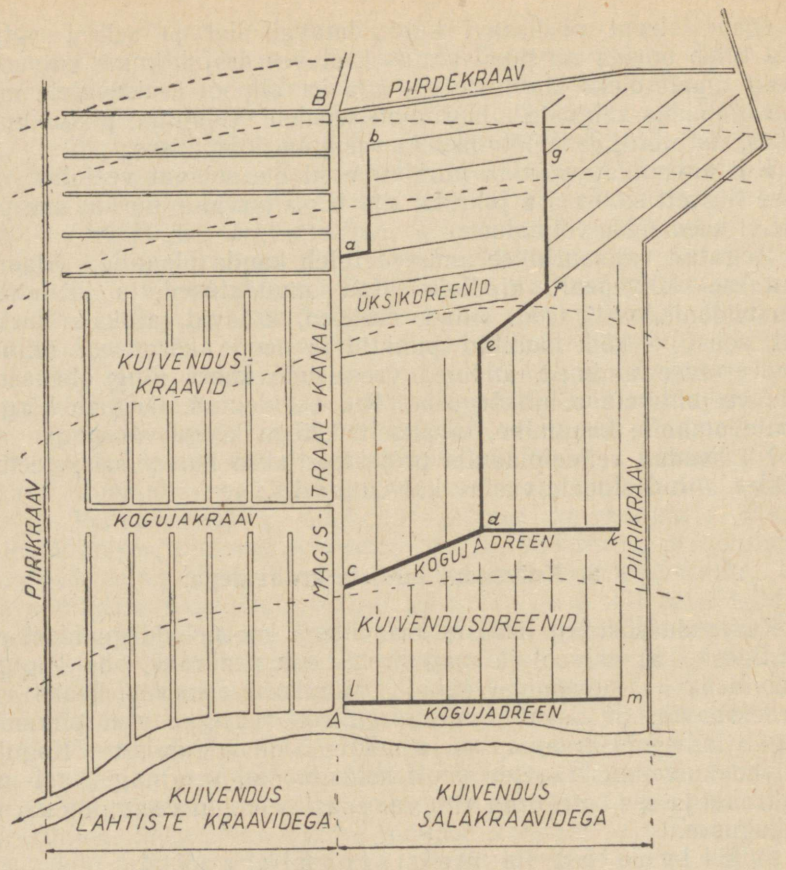
6. Kuivendus lahtiste kraavidega.

Kuivendussüsteem lahtiste kraavidega koosneb järgmistest elementidest: a) eelvool ja magistraal- ehk peakraav, b) kogujad kraavid ja c) kuivenduskraavid. Mõnikord esinevad lisaks veel piirdekraavid. Süsteem toimib järgmiselt. Liigne vesi pinnasest valgub kuivenduskraavidesse ja neid mööda kogujaisse. Kogujad juhivad kuivenduskraavide poolt kokkutoodud vee magistraal- ehk peakraavi ja see omakorda viib vee edasi eelvoolu veejuhtmesse või veekogusse.

a) Eelvoolud ja magistraalkraavid.

Eelvool on looduslik voolav või seisev veekogu, näiteks jõgi, järv, meri või ka kuristik, mis on vee vastuvõtjaks kuivendatavalt pindalalt ärajuhtivale veele. Vähemate maa-alade kuivendamisel võib eelvooluks olla ka kaevatud peakraav. Peakraaviks ehk magistraalkraaviks nimetatakse kunstlikult kaevatud keskset peaveejuhet, mis on määratud vastu võtma ja edasi juhtima laiemalt maa-alalt kogunevat liigvett.

Nii eelvoolud kui ka peakraavid teenindavad alati paljusid majapidamisi; nad on üldise tähtsusega avalikud veejuhtmed, ühiseks kasutamiseks kõigile asjaosalistele, ja on selles mõttes tähtsuselt võrreldavad avalike liiklusteedega. Magistraal- ehk peakraavid võtavad vastu kogujakraavide vee ja juhivad selle eelvoolu veejuhtmesse või veekogusse edasi. Peakraav peab kulgema maa-



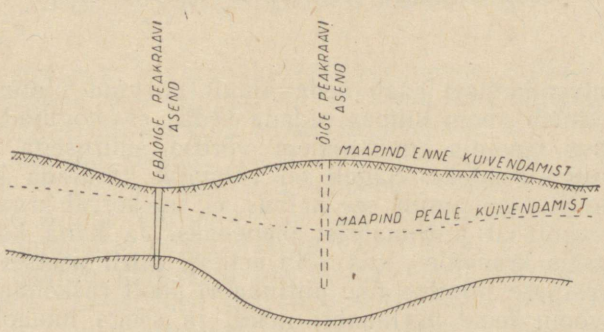
Joon. 16. Kuivendussüsteemide skeem.

pinna kõige madalamat kohta mööda, et temasse oleks võimalik raskusteta juhtida vett peakraavi mõjupiirkonna kõikidelt liigvee all kannatavatelt maadelt. Ühtlasi on soovitav, et peakraav asetseks majandite piiril. Kui maapinna kõrgussuhete järgi peakraav ei anna ennast otstarbekohaselt piirile asetada põhjusel, et kraav sel juhul läbistaks kõrgeid, võib olla kuivendust üldse mitte vajavaid maid, või jälle teeb ebasoovitavalt järske käände ja pikkus tunduvalt suureneb, siis tuleb peakraavi asend määrata nii, nagu see reljeefi järgi on otstarbekohasem, sest valduste piire on võimalik maade vahetuse teel muuta, kuid maapinna reljeefi mitte. Nõue

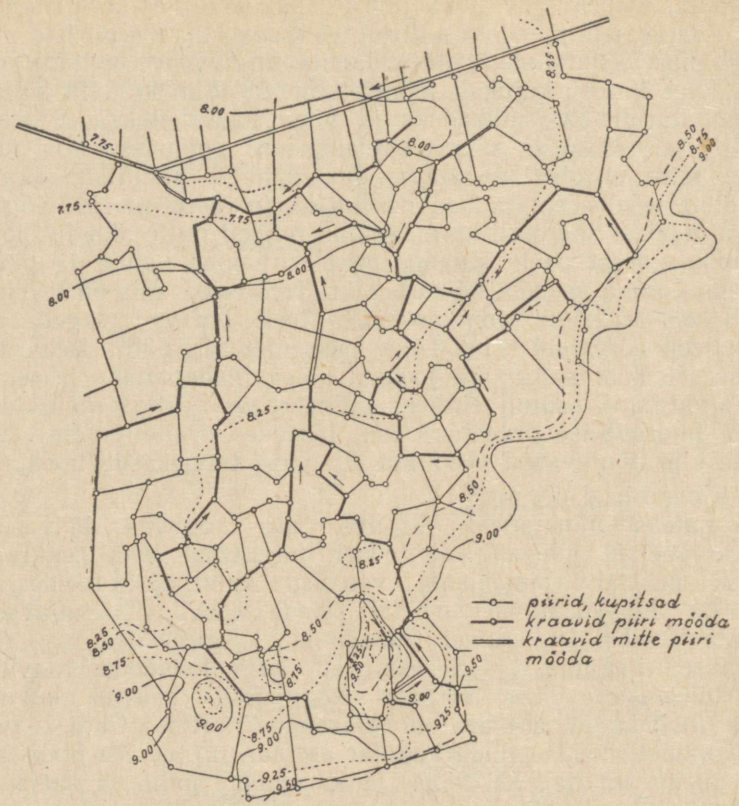
selle kohta, et peakraav tuleb juurde tuua kõigi asjaosaliste kuivendust vajavatele maadele selliselt, et kraav kulgeks piirisid mööda, võib maa üksiktaludena majandamise tingimustes tekitada suuri raskusi. See ilmneb kujukalt jooniselt nr. 18. Siin kraavid kujunevad paljuharulisteks, pikkadeks ja väga käärulisteks. Seevastu kollektiivmajapidamise suurmaapidamise tingimustes, kus maatükkide piire ei ole segamas, on võimalik paigutada kraave palju otstarbekohasemalt. See nähtub ka jooniselt nr. 19. Sügava turbaga maal ei saa alati ka maapinna reljeefi mitte pidada õigeks mõõdupuuks, sest peale kuivendamise turbamaa vajub, ja nimelt seda enam, mida paksem on turbakiht. Turbasood, mis on tekkinud nõopaikades veekogu kinnikasvamise teel, omavad sageli just pinnareljeefi kõrgemal kohal kõige paksemat turbakihti. Peale kuivenduse see koht vajub aja jooksul kõige madalamaks ja temalt vee ärajuhtimine osutub raskeks. Peakraavi mõõted määratakse vastava hüdraulilise arvestuse teel, lähtudes ärajuhitavatest veehulkadest ja nõutavatest veepinna seisudest taimekasvu hooajal.

b) K o g u j a d k r a a v i d.

Kogujateks nimetatakse kraave, mis koguvad kuivenduskraavide vee ja juhivad selle edasi magistraal- ehk peakraavi. Kogujad peavad võimaldama veeseisu kuivenduskraavides ja seega ka kuivendataval pindalal pidada soovitavas sügavuses. Kogujate asendi määravad maapinna kõrgussuhted ja maa kasutamise tingimused. Selleks, et vesi kuivenduskraavidest võiks takistusteta ära valguda kogujaisse, peavad kogujad omama madalamat asendit kui kuivenduskraavid. Ühtlasi tuleb aga võimalust mööda püüda kogujat asetada nii, et see jääks kõlvikute piirile, nii näiteks heina- ja karjamaa, põllu- ja karjamaa või mõnede muude kõlvikute vahelisele piirile. Suuremate maa-

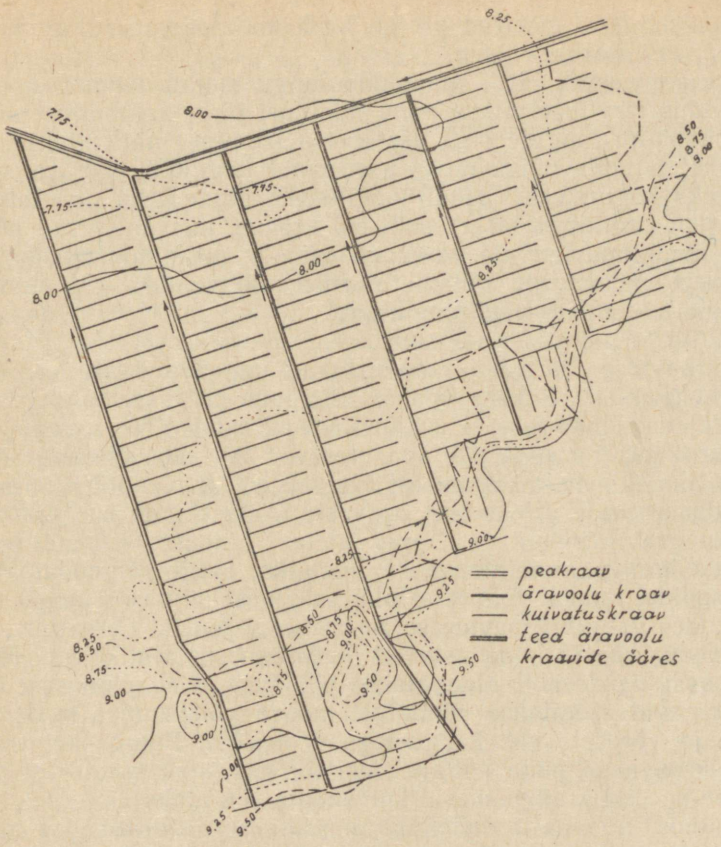


Joon. 17. Peakraavi asend sügava turbaga maal.



Joon. 18. Valesti projekteeritud kraavide võrk.

tükkide kuivendamisel saab seda ainult piiratud ulatuses arvestada. Siin tuleb enam silmas pidada seda, et kogujad jagaksid kuivendatava maa-ala enam-vähem võrdse suurusega ja korrapärase kujuga osadeks. Sageli on võimalik kasutada kogujateks piirikraave. Siin on ainult see halbus, et sel korral kraavi korrashoid jääb osaliselt piirinaabrist olenevaks. Ja kuna korrashoiust oleneb veeseis kraavides, siis võib sellise, piiril asetseva kogujakraavi korratusse jätmine ühe piirinaabri poolt raskendada liigvee vaba äravoolu teise piirinaabri maalt ja seega hädaohtu seada selle kultuurid. Seepärast on kindluse mõttes soovitav vältida koguja asetamist piirile.



Joon. 19. Õieti projekteeritud kraavide võrk.

Koguja sügavuse määrab kuivenduskraavide sügavus. Koguja peab võimaldama vee takistusteta äravoolu kuivenduskraavidest; ta kaevatakse sellepärast kuni 10 sm sügavamaks kuivenduskraavidest nende suubumiskohal. Nagu kuivenduskraavid nii ka kogujad kraavid kujunevad enamasti mõõdetelt suuremaks, kui seda tingib nende kaudu läbivoolav vee hulk. Sellepärast tehakse need tavaliselt minimaalse põhjalaiusega 0,3—0,4 m. Nõlvade libasuse (nõlvuse) määrab pinnas ja see on tavaliselt võrdne või ainult vähe suurem (lamedam) kuivenduskraavide nõlvusest. Koguja kraavi langus peab olema suurem või vähemalt võrdne kuivenduskraavi languga. Koguja kraavi pikkus ei ole piiratud, kuid harva

on see siiski 1000 meetrist pikem. Väikemajapidamise tingimustes aga enamasti märksa lühem.

Kogujate asendi järgi maapinna langu suhtes kannavad need NSV Liidus tarvitusel oleva nomenklatuuri järgi kahesugust nimetust: maapinna langule risti asetsevaid kogujaid nimetatakse kollektoreiks, langule põikisuunas asetsevaid kogujaid aga transporteerivateks kogujateks. Hüdroloogilisteks kogujateks nimetatakse (sama nomenklatuuri järgi) selliseid kraave, mis asetsevad põikisuunas maapinna langule, koguvad endasse maapinda mööda valguvat vett vahenditult, omamata selleks kuivendus- ehk imejaid kraave, ja suubuvad magistraalkraavi.

c) K u i v e n d u s k r a a v i d.

Peakraavid ja kogujad moodustavad vett ärajuhtiva osa kuivendussüsteemist. Selleks aga, et alandada põhjavee pinda, tuleb kuivendatavale maa-alale kaevata korrapäraste vahemaadega kuivenduskraavid, mis oma põhjaga ulatuvad 20—30 sm võrra sügavamale taoteldavast keskmisest veeseisust kuivendataval maal. Kuivenduskraavide ülesandeks on vastu võtta liigset osa pinnases leiduvast gravitatsiooniveest, mis ületab pinnase veemahtuvuse. Kuivenduskraave nimetatakse ka imejaiks, kuigi põhjendamatult, sest kraavidel imevat toimet ei ole, vaid vesi pinnases langu suunas liikudes valgub kraavidesse raskustungi jõul.

Kuiveduskraavid moodustavad kuivendussüsteemis vett reguleeriva osa; nende abil alandatakse põhjavee seisu pinnases. Kuivenduskraavid asetatakse võimalust mööda põikisuunas maapinna langule ja võrdsete vahekaugustega üksteisest. Pikuti langu asetatuina kraavid ei püüa küllalt hästi liigvett kinni, vaid vesi pääseb imbuma piki kraavivahesid kuivendatavale alale.

Kraavide sügavus ja vahelaius määratakse olenevalt maa kasutamisviisist: põllumaal sügavamad ja tihedamalt kui rohumaadel. Tavaline sügavus kuivenduskraavidel põllumaas on 0,80—1,10 m, harva sügavam. Rohumaadel, kui neid kasutatakse niitudena, on kuivenduskraavide sügavus 0,50—0,75 m, karjamaadel aga keskmiselt 0,10 m võrra suurem. Karjamaadel on suurem kuivendussügavus tarvilik selleks, et rohukamar muutuks paremini vastupidavaks loomade tallamisele. Niiske maapind on nimelt pehme ja muutub tallamise läbi kergesti mättaliseks.

Turbamaas peab kuivendussügavus olema pisut väiksem kui mineraalmaas, sest turba koheduse tõttu võib selle pealmine, haritud kiht kergesti kaotada ühenduse liiga sügavale alandatud põhjavee pinnaga ja kuivada enam kui on soovitav. Kuna turbamaas taimed hakkavad kannatama veepuuduse all juba siis, kui turba veesisaldus langeb alla 60% (mahu järgi), siis tekib turba maa-

des kergesti maade ülekuivenduse hädaoht. See sunnib põhjavee seisu pidama kõrgemal kui mineraalmaas. Kuivendusnormid, milledele kuivenduskraavide sügavust tuleb kohandada, on järgmised:

	Mineraalpinnases	Turbapinnases
Põllu-aiamaal	0,80—1,20 m	0,70—0,90 m
Karjamaal	0,60—0,75 „	0,50—0,70 „
Heinamaal	0,55 „	0,50 „

Taimekasvuaja kestel põhjavee seis muutub, tõustes ja alanedes vastavalt vee rohkusele pinnases. Kuival ajal võib põhjavee seis kraavide vahekohal vajuda koguni allapoole kuivenduskraavide põhja, ja põhjaveepinna ristlõige kahe naabruskraavi vahelises osas (depressioonijoon) omab kumera kuju asemel nõgusat kuju.

Enamasti põhjaveepind kraavide vahel püsib siiski kõrgemal kui kraavis ja sellepärast tuleb kraavid soovitud kuivendusnormi saavutamiseks teha 15—25 sm võrra sügavamad. Turbamaas tuleb arvestada ka turba vajumist kuivenduse järel, mis moodustab 15—30% turbakihi paksusest, ja õige vesise turba puhul veelgi enam.

Kuivenduskraavide põhjalaius tehakse 0,30 m ja nõlvus vastavalt pinnasele. Pealtlaius kujuneb vastavalt sügavusele ja nõlvusele; tavaliselt kõigub see 1 ja 2 m vahel.

Kuivenduskraavide vahelaius oleneb pinnase läbilaskvusest ja maa kasutamise viisist. Põllumaal vahekaugus valitakse 15—25 m, rohumaadel aga 25—40 m piirides. Metsamaade kuivendusel on kuivenduskraavide vahelaius tunduvalt suurem, nimelt 60—100 m ja mõnikord veelgi rohkem. Rasketel savimaadel osutub mõnikord tarvilikuks kuivenduskraavidele lisaks teha põllumaal veel vesivagusid pinnavee äravoolu kiirendamiseks.

Rohumaadel soos on osutunud sobivaks vahelaiuseks 30—40 m. Kui kuivadel aastatel on märksa hõredamagi kraavidega kuivendatud soolt saadud rahuldavat saaki, siis ei õigusta see siiski kuivade aastate kuivenduse vajaduse järgi kraavide vahelaiust määrama, sest pikema aastaterea kestel esineb rohkesti ka sademeterikkaid aastaid, mil intensiivne kuivendus osutub absoluutselt vajalikuks. Küll on aga võimalik neil juhtudel, kus liigniiskust põhjustab ainult väljastpoolt pealevalguv vesi, kuivendust läbi viia väheste kraavidega. Mõnel juhul võib see olla teostatav üheainsa piirdekraaviga, mis pealevalguva vee ära lõikab ja kõrvale juhib. Niisugusel korral on küll tihedam kuivenduskraavide võrk ülearune. Praktikast ongi teada näiteid, kus märksa suuremgi vahelaius kui 30—40 m on osutunud küllaldaseks; koguni nii suuri vahelaiusi kui 100—120 m on kasutatud. Kuid selle kõrval leidub ka teisi näiteid, kus 40 m

vahelaius ei võimaldanud vajalikku kuivendust. Kus suuredki vahelaiused pikema aja kestel on sobivaiks osutunud, seal peab liigniiskust olema põhjustanud kõrvalt pealevalguvad veed, mis õnnestunult projekteeritud piirdekraavidega on ära lõigatud ja kõrvale juhitud. Mõnikord põhjenevad arvamised suurte vahelaiuste sobivuse kohta ka ainult ühe või paari aasta kogemusele, mis juhuslikult võivad olla keskmisest sademetevaesemad eriti mai-juunikuus. Selliste kogemuste järgi ei saa teha liiga üldistavaid järeldusi. Küll on aga tarvilik soomaade kuivendusprojekte tehes ette näha vee paisutamise võimalus pea- ja kogujates kraavides maade niisutamiseks taimekasvu aja kestel, kui niisutamise küsimust ei ole teisiti lahendatud.

Kuivenduskraavide pikkuse määrab esijoones kuivendatava maa-ala kuju. Talumajandite tingimustes see kujuneb tavaliselt 100—300 m, suurmajapidamistes rohkemgi. Lühikesed kraavid pole põllumaadel soovitavad, kuna need põhjustavad lisakulusid maade harimises. Kujuka näite selle kohta pakuvad järgmised agr. Oinuse poolt Piistaojal (Pärnumaal) 1939. a. toimetatud vaatlused tööaja kulu kohta künnitööl mitmesuguse künnivao pikkuse juures.

Künnivao pikkus m	Tööaja kulu %	
	künniks	pööreteks ja tühjadeks käikudeks
22	55	45
50	72	28
200	87	13

Optimaalseks pikkuseks võib pidada 150—200 m. Väike lang võib sundida lühendama pikkust.

Kuivenduskraavide lang kujuneb enamasti maapinna langu järgi; mõnikord tuleb siiski anda kunstlikku langu.

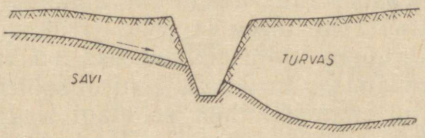
Lahtine kraavitus toob endaga paratamatult kaasa tunduvat raskendust maaharimise ja saagikoristamise töös. Neid raskusi ei tule veelgi enam suurendada kraavide ebaotstarbekohase paigutuse läbi. Lahtiste kraavide asend peab vastama kuivendustehnilistele nõuetele, aga sealjuures võimaldama ka hõlpsat juurdepääsu kõigile tükkidele ilma ringisõitudeta. Viimane nõue on nii kaaluva tähtsusega, et see sunnib mõnikord loobuma tehnilistest nõuetest kraavide soodsaima asendi suhtes maapinna reljeefi järgi. Kus juurdepääsu hõlbustamise huvides osutub paratamatuks asetada kuivenduskraavid pikuti langu, kuigi kuivendustehniliselt soodsam asend oleks põikisuunas langule, seal on tarvilik piirdekraaviga

kaitsta kuivendatud ala naabrusest, kõrgematelt maadelt pealevalguva vee eest.

Kuivenduskraavide suudmeosad on soovitav teha 5—8 m ulatuses kinniseks toruks, mis hõlbustab tööriistade ja veoabinõudega liikumist ühelt kraavivahelt teisele. Toru võib valmistada pindadest ja laudadest, nelinurkse ristlõikega, jättes toru ava suuruseks 15 × 15 sm. Haotäite tarvitamine laudtoru asemel ei ole soovitav, sest see ummistub ja kõduneb ruttu.

d) Piirdekraavid.

Neil juhtudel, kui liigniiskust põhjustab kõrvalt, kõrgematelt maadelt pealevalguv vesi, on tarvilik selle vee äralõikamiseks ja eemalejuhtimiseks kaevata kuivendatava maa-ala ülemisele piirile kraav, mida sel juhul nimetatakse piirdekraaviks. Piirdekraavid, mis on kaevatud ainult pinda mööda pealevalguva vee äralõikamiseks, kannavad NSV Liidus kasutatava nomenklatuuri järgi rindekraavide (nagornõje kanavõ) nimetust, kuna kraave, mis põhjavee voolu katkestavad ja kõrvale suunavad, nimetatakse püüdekraavideks (lovtšije kanavõ). Sageli piirdekraavid täidavad üheaegselt mõlemaid ülesandeid.



Joon. 20. Piirdekraavi asendi skeem.

Kui piirdekraavi ülesandeks on ainult takistada pinda mööda pealevalguva vee tulekut kuivendusalale, siis võib kraav olla suhteliselt madal; tavaliselt 0,5—0,6 m sügavus on küllaldane. Sel juhul aga, kui küsimuses on põhjavee läbilõikamine, tuleb kraav teha nii sügav, et ta tõesti kahjustava põhjavee voolu läbi lõikaks.

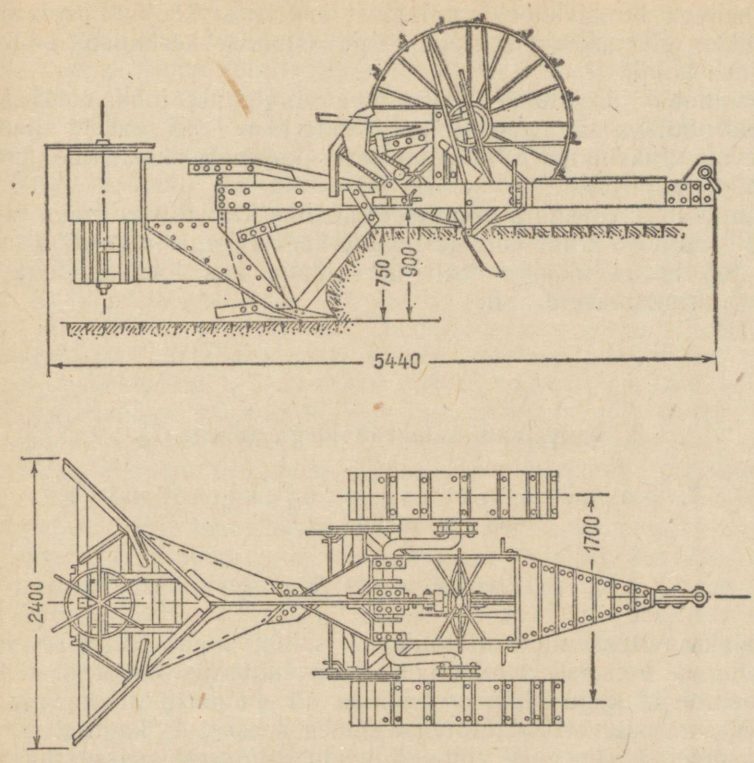
e) Tööde teostamine.

Kuivendusprojekti teostamisele asudes tuleb kõigepealt toimetada märkimist ehk projekti loodusesse kandmist, see tähendab kaevamisele tulevate kraavide sihi äramärkimist looduses vastavalt projektile. Eelvoolude ja peakraavide sihid saavad tavaliselt juba uurimistööde ajal kindla sihi, sageli ka kogujad kraavid. Seevastu aga kuivenduskraavide sihid selguvad alles projekteerimisel ja need kuuluvad märkimisele projekti teostamise eel. Kraavide

sihid tähistatakse sihikeppidega, vaiutatakse need sihid, asetades vaiad tavaliselt 20 m vahedega, looditakse sihid üle ja arvutatakse kraavi mõõted iga vaia juures. Selle järel koostatakse mõõtude leht, mis on kaevajale juhiseks töö teostamisel. On väga oluline, et sihi märkimisel tähistataks ära kõigepealt kraavi telg ja kraavi laiused mõõdetakse teljest kahele poole. See tagab, et kraavi telg saaks sirge. Ekslik oleks aga ajada üks kraavi kallastest sirgeks ja sellest mõõta laiused (ühele poole). Muutliku reljeefiga maas see põhjustab kraavi kõveraks kujunemist.

Kaevamist tuleb alustada peakraavil. Kui see korrastatud, kaevatakse kogujad ja lõpuks kuivenduskraavid. Sellest kaevamise järjekorrast tuleb kinni pidada, kui langud on suhteliselt väikesed ja teistsugust töö tegemise järjekorda ei võimaldagi. On aga lang suurem, siis on võimalik vähemalt osaliselt tööd üheaegselt teostada peakraavil ja kogujal või kogujal ja kuivenduskraavidel.

Peakraavide kaevamist käsitatakse allpool lähemalt peatükis «Magistraalveejuhtmete korrastamine». Kogujate ja kuivenduskraavide kaevamise käik on üldiselt järgmine. Pealtlaiuse vaiade järgi tähistatakse pinguletõmmatud nööri abil kraavi kalda äär ära ja kaevatakse nööri järgi (seestpoolt nööri) rohukamara riba välja. See tehtud, kaevatakse samal viisil kalda äärt tähistatav kamarariba välja vastaskaldal. Nüüd kaevatakse telge mööda kraavi põhjalaiusele vastav renn sisse ja selle järel kaevatakse nõlvad. Selleks et nõlv kujuneks ühtlaselt tasaseks, on vähemvilunud töölistel soovitav kaevamisel tarvitada kontrollšablooni; vilunud töölised kaevavad aga enamasti ilma selletagi sirge nõlva. Nõlvad tuleb siledaks teha, sest konarlikest nõlvadest variseb maad, mis uhutakse veega kraavi põhja. Väljakaevatud maa tuleb varsti peale kaevamist laiali ajada või, kui ta laiali ajada ei kõlba, siis ära vedada nõopaikade ja vanade kinniaetavate kraavide täiteks. Tasandamine võib otstarbekohaselt toimuda hobujõul veetava mullakühvli abil, suuremate tööde puhul ka mootorijõul töötavate skreeperite, graderite ja buldoserite abil. On soovitav laialiveetud maad ka veel libistajaga tasandada, et kraavi kaldad ei jääks kõrgemaks, mis võiks takistada pinnavee valgumist kraavidesse ja põhjustaks loikude tekkimist kuivendatavale maale. Kaevamist alustatakse alt otsast ja liigutakse tööjärjega vastuvoolu ülespoole. Kui kaevamist teostatakse veega üleküllastatud maas pikemal ulatusel üheaegselt suurema hulga töölistega, siis tuleb kaevamisel hoolitseda selle eest, et kraavi telge mööda kaevatav renn tehtaks kogu kaevatava osa ulatuses esimese tööna ja seejuures pidevana ning küllalt sügavana, sest kui vesi ära ei voola, on ülevalpool töötajail võimata tööd teha. Vanade kraavide puhastamisel tuleb enne, kui



Joon. 21. Kraaviader „KB—2".

kaevamistööd saab alustada, võsa kraavist ja kraavi pervedelt ära raiuda, rohi ära niita ja lahtised puutükid või muu risu kraavist välja visata.

Käsitsi kaevamistööd on seotud suure tööjõukuluga, 8-tunnilise tööpäeva jooksul jõuab tööline normaalselt kaevata raskemates maakihtides 3—4 m³, keskmistes 4—6 ja kergemateski kihtides ainult 6—8 m³. Seepärast tuleb püüda neid töid võimalikult suurel määral mehhaniseerida. Olemasolevatest masinatest sobib selle töö jaoks mitmekopaline ekskavaator nõlvalõikajatega, mille tööjõudlus on vähemalt 150 m³ masinavahetuse kohta ehk kahes vahetuses töötades 300 m³ päeva kohta või rohkemgi.

Väga palju on võimalik tööjõudu kokku hoida ka kraaviadra kasutamise läbi. See riist on eeskätt küll määratud olemasolevate kuivenduskraavide puhastamiseks, kuid uutegi kraavide tegemisel

võib sellega tunduva osa mullatööst ära teha. Tööjõudlus kraaviatradel on olemasolevate kraavide puhastamisel keskmiselt 4—6 km tööpäeva kohta.

Masinatöö järel tuleb käsitsi teha viimistluse tööd, et kraavid saaksid nõutava sügavuse ja langu ning et nõlvad saaksid siledad. Olenevalt masinatöö õnnestumisest kujuneb käsitsitöö maht 20—40% kogu tööst.

Kändude, kivide ja puujuurte esinemine kaevatavas maas takistavad tunduvalt kraaviadra ja muude kaevamismasinate tööd; need tuleb töö kestel masina teelt kõrvaldada kas lõhkeainetega või kännujuurimismasina abil.

7. Kuivendus salakraavidega (drenaaž).

A. Salakraavituse projekteerimise põhimõtteid.

1. Toimimise viis ja ulatus.

Salakraavituse nime all tuntakse sellist maakuivenduse viisi, kus pinnase veeseisu reguleeriv osa kuivendussüsteemist, s. o. kuivendusdreenid kogu ulatuses on maa all ja harilikult ka suurem või väiksem osa vett ärajuhtivast süsteemi osast — kogujaist. Kuivendusdreenid (imejad) võtavad vastu pinnasest neisse nõrguva vee, mis siit edasi valgub kogujaisse; kogujaist — magistraal- ehk peakraavi ja sealt lõpuks eelvoolu veejuhtmesse või veekogusse.

Salakraavituse suhteliselt kõrged teostamise kulud kohustavad põhjalikult analüüsima, millises ulatuses ja millisel kujul salakraavituse läbiviimine on vajalik. Selleks on kõigepealt tarvilik tunda liigniiskuse põhjuseid. Hea languga maadel on sagedaseks liigniiskuse põhjuseks kõrgematelt maadelt pinda mööda või sügavamal asetseva vettjuhtiva maakihi kaudu pealevalguv vesi, mis pinnase aluspõhja raske läbilaskvuse mõjul tekitab kahjustavat liigniiskuse olukorda. Siin tuleb liigniiskuse põhjuse kõrvaldamiseks esmalt piirdekraavide või -dreenide abil võõras vesi ära lõigata ja eemale juhtida. Kui lisaks sellele veel üksikuid dreene teha ilmselt allikaliste kohtade vee ärajuhtimiseks ja tarvidust mööda ka äravoolukraave puhastada, võib sellega sageli juba vajatav kuivendus olla saavutatudki. Niisugust oludekohast drenaaži väheste kraavide ja dreenidega nimetatakse osaliseks ehk partsiaal-

drenaažiks. See kuivendusviis väärib tõsist tähelepanu, sest paraku esineb veel kaunis palju juhtumeid, kus puudulikult toimetatud liigniiskuse põhjuste selgitamise (diagnoosi) tagajärjel on maa kuivendamiseks projekteeritud tarbetult intensiivne dreenide võrk. Kuigi selline liiga tihe drenaaž ei tarvitse alati põhjustada maa kahjustavat ülekuivendust — vähemalt mitte mineraalmaadest, sest drenaaž ei toimi vett pinnasest väljaimevalt, vaid kogub ja juhib ära ainult liigse vee, mis pinnase veemahtuvuse ületab, siis igal juhul tähendab tarbetult tihe drenaaž tarbetult tehtud tööjõu ja materjali kulu, mis vähendab tööde majanduslikku tasuvust.

Vastandina osalisele drenaažile nimetatakse sellist drenaaži, kus kuivendatav pindala saab tiheda kuivendusvõrgu kindlate vahekaugustega üksteisega paralleelselt asetatud kuivendusdreenide näol, süstemaatiliseks ehk täisdrenaažiks. Niisugust drenaaži vajavad kõik rasked savimaad, kus on tarvilik kiirendada liiga aeglaselt liikuva vajuvee ärajuhtimist ja luua paremaid aeratsiooni tingimusi pinnases. Ka kergemad pinnased võivad vajada süstemaatilist drenaaži, kui aluspõhi on raskesti vett läbilaskev. Kahtluse korral, kas ühel või teisel konkreetsel juhul täisdrenaaži projekteerida või mitte, on soovitav kahtluse all olevas osas kuivendust nii projekteerida, et see oleks teostatav järkjärgult selliselt, et esialgu tehakse kraavid ja dreenid, millede vajaduses ei ole kahtlust, ja jäädakse ära ootama nende mõju. Muus osas viiakse töö hiljem läbi, kui on selgunud, kas ja millisel määral täiendavate dreenide tegemine on vajalik. Enamasti on projekteeritud drenaaž iga majandi jaoks individuaalselt, ja ainult peakraavid kujunevad ühiseks paljudele majapidamistele.

Ei tule aga siiski mitte karta ühiseid majanditevahelisi detailkuivenduse süsteeme projekteerimast seal, kus nende teostamine ühiselt on otstarbekohasem ja edaspidine korrashoid täielikult kindlustatud. Ühistöö vormi, mis seda kindlustab, tuleb julgelt ellu rakendada. Tõhusalt organiseeritud ühistöö maaparanduse ürituste läbiviimiseks peab andma häid tulemusi. Ta peab ka andma võimalust senisest tagajärjerikkamalt töötada. Kui ühistöö maaparanduses piirdub ainult ühiste peakraavide, teede ja vesiehitiste tegemise ja nende korrashoiuga ja ei ulatu mitte ka töödele, mis peavad neile eeldusi loovatele töödele järgnema, siis jääb ettevõte poolikuks. Peakraav on küll kaevatud ja see peetakse võibolla ka korras, kuid detailkuivendus ja maade ülesharimine ei järgne selles ulatuses, nagu võimalused selleks on loodud. Tehtud töö jääb osaliselt kasutamata, sest mõnelgi võib loodud võimaluste kohane kasutamine üksikult osutuda üle jõu käivaks. Ühiselt on aga ka detailkuivenduse ja maade ülesharimise töö läbiviimine

hoopis kergem. Ja rahvamajanduslikult on väga tähtis, et eelvoolude korrastamisega ja peakraavide kaevamisega loodud võimalused maade parandamiseks võimalikult kiiresti ja täielikult ära kasutataks. Alles siis on maaparandustöödest saadud täis tulu, kui kogu kuivendatud või muul teel parandatud ala oma täie, suurenenud tootmisvõimega on juba tegelikult sisse lülitatud toodangu protsessi. Seepärast peab maaparandustööde läbiviimine ühistöö korras komplektselt, s. o. peakraavi kaevamisest kuni maade ülesharimiseni saama suuremat hoogu.

2. *Drenaaži viisid.*

Teostamise viisi järgi jaguneb salakraavitus ehk drenaaž kolme liiki: a) torudrenaaž, b) täidisdrenaaž ja c) õõsdrenaaž.

a) Torudrenaaž. Pinnase liigvee vastuvõtmise ja edasijuhtimise ülesannet täidavad torudrenaažis maa sisse asetatud torud, mida valmistatakse põletatud savist, tsemendist, laudadest või ümarpuidust. Savi- ja tsementtoru-dreenid kujundatakse lühikestest $^1/_3$ m pikkustest lülidest, mis asetatuina otsapidi tihedalt üksteise vastu kraavi põhja, moodustavad pideva toru kogu dreeni ulatusel. Vesi pinnasest valgub torudesse raskustungi mõjul torulülide ühenduskohtade kaudu. Ka läbi seinte võib torudesse vett imbuda, kuid tavalistel, savist ja tsemendist valmistatud torudel on sel teel torusse tulev veehulk tähtsusetult väike.

Torulülid asetatakse küll tihedalt üksteise vastu, kuid sellest hoolimata jääb otste vahele siiski 0,5—1,0 mm laiune vahe, mis on täiesti küllaldane kogu vee vastuvõtmiseks, mis dreeni ulatusel on torusse tulemas. Ümmargune torudreen, toru siseläbimõõduga $d = 5$ sm, kui see on vett täis, omab vettjuhtivat ristlõikepinda:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 5^2}{4} = 19{,}62 \text{ sm}^2.$$

Selline toru suudab väikesegi langu juures (0,3%) ära juhtida liigvee 0,5 ha suuruselt maa-alalt, omades 25-meetrilise dreenide vahelaiuse juures pikkust 200 m. Toru täitmiseks veega peab seega 1 jm kohta olema vee sissepääsu ava $19{,}62 : 200 = 0{,}10$ sm². Toru otste vahed isegi minimaalse prao laiuse juures $\delta = 0{,}5$ mm annavad aga 1 jm kohta

$$3 \cdot \pi \cdot d \cdot \delta = 3 \cdot 3{,}14 \cdot 5 \cdot 0{,}05 = 0{,}24 \text{ sm}^2,$$

s. o. 2,4 korda rohkem. Tegelikult jääb toru otste vahele hoolsagi töö ja hea materjali juures suurem kui 0,5 mm laiune vahe, mis vee

sissepääsu torudesse veelgi avaramaks muudab. Sellepärast ei ole mingit vajadust vee sissepääsu hõlbustamise eesmärgil jätta toru otste vahele meelega suuremaid vahesid. Selline tahtlik vahede jätmine ei tooks mingit tulu, küll aga võib tekitada kahju, sest laiemate vahede kaudu pääseb torudesse suuremal määral uhtaineid, mis siin tekitavad ummistusi. Ainult erandjuhtudel, nn. keede kohtades võib vee juurdevool dreeni olla nii suur, et toru vee vastuvõtuvõime suurendamiseks on tarvilik toru seintesse teha lisalõhesid või -auke.

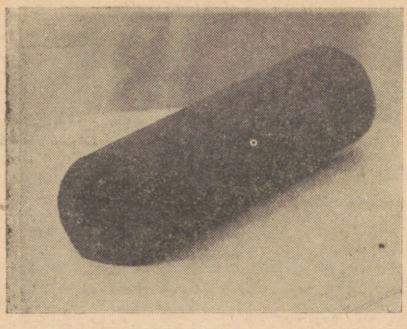
S a v i t o r u d. Torumaterjalina kasutatakse kõige enam savitorusid. Need on osutunud vastupidavaiks kõigis pinnastes; mullahapped või muud keemilised ühendid pinnases ei mõju neile hävitavalt. Savitorusid valmistatakse rahvusvaheliselt standarditud mõõdetes siseläbimõõduga 4, 5, 6½, 8, 10, 13, 16 ja 20 sm; alla 5 sm ja üle 16 sm läbimõõduga torusid kasutatakse aga väga harva. Torude pikkus on kindlaks määratud $^1/_3$ meetrile.

Savitorude kohta on üles seatud teatavad kvaliteedi nõuded, milledele need peavad vastama. Nõuded on järgmised:

1. Torud tuleb valmistada hästi segatud savist, mis on vaba kahjustavaist lisandeist ega ole liialt lahjendatud liiva juurdelisamise teel.
2. Torud peavad olema hästi põletatud ja omama heledat kõla.
3. Toru seina sisepind peab olema sile, vaba konarustest ja õõnsustest. Ka toru otstes ei tohi olla sisepinnalt kõrgemale ulatuvaid ääri.
4. Toru seintes ei tohi olla pragusid, mis ulatuvad sügavamale kui $^1/_3$ seina paksusest.
5. Toru otsad peavad olema tasased. Otsapinnale asetatud tasapinnalise klaasi ja toru otsa vahele jäävate õnaruste sügavus ei tohi olla keskmiselt üle 2 mm ja kõik õnarused üksikult vähema sügavusega kui 3,5 mm.
6. Toru seintes ei tohi olla lupja sõmerate kujul, millede läbimõõt on suurem kui 2 mm.
7. Toru ristlõige peab omama sõõri kuju ja otsapinnad olema ristloodis toru teljega. Kõrvalekaldumine ristlõike kujus (lopergusus) on lubatav ainult valemiga

$$\frac{100\ (d_{max} - d_{min})}{d} \leqslant 6$$

määratavates piirides, milles d_{max} = suurim siseläbimõõt, d_{min} = väikseim siseläbimõõt sama toru otsas mõõdetuna, ja d = keskmine aritmeetiline mõlemas toru otsas, mõõdetud läbimõõtudest.



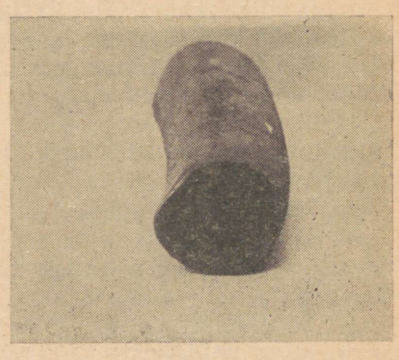
a



c



b



d

Joon. 22. Savist põllutorud: a) korralik; b) kõver; c) lupja sisaldav; d) lopergune.

8. Torude pikkus peab olema 33,3 sm ja siseläbimõõt 50, 65, 80, 100, 130 või 160 mm. Erinevus normaal-läbimõõdust on lubatav suurenemise suunas kuni 5%, vähenemise suunas kuni 3%. Pikkus võib olla normaalsest kuni 0,5 sm suurem või väiksem.

9. Torud peavad olema sirged. Kõverus on lubatav ainult valemiga

$$\frac{100\ (l_{max} - l_{min})}{D} \leqslant 4$$

piiratud ulatuses, milles l_{max} = suurim pikkus (küüru mööda), l_{min} = väikseim pikkus (sidejoont mööda) ja $D = d + 2s$ = toru väline läbimõõt.

10. Torude seinapaksus ja murdetugevus peab olema järgmine:

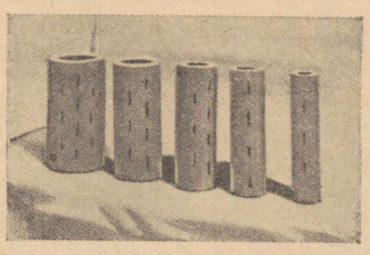
Toru sise-läbimõõt mm	Seina paksus mm		Murde koormus kg
	alammäär	ülemmäär	
50	8	12	370
65	8,25	13	540
80	9,5	16	740
100	10,5	18	1000
130	12	20	1400
160	14	23	2000

Meil valmistatavad savist põllutorud ei vasta veel kõigile eeltoodud nõudeile. Toimetatud kontrollmõõtmised näitasid suuri puudusi eriti torude kuju suhtes. Deformatsioonid savitorude valmistamisel tekivad peamiselt kuivatamise ja põletamise protsessi kestel ja neid on raske täielikult ära hoida. Kogemused on aga näidanud, et eeltoodud kvaliteedi nõudeid siiski on võimalik täita ja sellepärast on täiesti õigustatud nõuda savitorutööstustelt, et need laseksid müügile ainult kõrgekvaliteedilisi torusid, sest halva materjaliga pole võimalik teha head drenaaži. Eriti on põhjust olla nõudlik suuremamõõduliste torude suhtes. Nii põhjustaksid näiteks konarused toru sisepinnal või esilekerkivad ääred otstes setteainete kogunemist ja toru ummistumist. Praod torudes põhjustavad torude purunemist maa sees, mis endaga toob kaasa dreeni täieliku ummistumise. Samalaadilisi rikkeid tekitavad lubjatükke sisaldavad torud. Kui savi, millest torud valmistatakse, sisaldab lubjakivi tükke $CaCO_3$, siis muutub torude põletamisel lubjakivi kustutamata lubjaks ja süsihappegaasiks:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Maa sisse panduna selline toru, mis sisaldab kustutamata lubjatükke, imeb endasse vett, mille mõjul toimub tuntud lubja kustutamise protsess toru seinas järgmise valemi järgi:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + \text{soojus.}$$



Joon. 23. Piludega torud.

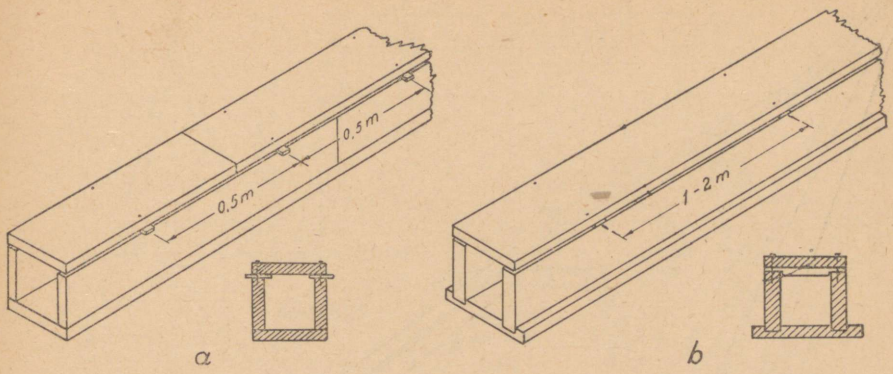
Selle protsessiga ühenduses toimub aga ka suur lubja paisumine (kuni 97%), ja see paisumine ongi, mis toru seina purustab. Tekkinud augu kaudu langeb muidugi mulda torusse ja ummistab selle ära.

Ka korrapäratu kuju pole väiksem pahe. Niihästi lopergusi kui ka kõveraid torusid on võimata korralikult ühendada. Nende otste vahele jääb lubamatult suuri vahesid, mis soodustavad torude ummistusi; ja pealegi on töö kulu sellise materjali kasutamisel tunduvalt suurem.

T s e m e n t t o r u d. Tsemendist (või õigemini betoonist, s. o. tsemendi ja kruusa segust) torude vooruseks on nende korrapärane kuju. Ka on neid hõlbus valmistada kohapeal, mille läbi säästetakse transpordikulusid. Kuid kahjuks pole tsementtorud osutunud küllalt vastupidavaiks. Hapu reaktsiooniga maas nad lagunevad juba mõne aastaga; aga ka süsihappegaas ja väävliühendid maas mõjuvad tsementtorudele sööbivalt. Kogemused on näidanud, et tsementtorude kestus on ainult 4—10 aastat. Seepärast on loobutud nende kasutamisest. Katsed leida sobivat vahendit nende kestuse tunduvaks suurendamiseks pole seni rahuldavaid tulemusi andnud.

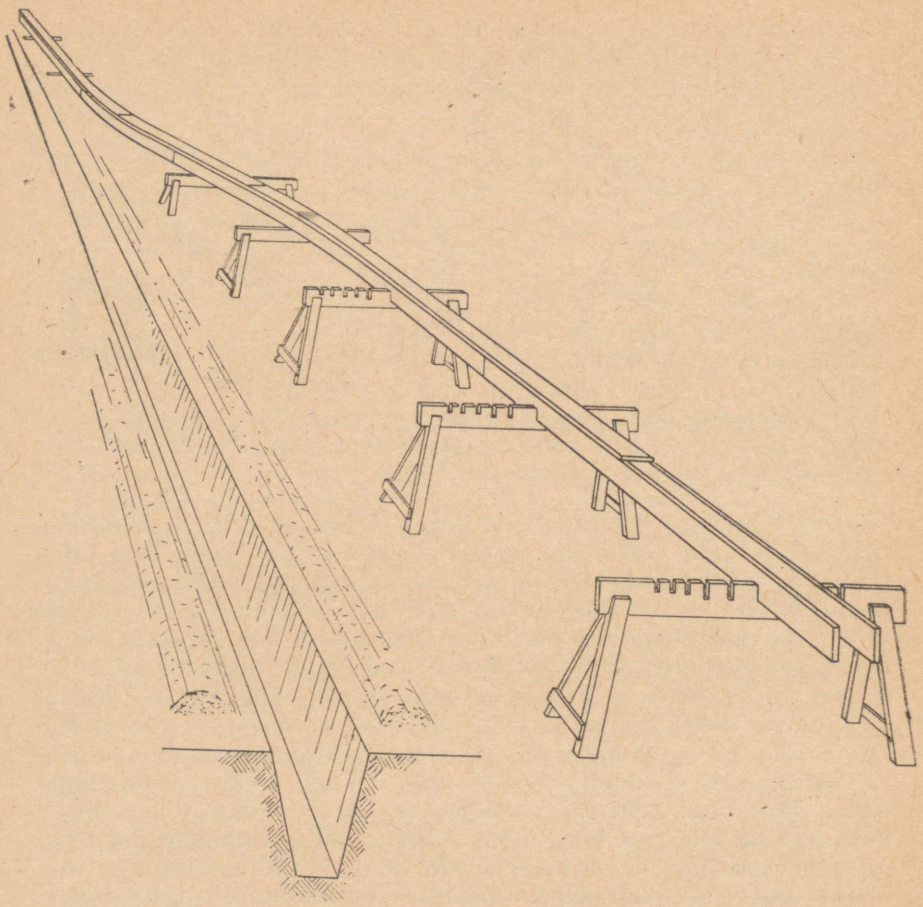
L a u d t o r u d. Turbamaade kuivendamisel savitorudrenaaži teostamine on raskendatud, sest pehmel aluspõhjal ei jää torud küllalt kindlalt püsima ja on tarvilik teha neile lattidest või laudadest alus. Sellistes tingimustes on otstarbekohaseks osutunud laudadest valmistatud torud. Tuntuimad laudtorudest on nelinurkse ristlõikega torud. Need valmistatakse toorestest 3—6 m pikkustest servatud okaspuulaudadest, järgmistes standard-mõõtudes:

Suuruse nr.	Toru sisemõõdud				Küljelaudade				Kaane- ja põhjalaua			
	tollides		sm-tes		paksus		laius		paksus		laius	
	kõrgus	laius	kõrgus	laius	tolli	sm	tolli	sm	tolli	sm	tolli	sm
I	1½	1½	3,8	3,8	½	1,3	1½	3,8	½	1,3	2½	6,4
II	2	1½	5,1	3,8	½	1,3	2	5,1	½	1,3	2½	6,4
III	2	2	5,1	5,1	½	1,3	2	5,1	½	1,3	3	7,6
IV	3	2	7,6	5,1	½	1,3	3	7,6	½	1,3	3	7,6
V	3	3	7,6	7,6	½	1,3	3	7,6	¾	1,9	4	10,2
VI	4	3½	10,2	8,9	¾	1,9	4	10,2	¾	1,9	5	12,7
VII	5	4½	12,7	11,4	¾	1,9	5	12,7	¾	1,9	6	15,2
VIII	6	5½	15,2	14,0	¾	1,9	6	15,2	1	2,5	7	17,8



Joon. 24. Nelinurkse ristlõikega laudtoru: a) ins. Butzi süsteemi; b) Tillner'i süsteemi.

Torud lüüakse kokku selleks valmistatud ca 0,70 m kõrgustel pukkidel ja tavaliselt otse töökohal kraavi kaldal, kuhu toru tuleb asetamisele. Toru kokkunaelutamisel asetatakse pukkidele küljelauad serviti vastavaisse väljalõigetesse (hammastesse). Selle järel pannakse põhjalaud peale ja naelutatakse servalaudade külge. Naelutamise juures vajatakse kolme hammastega pukki, mis üksteisest paigutatakse ca 3 m kaugusele, ja neile lisaks veel 2 lihtsat kandepukki, neist üks umbes 55 ja teine 30 sm kõrgune. Need asetatakse hammaspukkide järel ja nende ülesanne on olla valmistatavale torule vahetugedeks viimase hammaspuki ja maapinna vahel; sest ilma selliste vahetugedeta toru painduks ja naelad kokkulöödud toruosas kangutataks uuesti välja. Kokkulöödud toruosa pole soovitav panna maapinnale, vaid risti allaasetatud teivastele, et toru jääks tasasemalt kandma ja sellesse ei satuks mulda. Küntud maal on selle nõude täitmine eriti tähtis. Sedamööda, kuidas töö edeneb, tõstetakse pukke edasi, ikka tagumine hammaspukk ette ja tugipukid vastavalt edasi. Nii jätkatakse kuni põhi on kogu dreeni pikkuselt servalaudade külge löödud. Siis keeratakse küna ettevaatlikult ümber, asetatakse ots jälle pukkidele ja alustatakse kaane pealelöömist. Naelte kohale asetatakse põigiti üle toru, kaanelaua alla 1—1½ mm paksused laastud ca 0,4 m vahemaade tagant; sel teel jääb servalaua ja kaanelaua vahele pragu, mille kaudu vesi torusse pääseb. Kaanelauda ei või loomulikult mitte naelutada servalaudade vahele, vaid see peab jääma servalaudade peale, sest vastasel korral rõhuks mulla raskus kaane sisse ja toru ummistuks.

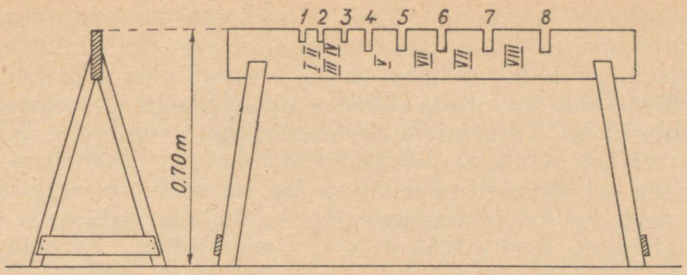


Joon. 25. Laudtoru kokkunaelutamine.

Toru kokkunaelutamisel kasutatakse I—IV suurusliigi jaoks 2″ pikkusi, V ja VI suurusliigil 2½″ pikkusi ja VII ning VIII suurusliigil 3″ pikkusi naelu.

Kui kaas on kogu ulatuses peale löödud, lüüakse toru dreeni ülemises otsas lauatükiga kinni (et mulda torusse ei pääseks) ja selle järel on toru valmis kraavi asetamiseks.

Ühendused kuivendusdreenidel kogujatega on hõlpsad valmistada; need tehakse kas pealt- või külgühendustena. Põhja- ja kaanelauad ei tarvitse olla servatud laud, vaid pindlaud, mis tuleb

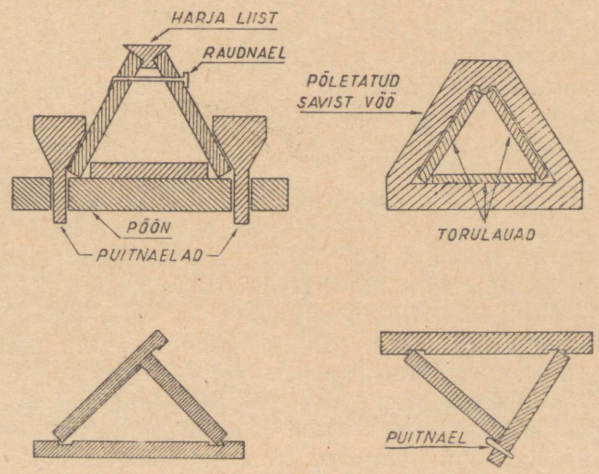


		SÜGAVUS	LAIUS
HAMBAD	1-3	3,5 sm	1,5 sm
"	4	6,0 sm	1,5 sm
"	5-8	6,0 sm	2,5 sm

Joon. 26. Laudtoru kokkunaelutamise pukk.

tunduvalt odavam. Sellisel kujul lauddrenaaži nimetatakse pind-lauddrenaažiks. Laudtorude vooruseks on nende väike veevoolu takistus, mistõttu nad lepivad väikese languga. Seepärast leiavad nad enamasti kasutamist väikese languga maadel turbapinnases.

Laudtorude üheks kõige suuremaks puuduseks on naelte kiire läbiroostetamine, mille tulemusena toru kaotab palju oma stabiilsusest ja võib kokku variseda mulla surve all. Selle ärahoidmi-

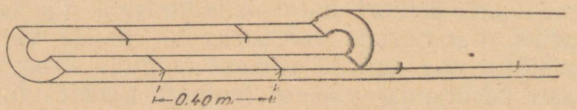


Joon. 27. Kolmnurkse ristlõikega laudtoru konstruktsioone.

seks on hakatud kasutama erilisest, nn. nirosta-terasest valmistatud naelu, mis ongi osutunud hästi vastupidavaiks. On tehtud ka terve rida katseid leiutada laudtoru kinnituse viise, mis ei vajaks raudnaelu või kus toru stabiilsus säiliks ka peale naelte läbiroostetumise. Üks selliseid on Tillnersi konstruktsiooniga laudtoru. Selle iseäraldus seisneb selles, et põhjalaud on soontega, milledesse servalauad sisse käivad; sellega hoitakse ära servalaudade äranihkumine põhjalt peale naelte läbiroostetumist. Kaanelaua stabiilsuse säilitamiseks ka peale naelte läbiroostetumise asetatakse kaanelaua alla õlgadega liist, mis takistab küljelaudu kokku puutumast.

Katseviisiliselt on vähesel määral kasutatud ka kolmekandilise ristlõikega laudtorusid. Sellega on püütud saavutada kokkuhoidu lauamaterjalis ja vältida ühtlasi metallnaelte kasutamist.

Kõik kolmekandilise ristlõikega laudtoru-tüübid on seni olnud ainult katseobjektideks ega ole praktikas laiemat kasutamist leidnud.



Joon. 28. Õõnespuutoru.

Õõnespuutorud. Meie maa tingimustes on soode kuivendamises laialdast kasutamist leidnud õõnespuu- ehk freestorudrenaaž. Õõnespuutorud, nagu need meil on tarvitusel, valmistatakse ümmargustest 2—3 m pikkustest ja umbes 12—15 sm jämedustest okaspuutüvedest sel teel, et puutüved saetakse lõhki, lõhestatud puudele freesitakse poolringikujulise ristlõikega soon sisse, ja siis naeluťatakse pooled uuesti kokku nii, et sooned kohakuti satuvad ja ühise ümmarguse õõne moodustavad. Seejuures pole aga tingimata vajalik, et just sama puu pooled kokku tuleb panna. Tegelikult seda olekski raske teostada, sest torupoolikud saetakse ja freesitakse harilikult teisal valmis, kuna nende kokkunaelutamine toimub tarvitamise kohal dreeni kraavi kaldal. Freestoru seina paksus ei tohi jääda väiksemaks kui 1 sm (kooreta). Kogemus TA Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaalis on näidanud, et vähema seinapaksusega torud ei ole küllalt kestvad. Puus ei tohi leiduda ka mädanenud kohti. Vee sissepääsu võimaldamiseks saetakse torupoolikutesse enne nende kokkunaelutamist väikesed säpud (täkked) sisse või pannakse 1—2 mm paksused laastud torupoolikute vahele, mille tõttu tekivad lõhed toru mõlemal poolel.

Kokkunaelutamine toimub 3-tolliliste raudnaeltega, mida kulub keskmiselt 4 tk. toru jooksva meetri kohta. Naelad roostetavad maa sees küll läbi, kuid toru säilitab siiski oma stabiilsuse. Naelutamisel on tarvilik silmas pidada, et jätkukohad ei satuks kohakuti. Kokkunaelutamine toimub maapinnal, ilma pukke kasutamata. Toru tehakse kogu dreeni pikkuses kaldal valmis, nihutatakse siis risti dreeni kraavile asetatud teivastele kraavi kohale ja lastakse seejärel ettevaatlikult mitme mehe kaasabiga kraavi põhja nii, et naelutuse kohad lahti ei rebeneks. Toru ülemine ots suletakse puust punniga, et takistada mulla sissepääsu torusse. Õõnespuutorude sisepind ei ole harilikult sama sile kui laudtorul. Sellepärast vajavad need veidi suuremat langu. Neist ei ole soovitav moodustada süsteeme, vaid neid tuleb lasta üksikdreenidena suubuda lahtisesse kogujasse. Erilisi suudmeid neile aga vaja ei ole ehitada, samuti nagu laudtorudelegi.

Peale eelkirjeldatud õõnespuutorude tuntakse veel torutüüpe, millede valmistamine muus osas sarnaneb eelkirjeldatuga, kuid selle poolest on erinev, et peale soone sissefreesimise samad torupoolikud uuesti kokku lüüakse ja toru osad siis dreenikraavis üksteise otsa jätkatakse, nii et ühe toru ladvapoolne ots teise tüvepoolsesse otsa sisse pannakse. Need torud on vähem otstarbekohased kui eespool kirjeldatud, sest neist ei saa nii ühtlaselt tasase lan-

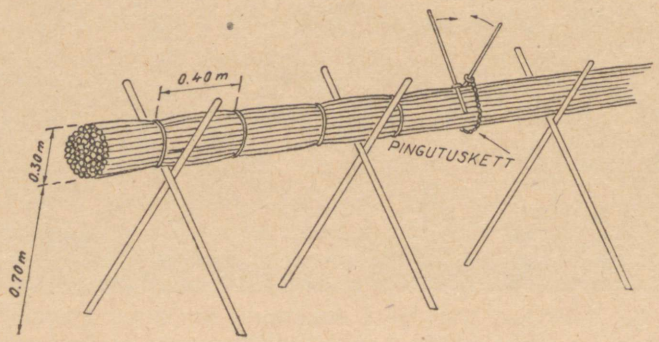


Joon. 29. Õõnespuutorude. valmistamine.

guga ja stabiilset dreeni. Veelgi halvema dreeni annavad puuritud torud, mis on valmistatud ilma lõhki saagimata ümarpuudest neile augu sissepuurimise teel. Puurides pole võimalik saada ööne sisepinda küllalt siledaks, mille tõttu torude ummistumise hädaoht on tunduvalt suurem. Pealegi läheb nende valmistamine kulukaks.

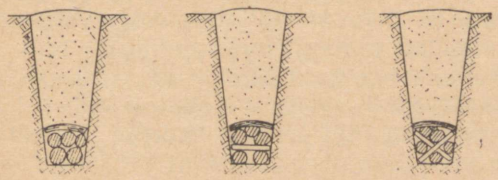
Veel on katset tehtud konstrueerida drenaažitorusid 3 mm paksusest vineerist, millised torud oma kuju korrapärasuse poolest ja hea sileda sisepinna tõttu kahtlematult kuuluksid parimate hulka. Kahjuks on aga praktilised kogemused nende torudega seni olnud halvad. F. I. Sakovitši andmeil (tema kirjutises vineerist drenaažitorude toimimise ja ea kohta Minski Sooinstituudi poolt 1938. a. väljaantud koguteoses I «Kuivenduse küsimused») on 1931. a. Minski Sooinstituudis rajatud katse kui ka 1934. a. peale sama Instituudi poolt «Valge-Vene NSV X aastapäeva» nimelises sovhoosis toimetatud vaatlused näidanud, et 0,8—1,0 m sügavusele asetatud vineerist drenaaž juba 5-aastase maa sees olemise järel oli täiesti kõdunenud. Immutamata dreenide toimimise iga ei ületa F. I. Sakovitši arvates 2—3 aastat.

Sieberti poolt on 1937. a. ettepanek tehtud võtta kasutamisele koonilise kujuga torud, mida võib valmistada savist, tsemendist või puust. Torud käivad otsapidi üksteise sisse ja vesi pääseb neisse otste vahelt. Vee parema sissepääsu võimaldamiseks on torude välispinnal ribid, mis takistavad teise sisse pandavat peenemat toruotsa teisele nii ligi liibumast, et vesi vahelt läbi ei pääseks. Sieberti väite järgi on nende torude paremusteks hõlbus paigaleasetamine, dreeni käändude kerge kujundamine, paigast äranihkumise hädaohu puudumine ja väiksem ummistumise hädaoht toru ühenduskohtade kaudu sissetungivate uhtainete läbi. Neid torusid pole tegelikkuses katsetatud, ja vaevalt need kunagi laiemat kasutamist leiavadki.

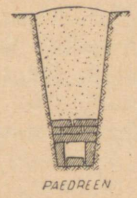


Joon. 30. Haofašiini sidumine.

b) T ä i d i s d r e n a a ž. Drenaaži, milles torud on asendatud mõne vett juhtiva täidisega, nimetatakse täidisdrenaažiks. Selliseks täidiseks võib olla puumaterjal või kivid. Puumaterjalidest kasutatakse hagu ja latte, millele vastavalt ka drenaaž kannab kas hagudrenaaži või lattdrenaaži nime. Hagudrenaaži jaoks kasutatakse sirget ilma lehtedeta toorest hagu, soovitav sarapuu, pihlakas, jämedusega 2—5 sm. Kasehagu on vähem sobiv, sest et see kiiresti kõduneb. Enamasti tarvitatakse hagu kimpuseotud kujul fašiinidena; sel korral kannab drenaaž fašiindrenaaži nimetust. Fašiinide valmistamine sünnib dreenikraavi kaldal maa sisse löödud teivaspukkidel, mis asetatakse ritta 0,7 m suuruste vahemaadega. Haod asetatakse kõik latvadega ühele poole ja nimelt allavoolu. Kokkusidumine toimub pehme põletatud traadi abil iga 40 sm tagant, kusjuures kimbu tugevamaks kokkutõmbamiseks kasutatakse pingutusketti. Fašiini jämedus tehakse keskmiselt 0,30 m. Kui fašiin kogu dreeni ulatuses on valmis, lastakse see kraavi ladvapooled voolu suunas, kaetakse mättaga ja aetakse muld peale. Fašiindrenaaži on mõeldav kasutada ainult turbamaas. Aga siingi on selle drenaaživiisi välja tõrjunud teised paremad viisid, eeskätt õõnespuudrenaaž.



Joon. 31. Lattdrenaaži viise.



Joon. 32. Paedreen.

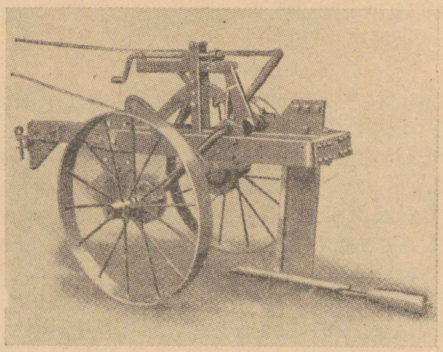
Enam kui hagudrenaaž on meil kasutusel lattdrenaaž; eriti neil juhtudel, kui latimaterjal kasvab kuivendataval maa-alal, mis niikuinii tuleb kõrvaldamisele. Selle drenaaži valmistamise viis on analoogiline fašiindrenaaži valmistamisega, selle vahega, et siin hagude asemel kasutatakse 5—10 sm jämedusega ja 3—7 m pikkusi latte. Need seotakse kokku nagu haodki, kuid harvemini, nimelt 0,8—1,0 m vahemaade tagant. Kimpu seotakse 5—7 latti, kusjuures lattide jätkukohad peavad minema vaheliti, et kokkuseotud kimp kogu dreeni ulatuses moodustaks ühe pideva ja enam-vähem ühesuguse jämedusega täite. Et luua veeliikumisele avaramat teed, kasutatakse mõnikord vahepõõnadega lattdrenaaži, milles latid

pole mitte kokku seotud tihedaks kimbuks, vaid on eraldatud üksteisest põõnadega. Latid tuleb pealt katta mättaga, et takistada mulla sattumist lattide vahele.

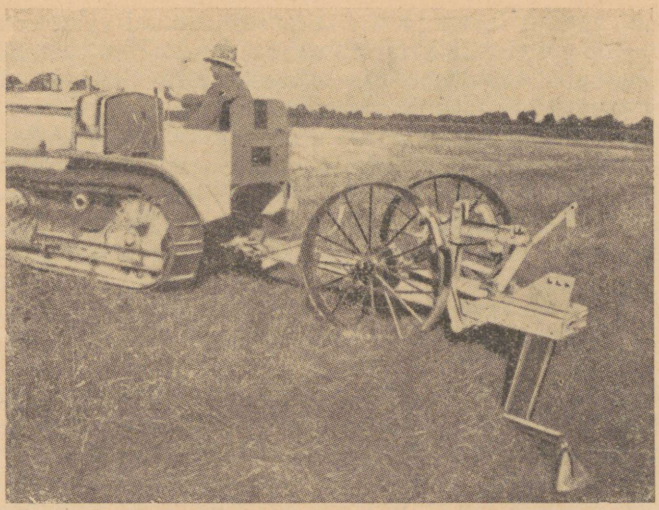
Nagu hagudrenaaž nii ka lattdrenaaž vajab head langu, vähemalt 0,6—1,0%, ja on nagu seegi kasutatav ainult turbamaas. Laudtoru- ja õõnespuutoru-drenaaž on lattdrenaaži kasutamiselt välja tõrjumas.

Kivitäidisega drenaaž kujutab endast kraavi, milles vettjuhtivaks täidiseks on kivid. See drenaaživiis tuleb küsimusse ainult seal, kus kuivendataval maal leidub palju väheldasi kive, mis igal juhul vajavad ärakoristamist. Kivid asetatakse kraavi nii, et suuremad jäävad allapoole ja vähemad peale, kusjuures kividega täidetakse 0,3—0,4 m kraavi sügavusest. Katteks pannakse peale mättad kamarapoolega allapoole, et takistada mulla pääsu kivide vahele. Kus paekive on rohkesti käepärast, võib neist laduda avaga paedreeni. Kivitäidisega drenaaž vajab tugevat langu. Kui lang on alla 1%, ummistuvad kivitäidisega dreenid kiiresti. See drenaaživiis on pealegi palju töökulu nõudev. Sellepärast teda meil ei kasutata.

c) Õõsdrenaaž. Raskete savimaade kuivendamisel on juba enam kui 200 aastat kasutatud õõsdrenaaži või nn. muttdrenaaži. Õõsdreenid või muttdreenid veetakse maa sisse vastava seadeldise abil, mis kujutab endast ratastel liikuvat või jalase külge kinnitatud tugevat laia tera torpeedotaolise mutiga tera allotsas. Tera on vajaduse järgi võimalik asetada kas madalamale või sügavamale. Tugevajõulise traktoriga atra vedades puurib teravaotsaline silindrikujuline mutt maa sisse oma läbimõõdu suuruse, tavaliselt



Joon. 33. Muttader.



Joon. 34. Muttader töös.

4—15 mm, õõne, mida muti taha kinnitatud ja pisut suurema läbimõõduga pirnitaoline lisakuul omalt poolt veel suurendab. Maad ei künta välja, vaid mutt surub selle oma teelt kõrvale, tihendades moodustatava õõne seinu. Savimaas selline õõs jääb püsima mitmeks aastaks, toimides liigvee kogujana ja ühtlasi ka pinnase õhustajana. Dreeni kündev mutt, olles kindlas ühenduses maapinda mööda jooksva jalasega, teeb kaasa kõik maapinna ebatasasused, mille tõttu dreen ei saa ühtlast ja korrapärast langu ega toimi siis ka täiesti laitmatult kuivendusdreenina. Sellest hoolimata on muttdrenaažil tunduv mõju saakide suurenemisele. Seda võib seletada asjaoluga, et rasketel savimaadel omab maa õhustamise tingimuste parandamine väga suurt tähtsust, ja selles osas muttdrenaaž täidab oma ülesande ka sel juhul, kui dreeni lang ei ole korrapärane. Muttdreenid ei tehta sügavad. Nende sügavus kõigub 0,40—0,75 m. See-eest on nende tihedus aga suur, vahelaiuse olles tavaliselt 3—6 m. Selline tihe ja madal drenaaž on savimaadele sobiv. Muttdreenidest ei kujundata süsteeme, vaid need suubuvad üksikult lahtisesse kogujasse. Suudmes tuleb aga muttdreenid vähemalt 1 m ulatusel varustada puu- või savitorudega, vastasel korral vajub suudmekoht juba esimesel aastal kokku. Dreenide pikkus piirdub tavaliselt 100 meetriga; lang ei peaks olema vähem kui 0,4%. Mingit ligikaudugi rahuldavat langu on aga võimalik saavutada

ainult väga ühtlase languga või tasandatud maal. Ebatasasel või kivisel maal pole võimalik muttdrenaaži teha. Muttdrenaaž sobib hästi torudrenaaži täiendamiseks sel teel, et tavaliste torudreenide vahekohta veetakse lisaks samas suunas mõned muttdreenid. On mõeldav ka risti teistele neist üle vedada muttdreene ja neid ristumiskohtades ühendada hästi filtreeriva täite abil muude dreenidega.

Ka korralikult tehtuina on muttdreenide iga lühike. Toimetatud vaatlused selle drenaaživiisi kestuse kohta on H. Nicholsoni andmeil näidanud, et muttdrenaaži iga on olnud järgmine:

20%	juhtumeil	2— 5	aastat
30%	„	5— 6	„
50%	„	7—10	„

Rikkiminekud on 64% juhtumeil olnud põhjustatud pinnasest, 25% juhtumeil on mutid ja hiired dreene umbe ajanud ja 11% juhtumeil on maaharimise masinad dreene kinni vajutanud.

Saadud kogemuste alusel soovitatakse muttdrenaaži toimiskestvuse pikendamiseks järgmisi abinõusid: 1) suudmete kindlustamist; 2) sügavuse andmist üle 0,40 m ja ööne läbimõõdu valimist mitte alla 6 sm; 3) dreenide kündmist vastu langu ja väikese veokiirusega, sest kui kiirus tõuseb 5 km-ni tunnis, siis dreenide kohale jäävad lõhed põhjustavad kiiret dreenide ummistumist; 4) dreenide kündmist sügisel, kui pinnas on küllalt niiske, sest kuival ajal lõhed dreenide kohal laienevad ja nende kaudu variseb mulda dreenidesse; ühtlasi on soovitav lõhed dreenide kohal kinni künda, kui pinnas on parajalt niiske.

Hoolimata muttdrenaaži lühikesest kestvusest, on see kaunis laialdaselt leidnud tarvitamist. Ta parandav mõju raskete pinnaste vee- ja õhurežiimile on suur, seejuures aga teostamiseks vajatav jõu- ja ajakulu nii väike võrreldes torudrenaažiga, et see sagedasest uuendamise vajadusest hoolimata ennast hästi ära tasub.

Vanade dreenide ummistumisel veetakse uued vanade vahekohale, mis suuresti mõjub kaasa raske savipinnase murenemisele ja juhib küllalt hästi ka liigvee maapinna lähedastest kihtidest.

Meil on muttdrenaaži alles väga vähe katsetatud. On võimalik, et meie ilmastiku tingimustes, kui maa igal talvel dreenide sügavuseni läbi külmub, muttdreenide iga kujuneb palju lühemaks. Kuid meie maa tingimustes võiks see drenaaživiis tulla kasutamisele Lääne- ja Pärnumaa raskesavipiirkondades.

Muttdrenaaž on kõige vähem tööjõudu ja ajakulu nõudev salakraavituse viis. Kahjuks on aga selle kasutamise võimalus esialgu piiratud peamiselt raskete savimaadega. Teistsugustes pinnastes muttdreenid kas pole üldse jäänud püsima või on kestnud ainult

lühikest aega. G. I. Laškevitš'i andmeil («Ustroistvo i ispoljzovanie pastbištš na osušennõhh bolotahh», Minsk 1947. a.) on suure õõnega (Ø 30 sm) muttdrenaaž osutunud siiski kasutuskõlblikuks ka soopinnases. Seda tõendavad vaatlused, mis on teostatud kolhoosis «Majak sotsializma» Rudenski rajoonis ja sovhoosis «Zalog pjatiletki» Puhhovitši rajoonis Minski oblastis, kus muttdrenaaž on rahuldavalt toiminud 7 aastat. Katsed muuta dreene vastupidavamaks sel teel, et neid vooderdataks seest poolt plekiga, ei ole rahuldavaid tulemusi andnud. Ka puust või savist torude sissevedamine õõnesse üheaegselt selle tegemisega on jäänud seni ainult katsetamise asjaks. Nõukogude Liidu Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Üleliidulise Teadusliku Uurimise Instituudi (ВНИИГиМ) poolt on tehtud uurimisi muttdrenaaži kestvuse pikendamiseks, immutades dreenide seinu mõnesuguste pinnast siduvate kemikaalide või turba suspensiooni abil. Katsed peavad näitama, millisel määral need abinõud ennast majanduslikult lasevad õigustada.

Kirjeldatud salakraavituse viisidest on meie maa ilmastikulistes tingimustes osutunud kõige otstarbekohasemaks: mineraalmaades — savitorudrenaaž, turbamaades aga freestoru- ja laudtorudrenaaž.

3. Drenaaži süsteemi elemendid.

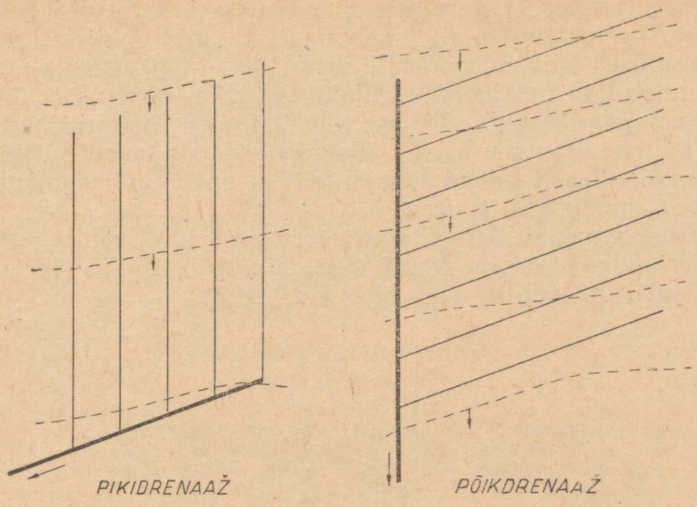
Üheks põhilisemaks küsimuseks drenaaži projekteerimisel on sellise lahenduse leidmine, kus võimalikult vähe oleks lahtisi kraave. Siit kujuneb vajadus moodustada dreenidest süsteeme. Drenaažisüsteemi all mõistetakse kõike dreene, mis oma vee ühise suudme kaudu saadavad lahtisesse kraavi või vee vastuvõtukaevu. Süsteem koosneb järgmistest elementidest: a) kuivendusdreenidest ehk «imejaist», b) kogujaist ja c) suudmest. Neile lisaks võib süsteem omada settekaevusid ja muid ehitusi, mida kõike nimetatakse ühise nimega drenaažisüsteemi armatuuriks. Süsteemid võivad olla suured, hõlmates 5—6 hektaari ja rohkemgi, võivad aga ka olla ainult paarist-kolmest lühemast dreenist koosnevad. Süsteemi suuruse määravad eeskätt maapinna langu suhted. Teatavatel kordadel võib suuruse valikul olla määravaks ka kasutada olevate torude suurus ja pinnas. Üldiselt on kuivendatava maa kasutamise seisukohalt soovitav projekteerida suuremaid süsteeme, sest sel juhul on lahtiste kraavide tarve väiksem ja ühes sellega kogu kuivendusvõrgu korrashoid vähem tööd nõudev. Ka suudmete arv jääb väiksemaks, mis on küllalt oluline, sest just need moodustavad tava-

liselt kõige õrnema koha kuivendussüsteemis. Olles ainukesed nähtavad osad süsteemis, võivad need hõlpsasti vigastuste osaliseks saada ja riknevad ka looduslike tegurite mõjul, nagu vesi, jää jne., palju kergemini kui muud osad süsteemis. Suurtel süsteemidel on aga see pahe, et nende toimimiskindlus pole sama suur kui väiksemail. Suure süsteemi keskel või allotsas tekkiv rike, paraliseerides rikkest üleval pool oleva süsteemi osa toimimist, mõjub suurele pindalale, kuna väiksemal süsteemil samasuguse rikke kahjustav mõju ulatub väiksemale pindalale. Sellepärast vesiliivases pinnases, samuti ka sellises pinnases, mis sisaldab rauda, tuleb vältida suuri süsteeme projekteerimast, sest et neis pinnastes drenaaži süsteemide ummistumise hädaoht on tavalisest suurem. Põllumaade kuivendamisel ja ka rohumaadel hea maapinna langu juures tuleb üldiselt soovitavaks pidada suuremate süsteemide projekteerimist, kuna vähese languga maadel on väikesed süsteemid kindlamad.

Süsteeme moodustatakse peaaegu ainult torudrenaaži puhul. Täidisdrenaaži ja ka õõsdrenaaži puhul tehakse süsteeme väga harva; need juhitakse tavaliselt üksikdreenidena lahtisesse kogujasse.

a) K u i v e n d u s d r e e n i d ehk «i m e j a d» moodustavad selle osa drenaažisüsteemist, mis veeseisu pinnases otseselt reguleerib. Süstemaatilise drenaaži puhul kuivendusdreenid asetatakse maa sisse korrapäraste vahemaadega ja üksteisega rööbiti asendis, millega saavutatakse dreneeritava maa-ala ühtlane kuivendus. Korrapärane asend hõlbustab ka tunduvalt dreenide tegemist ja hiljem vajaduse korral nende ülesleidmist. Kuivendusdreene nimetatakse ka imejaiks dreenideks. See ei tähenda aga mitte, et nad toimiksid vett imevalt. Vesi valgub neisse raskustungi mõjul, ja nimelt see osa veest, mis ületab pinnase veemahtuvuse, s. o. liigvesi. Seda vett, mida pinnas endas jaksab kinni pidada, dreenid ära ei vii; sellepärast ei ole ka mitte põhjust mineraalmaades karta pinnase ülekuivendust. Tegelikkuses ei olegi võidud märgata, et salakraavitatud maadel oleks põuastel aastatel olnud saak väiksem kui maadel, mis ei olnud salakraavitatud. Koguni vastupidiseid nähtusi on ilmnenud, nimelt, et ka põua-aastail salakraavitatud maad on suutnud anda kõrgemaid saake muude ühesuguste kasvutingimuste juures. Ka pole tähele pandud, et kuivendusdreenide ülemiste otste piirkonnas maa oleks ülekuivendatud, kuigi ju siin kuivendusdreenid on enamasti alati tühjad ja imeva toime korral peaksid maa kuivaks imema.

Maapinna langu suhtes on otstarbekohane asetada kuivendusdreene põiksuunas maapinna langule. Sellise kuivendusdreenide asendi puhul nimetatakse drenaaži põikdrenaažiks. Reljeefplaanil



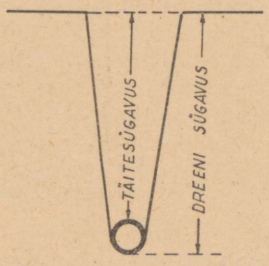
Joon. 35. Piki- ja põikdrenaaž.

selline dreenide suund lõikab kõrgusjooni terava nurga all. Sellises asendis kuivendusdreenid püüavad kõige täielikumalt kinni langu suunas pinnases nõrguvat liigvett. Ühtlasi saab kogujadreen sel juhul maapinna languga ligikaudu ühtelangeva suuna. See võimaldab kogujaile anda suuremat langu ja veekiirust, kui on kuivendusdreenides, mis ummistuste vältimiseks on väga oluline. Enamasti võimaldab see saavutada ka kokkuhoidu koguja läbimõõdus, vähendades niiviisi drenaaži kulusid.

Kui maapinna lang on alla 0,3%, siis osutub enamasti võimatuks asetada kuivendusdreene põikdrenaaži põhimõttel ja samal ajal säilitada soovitavat ühtlast kuivenduse sügavust, sest dreenidele tuleks anda kunstlikku langu, s. o. suuremat langu kui maapinna lang. Sel juhul osutub paratamatuks asetada kuivendusdreenid maapinna langu suunas, s. o. pikuti langu. Kuivendusdreenide sellise asendi juures kannab drenaaž pikidrenaaži nime. Koguja, mis pikidrenaaži puhul saab maapinna langu suhtes põiksuuna, jääb sel puhul sageli nii väikese languga, et teda enam ei saa kujundada salakraaviks, vaid tuleb teha lahtise kraavina. Pikuti langu asetatuina kuivendusdreenid ei toimi sama tõhusalt kui põiksuunalises asendis, sest vesi pääseb dreenide vahel langu suunas edasi liikuma pikemat maad, enne kui see dreeni satub. Selle tõttu tuleb dreene asetada tihedamalt, mis muidugi lisab

kulusid. Kuivendusdreenide asendi suhtes mainitagu veel, et neid ei ole soovitav panna tee alt läbi, samuti ka mitte lahtiste kraavide alt, sest sellised kuivendusdreenid ummistuvad lühikese aja jooksul. Tee alt tuleb küll mõnikord kogujaid läbi viia, kuid need kindlustatakse sel juhul eraldi. Täiesti lubamatu on paigutada dreene vanade lahtiste kraavide kohale. Esiteks ei jätku tavaliselt sellisele dreenile küllaldaselt katemulda ja teiseks on dreeni ummistumise hädaoht sel puhul eriti suur.

Kuivendusdreenide lang ka torudrenaaži puhul ei ole soovitav projekteerida väiksemana kui 0,25%, ainult laud- ja õõnespuutorudrenaažil on lubatav veel lang ka 0,20%.

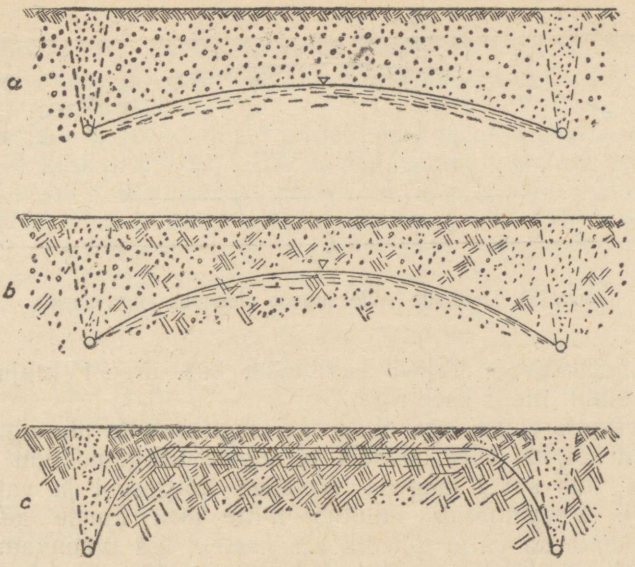


Joon. 36. Dreeni sügavus.

Dreenide pikkus tehakse tavaliselt 100—200 m piirides. Väikese languga maal, kus tuleb kasutada kunstlikku langu, jääb pikkus vähemaks. Kunstlikuks nimetatakse langu sel juhul, kui seda tuleb projekteerida erinevaks maapinna looduslikust langust, s. o. suuremana või ka väiksemana sellest. Ka väga muutliku reljeefiga maal võib osutuda vajalikuks projekteerida lühemaid dreene, et vältida samale dreenile mitmesuguse langu andmist, mis on eriti soovimata, kui lang allapoole väheneb.

Kuivendusdreenide siseläbimõõt torudrenaažis on enamasti 5 sm. Veehulga poolest, mida kuivendusdreenil tuleb ära juhtida, võiks läbimõõt olla väiksemgi. Varemail aastail ongi kasutatud ka 1½-tollilisi ehk 4 sm läbimõõduga torusid. Kuid nüüd selliseid torusid enam peaaegu ei kasutata, sest kulude kokkuhoidu sellega praktiliselt ei saavutata, küll on aga torude väikese ava tõttu nende ummistumise hädaoht tunduvalt suurem. Igal juhul tuleb kindlasti selliste torude kasutamisest loobuda neil juhtudel, kui torude lang on alla 0,35% ja pinnas on liivane või sisaldab rauaühendeid.

Nelinurksete laudtorude sisemõõted kuivendusdreeni jaoks tehakse 2×2 tolli, ehk 2×3 tolli.

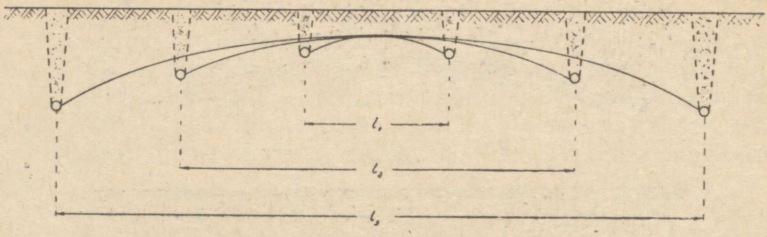


Joon. 37. Põhjavee depressiooni joon a) läbilaskvas, b) keskmise läbilaskvusega ja c) raskesti vett läbilaskvas maas.

Dreenide sügavuse all mõistetakse sügavust maapinnast kuni dreenikraavi põhjani. Toru või täite pealtmõõdetud sügavust nimetatakse dreenikraavi täitesügavuseks.

Kuivendusdreenide sügavus võetakse põllu-aiamaadel 0,8—1,3 m piirides ja rohumaadel 0,7—1,0 m, olenevalt pinnase liigist ja dreenide vahelaiusest. Ühelgi juhul pole lubatav väiksem sügavus kui 0,8 m. Ainult kuivendusdreenide ülemistes otstes lühemal ulatusel on sallitav veel sügavus 0,7 m, kui dreenidele on antud kunstlik lang või kui suurem sügavus viiks dreenid vesiliivakihti.

Dreenide sügavus peab olema suurem kui optimaalne põhjaveeseis pinnases, sest viimane ei asetu veega küllastatud maas mitte dreenide kõrgusele kogu kahe naabruse dreeni vahelises ulatuses, vaid kujuneb nn. depressioonijoone järgi, olles dreenide vahe keskkohal üldiselt kõrgemal kui dreenide kohal. Mida läbilaskvam on pinnas, seda vähem on erinevus põhjavee kõrgustes ja vastupidi — mida vähem läbilaskev on pinnas, seda kõrgemal on põhjavee dreenide vahe keskkohal, võrreldu na veeseisuga dreenis. Sügavuse suurendamisega alaneb ka põhjaveepind. Sama põhjaveeseisu alanemine saavutatakse seetõttu sügavaid dreene kasutades suurema vahelaiuse juures, kui madalaid dreene kasutades. Erandi selles



Joon. 38. Dreenide vahekauguse olenevus sügavusest.

mõttes moodustavad rasked savimaad. kus dreeni mõju piirdub enamasti ainult mõne meetriga.

Põhjaveeseis ei ole aga aasta läbi sugugi mitte ühesugusel kõrgusel, vaid kõigub, olles kevadel ja sügisel kõrgemal kui suvel ja talvel. Ta võib suvel langeda dreenide kõrguseni ja vahel neist allapoolegi. Veepinnaseis muutub mitte üksi kuude kestel, see muutus toimub ka palju lühema aja kestel. Iga tunduvam vihmahoog tõstab seda kiiresti ja iga kuivaperiood viib allapoole.

Üldiselt on soovitav mineraalmaades kasutada sügavat drenaaži, sest siis on ummistumise hädaoht taimejuurte sissetungimise läbi väiksem. Lisaks on põhjavee sügavama seisu tõttu taimedel kasutada suuremad toitainete tagavarad, toitainete kaod väljauhtumise teel väiksemad ja pinnase vee akumuleerimise võime suurem. Seevastu madal drenaaž omab järgmisi puudusi:

1) torud võivad sattuda külmumispiirkonda, mistõttu need kevadel, kui on tarvis kiiresti ära juhtida liigne vesi pinnasest, ei toimi tõhusalt; ka võib torude seintesse või praokestesse imbunud vesi külmudes vigastada torusid või maa jäätumine neid paigast ära nihutada;

2) sügavalt juurduvate taimede juured ulatuvad tungima dreenidesse ja neid ummistama;

3) vajaliku kuivendusefekti saavutamiseks tuleb madalad dreenid teha ja väiksemate vahelaiustega, ja lõpuks

4) madala drenaaži puhul on väljauhtumise läbi tekkiv taimetoitainete kadu suurem kui sügava drenaaži puhul, sest vee teekond läbi pinnasekihi on madala drenaaži puhul väiksem ja sellel lühikesel teekonnal pinnas ei jõua nii täielikult endasse absorbeerida vees lahustunud taimetoitesoolasid, kui see sünnib sügava drenaaži puhul paksemast pinnasekihist läbifiltreerumisel.

Raskelt vett läbilaskvas pinnases on sügava drenaaži kasutamine siiski takistatud, sest sügavamad dreenid ei pääse siin täiele

mõjule. Ainult dreeni kohal ja selle vahenditus läheduses paari meetri kaugusel on mõju märgatav, kaugemal aga mitte.

Ka turbamaas tehakse drenaaž madalam kui keskmise läbilaskvusega mineraalmaades.

Põllumaade kuivendamisel mineraalpinnases asetatakse kuivendusdreenid keskmiselt 1,0—1,2 m sügavusele. Sellest madalamat drenaaži kasutatakse ainult raskes savimaas. Kergema pinnase puhul võib madal drenaaž tulla küsimusse ainult siis, kui selle all on raskelt vett läbilaskvad kihid ja drenaaži sügavamale asetamise korral need satuksid sellèsse vett raskelt läbilaskvasse maakihti. Samuti on madalam drenaaž paratamatu niisugusel juhul, kui aluspõhjas on vesiliiv ja sügavam drenaaž sunniks dreene asetama vesiliivakihti. Sügav drenaaž tuleb kasutamisele kergemates ja keskmistes pinnastes, eriti neil juhtudel, kui pinnas on lubjarikas või kui põldudel kasvatatakse sügavalt juurduvaid taimi, nagu juurviljad, ristikhein, lutsern jt. Samuti nõuavad aiakultuurid sügavat drenaaži.

Rohumaadest vajavad karjakoplid muude ühesuguste tingimuste juures sügavamat drenaaži kui kultuurniidud. Seda tingib tarvidus anda karjamaa kamarale suuremat vastupidavust loomade sõtkumise mõjule. Niiske ja pehme karjamaa pind muutuks nimelt hõlpsasti mättaliseks.

Dreenide vahelaius on neid tegureid, mis kõige enam mõjutavad salakraavituse maksumust ja ühtlasi ka selle tasuvust. Mida suurem võib olla vahelaius, seda väiksemad on teostamise kulud ja üldiselt ka korrashoiukulud, mida väiksem vahelaius, seda enam tuleb teha dreene, seda kulukam on töö ja väiksem tasuvus. Sellepärast on mõistetav, miks vahelaiuse küsimust paljude aastakümnete kestel on püütud põhjalikult uurida. Uurimiste tulemusena on paljude autorite poolt esitatud valemeid, millede kõikide sihiks on võimalikult täpselt määrata õige vahelaius dreenide vahel vastavalt kuivendatava pinnase omadustele ja antud ilmastikulistele tingimustele. Määrava argumendina valemite ülesseadmisel on kasutatud mitmeid erinevaid tegureid, nagu pinnase läbilaskvust, selle lõimist, hüdroskoopilisust, pinnase terakeste eripealispinna suurust jt. Valemid pole aga praktikas siiski kasutamist leidnud, peamiselt põhjusel, et samadegi tingimuste jaoks eri autorite valemid annavad tunduvalt erinevaid vahelaiusi, ja vaatlused teostatud drenaažil pole võinud ühtegi proovitud valemeist tunnistada ainuõigeks ja eksimatuks. Ja vaevalt õnnestubki üldse sellist dreenide vahelaiust leida, mis igas olukorras oleks ühevõrra sobiv, sest esiteks on looduslikud tingimused, mis veerežiimi pinnases määravad, eri aastail erinevad ja teiseks tulevad samal maatükil — näiteks põllul —

kasvatamisele vaheldumisi mitmesugused taimekultuurid erinevate nõuetega pinnase veesisalduse suhtes taimekasvu ajal.

Tegelikkuses toimubki dreenide vahelaiuse määramine kogemuste alusel, mis on saadud pikemaajalise katsetamise teel mitmesuguse koostisega pinnases. Põllumaade kuivendamisel, kui see toimub põikdrenaaži põhimõttel, on osutunud otstarbekohaseks järgmised dreenide vahelaiused:

Pinnase liik	Dreenide vahelaius m, sügavuse olles			
	0,80 m	1,00 m	1,20 m	1,30 m
Sauemaas	8—9	9—10	10—11	—
Raskesavimaas	9—10	10—12	11—13	12—14
Savimaas	10—12	12—14	13—15	14—16
Liivsavimaas	12—15	14—18	15—20	16—22
Saviliivamaas	15—20	18—24	20—28	22—30

Dreenide vahelaiuse kõikumine samagi sügavuse ja pinnaseliigi jaoks on osalt tingitud lokaalsest erinevusest sama pinnaseliigi piirides, osalt aga viljeldavate kultuuride erinevast nõudest kuivenduse intensiivsuse suhtes. Kui kuivendatavas pinnases leiduvad hea veejuhtivusega vahekihid või -sooned, milledel on loodusliku drenaaži toime, siis on võimalik võtta antud piirides maksimaalne vahelaius; kuna seevastu läbilaskvust raskendavad tihedad vahekihid või veetihe aluskiht allpool dreene sunnivad valima väiksemat vahekaugust. Kui kuivendataval põllul kasvatatavatest viljadest tähtsamad kultuurid külvikorras on suure veenõudlusega ja madala juurekavaga, tuleb valida antud piirides suuremad vahelaiused; seevastu aga sügavalt juurduvad kultuurid eeldavad intensiivsemat, vähema vahelaiusega drenaaži.

Tabelis toodud vahelaiused kehtivad olude jaoks, kus aastasademete summa ei ületa 650 mm ja maapinna lang on alla 2%. Meie maa tingimustes aastasademete summa jääb enamasti 500—550 mm piiridesse. See õigustab kasutama meil mõningal määral (10—15% võrra) suuremaid vahelaiusi.

Rohumaade kuivendamisel vahelaius võetakse suurem ja nimelt järgmiselt:

	Heinamaal	Karjamaal
Sauemaas	20—30% võrra	10% võrra
Raskesavi-, savi- ja liivsavimaas	30—40% „	10—20% „
Saviliivamaas	40—60% „	20—40% „

Rohke lubjasisaldus pinnases võimaldab kõiki vahelaiusi 10—15% võrra suurendada, kuna rauda sisaldavates pinnastes vahelaiusi tuleb 10% võrra vähendada.

Pikidrenaaži puhul tuleb kõik eespool antud vahelaiused 10% võrra vähendada.

Turbamaas oleneb dreenide vahelaius turba lagunemise astmest ja turbakihi paksusest. Põlluna kasutataval maal tuleb vahelaius võtta 20—30 m piirides, seejuures vähemlagunenud turbas väiksem ja enamlagunenud turbas suurem. Rohumaadel võib vahelaius olla 25—40 m, seejuures kultuurkarjamaana kasutataval pindalal väiksem ja kultuurniidul suurem.

Väiksemat vahelaiust vähemlagunenud turbal tingib see asjaolu, et vähelagunenud turvas omab märksa suuremat vee kinnipidamise võimet kui hästilagunenud turvas. Sellega on seletatav ka, miks kuivendatud rabas, vähelagunenud turbas, põhjavee depressioonijoon kuivenduskraavide vahel on järsema languga kui enamlagunenud turbaga madalsoos.

Kui pinnas drenaaži sügavuse ulatusel ei ole ühesugune, vaid koosneb erineva läbilaskvusega kihtidest, siis võib dreenide vahelaiust arvutada järgmiselt. Olgu näiteks pealmine 0,60 m paksune kiht saviliiva ja selle all savi, dreenide keskmine sügavus olgu 1,10 m. Tabelist leiame saviliiva jaoks antud sügavuse juures sobivaks vahelaiuseks 24 m, savimaas sama sügavuse juures tuleks vahelaius võtta 14 m. Antud juhul valime vahelaiuseks

$$\frac{24 \cdot 0{,}60 + 14 \cdot 0{,}5}{1{,}10} = 19{,}5$$

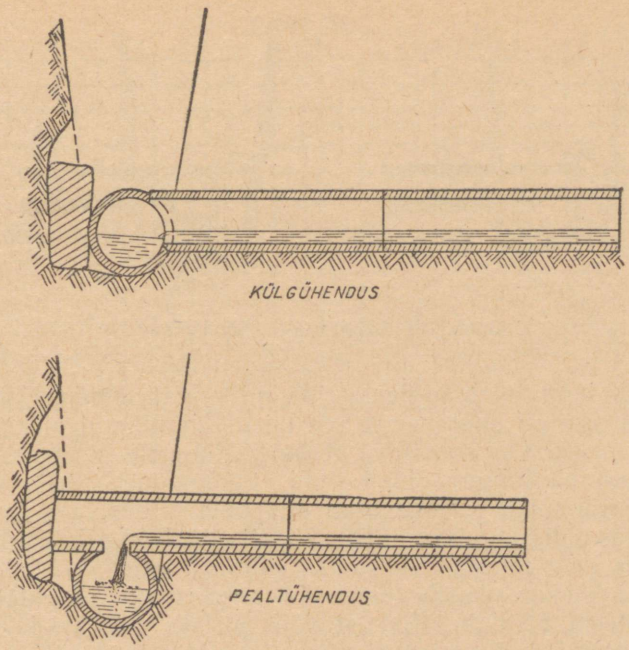
ehk ümmarguselt 20 m. Sellist vahelaiuse määramise viisi ei tule aga mitte tarvitada neil juhtudel, kui raskemalt vett läbilaskva kihi all drenaaži sügavuse ulatusel leidub vett läbilaskev kiht, mis nn. loomuliku drenaaži moodustab ja tunduvalt suurendab tehtava drenaaži mõju. Neil juhtudel võib dreenide vahelaiust tunduvalt suurendada. Allikalistel, keedekohtadel ei määra pinnas vahelaiust. Siin tuleb liigvee ärajuhtimiseks teha drenaaž sageli ainult mõnemeetriliste vahelaiustega. Allika vee ärajuhtimiseks tehtavaid dreene on soovitav eriliste dreenidena või süsteemina juhtida lahtisesse kogujasse, sest oma rohke veeandluse tõttu võivad need mõnda teise süsteemi sisselülitamise korral põhjustada selle mõõdete tunduva suurenemise vajadust. Ka võivad need ummistamise hädaohtu suurendada, sest on tähele pandud, et dreenid, milledes alaliselt vett voolab, ummistuvad sagedamini taimejuurte sissetungimise läbi.

Töökulu kokkuhoiu mõttes on soovitav võtta dreenide vahelaius võimalikult suur; see peab aga siiski olema selline, et vajatav kuivendus saavutatakse. Aegade kestel on tehtud mitmeidki katseid leiutada uusi võtteid, millede abil drenaaži oleks võimalik teostada senisest ökonoomsemalt. Tuntumaid sellelaadilisi ettepanekuid on olnud nn. «ökonoomiline drenaaž» ja «lühidrenaaž».

Ökonoomiline drenaaž, mis katseviisiliselt tarvitusele võeti, on tavalisest süstemaatilisest drenaažist erinev oma kuivendusdreenide erineva vahelaiuse poolest. Nimelt arvati, et vähese languga maas võiks dreenide vahelaius olla suurem kui hea languga maas. Selle drenaaživiisi katsetamise tulemused olid aga halvad, osutus nimelt, et suure languga kohtades dreene oli tarbetult tihedalt, seevastu väikese languga maal aga nii harvalt, et need maad küllaldaselt ei suutnud kuivendada. Kuigi ökonoomiline drenaaž ei ole mainimisväärselt kasutamist leidnud, on põikdrenaaži põhimõte, mis siit sai alguse, jäänud püsima kui õige ja otstarbekohane.

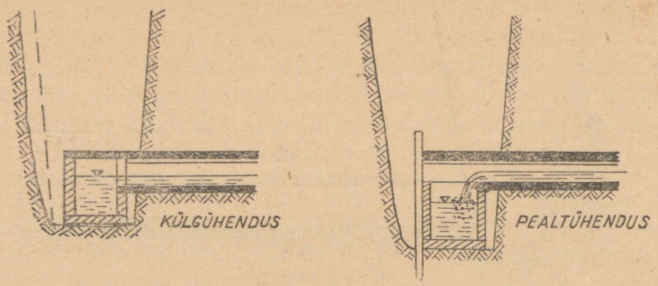
Teine ettepanek ökonoomilisema drenaaži ehituse kohta põhjeneb oletusel, et vesi üleküllastatud pinnases pole ühtlaselt jagunenud, vaid voolab soonekestena maa sees. Liigniiskuse kõrvaldamiseks olevat vaja ainult nende soonekeste vesi kinni püüda ja kuivenduse küsimus ongi lahendatud. Kuna veesooned pinnases olevat ebaühtlaselt jaotatud, siis kujuneb ka dreenide paigutus ebaühtlaseks, üldiselt aga siiski 50% vähema tihedusega kui tavaline süstemaatiline drenaaž. Selle uue viisi kohta toimetatud vaatlused on aga näidanud, et ainult väikesel osal (13,8%) juhtudest on see kuivenduse viis tulemusi andnud, kuna suurem osa (63,2%) juhtudest on jäänud täiesti tulemusteta; ülejäänud osas on tulemused ainult osaliselt olnud rahuldavad.

b) K o g u j a d. Koguja asend valitakse maapinna reljeefi suhtes selliselt, et see ei tekitaks raskusi kuivendusdreenide sissejuhtimisele. Ta peab asetsema loomulikult madalamal, kui temasse suubuvad kuivendusdreenid. Muutliku reljeefiga maal tuleb kogujad enamasti asetada nõopaikadesse. Tuleb aga hoiduda kogujat asetamast vana lahtise kraavi sängi, sest siin koguja ummistuks muda ja taimejuurtega õige kiiresti. Samal põhjusel pole lubatav ühte koguja dreeni asetada kahte toru. Kus kahe koguja lähestikune asetamine vajalikuks osutub, seal tuleb need paigutada teineteisega paralleelselt, sama vahelaiusega, nagu on kuivendusdreenid. Siis kogujad toimivad samaaegselt ka kuivendusdreenidena. Koguja suund ei pea tegema tarbetuid käändeid; eriti tuleb vältida järskude käändude tegemist. Kui koguja suund kulgeb rööbiti puude



Joon. 39. Savitorude ühendamine.

või põõsaste reaga, siis tuleb selleks, et ära hoida juurte sissetungimist torudesse, asetada koguja vähemalt 20 m kaugusele puude või põõsaste reast. Koguja ja põõsaste vaheline riba kuivendatakse lühikeste kuivendusdreenide abil, mis on otstega suunatud puuderea poole. Ülemistes otstes need küll ummistuvad, kuid muu osa toimib edasi. Kus koguja läbiviimine üksikute puude või põõsaste lähedusest ei ole välditav, seal tuleb ohustatud kohad kogujast torude ühenduskohtades teha kindlaks juurte sissetungimise ohu vastu tõrvakiti abil või muude vahenditega. Kogujate sügavuse määrab see sügavus, mis on vajalik anda kuivendusdreenidele, ning kuivendusdreenide ühendamise viis kogujatega. Viimane võib olla kahesugune: pealtühendus või külgühendus. Soovitav on alati kasutada pealtühendust, sest see ei kitsenda veevoolu kogujas. Pealtühendus nõuab aga suuremat sügavust kogujale ja vastavalt ka suuremat veepinna alandamist magistraalkraavis, millesse koguja suubub. Kus see suuri raskusi tekitab, seal tuleb paratamatult kasutada külgühendust.



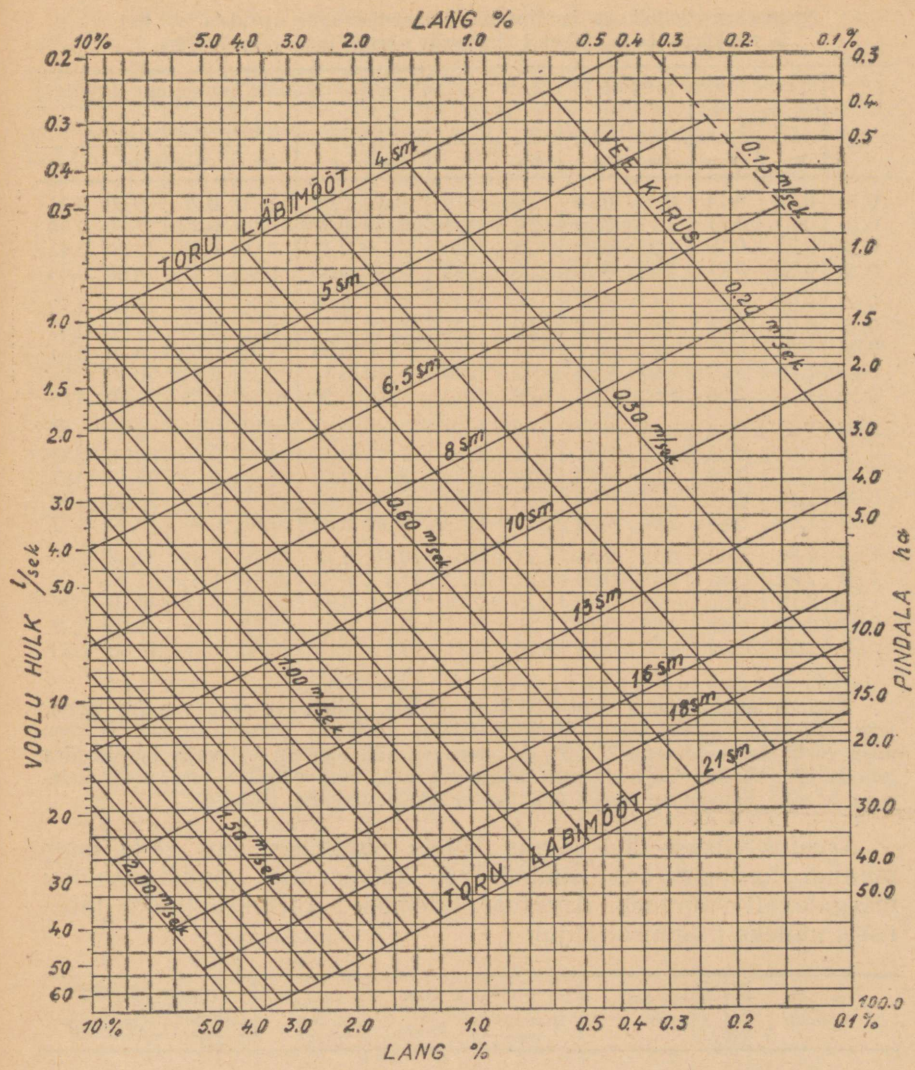
Joon. 40. Laudtorude ühendamine.

Koguja lang tuleb projekteerida mitte väiksemana kui 0,20%, igal juhul aga nii suurena, et vee kiirus kogujas ei oleks väiksem kui 0,20 m/sek. On soovitav, et lang allapoole suureneks. Kuid alati maapinna langu suhted seda ei võimalda. Kui selle tõttu koguja langu tuleb projekteerida allapoole vähenevana ja vee kiirus kogujas selle tagajärjel väheneb, siis tuleb koguja kalde murdekohas, kus lang muutub vähemaks, ehitada settekaev.

Koguja pikkus oleneb süsteemi suurusest ja maatüki kujust, mida süsteem hõlmab. Pikkust võib piirata ka saadavalolevate torude läbimõõt. Suurem süsteem ja piklik maatüki, seega ka süsteemi kuju tingivad pikemat kogujat; kuna väikese süsteemi puhul ja selle laiema kuju juures ka koguja pikkus kujuneb väiksemaks. Harva tehakse aga suurtelgi süsteemidel koguja üle 1000 m pikk. Sellest suurema pikkuse puhul tuleb igal juhul kontroll-kaev vahele lülitada.

Koguja toru läbimõõt määratakse hüdraulilise arvutuse teel, olenevalt ärajuhitavast veehulgast ja langust. Torude dimensioneerimisel võetakse ärajuhitava vee hulga arvutamise aluseks tavaliselt ühesugune äravoolunorm 0,65 sl/ha kohta, mille tõttu ärajuhitava veehulga asemel torude arvutamisel võib kasutada ka sellega võrdelist suurust: kuivendatava maa pindala. Praktiliselt koostataksegi torude hüdraulilise arvutuse tabelid ja graafikud selliselt, et neis torude läbimõõdud on antud funktsioonina langust ja kuivendatava pindala suurusest. Niisugust tabelit või graafikut kasutades hüdrauliline arvestus seisneb õieti ainult sobiva läbimõõdu või sisemõõdete valikus ja veekiiruse leidmises antud langu ja maa-ala suuruse järgi.

Torud valmistatakse mitte igasugustes soovitud mõõdetes, vaid ainult teatud kindlates standartmõõdetes. Kui antud kuivenduspindala ja langu kohaselt hüdrauliline arvutus annab mingi vahe-



Joon. 41. Nomogramm ümmarguste põllutorude dimensioneerimiseks.

pealse toru suuruse, siis tuleb võtta sellele lähim suuremamõõduline, mitte aga vähemamõõduline toru.

Nelinurkse ristlõikega kogujatorude suuruse määramiseks võib kasutada alljärgnevat tabelit:

Nelinurkse ristlõikega laudtorude kuivendusvõime (pindala = ha) ja veekiirus (v = m/sek.) äravoolu normi juures 0,65 sl/ha.

Lang %	Kuivendatav pindala ja veekiirus laudtorudel sisemiste mõõdetega (tollides)											
	2×2		2×3		3×3		3½×4		4½×5		5½×6	
	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v
0,10	0,52	0,14	0,90	0,16	1,62	0,19	2,95	0,22	5,70	0,26	9,60	0,31
0,15	0,63	0,17	1,11	0,19	1,97	0,23	3,63	0,27	6,99	0,32	11,70	0,38
0,20	0,73	0,19	1,27	0,22	2,28	0,26	4,18	0,31	8,06	0,37	13,50	0,43
0,25	0,82	0,21	1,43	0,25	2,55	0,29	4,65	0,35	9,05	0,42	15,20	0,48
0,30	0,90	0,23	1,57	0,27	2,79	0,32	5.10	0,38	9,92	0,46	16,60	0,53
0,35	0,97	0,25	1,69	0,29	3,02	0,35	5,53	0,41	10,72	0,50	17,90	0,57
0,40	1,04	0,27	1,81	0,31	3,23	0,37	5,94	0,44	11,42	0,53	19,20	0,61
0,45	1,10	0,29	1,92	0,33	3,42	0,40	6,34	0,47	12,10	0,56	20,40	0,65
0,50	1,16	0,30	2,02	0,35	3,60	0,42	6,64	0,50	12,76	0,59	21,40	0,68
0,60	1,27	0,33	2,21	0,38	3,96	0,46	7,26	0,54	13,96	0,65	23,40	0,75
0,70	1,38	0,36	2,39	0,41	4,27	0,50	7,85	0,57	15,10	0,70	25,30	0,81
0,80	1,47	0,38	2,55	0,43	4,56	0,53	8,38	0,62	16,15	0,75	27,10	0,87
0,90	1,56	0,41	2,71	0,47	4,84	0,56	8,88	0,66	17,10	0,80	28,80	0,92
1,00	1,65	0,43	2,86	0,50	5,11	0,59	9,36	0,70	17,95	0,84	30,40	0,97
1,25	1,84	0,48	3,19	0,55	5,71	0,66	10,40	0,78	20,10	0,94	34,20	1,08
1,50	2,02	0,52	3,49	0,60	6,27	0,72	11,42	0,85	22,10	1,03	37,20	1,18
1,75	2,18	0,57	3,78	0,65	6,75	0,78	12,42	0,93	23,90	1,11	40,10	1,28
2,00	2,33	0,61	4,04	0,70	7,23	0,84	13,35	0,99	25,50	1,18	42,80	1,37
2,50	2,60	0,68	4,55	0,78	8,08	0,93	14 81	1,11	28,50	1,32	48,00	1,53

Näide tabeli kasutamise kohta.

Koguja laudtoru lang olgu 0,35% ja pindala, millelt see peab vee ära viima, olgu 1,25 ha. Tabelist leiame langule 0,35% vastavalt horisontaalrealt, et toru tuleb võtta sisemõõdetega 2"×3". See toru on küll suurem kui vaja, ta võib ära juhtida 1,69 ha suuruselt pindalalt koguneva vee, kuid väiksem toru, sisemõõdetega 2"×2", kuivendab ainult 0,97 ha ja on seega liiga väikene.

Arvutus viiakse läbi koguja kõigis punktides, kus selle lang muutub, harukogujasse suubub või kuivendatav pindala muidu märgatavalt suureneb. Arvutuse tulemused võetakse kokku tabelisse, näiteks järgmisel kujul:

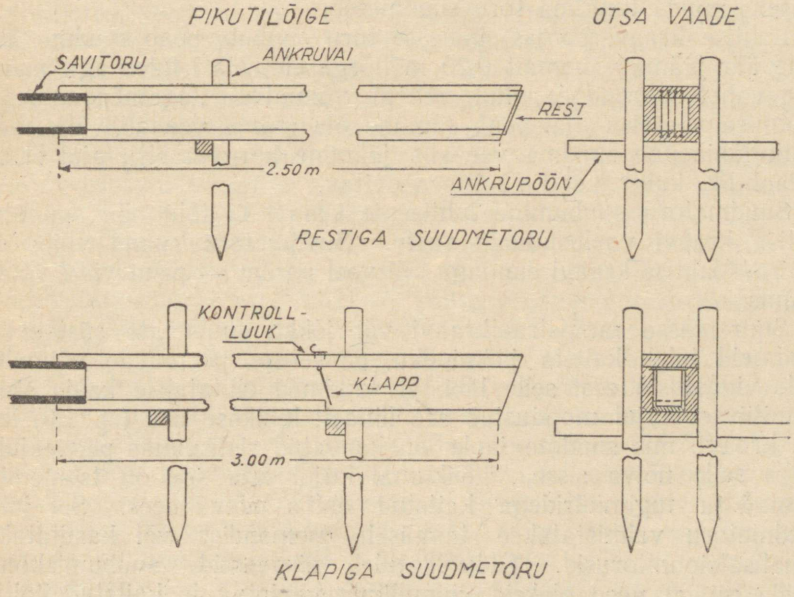
Koguja nimetus	Arvutatav osa	Kuivendatav pindala ha		Lang %	Toru läbimõõt sm	Vee kiirus m/sek
		lisanduv osa	kokku			
Süsteem V	a — b	—	0,49	0,45	5,0	0,21
	b — c	0,53	1,02	0,30	6,5	0,22
koguja	c — d	1,03	2,05	0,35	8,0	0,27
a — b —	d — e	1,44	3,49	0,60	10,0	0,43
— c — d —	e — f	1,28	4,77	0,40	13,0	0,43
— e — f —	f — g	0,36	5,13	0,75	13,0	0,58
— g — h	g — h	5,41	10,54	0,55	16,0	0,60

On tarvilik, et vesi kogujas voolaks lisanduva kiirusega. See hoiab ära uhtainete settimist. Soovitav on, et kiirused kujuneksid minimaalsest lubatavast suuremaks; eriti on see tähtis kergemates liivastes pinnastes. Vee kiirus ei pea siiski tõusma üle 1,5 m/sek., sest niisugusel korral on karta liiva sisseimemist torude ühenduskohtade kaudu.

Drenaaži süsteemi armatuur.

Torusuudmed.

Suudmed on drenaažisüsteemis ainukesteks nähtavale jäävaks osadeks. Need võivad kõige hõlpsamini saada kannatada inimeste ja loomade poolt, samuti võivad mitmesugused looduslikud tegurid neis rikkeid põhjustada. Suudmed on aga ühtlasi kõige tundelisemad osad süsteemist, sest siin tekkivad rikked mõjutavad tavaliselt kogu süsteemi. Sellepärast püütakse suudmeid teha võimalikult vähe ja need tugevalt välja ehitada.



Joon. 42. Suudmetoru.

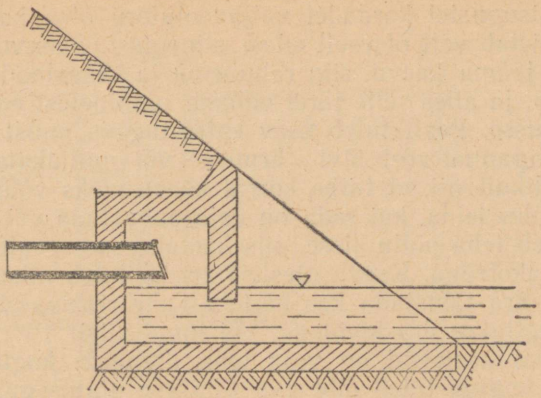
Kõige sagedamini kasutatakse 1½-tollilistest laudadest valmistatud suudmeid. Niisugune torusuu tehakse tavaliselt 2—3 m pikkune ja varustatakse rangidega, et paremini kindlustada suudmetoru võimalike vigastuste vastu ja võimatuks muuta selle väljatõmbamist maa seest. Väline ots varustatakse võrega, et takistada hiirtel ja konnadel torusse pääsemist. Võre tehakse tsink- või vasktraadist püsti varbadega. Traadi puudumisel lüüakse mõnikord 3″ või 4″ raudnaelad suudmesse, otsad vastakuti. Enne maa sisse asetamist tuleb suudmed immutada tulise karboliineumiga, fenolaadiga või puutõrvaga, mis tunduvalt suurendab vastupidavust kõdunemisele.

Suudmetoru kohaleasetamisel tuleb silmas pidada, et dreenitoru peab otsaga 5—8 sm võrra suudmetoru sisse ulatuma, kusjuures suubumine peab toimuma selliselt, et veevoolule ei teki takistust, mis võiks põhjustada uhtainete settimist suudme selles osas. Selleks tuleb dreenitoru põhi viia ühte suudmetoru põhjaga. Et dreenitoru ei pääseks suudmetorus edasi nihkuma, milline edasinihkumine tekitaks suurema vahe järgneva toru otsa vahel ja sellega põhjustaks mulla sissetungimist torusse, selleks peab dreenitoru toetuma suudmetorusse sisselõigatud ääre vastu. Dreenitoru ühenduskoht suudmetoruga tuleb nii kindlaks teha, et sealt ei pääseks mulda tungima toru suudmesse.

Lahtise kraavi põhjas, millesse toru suubub, peab suudme alumine äär jääma vähemalt 0,20 m kõrgusele; alati tuleb aga püüda seda vahet suurendada, kui vähegi võimalik. Vegetatsiooniaegse keskmise veeseisu ajal peab suudme ots jääma vee alt välja; seevastu lühiaegne suudme vee alla jäämine kõrgveeseisu ajal ei ole hädaohtlik, kuigi just ka mitte soovitav.

Suudmetoru suubumine lahtisesse kraavi ei tohi olla suunatud lahtise kraavi voolusuunale vastu. Suudmetoru suund võib olla kas risti lahtise kraavi suunaga või veel parem — pisut viltu voolusuunas.

Suuremasse magistraalkraavi või jõkke suubuvate süsteemide suudmeid tuleb kaitsta jäämineku, parvetuse ja muude võimalikkude vigastuste eest selle läbi, et suudmed ehitatakse kalda sisse. Primitiivsel kujul moodustab see lihtsalt lühikese osa (ca 1,0) lahtist kraavi, mis suudme jaoks on kaevatud ristisuunas peaveejuhtmega selle nõlva sisse, täielikumal kujul aga see on tsemendist valatud ja tugimüüridega kaitstud ehitis nõlva sees. Sel juhul suudmetoru valmistatakse tavaliselt tsemendist või kasutatakse kanalisatsioonitorusid. Üldiselt tuleb süsteemide suubumiskohad valida nii, et need oleksid võimalikult varjatud ja kaitstud kohtades, et pinnas suudmekohal ei oleks hõlpsasti varisev ja et vee



Joon. 43. Betoonist toru suu.

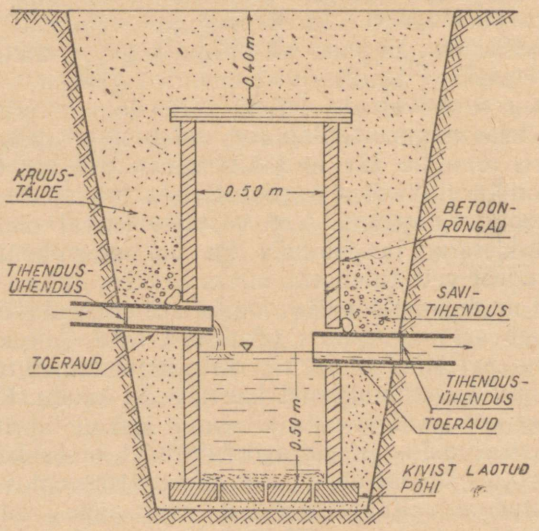
takistamatu äravool suudme juurest oleks kindlustatud. Paisutuse ärahoidmiseks tuleb vältida tegemast suudmekohti vahenditult ülevalpool sildu, paisusid ja truupe.

Sette- ja kontrollkaevud. Settekaevu ehitamine osutub vajalikuks kogujatoru langu murdekohtades siis, kui langu vähenemisega koos ka vee kiirus kogujas väheneb. Selline kaev on sageli tarvilik teha ka kahe või mitme koguja kokkuvoolu kohas. Kaev valmistatakse tavaliselt tsementrõngastest, läbimõõduga 0,50 m. Kaevu suubuvate ja sellest väljavoolava toru jaoks tuleb kaevu seina teha augud. Sellejuures tuleb aga silmas pidada, et väljavoolutoru alumine äär ei jääks kaevu põhjale ligemale kui 0,40 m. Ka on tarvilik, et sissevoolutorude suudmed ei jääks allapoole väljavoolutoru otsast, sest vastasel korral oleks vee vaba vool kaevu takistatud ja puuduks ka võimalus kontrollida, kas sissevoolutorudest vett tuleb või mitte. Sissevoolutoru alumine äär ei või jääda madalamale väljavoolutoru ülemisest äärest ja toru otste alla tuleb asetada vanast vitsrauast toed. Augud kaevu seinas sissevoolu- ja väljavoolutorude otste ümber tuleb teha tihedaks, et takistada mulla sissetungimist kaevu sealt kaudu. Kaevule tuleb teha laudadest või kividest põhi alla, mis aga ei tarvitse olla veekindel. Kui sissevoolu- ja väljavoolutorudel otste kõrguste vahe on väike, siis on hädaoht olemas, et kaevu sissevoolav vesi pääseb otse edasi minema väljavoolutorusse, viies ühes endaga kaasa kantud uhtained, mis siis väljavoolutorus selle väiksema veekiiruse tõttu põhja setiks ja ummistust tekitaks. Et seda ära hoida,

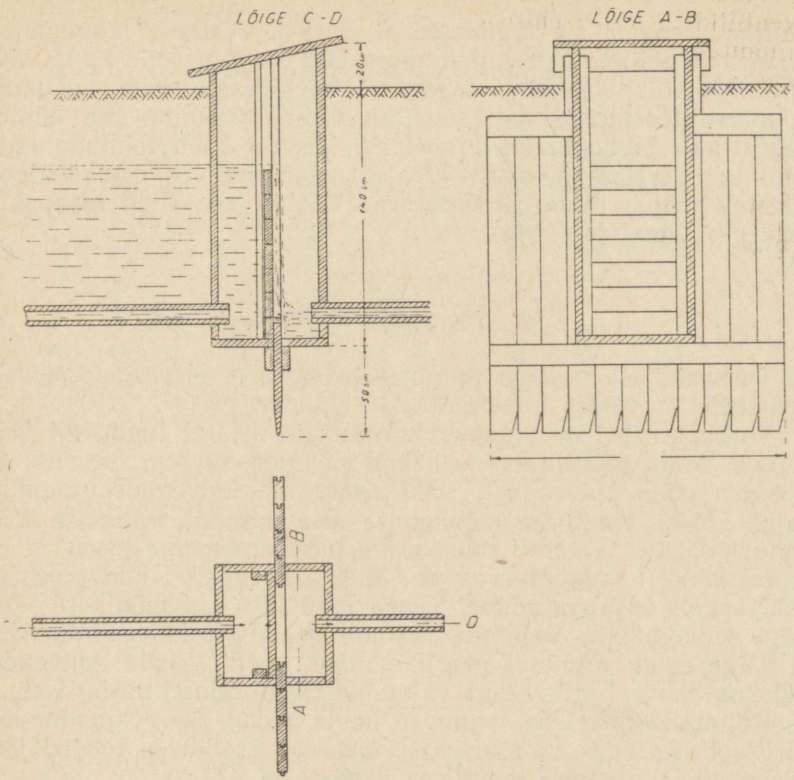
asetatakse niisugustel kordadel väljavoolutoru otsa kohale kaitselaud, mis takistab vett otseselt edasi minemast. Sissevoolanud vesi peab esialgu jääma kaevu, siin rahunema ja kaasatoodud uhtained maha panema, ja alles selle järel vabana uhtainetest edasi minema väljavoolutorusse. Pealt tuleb kaev katta tugeva puust kaanega ja sellele peale panna veel kivi-, kruusa- või mullakate, kuid seejuures võimalikult nii, et tarbe korral kaevu oleks võimalik looduses kergesti üles leida, kui seda on vaja puhastada või kontrollida. Kui kaev tuleb teha põllu sisse, siis kaetakse see pealt 40—60 sm paksuse mullakorraga. Kaevu ülesleidmiseks tuleb niisugusel juhul selle asukoht ära tähistada kas näiteks kahe ristuva sihi abil, mis looduses märgitakse ära kividega, või muul viisil.

Analoogilisi kaevusid on vaja teha drenaaži kogujal ka neil juhtudel, kui koguja tuleb läbi viia lühikese ulatusega, kuid järsu languga kohast. Siin toimivad kaevud kaskaadidena. Ehituselt need kaevud erinevad tavalistest settekaevudest ainult selle poolest, et siin kõrguse vahe sissevoolu- ja väljavoolutoru vahel on suurem.

Varematel aegadel on soovitatud ehitada drenaažisüsteemide kogujaisse ventiile, mis võimaldaksid soovi korral veevoolu sulgeda ja sel teel vett paisutades maad niisutada. Kui vee äravool



Joon. 44. Settekaev.



Joon. 45. Paisutamise seadeldis drenaažil soos.

on tõkestatud, juurdevool aga edasi kestab, siis tekib kogujas vee sulgemiskohast kõrgemal ülesurve, mis rõhub vee torust ühenduskohtade kaudu ümbritsevasse pinnasesse ja kapillaarjõudude mõjul liigub vesi kaugemalegi. Kuid koguja suurema langu puhul on niisuguse paisutamise mõju ulatus väga piiratud ja maa niiskumine ebaühtlane. Pealegi on kuival ajal, kui selline niisutamine kasulik võiks olla, dreenid veest tühjad. Paisehitised ja ventiilid dreenides põhjustavad aga alati lisakulusid ja vähendavad nende toimimiskindlust kuivendusülesannete täitmisel. Mineraalmaades keskmise ja hea langu juures need pahed on osutunud praksises tunduvamaks kui see küsitav tulu, mida väga piiratud niisutamise võimalus võiks anda. Sellepärast nüüd enam selliseid paisehitisi ja

ventiile drenaaži süsteemidesse ei ehitata. Väikese languga soomaadel on selliste paisehitiste mõju küll suurem, kuid harva siingi ventiilide või paisehitiste tegemine dreenidesse tuleb küsimusse. Enamasti teostatakse vee soovitud ülespaisutamine siin lahtistes magistraal- ja kogujates kraavides, kus see võib toimuda lihtsamini ja suurema mõjuga. Pealegi jääb ära see maakasutamist takistav mõju, mida dreenidesse ehitatud ventiilide maapealsed osad paratamatult põhjustavad.

4. Soomaade drenaaž.

Turbapinnase iseloom tingib mõnesuguseid erinevusi soomaade drenaažis, võrreldes mineraalmaade drenaažiga.

Turbapinnasel on omadus kuivendamise järel tunduvalt kokku vajuda. Mida paksem on turbakiht ja mida suurem on selle veesisaldus enne kuivendust, seda enam see kuivenduse tagajärjel vajub kokku. Ka turba lagunemise aste mõjutab vajumist. Vähelagunenud turvas vajub rohkem kui hästilagunenud turvas.

Keskmiselt vajub turvas 15—30% kuivendatud kihi paksusest, kuid sageli kokkuvajumine tõuseb kuni 50% ja mõnikord ületab isegi selle määra. Vajumine toimub peamiselt kuivendatud kihis ja kõige enam esimesel paaril kolmel aastal peale kuivendust. Vähemal määral jätkub aga vajumine ka hilisemail aastail veel.

Kujuka näite turba vajumise kohta pakub soo vajumine ühes kõrgsool asetsevas sooasunduses, millest 2 profiili on toodud joonisel nr. 46 ja vajumise muutuvus joonisel nr. 47.

Ka ENSV Teaduste Akadeemia Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaalis tehtud uurimised kinnitavad tunduvat soode vajumist kuivendamise tagajärjel. Kuivendatud madalsoo on vajunud 45—57 sm ja kohati isegi kuni 1 m, kusjuures vajumist on märgatud ka allpool dreenide põhja.

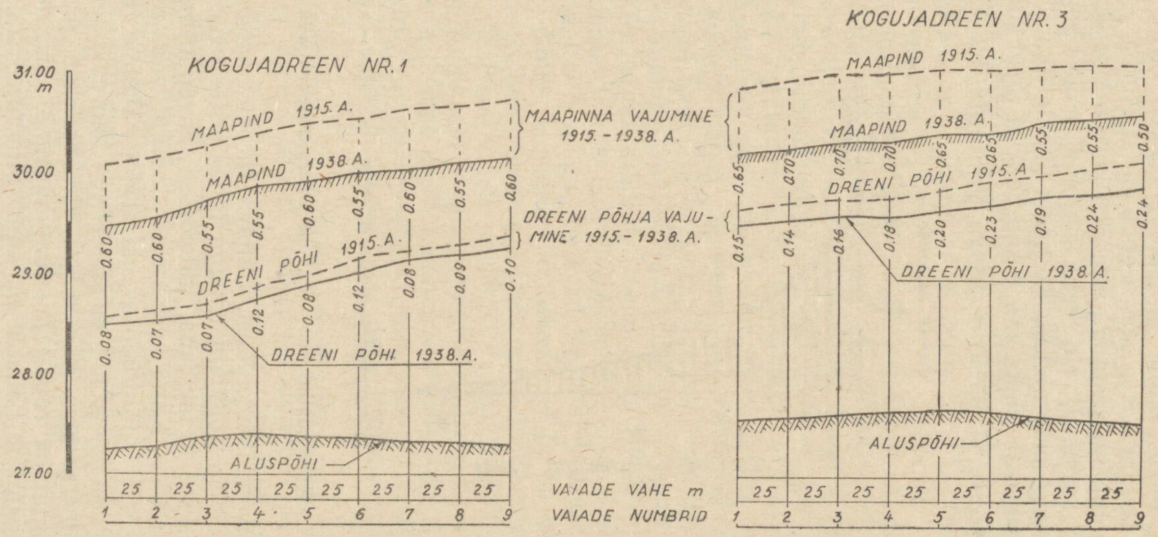
Akadeemik A. N. Kostjakov («Dokladõ Vsesojuznoi Akademii S-H Nauk imeni V. I. Lenina» nr. 1 — 1941) on esitanud valemi, mis hindab turbakihi paksust ülevalpool dreene või kuivenduskraavi põhja peale turba vajumist. Valem on järgmine:

$$h = 5{,}9\ \gamma_0 h_0,$$

milles: h = turbakihi paksus meetrites maapinnast arvatuna, kuni dreenide või kraavi põhjani peale vajumist,

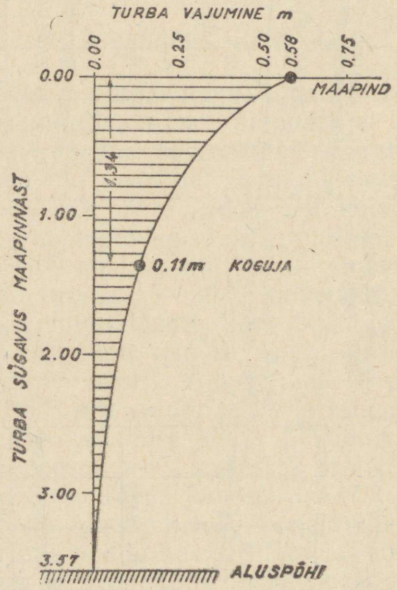
γ_0 = turba keskmine mahukaal g/sm³ või t/m³ enne vajumist (tavaliselt 0,07—0,16);

h_0 = turbakihi paksus meetrites enne vajumist.



Joon. 46. Kuivendatud soo vajumine.

Turba vajumise tõttu soomaal ei saa nii, nagu mineraalmaal, projekteerida drenaaži ainult maapinna reljeefi järgi, vaid tuleb arvesse võtta ka aluspõhja kõrgussuhteid ja turba ettenähtavat vajumist. Seda tuleb arvestada mitte üksi kuivendusdreenide asendi ja sügavuse määramisel, vaid veelgi suuremal määral kogujate õige asendi ja sügavuse määramisel. Kogujaid ei tule nimelt mitte alati asetada madalamasse paika maapinna reljeefi järgi kuivendamata olukorras, vaid nii, et need ka peale turba vajumise osutuksid



Joon. 47. Kuivendatud soo vajumise muutumine sügavusega.

madalamal kuivendusdreenidest. Sügava turbaga soodes on sellepärast sageli õigem kogujaid esialgu üldse mitte teha salakraavidena, vaid lahtiste kraavidena, milledesse kuivendusdreenid üksikult sisse juhitakse. Kuna turbamaas drenaaž enamasti tehakse kas õõnespuu- või laudtorudest, mis eraldi suudme tegemist ei vaja, siis üksikdreenide rohke suudmete arv siin pole sama suureks paheks kui mineraalmaa kuivendamisel. Eriti on seda soovitav teha soodes suurema raua- ja väävliühendite sisaldusega, kus dreenide ummistumise hädaoht on suur. Siin tuleb suuremate drenaažisüsteemide moodustamisest tingimata hoiduda.

Kuivendusdreenide pikkus ei pea ületama 150 m; seda tingib juba vähene lang. Sel juhul aga, kui on põhjust karta dreenide ummistumist, tuleb dreenid projekteerida lühemad.

Turbapinnases on tähtis taimekasvuajal pidada põhjaveepinda vajataval kõrgusel ka kuivaperioodi kestel, sest turbamaa on põuaarg maa. Sel eesmärgil tuleb peakraavides ja kogujates projekteerida vee ülespaisutamiseks vajalikke paisehitisi. Vähemas ulatuses võib küsimusse tulla ka sulgude ehitamine dreenides. Rohumaadel on selline paisutamise võimaluse projekteerimine eriti vajalik. Ühtlasi on muidugi tähtis niisutamist toimetada õigeaegselt, kui vett veel on.

Õhukese turbakihiga soodel ei tule peakraave mitte liialt sügavale aluspõhja sisse kaevata, kui aluspõhi on vett kergesti läbilaskev, sest seeläbi võib tekkida ülekuivenduse hädaoht.

Mis puutub drenaaživiisidesse, siis võivad turbamaade kuivendamisel tulla kasutamisele õõnespuu-drenaaž, laudtoru-drenaaž ja lattdrenaaž, aga ka savitoru-drenaaž. Kõige enam levinud on meil soomaade kuivendamisel õõnespuu- ja pindlauddrenaaž. Mõlemad kuivendusviisid ongi ära teeninud täie usalduse, sest need on näidanud head toimimiskindlust ja on ühtlasi osutunud küllalt vastupidavaiks. Turbamaas võib õõnespuu- ja laudtoru-drenaaži kestvust julgesti hinnata 15—20 aastale. Mõlemad need drenaaživiisid lepivad minimaalse languga, omavad head stabiilsust ühtlase langu säilitamise suhtes, ei vaja erilisi suudmeid ja on muude drenaaživiisidega võrreldes vähema seinakaredusega. Lattdrenaaž on vähem sobiv, sest see vajab suuremat langu, veejuhtimise võime on sel tunduvalt väiksem ja ummistumise hädaoht rauaühendeid sisaldavas soos eriti suur. Selle kasutamine võib küsimusse tulla ainult neil juhtudel, kui kuivendataval sool kasvab vastav latimaterjal, mis niikuinii tuleb maha võtta ja millele muud paremat otstarvet ei ole.

Savitorudrenaaži kasutamine turbamaas on raskendatud sel põhjusel, et dreeni põhjal turbamaas puudub kindel alus, mille tõttu torulülid nihkuvad turba vajumise tagajärjel kohast ära. Selle vältimiseks tuleb torudele teha laudadest või lattidest alus. Kasutatakse ka kanarbikku sellise aluse loomiseks, mis 10—20 sm paksuse kihina tambitakse dreenikraavi põhja ja katteks peale. Kuid see on rohkem töödnõudev ja seejuures siiski vähem kindel alus. Dreenide sügavuse projekteerimisel tuleb lähtuda nõutavast põhjaveeseisust soos ja turba vajumise ulatusest, kusjuures tuleb arvesse võtta, et kultuurniidul soos on soovitavaks veeseisu sügavuseks 0,5—0,6 m, kultuurkarjamaal 0,6—0,8 m ja põllul 0,7—1,0 m, olenevalt turba lagunemise astmest. Vähemlagunenud turbas põhja-

veeseis peab olema kõrgemal, hästilagunenud turbas sügavamal. Dreenide vahelaius on suurem kui mineraalmaades. Rohumaadel, millistena soomaid peamiselt kasutatakse, valitakse dreenide vahelaius 25—40 m piirides. Vähemlagunenud turbas tuleb vahelaius võtta väiksem kui enamlagunenud turbas.

Drenaažitöid saab turbamaas ette võtta tavaliselt alles peale seda, kui enne on teostatud nn. eelkuivendus lahtiste pea- ja kogujakraavide sissekaevamise teel. Selle eelkuivenduse järel tuleb lasta turvast mõnevõrra esiteks kokku vajuda ja siis alles asuda drenaažitöödele. Veega üleküllastatud turbas kraave kaevates võib esineda nende kinnivajumist, kui kaevamine teostatakse korraga täie sügavuseni ja väljakaevatud maa jääb vallidena kaldale. Seepärast tuleb siin kaevamist teha järk-järgult, vähehaaval andes turbale aega vajumiseks. Ühtlasi tuleb väljakaevatud maa loopida kaugemale, et see ei jääks raskusena kaldale, mis kraavi kokkuvajumist võiks põhjustada.

Soomaadel on veeolude reguleerimise küsimust üldiselt puudulikumalt selgitatud kui mineraalmaadel. Ka meil Eesti NSV-s selle kohta kasutada olev katsete materjal on väga kasin ega võimalda kaugeltki mitte ammendavate andmete saamist küsimuse kohta. Nüüd (1948. a.) on ENSV Teaduste Akadeemia Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaalis rajamisel uus põhjalik katse veeolude reguleerimise kohta soos, mis peab haarama küsimust kogu selle ulatuses, ja andma uued, teaduslikult põhjendatud alused veeolude reguleerimise kohta ülesharitud soomaadel.

B. Drenaaži projekt.

Drenaažitööd on üldiselt enam komplitseeritud kui lahtiste kraavide abil kuivendamine. Aga ei üks ega teine töö ei või toimuda ilma asjatundliku kavata. Silma järgi huupi töötamine või asjatundmatu kõrvalekaldumine projektist toob ikka kaasa ebaõnnestumisi töös ja kasutuid kulusid.

Detailkuivenduse projekt koosneb tavaliselt järgmistest osadest: 1) plaan, 2) profiilid, 3) erijoonised, 4) kogujate hüdrauliline arvutus, 5) torude leht, 6) lahtiste kraavide mullatöö arvutus, 7) eelarve ja 8) seletuskiri.

1. Plaan. Detailkuivenduse projekti juurde kuuluv plaan valmistatakse tavaliselt mõõdus 1:2000 või 1:2500. Vanu plaane leidub ka veel mõõdus 1:2100 või 1:2600 (mis on saadud suurendamise teel katastri plaanidest mõõtkavas 1:4200 ja 1:5200).

Plaanil peavad olema ära näidatud kõik projektiga haaratavad maad ja lisaks ära tähendatud piirduvate maatükkide numbrid ja nimed. Kui kuivendusprojektiga ühenduses korrastamisele või kaevamisele kuuluv peakraav ulatub kaugele väljapoole kuivendatava maa piire, siis võib selle plaan olla tehtud eraldi väiksemas mõõdus, näiteks 1:4000 või 1:5000. Detailkuivenduse projekti plaanil peavad olema näha kõik kõlvikute kontuurid, teed, ehitised, kiviaiad, kõik veejuhtmed ja veekogud, nagu jõed, ojad, kraavid, järved, tiigid, allikad, kuristikud, linaleoaugud jne. Peale selle tuleb plaanile märkida kõik maapinna, olemasolevate kraavide põhja- ja veepinna looditud punktid ühes kõrgusarvude juurdekirjutamisega sentimeetrilise täpsusega, loodimise kindelpunktidel aga millimeetrilise täpsusega, veepinna kõrgustel peab olema juurde kirjutatud ka loodimisaegne kuupäev. Pinnase sondeerimise paigad märgitakse ära punktidega või võrukestega loodimispunkti ümber ja kirjutatakse sondeerimise andmed juurde. Kõrgusjooned tuleb plaanile kanda 0,25 m kõrgusvahedega.

Projekteeritud süsteemid näidatakse plaanil täpse asukoha järgi ja vastavalt kuivendusviisile eri värvides ja tingmärkide abil. Korrastatavatel ja uuelt kaevatavatel lahtistel kraavidel, millede kohta pole eraldi valmistatud pikiprofiile, näidatakse plaanil vana põhja ja projekteeritud põhja kõrgused kõigis looditud punktides või vähemalt põhja kalde murdepunktides, kusjuures ühtlasi tuleb juurde märkida ka projekteeritud põhja lang. Drenaažisüsteemidel näidatakse plaanil arvudes koguja suudme kõrgus, lahtise kraavi põhja kõrgus või suuremal veejuhtmel suvise keskmise veeseisu kõrgus samas kohas, kogujadreeni põhja kõrgused kõigis selle langu murdepunktides ja projekteeritud põhja lang, samuti koguja mõõted. Kogujad märgitakse ära väikeste tähtedega, kuivendusdreenid nummerdatakse araabia numbritega ja süsteemid märgitakse rooma numbritega. Üksikdreenidel, mis süsteeme ei moodusta, märgitakse suudme kõrgus ja põhja lang juurde.

Kõik elemendid tuleb plaanil näidata kehtivate tingmärkide kohaselt ja plaanil endal anda tingmärkide seletus.

Plaan joonestatakse läbipaistvale vahapaberile või lõuendile, et sellest oleks võimalik hõlpsasti valmistada valguskoopiaid.

2. P r o f i i l i d. Peakraavi kohta selles ulatuses, mis detailkuivendusega ühenduses tuleb kaevata või süvendada, samuti ka suuremate kogujadreenide kohta, tuleb valmistada pikiprofiil, mis näitab veejuhtme langu suhteid ja hõlbustab projekteerimist. Pikiprofiil valmistatakse pikkuste ja kõrguste suhtes erinevais mõõtkavades; pikkused tavaliselt 1:2500 või 1:5000 ja kõrgused mõõdus 1:50, et niiviisi selgemini esile tõsta langu suhteid. Pikiprofiilil

näidatakse arvudes ja graafiliselt järgmised andmed: maapind, vana põhi, projekteeritud veeseisud, ära näidates ühtlasi, misaegsed veeseisud need on, ning langu suurus. Peale selle aga ka kõik teed, sillad, truubid, paisud, sissesuubuvad haruveejuhtmed ja kogujad, loodimisvaiade numbrid ja vaiade vahekaugused. Pikematel profiilidel märgitakse alla lisaks veel kaugused algpunktist. Lahtiste kraavide pikiprofiilil on kasulik ära näidata lisaks veel projekteeritud kraavi nõlvus, põhja laius, pealtlaius ja ka mullatööde maht vaiavahede kaupa.

Pikiprofiil joonestatakse millimeeterpaberile.

Kui detailkuivendusega ühenduses tuleb süvendada olemasolevaid vanu peakraave suuremate mõõtudega, siis osutub enamasti vajalikuks mullatööde mahu arvutamiseks toimetada nende ristlõike mõõtmist või loodimist ja neil andmetel joonestada veejuhtme ristprofiile (põikprofiile). Ristprofiilid näitavad vana ristlõiget ja uut projekteeritud ristlõiget, peale selle kaevamistöö ristlõike pinna suurust ja maakihte, milledes kaevamist tuleb teha. Ristprofiilile on juurde kirjutatud ka vaia number, mille juures see on mõõdetud. Ka ristprofiilid joonestatakse millimeeterpaberile; tavaliselt mõõdus 1:50 või 1:100. Kõikide sildade, truupide ja paisude kohal tuleb ristprofiil tingimata teha.

3. Erijoonised. Väiksematel projektidel peale plaani ja vajaduse korral profiilide muid jooniseid ei tehta. Mõnda vähemat detaili, nagu toru suud, dreeni täidet või muud sellist võib joonestada sobivale vabale nurgale plaanil. Suurematel projektidel võib siiski rohkem tulla mitmesuguseid lisaehitisi, nagu settekaevud, paisud, truubid ja sillad või muud sellelaadilised ehitised. Need tehakse siis erijoonistena projekti juurde.

4. Hüdrauliline arvutus. Torudrenaaži kogujatorude mõõtude õigeks valikuks, eriti aga ka selleks, et selgitada, kas kogujatorus vesi tõesti voolab kasvava ja mitte mõnes osas kahaneva kiirusega, on hüdrauliline arvutus igal juhul vaja läbi viia ja tulemused tabelina esitada. Alles sellise tabeli juurdelisamine projektile pakub vajalise garantii selle kohta, et langud kogujail on õieti projekteeritud ja nende ummistumist uhtainete seismajäämise tagajärjel pole karta. Väiksematel projektidel hüdrauliline arvutus paigutatakse ühe osana seletuskirja sisse. Ainult suurematel projektidel paljude kogujatega on tarvilik koostada eraldi tabel hüdraulilise arvutuse tulemuste kohta. Arvutuse teostamine on eespool kirjeldatud, seoses kogujadreeni läbimõõdu määramisega.

5. Torude leht. Osalt eelarve koostamise hõlbustamiseks, peamiselt aga käsitamiseks drenaažitööde teostamisel, koostatakse

suurematel projektidel torude tarviduse kohta eriline kokkuvõttetabel. Savitorude jaoks see võib olla näiteks järgmise kujuga:

Süsteemi ja dreeni nr.	Dreeni pikkus m läbimõõduga sm				Torude tarve tk. läbimõõduga sm			
	5	8	10	13	5	8	10	13

Dreenide pikkus võetakse plaanilt sirkli abil, torude hulk aga arvutatakse korrutades pikkust 3,5-ga. Torusid, millede pikkus on 33,3 sm, kulub küll ainult 3 tükki 1 jooksva meetri kohta, ja ka tollimõõdus valmistatud torusid (millede pikkus on 1 jalg ehk 30,5 sm) kulub teoreetiliselt ainult 3,28 tükki 1 jooksva meetri kohta. Kuid tegelikult leidub ostetud torude hulgas alati teatav arv praaktorusid ja ka veo juures lähevad mõned katki. Selle võrra tuleb torusid rohkem muretseda ja praktiliselt arvestataksegi torude kulu 3,5 tk. 1 j. m. kohta. Väga halva kvaliteedi puhul võib praagi protsent ja vastavalt ka torude kulu olla veelgi suurem.

Ligikaudsete kalkulatsioonide koostamiseks võib torude kulu 1 ha kohta lugeda järgmiseks:

1 ha kohta	Dreenide vahelaius m													
	10	13	16	18	20	21	22	23	24	26	28	30	32	34
Dreenide pikkus m	980	750	610	540	480	460	440	420	400	370	340	310	290	275
Vajatav torude hulk tk.	3430	2620	2140	1890	1680	1610	1540	1470	1400	1290	1190	1080	1010	960

Keskmiselt 80% kogu torude vajadusest moodustavad Ø5 sm torud; ülejäänud 20% on suurema läbimõõduga.

Torude kaal oleneb peale läbimõõdu veel seina paksusest. Keskmiseks ühe toru kaaluks võib lugeda veotonnaži kalkuleerimisel:

Ø = sm	5	6,5	8	10	13	16
toru kaal = kg	1,8	2,0	2,5	3,5	5,0	7,0

Need arvud on ligikaudsed. Igal üksikul konkreetsel juhul on soovitav torude kaalu eraldi arvutada antud kohas kasutamisele tulevate torude tegeliku kaalu järgi, mille kohta torude ostukohast saab andmeid.

6. Mullatööde arvutus. Dreenikraavide kaevamisel tehtavat mullatöö mahtu tavaliselt eraldi ei arvutata, vaid see töö arvatakse kokku torude või muu dreenimaterjali sissepanemisega ja dreenikraavide kinniajamisega. Kui siiski kaevamistöö mahtu vaja peaks olema eraldi määrata, siis on seda kerge arvutada dreenikraavi keskmise sügavuse ja pikkuse järgi, võttes kraavi ristlõikeks trapetsi, mille altlaius on 0,20 m ja pealtlaius 0,50 m.

Lahtiste kraavide mullatöö mahu arvutamine sünnib samuti trapetsi valemi järgi. Väiksematel kraavidel saadakse see korrutades kraavi keskmine ristlõike pind ta kogupikkusega, suurematel aga, mis on välisuurimise ajal vaiutatud, tehakse arvestus vaiavahede kaupa. Arvutamistöö hõlbustamiseks kasutatakse raamatu lisas toodud tabeleid.

7. Eelarve. Eelarve koostatakse ametlikult kehtestatud tööjõudluse normide, päevapalkade, materjalihindade ja transpordikulude alusel, juurde arvates lubatud ulatuses ka üldkulusid. Eelarve kujuneb erinevaks sellest olenevalt, kas töö täidetakse kogu ulatuses käsitsi või tehakse see osaliselt masinaga. Sellepärast peab eelarvet tehes teadma, kuidas töö tuleb täitmisele. Soovitav on teha eelarve detailitult üksikute tööliikide järgi, ja võimaluse korral ka süsteemide või selliste töögruppide kaupa, mis võivad iseseisvalt tulla tegemisele. See hõlbustab tunduvalt eelarve käsitamist tööde tegeliku läbiviimise juures.

8. Seletuskiri. Seletuskiri peab täiendama seda, mis otseselt ei nähtu projekti muudest osadest, s. o. plaanist, profiilidest, eelarvest või mujalt. Samuti tuleb seletuskirjas anda põhjendus valitud kuivendusnormide, kriitiliste langude, veekiiruste ja üksushindade kohta. Seletuskiri ei tarvitse olla pikk, kuid ta peab olema asjalik. Temas peavad käsitamist leidma järgmised küsimused:

A. *Üldosa.* Ülesande andja, majandi nimi, asukoht, suurus, kõlvikute vahekord, varem teostatud maaparanduse tööd, nende tulemused ja praegune seisukord, parandamist vajavate pindalade kokkuvõtlik kirjeldus, mida kuivendusprojekt haarab ja liigniiskuse põhjused. Liigniiskuse põhjuste kohta tuleb anda üksikasjaline analüüs ja mitte ühe pealiskaudse lausega asjast üle minema.

B. *Projekteerimise aluseid.* Valitud kuivendusviisi, kuivenduse sügavuse ja kuivendusdreenide (resp. kraavide) vahelaiuse põhjendusi, selgitusi äärmiselt väikeste (alla 0,3 m/sek.) ja suurte (1,5 m/sek. lähenevate) veekiiruste, väikeste langude ja dreenisügavuste valiku põhjuseid, põhjendada projekteeritud suudmekõrgusi süsteemides ja ära näidata, et taoteldavad veeseisud kuivendataval maa-alal on saavutatavad.

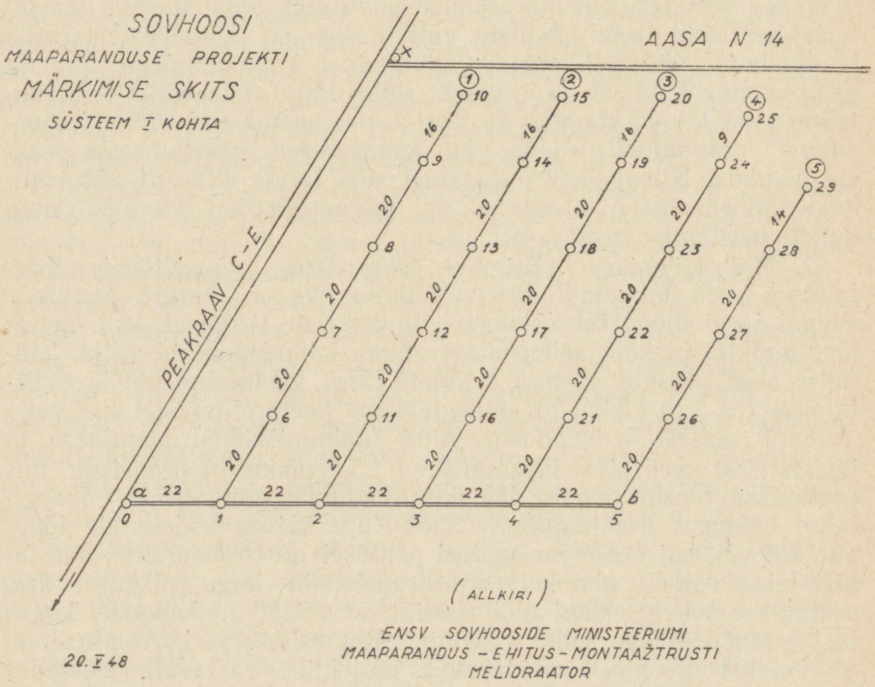
C. *Töö maksumus ja majanduslik tasuvus.* Tööde teostamise osas tuleb anda juhiseid selle teostamise viisi ja selgitamist vajavate üksikasjade kohta, ära näidata üksushindade arvutamise alused, näidata kulud 1 ha kohta ja ära tuua majandusliku tasuvuse kalkulatsioon. Viimane peab näitama, et kulude tegemine projekteeritud ulatuses on majanduslikult õigustatud ja tasuv. Ühtlasi tuleb ära näidata, millised kokkuhoiuvõimalused tööde teostamisel on olemas, millises järjekorras tööd tuleksid teostada ja millises osas töid on võimalik teostada majapidamise enda tööjõudude ja materjalidega.

C. Drenaaži tööde teostamine.

1. Tööde juhatamine. Kõige pareminigi valmistatud projektist on vähe kasu, kui see halvasti teostatakse. Kõige sagedamaks drenaaži ebaõnnestumise põhjuseks on just selle teostamisel tehtavad vead. Selliste vältimiseks on kõigepealt tarvilik kindlustada asjatundlik tööde juhatamine. Drenaažitööde juhataja peab omama teadmisi ja vilumust selles töös, et ta võiks olla suuteline veel töö teostamise kestelgi tarbe korral ette võtma mõnesugust muudatust projektis, kui kohapealsed asjaolud seda peaksid nõudma. Niisuguseid muudatusi võib tarvis olla ette võtta niihästi mõnede dreenide suunas või sügavuses kui ka mõne muu detaili teostamise osas.

2. Märkimine. Esimese ülesandena drenaažitööde teostamisel tuleb toimetada drenaažisüsteemide märkimist looduses. Plaani järgi mõõdetakse kõigepealt kogujate suudmekohad, nende lõpp-punktid ja kõik vahepealsed suuna käändepunktid välja, kantakse need plaanilt saadud andmete järgi loodusesse üle ja tähistatakse (ca 2 m pikkuste) sihikeppidega. Seejärel mõõdetakse välja (plaani alusel) kuivendusdreenide suubumiskohad kogujasse ja tähistatakse need pisut lühemate (ca 1,5 m pikkuste) keppidega, mis asetatakse täpselt varem tähistatud koguja sihile. Edasi märgitakse looduses ära kogujasse suubuvate kuivendusdreenide lõpp-punktid või, kui see mõnesugusel põhjusel on raskendatud, siis tähistatakse esiteks ühe kuivendusdreeni siht kogu pikkuses ära, asetatakse sellele ekkeri abil ristsiht 60 või 80 m kaugusel kogujast ja mõõdetakse sellel ristsihil välja esimesest kuivendusdreenist alates dreenide vahelaiused projektile vastavalt, asetades igasse väljamõõdetud punkti sihitiku. Nende tikkude ja kogujadreenil kuivendusdreenide suubumiskohta tähistavate sihikeppide

järgi on hõlbus ära tähistada kõigi ülejäänute samasuunaliste kuivendusdreenide sihid. Seda tehakse vaiade abil, mis asetatakse tavaliselt iga 20 m tagant. Vaiad nummerdatakse ja iga numbri kõrvale lüüakse veel teine vai maapinnaga tasa loodivaiaks. Maapinnaga tasa löödud vaiad looditakse üle, lähtudes loodimise kindelpunktidest, mis on asetatud projekteerimisele eelnenud välisuurimiste ajal, arvutatakse vaiade kõrgused ja dreenide põhja kõrgused nende vaiade kohal ning saadakse nende diferentsina dreenikraavi sügavused antud vaiade juures. Need kirjutatakse kraavilehele ja märgitakse ka numbrivaiadele peale. Kuivendusdreeni suubumiskohas kogujasse, kui on ette nähtud pealtühendus, tuleb märkimislehel ja vaial kirjutada kaks sügavust: kriipsu peale kuivendusdreeni sügavus ja selle alla koguja sügavus. Pealtlaiust dreeni kraavidel pole vaja märkida.



Joon. 48. Drenaaži märkimise skits.

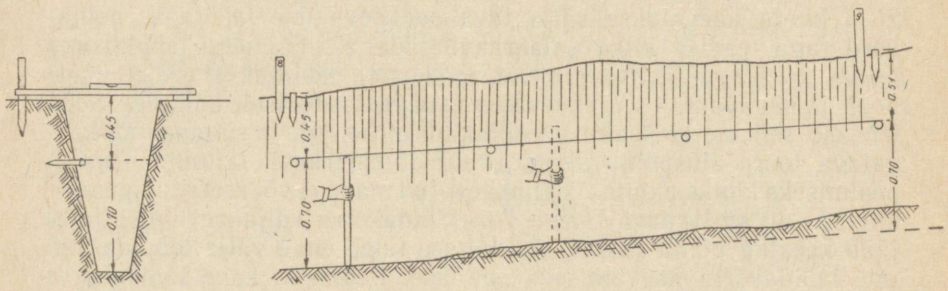
Peale märkimislehe tehakse veel märkimise skits mõõdus 1:1000 millimeeterpaberile. Skitsile märgitakse vaiade asend, nende numbrid ja vahekaugused. Sellele lisaks on soovitav märkida veel maapinna vaia kõrgus ja dreeni sügavus. Kui dreenide langu projektiga võrreldes on muudetud, tuleb ka see märkida. Skitsi nurgale tuleb kirjutada, millise projekti juurde see kuulub, ja märkida ka süsteemi number, samuti ära tähendada, millal ja kelle poolt märkimine on tehtud. Kõik muudatused, mis tööde teostamise kestel projektis ette võetakse, tuleb korralikult plaanil ja profiilides ära märkida ja juurdelisatavas seletuskirjas muudatuste vajadust põhjendada.

3. Dreenikraavide kaevamine. Kui lahtised kraavid, milledesse drenaažisüsteemid suubuvad, juba on kaevatud ja drenaaži materjal ka kohale veetud, võib tehtud märkimise alusel asuda dreenikraavide kaevamisele. Esiteks kaevatakse koguja ja siis imejad. Kaevamine sünnib alt ülespoole vastuvoolu. On tarvilik, et kaevamine toimuks lühikese aja jooksul, sest vastasel korral dreenikraavid varisevad enne uuesti mulda täis, kui torud sisse saavad. Dreenikraavid jäävad lahtiseks ainult nii kauaks, kuni neisse torud või muu täidismaterjal sisse pannakse. Seepärast kaevatakse need tarbetu töö vältimiseks võimalikult kitsad. Sobivaks pealtlaiuseks loetakse savi- ja turbapinnases 25—30%, liivsavi- ja saviliivamaas aga 30—40% dreeni sügavusest. Põhjast ei tarvitseks laius olla suurem kui toru (resp. täite) väline läbimõõt. Praktiliselt on aga võimata kaevata kitsamat kui 10 sm laiust põhja, sest kitsaim labidas on alt 9 sm lai. Tegelik laius on enamasti veelgi suurem. Laudtoru- ja freestorukraavil peabki laius olema pisut suurem, umbes 20—25 sm, selleks et võimalikud vähemad kõverused kraavi suunas ei takistaks toru asetamist kraavi. Latt- ja hagudrenaaži puhul dreenikraavi põhja laius peab olema koguni 0,30—0,35 m.

Dreenikraavi kaevamine toimub labidakordade viisi. Pealmised 2—3 korda kaevatakse välja tavalise kaevamise labidaga, põhjakord aga erilise kitsa salakraavilabidaga. Esimese labidakorra kaeve (pealmine mättakord või mullaosa) asetatakse eraldi ühele poole ja sügavamalt väljakaevatav maa vastaspoolsele kaldale. Seda tehakse selleks, et pealmist mullakihti mitte segada sügavamalt kaevatava toore aluspõhja kihiga, vaid dreenikraavi täitmisel uuesti pealmiseks kihiks panna. Väljakaevatud maad ei või asetada ligemale kui 30—40 sm kraavi äärest. Iga labidakorra väljakaevamise järel jääb kaeviku põhja lahtist mulda; see tuleb enne välja loopida, kui uue labidakorra kaevamisele asutakse. Pealmise kahe labidakorra kaevamisel tuleb kaevikule anda juba selline sügavus, et järgnevaid

labidakordi saab kaevata konstantse sügavusega, kusjuures eelviimase labidakorra põhi omaks juba ka projekteeritud langu. Viimane labidakord kaevatakse kitsa labidaga. Selle korra kaevamine on suurt tähelepanu nõudev töö, sest kraavi ei tohi kaevata vajatavast sügavamaks. Kui lahtise kraavi kaevamisel sügavamaks tegemine on suhteliselt väike viga, siis salakraavi kaevamisel see on väga raskelt parandatav viga. Sügavamaks kaevatud koht tuleb nimelt uuesti täita, et toru selles kohas ei jääks nõosse; kuid täidet on raske teha sama tihedaks, kui on muu osa dreenikraavi põhjast, mille tõttu jääb hädaoht püsima, et toru hiljem selles kohas siiski veel võib vajuda. Viimase labidakorra kaevamist tuleb seepärast toimetada nööri järgi või sihikeppide abil. Nööri või sihikeppide abil fikseeritakse sirge kontrolljoon, mis omab täpselt sama langu, kui projekteeritud põhi. Nööri abil toimub põhjakihi kaevamine järgmiselt. Olgu näiteks nõutav sügavus ühe vaia (nr. 8) juures 1,15 m ja lähema järgmise vaia (nr. 9) juures 1,21 m. Tahame nööriga tähistada kontrolljoont, mis oleks paralleelne projekteeritud põhjaga ja 70 sm kõrgusel sellest. Kontrolljoone tähistamiseks lööme vaia nr. 8 kohal kraavi nõlva sisse tiku sellisele kõrgusele, et selle ülemine äär jääks 115 — 70 = 45 sm allapoole nr. 8 maapinna vaiast, ja samal viisil lööme vaia nr. 9 kohal kraavi samapoolsesse nõlva teise tiku nii, et selle ülemine äär jääks 121 — 70 = 51 sm allapoole nr. 9 maapinna vaiast. Nüüd pingutame nõlva sisse löödud tikkude vahele peene traadi või nööri ja toetame seda alt 4—5 kohast tikkudega, et ta ei saaks längu vajuda. Nii asetatud kontrolljoonest on nüüd võimalik 70 sm pikkuse mõõdupuuga igas soovitud kohas kraavi sügavust kontrollida.

Sel teel saab ühe vaiavahe osas põhi õige langu, kuid pikemal ulatusel üheaegselt kontrollimine tekitab raskusi, sest nööri abil



Joon. 49. Dreenikraavi põhja kaevamine nööri järgi.

on raske fikseerida pikemat joont sirgena; ta vajub längu. Veelgi suurem viga võib aga tekkida selleläbi, kui loodimisevaiad turbamaas on vajunud ja sealjuures kõik mitte ühepalju. Väljakaevatud ja kaldale asetatud maa raskus suurendab omalt poolt veelgi seda vajumist. Kui vaiad pole mitte vahenditult enne nööri asendi märkimist uuesti üle looditud, vaid nöör asetatakse nende kõrguste järgi, mis vaiadel oli märkimise ajal, s. o. enne kraavi kaevamise algust, siis ei saa nöör õiget langu ja kaevatav põhi samuti mitte. Seepärast on pehmes maas parem kasutada nn. sihikeppide viisi. Selle viisi järgi toimub kontrolljoone tähistamine ülevalpool maapinda. Selleks asetatakse kaevatavas dreeniosas korraga 4 või 5 vaia juurde püsti sihilauakestega varustatud kepid selliselt, et sihilaua ülemine äär kõikide vaiade juures jääks võrdsele kõrgusele projekteeritud põhjajoonest. See saavutatakse sihikeppide asetamisega selliselt, et sihilauakeste ülemise ääre kõrgus looditud maapinna vaiast võrduks sihijoone kõrguse ja dreenikraavi sügavuse vahega. Nii näiteks valides sihijoone kõrguseks 1,60 m, peavad sihikeppide sihilauakeste ülemised ääred jääma looditud maapinna vaiadest kõrgemale järgmiselt:

Vaia nr.	Sihijoone kõrgus m	Dreeni sügavus m	Sihilaua ülemise ääre kõrgus üle loodivaia m
5	1,60	1,15	0,45
6	1,60	1,20	0,40
7	1,60	1,12	0,48
8	1,60	1,06	0,54
	jne.		

Kui sihikepid täpselt on asetatud, jäävad nende sihilauakeste ülemised ääred kõigil ühele sihijoonele, mis omab projekteeritud dreeniga ühesugust langu ja asetseb igas punktis võrdsel 1,60 m kõrgusel sellest. Dreenikraavi sügavuse kontrollimiseks kasutatakse mõõdukeppi, mis on samuti varustatud sihilauakesega ja mille pikkus alt otsast kuni sihilaua ülemise ääreni on täpselt 1,60 m. Kui mõõdukepp asetada püstloodis kraavi põhja ja sihtida üle sihilauakese ülemise ääre, siis peab — kui kraavi sügavus on õige — mõõdukepi sihilauakese ülemine äär jääma sellele kontrollsihijoonele, mis on tähistatud sihikeppidega vaiade juures. Jääb see kõrgemale sihijoonest, siis on selles kohas kraavil veel põhja sees; asetub ta aga allapoole, siis on kraav kaevatud liiga süga-

vaks. Sihti tuleb võtta vähemalt kahe, parem aga 3 või rohkem sihilaua järgi; see on heaks kontrolliks, et sihijoon pikemal ulatusel omab nõutavat, õiget langu.

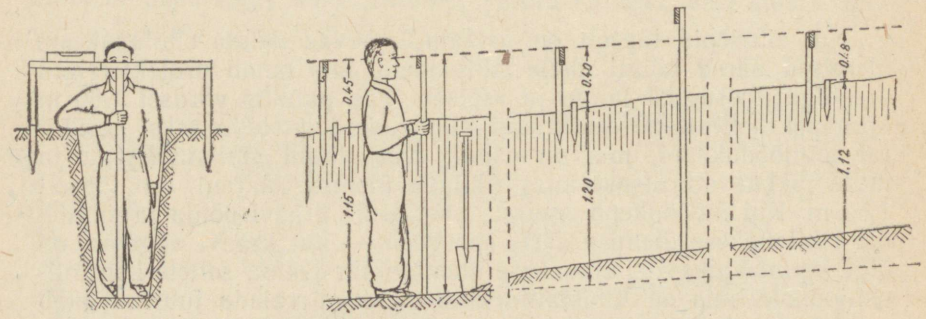
Kuivendusdreenide jaoks kraavi kaevates tuleb silmas pidada, et neis kohtades, kus on ette nähtud pealtühendus, kuivendusdreeni põhi suubumiskohal kogujasse peab jääma vajaliselt kõrgemale ja nimelt:

koguja	d =	6,5	sm	jaoks	—	11	sm võrra
„	d =	8,0	„	„	—	13	„ „
„	d =	10,0	„	„	—	15	„ „
„	d =	13,0	„	„	—	19	„ „
„	d =	16,0	„	„	—	22	„ „

Ka külgühenduse korral ei tule kuivendusdreeni põhi kaevata täpselt samale sügavusele koguja põhjaga. Siin kuivendusdreeni põhi jääb koguja põhjast kõrgemale koguja ja kuivendustoru välise läbimõõdu vahe võrra.

Mainitud astme jätmine mõlemal juhul, eriti pealtühenduse korral on absoluutselt tarvilik, sest kui kuivendusdreeni kraav on ekslikult kaevatud sama sügavaks, siis tuleb selle põhja enne torude asetamist täita või koguja põhi pikemal ulatusel kaevata sügavamaks. Esimesel juhul jääb ühenduskohas kuivendusdreeni alus ebakindlaks ja võib esineda torude paigalt äranihkumist, teisel juhul võib tehtud viga põhjustada tunduval määral lisatööd. Seepärast tuleb nõuda hoolikat järelevalvet tööde juhataja poolt, et selliseid vigu ei juhtuks.

Kui savitorudrenaaži-süsteemil kuivendusdreenid on projekteeritud terava nurga all kogujale, siis tuleb tööde teostamisel kuiven-



Joon. 50. Dreenikraavi põhja kaevamine sihikeppide järgi.

dusdreenide alt otsad teha kaares, et ühenduskoht saaks stabiilsem. See on eriti tarvilik juhul, kui ühenduskoha tegemiseks ei ole kasutada sellekohaseid eri ühendusosasid. Latt- ja hagudrenaaži puhul, kui vajadust peaks olema neist süsteemi moodustada, tuleb seevastu kuivendusdreenid nimelt just terava nurga all kogujadreeni juhtida; ja kui suubumisnurk projekti järgi küllalt terav ei ole, siis tuleb see kuivendusdreenide alumiste otste kaares eemalekäänamise teel teravamaks kujundada.

Laudtorude puhul võivad kuivendusdreenid kogujasse suubuda niihästi täis- kui ka teravnurga all; siin kuivendusdreenide suuna muutmiseks vajadust ei ole.

Käändekohad torusalakraavidel tuleb teha kaares. Järskude käändude puhul on torude asetamine raskendatud ja ühenduskohad torudel ei jää küllat kindlaks ummistuse ohu vastu.

Kui dreenikraavi kaevamisel tuleb ette suur kivi, mille kõrvaldamine on raske, siis on vaja dreeni kaarena kivist mööda juhtida. Toru panemine kivi alt läbi ei ole lubatav.

Vesiliivamaas tuleb dreenikraave kaevata erilise ettevaatusega. Kaevamiseks tuleb siin valida selline aeg, kui pinnas liialt vesine ei ole, ja kaevamist toimetada järgukaupa, vaheaegadega, andes pealmisel kihil aega taheneda, enne kui järgmist, sügavamat kihti hakatakse kaevama. Sellega hoitakse ära kraavi kokkuvarisemine enne toru sisseasetamist. Üksikjuhtudel võib tarvilik olla kraavi külgi isegi laudade abil toestada. Sellistes kohtades on eriti tähtis, et torud võimalikult varsti peale kraavi kaevamist kohale asetataks. Toestatud kohtades tugilaudu ei võeta enne välja, kui torud on paigale asetatud ja kraav ka juba uuesti täis aetud.

Suurt ettevaatust nõuab dreenikraavide kaevamine ehitiste läheduses, näiteks hoone vundamendi äärde. Pehmes savis, eriti aga liivamaas, mis veega on üleküllastatud, hakkab kraavi sissekaevamise järel koos veega ka liiva kraavi tungima. See toob sageli endaga kaasa ohtlikke vajumisi ehitise aluses ja lõhede tekkimist kiviseintes. Õnnetuste ärahoidmiseks tuleb vältida tegemast dreenikraavi ehitisele lähemale kui 3—5 m; igal juhul aga kraavi kaevamist toimetada küllalt aeglaselt, õhukeste kihtide viisi vähehaaval sügavamaks kaevates ja läbikaevatud kihti enne kuiveneda lasta, kui järgmise kihi kaevamisele asutakse.

Tööjõudlus dreenikraavide käsitsi kaevamisel oleneb kaevatava kraavi sügavusest ja pinnase kaevamise raskusest; palju mõjub kaasa ka töötajate töövilumus. Kalkulatiivseteks arvutusteks võib kasutada järgmisi tööjõudluse arvusid torudreenikraavide kaevamisel.

Dreenikraavi sügavus m	Tööjõudlus j. m. tunnis		
	Raskes maas, nagu kruus, kuiv kõva savi, kruusane savi	Keskmises maas, nagu niiske savi, liivane savi, juuri sisaldav turvas	Kerges maas, nagu liivamaa, juurteta turvas
0,70	4,5	9,0	14,0
0,80	4,0	8,0	13,0
0,90	3,5	7,0	11,0
1,00	3,0	5,5	8,5
1,10	2,0	4,5	7,0
1,20	1,5	3,5	5,5
1,30	1,2	2,8	4,5
1,40	1,0	2,5	4,0

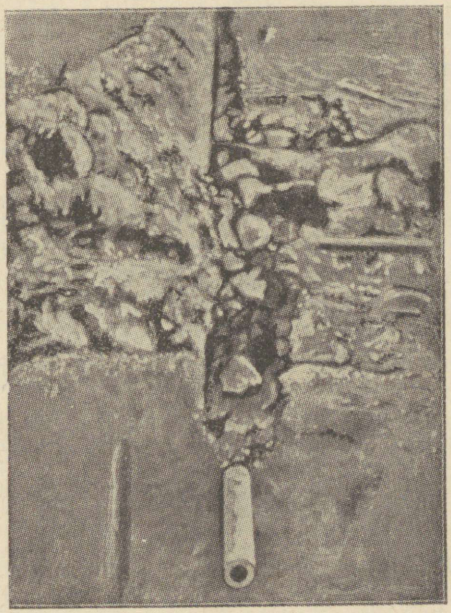
Stahhaanovlased võivad neid keskmisi jõudlusnorme tunduvalt ületada.

4. Torude asetamine. Valmiskaevatud dreenikraavi põhi vajab eriti savitorudrenaaži puhul enne hoolikat tasandamist, kui torusid võib hakata paigale asetama. Põhja tasandamist toimetatakse kaldalt, pikavarrelise kitsa kühvli abil, hööveldades sellega põhja õhukeste laastude kaupa madalamaks, kus ebatasasusi on jäänud. Peale esialgse tasandamise silma järgi ja lahtise, sissevarisenud mulla väljatõstmise on soovitav täiendavalt põhja kontrollida vee abil. Selleks toimetatakse valmiskaevatud dreenikraavi ülemisse otsa vaadiga vett ja lastakse seda ettevaatlikult vooliku abil kraavi põhja, jälgides seejuures hoolega, et vesi ei põhjustaks põhja uhtumist. Voolates õhukese kihina dreeni põhja mööda peab veenire omama ühesugust laiust igal pool. Kus nire jääb kitsaks, seal on põhi liiga kõrge ja tuleb kühvliga täiendavalt maha hööveldada, kuni veenire omab sama laiust, mis mujal. Kus aga veenire on keskmisest laiem, seal on kraav sügavam kui vaja. Üksikute sügavamaks kaevatud kohtade pärast ei ole põhjust kogu muus osas mahahööveldamise teel hakata kraavi süvendama, mis võib muuta projekteeritud põhjakõrgusi ja raskendada hiljem torude asetamist; parem on selliseid üksikuid paiku kraavis parandada kruusaga täitmise teel, mis vastava nuia abil hoolikalt tuleb tihendada, ilma seejuures siiski põhja liialt tampimata, mille tagajärjel see pehmeks ja vesiseks muutuks.

Läbilaskvas pinnases vee abil kraavi põhja kontrollimine pole võimalik. Siin tuleb kraavi küljele pingulitõmmatud nööri või traadi abil põhja sügavust kontrollida.

Kruusases maas on kühvliga tasandamine kaunis tülikas ja kipub jääma lahtisi kivikesi kraavi põhja. Need tuleb tambiga ettevaatlikult põhja sisse tagasi vajutada.

Märjas maas töötades tuleb hoiduda kraavi põhja mitmel korral liigutamast, sest selle tagajärjel muutub kraavi põhi pehmeks. Tallamine kraavis on sellisel juhul täiesti lubamatu. See tekitaks kraavi põhja mudakorra. Sellist mudaks tallatud kohta saab parandada ainult kruusaga täitmise teel, mis tambiga ettevaatlikult kinni vajutatakse, või kühvliga muda välja tõstes, kusjuures tuleb maha lõigata muda alt ka õhuke kiht kindlat põhja.



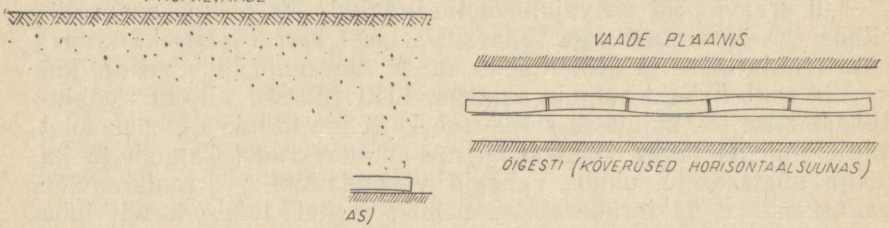
Joon. 51. Õõnespuutoru suue.

Kui kraavi põhi on vajaliselt tasandatud, siis ei tule enam viivitada torude asetamisega kraavi. Vastasel korral variseks kraavi jälle mulda sisse ja seda tuleks uuesti üle puhastada, enne kui torusid saab hakata paigale panema. Eriti suureks võib uus põhjapuhastamise töö kujuneda sel korral, kui enne torude sissepanemist juhtub tulema tugev vihmasadu, mis mulda kraavi kannab ja ka põhja ebatasaseks uhub. Vaheaja vähendamiseks dreenikraavide valmissaamise ja torude sissepanemise vahel tuleb torud juba aegsasti töökohale vedada ja üheaegselt kraavi kaevamisega ka juba kaldale ritta asetada, toimetades ühtlasi kõlbmatute torude

väljapraakimist. Sellised vigadega torud, millede defektid jäävad sallitavatesse piiridesse, võivad kasutamist leida dreenide ülemistes otstes; kõverad osaliselt ka käänukohtades.

Torude asetamist, kui on küsimuses savitorudrenaaž, võib usaldada ainult vilunuile torupanijaile. Torud asetatakse kraavi põhja kas käega või sellekohase konksu abil. Hea torumaterjali puhul on konksuga panemine soovitavam, sest sellega hoitakse ära võimalikud põhja vigastused torude panemise ajal. Halvema torumaterjali puhul ei saa aga torusid konksuga küllalt hästi üksteise ligi asetada ja niisugusel korral on käsitsi panemine parem. Enne asetatakse torud sisse kuivendusdreenidel ja alles selle järel kogujail. Torude panekut alustatakse dreenidel ülemisest otsast ja liigutakse tööga allapoole, voolu suunas. Selline tööviis on tarvilik selleks, et võimalike sadude korral, mis võivad esineda töö keskel, vesi ei saaks lahtise dreenikraavi põhjast ülevalt poolt kanda uhtaineid kohaleasetatud torudesse allpool. Esimese toru ots dreenil suletakse savist või tsemendist prundiga või pannakse otsa vastu lapik kivi, mis takistab mulla sissepääsu torusse. Puust prunt pole selleks kõlblik, sest niiskes maas paisudes ta ajab toru lõhki. Kui esimene toru käsitsi on kohale asetatud, toimub järgnevate asetamine, olenevalt materjalist, kas samuti käsitsi või konksu abil. Torud tuleb asetada otsapidi üksteisele täiesti ligi, igatahes ei või otste vahele jääda laiemat pragu kui 1,0—1,5 mm. Torud loetakse korralikult asetatuks, kui torude reast ühte toru välja tõsta püüdes see ei tule välja ilma endaga kergitamata 3—4 lähema naabrustoru otsa kummaltki poolt. Torude üksteisele lähemale surumine kangi abil või muul teel ei ole tarvilik ja toob ennem kahju kui kasu, eriti kui torud ei ole päris sirged.

Kõveruse defektidega torusid kohale asetades on tarvilik neid panna nii, et kõverus jääks horisontaaltasapinda, nagu näidatud joonisel nr. 52, sest vastasel korral tekib veevoolu takistusi torus,



. Kõverate torude asetamine.

mis paratamatult kutsuvad esile uhtainete kinnijäämist ja sellest tulenevaid torude ummistusi. Kui töö kestel kraavi kukub mullatükke või kive, siis tuleb need enne välja tõsta, kui torude panekut saab jätkata. Torude panekut söögi vaheaegadeks või muul põhjusel katkestades tuleb viimane kohalepandud toru sulgeda, et takistada hiirtel või konnadel sellesse sissepääsemast. Pehmetes paikades, kus põhja kindlamaks tegemine kruusa abil pole võimalik, tuleb torudele teha laudadest või lattidest alus.

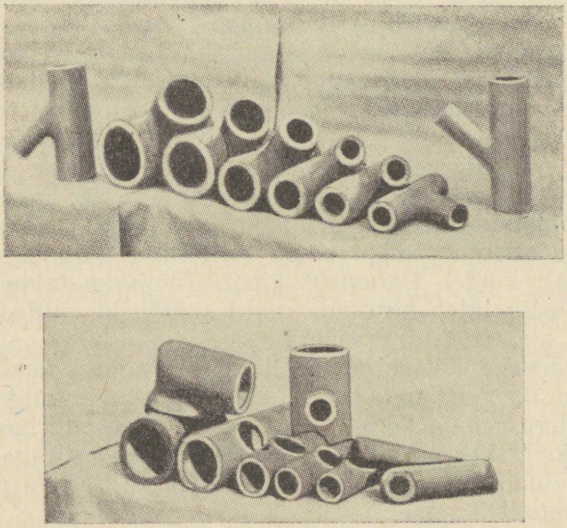
Vesiliivapinnases torusid asetades ei ole ummistumise vältimiseks küllalt sellest, kui torud püütakse asetada võimalikult tihedalt üksteise vastu. Kogemused on näidanud, et kitsastki vahest toru otste vahel pääseb veel peenikest liiva torudesse tungima. Suurema kindluse mõttes on seepärast kasutatud toru ühenduskohtade ümbritsemist tõrvapapiga. Umbes 10 sm laiune riba liivaga tõrvapappi pannakse torude kraavi asetamisel iga jätkukoha alla ja otsad keeratakse vaheliti toru peale. Liivasõmerad tõrvapapis hoiavad papi sellevõrra torust eemal, et vesi papi ja toru seina vahelt pääseb ühenduskoha kaudu torusse, kuid lahtise liiva pääs on takistatud. Tõrvapapp pakub mõningal määral kaitset ka taimejuurte sissetungimise vastu torudesse, kuid see kaitse pole siiski küllalt kindel. Paremaks kindlustamiseks taimejuurte sissetungiohu vastu tuleb kasutada muid abinõusid, milledest lähemalt ühenduses aiamaade drenaažiga.

Peale tõrvapapi kasutatakse liivases pinnases veel muid filteraineid toru ühenduskohtade kaitseks liiva sissetungimise vastu. Selliste filterainetena kõlbavad kasutada kruus, turbamuld, kanarbik, puuokkad, sammal või hekslid. Filteraine peab aga ümbritsema torusid täielikult, seega ka altpoolt küljest. Filterkihi paksus peaks olema vähemalt 5 sm.

Tööjõudlus torude paigaleasetamise töös oleneb töötegija vilumusest, kuid väga palju ka pinnasest ja muudest töötingimustest. Heal juhul võib töösaavutus tõusta kuni 30 j. m. tunnis, halval juhul aga jääda isegi alla 5 j. m. tunnis. Keskmiseks jõudluseks savitorude kohaleasetamisel koos dreenikraavi põhja tasandamisega ja toruühenduste tegemisega võib lugeda 15 j. m. töötunni kohta.

Kui torud on juba kohale asetatud, siis ei tule enam viivitada dreenide kinniajamisega. Enne seda vajavad aga dreenid ülekontrollimist. Loodimise teel või mõõdukepi abil, sihilaudade meetodit kasutades, kontrollitakse langu ühtlust ja vastavust projektile. Peale selle proovitakse, kas torud on hoolikalt asetatud ja kas ei ole kasutatud alaväärtuslikke torusid. Kontroll tuleb teha kohe, kui torud on paigale asetatud. Enne kontrolli pole lubatud mulda torudele peale panna; ainult sammalt võib ühenduskohtadele panna.

On kontroll aga teostatud ja torudepaneku töö vastu võetud, siis peab viivitamatult järgnema dreenide kinniajamine. Seda tuleb algul teha suure ettevaatusega, et torud kohalt ära ei nihkuks. Kraavi küljest kaabitakse labida või kühvli otsaga maad lahti, mis valgudes põhja toetab torusid külgedelt. Selle järel võib hakata kaldal olevat maad kraavi ajama. Põhjakihtidest väljakaevatud maa läheb alla ja peale pannakse mullakiht, mis kraavi kaevamisel oli eraldi asetatud teisele kaldale. Korraga ei ole soovitav täita



Joon. 53. Savitorude ühendusosad.

dreenikraave täiesti täis, vaid esialgu ainult ca $^1/_3$ sügavusest ja alles hiljem, kui süsteem terves ulatuses on valmis ja ka selle korralik toimimine kindlaks tehtud, täidetakse dreenikraavid lõplikult. Kui kuivendusdreenides on torud paigale pandud ja nn. hingemuld peale pandud, asutakse viivitamatult kogujadreeni torude sissepanemisele. Tööd alustatakse siingi ülevalt otsast, liikudes tööga allapoole, enne muidugi dreenikraavi põhja hoolikalt tasandades. Kogujasse torude asetamisel tuleb niihästi töö kui ka materjali suhtes olla eriti nõudlik, sest et siin hiljem võivad rikked suuremaid kahjusid tekitada.

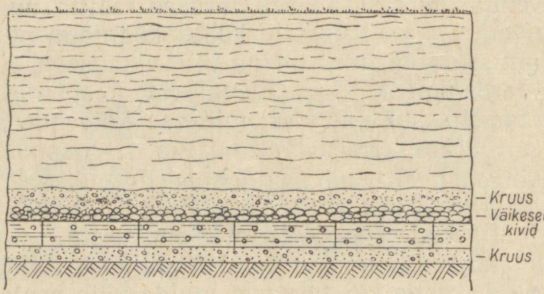
Kuivendusdreenid ühendatakse kogujaga vastavalt projektile kas pealtühendusena või külgühendusena. Ühendamine tuleb teha eriti hoolikalt. Soovitav on ühendamiseks kasutada selleks valmistatud ühendusosasid. Kui neid aga pole saada, siis tuleb ühendus teha tavaliste torudega. Pealtühenduse puhul peab kuivendusdreenitoru ulatuma ca $^1/_3$ pikkusega üle koguja ja ta ei või suubuda kogujasse kahe toru ühenduskohas, vaid toru keskel. Selle saavutamiseks võib tarvilik olla ühte või mitut toru kogujadreenis ülevalpool ühenduskohta vastavalt lühemaks teha. Üle koguja ulatuv kuivendustoru ots tuleb toetada ja ühtlasi sulgeda lapiku kiviga. Vesi kuivendusdreenist pääseb torusse tehtud augu kaudu kogujasse. Kuivendusdreeni ühenduskohas kogujaga peavad kuivendusdreeni alumised kolm toru olema täie pikkusega, lühendatud vaheosa võib tarbe korral alles ülevalpool kasutada. Külgühenduse kohal on tarvilik kogujat toru, millesse kuivendusdreeni toru suubub, paigalt äranihkumise vältimiseks vastaspoolt toetada lapiku kiviga. Niihästi pealt- kui ka külgühenduse kohad tuleb lubjast ja tõrvast või kriidist ja tõrvast valmistatud tõrvakiti abil teha täiesti kindlaks mullaosade sissepääsemise ohu vastu.

Torude paigaleasetamise järel kogujasse, tuleb see veel kord üle kontrollida, enne kui torudele mulda võib peale panna. Nõuded langu ja torude asetamise kohta on samad, mis kuivendusdreenide kohta, kuid töö kvaliteedi suhtes on nõudmised veelgi rangemad. Peale kontrolli kogujadreen täidetakse nagu kuivendusdreenidki umbes ühe kolmandikuni sügavusest. Selle järel jääb drenaažisüsteem seisma kuni lähema tugevama vihmasajuni. Siis peab selguma, kas süsteemi kõik osad rahuldavalt toimivad. Kui selgub defekte, tuleb need üles otsida ja kõrvaldada. Kui süsteemi toimimine osutub rahuldavaks, siis viiakse dreenikraavide täitmine lõpule ja tasandatakse maapind. Dreenide kohad tuleb esialgu pisut kõrgemaks jätta, sest vastasel korral tekivad siin peale täitemaa vajumise nõod.

5. Eritöid drenaaži juures. Drenaažitööde teostamisel võib esineda sageli ettenähtamatultki mõnesuguseid eriülesandeid. Üks selliseid, sagedamini esinevaid on allikaste ehk keedekohtade drenaaž. Rohke veehulk sunnib sellistes kohtades dreenide vahelaiust vähendama, kohati isegi kuni paari-kolme meetrini, ning sellele lisaks suurendama vee sissepääsu avasid torusse. Vee pääsu kuivendusdreenidesse hõlbustatakse sellistes kohtades sel teel, et torusid ümbritsetakse kruusast filterkihi abil, mis ühtlasi takistab liiva pääsu torudesse. Peale dreenikraavi sissekaevamise, mis siin võib osutuda eriti raskeks ja vajada kunstlikku seina kindlustamist laudadega, tuleb dreenikraavi põhja asetada umbes 5 sm

paksune jämeda kruusa kiht. Hoolsa tasandamise järel asetatakse sellele torud, millede seintesse on vee vastuvõtuvõime suurendamiseks puuritud ümmargusi augukesi tavalise rauapuuriga. Torudele pannakse katteks algul 4—5 sm paksune kiht sorteeritud jämedat kruusa ja selle peale umbes 10 sm paksune kiht tavalist kruusa.

Kui keedekoht esineb üksiku allika kohana, siis on otstarbekohane ehitada sellisesse kohta filterkaev, mis liigvee endasse kokku kogub. Kaevust juhitakse siis vesi ära samasuguse dreeni abil, nagu allikaste paikade kuivenduseks kasutatakse.

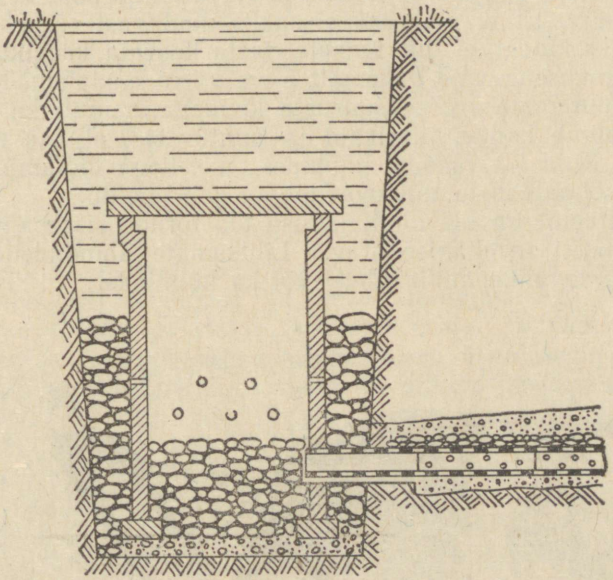


Joon. 54. Allikase koha dreen.

Üksikuil juhtudel võib esineda vajadus juhtida dreene lahtise kraavi põhja alt läbi. Selline vajadus tuleb ette näiteks siis, kui samal maatükil peale drenaaži on projekteeritud ka niisutus lahtiste vett kohaletoovate kraavidega. Samuti esineb niisugune tarvidus, kui dreen tuleb läbi viia tee ja ühtlasi ka teeäärsete kraavide alt. Niisugustel kordadel on tarvilik tihendada torude ühenduskohti lahtise kraavi sängi kohal kitiga, mis on valmistatud lubjast ja tõrvast. Tihendamine on tarvilik kaitseks sügavalt juurduvate veetaimede juurte sissetungimise vastu ja ka selleks, et ära hoida lahtise kraavi vee sissepääsu torusse. Kui pikalt sellist tihendust on vaja teha, see oleneb pinnase läbilaskvusest ja dreeni sügavusest, kuid raskemagi läbilaskvusega pinnase puhul ei peaks see olema vähem kui 10 m. Tee alt läbijuhitav dreen tuleb tihendada kogu tee ja mõlema kraavi laiuselt ning lisaks veel 3—5 m ulatusel mõlemalt poolt. Üldiseks reegliks tuleb pidada, et lahtise kraavi vett ei tohi juhtida salakraavi. Esiteks on see hädaohtlik dreeni ummistamise mõttes ja teiseks nõuab see vastavalt suuremat vee läbijuhtimise võimet salakraavilt, mis mitte alati pole kerge teostada; ehk kui ongi — siis igal juhul ainult tunduvate

lisakuludega. Kuid tuleb ette juhuseid, kus salakraavil tuleb siiski võtta vastu ka lahtise kraavi vett, näiteks mõnel juhul piirdekraavidest, teekraavidest jne. Niisugusel korral tuleb vahelülina kasutada settekaevu koos filtriga. Lahtise kraavi vesi, imbudes läbi kruusafiltri, puhastub setteainetest ja kaevus setivad ka peenemad liivaosad. Selle järel võib vesi väljavoolutoru kaudu edasi voolata.

Kaevu ja filtri ehituse viis nähtub jooniselt nr. 55.



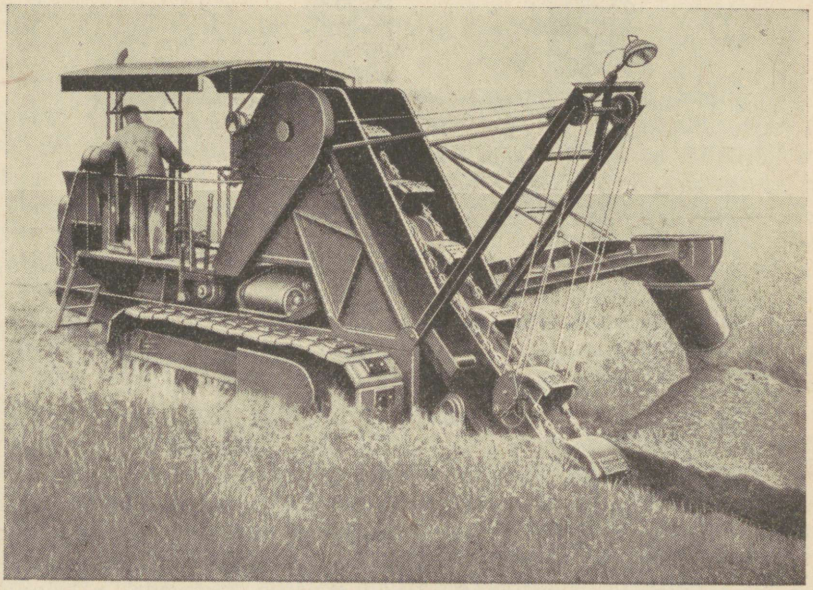
Joon. 55. Filterkaev allikases kohas.

6. Drenaažitööde mehhaniseerimine. Valdavam osa drenaažitöödest on seni tehtud käsitsitööna ja kahtlemata jääb ettenähtavas tulevikuski käsitsitööl veel küllalt tähtis osa täita.

Aegade jooksul on aga siiski tehtud juba paljusid katseid drenaažitöid mehhaniseerida, et muuta töid odavamaks ja kiiremini läbiviidavaks. Kõige kergemini on mehhaniseerimine teostatav dreenikraavide kaevamistöö osas. Selleks tööks kasutatakse hea eduga paljukopalist lintelevaatoriga ekskavaatorit. See on roomikuil liikuv masin, mis kaevab maa sisse vertikaalseinalise kaeviku. Kaeviku laius ja sügavus olenevad masina suurusest. Drenaažitööde jaoks sobivad ekskavaatorid, mis kaevavad kuni 1,5 m süga-

vuse kaeviku 0,4 m laiusega. Üks niisuguseid on näiteks NSV Liidu 22-hobusejõuline paljukopaline ekskavaator MK-IV. See teeb kaeviku sügavusega kuni 1,2 m ja laiusega 0,3—0,5 m. Koppi on 14, iga kopp mahuga 8 l. Masina kaal on 4,3 tonni ja lintide erisurve maapinnale töötamise ajal 0,51 kg/sm². Masin teeb kaeviku kogu pikkuses ühesuguse sügavusega, mistõttu kaeviku põhi ei oma nõutavat langu, vaid teeb kaasa kõik maapinna ebatasasused, mis masina liikumise teel ette tulevad. Sellepärast tuleb masina kaevatud kaeviku põhja teha käsitsi nõutava langu kohane renn torude asetamiseks. Et dreenikraav ei saaks nõutavast sügavam ja selle põhi jääks kindel, ei tule masinal lasta kaevata kaevikut täie nõutava sügavuseni, vaid vähemalt 5 sm võrra madalam. Kivises pinnases, suuremate kui peasuuruste kividega, samuti ka turbamaas, mis sisaldab kände, juurikaid ja puutüvesid, ei saa ekskavaator töötada. Kuid kivivabadel põldudel on sellega töötamine võimalik ja siin võimaldab ta tunduvat tööjõu kokkuhoidu.

Ka dreenikraavide kinniajamise töö torude sissepanemise järel on hõlpsasti mehhaniseeritav. Lihtsamate abinõudena kõlbavad kasutada tavaline mullakühvel või ka künniader.



Joon. 56. Dreenikraavi kaevamise masin.

Pisut kiiremini võib täitmise töö toimuda adra abil, mis on valmistatud tavalise adra jalase ja sahahõlma pikendamise teel vastava lihtsa lisakonstruktsiooni abil. Kaks meest suudavad 2—3 hobusejõul toimiva adraga kinni künda kuni 1000 j. m. salakraavi 10-tunnilise tööpäeva jooksul.

Kiiremini ja tõhusamalt võib salakraavide täitmine toimuda aga skreeperite, greiderite ja eriti buldoserite abil. Buldoser kujutab endast lihtsat lumesaha põhimõttel toimivat seadeldist, mida kinnitatakse tugevajõulise roomiktraktori ette. Ta koosneb kolmest peaosast: noast koos hõlmaga, raamist ja tõstemehhanismist. Buldoserid valmistatakse käsitsi- ja hüdraulilise juhtimise seadeldisega. NSV Liidu «Dormašina» tehase poolt valmistatav buldoser hüdraulilise juhtimisega omab noa töölaiust 3,0 m ja kõrgust 0,97 m. Masin (ilma traktorita) kaalub 2,8 tonni ja töötab «ЧТЗ»-traktori jõul. Buldoseri tööjõudlus on kuni 100 m^3 tunnis. Väikese kubatuuri tõttu drenaažitöödel ei saa buldoser aga oma täit võimet rakendada. Jõudluse määrab siin pigemini traktori liikumise kiirus.

Drenaažitööde mehhaniseerimise katsed pole aga piirdunud ainult dreenikraavi kaevamise ja selle kinniajamisega, vaid on katsetatud ka torude panemist mehhaniseerida. Mehhaniseeritud drenaaživiisidest väärivad mainimist kaks meetodit. Mõlema meetodi järgi toimub drenaažitöö täiesti mehhaniseeritult, kusjuures torude jaoks kraavi ei kaevata, vaid torud veetakse maa sisse vastava muttadra abil. Esimese meetodi järgi on töökäik järgmine.

Muttader künnab maa sisse avara õõne, mille läbimõõt (10—16 sm) on suurem kui sisseveetava drenaažitoru väline läbimõõt. Õõnt moodustava muti järel veetakse samaaegselt maa sisse savitorud, mis on tihedalt asetatud laudalusele. Alus ühes torudega jääb dreeni sisse.

Teise meetodi järgi veetakse torud maa sisse terastrossi abil, millele on lükitud õõnsad terasplekist valmistatud munad pisut väiksema läbimõõduga, kui on toru siseläbimõõt. Munade ülesanne on takistada torusid ühenduskohtades paigalt kõrvale nihkumast. Tross ulatub kogu dreeni pikkusel torude reast läbi ja lõpeb sõlmega (peaga) viimase toru otsas. Selle järel, kui torud kogu dreeni pikkuselt on maa sisse veetud, vabastatakse trossi ots adra küljest ja tross veetakse adra liikumise suunale vastupidises suunas toru otsast välja.

Mõlema kirjeldatud drenaaživiisi kasutamine on mõeldav ainult kivideta maas ja ühtlase, hea langu juures. On küll katseid tehtud langu töö kestel reguleerida seadeldise abil, mis võimaldaks mutti käigu peal tarvidust mööda tõsta või langetada. Kuid täiesti rahul-

davaid tulemusi need katsed pole andnud. Võimaluse puudumist, anda dreenidele ühtlast, projektikohast langu, tulebki pidada suuremaks nõrkuseks kõigil mehhaniseeritud drenaaživiisidel, kus dreeni põhja töötlev masinaosa, olgu mutt või ekskavaatori kannud, olles käigu kestel liikumatus ühenduses maapinda mööda liikuvate masinarataste või roomikutega, teeb kaasa kõik maapinna ebatasasused dreeni trassil. Seda puudust on püütud kõrvaldada Tartu R. Ülikooli geodeesia ja maaparanduse kateedri juhataja R. Tiitso poolt konstrueeritud drenaažimasinas. See masin, mis praegu (1948. a.) on alles katsetamise staadiumis, peab töötama järgmisel põhimõttel. Masin liigub rööbastel, mis on asetatud dreeni trassile ja omavad nivelliiri järgi seatud, projektikohast langu. Aeglaselt roobastel edasi liikudes freesib masina lõikeratas maa sisse kitsa kraavi, mille põhi kujuneb täpselt paralleelseks rööbastega ja saab seega nõutava ja ühtlase langu. Kaevatud kraavi põhja lastakse masinalt sellekohase renni abil torud sisse. Et need paremini üksteisega liituksid, on toru ääred otstes tehtud pisut koonilisteks. Dreenikraavist väljakaevatud maad ei lasta kaldale maha, vaid see kantakse linttransportööri abil masina taha ja valgub kraavi tagasi, vahepeal paigale asetatud torude peale. See masin, sooritades niihästi dreenikraavide kaevamist kui ka torude paigalepanemist ja dreenikraavide kinniajamise töö, võib õigusega kanda drenaažikombaini nime. Muidugi on ka see masin mõeldud töötamiseks kivivabadel mineraalmaadel.

D. Drenaaži majanduslikke tulemusi.

Kõrvaldades liigse niiskuse pinnasest loob drenaaž kultuurtaimede kasvule soodsama veerežiimi, millel on kaugeleulatuv mõju pinnase muudelegi omadustele. Kõigepealt avaneb liigveest vabanenud pinnases õhule vaba pääs pinnase pooridesse. Seda soodustab omalt poolt veel maa kobestamine dreenide kohal, mille mõju rasketes savimaades on eriti hinnatav. Parema õhustumise tagajärjel maa ka soojeneb paremini, tekivad elavad keemilised ja bioloogilised protsessid pinnases ja kujuneb sõmerstruktuur.

Kõige selle tulemuseks on saakide kindlustamine ja ka tõus salakraavitatud maal. Kergematel maadel salakraavitus pääseb oma täiele mõjule juba esimesel aastal, rasketes savimaades kulub selleks 2—3 aastat. Igal aastal pole mõju ühesuurune; mida sademeterikkam on aasta, seda tunduvam on mõju. Kuid vähemalt raskematel maadel on salakraavitatud maa ka kuivadel aastatel võimaldanud suuremat saaki kui maa, mis ei olnud salakraavitatud.

Prof. A. A. Tšerkassov hindab saakide suurenemist salakraavitatud maal võrreldes salakraavitamata maaga järgmiselt:

teraviljadel	terasaagis	40 — 45 %
„	põhusaagis	30 — 35 %
juurviljadel	. . . . .	80 — 90 %
rohumaadel	. . . . .	30 — 50 %

Saakide tunduvat tõusu drenaaži mõjul kinnitavad ka katsed, mis on korraldatud NSVL Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi poolt 1936. aastal Leningradi oblasti kolhoosides: «Rote Fahne», «Voitto», «Iljitš», «1. Mai» ja «Lenkrepost» kokku 61 ha suurusel maa-alal:

Keskmisi saagi suurenemisi hinnatakse järgmiselt:

Rukkil	. . . .	500 kg ha kohta
Nisul	. . . .	600 „ „ „
Kaeral	. . . .	700 „ „ „
Kartulil	. . .	6000 „ „ „
Söödajuurviljal	.	10 000 „ „ „

Need on muidugi ainult keskmised arvud. Tegelikud saagisuurenemised võivad olla tunduvalt suuremad, kui arvesse võtta, et drenaaž avab ka tasuvamad võimalused maa paremaks väetamiseks, harimiseks ja väärtuslikuma seemne kasutamiseks, millede saaketõstev mõju on suur ja mis liigniiskes pinnases mõjule pääseda ei saa.

Suurt tulu toob drenaaž ka tööjõu säästu näol põlluharimise ja saagikoristamise töödel. Kuivendussüsteemide korrashoiu töös (võrreldunа lahtise kraavitusega) tööjõu sääst on 3—5-kordne, põlluharimise ja saagikoristamise töödes võib säästu hinnata vähemalt 25—30%, sageli tunduvalt rohkemgi.

Arvamine, nagu võiks drenaažitöödel vee äravoolu suurenemise näol olla halbu tulemusi nende maade suhtes, mis asetsevad allpool, on eksklik. Kõrgvee kahjud allpool ei suurene seeläbi, et ülevalpool on maid drenaaži abil kuivendatud. Vastupidi — drenaaž avaldab tasandavat mõju kõrgveeseisudele. Olles juba sügise ja talve kestel ära andnud liigvee endast, on salakraavitatud maa võimeline kevadel, suurvee ajal akumuleerima endasse tunduvat osa veest ja niiviisi vähendama suurvee-aegset äravoolu. Samuti toimib salakraavitatud maa vee akumuleerijana ka suviste tugevate vihmasadude ajal ja mõjutab seega suviseid uputuskahjusid allpool olevatel maadel vähendavalt.

Drenaažitööde majanduslik tasuvus oleneb suurel määral sellest, kui pika eaga kuivendussüsteemid on. Drenaažisüsteemide, nagu iga muugi ehituse kestvuse määravad töö ja materjali kvaliteet. Eeldusel, et mõlemad on olnud laitmatud, võib eri drenaaživiiside toimimis-iga hinnata järgmiselt:

a) Puutäitega, s. o. latt- ja hagudrenaaž turbamaas võib vastu pidada ca 10 aastat. Mineraalmaas seda ei sobi kasutada. Kui seda siiski tehakse, siis peab arvestama seda, et latt- ja hagudrenaaži iga sellises pinnases on enamasti ainult 4—6 aastat. Raskes savimaas on kestvus mõnevõrra suurem.

b) Puutorude kestvuse kohta pole veel küllaldaselt vaatlusandmeid kogutud. Katsed TA Tooma filiaalis ja ka mujal lubavad aga oletada, et turba pinnases õõnespuutorud kui ka laudtorud võivad kesta 15—20 aastat toimimisvõimelistena. Mineraalmaades nende kestvus pole suurem kui latt- ja hagudrenaažil.

c) Tsementtorudrenaaži kestvus on mineraalmaadeski ainult 4—10 a. Soomaades aga ei kõlba nad sugugi kasutada.

d) Savitorudrenaaži kestvus võiks materjali vastupidavuse poolest olla peaaegu piiramatu, sest põletatud savitorud püsivad aastatuhandeid. Kuid praktiliselt ta toimimis-iga on siiski piiratud. Torude ühenduskohad täituvad aja jooksul peente pinnase osakestega, mis vee sissepääsu algul raskendavad, pikema aja jooksul aga hoopis võivad kinni kittida. Torudes võivad tekkida ka vigastuste tõttu või muudel põhjustel veevoolu takistusi, mis põhjustavad ummistusi. Kogemused on näidanud, et savitorudrenaaži keskmiseks toimimis-eaks võib pidada 50 aastat. Tõsi — vanemaidki drenaaže on hea korrashoiu juures leitud veel rahuldavas seisukorras, ja ka ummistunud drenaaži on võimalik uuendada, s. o. torud välja võtta, ära puhastada ja uuesti tagasi panna, mille järel need uuesti on toimimisvõimelised. See töö on aga kulude poolest juba võrreldav uue drenaaži tegemise kuludega.

Drenaaži tasuvus on seda parem, mida väiksemad on selle iga-aastased kulud, s. o. iga-aastase korrashoiu- ja amortisatsioonikulu summa, ja mida suurem on saagi tõus. Tasuvuse kalkulatsiooni koostamiseks on sellepärast tarvilik selgitada:

a) senised saagid kuivendatavalt maalt;
b) loodetavad saagid peale drenaaži teostamist;
c) loodetava ja senise aastasaagi vahe;
d) drenaaži teostamise kulud ja sellest tulenevad iga-aastased kulutused (amortisatsioon, korrashoid, laenuprotsendid, kui kasutatakse panga laenu, ning võimalikud tootmiskulude suurenemised).

Saagi suurenemise väärtuse ja aastakulude võrdlemine peab näitama, kuivõrd tasuvaks drenaaži-ettevõte tõotab kujuneda.

Ei ole aga mitte õige võtta tasuvuse mõõdupuuks ainult rahaliste tulude suurenemist. Mitte vähem tähtis kui see, on toodangu üldine tõus, mida drenaaž põllumajanduslikus tootmisprotsessis võimaldab.

E. Aiamaade drenaaži iseäraldusi.

Aiamaaks püütakse tavaliselt valida selline maa, mis liigvee all ei kannata. Selline võimalus valikuks on aga olemas ainult uut aeda rajades ja siingi mitte alati täiel määral. Olemasolevatel majapidamistel aga aia asukoht on ette määratud sellega, et see peab asetsema majapidamise keskuse läheduses.

Mitte alati pole majandite keskused nii kõrgetel maadel, et need kuivendamist ei vajaks. Kõnelemata sooasundustest, kus kogu maa, siinhulgas ka õue-aiamaa, vajab kuivendamist, on palju majandeid mineraalmaalgi, kus aiamaa oma pinnase raske läbilaskvuse tõttu nõuab drenaaži.

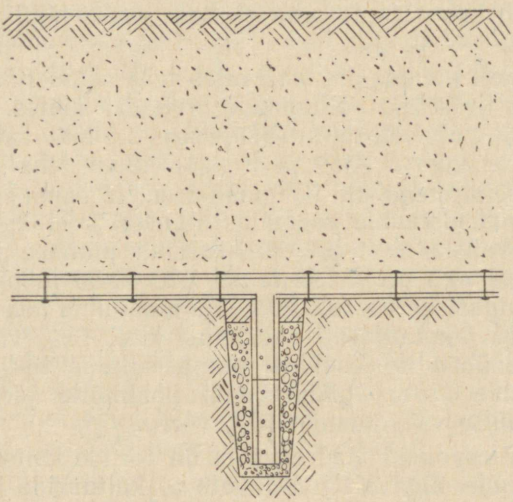
Põhimõtteliselt aiamaa-drenaaž tuleb teha samu nõudeid silmas pidades, mis on kehtivad põllumaade drenaaži suhtes. Erinevused seisnevad ainult kuivenduse intensiivsuses ja teataval määral ka tööde teostamise viisis. Aiamaa-drenaaž tuleb teha sügavam ja väiksemate vahelaiustega kui põllumaa-drenaaž sama pinnase tingimustes. Kuivendusdreenide vahelaius aiamaal võetakse keskmiselt 25% väiksem vahelaiusest põllumaal sama pinnase ja sügavuse juures. Sügavus aga projekteeritakse 1,20—1,50 m piirides. Pinnase rikkalik lubjasisaldus (üle 20%) ja maapinna hea lang lõunapoolse kallakuga võimaldavad vahelaiusi kuni 15% võrra suurendada, kuna rauaühendite sisaldus, pinnasekihtide tihe ladestus ja kuivendusdreenide asetus pikidrenaaži põhimõtte järgi nõuavad dreenide vahelaiuse vähendamist 10% võrra.

Raskemaid ülesandeid aiadrenaažis on torude kaitsmine puude, põõsaste ja muude sügavalt juurduvate aiakultuuride juurte sissetungimise vastu. Kuigi taimed seisvat põhjavett kardavad ja sellesse oma juuri ei aja, on nad kärmed üles otsima voolavaid veejuhtmeid maa sees, eriti kuivematel perioodidel. On olnud juhtumeid, kus kasvavate puude reale liiga lähedal asetsenud torudreen on paari aastakümne kestel täiesti ummistunud puujuurtest, mis toru otsast ja ühenduskohtade kaudu sellesse olid sisse tunginud.

Kõige kindlam abinõu selle pahe ärahoidmiseks on muidugi see, et püütakse üldse vältida dreenide, eriti kogujadreenide asetamist puude ja põõsaste lähedusse. Kus see võimalik on, tuleb põõsaste rea ja dreeni vahele jätta vähemalt 10 m ja puude rea ja dreeni vahele vähemalt 20 m vahet. Kui need vahed vajavad täiendavat kuivendust, siis tuleb seda teha lühikeste kuivendusdreenide abil, milledel ainult ülemised otsad ulatuvad puude või põõsaste lähedale. Kui siis kuivendusdreenide ülemised otsad ummistuvadki, ei takista see ülejäänud osa edasi toimimast. Kus selline võimalus

puudub, ja kogu kuivendataval pindalal kasvab sügavalt juurduvaid põõsaid ja muid taimi, tuleb kasutada teisi abinõusid.

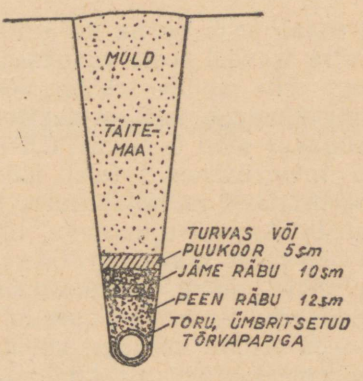
Üks kõige kindlamaid abinõusid selle ohu vältimiseks on drenaaži ehitamine Rèrolle'i veekogumiskaevude süsteemiga. Selle viisi juures dreenide ühenduskohad tihendatakse mingi vastupidava seguga, näiteks lubja- ja tõrvakitiga, või ümbritsetakse muhvidega nii, et need absoluutselt on kindlustatud taimejuurte sissetungimise ohu vastu. Sellega on ühtlasi ka veele tee kinni pandud torusse pääsemiseks. Läbi toru seina imbumise teel pääseb torusse ainult täht-



Joon. 57. Rèrolle'i drenaaž.

susetult vähesel määral vett. Dreenid ei saa seega mitte toimida vee kogujaina; neile jääb ainult vee ärajuhtimise ülesanne. Liigvee kogumise ülesannet täidavad selleks tehtud kogumiskaevud, mis kaevatakse pinnase läbilaskvusest olenevalt 10—15-meetriliste vahemaadega dreenide alla maa sisse. Kaevud kaevatakse umbes 0,7—0,8 m sügavusega ja ca 0,5 m läbimõõduga ning täidetakse rusikasuuruste kivide ja jämeda kruusaga. Kaevu keskele asetatakse püsti kaks savitoru teineteise otsa ja ühendatakse ülemine toru ots dreenitoruga, milleks dreenitorule sellele kohale raiutakse allakülge auk sisse. Ühenduskoht tihendatakse ümberringi lubja- ja tõrvakitiga. Parem ühendus saadakse, kui kaevule valatakse betoonist plaat peale nii, et kaevu asetatud püsttoru ülemine ots

jääb betoonplaadi sisse. Alumisele püsttorule kaevus puuritakse auke seina sisse enne toru paigaleasetamist. Kui vesi kaevus on tõusnud püsttoru ülemise otsa kõrgusele, pääseb vesi dreeni ja voolab seda mööda ära. Vee kiiremaks kogunemiseks kaevu on soovitav dreenide täitematerjaliks osaliselt kasutada kruusa, mis pannakse 15—20 sm paksuse kihina katteks torude peale.



Joon. 58. Aiamaa dreeni täide.

Kirjeldatud drenaaživiis on oma toimimiskindluse poolest küll hea, kuid väga kulukas. Odavamaid võimalusi otsides on püütud takistada juurte sissepääsu torudesse ainult sel teel, et toru ühenduskohad on määritud karboliineumiga või on need ümbritsetud tõrvapapiga. Teatavat kaitset see torudele algul pakubki, kuid kahjuks pole mõju küllalt kestev. Tõhusamat ja kestvamat kaitset pakub järgmine viis. Torud asetatakse kraavi harilikul viisil, kuid ühenduskohad ümbritsetakse 10 sm laiuste (liivaga) tõrvapapi ribadega nii, et papiriba kraavi põhja, kahe toru ühenduskoha alla asetatakse ja otsad toru peale vaheliti keeratakse. Torud kaetakse nüüd 15—20 sm paksuse koksiräbu-(šlaki-) kihiga, allapoole peenem, peale jämedam; selle peale pannakse mõne sentimeetri paksune kiht paju- või kuusekoori või selle puudumisel mättakiht ja lõpuks muld. Koksiräbu asemel võib kasutada hädakorral kruusa, sambla-turvast või kadakaoksi.

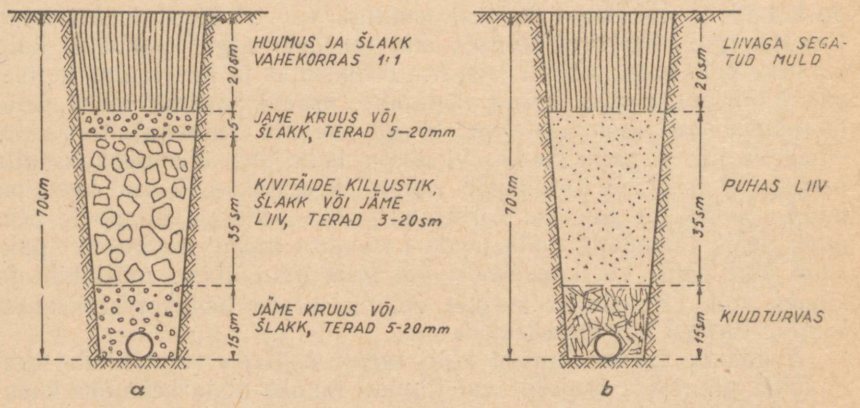
Aiamaade kuivendamisel võib sageli osutada võimalikuks drenaažiga pinnasest ärajuhitavat liigvett muuks otstarbeks ära kasutada. Nii näiteks vähemate tiikide veega täitmiseks, mis võivad

teenida aia kaunistamise, kastmise vee kogumise või ka kalakasvatuse ülesandeid. Tiigid ei või aga muidugi mitte jääda umbseks, vaid vesi peab neis läbi voolama, kusjuures äravoolu peab võimalik olema soovikohaselt reguleerida. Vee reguleerimise seadeldised, nagu ka tiigi kaldad, tuleb kujundada vastavalt aia-arhitektuuri nõudeile.

F. Spordiväljakute drenaaž.

Spordiväljaku drenaaž peab olema nii ehitatud, et oleks kindlustatud pinnavete kiire äravool peale vihmasadusid. Väljak ei tohi muutuda pehmeks ega selle pinnale tekkida veeloikusid. Vastavalt neile nõudeile tuleb spordiväljakule projekteerida madal ja tihe drenaaž; dreenide sügavus jääb tavaliselt 0,6—0,9 m piiridesse ja vahelaius 5—10 m. Intensiivsemalt tuleb kuivendada enamtallatavaid osi, nagu jooksuradasid ja väljaku otsi, kuna seesmisel alal, mida tavaliselt pealistatakse hästijuurduva, tiheda muruga, dreenide vahelaius võib olla pisut suurem.

Et hõlbustada pinnavee kiiret pääsu dreenidesse, kasutatakse dreenikraavide täitematerjalina võimalikult hästi vett läbilaskvat maad, tarbe korral seda eemalt vedades, kui dreenikraavist väljakaevatud pinnas ise pole küllalt vett läbilaskev. Kogu täitemaa juurdevedu oleks aga väga kulukas, sellepärast piirdutakse enamasti sellega, et dreenikraavi ristlõikest umbes $^1/_3$ täidetakse jämeda kruusaga või tehakse dreenikraavi täitmisel erilisi kruusapesi,



Joon. 59. Spordiväljaku dreeni täitmise viise.

mis sünnib sel teel, et dreenikraavi täidetakse 5—10 m vahemaade tagant 0,5—1,0 m ulatusel ainult kruusaga. Elavamalt kasutatavatel väljakutel ei peeta üksikute dreenidega kuivendamist küllaldaseks; siin tuleb jooksuradade põhi terves ulatuses teha filtreerivast materjalist. Savisel maal pannakse algul põhja 10—15 sm paksune kord kive ja selle peale 10 sm paksune kiht peenikest koksi. Liivases maas kõlbab jooksuraja aluspõhjaks 10 sm paksune kiht keskmise jämedusega koksiräbu.

IV. Magistraalveejuhtmete korrastamine.

1. Liigitus ja ülesanded.

Liigvee all kannatavate maade kuivendamine on võimalik ainult siis, kui liigset vett, mida kuivendussüsteemid kokku koguvad, saab kuivendatavate maade piirkonnast ära juhtida. Selle võimaluse loovad magistraal- ehk peakraavid. Lisaks peavad aga veel olema veejuhtmed või veekogud, mis magistraalkraavide vee vastu võtavad. Seda ülesannet täidavad eelvoolud.

Vee ärajuhtimist kuivenduspiirkonnast ja selle vastuvõtmist võivad teostada looduslikud veejuhtmed ja veekogud, nagu meri, järved, jõed, ojad ja kuristikud, või kunstlikult kaevatud peakraavid.

Teataval määral on loodus juba ise hoolitsenud liigse vee ärajuhtimise eest. Terve hulk ojasid ja jõgesid kannavad järjekindlalt suuri veehulki ära. Siiski tuleb inimesel kohati seda veel täiendada uute magistraalide juurdeloomise või olemasolevate korrastamise teel. Korrastamist võivad vajada mitte üksi vähemad looduslikud veejuhtmed — ojad, vaid ka suuremad, s. o. jõed. Alljärgnevas piirdume lähemalt käsitama ainult kunstlikult kaevatud või kaevatavaid magistraal- ehk peakraave ja korrastamist vajavaid väiksemaid looduslikke veejuhtmeid. Mõlemat liiki veejuhtmeid nimetame ühise nimetusega magistraalveejuhtmeteks.

Magistraalveejuhtmed peavad: a) kindlustama liigvee äravoolu kuivenduspiirkonnast, võimaldades seejuures pidada veepinda kuivendussüsteemides ja seega ka põhjavee seisu pinnases taimekasvu jaoks soovitaval kõrgusel, ning b) ära hoidma kahjustavad üleujutused taimekasvu hooaja kestel. Maaparanduse otstarbel kaevatavad või korrastatavad magistraalveejuhtmed on peaaegu eranditult kõik

lahtised voolusängid. Suletud voolujuhtmetega, s. o. torude kujul tehakse magistraalveejuhtmeid praegu ainult linnades või mujal tihedalt asustatud piirkondades (näiteks Härjapea jõgi Tallinnas, Neglinka jõgi Moskvas jt.). Võimalik aga on, et tulevikus ka maal ei peeta lahtisi voolusänge alati enam soovitavaks ja siingi tuleb peakraave hakata ümber ehitama kollektoreiks (kinnisteks veejuhtmeteks).

Magistraalveejuhe peab asetsema madalamas kohas, et sellesse oleks võimalik vett juhtida kõige madalamagi asendiga maadelt kraavi mõjupiirkonnas. Looduslikud veejuhtmed on juba ise endile valinud voolusängi maastiku kõige madalamasse paika; kunstlikel tuleb sobiv asukoht kindlaks teha üldise pinnaloodimise teel. Seejuures ei saa aga jätta arvesse võtmata ka turbakihi paksust ja selle võimalikku vajumist peale kuivendust.

On soovitav, et magistraalveejuhe oleks ühtlasi majandite maavalduste piiril. See ei õigusta aga siiski asetama teda piirile ka sel juhul, kui see kõrgusasendi poolest on sobimata. Õigem on niisugusel korral veejuhe asetada maa reljeefi järgi ja piiride asendit maakorralduse teel viia kooskõlasse veejuhtme asendiga. Magistraalveejuhe peab aga ühtlasi olema ka võimalikult lühike. Mida lühem see on, seda vähem töökulu nõuab selle tegemine ja seda väiksemad on ka selle ekspluatatsioonikulud. Veejuhtme väikese pikuti langu korral võib õgvendamine vajalik olla juba langu võitmiseks.

Et magistraalveejuhe võiks rahuldavalt täita temale esitatavaid nõudeid, peab ta omama küllaldasi mõõteid, s. o. küllaldaselt suure ristlõike ja pikuti langu. Lang on maapinna looduslike kõrgussuhetega ette määratud ja seda on võimalik ainult piiratud ulatuses tasandada või muuta. Ristlõike mõõted seevastu on aga vabalt määratavad vastavalt vajadusele. Veejuhtme korrastamise või uue loomise projekt sisuliselt selles õieti seisnebki, et määrata veejuhtmele sobiv asend ja mõõted.

2. Korrastamise projekt.

A. Välis-uurimised.

Magistraalveejuhtme ehk peakraavi korrastamise tehnilise projekti koostamiseks on tarvilik kõigepealt toimetada vajalikke välisuurimusi. Need koosnevad tavaliselt: a) rekognostseerimisest ja b) instrumentaaluurimisest. Ainult juhul, kui varem nn. eelprojekt ehk projektülesanne juba on koostatud, jääb rekognostseerimine ära.

a) Rekognostseerimine. Korrastamist vajava peakraavi eeluurimist tuleb alustada sellega, et kogutakse tema kohta plaanimaterjali ja selgitatakse kas ja milliseid uurimis- või veejuhtmete korrastamise töid küsimuses olevas piirkonnas juba varem on toimetatud. Neist uurimismaterjalidest tehakse vajalikud väljavõtted. Nende ettevalmistuste järel, ja omades plaani uurimisele tuleva peakraavi ja selle mõjupiirkonna maade kohta, asutakse teostama välist eeluurimist ehk rekognostseerimist, mille ülesandeks on tutvuda looduses peakraavi seisukorraga ja koguda andmeid, mis on vajalikud järgnevaks instrumentaaluurimiseks. Peakraavi kohta tuleb selgitada selle sängi iseloom, voolutakistused, vesiehitised, kui selliseid on olemas, truupide ja sildade seisukord, veejuhtme senine kasutamise viis ja korrashoid ning iseloomulikud veeseisud, eriti taimekasvuajal. Ühes peakraavi enda ülevaatusega käiakse läbi ka selle mõjupiirkonna maad, et selgitada liigniiskuse põhjuseid, saada ettekujutust selle reljeefist, praegusest kasutamise viisist ja taimkattest, ühtlasi vaadatakse üle maaparanduse tööd, mis varem on tehtud uuritava veejuhtme mõjupiirkonnas. Samuti vaadatakse üle kõik olemasolevad geodeetilise alus-mõõtmise märgid, nagu loodimise kindelpunktid, triangulatsioonimärgid, polügonomeetrilised punktid ja muud. Kõigi tehtud tähelepanekute ja kogutud andmete kohta tehakse märkmeid rekognostseerimise väliraamatusse ja selleks tehtud plaani väljavõttele. Suurt abi rekognostseerimisel võib pakkuda binokkel ja taskukompass dioptriga ning topograafiline kaart võimalikult suures mõõdus.

b) Instrumentaaluurimine. Selle järel, kui eeluurimisega on üldine ettekujutus peakraavi ja selle mõjupiirkonna maade kohta saadud, asutakse tegema instrumentaaluurimisi. Need seisnevad: pea- ja harukraavide mõõdistamises, loodimises ja profileerimises, nende mõjupiirkonna maade pinnaloodimises, pinnase sondeerimises ja loodimise sidumises varem teostatud loodimiste kindelpunktidega või, kui varem loodimist tehtud ei ole, vajalikul määral uute loodimise kindelpunktide asutamises.

Instrumentaaluurimist veejuhtmete mõjupiirkonna maade osas tuleb teha üldiselt samu nõudeid silmas pidades, mis on kirjeldatud detailkuivenduse välis-uurimistega ühenduses. Peakraavi mõõdistamiseks rajatakse selle kallast mööda eraldi uurimissiht ja vaiutatakse see tavaliselt 50-meetriliste vaiavahedega. Reljeefist olenevalt võivad vaiavahed olla ka kas väiksemad või suuremad, kuid siiski mitte üle 100 m. Tähtis on, et loodimisvaiad asetatakse reljeefi murdepunktidesse, mis võimaldaks õige pildi saamist langu suhteist. Peakraavi sihil looditakse peale kalda kõrguse (s. o. maapinna vaia) veel olemasolevail peakraavidel põhja kõrgus keskelt ja vee-

pinnaseis. Viimast tuleb loodida vaiadelt, mis on löödud veejuhtme kaldasse veepinnaga tasa pikemal (võimalikult kogu uuritava osa) ulatusel üheaegselt, s. o. samal päeval. Veejuhtmete mõõdistamisega ühenduses peetakse väliraamatut, milles on skitseeritud uuritav veejuhe, näidatud uurimissihi asend, loodimisvaiad, nende vahekaugused, kõik valduste piirid, veejuhtmesse suubuvad harujuhtmed ja kraavid, truubid, sillad, purded, vesiehitised, kärestikud, suuremad kivid, eriti rohtunud, eriti laiad või eriti kitsad paigad veejuhtmes, läbisõidukohad, allikad ja muud situatsioonielemendid ühes juurdekuuluvate mõõteandmetega.

Peakraavide sihiloodimine viiakse läbi lahus pinnaloodimisest, sest see tuleb teha suurema täpsusega. Seejuures tuleb lähtuda loodimise kindelpunktidest, millede kõrgused on määratud eraldi tehtud, kõrgendatud täpsusega loodimise teel. Sihi loodimisel tuleb loodida kõik maapinna vaiad, veepinna vaiad ja põhi, ning lisaks veel kõigi torutruupide ja sildade põhi ja lagi, tee kõrgus silla kohal, sissesuubuvate kraavide põhi ja veejuhtmesse ehitatud paisudel nende künnise kõrgus ja paisutuse kõrgus. Samuti aga ka iseloomulikud veeseisud, looduses leiduvate tunnuste ja elanikkonnalt saadud andmete järgi. Vegetatsiooniaegne keskmine veeseis on enamasti hõlpsalt märgatav tumeda viiru läbi, mida ta jätab sillasammastele või vees leiduvatele kividele.

Vähematel ja keskmistel peakraavidel olemasoleva ristlõike mõõtmine, eriti neil juhtudel, kui peakraav on varem korrastatud ja omab enam-vähem ühtlast laiust, võib toimuda lihtsustatult sel teel, et looditakse ainult sügavus ja mõõdetakse pealtlaius. Selliste peakraavide ristlõige on nimelt enamasti kas parabooli segmendi või poolellipsi pinnale läheneva kujuga, mille ristlõikepinna arvutamine võib hõlpsasti toimuda lihtsa valemi abil, kui on tuntud sügavus ja laius. Laiematel ja ebakorrapärase kujuga peakraavidel tuleb ristlõiked läbi loodida või veepinnast mõõta risti üle veejuhtme pingutatud mõõdulindi või trossi järgi. Seejuures tuleb nii tihedalt, tavaliselt 0,5 või 1,0 m vahedega põhjapunkte mõõta või loodida, et saadud andmeil oleks võimalik ristlõike kuju õieti välja joonestada.

Uuritavate peakraavide sihil tuleb teha ka pinnase sondeerimist, mis peab ulatuma vähemalt 1,5—2,0 m sügavuseni; turbapinnases aga kuni mineraalpõhjani.

Kui vana peakraav puudub ja tuleb rajada täiesti uus peakraav, siis muutub instrumentaaluurimine lihtsamaks. Niisugusel korral jääb nimelt ära kraavi põhja loodimine, selle ristlõigete mõõtmine ehk profileerimine, kraavi veeseisude loodimine kui ka kõigi vesiehitiste — nagu truupide, paisude jne. — skitseerimine ja loodimine,

sest neid objekte ei ole. Uue peakraavi sihi vaiutamist, loodimist ja pinnase sondeerimist (uurimist) tuleb aga teha samuti, nagu eespool juba kirjeldatud.

Üheaegselt peakraaviga uuritakse ka selle tulupiirkonna ehk mõjupiirkonna maid, s. o. seda maa-ala, mille kuivendamiseks uuritav peakraav peab võimaluse looma ja millel reguleeritud veeseisude säilitamise võimalus on olenev korrastatava peakraavi seisukorrast.

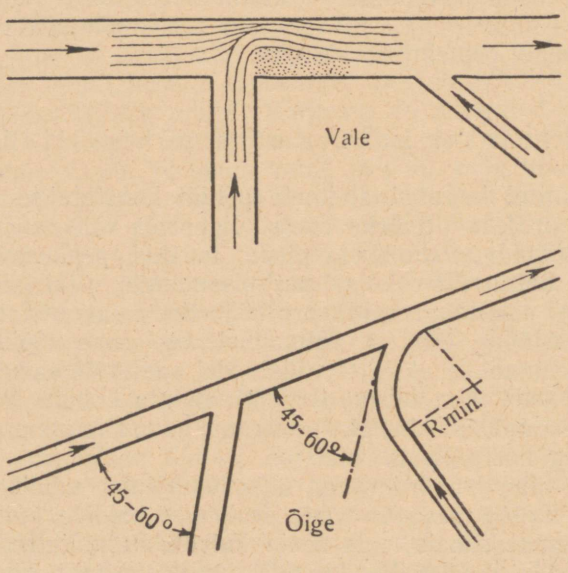
Komplektse maaparanduse projekti koostamise puhul, mis üheaegselt peakraavi korrastamisega näeb ette ka kogu selle tulupiirkonna maade detailkuivenduse ja kultuurseisundisse viimise, tuleb kõik uurimised tulupiirkonna maadel teha sellise põhjalikkusega, mis tagavad korraliku projekti koostamise.

B. Projekti koostamise põhimõtted.

Välis-uurimisel kogutud andmete põhjal koostatakse peakraavi korrastamise projekt. Selleks tuleb kõigepealt välis-uurimise andmed ümber töötada, valmistada plaan uuritud peakraavi ja selle tulupiirkonna kohta ühes kõigi uurimisandmete pealekandmisega, ning koostada peakraavi kohta profiilid. Seda on otstarbekohane teha kohe välistööde järel ja võimalikult veel enne töökohalt ärasõitmist, et võimalikke eksitusi välistöödel saaks õigeaegselt avastada ja parandada ilma teiskordse väljasõiduta kohale. Plaani alusel määratakse lõplikult kindlaks peakraavi suund ja pikiprofiili järgi selle lang ning korrastamise ulatus.

Peakraavi suuna määramisega ühenduses tuleb mõnikord otsustada küsimus ka tee rajamise kohta peakraavi kaldale, kui peakraav läbistab suuremat sooala, mis peale kuivendamist tuleb intensiivsele kasutamisele, kuid millele korralik juurdepääsutee alles puudub. Selline lahendus tundub otstarbekohasena, sest peakraavist väljakaevatavat maad saab ära kasutada tee muldkeha tegemiseks. Kuid tee asetamisel peakraavi kaldale on rida tõsiseid pahesid. Tee peaks asetsema kõrgel, kuival maal, kõva aluspõhjaga, sest siin on tee ehitamine ja korrashoid kõige vähemate kuludega teostatav. Siin asetsevad ka majandite keskused ja muud ehitised, milledele juurdepääsuks tee on vajalik. Peakraavid aga asetsevad kõige madalamas kohas, nende teostamine ja korrashoid tuleb pehmetes turbakihtides kõige odavam. Pehme turbamulla vallile tee muldkeha tegemine on kulukas, ja see tuleb teha küllalt kõrge, et suurveeajal vesi teed üle ei ujutaks. See muudab tee kasutamise tülikaks ja mõnikord ohtlikukski, kui teeäärne peakraav on sügav. Sildu ja truupe tuleb ehitada palju, mis suurendab veelgi tee ehituse kulu-

sid. Kuid ka peakraavile pole tee naabrus soovitav, kuna see suurendab rikete tekkimise hädaohtu ja teeb korrashoiutööd kulukaks. Sellepärast tee paigutamine peakraavi kaldale pole põhimõtteliselt soovitav. Ainult sel juhul, kui kuivendataval alal teist sobivat paika teele ei leidu või kui teed kasutatakse ainult hooajaliselt ja kevadel ning sügisel sellel liiklust ei olegi, võib tee rajamine peakraavi kaldale olla otstarbekohane.



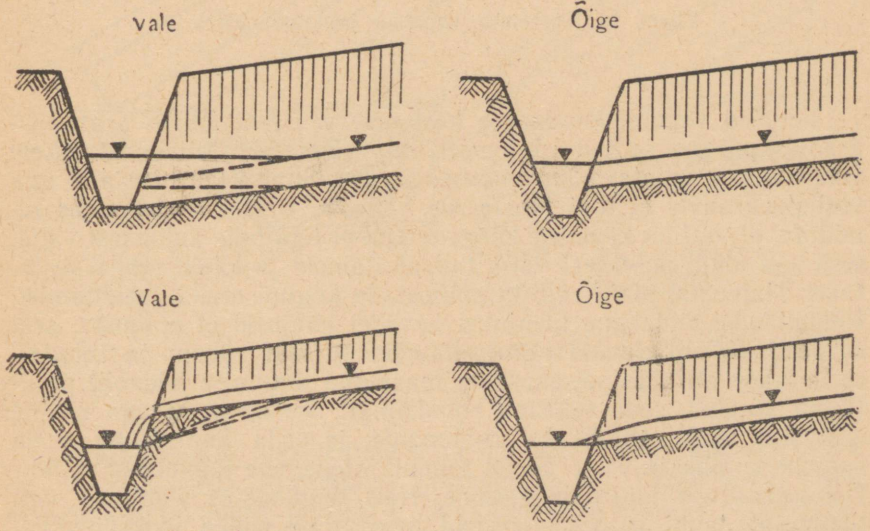
Joon. 60. Harukraavi suubumine peakraavi.

Tee rajamisel peakraavi kaldale on tarvis hoolitseda selle eest, et tee muldkeha taha ei jääks vesi seisma, sest see muudaks tee muldkeha pehmeks ja raskesti läbipääsetavaks. Vesi tuleb teest eemale suunata või truupide kaudu tee muldkeha alt läbi juhtida teeäärsesse peakraavi.

Kui peakraavi suund on kindlaks määratud, tuleb määrata peakraavi mõõted. See toimub hüdraulilise arvutuse teel, lähtudes ülesseatud nõudest veepinnaseisude kohta peakraavis taimekasvu ajal, ja peakraavi langust ning sellest veehulgast, mida peakraav peab ära juhtima. Ühtlasi tuleb arvestada muidugi ka seda, millised võimalused on üldse veepinna alandamiseks peakraavis.

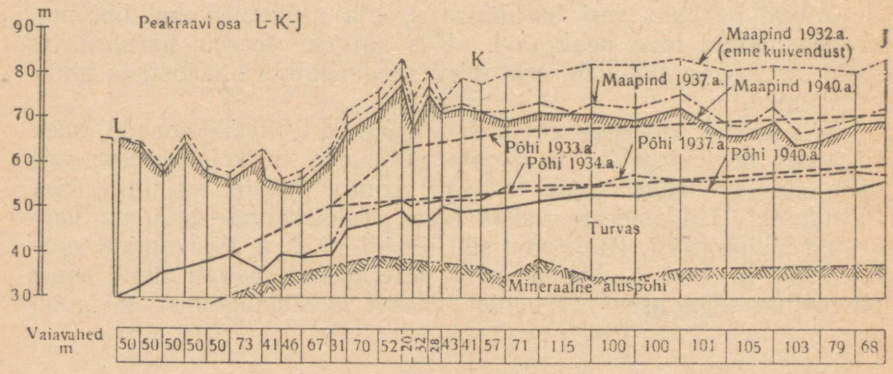
Harukraavide suubumiskohas peakraavi tuleb harukraavi põhi kooskõlastada veeseisuga peakraavis. Harukraavi põhja projekteerimine sama sügavale kui peakraavi põhi, veeseisu peakraavis arvesse võtmata, tooks kaasa põhja täitumise harukraavi alumises otsas, suubumiskohast ülespoole, ilma et selline sügavamaks projekteerimine võiks veeseisu harukraavis allapoole viia. Samuti poleks ka õige suubumise kohal projekteerida harukraavi põhja kõrgemale peakraavi keskmisest vegetatsiooniaegsest veeseisust, sest niisugusel korral hakkaks vesi harukraavi põhja suubumiskohal uhtuma, kandes uhutud maa peakraavi. Kus kõrgem veeseis harukraavis siiski tarvilik on säilitada, seal tuleb suudmekohta kindlustada uhtumise vastu.

Neis osades, kus peakraav läbistab sügava turbakihiga sood, tuleb sügavust projekteerides tingimata arvestada turba vajumist, mis võib olla õige suur. Seda tõendab joonisel nr. 62 kujutatud osa Pärnumaal Häädemeeste vallas oleva Tahkuranna—Suursoo peakraavi pikiprofiilist. Peakraavi siht looditi 1932. a. Kaevamine teostati 1933. ja 1934. a., kusjuures esimesel aastal kaevati ainult poole ettenähtud sügavuseni, et vältida kraavi kokkulangemist, mida oli



Joon. 61. Harukraavi põhja kooskõlastamine peakraavi põhjaga suubumiskohas.

karta, kuna turba veesisaldus oli ca 90%. Aastal 1937 toimetatud loodimine näitas maapinna vajumist 70—130 sm ja kolm aastat hiljem, 1940. a., oli vajumine veelgi 15—20 sm võrra suurenenud. Ka peakraavi põhi oli ajavahemikul 1934—1940 keskmiselt 20—30 sm võrra vajunud, kuid see ei suutnud muidugi kompenseerida maapinna vajumist.



Joon. 62. Turbamaa vajumine peakraavi ääres.

Veepind vegetatsiooniaegse keskmise veeseisu juures peab peakraavis püsima sellisel sügavusel, mis võimaldab kuivendatavatele maadele täie vajatava kuivendussügavuse. Suvise kõrgvee ajal aga vesi peakraavis ei tohi tõusta üle kallaste. Põldude piirkonnas on nõutav, et vesi ka kevadise kõrgvee ajal ei tohi tulla kallastest välja, sest vesi uhub pinnasest välja taimetoitaineid ja lõhub mulla struktuuri. Halvemal juhul võib ta põhjustada koguni mulla ärauhtumist. Rohumaadel lühiaegne üleujutus kevadel kahjusid ei põhjusta, sest kergesti väljauhutavaid taimetoitaineid on siin vähem ja rohutaimede kasv on alles seisakus; ka maapinna uhtumise hädaoht praktiliselt puudub, seda takistab rohukamar. Seevastu on aga suvine üleujutus alati kahjulik ka rohumaale, ja seda kahjulikum, mida soojem on õhk ja vesi. Suvel toimub intensiivne taimekasv ja ühtlasi intensiivne juurte hingamine. Neis tingimustes üleujutav vesi lämmatab taimi ja need surevad juba mõne päeva jooksul välja. Metsamaadele lühiaegne, mõne päeva kestusega üleujutus ka suvel mainimisväärseid kahjusid ei tekita.

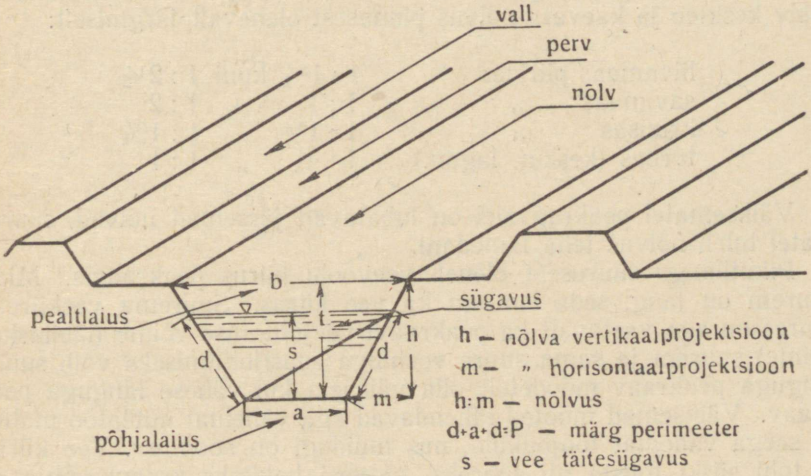
Ärajuhitav veehulk arvutatakse valemi abil

$$Q = F \cdot q,$$

milles

Q = ärajuhitav veehulk l/sek. ehk m³/sek.,
F = vesikonna pindala km² arvestus profiilis ja
q = äravoolu norm l/sek. km² kohta.

Vesikonna pindala F määratakse planimeetrilisel teel kõrgusjoontega topograafilisel kaardil (mõõdus 1:50 000, 1:42 000, 1:25 000 või 1:21 000, selle järgi, milline neist on kasutada). Äravoolunorm võetakse tabelist (lk. 29), kui vesikond ei ületa 100 km², s. o. 10 000 ha. Sellest suurematel vesikondadel tuleb ärajuhitav veehulk määrata looduses pikema aja kestel toimetatud hüdromeetriliste mõõtmiste alusel.



Joon. 62-a. Peakraavi elemendid.

Peakraavi lang oleneb maapinna langust, ainult vähesel määral on võimalik seda kunstlikult suurendada või vähendada. Lang märgitakse tavaliselt tähega J ja väljendatakse kas absoluutarvuna või promillides. Absoluutarvuna väljendatuna näitab see, kui suur on lang pikkuse ühiku kohta; nii näiteks lang $J = 0{,}0007$ tähendab, et peakraavil on 1 meetri kohta 0,0007 meetrit langu.

Hõlpsamaks praktiliseks käsitamiseks väljendatakse peakraavi lang enamasti promillides. Eelmainitud suurusega lang 0,0007, väljendatuna promillides, oleks 0,7‰. Ta näitab kui palju meetreid langu peakraavil on 1000 m kohta.

Peakraavi nõlvuse all mõeldakse suhet nõlva pikkuse vertikaalprojektsiooni *h* ja horisontaalprojektsiooni *m* vahel. Võttes vertikaalprojektsiooni *h* = 1 konstantsena, saab horisontaalprojektsioon *m* lameda nõlva puhul suurema ja järsu nõlva puhul väiksema arvu.

Mida järsem on nõlvus, seda väiksem on kraavi ristlõikepind, s. o. seda vähem tuleb kaevamisel teha mullatöid ja vastupidi — mida lamedam on nõlvus, seda suuremaks läheb pealtlaius ja ristlõikepind ning vastavalt ka kaevamistöö maht jooksva meetri kohta. Nõlvade sissevarisemise hädaoht ei luba kaevata neid liiga järsuna. Teiselt poolt püüd tulla toime võimalikult vähese tööjõukuluga, sunnib vältima lamedat nõlvust. Nende kahe nõude vahel tuleb leida sobiv kesktee ja kaevata nõlvus pinnasest olenevalt järgmiselt:

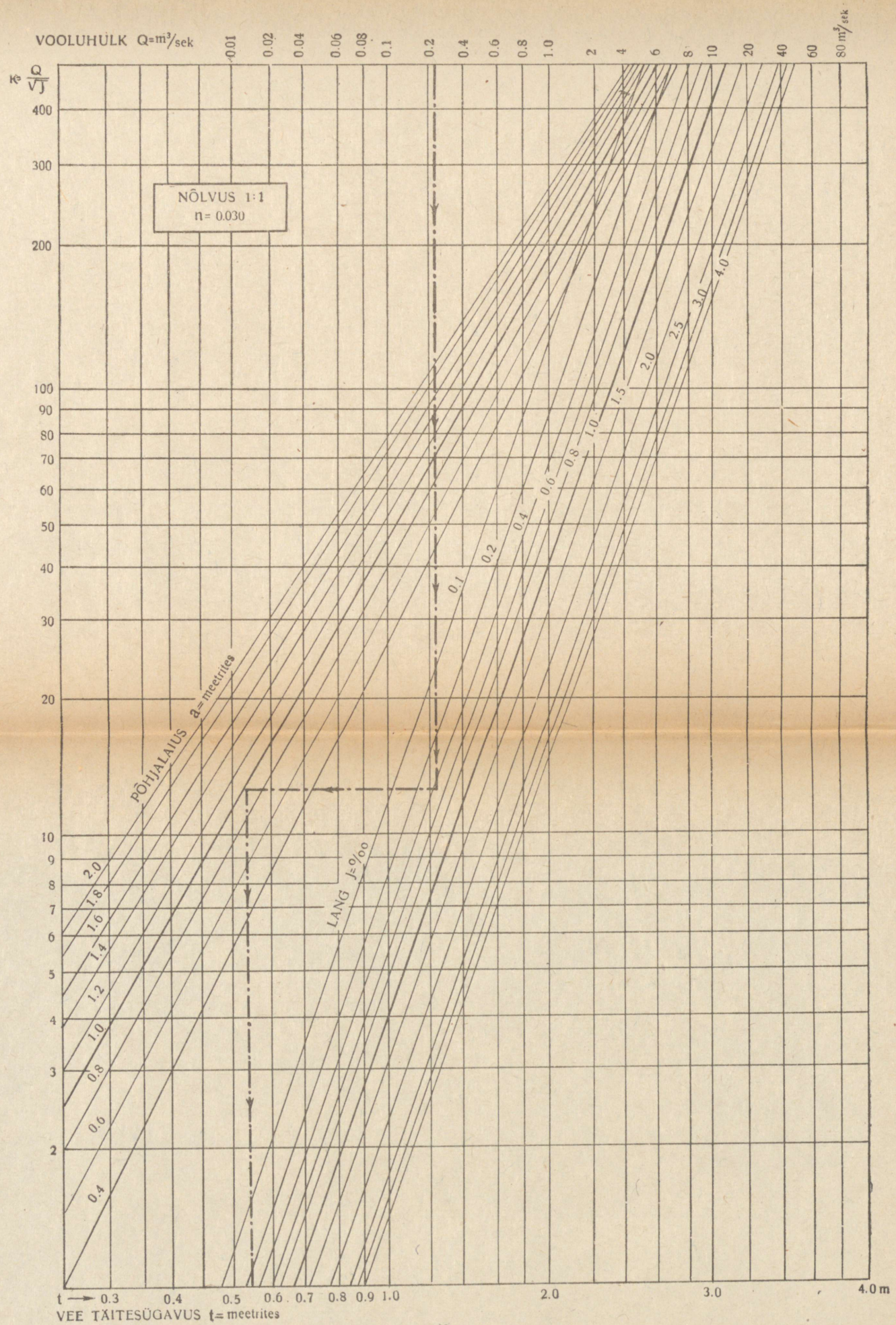
liivamaas piirides	1 : 1¾	kuni	1 : 2½
savimaas „	1 : 1	„	1 : 2
kruusas „	1 : 1½	„	1 : 1¾
turbas (keskm. lagun.)	1 : ¾	„	1 : 1

Väiksematel peakraavidel on lubatavad järsemad nõlvad, suurematel tuleb nõlvus teha lamedam.

Pikutilangu suurusest oleneb veevoolu kiirus peakraavis. Mida suurem on lang, seda suurem ka vee kiirus. Suurema veekiiruse juures on aga vastavalt ka peakraavi veejuhtimise võime (läbilaskevõime) suurem ja sama suure veehulga edasijuhtimiseks võib suure languga peakraav mõõdetelt olla väiksem kui vähese languga peakraav. Väiksemad mõõted tähendavad aga vähemat mullatöö mahtu ja seega vähemat tööjõukulu, mis muidugi on soovitav. Vee kiirus ei tohi siiski tõusta nii suureks, et vesi hakkaks kraavi põhja ja nõlvu uhtuma. Kindlustamata voolusängides peavad veekiirused jääma järgmistesse piiridesse:

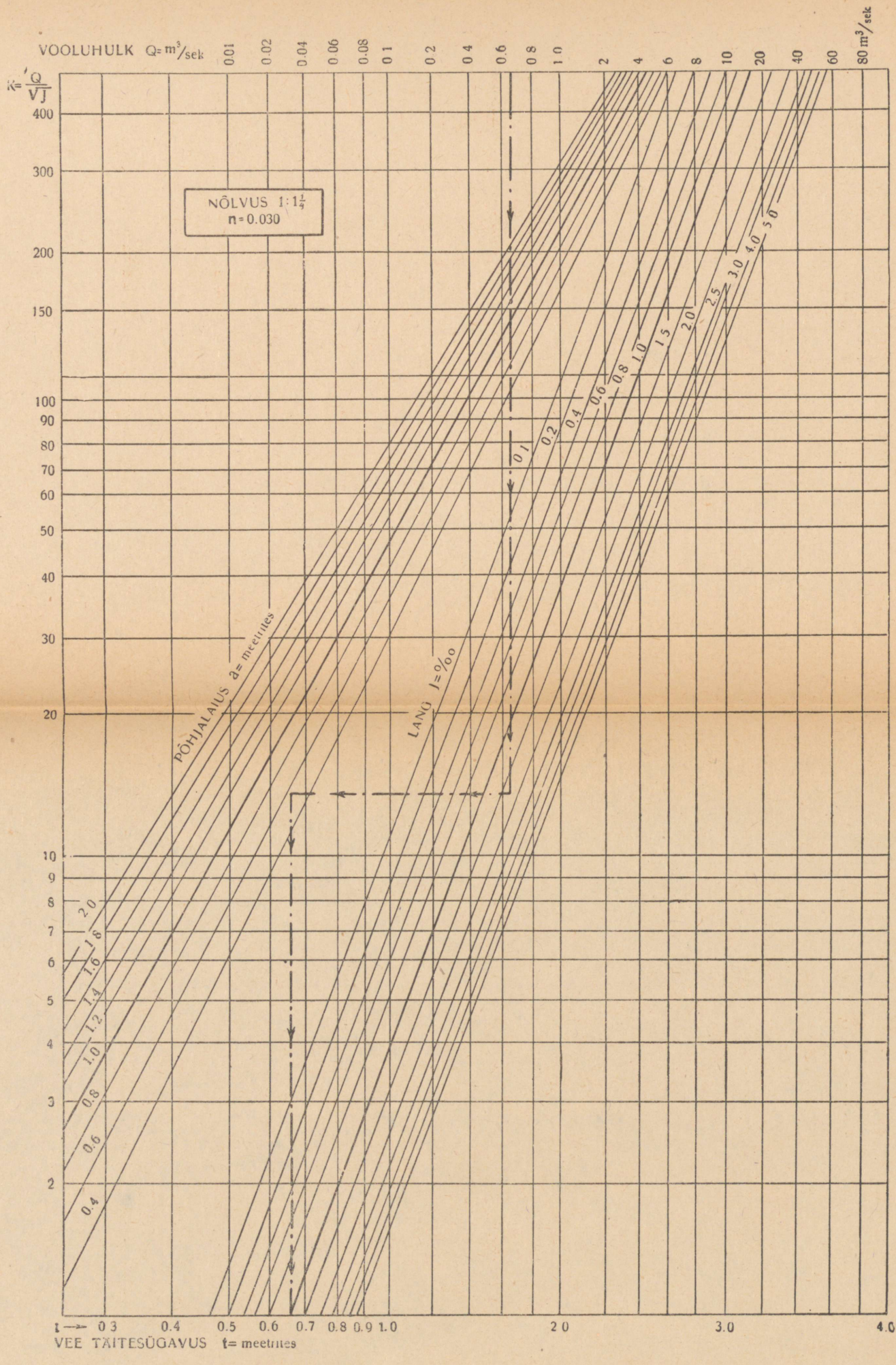
peenliiva maas kuni	0,5 m/sek.
kõdunenud turbas	0,6 „
savimaas	0,7 „
vähekõdunenud turbas	1,0 „
kruusamaas	1,5 „

Mätastega kindlustatud voolusängis on lubatavaks piiriks 1,2 m/sek. ja kividega kindlustatud sängis 2,5 m/sek.



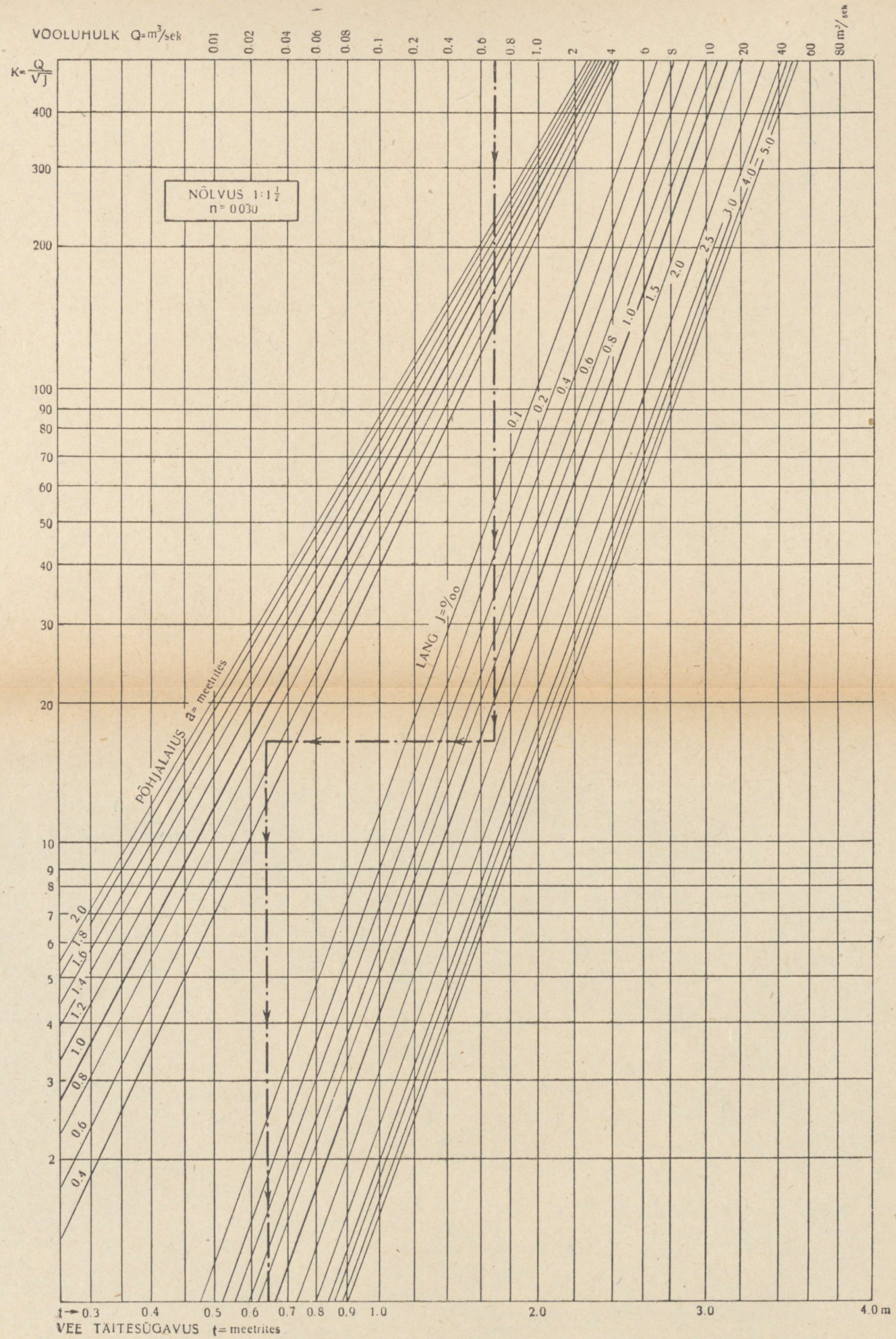
Joon. nr. 63. Nomogramm trapetsikujulise ristlõikega kraavide dimensioneerimiseks nõlvusega 1:1.

N ä i d e: Antud Q = 0,24 m³/sek., J = 0,45 ‰. Leida, kui suur on t, kui a = 1,0 m.
L a h e n d u s: Nomogrammi ülevalt äärest võttes antud Q = 0,24 m³/sek., jälgime noolega näidatud katkendjoone suunas (vertikaalselt), kus see Q-joon lõikub antud langu J = 0,45‰ joonega. Lõikepunktist liigume horisontaalsuunas vasakule kuni lõikumiseni soovitud põhjalaiuse a = 1.0 m joonega. Sellest lõikepunktist liigume edasi jälle vertikaalsuunas alla, kust leiame nomogrammi all ääres otsitava t = 0.54 m.



Joon. nr. 64. Nomogramm trapetsikujulise ristlõikega kraavide dimensioneerimiseks nõlvusega 1:1¼.

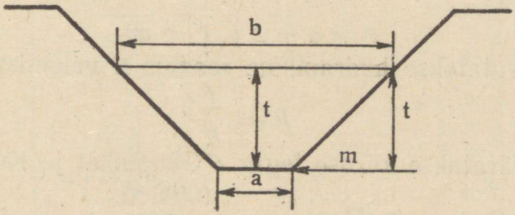
Näide: Antud Q = 0,65 m³/sek., J = 1.7‰ ja a = 0.55 m. Leida t.
Lahendus: Täitesügavus t = 0.66 m.



Joon. nr. 65. Nomogramm trapetsikujulise ristlõikega kraavide dimensioneerimiseks nõlvusega 1:1½.

Vee kiirus ei tohi aga ka mitte jääda väiksemaks kui 0,20 m/sek., sest vastasel korral tekiks suurel määral muda settimisi peakraavi põhja, mida aeglaselt liikuv vesi edasi kanda ei suuda.

Teades ärajuhitava veehulga, peakraavi langu ja nõlvuse, võib peakraavi mõõteid, s. o. põhja laiust ja sügavust hõlpsasti määrata vastavate graafikute abil, milledest meil on enam tuntud Üleliidulise Melioratsiooni ja Hüdrotehnika Teadusliku Uurimise Instituudi väljaandel ilmunud «Melioratsiooni ja hüdrotehnika käsiraamatus» («Spravotšnik po melioratsii i gidrotehnike», III köide, 1945. a.) toodud nomogrammid ja G. Scheviori graafikud. Graafikute või tabelite puudumise korral tuleb arvutamist toimetada analüütiliselt. See arvutamise viis on tunduvalt aegaviitvam kui graafiline, sest ta ei võimalda tavaliselt ühekordse arvutamisega leida kohaseid mõõteid,



Joon. 66. Trapetsikujulise kraavi ristlõige.

vaid arvutamine tuleb läbi teha paar-kolm korda, nn. lähenemise meetodit kasutades. See meetod seisneb selles, et võetakse mingi põhilaius a ja täitesügavus t, milledest loodetakse, et need võiksid nõudeid rahuldada, ja proovitakse siis kontrollarvutuse teel, kas veejuhe valitud mõõdetega on suuteline läbi juhtima arvutusprofiilis antud veehulka soovitud veekõrguse juures. Kui arvutus näitab, et see nii ei ole, siis valitakse teised mõõted ja korratakse arvutust. Kui nüüdki ei saada rahuldavat tulemust, tuleb veel uued mõõted võtta arvutustesse. Nii lähenetakse katseliste arvutuste teel mõõdetele, mis lõpuks küllaldase täpsusega rahuldavad ülesseatud tingimusi.

Arvutuste käik on järgmine:

a) Võetakse lähtearvudeks:
   1) ärajuhitav veehulk Q;
   2) veejuhtme lang J arvutusprofiilis;
   3) nõlvus.

b) Valitakse arvatava sobivuse järgi:

1) põhilaius a;

2) vee täitesügavus t.

c) Kontrollitakse valitud mõõdete sobivust, milleks:

1) arvutatakse töötava ristlõike pind F valemist

$$F = \frac{a+b}{2} \cdot t,$$

kus $b = a + 2$ mt ja m = nõlvuse suhtearv.

Nõlvuse juures 1 : ¾ saab $b = a + 1{,}5$ t
„ „ 1 : 1 „ $b = a + 2{,}0$ t
„ „ 1 : 1¼ „ $b = a + 2{,}5$ t
„ „ 1 : 1½ „ $b = a + 3{,}0$ t
jne.

2) Arvutatakse märg perimeeter P valemist:

$$P = a + 2\sqrt{t^2 + m^2}.$$

3) Arvutatakse hüdrauliline raadius R valemist:

$$R = \frac{F}{P}.$$

4) Määratakse kiiruse tegur c Ganguillet ja Kutteri valemist:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}};$$

kasutades selleks vastavat graafikut või tabelit.

5) Arvutatakse vee keskkiirus v Chezy valemist:

$$V = c\sqrt{RJ}.$$

6) Arvutatakse valitud mõõdetega ristlõike läbilaskevõime Q_0 valemist:

$$Q_0 = v \cdot F.$$

Kui arvutatud läbilaskevõime Q_0 jääb vähemaks ärajuhtimisele kuuluvast veehulgast Q, siis tuleb valida kas suurem täitesügavus t peakraavi sügavamaks projekteerides või suurendada põhja laiust a, olenevalt sellest, mis näib majanduslikult olevat otstarbekohasem, ning korrata uuesti arvutamist eelkirjeldatud viisil. Kui uue arvutuse tulemusena saadud läbilaskevõime Q_0 osutub tunduvalt (üle 15%) suuremaks nõutavast, siis tuleb vähendada kas t või a või ka samaaegselt mõlemat, ja jälle korrata arvutust. Nii jätkatakse, kuni on leitud sobivad mõõted.

Kiirusteguri c väärtused Ganguillet ja Kutteri valemis, karedusteguri olles $n = 0{,}030$.

Hüdrauliline raadius R	Lang ‰													
	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1					15,5	16,5	17,0	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,7
0,2					20,0	21,0	21,3	21,5	21,6	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0
0,3					23,0	23,8	24,2	24,3	24,3	24,4	24,5	24,6	24,7	24,7
0,4					25,2	26,0	26,3	26,4	26,5	26,5	26,6	26,6	26,7	26,7
0,5			26,5	27,0	27,3	27,8	28,2	28,2	28,2	28,3	28,3	28,4	28,4	28,4
0,6			28,1	28,5	28,9	29,2	29,4	29,4	29,4	29,5	29,5	29,6	29,6	29,6
0,7			29,6	29,9	30,3	30,4	30,5	30,5	30,6	30,7	30,7	30,8	30,8	30,8
0,8			31,0	31,2	31,4	31,4	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7	31,7
0,9			32,2	32,3	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
1,0			33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
1,2			35,3	35,2	35,0	34,8	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7
1,4			36,9	36,6	36,3	36,0	35,8	35,8	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7
1,6			38,2	37,8	37,4	37,0	36,7	36,7	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6
1,8			39,4	38,9	38,5	37,9	37,6	37,5	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4
2,0			40,5	39,9	39,4	38,7	38,4	38,3	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1
2,2			41,6	40,9	40,2	39,4	39,1	39,0	38,8	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7
2,4			42,6	41,8	41,0	40,0	39,7	39,5	39,4	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
2,6			43,5	42,6	41,7	40,6	40,2	40,0	39,9	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7
2,8			44,3	43,3	42,4	41,1	40,7	40,5	40,3	40,2	40,1	40,1	40,1	40,1
3,0			45,0	44,0	43,0	41,6	41,2	41,0	40,8	40,6	40,5	40,4	40,3	40,3
3,2			45,7	44,7	43,5	42,1	41,6	41,4	41,1	41,0	40,9	40,8	40,7	40,7
3,4			46,4	45,2	44,0	42,5	42,0	41,7	41,5	41,4	41,3	41,2	41,1	41,1
3,6	51,8	49,6	47,0	45,8	44,5	43,0	42,4	42,2	41,9	41,8	41,6	41,5	41,4	41,4
3,8	52,7	50,3	47,6	46,2	45,0	43,3	42,8	42,5	42,2	41,9	41,8	41,8	41,7	41,7
4,0	53,5	51,0	48,1	46,7	45,4	43,7	43,1	42,8	42,5	42,2	42,1	42,1	42,0	42,0
4,2	54,3	51,7	48,6	47,2	45,8	44,0	43,4	43,1	42,8	42,5	42,4	42,4	42,3	42,3
4,4	55,1	52,3	49,1	47,6	46,2	44,3	43,7	43,4	43,1	42,8	42,7	42,7	42,6	42,6
4,6	55,8	52,9	49,6	48,0	46,6	44,6	44,0	43,8	43,4	43,1	43,0	42,9	42,8	42,8
4,8	56,5	53,5	50,1	48,4	46,9	44,9	44,3	44,0	43,7	43,4	43,2	43,1	43,0	43,0
5,0	57,2	54,1	50,6	48,8	47,2	45,2	44,5	44,2	43,9	43,6	43,4	43,3	43,2	43,2
5,2	57,8	54,7	51,1	49,2	47,5	45,5	44,7	44,4	44,1	43,8	43,6	43,5	43,4	43,4
5,4	58,4	55,2	51,6	49,6	47,8	45,8	44,9	44,6	44,3	44,0	43,8	43,7	43,6	43,6
5,6	59,0	55,6	52,1	49,9	48,1	46,0	45,1	44,8	44,5	44,2	44,0	43,9	43,8	43,8
5,8	59,5	56,0	52,4	50,2	48,4	46,2	45,3	45,0	44,7	44,4	44,2	44,1	44,0	44,0
6,0	60,0	56,4	52,5	50,5	18,6	46,4	45,5	45,2	44,9	44,6	44,4	44,3	44,2	44,2

Märkus: Langudele, mis on suuremad kui 1‰, jäävad c väärtused samadeks, mis vastavate R väärtuste juures on antud langule 1‰.

Selgituseks arvutame läbi järgmise näite:

Ülesanne: Arvestusprofiilis ärajuhtimisele kuuluv vooluhulk Q olgu 2,7 m³/sek., lubatav veetäide t peakraavis olgu 1,2 m, lang $J = 0{,}0003$ ja nõlvus (pinnasest tingituna) tuleb võtta 1:1½ (seega nõlvuse suhtearv $m = 1{,}5$). Ühtlasi nõuame, et uhtumise vältimiseks veekiirus v ei tõuseks üle 0,50 m/sek. Leida sobiv põhjalaius.

Lahendus: Valemist $Q_0 = v \cdot F$ arvutame töötava ristlõikepinna, mida peakraav peab omama (vee keskkiiruse olles 0,45 m/sek.) et ära juhtida 2,7 m³/sek. vett. Saame

$$F = \frac{Q_0}{v} = \frac{2,7}{0,45} = 6,0 \text{ m}^2.$$

Kuna teisalt

$$F = t\,(a + tm),$$

siis saame

$$6,0 = 1,2\,(a + 1,2 \,.\, 1,5)$$

ehk

$$a = \frac{6,0}{1,2} - 1,2 \,.\, 1,5 = 3,2 \text{ m}.$$

Kontrollime valitud põhjalaiuse sobivust:

$$P = a + 2\sqrt{t^2 + m^2} = 3,2 + 2\sqrt{1,2^2 + 1,8^2} = 7,52 \text{ m},$$

$$R = \frac{F}{P} = \frac{6,0}{7,52} = 0,8 \text{ m}.$$

Tabelist leiame, et langule $J = 0,3‰$ ja hüdraulilisele raadiusele $R = 0,8$ m vastab kiiruse tegur $c = 31,5$.

Edasi: $v = c\sqrt{RJ} = 31,5\sqrt{0,8 \,.\, 0,0003} = 0,49$ m/sek.

ja lõpuks $Q_0 = F \,.\, v = 6,0 \cdot 4,9 = 2,94$ m³/sek.

Selgub, et valitud põhjalaiuse juures peakraavi vee läbijuhtimise võime antud profiilis on suurem kui vaja. Vähendame põhja laiust 0,20 m võrra ja kordame uuesti kontrollarvutust.

Nüüd on:

$$P = 7,52 - 0,20 = 7,32 \text{ m};$$

$$F = t\,(a + tm) = 1,2\,(3,0 + 1,2 \cdot 1,5) = 5,76 \text{ m}^2;$$

$$R = \frac{F}{P} = \frac{5,76}{7,32} = 0,79 \text{ m};$$

$$c = 31,4;$$

$$v = c\sqrt{RJ} = 31,4\sqrt{0,79 \cdot 0,0003} = 0,48 \text{ m/sek.};$$

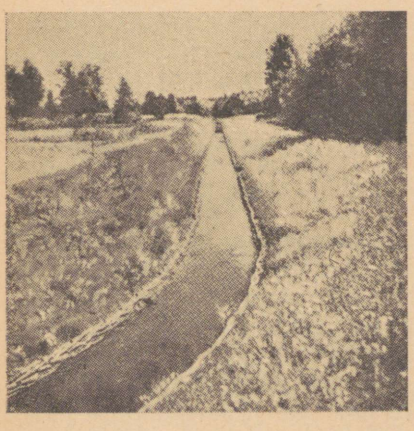
$$Q_0 = F \cdot v = 5,76 \cdot 0,48 = 2,76 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Saadud tulemus on väga lähedane nõutavale läbilaskevõimele 2,7 m³/sek., ja seega on valitud põhjalaius 3,0 m sobiv.

Analoogiliselt tuleb arvutused teha peakraavi kõigi osade kohta, kus lang muutub, kus sissesuubuva harukraavi tõttu vesikond suureneb või kus nõlvus muutub, kusjuures on soovitav see läbi viia

vegetatsiooniaegse keskmiste vete aegse vooluhulkade kohaselt ja kontrollarvutusega veenduda, et valitud mõõdete juures ka vegetatsiooniaegsed kõrged veed kallastesse jäävad. Mõõteid määravaks kujunevad nimelt tavaliselt vegetatsiooniaegsed keskmise vee vooluhulgad. Arvutuse tulemused võetakse kokku tabelisse.

Nagu detailkuivenduse süsteemi kogujal, nii oleks ka peakraavil tarvilik, et vesi peakraavis voolaks allapoole kasvava kiirusega ja seejuures jääks ka lubatavatesse piiridesse, s. o. ei langeks alla 0,20 m/sek. ega tõuseks üle selle ülemmäära, mis antud pinnases on lubatav. Kus kiirused siiski suuremaks tõusevad, seal tuleb nõlvade ja



Joon. 67. Peakraavi nõlva kindlustus hagudega ja mätastega.



Joon. 68. Nõlva kindlustus kividega.

põhja kindlustust ette näha või suure languga kohtadesse projekteerida kaskaade. Kaskaadid kujutavad endast kunstlikult tehtud astmeid kraavi põhjas. Nende abil koondatakse soovimatult suur lang ühte või vähestesse kohtadesse kraavis ja lastakse siin vesi kosena kukkuda kõrgemalt astmelt madalamale. Uhtumise vältimiseks tuleb kraavi põhi ja nõlvad neis kohtades kindlustada. Langu- ja veekiiruse vähenemist on raskem ära hoida. Siin ei jää sageli muud võimalust üle, kui lihtsalt arvestada sagedamat puhastamise vajadust selliste langu murdekohtades.

Sama vooluhulga läbijuhtimiseks ühesuguse langu ja nõlvuse juures võib peakraavi projekteerida kas kitsama põhjalaiuse ja suurema täitesügavusega või jälle laiema põhjaga ja vähema täitesügavusega. Üldiselt kitsas ja sügav kraav püsib paremini korras kui

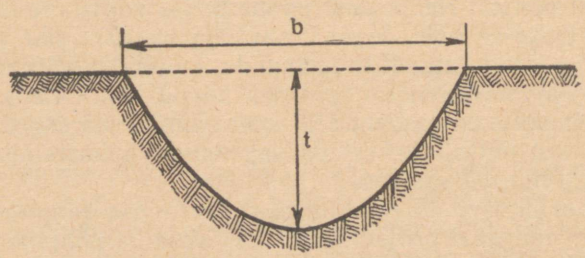
lai ja madal, kuid see võib raskendada töö läbiviimist, pikendades töö ulatust allapoole ja suurendades kaevamise raskust, kuna sügavamad maakihid tavaliselt on raskemad. Kalkulatsioonide varal leitakse sobiv kesktee mõlema äärmuse vahel.

Selle järel, kui peakraavi mõõted on määratud, arvutatakse mullatööde maht. Trapetsikujulise ristlõikega kraaviosa kahe naabruse vaia vahel kujutab endast prismatoidi, mille otsapinnad F_n ja $F_n + 1$ omavad korrapärast trapetsi kuju. Sellise prismatoidi maht on hõlpsasti arvutatav valemi abil:

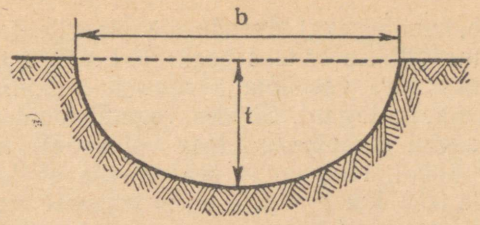
$$M = \frac{F_n + F_n}{2} \cdot l,$$

milles M = arvutatav mullatöö maht kahe vaia vahel,
F_n = ristlõikepind ühe vaia juures,
$F_n + 1$ = ristlõikepind teise, lähisvaia juures,
l = arvutatava vaiavahe pikkus.

Suure hulga trapetsi pindalade arvutamine igal üksikjuhul eraldi oleks palju tööd ja aega viitev toiming. Sellepärast on koostatud tabelid, milledes need pindalad on valmisarvutatult leitavad mitmesuguste nõlvuste sügavuste ja põhjalaiuste jaoks. Neid tabeleid kasutades muutub mullatööde arvutus lihtsaks. Väiksemate kraavide ja tavalisemalt esinevate nõlvuste jaoks on sellised tabelid toodud käesoleva raamatu lisas. Vana kraavi süvendamise ja laiendamise puhul mullatöid arvutades tuleb tabelist saadavast trapetsi pindalast vähendada vana kraavi ristlõikepind sama vaia juures. Vana kraavi ristlõige on väiksematel ja keskmistel kraavidel pehmes pinnases enamasti parabooli segmendi taoline, mille pindala võrdub $^2/_3$ bt, kõvemas pinnases aga poolellipsikujuline, pinnasuurusega 0,79 bt.



Joon. 69. Paraboolne kraavi ristlõige.



Joon. 70. Elliptiline kraavi ristlõige.

Kus vana kraavi ristlõige on nii korrapäratu kujuga, et eelmainitud lihtsad valemid nende suhtes pole rakendatavad, seal tuleb ristlõikepind planimeetrilisel teel määrata. Iga vaiavahe mullatöö maht arvutatakse niiviisi üksikult välja ja neid summeerides saadakse kogu peakraavi töömaht. Peale kogumahu tuleb arvutada veel üksikute pinnaseliikide mahud, mida kraavi tegemisel tuleb välja kaevata. See toimub samal põhimõttel, kui kogumahu arvutamine. Mullatöö arvutuse tulemused võetakse kokku vastava vormi kohasesse mullatöölehte.

Peale mullatööde võib peakraavi korrastamisega ühenduses tarvilik olla teostada muidki töid. Nii näiteks põhja ja nõlvade kindlustamist, kaskaadide (astangute), truupide, sildade ja paisude ehitamist või muid selliseid töid. Kõigi nende kohta tehakse erijoonised ja vastavad töömahu arvutused.

Lõpuks, kui projekti arvutused kõik on valmis, tehakse eelarve tööde kohta ja koostatakse seletuskiri.

C. Peakraavi tulupiirkond.

Peakraavid on kollektiivsed maaparanduse ehitised, sest nad teenindavad peaaegu alati paljude majandite huvisid. Iga peakraav omab kindlat mõjupiirkonda, millele peakraavi kaevamise või korrastamise läbi kuivendamise võimalus luuakse ja püsivalt kindlustatakse. Seda mõjupiirkonda nimetatakse peakraavi tulupiirkonnaks. Tulupiirkonda kuuluvad kõik need maad kahel pool peakraavi, milledel seniste veeseisude juures vajalik täiskuivenduse võimalus puudus ja milledele see uue peakraavi tegemisega või olemasoleva korrastamisega luuakse. Kõrgemad maad, milledel täiskuivenduse võimalus juba varem oli olemas, ei saa tehtavast tööst lisatulu ega kuulu sellepärast ka mitte tulupiirkonda. Samuti jäävad tulupiirkonnast välja maad, mis on nii madalad, et need ka peakraavi kaevamise või korrastamise järel ei saa vajalikku kuivenduse võimalust.

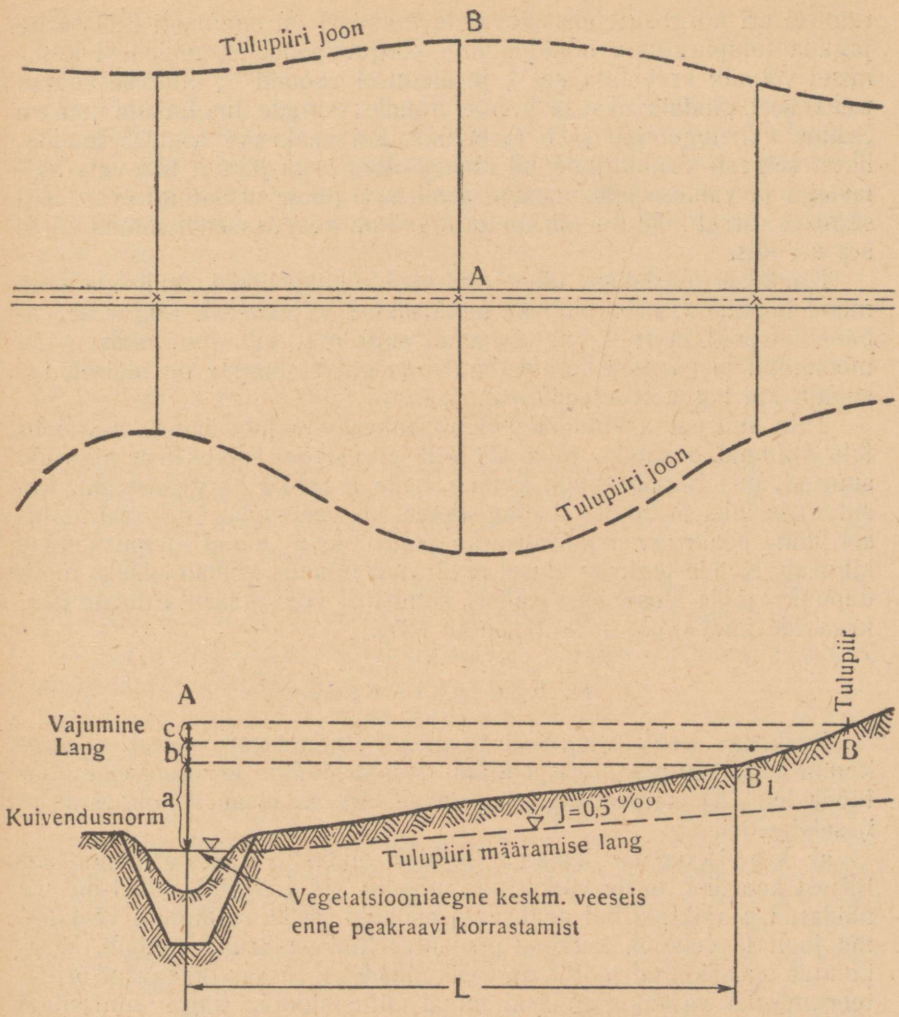
Tulupiirjoone kandmiseks kuivendusala plaanile talitatakse järgmiselt. Plaanil märgitakse esiteks peakraavi sihil ära senised vegetatsiooniaegse keskmise veepinna kõrgused keskmiselt 300—500-meetriliste vahemaade tagant. Soodes vegetatsiooniaegne keskmine veepind seisab sageli maapinnaga tasa või kohati isegi üle selle. Nende punktide kohal, ristisuunas peakraavile otsitakse ja märgitakse ära punktid (B_1), kus maapind on praegusest vegetatsiooniaegsest keskmisest veeseisust kõrgemal nõutava kuivendusnormi a võrra. Selle kõrgusega maad ei oma siiski veel täit kuivenduse võimalust praeguses seisukorras, sest vee ärajuhtimiseks peab olema ka langu ja kuivenduseks kraavi kaevates peakraavist kuni leitud punktideni ei saavutataks täit vajalikku veepinna alanemist, vaid langu võrra vähem. Punktide kauguse L järgi peakraavist ja minimaalset langu $J = 0{,}5‰$ arvestades leiame kõrguse lisanduse b, mille võrra langu vajadus tulupiirjoone viib kõrgemale. Mineraalmaades see annabki tulupiirjoone lõpliku kõrguse; turbamaas tuleb aga veel arvestada ettenähtavat turba vajumise määra c, ja selle võrra tulupiirjoont kõrgemale asetada. Niimoodi mõlemal pool peakraavi arvutatud punktid ühendatakse pideva joonega, mis kannab tulupiirjoone nime.

Juhul, kui maapinna lang peakraavi poole on võrdne või väiksem tulupiiri määramise langust, s. o. alla 0,5‰, tuleb tulupiirjoone punktide arvutamisel lähtuda projekteeritud vegetatsiooniaegsest keskmisest veeseisust. Tulupiirjoont määravateks punktideks saadakse nüüd maapinna punktid, kus peakraavile ristisuunas projekteeritud langjoon, mis algab projekteeritud vegetatsiooniaegse keskmise veeseisu kõrguselt, saavutab maapinna kõrguse, arvesse võttes ka turba võimalikku vajumist.

Sageli on tulupiirkond juba looduslike piirjoontega kindlalt ette määratud, näiteks oru kallastega, nõlvakutega, tee muldkehaga või muu sellisega.

Kirjeldatud viisil vegetatsiooniaegsest keskmisest veeseisust (senisest või projekteeritust) lähtudes saadud tulupiirjoont tuleb kontrollida kõrgveeseisu järgi. Põllumaad tuleb tulupiirkonda arvata selle kõrguseni, milleni varakevadised, lumesulamisaegsed üleujutused ulatuvad, või kõrguseni, mis põllutööde ajal esinevast kõrgveeseisust ei ole üle 40 sm kõrgemal. Rohumaadel tulupiir kõrgveekohaselt määratuna ulatub kuni suvise kõrgvee piirini.

On ilmne, et tulu, mida peakraav tulupiirkonna maadele annab kuivenduse võimaluse loomise teel, ei ole ühesuurune kogu tulupiirkonna maade ulatuses. Madalatele maadele, milledel varem kuivenduse võimalus täielikult või peaaegu täielikult puudus ja mis peakraavi kaevamise või korrastamise läbi alles selle täiel määral saavad, tekib suurem tulu lisanduva kuivendusvõimaluse näol kui maa-



Joon. 71. Peakraavi tulupiirjoone määramine.

dele, mis asetsevad kõrgemal ja juba varem teatavat kuivenduse võimalust omasid. Peakraavi läheduses tulu lisanduvast kuivenduse võimalusest on maksimaalne. Tulupiiri poole lähenedes see tulu väheneb, kuni ta tulupiiril nulliks muutub. Praktilisel tulusuuruse arvu-

tamisel eri kõrgusasendis olevatele maadele on enamasti küllaldane jagada tulupiirkonna maad kolme kõrgusvööndisse, milledest keskmisel vööndil arvestatakse $^2/_3$ ja ülemisel vööndil $^1/_3$ alumise vööndi tulukusest pindala üksuse kohta, muude samade tingimuste juures. Selline vahetegemine jääb tarbetuks, kui peakraav asetseb looduslikult selgesti väljakujunenud kitsapoolses orus järsult tõusvate kallastega ja väikese põiklanguga peakraavi poole orulammi osas. Niisugusel korral kõik tulupiirkonna maad on kõrgusasendi suhtes võrdses asendis.

Tulukuse juurdekasv oleneb ka veel kõlviku liigist, millisena saab maad kasutada, ning pinnase looduslikust viljakusest. Liigveest vabanenud põld ja rohumaa annavad suuremat tulu juurdekasvu kui metsamaa ja parema boniteediga maa kuivendamine on üldiselt tasuvam kui halva boniteediga maa.

Tulu suurust arvutades, mida peakraav asjaosalistele majanditele võimaldab saada, tuleb üldiselt arvestada asjaosalise maatüki suurust, mis tulupiirkonda kuulub, selle maatüki kõrgusasendit, kasutamise viisi ja boniteeti ning lõpuks ka veel seda, kui pikal ulatusel ühine peakraav asjaosalise kasutada olevat maad tulupiirkonnas läbistab. Nende tegurite alusel määratud tulukus kõlbab selleks mõõdupuuks, mille alusel asjaosaliste kohustusi võib määrata ühiste peakraavide kaevamise ja korrashoiu töös.

D. Projekti osad.

Peakraavi projekt koosneb tavaliselt järgmistest osadest: a) vesikonna kaart, b) plaan, c) profiilid, d) hüdrauliline arvutus, e) mullatööde leht, f) erijoonised, g) eelarve, h) asjaosaliste nimestik ja i) seletuskiri.

a) Vesikonna kaart kujutab endast väljavõtet topograafilisest kaardist, mitte väiksemas mõõdus kui 1:50 000, millel on ära näidatud projekteeritud peakraavi asukoht, selle vesikonna veelahkme joon ja eelvool, millesse projekteeritud peakraav suubub. Vesikonnas on näidatud jaotus alavesikondadeks. Lisaks on kaardil orienteerumiseks vajalikul määral muud situatsiooni, nagu suuremaid teid ja asulaid. Vesikonna kaardi nurgal märgitakse ära selle kaardilehe number, millest väljavõte on tehtud.

b) Plaan näitab projekteeritud peakraavi täpset asendit ja selle tulupiirkonna maid. See valmistatakse tavaliselt mitte väiksemas mõõdus kui 1:5000 ja sisaldab kõiki välis-uurimisel kogutud andmeid, nagu looditud maapinna, kraavipõhja- ja veepinnaseisu kõrgusi, loodimise kindelpunkte, pinnase sondeerimise andmeid ja kõrgusjooni 0,50 kõrgusvahedega.

Samuti aga ka kõiki maavalduste piire ühes majandite nimedega, kõlvikute kontuure, teid, sildu, ehitisi, kraave, allikaid, tiike ja muid situatsioonielemente.

c) Profiilid näitavad peakraavi langu suhteid ja sügavust. Arvudes ja graafiliselt on pikiprofiilil antud andmed kalda kõrguse, vana ja uue põhja, loodimisaegsete ja projekteeritud veeseisude kohta. Pikiprofiilil näidatakse peale selle ära sillad ja torutruubid ning paisud ühes kõrgusandmetega, samuti pinnase liigid ja sondeerimise sügavus, edasi projekteeritud põhjajoone lang ja peakraavi mõõted, vaiade numbrid, vaiavahed ja ka kaugus alguspunktist. Pikiprofiilide mõõtkava on pikkuste osas 1:5000 ja kõrguste osas tavaliselt 1:50. Suurte langude puhul kõrguste mõõt võetakse 1:100.

Ristprofiilid joonestatakse enamasti mõõtkavas 1:50. Neil näidatakse endine ja uus ristlõige, pinnase kihid, töö ristlõikepinna suurus, loodimisvaia asend ja kõrgus ning veepinnaseis.

d) Hüdrauliline arvutus esitatakse tabeli kujul, millesse on kokku võetud arvutuse tulemused. Neil erandjuhtudel, kus arvestus on tehtud analüütiliselt, graafikuid kasutamata, on peale selle arvestused ise ära toodud.

e) Mullatööde leht koostatakse sellekohasel formularil. See teenib samaaegselt peakraavi mõõdete lehe ülesandeid.

f) Erijoonised. Need käsitavad tavaliselt truupe, paisusid, kaskaade või kaldakindlustusi.

g) Eelarve koostatakse kehtivate tööjõudluse normide päevapalkade ja materjali hindade alusel. On soovitav teha eelarve võimalikult detailituna, mis hõlbustab selle käsitamist tööde läbiviimisel.

h) Asjaosaliste nimestik. Peakraav teenindab tavaliselt paljude majandite kuivendustarvet. Kõigi asjaosaliste kolhooside, sovhooside ja teiste majandite nimestik, ühes andmetega selle kohta, kui palju ühelgi majandil maad peakraavi tulupiirkonda kuulub, on sellepärast tarvilik projektile juurde lisada. See nimestik võib olla ka aluseks peakraavi kaevamise ja korrashoiu kohustuse suuruse määramiseks asjaosaliste vahel.

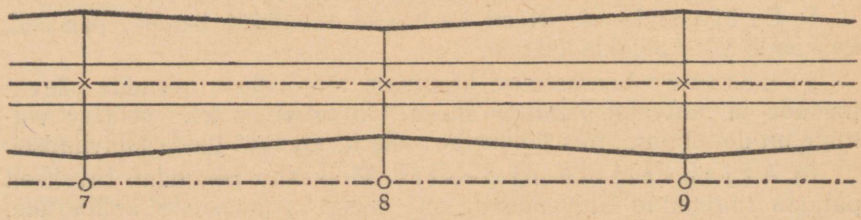
i) Seletuskiri peab täiendama seda, mis otseselt ei nähtu projekti muudest osadest, ja põhjendama valitud norme ja muid projekteerimise aluseid. Ta peaks käsitama järgmisi küsimusi: projekteerimise ülesande andja, välistööde tegija ja tegemise aeg, uurimisaegse olukorra kokkuvõtlik kirjeldus, maade liigniiskuse põhjused ja nende kaotamise võimalused, varem tehtud maaparanduse tööde kirjeldus, kuivendatavate maade senised ja loodetavad saagid, projekti teostamise kulud ning ettevõtte majanduslik tasuvus.

3. Kaevamistööde teostamine.

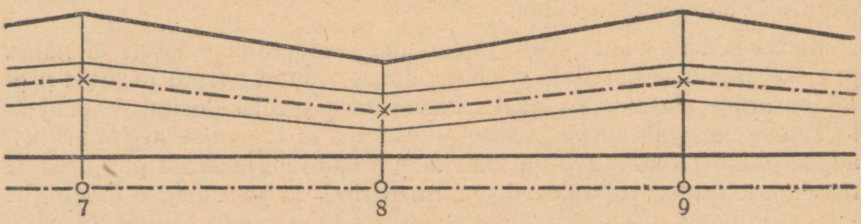
a) Märkimine.

Peakraavi siht on looduses enamasti ära märgitud vaiadega juba välis-uurimiste ajal. Ja nende vaiade kohaselt on projektis antud ka peakraavi mõõted. Ei oleks aga õige asuda peakraavi kaevamisele selliselt, et loodimisvaiade juurest mõõdetakse mullatöölehe järgi kraavi pealtlaiused ühele poole välja ja hakatakse nende järgi kaevama. Esiteks on loodimisaegsed, s. o. välis-uurimisaegsed vaiavahed tavaliselt liialt pikad ja nende vaiade järgi märkimine on väga tülikas; teiseks aga — ja see on tähtsam — peakraavi siht ei saa niiviisi kaevates sirge. Peakraavi pealtlaiused on nimelt iga vaia juures erinevad, vastavalt sügavustele ja selle tõttu ühe kaldaääre järgi sihi ajamine viib kraavi telje kõveraks, seda enam, mida suuremad on vahed kraavi sügavuses ja pealtlaiuses. Seepärast tuleb enne kaevamisele asumist toimetada peakraavi märkimist. Selleks tähista-

a Õigesti-kraavi telg ja põhi on sirgjooneline



b Valesti-kraavi telg ja põhi kujuneb käänuliseks



Joon. 72. Peakraavi märkimine.

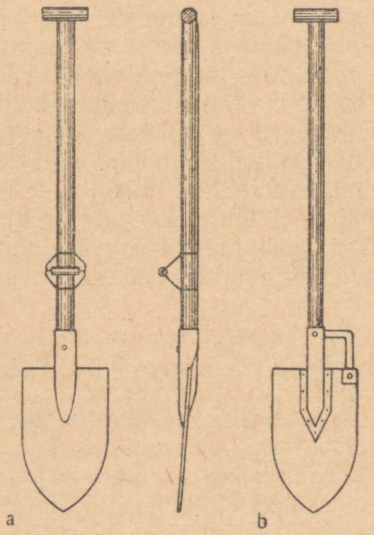
takse kõigepealt peakraavi telg täpselt ära ja märgitakse kaared raadiuse järgi välja. On see tehtud, mõõdetakse peakraav telge mööda 20-meetrilisteks osadeks, asetades mainitud vahemaade tagant teljele sihikepid. Sihikeppide kohale, risti teljele, asetatakse vaiad (numbrivai ja maapinna vai) umbes 0,6 m võrra enam kui poole pealtlaiuse kaugusele teljest. Vaiad looditakse üle ja arvutatakse nende kõrgused. Selle järel kirjutatakse looditud vaiakõrgused (uued maapinna kõrgused) välja kraavilehele ja arvutatakse projekteeritud põhjakõrgused uute vaiade juures. See tehtud, arvutatakse kraavi sügavus iga vaia kohal, mis saadakse sel teel, et maapinnavaia kõrgusest vähendatakse projekteeritud põhjakõrgus sama vaia juures. Kraavi põhjalaius ja nõlvus kirjutatakse välja projekti mullatööde lehest. Pealtlaiuste määramine ja tarbe korral uus, täpsustatud mullatööde mahu arvutamine sünnib edasi juba mullatööde tabeli abil nii, nagu eespool varem kirjeldatud. Märkimise lehe järgi märgitakse kraavi sügavused ka vaiadele. Uued pealtlaiused ja põhja laiused mõõdetakse teljest kahele poole, risti teljele, pool laiusest kummalegi poole telge. See tehtud, märgitakse nööri abil peakraavi kalda jooned mõlemal pool telge, kaevates välja (nööri järgi) ühe mättarea; analoogilisel viisil märgitakse ära uute kraavide kaevamise puhul ka kraavi põhja laius. Sellega on kõik ettevalmistused kaevamiseks tehtud.

b) Kaevamine käsitsi.

Kaevamine ise võib otstarbekohaselt toimuda 4—5-mehelistes brigaadides, kusjuures ühele brigaadile antakse korraga kaevata 10—15 m pikkune osa kraavi. Tavaliselt 1 mees brigaadis kaevab põhjalaiusele vastava renni esiteks sisse. Temale järgnevad 2 meest, kes kaldaid maha kaevavad, ja nende järel tulevad 1—2 meest, kes põhja välja kaevavad ja tasandavad ning šabloni järgi nõlvu kontrollivad ja tarbe korral parandavad. Kui töötamine ei toimu brigaadides, vaid iga tööline töötab individuaalselt, omaette, siis ei tule korraga ühele töötajale anda kätte suuremat osa, kui ta suudab tööpäeva jooksul valmis kaevata, sest vastasel korral võib mõnede tööliste nõrgema jõudluse tõttu jääda vahepeale pikemaks ajaks kaevamata kraaviosi, mis takistaksid töö edukat jätkamist ülevalpool. Kaevamise juures on tingimata nõutav, et kogu kaevamisel oleva kraaviosa ulatuses kraavi keskkohale oleks kaevatud pidev ja küllalt sügav renn, mis võimaldaks töötamise ajal vee ärajuhtimist ka neil töötajail, kellede kraaviosad asetsevad ülevalpool pooleliolevaid kraaviosi. Tuleb rõhku panna sellele, et põhi ja ka nõlvad tasaseks tehtaks, sest kõik ebatasasused jätavad veele hea võimaluse mulla-

osade lahtiuhtumiseks ja edasikandmiseks kraavis, kus see hiljem vähema veekiirusega paikades põhja setib.

Peakraavi põhi peab saama õige langu ja sügavuse. Seda kontrollitakse sihilaudade abil. Lihtsamal kujul sünnib see, nagu salakraavide põhja tasandamisega ühenduses juba kirjeldatud, sihtimislauakestega varustatud sihikeppide järgi, mis asetatakse kraavi kaldale loodimisvaiade juurde sellise kõrgusega, et nende ülemised ääred moodustaksid kraavi projekteeritud põhjale täpselt paralleelse ja sellest kindlal kõrgusel asetseva viseerimisjoone. Suurema kindluse ja



Joon. 73. Kraavikaevamise labidad:
a) tavaline, b) Odinenko labidas.

ka sihtimise hõlbustamise mõttes võib soovitada sihtimisjoont tähistada risti üle kraavi asetatud serviti laudade abil. Need kinnitatakse loodimisvaiade juurde kummalegi poole kraavi maa sisse löödud vaiade külge naeltega selliselt, et laua ülemine äär kõigi 4—5 vaia juures, kus lauad üheaegselt üles seatakse, jääks ühesugusele, näiteks 1,50 m kõrgusele projekteeritud peakraavi põhjast selles osas.

Kaevamist alustatakse peakraavi alumisest otsast ja liigutakse tööga ülespoole, vastuvoolu. See võimaldab vee äravoolu töödeldavast osast. Kaevamisel kasutatakse tavalist terava otsaga labidat,

millele varre külge kinnitatakse lisasang. Insener G. Karuse tähelepanekute järgi see lihtne täiendus labida juures tõstab töötaja tööjõudlust ca 20% võrra. Turbamaas kaevamistöid tehes on võimalik tööjõudlust sel teel tunduvalt suurendada, kui labida külge kinnitatakse stahhaanovlase Odinenko poolt tarvitusele võetud lisaraud, nagu on näidatud joonisel nr. 73. See võimaldab labidat sügavamale surudes saada enam maad labidale ja aitab kanda labidale võetud mätta seda osa, mis ulatub üle labida ääre. Kaevamise labidas peab alati olema terav, ja selle varre pikkus — kooskõlas töötaja kasvuga. Normaalseks peetakse, et labida vars ulatub nabani. Sageli



Joon. 74. Peakraavi kaevamine käsitsi.

tehakse labida varre alumine ots väikese kõverusega ristpinnas labida lehele. See hõlbustab labida käeshoidmist ja lahtikaevatud labidatäie väljaviskamist. Pehmemates maaliikides kaevamistööd tehes jõudlustab see palju tööd, kui labidat saab üle lehepikkuse suruda maa sisse ja niiviisi võtta labidale suuremat mätast. Seda takistab aga labidalehe allamurtud äär. Sellepärast paljud stahhaanovlikud töölised löövad labidalehel allamurtud ääre sirgeks.

Nõlvade tasaseks lükkamiseks ja lahtise muda väljaloopimiseks põhjast sobib kasutada laia otsaga kühvel-labidat.

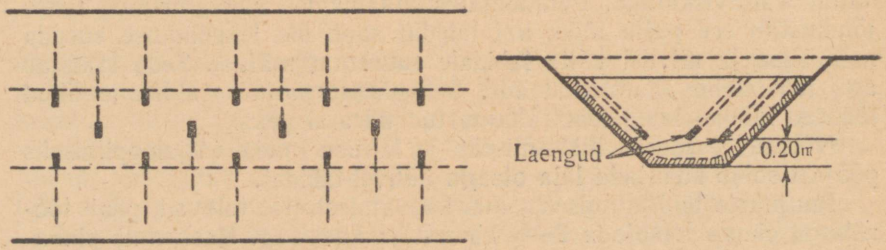
Puujuurte läbiraiumiseks, mis kaevamisel ette tulevad, peab töörühmal olema kasutada 2—3 kirvest ja käsisaag. Raskemas pinnases töid tehes tuleb lisaks kasutada veel raudkangi maa kobestamiseks ja mõnikord ka lõhkeaineid.

Lõhkeaineid võib kasutada mitte ainult üksikute kõvemate kohtade kobestamiseks, vaid ka pikemate kraaviosade väljalõhkumiseks. Selleks tuleb väljalõhutaval kraaviosal esiteks pehme osa labidatega pealt ära kaevata ja selle järel kõvasse pinnasesse puurida augud laengute jaoks kraavi sihil. Kui lõhutava kraaviosa laius (kõvas kihis) ei ületa 1,0 m, siis jätkub ühest aukude reast. Laiematel kraavidel tuleb laengu aukusid puurida kahes või mitmes reas, kusjuures augud tuleb teha 0,7—1,0 m vahemaadega ja malelaua järjekorras asetatuina. Auke ei puurita püstloodis, vaid 45° all längus, kusjuures augu alumine ots suunatakse selle kalda poole, kuhu väljalõhutud maad soovitakse saada. Augu sügavus jäetakse projekteeritud põhjast umbes 20 sm kõrgemale. Aukudesse, millede sügavus on umbes 1 m, pannakse 3—4 padrunit lõhkeainet, s. o. 300—400 grammi. Laaditud augud täidetakse pealt savi või niiske mullaga ja pannakse plahvatama üheaegselt elektrisütikute abil. Tihkes ja vesises maas on lõhkeaine efekt tunduvalt parem kui kuivas pinnases. Vesises maas tuleb aga laengut koos sütiku ja süütenööriga kaitsta veekindla parafineeritud paberi abil märjakssaamise eest.

Lõhkeainetega kraavi tehes selle ristlõige jääb ebakorrapärane, põhja ja nõlvade tasandamiseks on tarvis teha käsitsi viimistlustöid. Suurema ja raskema osa tööst sooritavad siiski lõhkeained. Seda kraavitegemise viisi ei ole võimalik kasutada sel juhul, kui väljalõhutud pinnase paiskumine kallasmaadele tekitab suurt kahju.

Üksikute kivide väljavõtmiseks, mis kaevamisel ette tulevad, kasutatakse tõstetali, liikuvat kraanat või juurimismasinat. Suuremad kivid purustatakse lõhkeainete abil.

Kaevamistöö jõudlus oleneb kaevatava pinnase raskusest ja peakraavi mõõdetest. Väiksematel peakraavidel, keskmise sügavusega kuni 1,5 m ja põhja laiusega kuni 1,0 m, võib keskmiseks töö-



Joon. 75. Kraavi tegemine lõhkeainete abil.

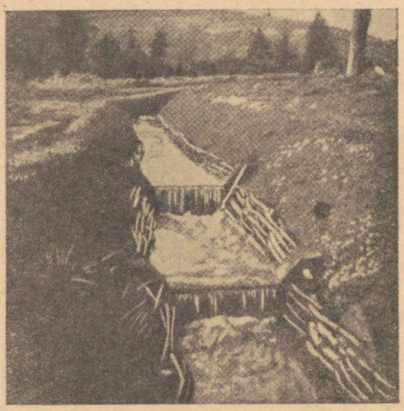
jõudluseks arvata kergemates pinnase liikides 8 m³, keskmistes 6 m³ ja rasketes 4 m³ 8-tunnilise tööpäeva kohta; stahhaanovlased on aga saavutanud 20—25 m³ ja sellestki kõrgemaid töönäitajaid kerges pinnases.

Väljakaevatud maa tuleb asetada kraavi kaldast eemale. Vähemalt 1 m laiune vaba maariba peab jääma kraavi kalda ääre ning mullavalli vahele ja mullavalli nõlvus kraavi poole ei või olla järsem kui 1 : 1½. Pinnavee äravoolu võimaldamiseks tuleb vallidesse neis kohtades, kus harukraavid sisse suubuvad, ja kõigis nõopaikades kaevata pinnavee äravoolu avad. Üldiselt ei ole soovitav üldse jätta väljakaevatud maad vallina kraavi kallastele, sest see raiskab maad ja raskendab kraavi korrashoidu. Vallidele hakkab kasvama pujukaid ja põõsaid, mis eriti suureks takistuseks on järgnevate kapitaalremontide puhul. Seepärast tuleb igal võimalikul juhul vallid kas kohapeal laiali ajada või ära vedada vanade kraavide, ojakäärude, nõgude ja aukude täiteks. Pehmesse turbapinnasesse peakraavi kaevates, samuti ka vedela savi või veega küllastatud vesiliivapinnase puhul on väljakaevatud maa eemaleviimine tarvilik juba sellekski, et üldse saaks kraavi kaevata, sest siin kaldale jäetud vallid põhjustaksid oma raskusega kraavi kallaste murdumist ja kokkuvajumist juba enne selle valmissaamist. Sellele lisaks on neil juhtumeil tarvilik ka kaevamist ennast teha mitte korraga täies sügavuses, vaid kihtide kaupa, järk-järgult, andes aega maapinnal kraavi kaldal enne vajuda, kui järgmist kihti hakatakse kaevama.

Ainult neil juhtudel, kus projekti järgi mullavallist tuleb kujundada tee kraavi kaldale, jääb vall kõrvaldamata. Sel juhul tuleb teepoolsele kaldale asetada mulda sel määral, kui see on vajalik tee muldkehale projektikohase kõrguse andmiseks. Madalates kohtades võib selleks tarvilik olla kogu väljakaevatav maa asetada teepoolsele kaldale, kuid kõrgemates kohtades, kus kraav tavaliselt sügavam, ja ka väljakaevatud mulla maht suurem, võiks kogu mulla paigutamine teepoolsele kaldale tõsta tee muldkeha mitte ainult tarbetult, vaid ka soovimatult kõrgele.

Kaevamise ajal ei või kaevatavas kraaviosas olla vett. Pealevalguv vesi tuleb seepärast kas kõrvale juhtida või, kui see võimalik ei ole, siis tööpaigast ülevalpool veevool ajutise tööpaisuga sulgeda. Kus sellest hoolimata kaevatavasse osasse valgub niipalju vett, et see tööd takistab, seal tuleb vesi pumpamise teel kraavist kõrvaldada. Vähema veejuurdevoolu puhul see võib hõlpsasti toimuda lihtsa diafragma-pumba abil, mida sageli valmistatakse otse töö kohal. Suuremate veehulkade kõrvaldamiseks tuleb tarvitada mootorijõul toimivaid tsentrifugaalpumpasid.

Selle järel, kui kaevamistöö kogu korrastatavas osas on läbi viidud, tuleb peakraavi põhi üle puhastada sinna tekkinud mudast ja sissekukkunud lahtistest mätastest. Puhastust tuleb teha ülevalt poolt alates ja allapoole liikudes, sest vastuvoolu tööga liikudes kannaks vesi ülevalpool töötamise juures uuesti lahtiliigutatud muda alla, juba puhastatud osasse, kus see põhja setiks.





Joon. 76. Kaskaadid: a) hagudest, b) betoonist.

Nõlva ja põhja kindlustused ning kaskaadid, mis projektis on ette nähtud, tuleb kavakohaselt kõik ka tegelikult teostada. Kus see tegemata jäetakse kokkuhoiu saavutamise sihiga, seal on uhtumine vältimatu ja kulude kokkuhoiu asemel tekivad tavaliselt ulatuslikud kahjud. Lihtsamal kujul nõlvakindlustus tehakse põhjast kuni keskmise veeseisu piirini punutud hagudest, sellest üleval pool aga mätastest (vt. joon. 67). Kestvam on kivisillutis või koguni betoonist valatud nõlvakaitse (joon. 68). Peakraavi põhi kindlustatakse enamasti kividega või betooniga.

Kaskaadide ülesanne on veevoolu elavat jõudu suure languga kohtades vähendada ja sellega vältida voolusängi uhtumist allpool. Kaskaadi kohal tuleb voolusäng ülevalpool kukkumist ja allpool kindlustada. Kindlustuse ulatus oleneb kukkumise suurusest. Väikestel, kuni 0,5 m kukkumisega kaskaadidel tehakse kindlustus ülespoole vähemalt 1—2 m ja allapoole 5 m ulatuses.

Kaskaadid ehitatakse kivist või betoonist: väiksemaid kaskaade ehitatakse ka puust, kui need alaliselt jäävad vee alla.

c) Rahvatöö meetod.

Raskema ülesande ühiste peakraavide kaevamistöö läbiviimises moodustab nende tööde otstarbekohane organiseerimine. On selge, et kõik, kellele tehtavast peakraavist on tulu, peavad võtma osa töö teostamisest. Samuti on õiglane nõuda, et kohustused jaguneksid õiges suhtes saadava tuluga. Peakraavi kaevamist pole aga võimalik teostada selliselt, et iga asjaosaline kaevaks selle valmis oma kasutada oleva maa piirides. Esiteks pole kaevamise kohustuse määr täiesti võrdeline kraavi pikkusega asjaosalise maa piirides, ja võib juhtuda niigi, et mõnes osas peakraaviga piirduv maa ei vaja üldse kuivendust, ega ole selle kasutajal siis ka kasu kaevatavast peakraavist. Võib juhtuda ka, et maa ei asetsegi otse peakraavi kaldal ja saab siiski sellest tulu. Teiseks aga — ja see on veelgi halvem — ei lase kaevamistöö ennast sel viisil otstarbekohaselt läbi viia. Peakraavi kaevamine peaks toimuma pidevalt, alustades alt otsast ja liikudes tööga vastuvoolu, et veele oleks töö kestel loodud vaba äravool. See pole aga kuidagi kindlustatud niisugusel juhul, kui iga asjaosaline teeks tööd omaette. Ühed teeksid oma tööosa varem, teised hiljem ja kolmandad jätaksid selle võib-olla hoopis tegemata. Ka ei kujuneks töö kvaliteet sugugi ühtlaseks, sest töötajad on vilumatud. Ühtlast ja kvaliteetset tööd saab kindlustada ainult sel teel, kui asjaosalised ühiselt, üheaegselt ja asjatundliku juhatuse all töid teostavad.

Ühiste tööde läbiviimisel asjaosaliste eneste tööjõuga tekib küll raskusi asjaosaliste üheaegse tööle rakendamisega ja nende tööjõu

ratsionaalse ärakasutamisega. Igatahes nõuab see tööjuhatajalt rohkesti hoolt ja oskust. Kuid olukorras, kus õppinud, kutselisi mullatöölisi ei ole küllaldaselt saada ja mehhaniseeritud tööjõud veel pole jõudnud täiesti asendada inimtööjõudu, on kaevamistööde läbiviimine ainult ühistöö korras võimalik.

NSV Liidu mitmes liiduvabariigis on ühistööd rakendatud hea eduga laiaulatuslikult ja sel teel lühikese ajaga võidud läbi viia õige suuri töid. Nii on näiteks Usbeki NSV-s 1939. a. kaevatud Stalininimeline Fergana suur niisutuskanal 270 km ulatuses 45 päeva jooksul, kusjuures töösse olid rakendunud enam kui 100 000 kolhoosnikut. Selle töö eeskujul hakati mujalgi maaparanduse töid teostama hoogtöö korras, rahva massilise osavõtuga. Suuremate sellistena mainitagu 1940. a. juunikuus Kirovi oblastis teostatud suurt kuivenduse ja maade ülesharimise tööd, kus kevadkülvi ja heinateo vahelisel ajavahemikul, mil tööpinge muude põllutööde osas on pisut väiksem, 14 päeva jooksul viidi läbi 3493 ha suuruse maa-ala kuivendamine. Siin kaevati 432,5 km kraave töömahuga 403,9 tuhat kantmeetrit ja ehitati ning parandati 176 truupi. Tööst võtsid osa 694 kolhoosi 18 426 tööjõulise töötajaga. Varem on peetud praktiliselt võimatuks rakendada samale kraavile korraga tööle rohkem kui 100 inimest; ja sellegi töötajate arvu juures tekkis raskusi, eriti veetõrje osas. Eespool kirjeldatud tööl Kirovi oblastis tuli aga näiteks Ezelnitski magistraalkanali ja selle harude kaevamiseks kokku 12,8 km ulatusel üheaegselt tööle rakendada 108 kolhoosi töötajad, kokku ümmarguselt 4000 inimest, sest töö oli tarvis läbi viia 3—4 päeva jooksul. Raskest veetõrje probleemist saadi siin üle järgmiselt. Pinnavesi juhiti esiteks ära, nii kuidas lang ja lähedal olevad teised kraavid seda võimaldasid. Selle järel iga kolhoos, temale määratud kraaviosas, pidas iseseisvalt võitlust tööd takistava veega. Kolhoosid jagunesid brigaadideks, igaühes 15—25 inimest. Brigaad piiras kõigepealt ühe osa kaevamisele tulevast kraavist madala muldvalliga ringi, milleks vajalik muld saadi kraavi mättakihist. Selle järel asuti kaevama valliga kaitstud kraaviosa, kusjuures töö kestel kraavi valgunud vesi kõrvaldati pangedega väljaviskamise teel. Kui üks osa kraavi sel teel nõutava sügavuseni oli valmis kaevatud, asuti kaevama järgmist osa. Nüüd ei tarvitsenud aga enam vett pangedega välja loopida, vaid see juhiti valmiskaevatud kraaviosasse. Sama moodi talitati ka järgnevate osade kaevamisel.

Vee väljapumpamist pumba abil toimetati ainult kraavi põhja puhastamise juures.

Analoogilisi üritusi, kuigi väiksema ulatusega on 1941. a. läbi viidud ka Ivanovo oblastis ja mujalgi.

Ka meie vabariigis on rahva hoogtöö menetlus leidnud rakendamist ja nimelt talgute kujul. Tulemused on selles osas esialgu aga alles väikesed. Seni (kuni 1948. aastani) kõige suuremaks sellelaadiliseks ürituseks võib pidada Saaremaa maaparanduse talguid 9. juunil 1946. a.[1], millest osa võttis üle terve Saaremaa 506 inimest ja kus üheainsa päeva 6 töötunni jooksul juuriti 41 ha maad võsast puhtaks ja kaevati 1020 jm. kuivenduskraave, töömahuga 1173 kantmeetrit.

d) Kaevamistööd masinatega.

Mõjusaim abinõu kõigi maaparandustööde jõudlustamiseks on kahtlematult nende tööde mehhaniseerimine võimalikult suures ulatuses.

Kõige lihtsamaks masinaks kraavide kaevamisel on kraaviader, mida veab tugevajõuline traktor. See on jalasele või ratastele toetuv sahk, tavaliselt kahehõlmaline, mis maa sisse künnab trapetsikujulise ristlõikega kraavi. Ühe töökäiguga ei saa kraav tavaliselt veel rahuldavat kuju ja vajalikke mõõteid, vaid tuleb 2—3 korda läbi künda. Kraaviatrade tööjõudlus on õige suur, 150—200 m^3 töötunni kohta uute kraavide tegemisel kerges maas.

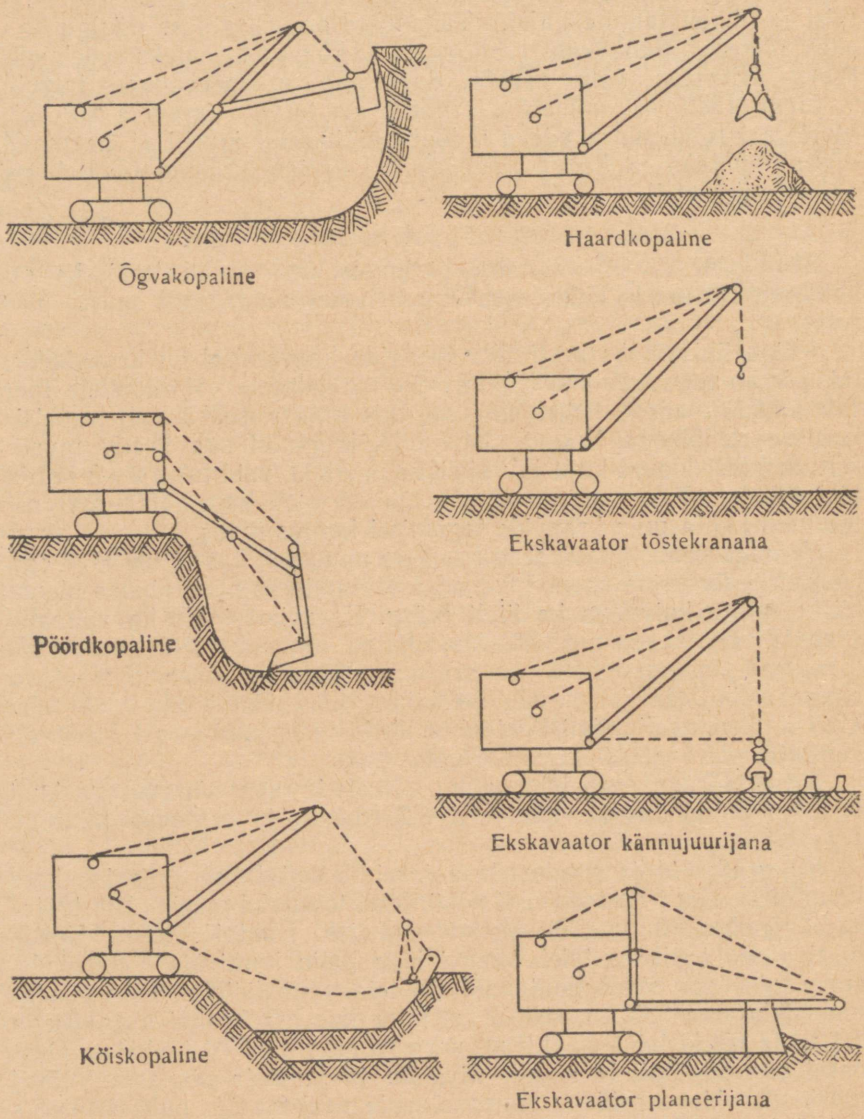
Töötada saab kraaviadraga sellises pinnases, kus ei ole kive ega puujuuri. Raskemates savipinnastes töötamiseks peab pinnas olema niiske, mitte kuiv ega ka liialt märg. Kraavile ei ole ka võimalik kraaviadraga saada projektikohast langu, sest ader teeb kaasa kõik maapinna reljeefi ebatasasused adra liikumise suunas. Nõutava langu andmiseks ja muude defektide kõrvaldamiseks tuleb teha käsitsi täiendavalt viimistlustöid, millede maht olukorrast olenevalt võib kõikuda 5—30% kogu töömahust.

Kraaviadraga saab teha ainult väikesi kraave, sügavusega kuni 0,75 m, põhjalaiusega enamasti 0,3—0,5 m ja pealmise laiusega 1,2—1,4 m.

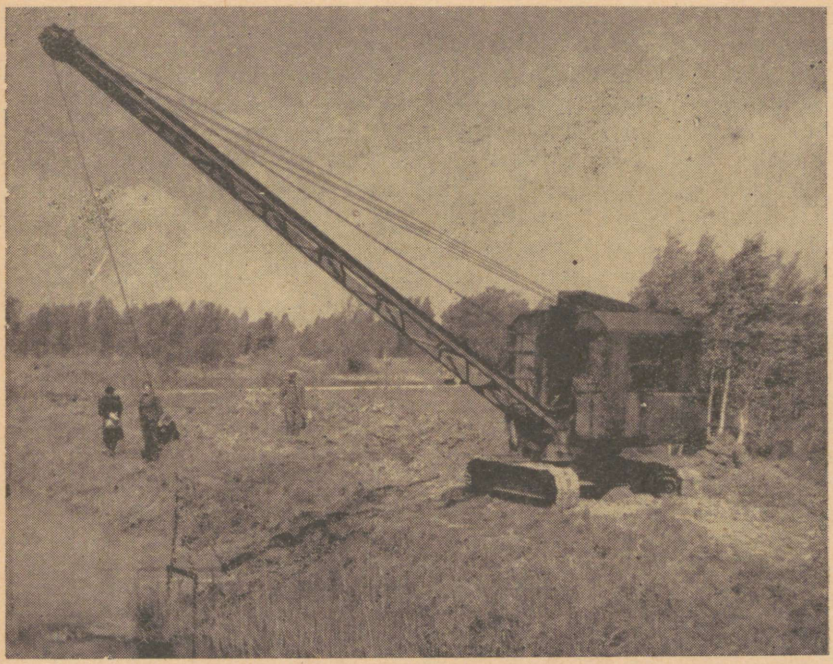
Ka gradereid ja grader-elevaatoreid kasutatakse kraavide kaevamiseks. Need on teehöövli põhimõttel toimivad masinad ja töötavad järelhaagituina 50—60-hobusejõulise traktori taha. Nende masinatega töötades tuleb kraavi õige palju kordi üle hööveldada, enne kui kraav omab nõutavaid mõõteid. Nii näiteks raske grader noa pikkusega 3,66 m, selleks et sisse kaevata kraavi sügavusega 1,1 m ja põhja laiusega 1,5 m, peab tegema kuni 70 töökäiku. Graderid saavad töötada ainult kivideta ja juurteta pinnases. Need masinad sobivad rohkem olemasolevate peakraavide puhastamiseks kui päris uute kaevamiseks.

---

[1] G. Karus — «Saaremaa maaparanduse talgud Lõõne soos» — E. Põllumajandus nr. 4/5 — 1946.



Joon. 77. Ekskavaatori kasutamise võimalused.

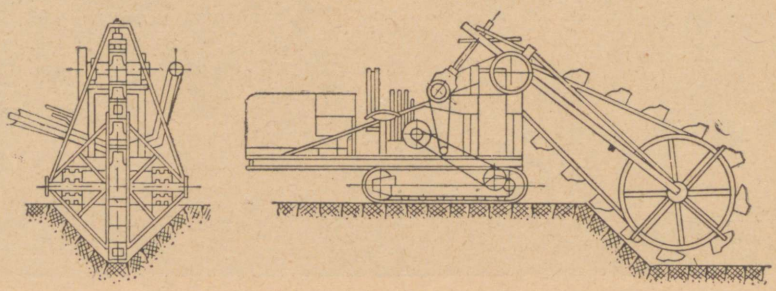


Joon. 78. Ekskavaator oja süvenduse ja õgvenduse tööl (Viruna ojal Pärnumaal 1947. a. suvel).

Kõige tähtsamad kaevamismasinad on ekskavaatorid. Need jagunevad ühekopalisteks ja paljukopalisteks. Paljukopalisi ekskavaatoreid kasutatakse enamasti vertikaalseinaliste kraavide kaevamiseks, nagu neid tuleb ette kaablite ja torude panemise töödel. On siiski olemas ka selliseid, mis omavad lisaseadeldist nõlvade lõikamiseks. Paljukopalised ekskavaatorid on kohandatud töötama pehmetes kivideta ja juurteta pinnastes. Ühekopaliste ekskavaatorite kasutamise võimalused on palju avaramad. Vastavalt kaevamistöö iseloomule on ekskavaatorid ehitatud kas kangevarrelistena või köiskopaliste ekskavaatoritena. Kangevarrelised omakorda jagunevad õgvakopalisteks ja pöördkopalisteks ekskavaatoriteks. Õgvakopalised ekskavaatorid on ehitatud nn. karjääri-ekskavaatoreina töötamiseks, nad kaevavad maad peamiselt oma liikumise pinnast kõrgemalt. Enese liikumise pinnast madalamalt kaevavaina on ehitatud pöördkopalised ekskavaatorid ja köiskopalised ning haardekopalised

ekskavaatorid. Uuemal ajal ehitatakse palju nn. universaalekskavaatoreid, mis sobivad kõiki liike kaevamistöödeks ja sellele lisaks saab neid veel tarviduse järgi kasutada mitmesugusteks muudeks mullatöödeks, nagu planeerimiseks, aukude tasandamiseks, kraanana, raamina ja kännujuurijana. Masina korpus on sama, ainult poomi ja kopa osa vahetatakse vastavalt töö ülesandele.

Ekskavaatorid ehitatakse tavaliselt kopamahuga 0,25, 0,35, 0,50, 0,75, 1,0 ja 1,5 m^3. Aga on ka 2,0 ja 3,0 m^3 kopamahuga masinaid olemas. Jõuallikaks on enamasti diiselmootor või elektrimootor, harvemini aurukatel. Nad liiguvad rööbastel või roomikutel. Laiade jõgede süvendamiseks määratud ekskavaatorid ehitatakse pontoonil ujuvaina.



Joon. 79. Mitmekopaline ekskavaator.

Peakraavide kaevamiseks ja jõgede süvendamiseks kasutatakse enamasti roomikutel liikuvat köiskopalist ekskavaatorit. Raskemates pinnastes, kus köiskopaline hästi ei tööta, kasutatakse pöördkopalist ekskavaatorit. Ekskavaatorite tööjõudlus on kopamahust ja töötamise viisist olenevalt 25—250 m^3 tunnis. Aastane tööjõudlus arvestatakse 100 000 m^3 kopamahtu 1 m^3 kohta. Näiteks ekskavaatoril kopamahuga 0,35 m^3 võib aastaseks tööjõudluseks lugeda 35 000 m^3, ekskavaatoril kopamahuga 0,50 m^3 vastavalt 50 000 m^3 jne. Kõige jõudsam on töö, kui ekskavaator liigub peakraavi sihil ja paneb väljakaevatud maa kahele poole vallidesse. Ühel pool kaldal töötades on tööjõudlus väiksem.

Masinate töö ei tule sama puhas kui käsitsi töö. Nõlvade ja ka põhja silumist (kui see mitte vee all ei ole) tuleb sellepärast käsitsi täiendada.

On konstrueeritud ka masinaid mullavallide laialiajamiseks ja maapinna tasandamiseks. Tõhusamaid selliseid on NSV Liidus «Glavdormaš'i» tehaste poolt (Nikolajevis, Tšeljabinskis ja Ossipen-

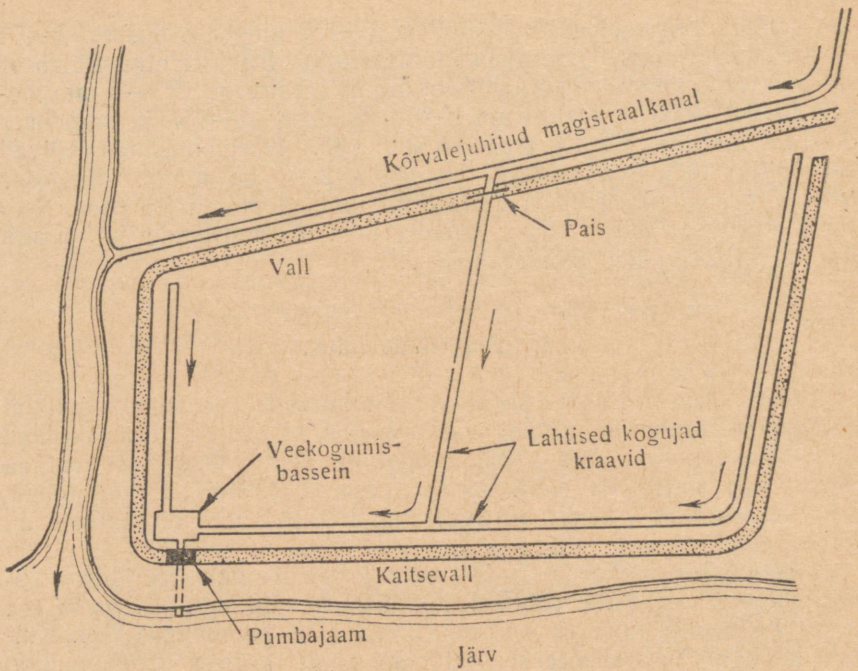
kos) ehitatavad buldoserid Д—159 ja Д—157 ning angldoserid Д—54 ja Д—149. Masinad töötavad monteerituina traktori ette. Buldoser Д—159 on kohandatud töötamiseks 52 hj traktoriga СТЗ—3, angldoser Д—54 — 65 hj traktoriga С—65, buldoser Д—157 ja angldoser Д—149 aga — 80 hj traktoriga С—80. Need masinad võivad 8-tunnilise tööpäeva jooksul tasandada 2—4 ha maad. Buldoser Д—157 on võimeline ühes mätastega maha lõikama ka võsa. Seetõttu sobib see masin hästi vanade, juba läbijuurdunud ja võsaga kaetud kraavivallide laialiajamiseks.

4. Poldrikuivendus.

Mere, järve või jõe madalatel rannamaadel on lang sageli nii väike ja eelvoolu veejuhtmes või veekogus, kuhu vett tuleks juhtida, veepind nii kõrge, et loodusliku languga pole võimalik saavutada peakraavis soovitava sügavusega veeseisu. Esineb ka juhtumeid, kus sellised maad ainult kõrgvee ajal kahjustavate üleujutuste all kannatavad.

Niisugustes olukordades on maa kuivendamine või üleujutuskahjude eest kaitsmine võimalik ainult kaitsevalli ehitamisega ja vee kunstliku eemaldamisega kuivendatavalt alalt pumpamise teel. Kuivendatav ala ümbritsetakse eelvoolu poolt küljest kaitsevalliga, väljastpoolt pealevalguvat vett püütakse aga võimalikult täielikult ära lõigata ja eemale juhtida. Niiviisi eraldatud ja kaitstud kuivendusala, mida nimetatakse poldriks, kuivendatakse tavalisel viisil ja vesi juhitakse kokku madalaimasse paika kaitsevalli juurde tehtud kogumisbasseini, kust see kas üle valli või läbi valli ära pumbatakse selleks ehitatud pumbaseadeldise abil. Valli sisse on tavaliselt jäetud siibriga või vesiväravaga suletav avaus. Selle kaudu on võimalik madala vee ajal vett läbi valli lasta ilma pumpamata, kui veepind väljaspool valli on küllalt madalal. See võimaldab säästa pumpamise kulusid. Kui kuivendusalast voolab läbi suurem veejuhe, siis moodustatakse kummalgi pool seda eraldi poldrid, kumbki oma pumbajaamaga või juhitakse kõrgema poldri veed düükeri abil transiitveejuhtme alt läbi ühise pumbajaama juurde, mis on paigutatud madalama poldri madalaimasse kohta, kaitsevalli juurde.

Poldrikuivenduse puhul on veepinnad kuivendataval alal kõige täielikumalt valitsetavad ja tarvidusekohaselt reguleeritavad. Vee pumpamist on kõige otstarbekohasem toimetada elektrivoolu jõul, sest see võimaldab pumpade töötamist täielikult automatiseerida. Vastava ujukiseadeldise abil lülitakse vool sisse ja pumbad hakkavad töötama kohe, kui veepind on tõusnud määratud pinnast kõrge-



Joon. 80. Poldri skeem.

male. Sama automaatselt katkestatakse vool ja pumbad lakkavad töötamast, kui veepind on jälle langenud määratud tasemest allapoole.

Iga poldrikuivenduse süsteem koosneb järgmistest peaosadest: a) kaitsevall, b) kuivendusvõrk, c) veekogumisbassein ja d) pumbajaam koos sulgude seadeldisega vallis.

a) K a i t s e v a l l on tähtsam osa poldrikuivenduse süsteemist. See peab olema küllalt kõrge ja tugev. Eriti tugevad peavad olema lahtise mere vastu kaitseks ehitatavad vallid. Need tehakse 1,0—2,5 m kõrgemaks maksimaalsest kõrgmere seisust ja harja laius on neil 2—2,5 m. Kui valli harja mööda kulgeb tee, peab harja laius olema koguni 4—6 m. Valli nõlv tuleb kindlustada kaitseks jää ja lainete lõhkuva mõju vastu, samuti ka mere tõusu ja mõõna uhtumise vastu.

Jõevallid ei tarvitse olla nii tugevad. Siin ei tule lainetusega peaaegu üldse arvestada, vaid peamiselt vee survejõuga, ning voo-

lava vee ja jäämineku mõjutusega. Vallide kõrgus oleneb sellest, kas on vajalik ära hoida igasuguste vete, s. o. ka kevadiste kõrgvete, pääs poldri alale või ainult suvised kahjustavad kõrgveed. Eelmisel juhul neid nimetatakse talvevallideks, teisel juhul suvevallideks. Talvevallide kõrgus tehakse ca 0,5 m kõrgemaks maksimaalsest tuntud kõrgvee seisust ja harja laius vähematel jõgedel 1,5—2,5 m, suurematel 2,5—4,0 m. Nagu merevallidel, nii ka siin vee-poolne valli nõlvus tehakse lamedam kui sisemine ja kindlustatakse tavaliselt kividega. Suvevallide kõrgus tehakse ca 0,5 m kõrgemaks suvisest maksimaalsest veeseisust ja harja laius 0,5—1,5 m.

Järvede vastu ehitatavad vallid on mõõdetelt mere- ja jõevallide vahepealsed, olles suurte järvede ääres enam merevallidele lähenevad ja väikeste järvede ääres enam sarnased jõevallidega.

Vallid peavad jääma võimalikult veekindlaks. Vee läbifiltreerumise tõkestamiseks tehakse suuremate vallide südamik sageli savist. Vajumise võrra (ca 10%) tuleb vall ehitamise ajal teha kõrgemaks projekteeritust.

b) Kuivendussüsteemid projekteeritakse nagu tavaliselt. Erilist tähelepanu tuleb aga omistada ärapumpamisele kuuluvate veehulkade õigele määramisele. On soovitav, et kogujad ja lahtised kraavid, mis vee kogumisbasseini kokku toovad, oleksid minimaalse lubatava languga. See suurendab kuivendussüsteemide mõju veeakumulaatorina ja vähendab teatud määral ka pumbatava vee tõstekõrgust. Kuivendussüsteemide kogujad täidavad poldrikuivenduses alati suuremal või vähemal määral ka veeakumulaatori ülesandeid. Seda ülesannet suudavad lahtised kraavid paremini täita kui torukollektorid. Sellepärast peajuurdevoolu-veejuhe ja pumbajaamale lähemad kogujad projekteeritakse lahtiste kraavidena. Seevastu detailkuivendus tuleb muus osas võimalikult suurel määral teostada salakraavidega, mis suurendab pinnase vee vastuvõtuvõimet ja vähendab sellega pumpamise vajadust. Ka tingib poldriala intensiivne kasutamine võimalikult intensiivset kuivendusviisi.

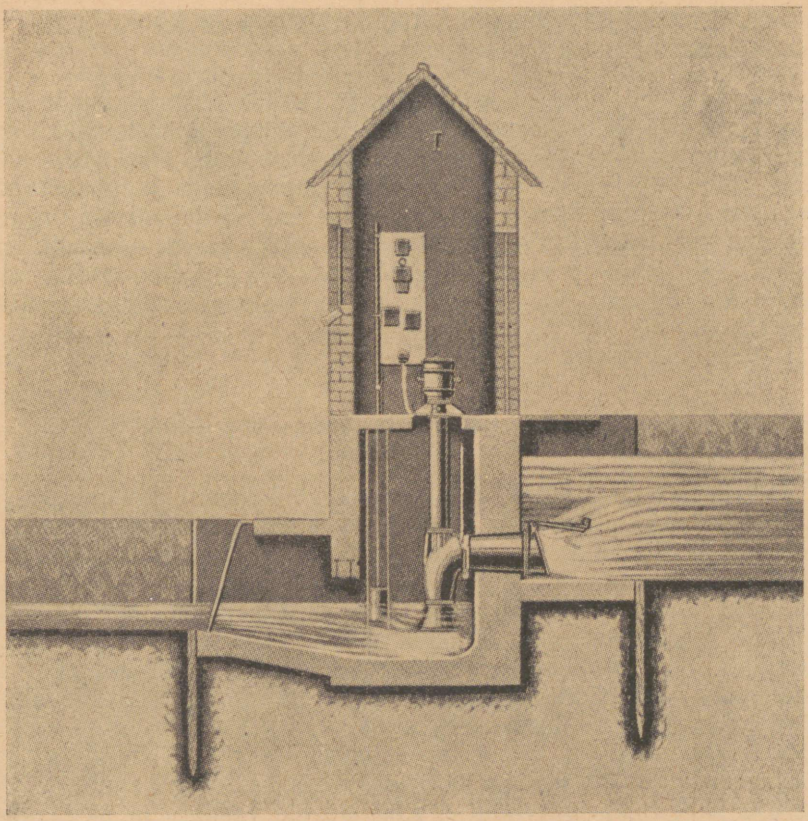
Et pumpamise kulusid miinimumini viia, tuleb poldrialale väljastpoolt pealevalguvat vett niipalju kui võimalik ära lõigata ja väljapoole poldriala ära juhtida, suuremad veejuhtmed aga vallide vahele võetuna poldrist läbi viia.

c) Veekogumisbassein on tarvilik selleks, et kinni püüda veega kaasaskantud uhtaineid ja takistada mudal ja liival koos veega pumpa sattumast. Teiseks peab see looma tagavararuumi veekogumiseks, mis on tarvilik näiteks järskuse veejuurdevoolu tõttu valingvihma tagajärjel. Basseini olemasolu võimaldab teatavais piirides määrata ka pumpamise aega neile tundidele, mil pum-

pamine elektrivoolu saamise mõttes on hõlpsam, näiteks öösel, kui muud voolutarvitajad elektrivoolu ei vaja ja tekib vooluenergia ülejääk. Sellist öösist voolu ülejääki on mõnikord võimalik saada ka odavama hinna eest. Bassein peab mahutama vähemalt niipalju vett, et pumpadel jätkuks tööd 3—5 tunniks. Kaevamiskulude kokkuhoiu saavutamiseks on otstarbekohane basseini asukohaks valida endine jõekäär või muu sügavam koht valli juures.

d) Pumbajaam. Poldri piirkonnast kogunenud vee väljapumpamine toimub selleks ehitatud pumbajaamas kaitsevalli taga või valli peal. Pumpadena kasutatakse madalrõhu-tsentrifugaalpumpasid. Väga otstarbekohaseks on osutunud püstvõlliga propelleri-tüübilised pumbad, mis asetatakse vee sisse ja millede võll on vahenditult ühendatud samuti püstasendis oleva jõumootoriga, tavaliselt elektrimootoriga. Pumba agregaate koos jõumootoriga on tavaliselt rohkem kui üks. Ainult väikestel jaamadel on üksainus pump. Pumpade suurus määratakse pumbatava veehulga järgi, väiksematelgi poldritel on tavaliselt üks pumpadest väiksem ja teine suurem. Kuni väiksem pumpamisega toime tuleb, seni töötab ta üksi. Alles kui veehulk sellevõrra on tõusnud, et väiksem pump seda juurdevoolu üksi pumbata ei jõua ja seetõttu veepind basseinis tõuseb soovitud seisust kõrgemale, lülitub suurem pump automaatselt töösse ja hakkavad pumpama mõlemad pumbad. See kestab niikaua, kuni veepind on uuesti alanenud selle tasemeni, kus teise pumba töötamine enam pole vajalik. See lülitub siis välja.

Poldriala ekspluatatsioonikulud olenevad otsustaval määral pumpamise kuludest. Nende kulude vähendamiseks tuleb püüda pumpamise aega viia miinimumini sel teel, et niipalju kui võimalik juhtida vett poldrialalt ära loodusliku äravoolu teel, ilma pumpamata, sel ajal, kui veeseis eelvoolu veekogus või veejuhtmes seda võimaldab. Vee läbijuhtimiseks kaitsevallist ehitatakse sellekohane veesulg vesivärava või siibri kujul. Sulu kaudu juhitakse ülearune vesi poldrialalt välja. Selle kaudu võib aga ka poldrisse vett sisse lasta, kui see niisutuse otstarbel peaks olema vajalik. Sulu koht kujuneb tavaliselt kõige õrnemaks kohaks kaitsevallis. Seepärast tuleb seda kohta välja ehitada erilise hoolega. Peale värava või siibri, mis ehitatakse sulu ava välispoolsesse otsa, tehakse veel tagavaravärav ava sisepoolsesse otsa. Sellega on võimalik vee sissepääsu sulgeda võimaliku avarii puhul sulu välispoolses väravas. Sulu ava peab jääma küllalt madalale, et jää ja vees ujuvad puud ja palgid ei saaks seda vigastada; see peab siiski jääma kõrgemale madalaimast veeseisust eelvoolus. Sulu tegemine eelmainitud otstarbel võib ära jääda sel juhul, kui veeseis eelvoolus ei lange kunagi nii madalale, et vee äravool poldrist võiks toimuda ilma pumpamata.



Joon. 81. Elektrijõul automaatselt toimiv poldri pumbajaam pikuti lõikes.

Poldrikuivendust on laialdaselt kasutatud tihedalt asustatud maades, näiteks Hollandis. Siin on Põhjameri Hollandi põhjarannikust aastasadade jooksul suuri maa-alasid uputanud vee alla, sest maa Hollandi ja Põhja-Saksa rannikul vajub. See on sundinud ehitama kaitsevallisid mere pealetungi vastu. Osaliselt on merelt maad tagasigi vallutatud madala merelahe osade ümbritsemise teel vallidega ja nii kujunenud poldriala tühjaks pumpamisega.

Eestiski leidub laialdaselt madalaid rannamaid, näiteks Peipsi järve rannikul, Noarootsi poolsaarel, kogu Haapsalu laht ja suur osa Matsalu lahest ja selle rannamaadest Kasari jõe delta kohal, kus poldrikuivendusega võib juurde võita suuri maa-alasid.

V. Kuivendussüsteemide ekspluatatsioon ja korrashoid.

Mitte vähem tähtis kui kuivendussüsteemide otstarbekohane projekteerimine ja tööde korralik teostamine on nende süsteemide õige kasutamine ja korrashoid. Detailkuivenduse osas edaspidine hool peale tööde teostamise jääb tavaliselt asjaosaliste maakasutajate ülesandeks, igaühel omas osas, kus ei ole loodud ühistut või organisatsiooni kuivendussüsteemide ühise korrashoiu jaoks. Seevastu aga ühised peakraavid ja muud ühiselt kasutatavad maaparanduse ehitised kuuluvad alati ühiselt korrashoiule vastavate riiklike asutiste kontrolli all.

1. Detailkuivenduse süsteemide korrashoid.

Detailkuivenduse plaan, mis on koostatud tööde läbiviimiseks, on samuti tarvilik süsteemide edaspidise kasutamise ja korrashoiu jaoks ning võimalikkude laienduste või täienduste tegemiseks tulevikus. Plaan peab aga kõigis üksikasjades olema kooskõlas tegelikkusega. See saavutatakse sel teel, et tööde teostamise kestel pidevalt märgitakse plaanile kõik muudatused esialgse projektiga võrreldes. Ulatuslikumate muudatuste korral on soovitav korrashoiu jaoks valmistada esialgne projekt ja märkimisskitside alusel koguni uus plaan. Tähtsamaks ülesandeks detailkuivenduse süsteemide korrashoius on nende järjekindel kontroll. Tingimata igal kevadel, võimalikult aga ka taimekasvuaja kestel iga suurema vihmasaju järel tuleb kuivendatud pindalad üle vaadata ja üksikasjaliselt kontrollida iga kraavi ja drenaažisüsteemi toimimist ja mõju. Eriti tuleb selgitada, kas ei ole märgata mõnes osas ilmselt märjemaid kohti ja kas vee vool mõne drenaažisüsteemi suudme kaudu ei ole kahtlaselt väike. Sageli reedab juba taimekasv rikkeid süsteemides.

Kui selliseid kahtlustäratavaid kohti kuivendatud maal pole võimalik kohe avastamise järel võtta lähemale uurimisele, siis tuleb need ära tähistada, et neid hiljem oleks kerge leida. Erilist hoolt ja sagedat kontrolli vajavad kõik drenaaži suudmed ja settekaevud. Nende hõlpsamaks ülesleidmiseks on soovitav torusuudmeid tähistada kraavi kaldale löödud tugeva vaia abil, mis kannab süsteemi numbrit, settekaevu kohad aga märkida kividega.

Rikked lahtistes kraavides tekivad peakraavide rohtumise ja ummistumise näol. Kraavide kallastele kipub kasvama ka võsa.

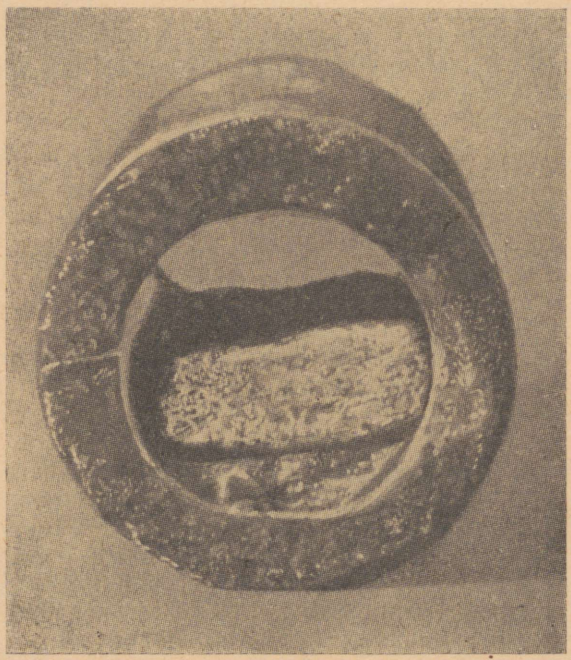
Veetaimed kraavist ning rohi ja võsa kallastelt tuleb kõrvaldada järjekindla väljaniitmise teel kaks korda taimekasvuaja kestel. Põhja puhastus, kui ummistused ainult kohati ja väikesel määral esinevad, teostatakse labidaga. Kui kraave on palju ja need tugevasti ummistunud, siis on otstarbekohane toimetada puhastust kraaviadra abil või graderiga. Nende töö vajab harilikult veel viimistlemist käsitsi.

Salakraavituse süsteemide korrashoid on vähem tööd nõudev, kuid ei oleks õige arvata, et drenaaž ei vaja üldse enam hoolitsust selle järel, kui ta kord on tehtud. Drenaažiski võib toimimis-aja kestel tekkida rikkeid ja need tuleb võimalikult pea kõrvaldada, sest rikete õigeaegne kõrvaldamata jätmine võib hiljem põhjustada ulatuslikke kahjusid.

Salakraavituse süsteemides võivad rikked tekkida projekti vigadest, töö teostamise vigadest, alaväärtuslikust materjalist, pinnase iseloomust, juurte sissetungimisest ja puudulikust korrashoiust.

Projekti vead seisnevad peamiselt veekiiruste vähenemises kogujais ja settekaevude tegemata jätmises, kus need oleksid olnud vajalikud. Töö teostamisel sünnib vigu halva põhjatasandamise läbi, dreenitäite halva asetamise, toruühenduste hooletu liitmise ja torusuudmete halvasti tegemise läbi. Need vead sünnivad osalt hooletuse, osalt asjatundmatuse läbi. Nad on aga hõlpsasti välditavad, kui töö juures kasutatakse hoolast ja kvalifitseeritud tööjõudu ja töö sünnib asjatundliku juhatuse all. Alaväärtusliku materjali kasutamise juhud esinevad kõige sagedamini savitorudrenaažil. Savitorude hulgas leidub paratamatult ikka teataval määral alaväärtuslikke torusid: pragulisi, lubjatükke sisaldavaid, konarliku sisepinnaga või halva kujuga. Need tuleb välja praakida kui kõlbmatud. Ebaõige kokkuhoiu pärast ei tehta seda aga alati vajaliku rangusega. Kuid juba üksainuski halb toru, eriti kui see on sattunud kogujasse, võib tekitada raskete tagajärgedega rikkeid. Sama on maksev ka puutorude suhtes. Ka siin pole lubatav kasutada alaväärtuslikku, pehastunud materjali, ükskõik, kas on küsimuses laud- või õõnespuutorud. Nagu halva materjali, nii ka ebaõige materjali kasutamine on viga. Näiteks tsementtorude või puutorude kasutamine savitorude asemel on sama suur eksitus kui praakmaterjali kasutamine. Erandina võiks selline mitteõige materjali kasutamine õigustatud olla ainult mõnesugusel erijuhul, kus drenaažilt ei nõutagi pikaajalist kestvust, nagu näiteks ajutised lao- või laagriplatsid ja muud sellised mitte-põllumajanduslikud maad. Nõue kiirelt drenaaži teostada kohapeal saa-

daolevast materjalist võib niisugusel puhul dikteerida nii materjali kui ka tööviisi.



Joon. 82. Liivaga ummistunud põllutoru.

Pinnasest tingitud rikked on ühed sagedamaid ja ühtlasi raskemini ärahoitavaid. Need esinevad peenliivases pinnases, kus kõigist ettevaatuse abinõudest hoolimata torudesse satub liiva, mis torudes setib ja siin aasta-aastalt kuhjudes võib lõpuks ummistada torudreene pikal ulatusel. Peaaegu samu halbu ummistusi võib tekkida rohke rauasisaldusega pinnases rauaookri tekkimise läbi torudes. Liiva ummistuste, kui mitte täielik vältimine, siis igatahes hädaohu tunduv vähendamine on võimalik sel teel, et torud ümbritsetakse mõnesuguse filterainega, nagu kruus, räbu, kanarbik, lagunemata turvas, hekslid jt. Rauaookri ummistused on aga raskemini väldi-tavad, sest selle tekkimise põhjused on keemilised. Pinnases leiduvad rauaühendid, mis hapu reaktsiooniga ja veega küllastatud keskkonnas püsivad lahustunud seisukorras, muutuvad maa kuivendamise järel hapniku rikkaliku juurdepääsu tagajärjel keemiliselt. Nii muu-



Joon. 83. Rauaookriga ummistunud põllutoru.

tub vees lahustunud raua bikarbonaat dreenitorudes õhuga kokku puutudes ferrihüdroksüüdiks (rauaookriks) järgmise keemilise protsessi läbi:

$$2Fe(HCO_3)_2 + O + H_2O \rightarrow 2\,Fe(OH)_3 + 4\,CO_2$$

Selle protsessi tagajärjel tekkinud raua- (ferri-) hüdroksüüd pruuni sülditaolise massina põhjustabki torus ummistust. Seda protsessi pole võimalik ära hoida. On tähele pandud ainult, et see protsess, mis algul, kuivendamise järel, toimub väga intensiivselt, muutub aja jooksul hiljem nõrgaks. Samuti on märgatud, et sügavam drenaaž ja külgühenduste kasutamine kuivendusdreenide ühendamisel kogujaga on vähendanud rauaookri tekkimist.

Rauabakterid põhjustavad torude ummistusi selle läbi, et nad muudavad vees lahustunud rauaoksüduuli ühendeid rauaookriks. Protsessi kulg on järgmine:

$$2\ FeO + 3\,H_2O + O \rightarrow Fe_2O_3 \cdot 3\,H_2O \rightarrow 2\,Fe(OH)_3$$

Protsessi nähtavaks tagajärjeks on esmalt vikerkaarevärviliste kelmekeste tekkimine veepinnale ja hiljem pruuni sülditaolise massi kujunemine. Rauabakterite tegevust on püütud tõkestada sel teel, et torust pikuti läbi tõmmatakse vasktraat. Katsed on nimelt näidanud, et vask vees mõjub rauabaktereile surmavalt, ja isegi nii vähesel määral, nagu teda dreeni vette lahustub dreeni pandud vasktraadist, on ta avaldanud mõju. Praktikas seda viisi esialgu siiski laiemalt veel kasutamisele pole võetud, peaasjalikult selle kalliduse tõttu. Selle asemel on aga hea eduga kasutatud rauarikaste maade lupjamist, mis soodustab raua sidumist pinnases, vähendades sel teel rauaühendite hulka, mis lahustunuina torudesse satuvad ja siin lahusest eralduvad.

Kus on torude ummistusi tekkinud, seal väheneb vee väljavool torusuudmetest algul tunduvalt ja hiljem võib hoopis katkeda. Vesiliiva ummistuste puhul on torusuudmest väljavoolav vesi selge ja suudmes endas ei ole alati märgata mingit viga. Seevastu aga rauaookri ummistuste puhul on alati ka torusuudmes leida pruuni sülditaolist sodi, mis suudme resti varraste taha on kinni jäänud.

Ummistuse algstaadiumis on võimalik torusid mõnikord puhastada nn. läbiuhtumise teel, kaevates lahti nende ülemised otsad ja juhtides sealt torudesse vett surve all. Kuid see viis ei õnnestu kaugeltki alati, sest torusse suure voolukiirusega juhitud vesi ei säilita oma algkiirust, vaid kohates torus voolutakistusi kaotab kiirust. Selle tulemuseks on, et setteained, mis toru ülemises osas hakkavad suurema veekiiruse tõttu liikuma, allpool, kus vee kiirus väheneb, uuesti setivad ja siin varem olnud ummistust veelgi suurendavad. Setteained on seega ainult torude ülevalt otstest toodud allapoole. Kindel abinõu on ainult see, kui torud ummistuse kohas lahti kaevatakse, ära puhastatakse ja siis uuesti tagasi asetatakse. Seejuures tuleb hoolikalt valvata, et setteained ei uhutaks allapoole, neisse toruosadesse, kus varem ummistust ei olnud. Puhastustööga tuleb liikuda voolu suunas.

Taimejuurte sissetungimine drenaaži torudesse võib esineda põldudel kas sügavalt juurduvate taimede kasvatamise tagajärjel või umbrohtude läbi, milledest paljud ajavad oma juured õige sügavale. Aia drenaažis võib puu- ja põõsajuurte sissetungimine torusid ummistada. Sel teel ummistunud torusid on enamasti võimata puhastada, sest torud purunevad hõlpsasti selle juures ja pealegi on see sageli nii aegaviitev, et ta ennast ei tasu. Küll aga on võimalik selliseid ummistusi ära hoida vastavate ettevaatusabinõude tarvitusele võtmisega. Tuleb hoiduda sügavalt juurduvaid taimi kasvatamast

värskelt salakraavitatud maal esimestel aastatel drenaažitööde teostamise järel, kui täitemaa dreenide kohal veel on tunduvalt kohedam kui mujal ja sellega meelitab taimejuuri sügavale tungima. Madala drenaažiga maadel tuleb ka hilisemail aastail loobuda sügavalt juurduvate taimede kasvatamisest, kui torud ei ole kaitstud juurte sissetungimise vastu. Aiamaadel ja mujal, kus puu- või põõsajuurte sissetungimise hädaohtu on karta, tuleb drenaaž selliselt ehitada, et juurte sissetungivõimalus ära hoitakse.

Kõige sagedamaks, aga ühtlasi ka kõige kergemini ärahoitavaks rikete tekkimise põhjuseks drenaažis on selle pudulik korrashoid, mis avaldub selles, et ei puhastata settekaevusid, ei peeta korras torusuudmeid ega puhastata lahtisi kraave, milledesse torud suubuvad. Kui settekaevud jäetakse puhastamata, siis täituvad need mõne aja pärast setteainetega kuni väljavoolutoru otsani. Selle järel hakkab juba vesi kandma osa liiva kaevust väljavoolutorusse. Siin see enamasti setib ja ummistab toru. Liiva kogunemine kaevus jätkub aga edasi ja ulatub lõpuks nii kõrgele, et ummistab ka sissevoolutoru. Selles torus tekib nüüd samuti liiva settimist, mis aja jooksul sellegi toru täielikult suleb. Nii ummistub süsteem sageli pikal ulatusel ja tekib väga raskelt parandatavaid vigu, mis oleksid võinud olla ärahoitavad vähese vaevaga settekaevude järjekindla ja õigeaegse puhastamise teel.

Analoogilised ummistused võivad tekkida torusuudmete hooletusse jätmise ja eriti — lahtiste kraavide puhastamata jätmise tagajärjel. Kui lahtine kraav, millesse torud suubuvad, jäetakse puhastamata, siis koguneb selle põhja varsti liiva- ja mudakord. Kraavi põhja ja nõlvadele tekkivad taimed soodustavad omalt poolt uhtainete settimist, mis iga aastaga üha enam tõstab kraavi põhja torusuudmele ligemale, kuni suu lõpuks täielikult mattub muda alla. Selle järel ummistub ka toru ise varsti täielikult. Kõik puudulikust korrashoiust tingitud rikked on ärahoitavad. Selleks on ainult tarvis:

1) teostada järjekindlat kontrolli salakraavitatud maa ja kuivendussüsteemide, eriti aga settekaevude, dreeni suudmete ja lahtiste kraavide seisukorra üle;

2) igal kevadel peale suurvee minekut ja vähemalt üks kord suve kestel (sügise poole) puhastada kõik settekaevud mudast ja liivast ja parandada tarbe korral torusuudmeid;

3) puhastada lahtised kraavid, milledesse torud suubuvad, rohust ja mudast nii, et torusuudme alumine äär jääks vähemalt 15 sm võrra kõrgemale lahtise kraavi põhjast, ning

4) hoolitseda selle eest, et vee vaba äravool peakraavi ja sealt edasi ei oleks takistatud ükskõik milliste voolutõketega.

Õigeaegselt tehtuna see kõik nõuab ainult vähe tööd, kuid annab täie kindlustuse drenaažisüsteemide pidevaks ja korrapäraseks toimimiseks.

2. Peakraavide kasutamine ja korrashoid.

a) Peakraavide kasutamine.

Peakraavide peamine ülesanne on ära juhtida liigvett kuivendatavalt alalt, võimaldada veeseisu reguleerimist kuivendussüsteemides nii, nagu see taimede optimaalseks kasvuks on tarvilik. Optimaalset kasvu ei saavutata aga üksnes kahjustavalt kõrge veeseisu alandamisega; mõnikord võib tarvilik olla veeseisu peakraavis ka kunstlikult tõsta. Sel korral toimib kuivenduspeakraav niisutuskraavina.

Paisutusega on aga võimalik veepinda tõsta ainult teatavas ulatuses ja see mõju ulatus on olenev paisutuse kõrgusest ja peakraavi langust. Mida suurem on paisutuse kõrgus ja väiksem lang, seda kaugemale paisutus mõjub. Suure languga peakraavide kasutamine niisutuspeakraavidena on seepärast raske. Kuivendatud soode piirkonnas, kus niisutamise võimaluse loomine on eriti tähtis, omavad peakraavid enamasti väheldast langu ja on hea eduga kasutatavad niisutuse ülesanneteks. Siin tuleb peakraavidele sobivates kohtades ehitada paisud.

Peakraavi on võimalik kasutada ka veevõtukohana muuks, kui niisutuse otstarbeks, kui see teiste asjaosaliste huvisid ei riiva. Peamiselt tuleb küsimusse peakraavide kasutamine loomade jootmiseks, kus peakraav läbistab karjamaid.

Pahatihti kasutatakse peakraave karja jootmiseks, tundmata kohustust kaitsta kraave loomade poolt tekitatavate vigastuste eest. Selline talitusviis on täiesti lubamatu.

On tingimata tarvilik peakraavi nõlv jootmiskohas eriliselt välja ehitada ja kindlustada loomade sõtkumise mõju vastu. Muidugi on tarvilik ka, et kraavi vesi oleks tõesti joogiks kõlblik, mille üle otsustab loomaarst.

Jootmiskohas kaevatakse peakraavi nõlv lamedaks, mis peab hõlbustama loomadele ligipääsu joogikohta. Lamedaks kaevatud nõlv sillutatakse vee poolt äärest 4—5 m laiuselt kividega, ülevaltpoolt aga jämeda kruusaga. Kivide puudumisel võib sillutist teha ka põigiti lattidest, millede katteks tuleb peale panna 2—3 sm paksune

kruusakiht. Veepiirile ehitatakse betoonist või puust lävi. Kogu jootmiskoht piiratakse lattaiaga, kraavi kaldale aga tehakse okastraataed kolme traadiga.

Jootmiskohti peakraavil ei saa siiski mitte pidada soovitavaiks, kuna need kõigist ettevaatusabinõudest hoolimata põhjustavad ikkagi teatavaid rikkeid niihästi kraavis endas kui ka kraavi kallasmaal jootmiskoha juures. Seda — eriti sel juhul, kui kari pikemat aega pidevalt kasutab sama jootmiskohta. Rikked on seda suuremad, mida vähem vastupidav on maa loomade tallamise mõjule. Soopinnas on selles suhtes nõrgem kui mineraalmaa, seepärast siin on soovitav hoiduda jootmiskoha tegemisest.



Joon. 84. Varisenud nõlvadega peakraav.

Suuremad peakraavid, mis läbistavad suuremaid metsamassiive, leiavad mõnikord kasutamist ka parvetuskanalina. Sel juhul peab aga peakraavis veetäide parvetuse ajal olema vähemalt 0,50 m, lang ei tohi olla suur ja käänud omama vähemalt 50 m suurust kõverusraadiust.

Roiskvee ärajuhtimiseks pole soovitav peakraavi kasutada. Kui see siiski on paratamatu, tuleb roiskvesi enne peakraavi juhtimist tarvilikult puhastada. Linaleoks peakraave ei või kasutada.

Mõnedes peakraavides on kevaditi ka kalapüük võimalik. See ei tohi aga toimuda nii, et selle all peakraavi veejuhtimise võime kannataks. Paraku on kalatõketega siiski paljudel juhtudel peakraave ummistatud. Tuleb kindlasti meeles pidada, et igasuguste püsivate kalatõkete tegemine peakraavi on lubamatu.

b) Rikked ja nende vältimine.

Sellest hoolimata, et peakraavid võivad olla õieti projekteeritud ja korralikult valmis kaevatud, tekib neis aegade jooksul mitmesuguseid rikkeid. Veel enam on rikete tekkimise võimalusi olemas sel korral, kui ka projektis on viga või töö teostamine pole olnud kõigiti laitmatu, nagu seda mõnikord juhtub.

Tekkimise põhjuste järgi võib rikkeid liigitada järgmiselt: looduslikest teguritest põhjustatud rikked, projekti vigadest tingitud rikked, töö teostamise vigadest tingitud rikked ja halvast korrashoiust tingitud rikked.

Looduslikest teguritest, mis rikkeid võivad põhjustada, on tähtsamaid — pinnas. Peakraavi kaevamisega veega küllastatud pinnasesse rikutakse endine tasakaalu seisukord pinnases kraavi kaldaäärses ribas. Tasakaalu häiret suurendab veelgi kaldale loobitud mullavalli raskus. Selle tagajärjel tekib vesiliivases pinnases nõlvade murdumisi, sageli pikal ulatusel. Murdumine esineb varsti kaevamise järel; hiljem, kui põhjavee pind on juba alanenud ja uus tasakaalu seisukord loodud, siis nõlva murdumisi tavaliselt enam ei esine. Samalaadilisi nõlvade sisselangemisi kutsub esile ka poolvedel savikiht peakraavi põhja lähedal. Kui peakraav kaevatakse veega üleküllastatud turbapinnasesse, mille all on poolvedel savi, siis võib kaldasurve tagajärjel põhi üles kerkida. Turbapinnases peakraavi sissekaevamisel toimub tunduv kokkuvajumine ja seega kraavi madalamaks jäämine.

Tähtsuselt järgmiseks tuleb looduslikest teguritest pidada taimestiku mõju. Kui pinnase põhjustatud rikked esinevad harilikult ainult kaevamise aastal ja hiljem, olukorra stabiliseerudes enam ei kordu, siis kasvab taimestik kraavi põhjas ja nõlvadel igal aastal jälle uuesti, kusjuures selle veevoolamist takistav mõju aastatega kasvab. Eriti soovimata on taimekasv kraavi neis osades, mis on allpool veepiiri taimekasvuaegse keskmise ja ka suvise kõrge veeseisu juures. Rohu kasv on seda tugevam, mida toitainerikkam on kraavis voolav vesi. Seepärast ongi rabade piirkonnas peakraavid hoopis puhtamad rohust kui kultuurmaade piirkonnas. Peale rohttaimede tekivad ka põõsad. Takistamatult kasvada lastes võtavad rohi ja põõsad varsti võimust. Nad ummistavad kraavi ja nende juured põimivad nii tihedalt kaldad ja nõlvad läbi, et kümmekonna aasta pärast sellise omapead jäetud peakraavi puhastamine osutub kulukamaks kui täiesti uue kraavi kaevamine teise kohta.

Vähema tähtsusega kui eelmised kaks looduslikku tegurit on kolmas — nimelt temperatuuritegur, mis avaldub külma murendavas mõjus värskelt kaevatud kraavi nõlvadele. Ka tuul ning vihmasajud ja jää mõjuvad kaasa kraavide deformeerumisele.

Looduslike tegurite põhjustatud rikete ärahoidmiseks on võimalik kasutada järgmisi abinõusid. Nõlvade murdumise ärahoidmiseks, mida põhjustab järskune ja kiire põhjavee alandamine kraaviäärsel maaribal, tuleb veega ülekülastatud vesiliiva, pehme savi ja ka väga vesises turbapinnases kaevamist toimetada vähehaaval, mitte aga korraga täie sügavuseni. Algul kaevatakse välja ainult pealmine kiht 0,4—0,5 m sügavuseni, kusjuures väljakaevatud maa loobitakse või veetakse kalda äärest vähemalt 5—10 m kaugusele. Kui maa kaevatud osas on jõudnud juba vajuda, jätkatakse peakraavi sügavamaks kaevamist jälle 1½ kuni 2 labidasügavuse võrra. Ühtlasi tehakse risti peakraavile ka 10 m vahemaade tagant 0,4 m sügavused ja ca 10 m pikkused rennid, mis suubuvad peakraavi. Need toimivad selle maariba kuivendajaina, millesse peakraav kaevatakse. Kolmas süvendamise järk, tavaliselt viimane, teostatakse selle järel, kui maa teise kaevamise järel näib olevat stabiliseerunud. Harva on võimalik sellistes tingimustes peakraavi ühe aasta kestel kaevata täie sügavuseni valmis. Enamasti kulub selleks kaks aastat. Vedelas savimaas võib sellestki hoolimata osutuda vajalikuks ka veel kraavi külgede kunstlik toestamine. Väljakaevatud maad ei või jätta kalda ligidale vallina, see tuleb eemale transportida ja tasandada.

Taimestiku tekkimist kraavidesse ei ole võimalik ära hoida. Selle kahjustavat mõju saab aga vältida järjekindla väljaniitmise teel kraavi põhjast, nõlvadelt ja pervedelt. Seda tuleb toimetada ühenduses kevadise kraavide puhastamisega juunikuus ja teiskordselt veel augusti- või septembrikuus. Eriti tähtis on, et suvise kõrgvee ajal peakraav omaks head veejuhtimise võimet; see hoiab ära katastroofilise mõjuga suviseid üleujutusi, mis rohtunud voolusängi puhul on väga sagedased. Rohi kraavis suurendab nimelt tunduvalt voolusängi karedust. Kui normaalselt karedustegur n (Ganguillet ja Kutteri kiirusteguri valemis

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

lahtiste kraavide jaoks arvestatakse 0,03, siis rohtunud voolusängi puhul võib see tõusta isegi kuni 0,10-ni. Seetõttu vooluhulk, mis normaalse sängikareduse juures annab enam-vähem ettenähtud veekõrguse peakraavis, tõstab suurema sängikareduse juures veepinna palju kõrgemale. Nii näiteks peakraav põhjalaiusega 1,0 m, nõlvusega 1 : 1 ja languga 0,00155, selleks et ära juhtida vooluhulka

0,412 m³/sek., peab vastavalt erinevaile karedustegureile omama järgmisi täitesügavusi meetrites:

karedustegur	$n = 0{,}030$	0,050	0,080	0,100
vee täitesügavus	$t = 0{,}50$	0,67	0,86	0,96

Sellest järeldub, et juba üksi rohukasvu tõttu peakraavi töötavas ristlõikes, peaasjalikult põhjas ja nõlvade alumisel poolel, võib veepind tõusta kaks korda kõrgemale ettenähtust. Kui aga arvesse võtta veel, et rohtumisega käib kaasas ka uhtainete settimine ja üldine ristprofiili kitsenemine, siis saab arusaadavaks, kui väga tarvilik on peakraavide puhtana pidamine taimedest.

Külma mõju värske kraavinõlva murendamisele ei ole võimalik ära hoida. Samuti on raske midagi ette võtta, et takistada tuulel või vihmasajul maad sisse kandmast kraavi. Õnneks pole aga nende mõju suur.

Projekti vead, mis peakraavis võivad rikkeid esile kutsuda, seisnevad tavaliselt liiga järskude nõlvade või sobimatu langu projekteerimises ja kaitseehitiste projekteerimata jätmises, kus sellised oleksid vaja kraavi põhja ja nõlvade kindlustamiseks. Kaevamistöömahu vähendamiseks on küll kasulik projekteerida võimalikult järsk nõlvus, kuid nõlvad ei või olla nii järsud, et need hakkaksid varisema, sest varisenud nõlvu hiljem parandada on peaaegu võimata. Ainult nõlvu vastavalt kindlustades on võimalik neid projekteerida järsemaina, kui määratud piir antud pinnase jaoks näeb ette. Kui lang on projekteeritud liiga väikesena, siis jäävad vee kiirused väikeseks ja isegi kergemaid mudaosakesi ei suuda vesi edasi kanda. Peakraavi põhja setib palju liiva ja muda ning kraav rohtub kiiresti. Ta veejuhtimise võime jääb tunduvalt vähemaks, kui projektis ette nähtud. Kuna veehulgad, mida peakraav peab läbi juhtima, muidugi mitte ei vähene, siis tõuseb veepind peakraavis tunduvalt kõrgemale projekteeritust ja nõutav kuivendussügavus kuivendust vajavatel maadel jääb saavutamata. Sobivalt kunstlikku langu projekteerides või tarbe korral isegi peakraavi suunda muutes ja õgvendusi tehes, on võimalik liiga väikest langu suurendada. Liialt suur lang pole aga ka mitte soovitav, sest see põhjustab suuri veekiirusi, mis juhul, kui need ületavad antud pinnase jaoks ettenähtud piiri, tekitavad peakraavi põhja ja nõlvade uhtumist. Väljauhutud maa kandub allapoole, setib väiksema languga osades põhja ja tekitab siin profiili kitsendamist, s. o. vähendab peakraavi veejuhtimise võimet, mille paratamatuks järelduseks on veepindade tõus. Suure maapinnalanguga osades tuleb seepärast peakraavi langu kunstlikult vähendada. Seejuures sündivad langu astmed — kaskaadid tuleb vajalikult välja ehitada ja peakraavi põhi ning nõlvad astmest üleval- ja allpool

kindlustada. Mõnel juhul võib otstarbekohasem olla jätta kaskaad tegemata, kuid selle asemel kogu suure languga osas peakraavi põhi ja nõlvad kindlustada. Sellised kindlustamistööd on tavaliselt küll kaunis kulukad. Kuid on õigem ühekordselt kanda suuremaid ehituskulusid ja sellega kindlustada ehitise korrapärast toimimist ning säästa korrashoiukulusid, kui et ehitada odavalt, aga kanda siis igal aastal suuri korrashoiukulusid ja muid kahjusid, mida liialdatud kokkuhoid projekteerimises võib hiljem põhjustada.

Projekti veaks tuleb lugeda ka seda, kui harukraavide suubumine peakraavi sünnib sobimatu nurga all või kui käänukohad ei ole projekteeritud sobiva raadiusega kaarduvaiks. Need vead põhjustavad peakraavi nõlva uhtumist ja ka uhtainete settimisi. Vead on aga hõlpsasti välditavad ja seejuures enamasti ilma ehituskulude suurenemiseta.



Joon. 85. Kalatõke jões.

Peakraavi kaevamistööde teostamise vead, mis hiljem annavad rikete tekkimiseks põhjust, seisnevad kõrvalekaldumises projekti nõuetest. Nii näiteks võib väljakaevatud maa jätmine vallidesse peakraavi kallastele põhjustada kallaste sisselangemist, kui vallid on liiga lähedal. Käänukohtade kaevamine järsu nurgaga ja mitte projekteeritud kõverusega tekitab käänukohas nõlva uhtumist. Nõlvade silumata jätmine suurendab põhja täitumise ohtu ja kändude ning võsa puudulik väljajuurimine pervedelt võimaldab selle kiiret uuesti kasvamist. Kõik sellised vead on aga kergesti välditavad, kui töö teostamine on korralik ja see toimub asjatundliku kontrolli all.

Kõige sagedamini tuleb peakraavidel rikkeid ette puuduliku hoolitsuse ja halva korrashoiu tagajärjel. See ilmneb väga mitmesugusel kujul. Näiteks jäetakse karjamaade piirkonnas peakraavi kaldale kaitseaed tegemata, mistõttu loomad pääsevad takistamatult kraavi

äärde, sõtkudes pehmemates kohtades kraavi kaldad sisse ja lõhkudes nõlvu. Kraavist käiakse ja sõidetaksegi läbi, vigastades nõlvu ja põhja; talvel kraavist ülesõiduks aetakse koguni hagu kraavi täiteks ja jäetakse see siis hoolimatult sinna paika. Suurematel peakraavidel tehakse kalatõkkeid ja need jäävad kraavi ka selle järel, kui neid enam ei vajata. Lõpuks esineb sedagi, et kive, puukaikaid või muid tüliks olevaid esemeid lihtsalt mõtlematult kraavi heidetakse. Sellest tingitud rikked peakraavis on kõik ärahoitavad. Selleks on vaja aga kõigepealt aru saada, et ühised peakraavid ei ole vähem tähtsad kui ühised liiklusteed.

Samasugune hool ja korrashoiu kohustus, mida me endastmõistetavalt vajalikuks peame teede suhtes, peab sama mõistetavalt osaks saama ka peakraavidele ja üldse ühistele veejuhtmetele. Kui see selge on, siis ei loobita enam tarbetuid esemeid kraavi. Siis peetakse täiesti loomulikuks, et loomi ei või kraavist läbi ajada või hobusega kraavist läbi sõita, et ülepääsuks tuleb ehitada korralikud truubid ja jalgradadele teha purded, ning et kraavid vajavad pidevat hoolt ja korrashoidu. Kui selline arusaamine inimeste teadvusse on kasvanud, siis võtab, võib olla, juhuslik möödaminejagi kraavist välja sinnakukkunud oksa ja siis võib loota ka, et lihtlabased küll, aga siiski väga tarvilikud peakraavid saavad lõpuks ka selle tähelepanu ja hoolitsuse osaliseks, mida nende suur rahvamajanduslik tähtsus eeldab ja nõuab.

c) Korrashoid.

Peakraavide korrapärase toimimise tagamiseks tuleb need pidevalt hoida heas korras.

Ebatootvate maade ülesharimise teel võidame küll juurde uusi viljeluspindalasid ja liigniiskuse all kannatavate maade kuivendamisega tõstame nende tootmisvõimet, kuid neid saavutusi püsivalt kindlustada saab ainult kõigi maaparandussüsteemide pideva ja hoolsa korrashoidmisega.

Peakraavide iga-aastane korrashoiutöö algab juba talve lõpul. Kui metsa- ja heinaveod on lõppenud, käiakse peakraav läbi ja kõrvaldatakse sellest kõik haod ja puud, mis talve jooksul sinna on sattunud. Seda tuleb tingimata teha enne kevadise suurvee minekut, sest kui tõkked peakraavi sisse jäävad, siis hakkab vesi tõkete kohal kraavi nõlvu uhtuma.

Kevadel, kohe peale suurvee minekut, toimetatakse peakraavi ülevaatust ja kõrvaldatakse niipalju, kui võimalik, kõik kraavi sattunud suuremad mättad, puutükid, haod, kalatõkked, sisselangenud purded ja muud sellelaadilised hõlpsasti märgatavad veevoolu takistused. Ühtlasi kontrollitakse truupide ja paisude seisukorda ja määratakse kindlaks, milliseid parandustöid nende juures on tarvilik ette võtta.

Suve algul, enne heinategu, tavaliselt juunikuus, kui veeseis on madal, võetakse ette peakraavi põhjalik puhastus. Selleks niidetakse

kõigepealt rohi kraavi nõlvadelt ja põhjast, kõrvaldatakse võsa kallastelt ning puhastatakse põhi setteainetest ja mudast. Puhastust on otstarbekohane teostada voolu suunas, ülevalt allapoole, sest vastupidises suunas, alt ülespoole tööga liikudes kanduks ülevalpool töid tehes muda ja liiva allapoole, puhastatud kraavi osasse uuesti sisse.

Kõik kraavist väljapuhastatav muda, samuti kui ka mahaniidetud rohi ja võsa, tuleb kraavi kaldale visata võimalikult kaugemale kalda äärest. Täiesti lubamatu oleks põhjast kaevatud liiva või muda panna kraavi nõlva peale, nagu seda ekslikult mõnikord tahetakse teha, eriti, kui nõlvas juhtub olema auke või süvendeid. Niisugusest augu täitmisest ei oleks kasu, sest muda ja liiv ei jää sinna püsima, vaid vesi uhub selle sealt uuesti välja. Rohi ja võsa tuleb ära niita



Joon. 86. Hästi korraspeetud peakraav.

nii madalalt, kui vähegi võimalik. Nõlvade ebatasasused tuleb võimalust mööda tasandada. Selle juures ei ole aga põhjust maha kaevata nõlvade ülemise kolmandiku laiuses tekkivat rohukamarat. Selles osas nõlva kamardumine on soovitavgi, sest see moodustab loodusliku nõlva kindlustuse.

Suve kestel viiakse läbi ka kõik parandused truupide, paisude ja muude peakraavil leiduvate vesiehitiste juures.

Niisuguse puhastuse järel on peakraav jälle korras ja suudab ka suvise suurvee, mis meil tavaliselt esineb juuli-augustikuus, ära juhtida üleujutusi tekitamata. Peakraav vajab nüüd ainult aeg-ajalist kontrolli, võimaluse korral mitte vähem kui 3—4 korda kuu jooksul. Neil kontrollkäikudel veendutakse peakraavi laitmatus toimimises

ja kõrvaldatakse need juhuslikud voolutakistused (puutükid, mättad, kivid jne.), mis peale puhastamist on uuesti kraavi sattunud.

Sügise poole suvel, tavaliselt septembrikuus, toimetatakse teiskordne kraavi puhastus rohust ja mudast. Põhja puhastus piirdub seekord peamiselt üksikutesse kohtadesse tekkinud setete väljapuhastamisega ning kraavi veerenud mätaste ja kivide, puunottide ja okste väljavõtmisega.

Ka selle teise puhastuse järel tuleb peakraavi seisukorda pidevalt kontrollida ja märgatud puudused kohe kõrvaldada. Seda tuleb teha kuni lumetulekuni.

Peakraavide kui ühiskondlikkude ehitiste korrashoidu ei saa loomulikult jätta ainult asjaosaliste maakasutajate vaba tahte asjaks, vaid kõik ühised peakraavid kuuluvad sunduslikule korrashoiule nende maakasutajate poolt, kelledele peakraaviga maade kuivenduse võimalus on loodud. Asjaosaliste kohustused jagunevad vastavalt tulu suurusele, mida peakraav ühelegi asjaosalisele toob. Riik abistab maakasutajaid korrashoiutööde teostamises ja teostab järelevalvet korrashoiu üle. Suuremate peakraavide korrashoid toimub tavaliselt täiel määral riigi kulul.

VI. Metsamaade kuivendamine.

1. Kuivendatavad maad.

Vähemalt 30% metsamaast kannatab meil liigniiskuse all, mistõttu puidu toodang sellelt metsa-alalt on madal. Sellele lisaks on üle 300 tuhande ha soid, milledest vähemalt osa on võimalik kuivenduse teel muuta tootvaks metsamaaks.

Maa metsamajanduslik kuivenduskõlblikkus oleneb ta pinnase headusest, metsastumise eeldustest peale kuivenduse läbiviimist ja metsa vanusest. Sellele lisaks mõjuvad veel metsa asukoht ja kuivenduskulude suurus metsakuivenduse tööde tasuvusele.

Kuivendatava metsamaa või soo metsakasvatuse võimet peale kuivenduse läbiviimist võib hinnata pinnase koostise järgi pealmises kuni 1 m paksuses kihis ja sootüübi järgi. Puujuured turbamaas levivad ka peale kuivendust peaasjalikult maa pealmises kihis ja kõige peenemad narmasjuured asetsevad isegi peaaegu vahenditult metsa kõdukihi all. Kuigi ka halbadel sootüüpidel pikema aja jooksul — kui turvas juba on jõudnud kõduneda ja metsakõdu maad

väetada — võib hakata kasvama rahuldav mets, siis määrab kuivendusaegne turba pealiskihi koostis siiski pikaks ajaks ette sool kasvava või sellel tekkiva metsa arenemise tingimused ja mõjutab seega otsustavalt kuivendustöö tasuvust. Sügavamatel turbakihtidel, milledesse puude juured ei ulatu, pole olulist mõju metsa kasvule. Kuid paks turbakiht pole iseenesest ka mitte takistuseks rahuldavale metsakasvule, kui selle pealmine kiht oma koostiselt ja lagunemise astmelt on metsa kasvatamiseks kõlblik. Mineraalne aluspõhi ei



Joon. 87. Sanglepalodu.

mõjuta metsakasvu, kui ta asetseb sügaval paksu turbakihi all ja puude juured selleni ei ulatu. On aga turbakiht õhem, umbes 0,8 m või alla selle, siis jääb peale kuivendust, kui turbakiht kokkuvajumise ja hilisema kõdunemise tagajärjel veelgi õhemaks on muutunud, mineraalne aluspõhi puujuurtele kättesaadavasse sügavusse ja võib vägagi oluliselt mõjutada puude kasvu; eriti kui aluspõhjaks on savi või liivakas savi.

Tähtsuse mõttes on kõige olulisem kuivendus läbi viia raiestikkudel, mis metsa maharaiumise järel on hakanud soostuma ja kus metsa uuendamine ilma kuivenduseta pole võimalik. Soodest annab kõige paremaid tulemusi sanglepalodu kuivendus, mis võib muutuda I boniteedi metsaks. Sellele järgnevad vähenevas väärtuse järjekor-

ras kaselodud, lubjarikkad rohusood, nõmmrabad ja rabastunud sood. Laugasrabad ja tarnsood on nii raskesti metsastatavad, et neid vaevalt tasub võtta metsa alla. Eelistada tuleb selliseid soid, millede juba on kasvamas arenemisvõimelist metsa või kus on eeldusi looduslikuks metsastumiseks. Lagedaid rohusoid, millede metsasta-



Joon. 88. Kaselodu.

mine peaks sündima istutamise või uuskülvi teel, on raske kasutada metsamaaks, sest kõrge rohukasv lämmatab puutaimi ega lase neil kasvama hakatagi. Seepärast on otstarbekohasem sellised sood loovutada põllumajanduslikuks kasutamiseks.

Vanuse seisukohalt on üldiselt tasuvam kuivendada noort, arenemisvõimelist metsa, kui metsa, mis juba on jõudmas raieküpsesse vanuseklassi ja enam pole suuteline nii suurel määral kasvu lisama, nagu noor mets. Heades kasvutingimustes võib siiski ka vanem mets veel tunduvalt kasvu lisada.



Joon. 89. Puhmasraba.

Metsa asukoht väljaveoteede suhtes mõjutab tunduvalt kuivenduse tasuvust. Teede suhtes soodsa asendiga metsa kuivendamine tasub ennast paremini, kui sellise metsa kuivendamine, mis asub kaugel veo- ja parvetusteedest.

2. Kuivenduse põhimõtted.

Metsakuivenduse peamisi ülesandeid on: 1) ära lõigata ja kõrvale juhtida kuivendatavale metsale kõrvalt pealevalguvad veed ja 2) muuta liikuvaks pinnaveed ning kiirendada nende äravoolu. Sellega ühenduses luuakse ka paremad õhustamise tingimused pinnase

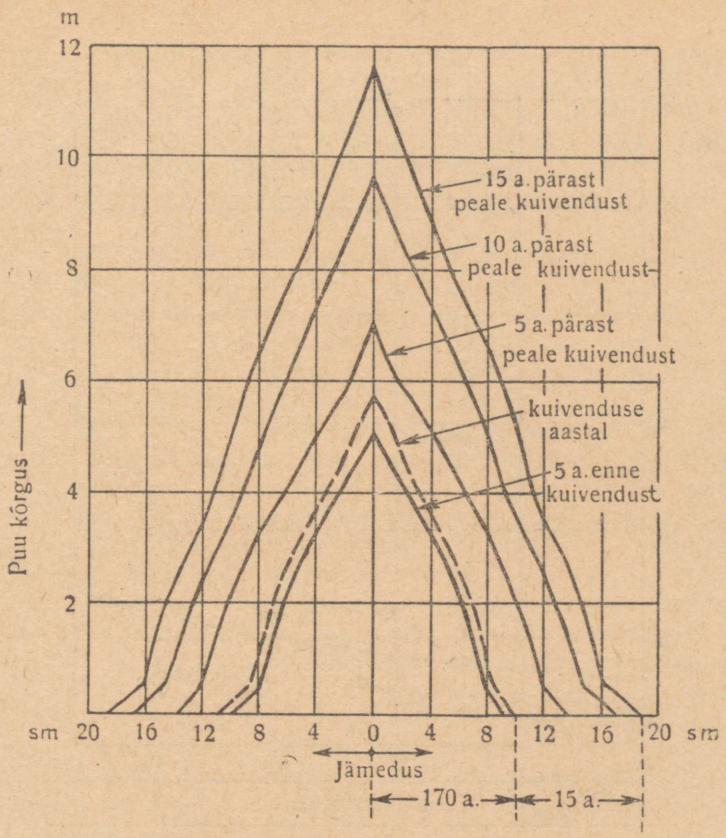
pealmises kihis, milles asetseb peamine osa puude juurekavast. Põhjavee alandamisel on vähem tähtsust, sest mets transpireerib kasvu ajal väga palju vett, umbes 200 mm aastas ja alandab ise põhjavee pinda, kusjuures vee tarvidus on seda suurem, mida kasvujõulisem on mets. Metsaalusele maapinnale langeb ka üldiselt vähem sademeid kui lagedale maale, sest osa sademeist jääb puude lehtedele ja okastele, kust see õhku tagasi aurab ilma maapinnale üldse sattumata. Suur mets võib sel teel kinni pidada isegi 30—40% sademete kogu hulgast. Mõlema teguri, s. o. transpiratsiooni ja



Joon. 90. Laugasraba.

sademete kinnipidamise mõju on nii suur, et kui väljastpoolt pealevalguvad veed on ära lõigatud ja pinnavete äravool on korraldatud, siis peab kasvav mets põhjavee juba ise vajatavas sügavuses.

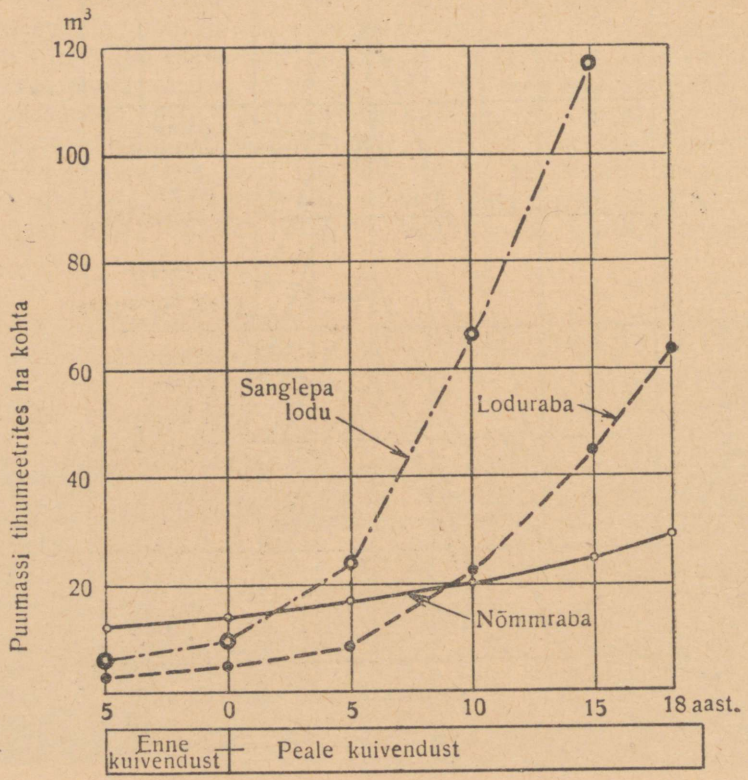
Noorel metsal on niihästi transpiratsiooniks kuluv veehulk kui ka lehestikuga kinnipeetav veehulk väike. Sellepärast madalatel maadel on tarvidus osa liigvett ära juhtida kuivenduskraavide abil. Sedamööda aga, kuidas mets kasvab, suureneb mõlema teguri osatähtsus ja väheneb see veehulk, mis jääb ära juhtida kraavide abil. Lõpuks, kui mets suudab juba ise pidada põhjavee küllaldasel sügavusel, jäävad kuivenduskraavid tarbetuks. On tarvis ainult kaitsta metsamaad kõrvalt pealevalguvate võõraste vete eest.



Joon. 91. Kuivenduse mõju 170 a. vanuse kuuse juurdekasvule sanglepalodu-tüüpi sool.

Sellest tingituna omavad metsakuivenduses piirdekraavid eriliselt suurt tähtsust. Paljudel juhtudel ongi kogu kuivendus lahendatav piirdekraavide kaevamisega.

Kus maapinna vähese langu ja tiheda aluspõhja tõttu on tarvilik pinnavete ärajuhtimiseks kaevata ka kuivenduskraave, seal tehakse need pigemini madalad ja tihedad, kui sügavad ja harvad, sest pinnavete kiire ärajuhtimise ja maa õhustamise ülesannet täidab tihe kuivendusvõrk märksa paremini, kui harv võrk. Metsakuivenduses kasutatakse üldiselt palju suuremat kuivenduskraavide vahelaiust kui põllumajanduslikkude maade kuivendamisel. Tavaliselt kõigub metsakuivenduse kraavide vahelaius 80 ja 120 m vahel; 1 ha kohta tuleb 120—170 j. m. kuivenduskraavi. Sügavus tehakse



Joon. 92. Puumassi juurdekasvu olenevus soo tüübist.

0,60—0,90 m, arvesse võttes ka turba võimalikku vajumist. Sügavamad kraavid suurendavad tunduvalt tööd, ilma et nende kuivenduse efekt sellele vastavalt suureneks.

Näiteks kujuneb mullatöö maht 1,60 m sügavusel kraavil võrreldes 0,90 m sügavuse kraaviga järgmiseks.

Põhja laius m	Nõlvus	Sügavus m	Mullatöö maht 1 j. m. kohta
0,30	1 : 1½	1,60	4,32
0,30	1 : 1½	0,90	1,49
0,30	1 : 1¼	0,90	1,28
0,30	1 : 1	0,90	1,08

Sügavam kraav pole mitte ainult suurem mullatöö mahu poolest, vaid ta on ka raskem kaevata, suurema sügavuse ja raskemate maakihtide tõttu, mis harilikult sügavamal esinevad. Sama tööjõu kuluga võib madalaid kraave teha vähemalt 2—4 korda tihedamalt kui sügavaid. Tihedate kraavide efekt pinnavete kiire ärajuhtimise ja pinnase õhustamise osas on aga tunduvalt suurem kui hõredatel.

Kraavide vahelaius on teataval määral olenev maapinna langust, sootüübist, turbakihi paksusest ja aluspõhja läbilaskvusest, kui kraavid ulatuvad aluspõhjani või selle sisse. Suurema languga maal võib kraavide vahelaius olla suurem kui vähese languga maal ja paremal sootüübil suurem kui halval. Õhuke turbakiht läbilaskval aluspõhjal võimaldab kraavide vahelaiust suurendada, kuna seevastu tihe, läbilaskmata aluspõhi sunnib vahelaiust vähendama.

Raiestikkude ja I ning II vanuseklassi metsamaa kuivendamisel tuleb arvesse võtta metsa kasvavat transpiratsiooni ja sademete kinnipidamise võimet. Siin on otstarbekohane iga teine kraav kaevata madalamana, nimelt sügavusega 0,6—0,8 m, ja muud pisut sügavamana, 0,90—1,10 m. Siis on võimalik hiljem, kui mets juba suuremaks on kasvanud ja kõigi kraavide järele enam vajadust ei ole, madalaid kraave välja lülitada sel teel, et nende korrashoid ära jäetakse, mille tagajärjel need aja jooksul täis kasvavad.

Kuivenduskulude kokkuhoidmiseks tuleb püüda läbi saada nii harva kuivenduskraavide võrguga, kui võimalik. Sellepärast kõigil juhtudel, kus tekib kahtlus kraavide võrgu liigse tiheduse kohta, on soovitav jätta kraavitus esialgu harvemaks ja alles hiljem vajaduse korral lisakraave vahele kaevata.

3. Metsakuivenduse majanduslik tulemus.

Metsamajanduslikust seisukohast kuivenduskõlblikeks võib pidada ainult selliseid liigvee all kannatavaid maid, mis kuivenduse järel on võimelised kasvatama rahuldava boniteediga metsa.

Puude kasvu paranemist võib märgata kõigil sootüüpidel. Juba esimesel aastal kraavi lähedal kasvavatel puudel, eriti noorematel, lehed suurenevad ja okkad pikenevad; 3—4 aasta pärast on märgata paranemist ka juba pikkuse ja jämeduse juurdekasvus. Juurdekasv on seda jõudsam, mida parem on sootüüp, ja seda suurem, mida intensiivsem on kuivendus. Mingit ülekuivenduse hädaohtu metsamaadel ei ole. Isegi vanad puud võivad heades tingimustes tunduvalt kasvu lisada. See ilmneb kujukalt joonisest nr. 91, millel on esitatud ühe 170 aasta vanuse kontrollkuuse läbimõõt ja pikkus enne ja peale metsamaa kuivendamist. Jooniselt nähtub, et niihästi pikkus kui ka läbimõõt on 15 aastaga suurenenud ümmarguselt kahekordseks.



Joon. 93. Isekülvi teel kasvanud 25-aastane segamets kuivendatud tarnaturbasool; turbakihi paksus 1—2 m.



Joon. 94. Istutamise teel kasvanud 20-aastane sanglepamets kuivendatud sool.

Sootüübi mõju puidu juurdekasvule ilmneb joonisel nr. 92. Nagu sellest joonisest nähtub, on juurdekasv eriti jõudus sanglepalodul. Ühtlasi nähtub, et esimestel aastatel on juurdekasv kõigil tüüpidel aeglane, kuid umbes 5 aasta pärast suureneb juurdekasv kiiresti.

Kuivenduse soodne mõju metsale ei piirdu olemasolevate puude juurdekasvu lisamisega, vaid ka uute puutaimede juurdekasv suureneb. Lisaks paraneb liiklemise võimalus metsas kraavikaldaidpidi ja väheneb mõningal määral öökülmade hädaoht ümbruskonnas.

Metsakuivenduse tasuvuse rahalise kalkulatsiooni tegemine on palju raskem ja ebamäärasem kui põllumajanduslikkude maade kuivendustööde tasuvuse kalkuleerimine, sest kapitali ringkäik on metsamajanduses väga aeglane. Põhimõtteliselt võib pidada õigeks kasutada selliste kalkulatsioonide jaoks liitprotsendi arvutamise viisi, sest metsakuivenduseks mahutatav kapital on sisuliselt analoogiline pikaajalise hoiuga antud kapitaliga, millel intress arvatakse igal aastal algkapitalile juurde ja kannab omakorda intresse. Raieringi lõpul saadava puumassi hind ühes vaheraietest saadud tulude kogusummaga moodustab selle kapitali A, milleks kuivendustöödesse mahutatud algkapital a raieringi lõpuks n aasta jooksul muutub teatava protsendi p juures. Kui lõppkapital A, protsent p ja raieringi lõpuni kuluv aeg n on teada, siis on võimalik valemist:

$$a = \frac{A}{(1 + \frac{p}{100})n}$$

arvutada a, s. o. selle summa ülemmäär, mis on võimalik kuivendustöödeks kulutada, et töö veel oleks majanduslikult tulutoov.

Kuivenduse mõju arvele ei saa muidugi arvata seda puumassi, mida küsimuses olevalt maa-alalt ilma kuivendamatagi oleks saadud. See tuleb lõppkapitalist *(A)* vähendada. Samuti tuleb maha arvata kraavide korrashoiu kulud.

VII. Maade niisutamine.

I. Niisutuse rahvamajanduslik tähtsus.

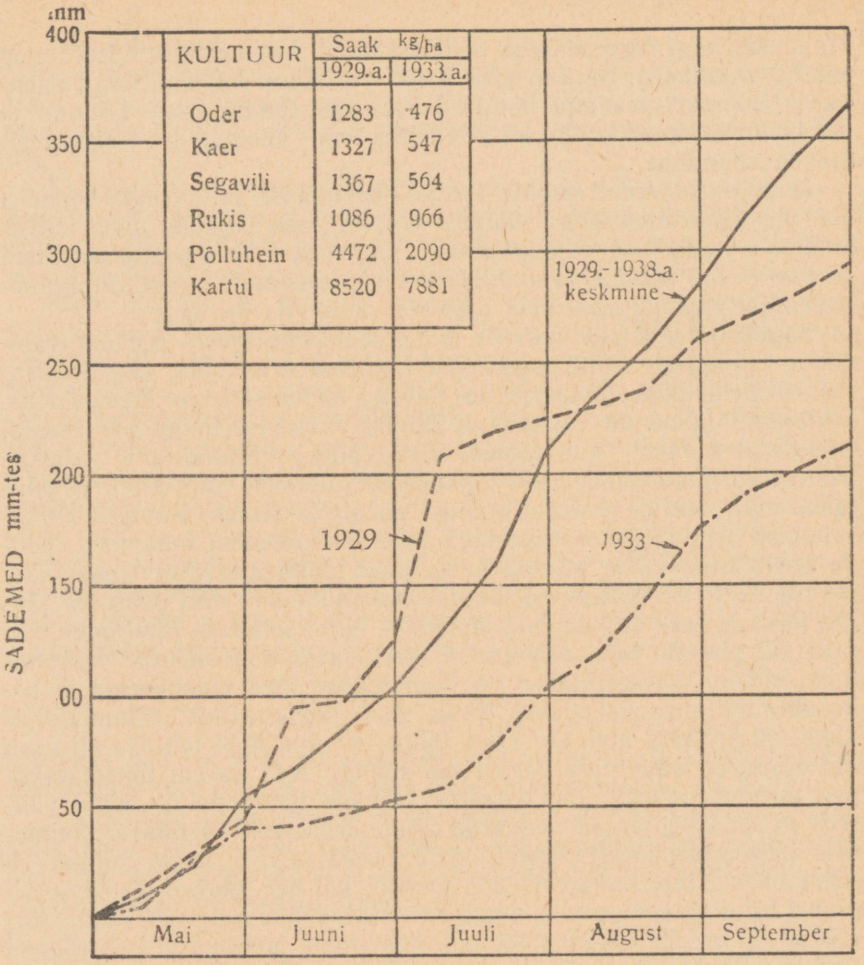
Selleks, et kultuurtaimed võiksid anda kõrgeid ja kindlustatud saake, peab neil muude võrdtähtsusega kasvutegurite kõrval olema kindlustatud ka vajalik hulk vett, mida taimed tarvitavad oma elutegevuseks. Seal, kus vett looduslike sademete kujul küllaldasel määral kasutada ei ole, tuleb puudujääv osa kunstlikul teel lisaks anda.

Maailmas ongi õige rohkesti selliseid maid, kus kunstlik niisutamine osutub vajalikuks. Suured alad Kesk- ja Lõuna-Aasiast, kogu Austraalia manner, peaaegu kogu Aafrika ja tunduv osa Lõuna- ja Põhja-Ameerikast kuuluvad puuduliku või ebastabiilse niiskusega maade vööndisse.

Kuid mitte ainult puuduliku ja ebastabiilse niiskusega vööndis, vaid ka liigse niiskusega vööndis võib esineda vajadus maid kunstlikult niisutada. See vajadus esineb nimelt seal, kus aasta sademete jaotus ei ole soodne taimekasvatuseks; sademete veest on taimekasvuajal puudus, aga muul ajal võib neid olla üleliiagi.

Sageli on võimalik selliseil juhtudel mitmesuguste preventiivabinõude tarvitusele võtmisega põua kahjusid ära hoida. Üks tõhusamaid sellelaadilisi abinõusid on talviste sademete vee äravoolu tõkestamine ja nende võimalikult täielik akumuleerimine pinnasesse. Lagedatel maadel, kus tuuled viivad põldudelt lund ära, tehakse okstest või lumevallide näol tõkkeaedu, rullitakse lumi kinni ja püütakse muul teel selle äratuiskamist põllult takistada. Kevadel, lumesulamise ajal püütakse tõkestada vete äravoolamist maapinda mööda osalt lumevallide ettetegemise, osalt madalate kraavikeste kaevamise teel risti maapinna langule, mis sunnivad vett peatuma jääma ja maa sisse imbuma. Ja lõpuks — lume sulamise järel kohe, kui maa on pinnalt juba tahenenud, toimetatakse põllupinna kobestamist, millega katkestatakse vee kapillaarne tõus maapinnani ja vähendatakse auramiskadusid. Seda pinna kohendamist toimetatakse äkke või libistaja abil. On väga tähtis, et seda tööd tehtaks nii vara kui võimalik, sest mida varem see sünnib, seda varem tõkestatakse vee auramiskadusid (mis kevadel kuivade ilmadega on väga suured) ja seda suuremad veevarud akumuleeritakse pinnasesse taimedele hilisemaks kasutamiseks. Põllu veeakumuleerimise võimet on võimalik sel teel tunduvalt suurendada, kui see sügisel on sügavalt ümber küntud, sest esiteks omab kobestatud maa suurt veevastuvõtuvõimet ja teiseks takistab küntud maa (mida muidugi ei tule sügisel äestada) tunduvalt vee äravoolu maapinda mööda. Samuti võib auramist maapinnalt vähendada tuulekaitse istanduste rajamise teel.

Nende ülimalt lihtsate, vähe tööd ja materjali nõudvate abinõudega on võimalik tõhusalt mõjutada pinnase veemajandust ja ära hoida põuakahjusid. NSV Liidu Euroopa osa lõunapoolsetes piirkondades, ebastabiilse niiskuse piirkonnas, leiavadki kõik need abinõud laialdast rakendamist. Erilist hoogu annab neile töödele aga partei ja valitsuse poolt 20. X 48. a. antud määrus: «Põllukaitse-metsaribade rajamise, heinavilja-külvikordade sisseseadmise ning tiikide ja vesistute rajamise plaanist kõrgete ning püsivate saakide kindlustamiseks NSV Liidu Euroopa-osa stepi- ja metsastepi-rajoonides».



Joon. 96. Saakide olenevus sademeist Saaremaal.

On koguni võimalik teatud tingimustes kuivadeski piirkondades, kus kogu aasta sademete hulk on liiga väike rahuldavaks taimekasvuks, vee akumuleerimise abil koguda vajalikul määral vett pinnasesse. Kuna sademete hulk on väike, siis pole küll võimalik igal aastal põldtaimi kasvatada. Kuid kogudes vett järjekindlalt sel teel, et iga saju järel maad kobestatakse ja maa umbrohust puhtana peetakse,

võib 2—3 aasta jooksul sellevõrra vett pinnasesse akumuleerida, et sellest jätkub ühel aastal põllukultuuride kasvatamiseks. See viljeluse viis on tuntud nn. «kuivviljeluse» (dry farming) nime all.

Praegusel ajal sellist «kuivviljelust» kui ekstensiivset maa majandamise viisi enam palju ei kasutata. Vee akumuleerimise põhimõte ise leiab aga ka edaspidi laialdast kasutamist, kuna sellega kindlustatakse saake ebastabiilse niiskuse vööndis ja võimaldatakse tunduvat kokkuhoidu niisutusvees ja töökuludes sellistes kuivades piirkondades, kus lisavee juurdeandmine on igal aastal tarvilik.

Vee auramiskadude vähendamiseks taimede kasvuaja kestel kasutatakse ka maapinna katmist hekslite, sambla või õhukese (1—2 sm) koheda turbakihiga. Sellekohased katsed on andnud häid tulemusi, sest peale vee säästmise avaldab maapinna katmine veel elustavat mõju mullabakterite tegevusele maapinna pealmises kihis, kaitstes neid kuivuse ja päikese tapva mõju vastu. Mullabakterite elavneva tegevuse tulemusena aga paraneb mulla struktuur ja tehakse taimejuurtele kättesaadavaks (mobiilseks) uusi toitainete varusid. Lisaks võib turvas mineraalmaadel viljakoristamise järel maa sisse küntuna mõjuda ka veel maaparandusainena.

Juba palju aastatuhandeid tagasi on hakatud maid kunstlikult niisutama Aasia maades ja meie päevil ulatub kunstlikult niisutatav viljelusala maailmas juba umbes 80 milj. hektaarini. Ülemaailmses mastaabis omabki maade niisutamine suuremat majanduslikku tähtsust kui maade kuivendus, mida on teostatud umbkaudu 45 milj. ha suurusel alal. Niisutatavad alad asetsevad teatavasti sooja kliimaga vööndis, kus on võimalik kasvatada väga väärtuslikke ja kõrge saagianniga taimi.

Peamisi maid, kus ulatuslikumalt on niisutuse töid tehtud, on (A. A. Tšerkassovi järgi) järgmised:

India	22,5	milj. ha niisutuspindalaga
Hiina	20,0	„ „ „
P.-A. Ühendriigid	8,1	„ „ „
NSVL	6,0	„ „ „
Egiptus	3,0	„ „ „
Jaapan	2,8	„ „ „
Prantsusmaa	2,4	„ „ „
Itaalia	1,8	„ „ „

Kuid tehtud töö moodustab ainult väikese osa sellest, mis veel on võimalik maade kunstliku niisutuse osas teha. Eriti NSV Liidu territooriumil on suuri võimalusi nende tööde laiaulatuslikuks arendamiseks. Juba lõunapoolne Ukraina osa, Krimmi poolsaar, Põhja-Kaukaasia, Volga alamjooksu piirkonna maad, põhja- ja keskosa

Kasahstanist ja läänepoolne osa Altai kraist vajavad looduslikele sademetele lisa, et saagid viljelusmaadelt oleksid kindlustatud. Kuid lõunapoolne osa Kasahhi NSV-st, Usbeki, Tadžiki, Kirgiisi ja Turkmeeni NSV-s, samuti kui ka Taga-Kaukaasia idapoolne osa, mõningad rajoonid Dagestani ANSV-st ja lõunapoolne osa Stalingradi oblastist on üldse viljeldavad ainult kunstliku niisutamise varal. Selliste suurte põuakahjude vältimiseks tulevikus, nagu need esinesid 1946. a. suvel, on NSV Liidu valitsuse korraldusel 1947/48. aastast peale asutud laiaulatuslikult tegema irrigatsiooni töid juba kogu Ukrainas. Need tööd haaravad mustmulla-piirkonna keskosas Voroneži, Orjoli, Tambovi ja teisi oblasteid.

Seni niisutatud maa-ala (6 milj. ha) moodustab alles pisut üle 1% sellest, mis veel niisutamist vajab. Kuid juba seegi ala, mida praegu kunstliku niisutuse varal viljeldakse, omab väga suurt rahvamajanduslikku kaalu, sest see on võimaldanud NSV Liidule täieliku endavarustamise puuvilla-alal, millest teatavasti 90% viljeldakse kunstlikult niisutatavatel aladel.

Puuvillakasvatus moodustabki üleliidulises mastaabis tähtsaima osa niisutatavatel maadel viljeldavatest kultuuridest, seda eriti Usbeki, Tadžiki, Turkmeeni, Kirgiisi, Lõuna-Kasahstani ja Aserbaidžani NSV osas, teravilja kasvatuse omades neis maades ainult teisejärgulist tähtsust. Teistes piirkondades leiavad niisutatavad maad kasutamist ka muude kultuuride viljelemiseks. Nii näiteks Armeenias, Gruusias, Põhja-Kaukaasias on teravilja kasvatus ülekaalus, kusjuures aga tähtis osa on ka juurvilja kasvatusel, puuvilja- ja viinamarjaistandustel, ka puuvillal ja muudel tehnilistel kultuuridel. Aasovi ja Musta mere piirkonnas suurt osa niisutatavast maast kasutatakse juurvilja ja puuvilja kasvatamiseks, Kubani jõe alamjooksul ka riisi kasvatamiseks. Riisikasvatuseks kasutatakse niisutatavaid maid veel Kaug-Idas. Kasahhi NSV idapoolses osas viljeldakse niisutatavatel maadel peamiselt teravilja (suvinisu, hirss), vähemal määral ka suhkrupeete, juurvilja jt. Üleliiduliselt kasutatakse niisutatavaid maid järgmiselt:

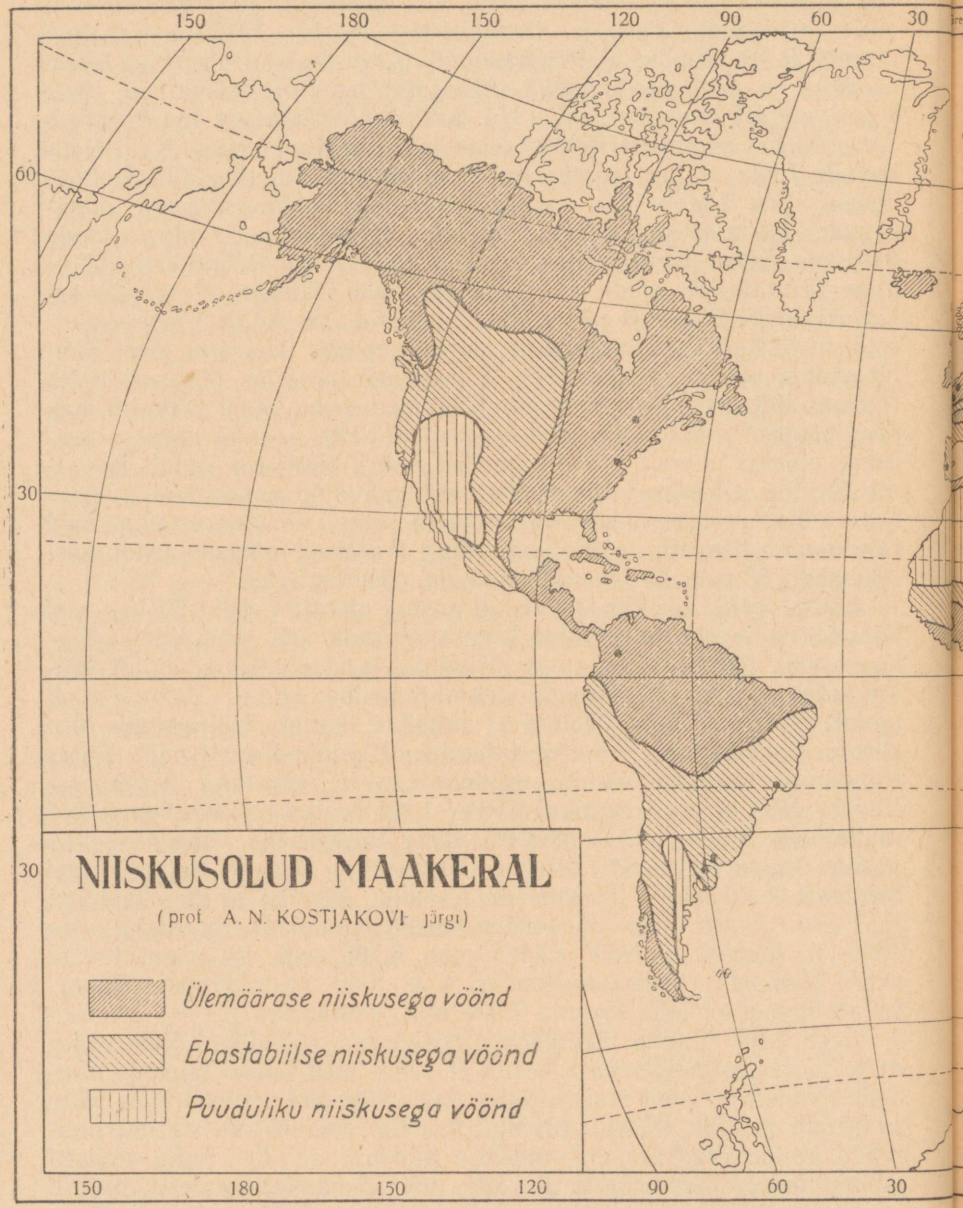
Teravilja kasvatuseks	1,83 milj. ha
Puuvilla „	1,58 „ „
Lutserni „	0,60 „ „
Juurvilja „	0,35 „ „
Aedviljade ja viinamarja kasvatuseks . .	0,26 „ „
Riisi kasvatuseks	0,16 „ „
Tehnilised kultuurid (peale puuvilla) . .	0,15 „ „
Mitmesuguste kultuuride kasvatuseks . .	1,07 „ „
Kokku	6,00 milj. ha

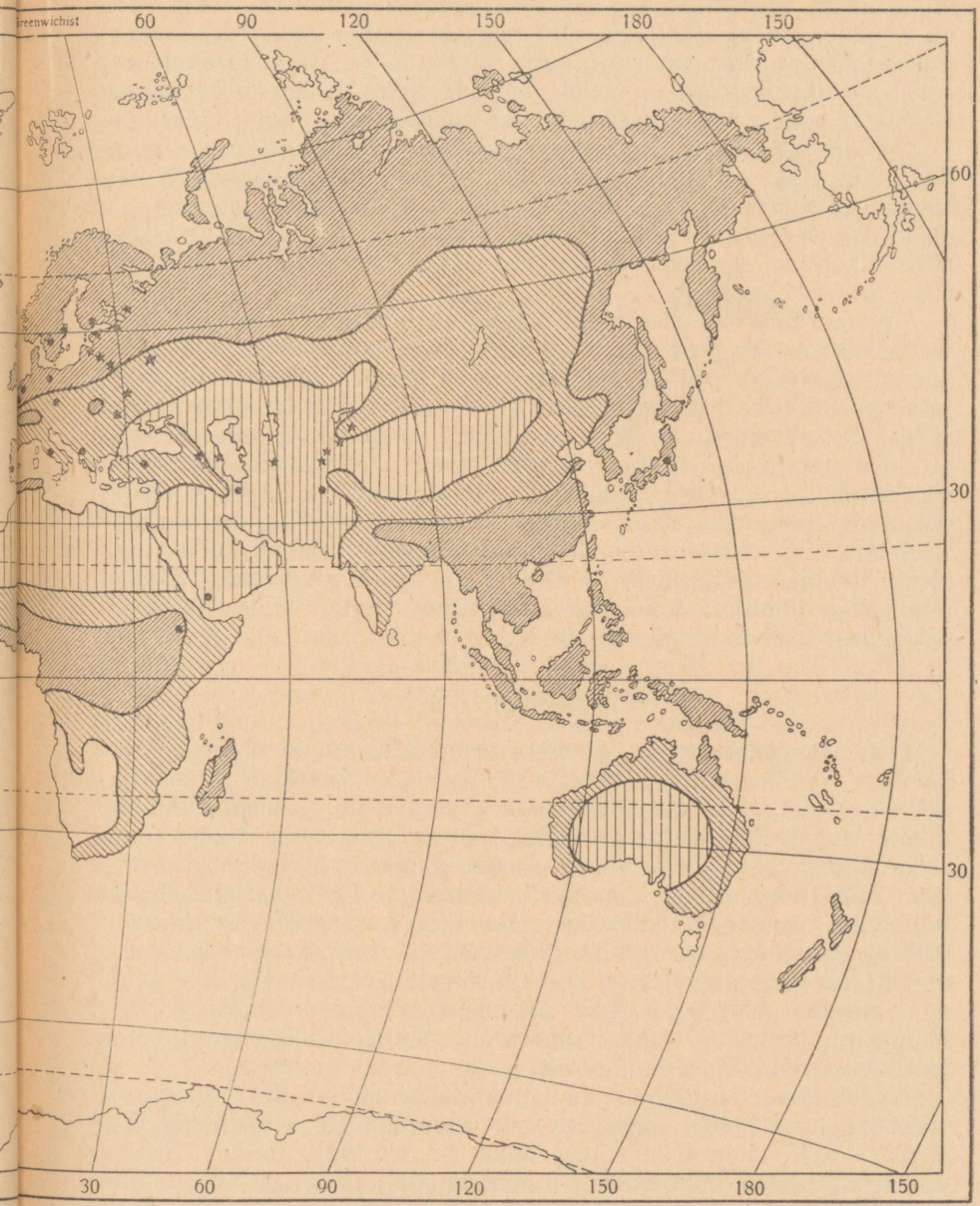
Viimastel aastakümnetel on niisutus Nõukogude Liidus teinud suuri edusamme. Omas kirjutuses: «Kolmkümmend aastat hüdro-

tehnilist ehitustööd veetranspordi, irrigatsiooni ja vesivarustuse alal» («Gidrotehnitšeskoje Stroitelstvo» nr. 11—1947. a.) mainib insener R. P. Popov, et irrigatsiooni- (s. o. maade niisutuse) tööde arengut on eriti soodustanud omamaise puuvilla kasvatuse tõus. Tsaari-aegsel Venemaal oli 1914. aastal niisutatavaid maid umbes 3,9 milj. ha, peamiselt Kesk-Aasias ja Taga-Kaukaasias. Kuid Nõukogude Liidu võitlus iseseisvaks saamise eest puuvilla alal ja hoolitsus rahva heaolu eest teravilja saakide kindlustamisega põuaargades piirkondades avas uued laiad perspektiivid niisutustööde arengule. Suure Isamaasõja eelseil aastail arenes tõeline rahvaliikumine niisutatavate alade laiendamiseks. Selle liikumise algatajaks sai Usbeki NSV. Esimese rahvatööna viidi siin läbi XVIII Partei kongressi nimelise kanali ehitamine vee juhtimiseks Isfairami jõest Šahhimardani jõkke, millisel tööl 17 päevaga talvistes töötingimustes teostati 298 tuhat m³ mullatöid. Töö tulemusena saadi 2500 ha uusi niisutatavaid maid. Selle järel asuti aga 1939. a. juba märksa suurema objekti, nimelt Stalini-nimelise Suure Fergana kanali kaevamisele. See ettevõte kujunes tõeliseks rahvatöö entusiasmi avalduseks, mille tulemusena rida varem olemasolnud niisutussüsteeme said täiendavalt lisavett ja Fergana ning Andižani oblastis loodi uusi võimalusi 83 tuh. ha suuruse maa-ala niisutamiseks.

Samal 1939. a. ning järgnevail aastail ehitati Usbeki NSV-s veel teisigi suuri süsteeme, nagu Lõuna-Fergana sm. Andrejevi nimeline kanal, Põhja-Fergana sm. Mikojani nimeline kanal, Sohh-Šahhimardani, Suur Zerašvani, Lenini-nimeline kanal, Pahta-Aarali kanal, Taškendi sm. Molotovi nimeline kanal. Nälja-stepis sm. Kirovi nimelise kanali ümberehitamine, Kampõr-Ravati pais, Kata-Kurgani veebasseini ehituse esimene osa ja rida teisi. Kokku on Usbeki NSV-s ajavahemikul 1939—1946 tehtud melioratsioonitöid mullatööde mahuga 135 milj m³, mille tulemusena vabariik võitis juurde ümmarguselt 550 tuh. ha niisutatavat pindala. Rahva hoogtöö levis ka Tadžiki, Turkmeeni, Kasahhi, Kirgiisi ja Aserbaidžani NSV-sse. Tulemuseks oli jõudne niisutuspindalade juurdekasv ja 1946. a. lõpuks oli NSV Liidus juba 5,785 milj. ha niisutatavaid maid. Neljanda viisaastaku lõpuks, s. o. 1950. aastaks peab niisutatavate maade pindala tõusma 7,068 milj. hektaarini.

Eesti NSV kuulub ülemäärase niiskusega vööndisse. Kuid sademete jaotus taimekasvuaja kestel ei vasta meil täiesti taimede nõudeile. Nimelt on meil maikuu lõpul ja juunikuus tavaliselt liiga vähe sademeid ja kõik viljad, eriti aga suvivili, põldhein ja kultuurrohumaad kannatavad sel ajal niiskuse puuduse all. Kui palju suvised põuad meiegi ilmastiku tingimustes võivad saake alandada, selgub kujukalt saakide ja sademete võrdlusest 1929. ja 1933. a. end. Püha


150
180
150
120
90
60
30
60
30
30
NIISKUSOLUD MAAKERAL
(prof A. N. KOSTJAKOVI järgi)
Ülemäärase niiskusega vöönd
Ebastabiilse niiskusega vöönd
Puuduliku niiskusega vöönd
150
180
150
120
90
60
30


Greenwichist
60
90
120
150
180
150
60
30
30
30
60
90
120
150
180
150

95.

kihelkonnas Saaremaal, kus pinnas on üldiselt põuaarg. Aasta 1933 oli põuane, aastal 1929 aga oli sademete jaotus ligilähedane keskmisele. Silmatorkav on suur vahe suvivilja- ja põldheinasaakides; rukki- ja kartulisaagis on vahe väiksem. Rukis ja kartul on vähem tundlikud põua vastu, sest rukis on jõudnud juba sügisel juurduda ja kevadel vara kasutab hästi ära talviste vete tagavarasid. Juunikuu põua ajaks on rukkil juured juba sügavamal ja suhteliselt väikese veenõudlusega nagu ta on, suudab ta pikemagi põuaaja üle elada palju kergemini kui suviviljad, milledel juured sel ajal on alles päris maapinna ligi selles mullakihis, mis auramise kaudu oma veetagavara on kaotanud.

Abinõud talviste sademete vee pinnasesse akumuleerimiseks omavad meie maa tingimustes suurt tähtsust põlluviljade saakide kindlustamises. Need abinõud pole aga siiski kõigil aastatel küllaldased ja seepärast tuleb ka meil abiks võtta kunstlikku maade niisutamist selleks, et igal aastal kindlustada kõrgeid saake. Aedkultuuride osas on juba praegu iga-aastane kunstlik kastmine endastmõistetavaks vajaduseks ja juurvilja põldudelgi leiab kastmine eesrindlikes majapidamistes juba kasutamist. Üldiselt on aga niisutamine meil esialgu siiski alles vähe arenenud. Selle laienemine mujalegi kui aed- ja söögijuurvilja kultuuridele ja ühtlasi ka niisutuse tehnika täienemine peab toimuma koos rahvamajanduse üldise tõusu ja põllumajanduse arenemisega meie maal.

2. Niisutuse mõju.

Oma peaülesande kõrval anda taimedele nende optimaalseks kasvuks vajalik veemäär omab niisutus muidki kasulikke kaasmõjusid. Parajal määral antuna niisutus pehmendab raskeid savimaid, muutes nende harimist hõlpsamaks. Ta soodustab ka taime toitesoolade lahustamist, eriti kui niisutusvees leidub süsihappegaasi, mis vee lahustamise võimet tunduvalt suurendab. Optimaalselt niisutatud maas elavneb mullabakterite tegevus, mis soodustab orgaaniliste ainete mineraliseerumist. Niisutus võib mõjuda maad soojendavalt, kui niisutuse vesi on soojem niisutatavast maast. Igal juhul aga niisutus suurendab maa soojusemahtuvust, mistõttu kuuma ilmaga on niisutatud maa temperatuur madalam niisutamata maa temperatuurist, külma ilmaga aga vastupidiselt — soojem.

Niisutamine mõjutab ka õhu alumisi kihte kuni 2 m kõrguseni niisutatud maa kohal, alandades selle temperatuuri ja tõstes relatiivniiskust. Eriti vihmutusniisutuse puhul on see mõju tunduv. Sellisel värskendaval õhu jahutamisel on põuailmade juures hea mõju taimekasvule.

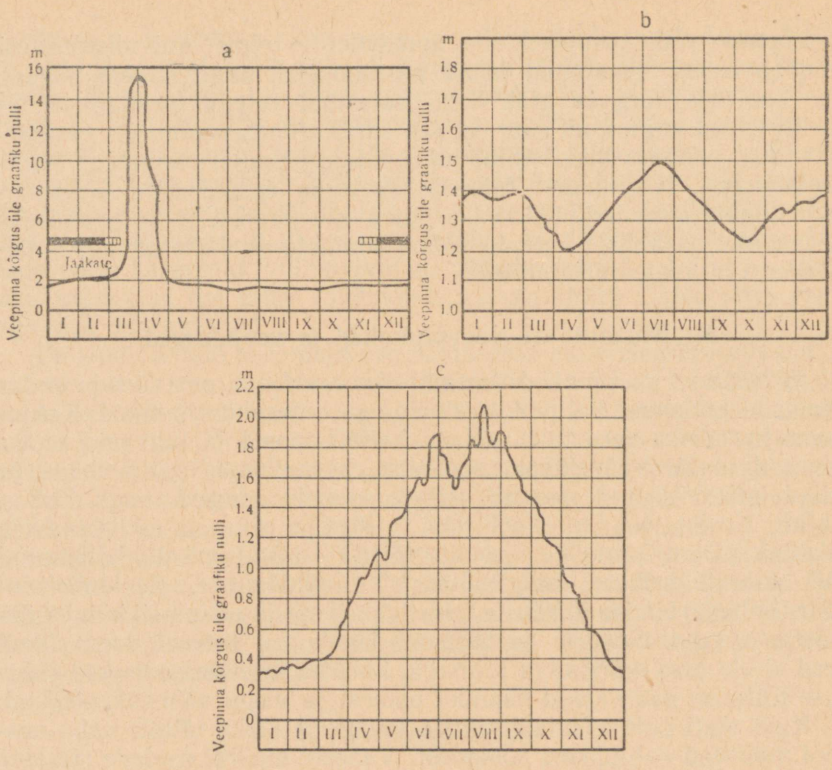
Lõpuks võib niisutusel olla maadväetav toime, kui niisutusvesi sisaldab endas lahustunud taime toitesoolasid, nagu näiteks jõgede vesi kevadise kõrgvee ajal. Kanalisatsiooni vetega niisutamisel on väetav mõju koguni nii suur, et see siin kujuneb peamiseks eesmärgiks. Ka vihmutusniisutamine ühendatakse sageli taimede pealtväetamisega. Niisutamist taimede veetarbe rahuldamise ülesannetega nimetatakse irrigatsiooniks, kuna niisutamist, mille peamiseks ülesandeks on vees leiduvate taimetoitainete ärakasutamine, nimetatakse väetavaks niisutamiseks.

3. Niisutusvesi, veevõtukohad ja veejuhtmed.

a) Niisutusvesi. Niisutamiseks kasutatav vesi ei tohi endas sisaldada taimedele kahjulikke aineid ega umbrohu seemneid. Kahjulikeks lisandeiks vees tuleb pidada kõiki happeid ja tugevaid soolalahuseid, nagu väävelhape, soolhape, arseenhape, karboolhape ja teised vabad happed; samuti selliste soolade lahused, nagu $ZnSo_4$, $CaSo_4$, Na_2So_4, Na_2Co_3, NaCl, $BaCl_2$, $MgCl_2$, raua- ja niklisoolad ja rida teisi. Oma kahjulike lisandite tõttu on niisutamiseks kõlbmatud kõik paberivabrikute, tsingitööstuste, kaalitööstuste, pleekimistööstuste, nahaparkimise tööstuste, gaasivabrikute ja enamasti kõigi mäetööstuste veed. Soodest ja metsapiirkondadest tulevad looduslikud veed ei ole otse mürgitava toimega, kuid rohke huumushapete sisalduse tõttu on nad vaesed hapniku poolest ja seega väheväärtuslikud.

Kuid alati pole võimalik saada vett, mis oleks täiesti vaba eespool mainitud kahjulikest sooladest. Vähesel määral soolade sisaldus ei tee ka vett kasutuskõlbmatuks. Läbilaskva pinnasega maade niisutamisel võib lubatavaks soolade sisalduse piiriks pidada: Na_2Co_3 (soodat) kuni 1 g, NaCl (söögisoola) kuni 2 g ja Na_2So_4 (glaubrisoola) kuni 5 g ühe liitri vee kohta. Mitme soola üheaegsel esinemisel ei või neid kogusummas olla üle 6 g/l kohta; raskelt vett läbilaskvas maas aga vähem. Rauа- ja niklisoolade sisalduse puhul, millede kahjustav mõju seisneb selles, et need ummistavad pinnase poore, on võimalik vett kõlblikuks muuta sel teel, et seda õhukese kihina paarist ülevoolust lastakse üle joosta, mille juures vesi hästi õhuga kokku puutub ja rauaühendid sellest eralduvad. Seevastu on aga põhjust olla umbusklik tapamajade roiskvete suhtes, mis küll on hea väetava toimega, kuid sisaldavad tihti põrnatõve pisilasi. Need on aga väga kaua elujõulised ja võivad näiteks niisutatud maal kasvava rohuga uuesti sattuda looma organismi ja siin haigust tekitada.

Kahtluse korral on alati soovitav vett enne analüüsida, kui see tarvitusele võetakse. Heaks tundemärgiks vee kasutuskõlblikkuse



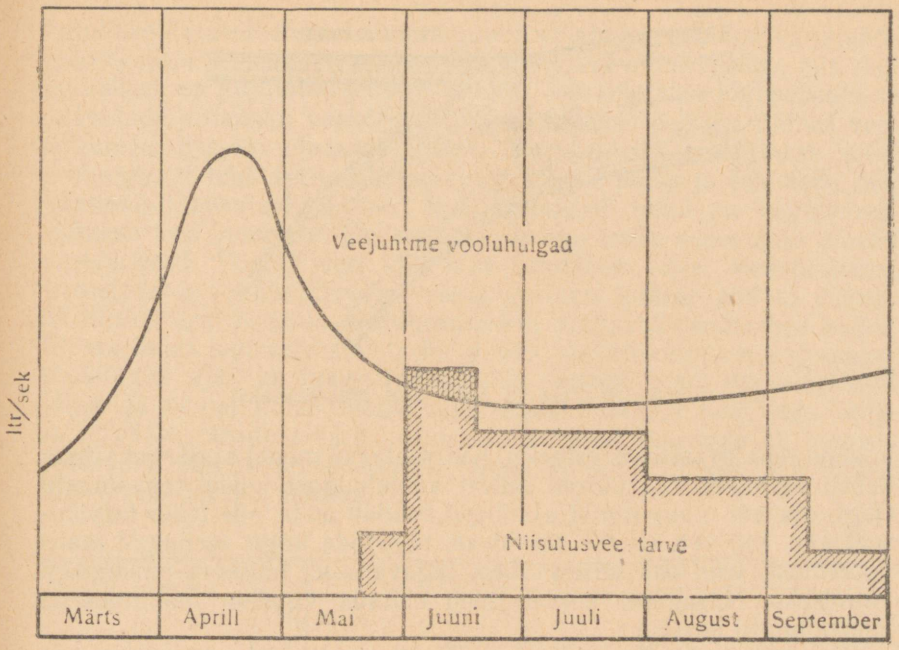
Joon. 97. Jõgede veeseisu graafikuid:
a) tasandiku jõel (Oka j. Annenki küla juures),
b) järve retensiooniga jõel (Vuoksa jõel) ja
c) mäestiku jõel (Tereki jõel Kazbegi küla juures).

kohta võib pidada seda, kui vees elutseb kalu ja konne, ja kui veekogus, millest vesi võetakse, leidub taimi, mis eelistavad toiterikast, head vett. Sellised on näiteks penikeeled (*Patamogeton*-liigid), lemled (*Lemna*), vesiroosid (*Numphaea*-liigid), partheinad (*Glyceria*-liigid), vesiherned (*Utricularia*-liigid), vesikatk (*Elodea canadensis*) jt.

b) Veevõtukohad. Veevõtukohana niisutuse vee saamiseks kasutatakse kõige sagedamini jõgesid, ojasid ja järvi. Vähemate maa-alade niisutamiseks võivad küsimusse tulla ka tiigid, allikad ja kaevud.

Veevõtukoht peab andma vett vajataval hulgal.

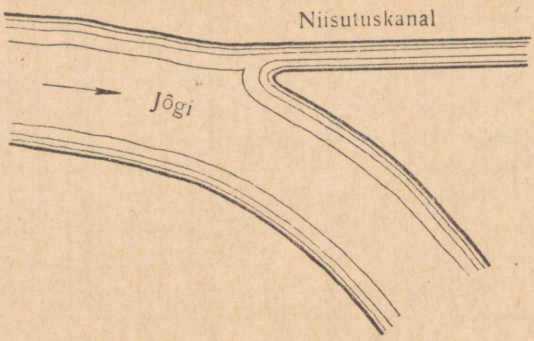
Jõgede ja ojade läbivoolu hulgad ei ole konstantsed, vaid muutuvad kuust kuusse. Kohalikest looduslikest tingimustest olenevalt



Joon 98. Skemaatiline graafik veejuhtme vooluhulga ja niisutusvee tarbe kohta.

võivad need muutused olla väga erinevad. Tasandiku jõgedel läbivoolavad veehulgad on tavaliselt kevadel kõige suuremad ja suvel ning kesktalvel minimaalsed. Seevastu aga jõgedel, mis peamise osa oma veest saavad ülemjooksul asetsevatest kõrgetest mägedest, on vooluhulgad kõige suuremad suvekuudel, mil jää sulamine annab palju vett. Jõgedel, mis oma vee saavad suurtest järvedest, on tavaliselt samuti suvekuudel vooluhulgad maksimaalsed. Üldiselt aga on vooluhulgad aasta läbi hoopis ühtlasemalt jagunenud eri kuudele, kui tasandiku ja mäestiku jõgedel. Nende eritüüpi jõgede veepindade (ja järelikult ka vooluhulkade) muutusi aasta kestel iseloomustavad kujukalt E. I. Johansoni järgi (Osnovõ gidrologii i gidrometrii, Moskva, 1947) toodud graafikud Oka, Tereki ja Vuoksa jõe veepinna seisude kohta.

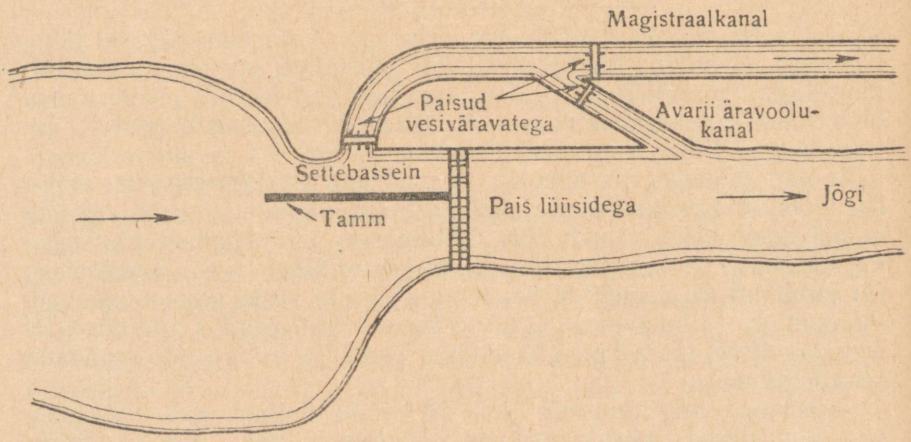
Küsimuse selgitamiseks, kas läbivoolu hulgad jões või ojas on küllaldased niisutussüsteemi varustamiseks veega, tuleb arvutada niisutuse vee vajadus niisutusperioodil ja seda võrrelda veejuhtme läbivoolu hulkadega samal ajajärgul. Seda on otstarbe-



Joon. 99. Veevõtu koht jõest niisutamiseks.

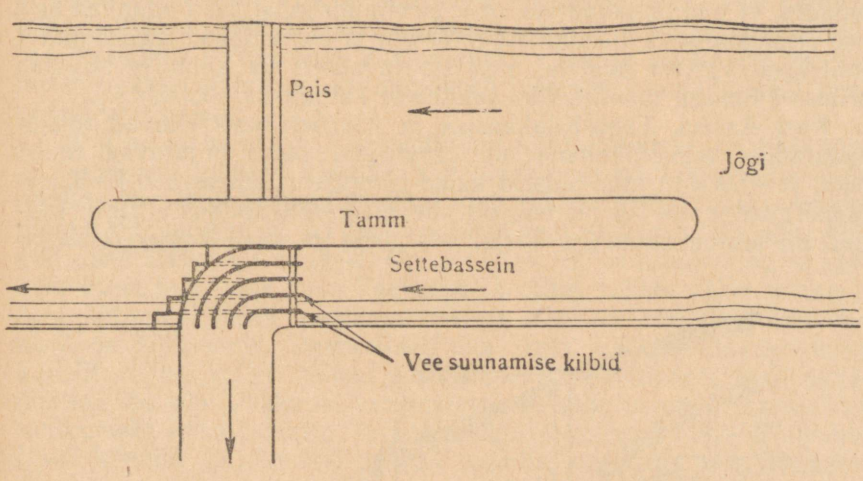
kohane teha graafilises esituses. Kui veetarve mõnel ajajärgul taimekasvu perioodis on suurem sellest vooluhulgast, mida veevõtukoht (jõgi, oja või muu) samal ajajärgul suudab anda, siis tekib tarvidus seal ajal, kui vett on üle tarviduse, takistada kogu veehulgal maha voolamast, vaid osa sellest võtta tagavarasse, hilisema puudujäägi katmiseks. Niisugusel korral tuleb ehitada vajaliku mahtuvusega veekogumise bassein.

Vee võtmiseks jõest või ojast ja selle juhtimiseks niisutatavatele maadele tuleb ehitada vastavad veevõtuseadeldised. Primitiivsemal



Joon. 100. India-tüüpi veevõtukoht.

kujul see kujutab endast ainult kanalit vajatava veehulga väljajuhtimiseks jõest. Täielikum on nn. India-tüüpi veevõtuseadeldis, mis skemaatiliselt on kujutatud joonisel nr. 100. Siin suletakse jõgi paisuga, et saavutada vajalikku veekõrgust. Sageli luuakse paisuga ühtlasi veekogumise bassein ülespoole paisu. Veevõtukoht eraldatakse jõest tammiga, et luua settimisbassein setteainete jaoks ja takistada neil edasipääsu niisutuskanalisse. Kui setteaineid palju on kogunenud, lastakse vesi basseinist läbi voolata, avades paisu selles osas olevad vesiväravad. Voolav vesi viib liiva basseinist välja. Veevõtukanal varustatakse reguleeritavate vesiväravatega, millede abil on võimalik täpselt ära määrata niisutussüsteemi juhitavat niisutusvee hulka. Et ära hoida suurvete ajal tarbetut vett niisutusväljadele valgumast soovimatul ajal, on magistraalkanalist juhitud avarii-äravoolukanal jõkke ja samal kohal magistraalkanalile ehitatud pais, mis veele suleb pääsu niisutusaladele. Avariikanalit saab kasutada ka magistraalkanali algosa puhastamiseks sinna sattunud liivast, kui sellest tugev veevool läbi juhtida.



Joon. 101. Elsdeni-tüüpi veevõtukoht.

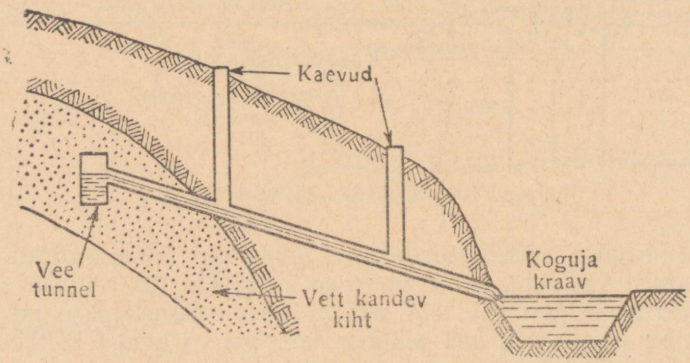
Elsdeni-tüüpi veevõtuseadeldises juhitakse niisutusvõrku ainult jõe pealmisi veekihte, kuna alumised veekihid, mis rohkem sisaldavad setteaineid, lastakse läbi voolata. See saavutatakse nn. kahekorruselise paisu abil, kus alumise korruse väravaist lastakse vesi läbi voolata, ülemise korruse väravad hoitakse aga suletuina ja eriliste juhtseintega juhitakse ülemisest kihist vett niisutusmagistraali.

Seisvatest veekogudest veevõtmisel setteainete sattumisoht niisutussüteemi on väiksem ja seetõttu on ka veevõtuseadeldis ehituselt lihtsam.

Tiikide kasutamine veevõtukohana on võimalik ainult vähemate maa-alade niisutamisel, sest 1 ha niisutatavat ala vajab keskmiselt 10—50 ha vesikonna vett. Tiik peab olema küllaldase mahtuvusega. Peale niisutuseks kuluva vee mahtuvuse tuleb arvestada 0,7—1,0 m «surnud kihti» põhjas, mida ei saa kasutada selle kiire täitumise tõttu setteainetega, ja lisaks sellele veel teatav tagavara filtratsiooni- ja auramiskadudeks. Jõgede ja järvede vesi on tavaliselt niisutamiseks hästi sobiv. Kus sellist looduslikku veejuhet või veekogu ei ole, seal võib küsimusse tulla põhjavee kasutamine, kuigi see omaduste poolest kunagi pole jõe või järve vee vääriline.

Kaevude kasutamine niisutusvee saamiseks on üsna laialdaselt levinud Indias, kus ca 4 milj. ha maa niisutamiseks võetakse vesi kaevudest. Ka P.-Ameerika Ühendriikides niisutatakse 0,6 milj. ha kaevuveega. Ühe kaevu kohta tuleb Ühendriikides niisutatavat pindala keskmiselt 16 ha ja Indias keskmiselt 2 ha. Kaevudel on see hea omadus, et nad annavad vee otse tarvitamiskohal. Nad nõuavad aga vee ülestõstmiseks mehaanilist tööjõudu ja teenindavad igaüks ainult suhteliselt väikest pindala. Vesi on tavaliselt ka külm ja sisaldab ariidse kliimaga maades tihti taimedele kahjulikke soolasid.

Kesk-Aasias, Taga-Kaukaasias ja Aserbaidžanis leiavad rohket kasutamist veevõtukohana nn. «kjarisid». Need kujutavad endist pikki (1—50 km) maa-aluseid käike (tunneleid) laiusega 0,4—0,6 m ja kõrgusega 1—1,4 m, mis on kaevatud vettkandvasse kihti. Käigud on tehtud betoonist, kivist või puust ja need koguvad hiigel-



Joon. 102. Niisutusvee võtmine põhjaveest (kjaris).

dreenidena endasse vett laialt alalt. Kogutud vesi juhitakse äravoolutunneleid mööda sobivates kohtades niisutuse magistraalkanalisse ja seda mööda niisutusväljadele.

Ka pinnavesi võib üksikuil juhtudel leida kasutamist niisutusveena, nimelt nn. limaani niisutuse viisi juures. Siin maapinda mööda ülevaltpoolt valguvad veed püütakse kinni nõlvaku alla äärde tehtud valli abil ja kasutatakse selle maa-ala niisutamiseks, mida kogutud vesi ulatub üle ujutama. Pinnavett pole aga alati saada, kui niisutuseks on vett vaja. Enamasti jätkub seda ainult kevadel 1 kord niisutamiseks. Ühe hektaari niisutamiseks kulub 6—40 ha suuruselt vesikonnalt kogunenud vesi.

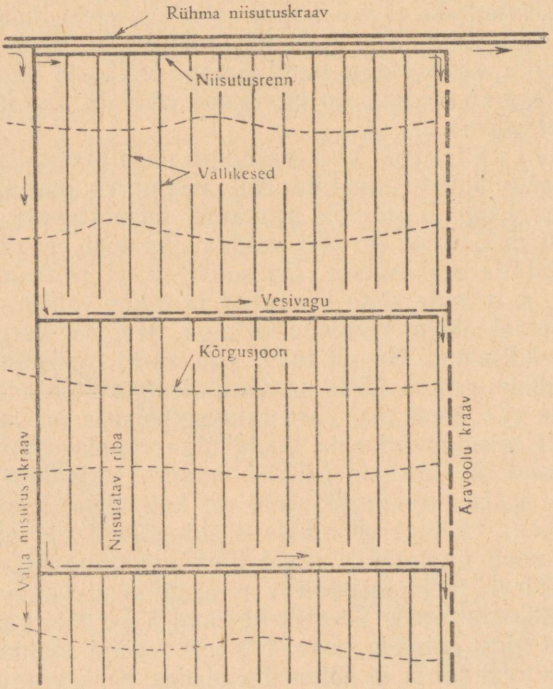
Vesi püütakse veevõtukohast võimalust mööda isevoolu teel juhtida tarvitamise kohale, niisutusväljadele. Suure languga jõgedel see ongi enamasti ka võimalik, kui jõe veepinda veevõtukohas üles paisutada. Sageli on vee ülespaisutamisega ühtlasi võimalik luua veejõu astet, nagu seda suurte, moodsate niisutusettevõtete juures tehaksegi. Neil juhtudel aga, kus vesi veevõtukohas on nii madalal, et seda paisutadeski ei saa vajatavale kõrgusele, tuleb vesi pumpamise teel üles tõsta. Vastavalt niisutuse viisile tuleb sel korral ehitada vajaliku võimsusega pumbajaam. Väikeste pindalade niisutamisel, näiteks aiamaadel, on mõnikord võimalik kasutada isegi vesioinast veetõstjana.

c) Veejuhtmed. Vee juhtimine niisutatavatele maadele sünnib enamasti lahtiste kanalite abil. Seejuures püütakse neile anda minimaalne lang ja juhtida peakanal niisutatavate maade kõrgemaid kohti mööda, et sel teel saada võimalust vee juhtimiseks kõigile niisutatava ala osadele. On soovitav, et peakanal omaks kaeviku kuju, s. o. maa sisse kaevatud ja mitte vallide vahel, maapinnast kõrgemal oleva veepinna seisuga, sest sel korral filtratsiooni kaod on väiksemad. Sageli tuleb aga siiski madalamates kohtades kanalit vallide vahele võtta ja üksikutest orukohtadest isegi akväduktina üle viia. Peakanal varustatakse paisude ja veelaskudega vee juhtimiseks niisutusvõrku ja vooluhulga reguleerimiseks. Kõik lahtised kanalid ja kraavid peavad omama vajalikku vee läbilaskevõimet ja sellist veekiirust, mis on küllaldane peenemate setete edasiviimiseks, kuid ei põhjusta siiski nõlvade ja põhja uhtumist; seejuures peab mullatööde maht olema minimaalne ja võimalikult suurel määral mehhaniseeritav niihästi nende kaevamisel kui ka edaspidisel korrashoiul. Vee filtratsiooni kaod läbi kanalite ja kraavide põhja ning nõlvade peavad olema viidud miinimumini, selleks vajaduse korral põhja ja nõlvu tihendades. Kõik kraavid peavad võimalust mööda olema täiesti sirged ja omama võimalikult vähe paisusid ja muid vesiehitisi.

4. Niisutusviisid.

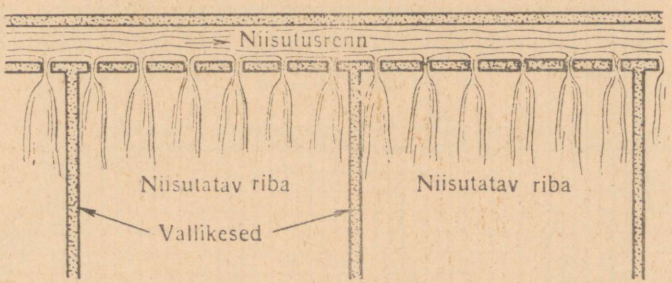
Niisutusvee andmine taimedele sünnib neljal erineval viisil: a) valgutamise teel maapinda mööda, mille juures vesi, kattes niisutatavat ala teatava paksuse seisva kihina või seda mööda niisutamise kestel alaliselt voolates, imbub maa sisse; b) paisutamise teel niisutusveejuhtmeis, misjuures kraavides ülespaisutatud vesi imbub kraavist kahele poole pinnasesse; c) vihmutamise teel, mis seisneb selles, et vesi paisatakse õhku, kust see vihma kujul maapinnale langeb sarnanevalt loodusliku vihmaga, ning d) maa-aluse niisutamise teel, juhtides vee maa sisse pandud torudesse, kust see läbi torude poorsete seinte kapillaarjõudude mõjul imbub pinnasesse.

A. Valgniisutus. Valgniisutus on praegu kõige laialdasemalt kasutatav niisutuse viis. Seda võidakse sooritada kolmesugusel teel ja nimelt: vee valgutamisega niisutamise kestel alaliselt voolava kihina üle niisutatava maa, vee valgutamisega vagudes ja lõpuks



Joon. 103. Valgniisutuse skeem.

vee valgutamisega selliselt, et niisutatav maa ajutiselt üle ujutatakse seisva veekihiga. Niisutamine esimese viisi järgi toimib järgmiselt. Niisutatav ala on jagatud korrapärase kujuga väljadeks, mis on varustatud niisutuse vett juurdetoovate ja ülearust vett ärajuhtivate lahtiste kraavidega. Väljade pikkus tehakse 500—1500 m ja laius 100—200 m; nende asend on pikuti maapinna langu suunas. Väljade otste kohalt läheb läbi nn. rühma niisutuskraav ja sellele risti, väljade vahepiiridele on kaevatud välja niisutuskraavid. Iga välja ülemises otsas ja keskel, suunaga risti üle välja, on tehtud väikesed, umbes 0,20—0,25 m sügavad ja 0,8—1,0 m laiad niisutusrennid, mis vee väljale toovad. Rennidel on valli sisse asetatud lühikesed torud võrdsete vahemaadega (ca 1,5 m), millede läbi vesi kraavikestest lastakse välja niisutusväljale, kus see langu suunas allapoole valgudes imbub maa sisse. Vee ühtlasemaks jagunemiseks niisutusväljal on väljadele pikutisuunas tehtud keskmiselt 10 m vahelaiustega madalad, 10—20 sm kõrgused vallikesed. See osa veest, mis maa sisse ei imbu, koguneb vesivagudesse, iga välja allotsas ja keskel. Vesivagudest valgub vesi välja teisel äärel olevasse äravoolukraavi ja seda kaudu kogujasse, mis liigse vee viib niisutuse piirkonnast välja. Et vesi küntud maal ei põhjustaks uhtumist, peab selle kiirus olema väike; peenliivamaas mitte üle 0,10 m/sek. ja savimaas mitte üle 0,25 m/sek. Kamardunud maapinnal võib veekiirus olla suurem. Niisutamise kestel tuleb hoolega jälgida, et vesi korrapäraselt valguks üle niisutatava pinna, sünnitamata läbimurdeid või uhtumisi.

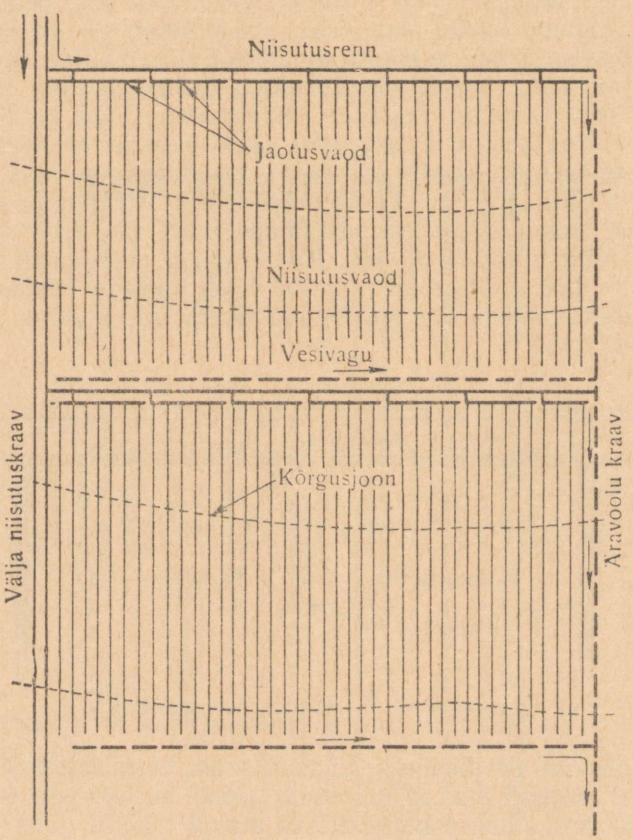


Joon. 104. Vee valgumine niisutusrennist niisutatavale maale.

Selle niisutusviisi headeks külgedeks on, et niisutusvee kasutud kaod ei ole üldiselt suured, piirdudes ainult auramisega (ca 10%), kui niisutusvett antakse parajasti vajataval määral, ilma et tekiks liigvee äravoolamist. Vooruseks on ka vee imbumissuund pinnasesse

ülevalt alla, mis künnikihist uhub välja taimekasvule kahjulikud soolad, ja lõpuks maa kadu kraavide ja ehitiste alla pole väga suur, kui maapinna planeerimine on hästi läbi viidud, mis võimaldab harvemat kraavide võrku. Keskmiselt maa kadu võib siiski tõusta kuni 17%-ni haritava maa pindalast.

Pahedeks tuleb sellel niisutusviisil lugeda seda, et see nõuab väga hoolikat pinna tasandamist, et suurema langu puhul kui 0,5% tekib pinnase uhtumise hädaoht, et maapinna struktuur pinnakihis lõhutakse ülemäärase niiskuse tõttu ja tekib õhustamist takistav kooruke maapinnale, ja lõpuks veel, et rasketel maadel pinnase küllaldane läbiniisutamine nõuab palju aega, mis halvab mullabakterite tege-



Joon. 105. Vaguniisutuse skeem.

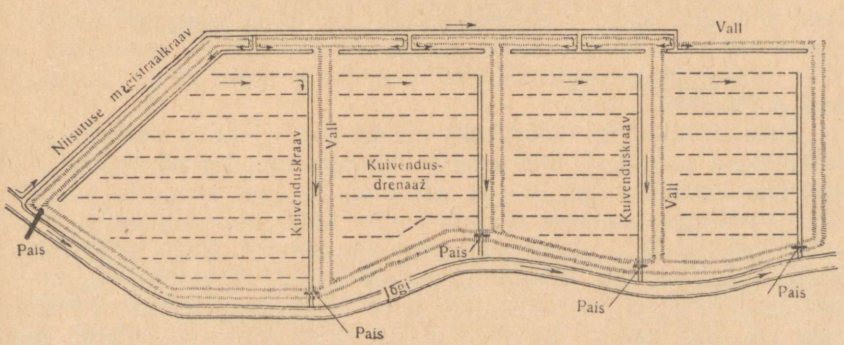
vust. See niisutusviis leiab kasutamist peamiselt teraviljapõldude ja rohumaade niisutamisel.

Niisutamine vee valgutamisega piki vagusid või nn. vaguniisutus sarnaneb mitmeti eelmise viisiga. Siingi on niisutatav maa jagatud samasugusteks väljadeks ja varustatud vett juurdevoolavate ning ülejäägi vett ärajuhtivate kraavide ja vesivagudega. Kuid vesi niisutusrennidest (mis on kaevatud väljade ülemistesse otstesse ja keskele) ei lasta välja otse niisutusväljale, vaid niisutusrennide kõrvale tehtud jaotusvagudesse, kust see edasi lastakse niisutusvagudesse, mis kulgevad välja pikisuunas 0,6—1,0 m laiuste vahemaadega. Niisutusvagude sügavus on 0,10—0,25 m ja laius 0,25—0,50 m. Iga jaotusvagu toidab 5—7 niisutusvagu niisutusveega. Niisutusvagudest vesi imbub maa sisse. Niisutusvaod tehakse kas alt kinniste otstega või ühendatakse alumised otsad risti üle välja kulgeva vesivaoga, mis maa sisse imbumata jäänud vee kokku koguvad ja ära juhivad välja teisel äärel olevasse äravoolukraavi ja sealt kogujasse, ning seda teed niisutuspiirkonnast välja.

Enne niisutamist tuleb niisutusvaod puhastada prahist ja mullatükkidest ning ühtlasi kobestada, et hõlbustada vee imbumist maa sisse. Vaguniisutuse vooruseks on suhteliselt vähene vee kadu, vähene kooriku tekkimise hädaoht (ainult vao sees) ja vähem häirete tekitamine mullabakterite tegevusele, võrreldes eelmise viisiga. Ka ei vaja maa selle niisutusviisi juures nii hoolikat tasandamist, kui eelmise viisi juures, see on kasutatav suurema languga maas ja mulla ärauhtumise hädaoht on väike.

Pahedeks võib pidada seda, et ariidse kliimaga maades see niisutusviis soodustab maa soolaseks muutumist; ka nõuab see niisutusviis suurt hoolt vee reguleerimisel vagudes.

Seda niisutusviisi on hea eduga kasutatud vagudel viljeldavate



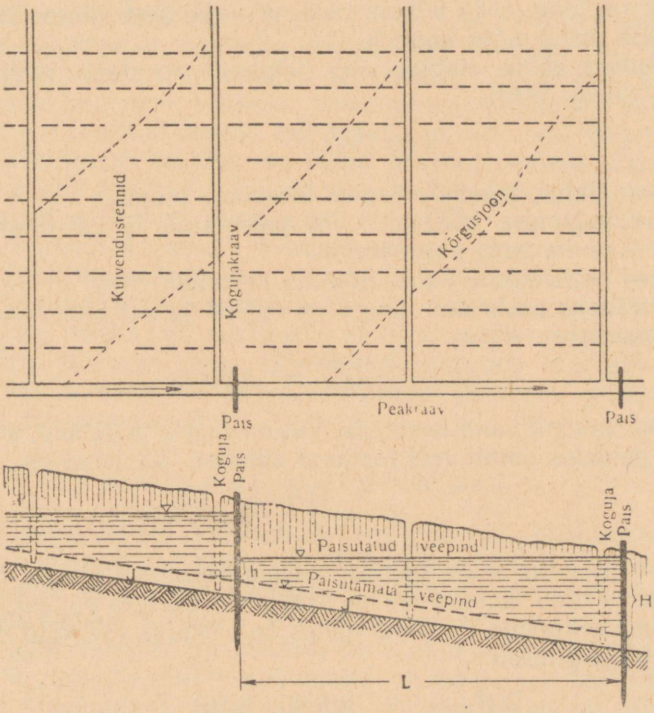
Joon. 106. Üleujutusniisutuse skeem.

kultuuride niisutamiseks, nagu juurvili, puuvill, mais, päevalill ja viljapuuaiad.

Niisutus niisutatava maa ajutise üleujutamisega ja seisva vee all pidamisega seisneb selles, et niisutatav maa jagatakse vahevallide abil osadeks, valgväljadeks (vene keeles «tšeki») nii, et iga osa on ümbritsetud vallidega. Niisutusala madalamat kohta mööda kulgevast niisutuskraavist, mis vallide kohal on varustatud paisudega, või ka niisutusala kõrgemat äärt mööda juurdetoodavast kraavist lastakse vesi niisutusalale, kuni see siin katab kogu vallidega piiratud osa vähemalt 5—10 sm paksuse veekihiga. Sellejuures maapinna madalamates kohtades on veesügavus muidugi suurem kui kõrgemates paikades. Pole siiski soovitav, et see oleks suurem kui 0,30 m ja madalamateski kohtades ei tohi see ületada 0,5 m. Vallid tuleb teha ca 0,3 m kõrgemad paisutatavast veepinnast harja laiusega 1,0—1,5 m ja lamedate nõlvadega (1:2 või 1:3) ning kindlustada vastupidava rohukamaraga. Vallidega piiratud osade suurus oleneb maapinna langust ja ka maa kasutamise viisist. Riisi viljelustel, kus seda niisutusviisi palju kasutatakse, tehakse osad tavaliselt 0,4—1,0 ha, harva on need suuremad kui 2 ha. Rohumaade niisutuse puhul võib osade suurus olla tunduvalt suurem, isegi kuni 10 ha. Niisutamine toimub sageli selliselt, et kõrgema asendiga osa niisutamise järel lastakse sama vesi järgmisesse, madalamal asetsevasse ossa. Sellistel kordadel tuleb aga vesi enne lasta õhukese kihina üle paisu voolata, selleks et see võiks uuesti rikastuda hapnikuga, mille ta on kaotanud eelmisel niisutusväljal seismisega. Vesi jääb niisutusväljale niikauaks, kuni maa on küllaldaselt niiskunud. See ei tohi aga kesta nii kaua, et taimekasv selle all kannataks. Riisiväljade niisutamisel peetakse maad vee all tavaliselt 5—7 ööd-päeva. Rohumaade niisutamisel see oleneb niisutamise ajast. Varakevadel, kui rohukasv veel pole alanud, võib rohukamar kahjutult 1—1½ nädalaks vee alla jääda, kuna aga suvel, kasvuajal üleujutus üle 2 ööpäeva on hädaohtlik. Peale niisutamist on tarvilik hoolitseda vee kiire ärajuhtimise eest, milleks niisutusala peab olema varustatud hea kuivendusvõrguga.

Selle niisutusviisi vooruseks on ta hea võime puhastada maad kahjulikest sooladest, mis ariidse kliimaga maades on oluline. Kuid suurteks pahedeks on, et see viis oma tugeva, allapoole suunatud veeliikumisega pinnases tekitab mulla struktuuri lõhkumist, mille tulemuseks on koorukese tekkimine maapinnale. Peale selle toimub kergesti lahustuvate taimetoitesoolade tugev väljauhtumine, mullabakterite tegevus on takistatud, mille tõttu ka nitrifikatsiooniprotsess on pidurdatud. See niisutusviis vajab hästi tasandatud maapinda, masinate kasutamine on vallide tõttu takistatud ja lõpuks —

vee tarve on suur. Kõige selle tõttu leiab see niisutusviis ainult vähe kasutamist. Sobivaks on ta osutunud ainult riisikultuuride ja jõeäärsete rohumaade niisutamisel. Meil on kirjeldatud niisutusviisi varematel aegadel laialdaselt kasutatud jõeäärsete heinamaade niisutamiseks. Neil aegadel, kus mineraalväetisi rohumaadel veel ei kasutatud ja kultuurrohumaid selle sõna tänapäevases mõttes ei olnudki, andis looduslikkude rohumaade üleujutav niisutamine tunduvaid enamsaake, võrreldes niisutamata heinamaadega. Praegustes tingimustes see niisutusviis esineb pea eranditult ainult looduslike kevadiste üleujutuste näol jõe luhtades.



Joon. 107. Paisniisutuse skeem.

B. Paisniisutus. Paisniisutus saavutatakse sel teel, et vee äravool kraavides suletakse paisude abil, mille tagajärjel veepind neis tõuseb maksimaalselt kuni maapinnani. Ülespaisutatud vesi kraavides imbub läbi kraavi nõlvade maa sisse, niisutades seda.

Selle niisutusviisi suureks vooruseks on asjaolu, et ta ei riku maa struktuuri, ei uhu maast välja taimetoitesoolasid ega vaja suurt niisutusvee hulka. Ta on ka suhteliselt lihtsalt teostatav. Kuid ta on edukalt kasutatav ainult väikese languga maadel, kusjuures mõju on seda parem, mida läbilaskvam on pinnas. Mineraalmaadel, kus enamasti langud on suuremad, seda niisutusviisi ei kasutata. Küll aga leiab see kasutamist soomaadel, kus langud on väikesed ja sookultuuride ülekuivenduse hädaohu vältimiseks nende niisutamine on vajalik. Sellistel juhtudel maade kuivendussüsteemid toimivad ühtlasi ka niisutussüsteemidena, lisaks on vaja ehitada ainult paisusid sobivatesse kohtadesse. Paisude arv oleneb maapinna langust. Mida väiksem on lang, seda vähem neid on vaja, sest vähese langu juures ulatub paisu mõju kaugele.

Paisutuse mõju ulatust võib hõlpsasti arvutada järgmise ligikaudse valemi järgi:

$$L = \frac{2H}{J};$$

kus: L = ulatus, milleni paisutus ülespoole mõjub,
H = paisutuse kõrgus, s. o. paisutatud ja paisutamata veepinna vahe paisu juures,
J = peakraavi (= paisutamata veepinna) lang.

Kui näiteks peakraavi lang $J = 0{,}0008$ ja paisutus $h = 0{,}80$ m, siis on paisutuse ulatus

$$L = \frac{2 \cdot 0.80}{0.0008} = 2000 \text{ m}.$$

Sama valemit saab kasutada, kui on tarvis arvutada, kui kaugel paisust paisutus omab veel teatavat suurust. Sel juhul on:

$$L = \frac{2(H-h)}{J},$$

kus h = paisutus selles paigas, milleni paisutuse ulatust tahetakse määrata, ja muil tähtedel endine tähendus. Küsides näiteks, kui kaugel paisust eeltoodud arvulises näites on paisutus veel 0,16 m, leiame lahenduse järgmiselt:

$$L = \frac{2(H-h)}{J} = \frac{2(0{,}80-0{,}16)}{0{,}0008} = 1600 \text{ m}.$$

Paisu mõju ulatus on seda suurem, mida suurem on paisutuse kõrgus ja mida väiksem on lang. Paisu juures on paisutuse kõrgus kõige suurem; ülespoole minnes see pidevalt väheneb, muutudes paisutuse mõju ulatuse piiril nulliks. Seega on ka paisutusega saavutatav niisutuse mõju muutuv, olles vahenditult ülevalpool paisu

kõige suurem ja vähenedes ülespoole pidevalt. Et saavutada võimalikult ühtlast niisutust, tuleb paisusid teha väikeste vahemaade tagant, ja seda tihedamalt, mida suurem on lang.

Paisniisutuse kasutamise võimalust piirab sageli vee vähesus. Kuival ajal, kui niisutus oleks kõige vajalikum, on kraavides tihti hoopis vähe vett. Sel korral ei aitaks ka paisutamine palju, sest vee juurdevool on väike. Kui oletadagi, et õnnestuks kinni pidada kogu äravoolu, mis kuival perioodil meil võib langeda 0,5—4,0 sl/km² kohta, siis annaks see heal juhul 1 ha-lt öö-päeva kohta ainult $4 \times 3600 \times 24 : 100 = 3456$ l $= 3{,}5$ m³ ehk 0,35 mm paksuse veekihi, kuna samal ajal auramine on kümme korda suurem. Seega kuivendusala oma vesikond ei suuda kuival ajal anda niisutuse vett. Ainult kui väljastpoolt, suurema vesikonnaga veejuhet või veekogu on võimalik ära kasutada, et sellest kraavidesse vett juhtida, siis võib olla võimalik ka suvel põuaajal paisniisutust kasutada. Tavaliselt tuleb aga kultiveeritud soodes juba maikuus, kui veel vett on, niisutus läbi viia ja siis ka juba vee liigset äravoolu hakata tõkestama.

C. Vihmutamine. Viimaste aastakümnete jooksul on hakanud kiiresti arenema niisutamine kunstliku vihmutamise teel. Vihmutus toimub järgmiselt. Vesi imetakse veekogust vooliku abil kõrgrõhu tsentrifugaalpumpa, mis selle surub torustikku. Torustiku külge on lülitatud vihmutajad düüside või vihmutusaparaatide näol, mis vee õhku paiskavad, piiskadeks pihustavad ja maapinnale ühetasaselt ära jaotavad. See niisutusviis sarnaneb loodusliku vihmaga. Vihmutusseadeldis koosneb tavaliselt pumbast, jõumasinast, torustikust ja vihmutajast.

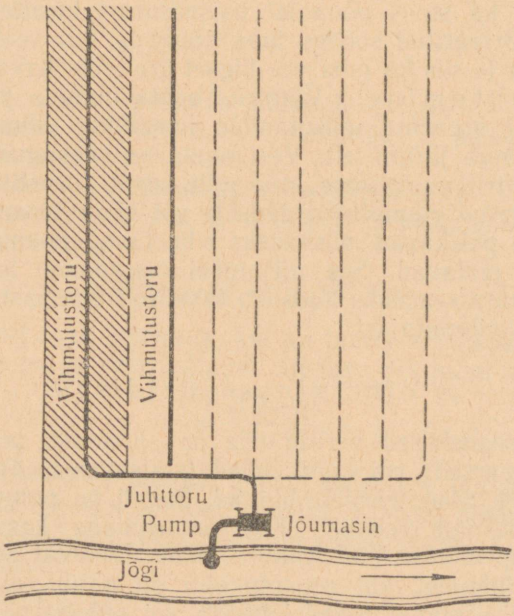
a) Vihmutusseadeldised.

Vihmutusseadeldised võivad olla kas liikuvad, pool-kohtkindlad (pool-statsionaarsed) või kohtkindlad (statsionaarsed). Liikuvail on kõik seadeldise osad transporditavad. Sageli on pump ja jõumasin monteeritud samale veokile. Kui jõumasinana kasutatakse traktorit, on pump monteeritud traktori peale. Liikuvat seadeldist kasutatakse neil juhtudel, kui veevõtukohti on palju või kui veevõtukohaks on niisutatavat maad läbistav või sellega piirduv jõgi, oja või magistraalkanal. Sellised seadeldised on kohased vähemate niisutusettevõtete jaoks, võimsusega kuni 80 m³ tunnis. Vihmutusseadeldise pump ja jõumasin liiguvad sel juhul piki veejuhtme kallast ja torustik ühes vihmutajatega asetatakse sedamööda edasi, kuidas niisutustöö edasi läheb.

Liikuvad niisutusseadeldised vajavad suhteliselt kõige vähem materjali ja ehituskulusid hektaari kohta, kuid torustiku ümberase-

tamine nõuab rohkesti tööjõudu ja ajakulu, kusjuures taimed paratamatult saavad teataval määral töötajate tallamise läbi kannatada. Janšini agregaadil need pahed puuduvad.

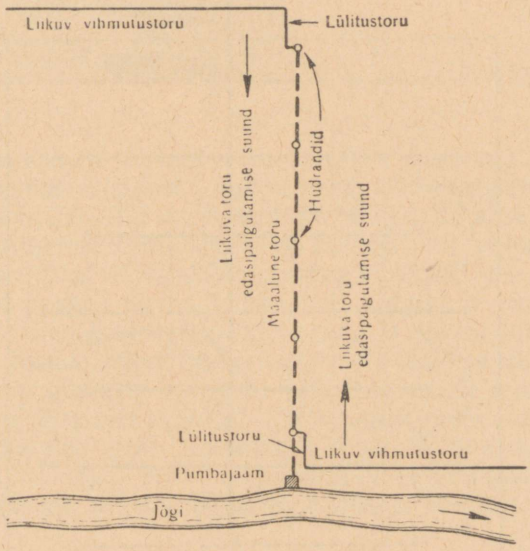
Pool-kohtkindlail seadeldisil ei ole pump, jõumasin ja juhttoru ümberpaigutatavad; liikuvad on ainult vihmutustorud ühes vihmutajatega. Juhttoru asetseb aga maa sees ja on varustatud hüdrantidega, millede abil maapealsed, edasikantavad vihmutustorud ühendatakse maa-aluse juhttoruga. Pool-kohtkindlad vihmutusseadeldised sobivad kasutamiseks keskmise suurusega niisutusettevõtteis, millede võimsus ei ületa 125 m³ tunnis. Liikuva seadeldisega võrreldes on siin tööjõu- ja ajakulu väiksem, kuid materjalikulu pindala ühiku kohta suurem.



Joon. 108. Liikuva vihmutusseadeldise skeem.

Kohtkindlad ehk täis-statsionaarsed vihmutusseadeldised on sellised, kus liikuvat torustikku ei ole. Pumbajaam on ehitatud sobivasse paika veekogu või veejuhtme kaldale ja maa sisse asetatud peatoru ja harutorusid mööda juhitakse vesi kõrge rõhu all niisu-

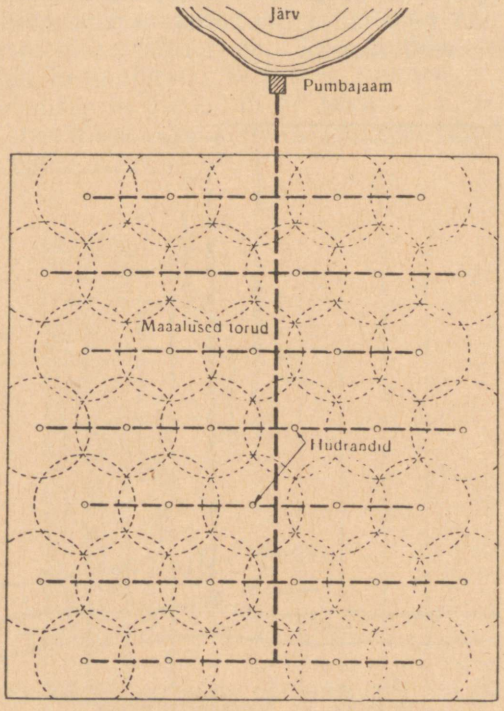
tatavatele maadele. Harutorud on varustatud hüdrantidega ja nendega lülitatud vihmutusaparaadid toimetavad vihmutamist oma ümbruses korraga suuremal pindalal. Need vihmutusseadeldised sobivad suuremate niisutusalade jaoks. Nad on tunduvalt pikema kestvusega kui liikuvad seadeldised, on alati toimimiseks valmis ja nõuavad vähe tööjõudu; seega on ekspluatatsioonikulud üldiselt väikesed. Kuid nad nõuavad mitu korda suuremaid ehituskulusid, võrreldes liikuva seadeldisega.



Joon. 109. Pool-kohtkindla vihmutusseadeldise skeem.

P u m p. Pumbana niisutusseadeldise jaoks kasutatakse ainult tsentrifugaalpumpa, kusjuures kõrge veesurve saavutamiseks torustikus tuleb kasutada mitmeastmelist kõrgrõhu-pumpa. Liikuvail vihmutusseadeldisil, kus pump asetseb veevõtukoha veepinnast kõrgemal, tuleb esialgset veeimemist pumbani toimetada erilise õhutühjendamise pumba abil, mis töötab sama jõumasina jõul, või tehakse seda käsipumbaga. Veeimemise voolik (veevõtukohast pumbani) peab olema painduv ja varustatud otsafiltriga, et takistada muda või vees ujuvate esemete, taimeosade, kalade, konnade ja muude veeloomade sattumist pumpa ja torustikku, kus need tekitaksid ummistusi. Imemisvooliku ots peab olema vähemalt 0,30 m

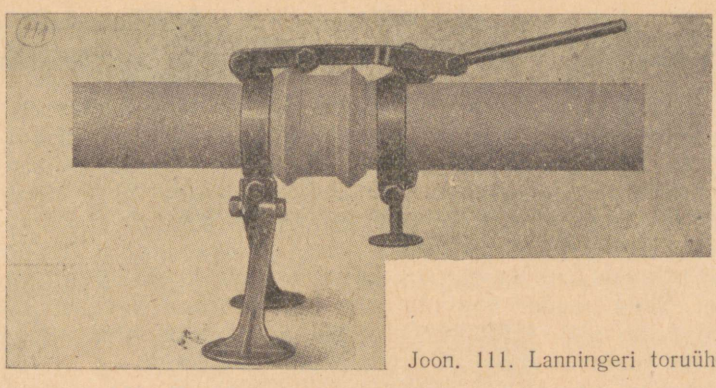
allpool veepinda ja vooliku otsast allapoole peab jääma veel vähemalt 0,30 m vett. Kasutades kanalit või vähemat oja veevõtukohana, tuleb pool-kohtkindlatel ja kohtkindlatel seadeldistel ehitada veevõtukohta kaev, kas puust, kivist või betoonist raketega.



Joon. 110. Kohtkindla vihmutusseadeldise skeem.

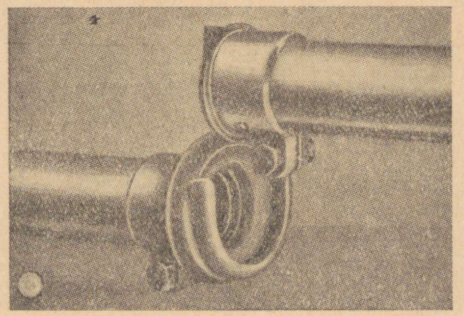
J õ u m a s i n. Jõumasina valik oleneb vihmutusseadeldise ehitusest. Liikuvail seadeldisil kasutatakse peaaegu eranditult ainult kergeõlimootoreid. Mõnikord on traktor jõumasinaks ja ühtlasi ka seadeldise edasitransportijaks (Janšini agregaadil). Pool-kohtkindlatel ja kohtkindlatel seadeldistel sobivad hästi elektrimootorid. Võib aga ka kasutada kergeõlimootoreid, diiselmootoreid või isegi aurumasinaid.

T o r u s t i k peab olema vastupidavast materjalist, mis suurt veesurvet välja kannatab ja ühtlasi kestev on roostetumise vastu.

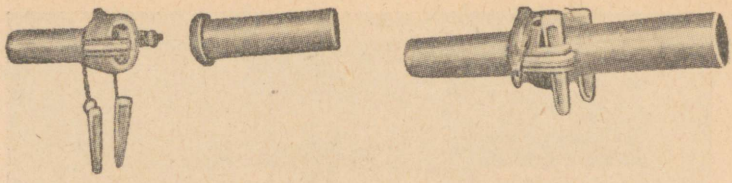


Joon. 111. Lanningeri toruühendus.

Maa sisse asetatavate torudena kasutatakse enamasti malmist või asbesti ja tsemendi segust valmistatud nn. asbotsement-torusid. Torud asetatakse 0,6—1,0 m sügavusele ja varustatakse sügavaimates kohtades tühjendusventiilidega, et talveks vett välja lasta torudest. Vajaduse korral ehitatakse torudesse ka siibrid vee sulgemiseks. Liikuvad torud peavad olema võimalikult kerged ja need valmistatakse seepärast õhukesest terasest või raua ja alumiiniumi sulandist. Et hõlbustada torude kiiret ümberasetamist, tehakse need tavaliselt ainult 5 või 6 m pikkuste osadena, millistena nende kaal on materjalist ja läbimõõdust olenevalt 20—35 kg. Liikuvate toruosade üksteise otsa jätkamine peab toimuma kiiresti ja ühendused peavad olema tihedad. Ühtlasi peavad ühenduskohad võimaldama 165°—195° piirides torude nihutamist sirgjoonelisest suunast kõrvale nii-



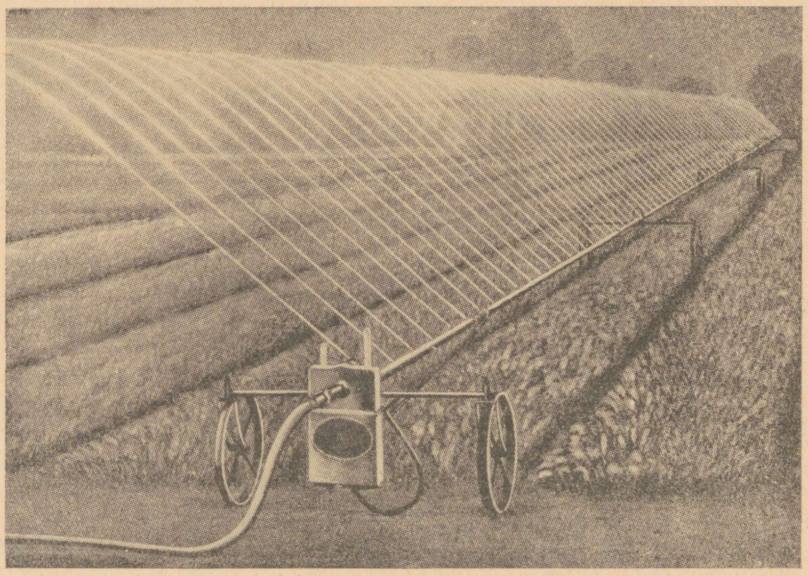
Joon. 112. Siemensi toruühendus.



Joon. 113. Phoenixi toruühendus.

hästi vertikaal- kui ka horisontaalsuunas, vastavalt maastiku muutustele. Need nõuded saavutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga kiirühenduste abil. Liikuvaid torusid ei asetata otse maapinnale, vaid need toetuvad 0,4—0,6 m kõrgustele jalgadele.

Vihmutajad ise moodustavad tähtsaima osa vihmutusseadeldisest, sest nende tööst oleneb vihmutuse kvaliteet kõige enam. Ehitusviisi poolest jagunevad vihmutajad kahte liiki. Esimesse liiki kuuluvad nn. düüstiivalised vihmutajad. Neis vesi paiskub välja vihmutustorus olevate aukude kaudu, mida vee ühtlasema jagamise otstarbel varustatakse eriliste suudmete või nn. düüsidega. Teise liiki kuuluvad kaugejoalised vihmutajad. Neid ei paigutata piki kogu

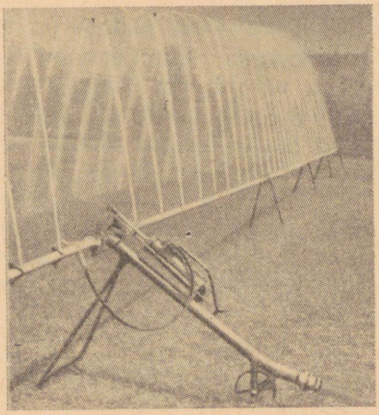


Joon. 114. «Ideal»-vihmutaja.

toru, vaid need asetatakse tavaliselt üksiku aparaadina vihmutustoru otsa, kust nad oma vertikaaltelje ümber keereldes paiskavad 30—120 m ulatusega veejoa endi ümber.

Düüstiivalised vihmutajad niisutavad ühest asendist pika, kuid kitsa maariba, kuna soolo- ehk üksikvihmutajad ühest asendist niisutavad ringikujulise — mõned ka ruudukujulise — pinna.

Düüstiivalised vihmutajad lihtsamal kujul kujutavad endist 60—120 m pikka ja ca 0,6 m kõrgustele jalgadele asetatud vihmutustoru, millesse 0,50 m vahedega on tehtud augud läbimõõduga 0,8—1,5 mm. Vesi, mis torus on 1—2 at surve all, paiskub peente jugadena

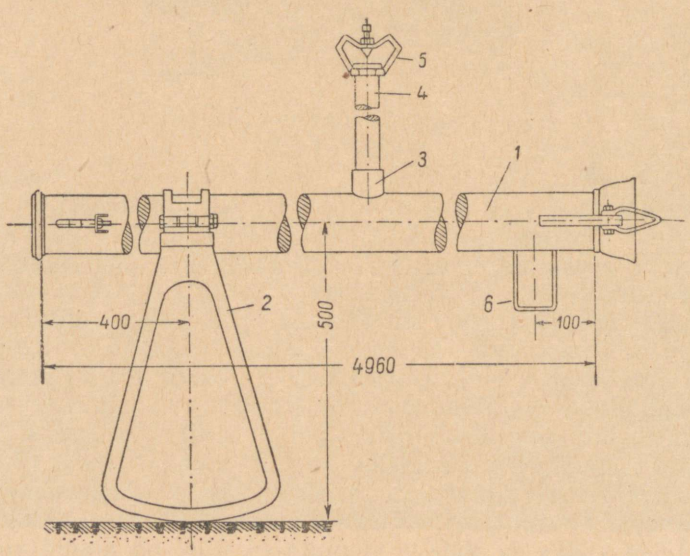


Joon. 115. «Hydor»-vihmutaja vesimootoriga.

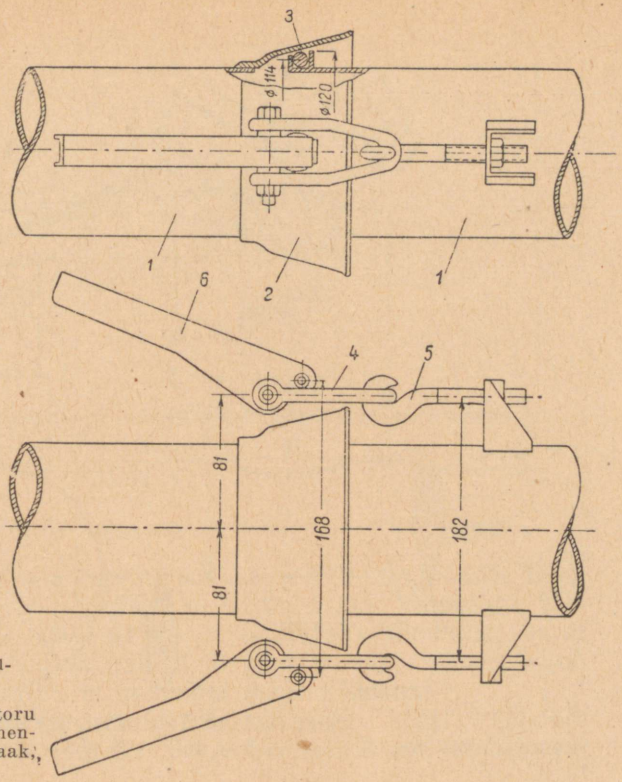
3—9 m kaugusele. Erilise vesimootori abil, mis toimib torus surve all voolava vee jõul, pannakse vihmutustoru oma pikutitelje ümber 45° võrra pöörlema, millega saavutatakse vee ühetasane jagunemine niisutataval ribal. Seda tüüpi vihmutajaist mainitagu «Phoenix'i», Zanderi ja «Ideal»-vihmutajaid. Vihmutaja niisutab ühest asendist keskmiselt 10—15 meetri laiuse, mõned ka kuni 18 m laiuse riba, kogu vihmutustoru ulatusel. Nende nn. lühijoaliste vihmutajate laitmatuks töötamiseks on tarvilik, et vihmutustoru omaks sirgjoonelist asendit, ümberpaigutamine uude tööasendisse on neil aegaviitev ja tööjõudlus suhteliselt väike. Seetõttu need vihmutajad pole sobivad suuremate pindade niisutamiseks. Viimisteldud kujul düüstiivalisi vihmutajaid kujutavad endast Krause, Lanningeri ja NSV Liidu «КДУ» ja М00С2 vihmutajad. Neil on augud vihmutustorus varustatud düüsidega, millede abil vee väljavoolu hulk on

tarvidust mööda reguleeritav. Toru pöörlemise tarvidus jääb siin ära. Düüsid asetsevad torudel iga 6 või isegi iga 12 m tagant. Kuna vihmutustiib koosneb tavaliselt 6 m pikkustest torudest, siis tuleb iga toru kohta ainult üks düüs või koguni iga teise toru kohta üks düüs. Düüs on asetatud toru keskkohta. Tiiva pikkus on 5 m torudel 100 m ja 6 m torudel 120 m. Niisutatava riba laius on keskmiselt 10—12 m, kuid vee survet suurendades võib saavutada kuni 18 m laiuse. Seda tüüpi vihmutajate esindajana kirjeldame pisut lähemalt NSVL Üleliidulise Melioratsiooni ja Hüdrotehnika Teadusliku Uurimise Instituudi poolt konstrueeritud «КДУ» vihmutusseadeldist (1940. a. mudel).

«КДУ» vihmutaja vihmutustiiva pikkus on 120 m; ta koosneb 24 torulülist, igaüks 5 m pikk. Iga teine toru on varustatud düüsiga. Toru siseläbimõõt on 10 sm, seina paksus 1,5 mm ja kaal 24 kg. Vee surve pumba (resp. hüdrandi) juures peab olema 2,2 at ja kõige kaugema düüsi juures 1,1 at. Düüsist väljapaiskuv veehulk on 1,5 l/sek. ehk kogu tiival 1,5×12=18 l/sek. Niisutatav pindala ühest asendist on 1200 m² ja vihma maksimaalne intensiivsus 0,90 mm/min. Intensiivsus on reguleeritav düüsi deflektori üles- või allapoole laskmise teel. Selleks, et anda 20 mm vihma (s. o. 200 m³) ha kohta, kulub 23 min. tööd samas asendis. Tiiva ümberpaigutamiseks kulub 2 minutit aega.



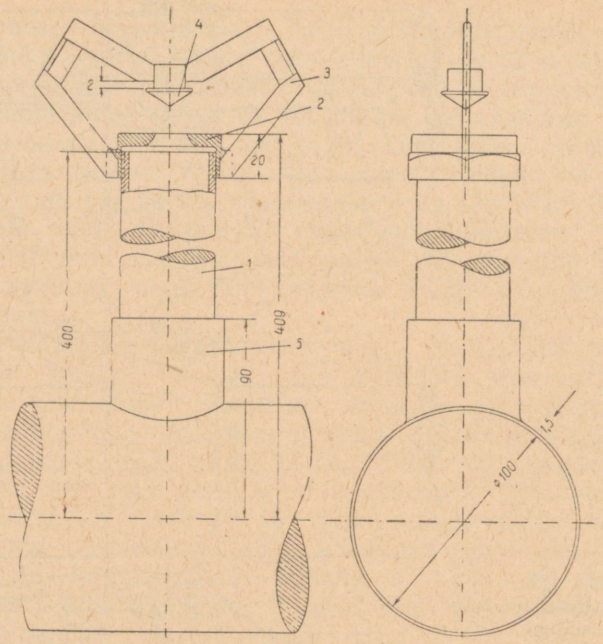
Joon. 116. «КДУ» vihmutaja.
1 — vihmutustoru, 2 — kõrge jalg, 3 — muhv, 4 — düüsitoru, 5 — düüs, 6 — madal jalg.



Joon. 117.
«КДУ» vihmutaja toruühendus.

1 — vihmutustoru, 2 — toru otsa muhv, 3 — kummist tihendusrõngas, 4 — aas, 5 — haak, 6 — käepide.

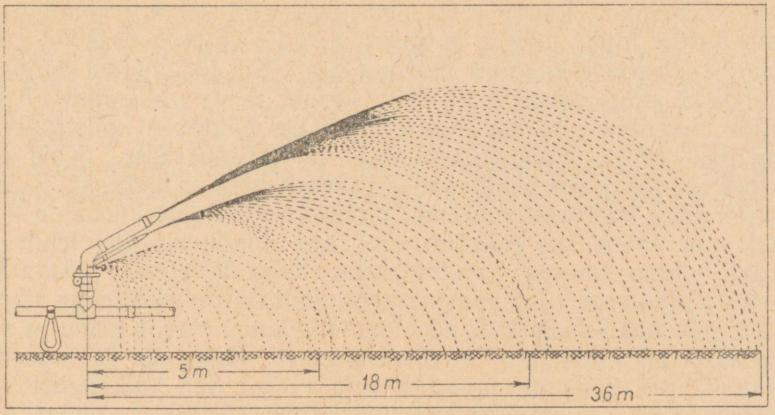
Kaugejoalised vihmutajad kujutavad endist aparaati, milles vesi üheainsa torukujulise suudme (düüsi) kaudu paiskub suure surve all pika joana välja 25—120 m kaugusele. Väljavoolava vee surve paneb suudme ühtlase kiirusega pöörlema oma püsttelje ümber kiirusega $^1/_3$—1 ring minuti jooksul, millega saavutatakse sõõrikujulise pindala vihmutamine aparaadi ümber raadiusega, mis võrdub joa ulatusega. Kaugejoaline vihmutusaparaat ühe suudmega jätaks aparaadile lähema osa sõõrist vähema sajutihedusega. Et seegi osa saaks küllaldase veeosa, on aparaadile konstrueeritud väikese joakaugusega lisadüüs, mis asetseb peadüüsi all. Lanningeri tehase poolt on valmistatud ka sellise düüside kombinatsiooniga vihmutusaparaat, mis vihmutab ruudukujulist pinda. Pindala, mida kaugejoaline vihmutusaparaat ühest seisukohast niisutada suudab, on 0,3—1,5 ha. Michaelise vihmutusaparaat, joakaugusega 120 m, võimaldab ühest seisukohast koguni kuni 2,4 ha suuruse maa-ala niisutamist ja sellestki suurema vihmutuse ulatusega aparaate on konstrueeritud. Kõik kaugejoalised vihmutajad vajavad kõrget veesurvet



Joon. 118. «КДУ» vihmutaja düüs.
1 — düüsi toru, 2 — düüs, 3 — deflektori raam, 4 — deflektor, 5 — muhv.

torustikus. Juba ainuüksi düüsisurve on neil 3—8 at ja Michaelise suurel propeller-vihmutajal koguni 12 at. Tuntumaid kaugejoalisi vihmutajaid on Hydori, Lanningeri, Siemensi, Hüdigi, Perrot', Michaelise ning NSV Liidus konstrueeritud ВНИИГиМ[1], «ЮЖНИИГиМ»[2], «ЗакНИИГиМ»[3] vihmutajad. ВНИИГиМ vihmutaja, milles õnnelikult on kooskõlastatud Hydori heade omadustega juga Perrot' vihmutaja ühetasase pöörlemisega, omab kolm düüsi, milledest kõige väiksem omab vihmutuse raadiust 0—5 m, keskmine 5—18 m ja peadüüs 18—36 m. «ВНИИГиМ»-vihmutusaparaadid asetatakse vihmutustorule järjestikku, hüdrantide vahega 50 m, kusjuures jõumasinaks on kas СТЗ-ХТ 30 HJ või ЧТЗС 65 HJ traktor. Ühe aparaadi veekulu on 11 l/sek., töö raadius 36 m, vihmutusala (neto)

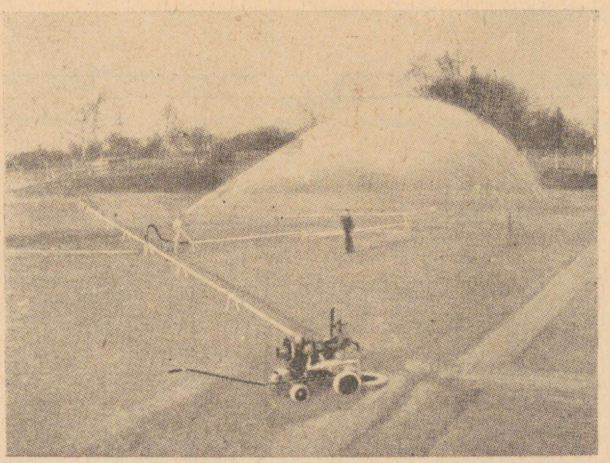
[1] ВНИИГиМ — Üleliiduline Hüdrotehnika ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut.
[2] ЮЖНИИГиМ — Lõuna Hüdrotehnika ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut.
[3] ЗакНИИГиМ — Taga-Kaukaasia Hüdrotehnika ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut.



Joon. 119. «ВНИИГиМ» kaugejoalise vihmutaja töötamise skeem.

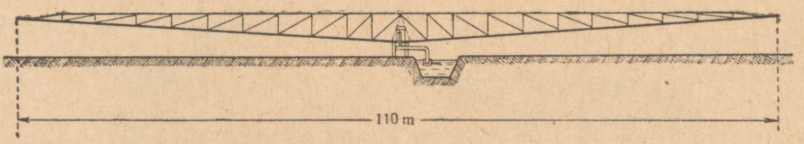
0,25 ha ja keskmise vihma intensiivsus 0,16—0,20 mm minutis. Nõutav veesurve torus 5—6 at, düüsi surve ca 4 at. Vihmutaja töötajõudlus hooaja kestel on 30—40 ha. «ЮЖНИИГиМ» vihmutusaparaat sarnaneb eelmisega, kuid on kaalult kergem ja aparaati keerlemapanev turbiini mehhanism on mõningal määral lihtsam.

Kaugejoalisi vihmutusaparaate tuleb kasutada kõigi kohtkindlate vihmutusseadeldiste juures. Seejuures on oluline, et aparaat



Joon. 120. Kaugejoaline «Hydor»-vihmutaja töös.

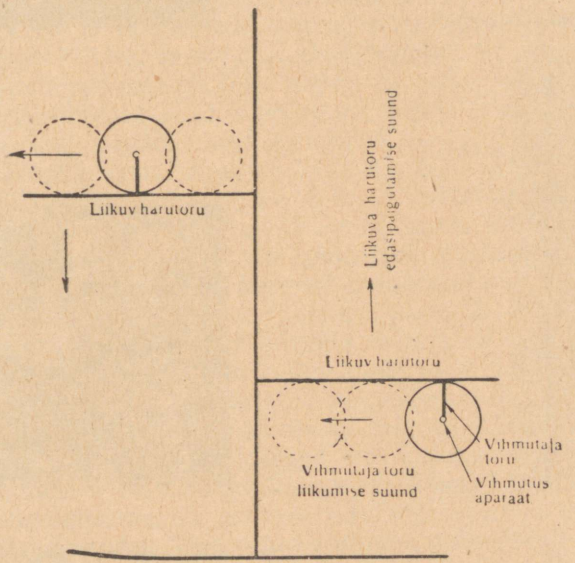
omaks võimalikult kauge ulatusega juga, sest sel korral on vajatavate torujuhtmete pikkus väiksem; torud aga moodustavad kohtkindlate süsteemide kuludest suurima osa. Kui joakaugust õnnestub suurendada kahekordseks, väheneb torude tarve ka umbes kahekordselt. Seepärast on ka mõistetav, miks püütakse konstrueerida võimalikult suure tegevusraadiusega vihmutusaparaate. Kuid joakauguse suurenemisega halvenevad järsult selle omadused. Esiteks mõjutab seda juba tuul suuremal määral. Kui tuule kiirus on 3—4 m/sek. või enam, siis takistab see väga tunduvalt joa lendu ja muudab vihma tiheduse ebaühtlaseks. Juba tavaliselt kasutatava 30—40 m ulatusega juga annab soovimatult suurte piiskadega vihma, mis kõrgelt maapinnale kukkudes omavad suurt elavat jõudu ja seetõttu mõjuvad maapinna mullastruktuuri lõhkuvalt ja koorikut tekitavalt. See hädaoht suureneb aga veelgi, kui joakaugust suurendada. Joakauguse suurendamine nõuab ühtlasi suuremat aparaati ja väga suurt jõukulu. Kui näiteks suurendada joakaugust neljakordselt, siis vihmutatava ringi pindala suureneb 4^2 ehk 16-kordselt ja samas vahekorras peaks suurenema ka aparaadi vihmutuse võime. Praeguste konstruktsioonide juures joa võimsuse tunduvam suurendamine muutuks aga juba hädaohtlikuks mitte üksi mullastruktuurile, vaid ka kasvavatele taimedele. Järelikult tuleks sama vihmamäära andmiseks pikendada vihmutamise aega, mis vähendab tööjõudlust. Edaspidised täiendused konstruktsioonis peavad selle küsimusele lahenduse leidma, kuidas on võimalik tõsta kaugejoaliste vihmutajate tööjõudlust ilma seejuures veejoa kvaliteeti alandamata.



Joon. 121. Janšini konsoolvihmutaja.

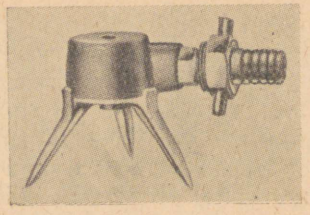
NSVL Üleliidulise Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudis ins. M. S. Janšini poolt konstrueeritud konsoolvihmutusagregaat kuulub toimimise põhimõtte poolest liikuvate düüstiivaliste vihmutusseadeldiste liiki. See kujutab endast düüsidega varustatud torusid, mis on kujundatud kaheks vihmutustiivaks, kumbki 55 m pikkusega. Tiivad on monteeritud 65 HJ roomiktraktorile, mis neid kannab ja edasi viib ning ühtlasi toimib ka jõumasinana vee pumpamiseks torudesse samale traktorile monteeri-

tud pumba abil. Vee võtab see vihmutusmasin kraavidest, mis on kaevatud niisutatavale maa-alale 120 m vahemaadega korrapäraselt sirgetena ja üksteisega paralleelsetena. Kraavid ei või olla suurema languga kui 0,5‰ ja vee sügavus masina töötamise ajal ei või neis olla väiksem kui 0,5 m. Soovitav pikkus kraavidel on 400—500 m, kuid mitte vähem kui 150 m. Veepind ei või teepinnast jääda sügavamale kui 1,0 m. Suurema kui 0,5‰ langu puhul on tarvilik ehi-

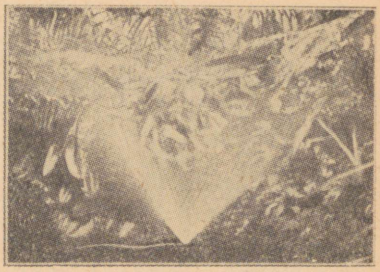


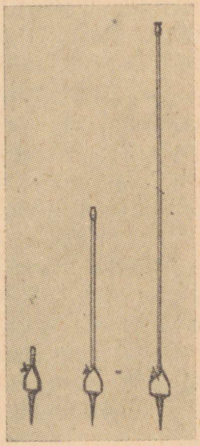
Joon. 122. Kaugejoalise vihmutaja tööasendite skeem.

tada vahepaisusid vajaliku veesügavuse saavutamiseks. Iga kraavi kaldale tuleb jätta 3,5 m laiune tee masina jaoks, kusjuures tee tuleb tasandada, et ära hoida masina kaldumisi ühele või teisele küljele. Tee telje kaugus kraavi teljest peab olema 3 m. Tiibade vigastuste vältimiseks, mis võivad tekkida, kui need masina kaldumisel puutuvad vastu maad, on tiivad ehitatud nii, et need otsa pool tõusevad kõrgemale. Lõpuotstes on tiivad 5 m kõrgusel maapinnast. Peale selle on tiibadele tehtud tugijalad, milledele tiib jääb kandma, kui ta masina kaldumise tõttu vajub maapinna ligidale. Masin vihmutab, liikudes ise samaaegselt edasi. Ühe töökäiguga annab ta 3 mm vihma. Seega peab ta täieks niisutamiseks, mis vajab keskmiselt 20 mm vihma, sooritama mitu töökäiku. Vee tarvidus on 100 l/sek. ehk 360 m³/tunnis. Masina teenindamiseks on vaja 1 traktorist ja



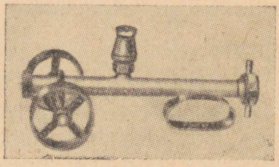
tsentrifugaalvihmutaja,



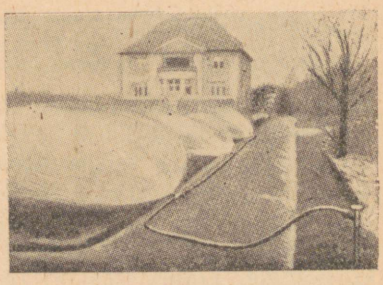


keppvihmutaja,





ratasvihmutaja.



Joon. 123. Väikevihmutajad.

1 abijõud. Tööjõudlus on 25 ha öös-päevas ehk hooaja jooksul 150—200 ha.

Väikevihmutajad aia jaoks. Eelkirjeldatud vihmutajatüübid, mis enamuses on konstrueeritud põllukultuure ja kul-

tuurrohumaid silmas pidades, ei ole sobivad aiakultuuride niisutamiseks. Suhteliselt väikeste pindalade tõttu, mis vajavad üheaegselt kastmist, ei tarvitse aiamaade niisutamiseks kasutatavad vihmutusseadeldised omada suurt toimimise ulatust ja veeandluse võimet. Kuid need peavad olema hõlpsasti paigutatavad ühest kohast teise ja igasse soovitud paika, kusjuures ümberasetamine peab võima sündida ilma taimi vigastamata. Aiamaade vihmutamiseks on sellepärast konstrueeritud väikesi spetsiaal-vihmutajaid. Peenrakultuuride jaoks on osutunud otstarbekohaseks düüstiivaline Phoenix-vihmutaja kuni 30 m pikkuste vihmutustorudega. Need koosnevad 5 m pikkustest lülidest ja omavad siseläbimõõtu 2,5 sm. Vesimootori jõul pannakse torud oma pikitelje ümber 45° võrra edasi-tagasi pöörlema. Üks vesimootor suudab pöörlema panna kuni 5 vihmutustoru 30 m pikkusega, misläbi ühest asendist 5 toru abil umbes ¼ ha on korraga võimalik kasta. Kaugejoalistest sobib Hüdigi R_1 tüüpi vihmutaja, mille joakaugus on 15—18 m ja veetarve 0,28—2,6 l/sek., ja mis annab vihmatiheduse 1,4—9,2 mm tunnis. Kastab ühest seisukohast 7—10 aari. Väiksemate pindalade kastmiseks on kohane Hydori aiavihmutaja, mis on kergesti ümberasetatav, töötab 1—4 at surve juures ja võib ühest seisukohast kasta 2—4 aari. Põõsaste kastmiseks on konstrueeritud kõrgele kolmjalale tuginev Phoenix-vihmutaja. Madalaks kastmiseks on konstrueeritud Phoenix-tsentrifugaalvihmutaja, keppvihmutaja ja ratasvihmutaja.

Kasvuhoone kultuuride kastmiseks tulevad tavaliselt küsimuse alla ainult statsionaarsed seadeldised, mis kujutavad endist düüsidega varustatud torusid kasvuhoone katuse all, pikuti kasvuhoonet. Kuna torud on paigalpüsivad, siis tehakse torulülide ühendus vindiga, nagu tavalistel gaasitorudel. Toru annab ennast oma pikuti telje ümber pöörata, mis võimaldab vett vajaduse järgi suunata. Üldiselt kasvuhoone taimede kastmise mehhaniseerimine pealtkastmisena kohtab aga palju raskusi selle tõttu, et see ei anna ennast küllalt painduvalt kohandada mitmesuguste taimede erinevaile nõudeile kastmise vee tempertuuri, kastmise aja ja hulga suhtes. Kasvuhoone taimed on tavaliselt nii õrnad, aga ühtlasi ka nii hinnalised, et siin üksikud taimed kastmises palju suuremal määral individuaalset käsitlemist vajavad ja õigustavadki, kui see vabaõhukultuuride juures sünnib. Kuna pealtkastmine hädaohtlikul viisil näib soodustavat ka taimede seenhaiguste levikut kasvuhoones, siis on taimede altniisutamine mulda asetatud poorsete torude kaudu tõenäoliselt ainukeseks sobivaks mehhaniseeritud niisutamisviisiks, millel on tulevikku.

b) Vihmutamise tehnika.

Et vihmutamise töö võimalikult ökonoomselt võiks sündida, selleks tuleb töö protsessi ratsionaalselt organiseerida. Kohtkindla vih-

mutusseadeldise puhul on küsimus lihtne; kogu töö seisab siin ainult vihmutusaparaadi asetamises hüdrandile ja selle õigeaegses väljalülitamises peale vihmutamise lõppu. Ökonoomsuse seisukohalt omab siin suurt tähtsust hüdrantide asetus harutorudel. Need ei või nimelt mitte asetseda naabruse torudel kohakuti ruudu süsteemis, vaid peavad olema vaheliti malelaua järjekorras (kolmnurga süsteemis). Sel teel säästetakse ca 6% torude pikkust ja 30% hüdrante. Ühtlasi väheneb enam kui kahekordselt selle maa-ala suurus, kus vihmutusringid üksteist osaliselt katavad.

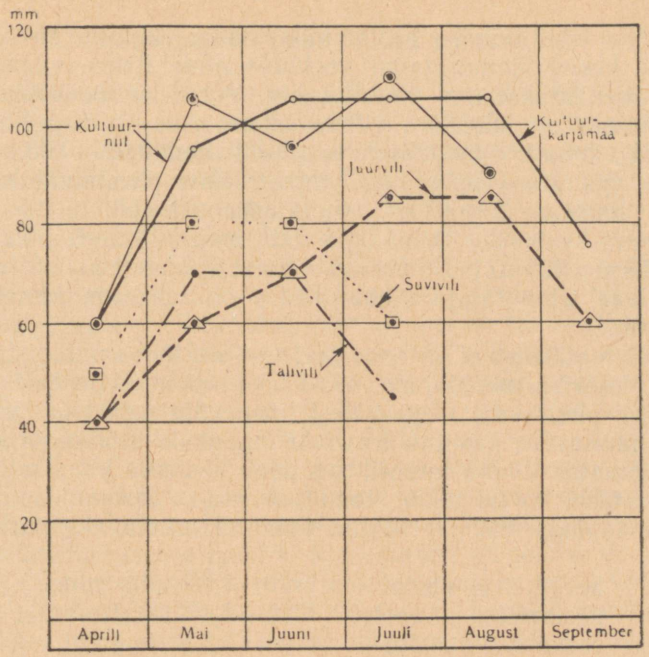
Düüstiivaliste vihmutajatega niisutamisel seevastu mõjutab töö organiseerimine väga tunduvalt selle edukust. Pumba töötamise ajal peab vihmutamine kogu aja käima, sest vastasel korral tekiks kasutut jõukulutamist. On otstarbekohane töötada kahe tiivaga, nagu see harilikult sünnibki, kusjuures tiivad liiguvad teineteisele vastu. Sellega saavutatakse ühtlasemat survet torustikus, sest sedamööda, kuidas üks tiib juhttorust ja seega ka pumbast kaugeneb ja temas veesurve selle tagajärjel langeb, läheneb vastutulev tiib, mis survekadu torustikus vähendades teeb tasa esimese tiiva edasinihkumise läbi tekkiva surve vähenemise. Ühtlane surve torudes on aga väga tähtis, kuna sellest oleneb vihma tihedus. Vähema arvu hüdrantidega toimetulemiseks kasutatakse tavaliselt kolmest või neljast torulülist koosnevat lisalülitustoru. Vihmutustiib lülitatakse järjekorras algul lülitustoru viimase lüli otsa, siis selle eelviimase otsa ja nii edasi kuni hüdrandini. Nüüd asetatakse lülitustoru lülide viisi hüdrandist edasi ja vihmutamine jätkub, kuni on saavutatud vihmutustiiva kaugeim asend. Seejärel tuleb lülitustoru lülitada järgmisse hüdranti ja töö jätkub eelkirjeldatud viisil. Analoogiliselt toimub töö vastutuleval kaugemal vihmutustiival.

Kaugejoalise vihmutajaga töötades lülitatakse liikuva harutoru külge vihmutaja toru, mille pikkus vastab vihmutusaparaadi vihmutuse ulatusele. Töötades kahe vihmutajaga toimub torude edasiasetamine jällegi selliselt, et veesurve torustikus püsiks töötamise aja kestel võimalikult ühtlasena. Selleks peab ühe vihmutaja kaugenemisega teine vastavalt lähenema.

Vihmutamist on soovitav toimetada öötundidel. See vähendab nimelt auramise kadusid ja vett imbub rohkem maa sisse. On koguni põhjust arvata, et öösel taimed sedagi vett suudavad omastada, mis vihmutamisega jääb nende lehepindadele.

c) Vihmutamise aeg ja vee tarvidus.

Vihmutamise mõju oleneb suurel määral sellest, mis ajal vihmutamine ette võetakse. Ebasobival ajal teostatud vihmutamine võib jääda mitte ainult mõjutuks, vaid see võib koguni halvasti mõjuda. Halb mõju võib seisneda tolmlemise takistamises õitseajal, liigses



Joon. 124. Taimede veetarvidus kasvuajal
(W. Freckmanni järgi).

lehtede kasvus, umbrohukasvu soodustamises. Aednikud on tähele pannud näiteks, et virsikupuude kastmine sel ajal, kui viljas kivi moodustub, põhjustab vilja enneaegset mahalangemist; samuti on leitud, et kapsa kastmine veel peale juulikuud vähendab selle säilivust. Üldiselt on taimede veetarvidus kõige suurem sel ajal, kui toimub nende vegetatiivsete organite intensiivne kasv. See ei lange kõigil taimedel samale ajale. Teravili vajab niisutamist 2—3 nädalat enne loomist, kartul õitsemise algul, põldhein 2 nädalat enne niitmist ja ädalakasvu soodustamiseks niitmise järel, kui sel ajal sademeid pole küllaldaselt. Kultuurkarjamaa vajab kogu vegetatsiooniaja kestel ühtlaselt niiskust. Niisutamine on seda mõjusam, mida väiksem on looduslike sademete hulk kasvuaja kestel. Samuti oleneb niisutamise mõjusus pinnasest. Kergetel põuaargadel pinnastel on mõju palju tunduvam kui raskematel, põuakindlamatel pinnastel.

See veehulk, mis antakse taimedele kunstliku vihmutuse näol lisaks looduslikele sademetele, tuleb anda mitmel korral taimekasvuaja kestel. Ühekordselt antav veehulk, s. o. veekihi paksus, mida

antakse ühe vihmutamise kestel maapinnale, kõigub 15—30 mm. Ajaüksuse kestel vihmutatavat veehulka nimetatakse vihmatiheduseks ja väljendatakse mm/minuti kohta. Võrreldes loodusliku vihma intensiivsusega on kunstliku vihma intensiivsus tunduvalt suurem. Loodusliku vihma tihedus kõigub tavaliselt ainult 0,02—0,03 mm/min. Kunstliku vihmutuse puhul on vihmatihedus paratamatult umbes 10 korda suurem. Ainult nn. vihmutuskahuri abil on saavutatav vihmatihedus, mis ei ületa 0,05 mm/min. Üldiselt lühijoalised düüstiivalised vihmutajad annavad vihmatiheduse 0,6—1,2 mm/min; kaugejoaliste vihmutajate vihmatihedus on väiksem, nimelt 0,2—0,5 mm/min.

Suur vihmatihedus ei ole soovitav, sest see lõhub mulla struktuuri ja tekitab kooriku maapinnale, mis lisaks sellele, et ta takistab õhu juurdepääsu pinnasesse kõigi sellest tulenevate pahedega, veel soodustab vihmutusvee kasutut äravoolu maapinda mööda ilma pinnasesse imbumata. Vihma intensiivsus peab vastama pinnase läbilaskvusele, vastasel korral tekib vihmutuse juures loike maapinnale ja äravool maapinda mööda. Vihma tiheduse lubatavaks piiriks võib pidada:

kergetel pinnastel	kuni 1,25 mm/min
keskmistel pinnastel	0,75—1,00 mm/min.
rasketel pinnastel	kuni 0,30 mm/min.

Alati on aga soovitav saada neist vähemat vihmatihedust ja seejuures võimalikult suure ühtlusega jaotatuna kogu vihmutatud pinnale.

Kuipalju ühelgi aastal vihmutuse teel tuleb vett juurde anda, see oleneb antud koha ilmastikust ja viljeldavatest kultuuridest. Peale selle on eri aastail niisutuse vajadus suurtes piirides erinev. Orienteeruvalt võiks esialgu meie maa ilmastikulistes ja pinnase tingimustes pidada vajalikuks lisaniiskuse andmist järgmiselt:

suviviljal	20—40 mm
juurviljal	30—50 „
põldheinal	30—60 „
kultuurrohumaal	40—70 „

Sellest puudujäägist on aga võimalik tunduvat osa katta talviste sademete kinnipidamise ja pinnasesse akumuleerimise teel, mille tõttu paljudel aastatel lisavee andmise vajadus võib üldse ära langeda. Peamised kultuurid, mis meil võivad kunstlikku niisutamist vajada ja seda ka ära tasuvad, on aiakultuurid, juurvili ja kultuurrohumaad. Seevastu teraviljade niisutamine meil vaevalt tuleb küsimuse all.

d) Vihmutusseadeldiste arvutamise põhimõtted.

Vihmutusseadeldise suuruse määrab see pindala, mis tuleb korraga niisutada. Põud tabab küll antud majandis üheaegselt kõiki kultuure, kuid kuna kõigi kultuuride üheaegne veetarve pole ühesuurune ja lühiaegset põuda võivad taimed taluda ilma suuremate kahjudeta, siis lähtutakse vihmutusseadeldise arvutamisel nõudest, et see peab olema võimeline 10 päeva kestel andma ühekordset vihma kõigile niisutamist vajavatele kultuuridele. Vihmutusseadeldis peab seega garanteerima, et kahe vihma vaheline vaheaeg põuaajal ei kestaks üle 10 päeva. Ühekordne vihmaannus on tavaliselt mitte vähem kui 20 mm. Kuigi taimekasvu seisukohalt väiksemad annused vähemate vaheaegadega võiksid olla soovitavamadki, pole see majanduslikult ökonoomne, sest väiksema veeannuse puhul on auramise kaod suured ja kogu aktiivne mullakiht, ca 25 sm paksuselt, ei niisutataks korralikult läbi. Pealegi lisab sagedane vihmutamine suuresti töökulusid. Vihmutatava pindala suuruse ja ühekordse vihmaannuse järgi arvutatakse vihmutuseks vajalik veehulk, mille vihmutusseadeldis peab võimeline olema andma. Kui veehulk on teada, siis saab arvutada, kui suurt läbimõõtu peab juhttorustik omama ja kui suur peab olema pumba tõstekõrgus ehk veesurve. Lõpuks arvutatakse jõutarve. Arvutamise käiku selgitab alljärgnev näide.

Olgu näiteks tarvilik 10 päeva kestel vihmutada

kultuurkarjamaad	10	ha, vihmaannusega	20	mm
kultuurniitu	10	„ „	25	mm
juurviljapõldu	3	„ „	20	mm
kartulipõldu	7	„ „	20	mm

Arvutame vajatava veehulga ja pumba võimsuse.

Vajatav veehulk:

kultuurniidule $10 \times 10000 \times 0{,}025 = 2500$ m³

kultuurkarjamaale, juurviljapõllule ja kartulipõllule $(10 + 3 + 7) \times 10000 \times 0{,}020 = 4000$ m³

Kokku 6500 m³

Pumba võimsus:

Kogu vajatav veehulk tuleb anda 10 päeva jooksul. Kui seadeldis pidevalt töötab ja 16 tundi öö-päeva jooksul töösse on rakendatud, siis peab pumba võimsus olema:

$6500 : (10 \times 16) = 40{,}6$ m³/tunnis, mis vastab 677 l/min. ehk 11,3 l/sek. ($= q$). Nüüd arvutame torude läbimõõdu ja veekiiruse juhttorus.

Torude läbimõõt:

Torude läbimõõdu arvutame valemist:

$$d = 40\sqrt{\frac{q}{v}};$$

kus d = toru siseläbimõõt mm,

q = vooluhulk, mille toru peab läbi laskma l/sek.,

v = veekiirus torus m/sek.

Veekiirus ei ole ette määratud, seda võime valida. Kui veekiiruse valime väikese, siis surve kaod torustikus on väikesed ja järelikult jõutarvidus ka vastavalt väiksem, kuid toru läbimõõt läheb suuremaks ja seega ka maksumus. Suur veekiirus vastupidiselt võimaldab kasutada väikese läbimõõduga torusid, kuid nõuab pumbalt suuremat tõstekõrgust ja jõumasinalt enam jõukulu. Lubatavaks kiiruse piiriks on 3,0 m/sek. Praktiliselt püütakse siiski jääda 1,5—2,5 m/sek. piiridesse. Valime oma näites kiiruseks 2,25 m/sek. Siis saame:

$$d = 40\sqrt{\frac{11,3}{2,25}} = 89,6 \text{ mm}.$$

Torusid ei tehta aga igas soovitud läbimõõdus. Tavalisemad läbimõõdud on 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250 ja 300 mm.

Valime toru läbimõõduga d=100 mm. Selle läbimõõdu kohaselt kujuneb nüüd tegelik veekiirus v torus valemist

$$d = 40\sqrt{\frac{q}{v}} \text{ arvutatuna:}$$

$$v = \frac{40^2 \cdot q}{d^2} = \frac{1600 \times 11,3}{100^2} = 1,81 \text{ m/sek.}$$

Vihmutaja toru valime siseläbimõõduga 70 mm. Kui vihmutajaid on 2 korraga töötamas, siis on kummagi vooluhulk 11,3 : 2 = = 5,7 l/sek. ja sellele vastavalt kujuneb veekiirus vihmutaja torus

$$v = \frac{1600 \cdot 5,7}{70^2} = 1,85 \text{ m/sek.}$$

Edasi arvutame, kui suur peab olema pumba survekõrgus.

Pumba surve- ehk tõstekõrgus.

See koosneb:

a) kõrguste vahest veevõtukoha veepinnast kuni pumba teljeni ehk nn. imemiskõrgusest;

b) kõrguste vahest pumba teljest kuni kõige kõrgema punktini maastikul, kuhu vesi tuleb suruda, millele on juurde lisatud düüsi suudme kõrgus üle maapinna ehk nagu seda nimetatakse — geodeetilisest kõrgusest;

c) vee surve kaost torustikus, ja
d) vee surve kaost vihmutajas.

Kõik kõrgused selles arvutuses võetakse tavaliselt ainult 1 m täpsusega; suurem täpsus pole vajalik. Imemiskõrgus ja geodeetiline kõrgus on kergesti määratavad. Olgu antud juhul imemiskõrgus 4 m ja geodeetiline kõrgus 5 m. Surve kaod, mida väljendatakse samuti meetrites või atmosfäärides (1 at = 10 m veesurvet), lasevad endid arvutada valemi alusel:

$$h = \lambda \frac{l\, v^2}{d\, 2g};$$

milles h = surve kadu m,
l = toru pikkus m,
d = toru siseläbimõõt m,
v = vee kiirus torus m/sek.,
g = raskusjõu kiirendus = 9,81 m/sek.^{2},
λ = tegur = 0,02 $(1 + \frac{1}{40\,d})$ (Darcy järgi).

Olgu ette nähtud vihmutada kahe kaugejoalise vihmutusaparaadi abil, kusjuures juhttoru pikkus on 400 m. Vihmutajad asetatakse töötama selliselt, et üks on juht- ehk peatoru ülemises ja teine selle alumises otsas ning liiguvad tööga üks pumbale lähenedes, teine sellest kaugenedes. Keskel, 200 m kaugusel pumbast, mõlemad vihmutajad kohtuvad. Selles asendis kogu vihmutusvee hulgal, mida kaks vihmutajat kokku vajavad, on kõige pikem teekond peatorus, nimelt 200 m. Vihmutaja toru pikkus olgu 105 m. Vihmutusaparaat antud näite jaoks sobiva jõudlusega vajab düüsisurvet 3 at ehk 30 m. Neil andmeil pumba nõutav tõstekõrgus kujuneb järgmiseks:

Imemiskõrgus	4,0 m
Geodeetiline kõrgus	5,0 „
Survekadu peatorus	
$h = \lambda \frac{l\, v^2}{d\, 2g} = 0{,}02 \left(1 + \frac{l}{40 \times 0{,}10}\right) \frac{200 \times 1{,}81^2}{0{,}10 \times 2 \times 9{,}81} =$	8,4 „
Survekadu vihmutaja torus	
$0{,}02 \left(1 + \frac{l}{40 \times 0{,}07}\right) \frac{105 \times 1{,}85^2}{0{,}07 \times 2 \times 9{,}81} =$	7,1 „
Voolutakistuste arvel torustiku käände- ja hargnemiskohtades ca 20% sirgete osade survekaost $(8{,}4+7{,}1) \times 0{,}20 =$	3,1 „
Vajatav düüsisurve vihmutajas	30,0 „
Kokku	57,6 m
ehk	5,8 at

Vastavalt peatoru läbimõõdule, pumbatavale veehulgale ja tõstekõrgusele tuleb valida sobiv pump saadavalolevate hulgast.

Lõpuks arvutame jõutarve.

Jõumasina võimsus.

Jõutarve arvutamine sünnib valemi järgi:

$$N = \frac{qH}{75\eta},$$

milles N = jõutarve hobujõududes (HJ),
q = pumbatav veehulk l/sek.,
H = pumba nõutav tõstekõrgus m,
η = pumba kasutegur, mida keskmiselt võib võtta = 0,6.

Pumba võllil jõutarve kujuneb seega:

$$N = \frac{11{,}3 \times 58}{75 \times 0{,}6} = 14{,}6 \text{ HJ}.$$

Jõumasina võimsus peab olema ülekande kadude võrra suurem. Kui pump on vahenditult lülitatud jõumasina külge, siis tuleb jõutarvet lisada 10% võrra, rihmülekande puhul aga 20%. Seega peab antud juhul mootori võimsus olema rihmülekande puhul vähemalt 18 HJ; soovitav aga on, et mootor oleks pisut võimsam, käesoleval korral näiteks 20 HJ.

e) Vihmutusniisutuse paremusi muude niisutusviisidega võrreldes.

Vihmutamine kui maade kunstlik niisutamisviis omab mitmeid paremusi, võrreldes muude niisutusviisidega. Üks kõige tähtsamaid voorusi seisneb selle niisutusviisi rakendatavuses igasuguses maastikus, ilma et selleks oleks vaja ette võtta kulukaid maapinna tasandamise töid, mis muude niisutusviiside puhul on paratamatud. Ka sünnib vihmutusniisutamine enamasti ilma mainimisväärse maa kaotuseta. Vee tarvidus selle niisutusviisi juures on mitu korda väiksem, võrreldes muude niisutusviisidega. Muude niisutusviiside juures antakse maale paratamatult rohkem vett, kui maa suudab mahutada aktiivses mullakihis. Ülejääk vajub põhjavette ja põhjustab sageli selle soovimatut tõusu. Selle kahjustava mõju ärahoidmiseks tuleb niisutatavad maad tavaliselt varustada intensiivse kuivendusvõrguga. Vihmutusniisutuse puhul langeb drenaaži tarvidus ära, sest siin on veeannused hästi reguleeritavad ja seda ei anta üle tarviduse. Kaod põhjavette on seega praktiliselt täiesti ära hoitud. Vihmutusniisutuse oluliseks vooruseks tuleb ka pidada seda, et ta on hästi kasutatav kõikide kultuuride niisutamiseks ja põua sattudes on võimalik otsustavail hetkil kiiresti ettevõetava vihmutamisega aidata



Joon. 125. Vihmutamise mõju viki kasvule (teise viljana varase kartuli järel). Vihmutamata väli.

taimi üle veepuudusest. Sellega suurendatakse saagikindlust väga tunduvalt. Vihmutus annab vee taimedele ka soojendatuna ja hapniku poolest rikastununa. Vee soojenemine ja hapniku juurdevõtmine toimub teekonnal, mille vesi teeb õhus enne maapinnale langemist. Küll ei ole kunstlik vihm selles osas veel samaväärne loodusliku, sooja vihmaga, kuid ta on parem muude niisutusviisidega antavast veest. Tarbe korral võimaldab vihmutamine anda taimedele üheaegselt niisutusveega ka väetist vees lahustatuna või soovi korral taimekaitsevahendeid niisutusveega taimedele levitada. Vihmutamisel on ühtlasi märgatud olevat aktiviseerivat mõju taimede füsioloogilistele protsessidele — assimilatsioonile ja lehtede hingamisele.

Selle niisutusviisi puuduseks tuleb lugeda rohket mehaanilise jõu tarvet ja suurmajapidamise jaoks mitte alati küllaldast tööjõudlust. Vihmutamisel liikuva vihmutusseadeldisega saavad taimed kannatada ja suure vihmatihedusega niisutamine rikub ka mullapinna struktuuri. Neist puudustest hoolimata on vihmutuse paremused nii ülekaalukad, et see niisutusviis on võitmas esikohta kõigi niisutusviiside hulgas.

Vihmutuse mõju saakide tõusule on suurel määral olenev looduslike sademete hulgast taimekasvu hooajal. Sademeterikkamatel aastatel on mõju väiksem, põuastel aastatel aga suurem. Põua-aastail ongi saavutatavad rekordilised saagid kunstliku vihmutamise

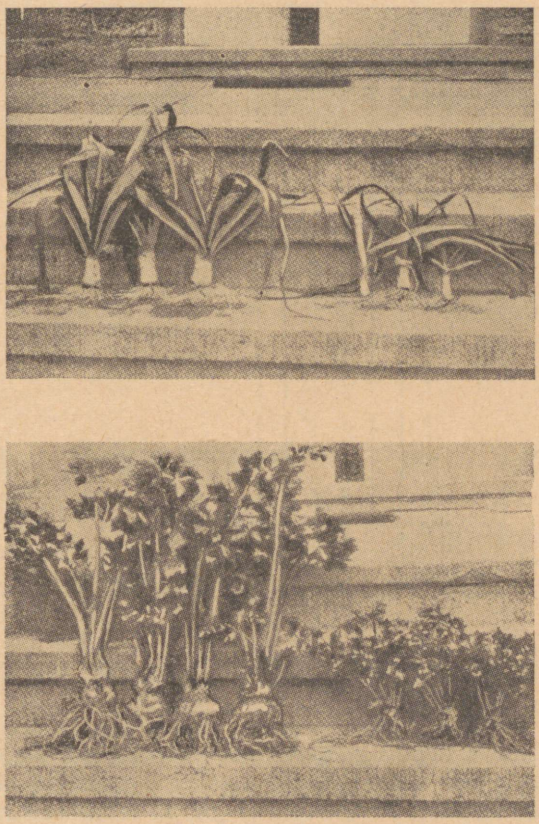
abiga, sest siis on võimalik hästi ära kasutada päikesesoojuse küllust, mis tavalisil aastail, eriti aga sajuseil aastail võib kujuneda limiteerivaks kasvuteguriks, takistades muude kasvutegurite täit mõjulepääsu. Keskmiselt võib arvestada vihmutuse saaketõstvat mõju 40—100%. Meie maa ilmastiku tingimustes tasuvad kõige paremini vihmutamist aiakultuurid, juurvili, kultuurrohumaa ja kartul. Teravilja, eriti taliteravilja vihmutamine meil esialgu vaevalt tuleb küsimuse alla.

D. Maa-alune niisutus. Niisutusviisidel, mis põhjustavad mullastruktuuri rikkumist ühes kooriku tekkimisega maapinnal, takistavad need pahed niisutuse kasulikku toimet täies ulatuses mõjule pääsemast. Need pahed on kõige suuremad valgutusniisutuse puhul, aga isegi vihmutusniisutus ei ole neist täiesti vaba. Rida muidki puudusi on vihmutusniisutusel, kuigi see niisutusviis muidu küll kõige enam sarnaneb loodusliku vihmaga ja on tunduvalt parem valgutusniisutusega võrreldes. Puudustest, mida see kasutamisel olevatest niisutusviisidest kõige parem viis siiski veel omab, mainitagu peale mullastruktuuri rikkumise ja kooriku tekitamise veel järgmisi. See niisutusviis vajab kõrgrõhupumpa, osa vett läheb auramise ja maapinda mööda äravoolamise teel kaduma, kastmise järel maapind (põllul) muutub poriseks, mis takistab maaharimist, umbrohud hakkavad kiiresti kasvama ja nende hävitamine nõuab



Joon. 126. Vihmutamise mõju viki kasvule (teise viljana varase kartuli järel). Vihmutatud väli.

lisatööd, kartulipõllu kastmine soodustab lehemädaniku levikut, väetusaineid uhutakse maa seest välja ja kastmine on sagedasti seotud paratamatu taimede vigastamisega töö juures. Püüded leida sellist niisutusviisi, mis oleksid ka neist puudustest võimalikult suurel mää-

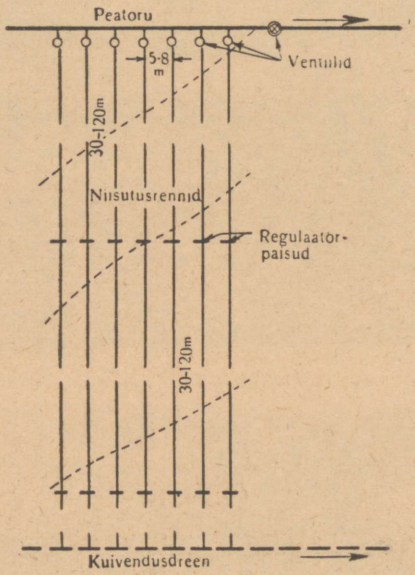


Joon. 127. Vihmutamise mõju porro ja selleri kasvule.

ral vabad, on juhtinud mõttele võtta kasutamisele taimede maa-alune niisutamine.

Selle niisutusviisi juures viiakse niisutusvesi tihedalt ja madalalt asetatud poorsete torude abil mulda, taimede juurte piirkonda. Vesi imbub läbi toruseinte maa sisse ja liigub edasi kapillaarjõu mõjul, niisutades maad taime juurte piirkonnas. Pealmine maapinna kiht

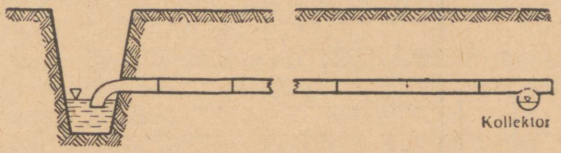
jääb selle juures kuivaks, mistõttu auramine maapinnalt ei suurene ja maapind ei muutu ka poriseks. Mullastruktuur jääb rikkumata, umbrohtude ja taimehaiguste levikut see niisutusviis ei soodusta ning taimede vigastused jäävad ära. Ka pole maa aeratsioon takistatud, sest koorikut maapinnale ei teki.



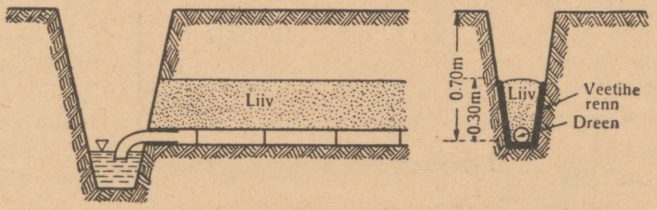
Joon. 128. Ülesurvega maa-aluse niisutussüsteemi skeem.

Kuigi maa-aluse niisutuse paremused on ilmsed, on see niisutusviis esialgu veel alles katsetamiste ajajärgus ega ole ulatuslikumat kasutamist veel leidnud. Põhjuseks on olnud tehnilised raskused niisuguse niisutusviisi teostamisel. Prof. A. N. Kostjakov (oma raamatus: «Osnovõ melioratsii» 1938. a.) kirjeldab kolme lahendusviisi maa-aluse niisutuse teostamiseks. Esimene neist on P.-Ameerika Ühendriikides proovitud viis, mis seisneb selles, et vesi juhitakse niisutatavale maale 10—12½ sm jämeduse veetiheda maa-aluse peatoruga, mis asetseb maastiku kõrgemal rindel. Peatorus vesi juhitakse niisutusdreenidesse, mis tehakse 7½ sm läbimõõduga tavalistest savitorudest, ilma toru ühenduskohti tihendamata. Need kaetakse ainult filtreeriva materjaliga, mis takistab peene liiva tungi-

mist torudesse. Niisutusdreenid tehakse 5—8 m vahemaadega, nende sügavus on umbes 0,45 m ja lang 0,25—0,40%. Iga dreen on ülemises otsas varustatud sulgemisventiiliga ja alumises otsas ning ka keskel (30—100 m vahemaadega, olenevalt langust) kaevudega, milledes on võimalik vee äravoolu dreenis tõkestades tõsta põhjavee seisu. Dreenid suubuvad kollektorisse, mis ülearuse vee ära juhib. Peatorust niisutusdreenidesse juhitud vesi surutakse vähese ülesurvega maa sisse dreenitorude ühenduskohtade kaudu. Kui maa on küllaldaselt niiske, suletakse ventiilid dreenide ülemistes otstes ja avatakse siibrid dreenikaevudes, mille järel need toimivad kuivendusdrenaažina.



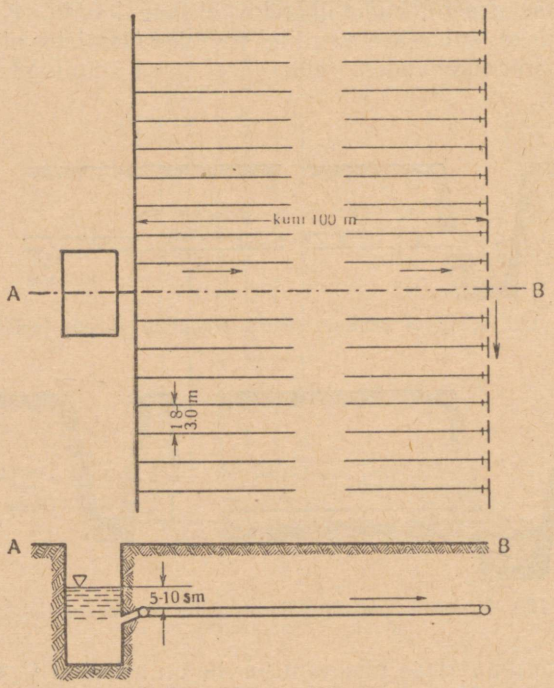
Joon. 129. Kornevi vaakum-niisutussüsteemi skeem (suletud).



Joon. 130. Kornevi vaakum-niisutussüsteemi skeem (lahtine).

Teistsugune maa-aluse niisutamise viis on esitatud V. G. Kornevi poolt NSV Liidus. Siin on püütud niisutust selliselt automatiseerida, et niisutusdrenaaž annab pinnasesse vett siis, kui pinnas on kuiv, ja võtab pinnasest vett vähemaks, kui pinnases seda on ülearu. See saavutatakse õhuhõrenduse (vaakumi) sünnitamise teel niisutusdreenides. Niisutusdreenid võtavad vee lahtisest reservuaarist või kraavist, mille veepind peab alaliselt hoitama pisut allpool niisutusdreenide põhja. Dreenid asetatakse 0,30—0,50 m sügavusele ja ca 2,0 m vahelaiustega. Need tehakse savitorudest, kuid toru ühenduskohad tihendatakse savi ja alabastri seguga. Dreenid omavad väikest langu ja suubuvad kollektorisse, mis on tehtud õhukindlaks. Süsteem toimib järgmiselt. Enne toimimise algust dreenid täidetakse veega, mis surub õhu torudest välja. Veega täitunud torudest imbub vett ümb-

ritsevasse pinnasesse kapillaarjõu mõjul. Veehulga vähenemine torudes tekitab neis õhuhõrenduse, mille tagajärjel hakkab vesi reservuaarist või kraavist tõusma torusse. Vee imbumine torust pinnasesse kestab niikaua, kuni maa on küllastunud. Üleküllastuse puhul hakkab vesi pinnasest toru poole liikuma, mis nüüd oma vee ülejäägi saadab kollektorisse.



Joon. 131. Avignoni niisutussüsteemi skeem.

Mida kuivem on pinnas, seda suurem tema veeimemise võime. Niiviisi imeb pinnas ise automaatselt endasse sedamööda ja sel määral niisutusdreenidest vett, kuidas taimede transpiratsioon seda pinnasest on kulutanud. Pinnas ei niisku siiski mitte ühtlaselt kuni maapinnani, vaid dreenidest allapoole läheb vett rohkem kui neist ülespoole, kusjuures niiskus on kõige suurem dreeni vahetus läheduses ja väheneb kiiresti sellest kaugemal.

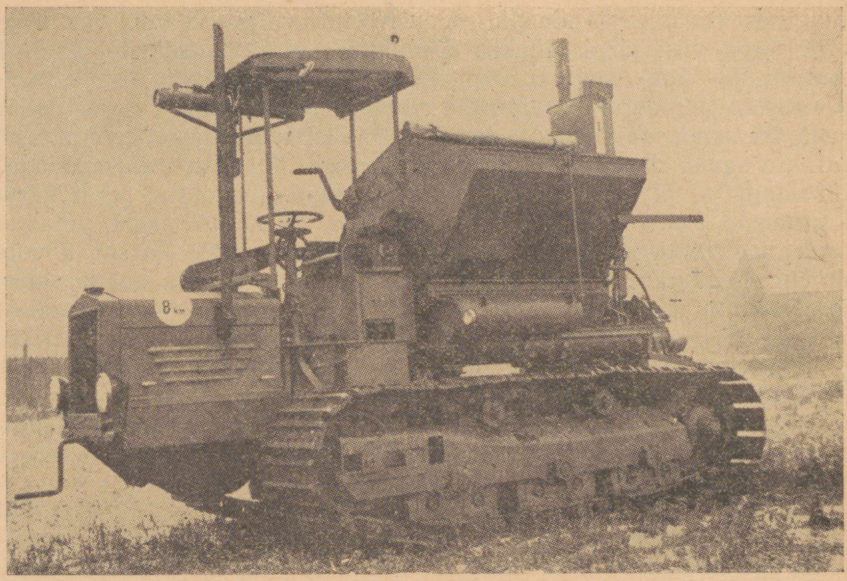
Katsed on näidanud, et alaliselt vajalise vaakumi pidamine dreenides on praktiliselt raskesti teostatav, sest on raske ära hoida õhu

tungimist dreenidesse. Seepärast on Kornev välja töötanud veel teise viisi. Selle viisi järgi tehakse dreenid 2—3 m vahelaiustega, ilma languta ja sügavusega 0,70 m. Dreenikraavi sügavam osa 0,30 m kõrguseni põhjast kujundatakse veetihedaks renniks, vooderdades seda tsemendi, savi või laudadega. Niiviisi tehtud renni põhja asetatakse savist drenaažitorud tavalisel viisil, ilma toru ühenduskohti tihendamata, ja kaetakse torud liivaga kuni tihendatud renni äärte kõrguseni. Peale pannakse muld täiteks. Niisutusdreenid võtavad oma vee lahtisest kraavist, mille veepind on 20—25 sm allpool dreeni. Toimimise alustamiseks tuleb dreenitorud täita veega, edasi aga toimub niisutamine automaatselt. Nimelt imbub vesi torudest liiva sisse ja sealt mulda. Selle tagajärjel sünnib liivatäitega osas õhuhõrendus, mis imeb vett dreenitorust välja liiva sisse, kust see kapillaarjõu mõjul edasi imbub mulda.

Nii üks kui teine Kornevi poolt väljatöötatud maa-aluse niisutamise viis on praegu alles katsetamise järgus ega ole tegelikkuses veel rakendamist leidnud.

Kolmas on Prantsusmaal Avignoni katsejaamas väljatöötatud maa-aluse niisutamise viis. Selle viisi juures niisutusdreenid asetatakse 0,40—0,50 m sügavusele, languga 0,2—0,3% ja vahelaiusega 1,5—3 m, olenevalt pinnase läbilaskvusest. Dreeni torudena kasutatakse savitorusid, siseläbimõõduga 5 sm, kusjuures torude ühenduskohad tehakse veekindlaiks. Seevastu on aga torude seinad hästi poorsed. Niisutusdreenide pikkus tehakse kuni 100 m. Dreenid saavad niisutuse vee peatorust ja see omakorda — basseinist resp. kraavist, milles veepind peab olema umbes 10 sm võrra kõrgemal peatoru laest, et tekiks väike ülesurve. Dreenidesse valgunud vesi täidab torud ja imbub siit poorsete seinte kaudu pinnasesse. See süsteem ei toimi automaatselt. Kui pinnas on küllaldaselt niiskunud, siis vee juurdeandmine lõpetatakse ja ülearune vesi valgub samu torusid kaudu kollektorisse, mis selle ära viib.

Teise Maailmasõja eel töötas Janert välja uue mehhaniseeritud niisutusviisi, nn. tubator-masina abil. Vähemas ulatuses jõuti seda viisi ka juba kasutamisele võtta. Selle viisi juures valatakse liikuvalt masinalt maa sisse poorsete seintega betoontorud, sügavusega 0,50—0,75 m ja vahelaiustega 5—10 m, milledesse (nagu Avignoni-süsteemi torudelgi) juhitakse vesi vähese ülesurve all. Läbi toruseinte imbub vesi maa sisse, seda niisutades. Uudne selle viisi juures on peamiselt mehhaniseeritud drenaaži ehitamine, mida teostatakse Janerti drenaažimasina tubatori abil. Masin kujutab endast võimsat lüliktraktorit, mille tagaotsas on tugeva konstruktsiooniga üles-alla liikuv nuga. Noa otsas on teravikuga mutt, mis masina edasi liikudes teeb õõne maa sisse. Noa selga mööda kulgeb toru.



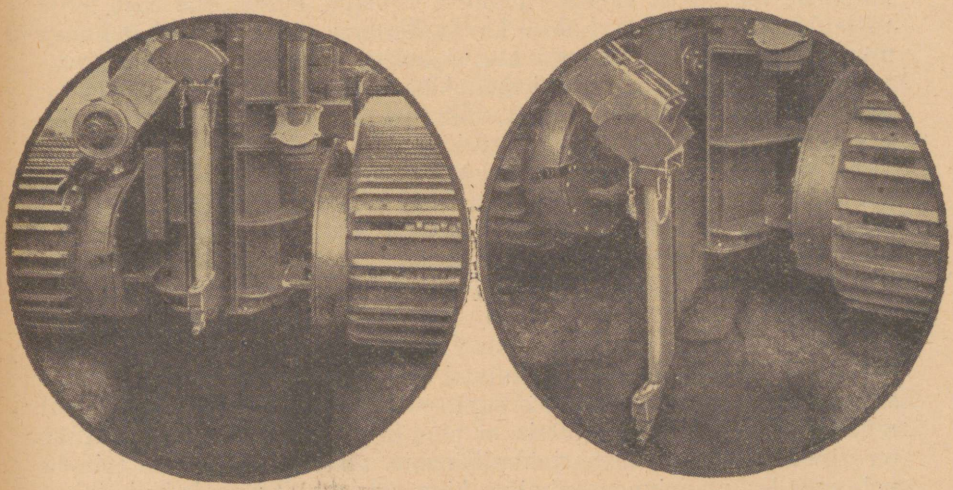
Joon. 132. Tubator-masin.

Seda toru mööda lastakse betoonisegu masina pealt alla maa sisse veetud õõnde. Noa külge muti taha kinnitatud keerlev polt puurib õõnde valatud betoonisegule augu sisse, vormides sellest pideva, ilma jätkudeta toru. Betooni valmistamine sünnib masina peal, kus selleks otstarbeks on ehitatud punker kruusa, tsemendi ja vee jaoks ja betoonisegu valmistamise seadeldis. Ühe käiguga võib masin valmistada 200 j. m. ja 1 tööpäeva jooksul 1000—1500 j. m. dreeni. Masin on varustatud viseerimise pikksilmaga, mis annab võimaluse kontrollida tehtava dreeni langu ja vajaduse korral vastava mehhanismi abil muti käigu kõrgust reguleerida.

Janerti viis tahab ühe ja sama drenaažiga lahendada peale maa niisutamise ka selle kuivenduse küsimuse. Nimelt võib sama süsteem toimida ka kuivendussüsteemina, kui pinnases on vett ülearu. Vesi tungib sel korral poorsete seinte kaudu pinnasest torudesse ja juhitakse neid mööda ära. Spordiväljakute ja väiksemate lennuväljade kuivendamiseks, kus madal drenaaž on sobiv, ongi Janerti viisi juba kasutatud.

Kuid nii veetlev kui see idee ongi ühe ja sama drenaažisüsteemiga saavutada maade kuivendamist kui ka niisutamist, kohtab selle teostamine praktikas suuri raskusi. Janerti viisi puhul need raskused

seisnevad betoontorude nõrgas vastupidavuses. Nagu üldse betoontorusid, nii ähvardab ka Janerti dreene lagunemise hädaoht betooni hävitavate hapete ja muude ainete poolt, mida pinnases võib leiduda. Ka vesiliivane pinnas ja rauasisaldus pinnases on hädaohtlikud nimelt toru pooride ummistamise mõttes. Lisaks on siin aga veel teinegi suur hädaoht olemas — nimelt põhjavee kõrgseisu näol dreenide valmistamise ajal. Kui värskelt valmistatud Janerti dreenitoru jääb allapoole põhjavee pinda, siis hakkab vesi toru ümbrusest kohe sellesse sisse tungima veel enne, kui betoon on jõudnud kivineda. Kuigi Janerti viisi järgi drenaaži tehes lisatakse betoonile hulka kivinemise protsessi kiirendavaid aineid, vajab küllaldane kivinemine siingi mitu tundi aega. Kui aga vesi hakkab puudulikult kivinenud toru seinast läbi tungima, siis uhutakse betoonist välja selle peenem osa, s. o. tsement, ja järele jääb ainult kruus. Tulemuseks võib olla toru kokkuvarisemine juba lühikese aja jooksul. Mida suurem on põhjavee surve, seda ohtlikum ta on torudele. Seepärast ei või üldse drenaaži teha sel ajal, kui põhjavesi on kõrgel. Kuni täieliku kivinemiseni, mis nõuab vähemalt 2—3 nädalat, peavad dreenid jääma põhjaveest kõrgemale.



Joon. 133. Tubatori nuga.

5. Niisutuse kahjulikke kaasnähtusi ja võitlus nende vastu.

a) Niisutuse mõju pinnasele.

Vesi on tähtsaks teguriks, mis mõjutab kõiki füüsikalis-keemilisi ja bioloogilisi protsesse mullas. Seepärast on ka mõistetav, et maa kunstlik niisutamine toob kaasa mitmesuguseid muudatusi pinnases ja seejuures mitte üksi selle pealmises osas, aktiivses mullakihis, kus asetseb peamine osa taime juurtest, vaid ka pinnase sügavamates kihtides.

Füüsikalis-keemiliste omaduste osas tulevad ilmsiks järgmised kahjulikud nähtused:

1) Leotades maapinda lõhub vesi mulla sõmeralist struktuuri üksikteraliseks, tuhkjaks (tera suurusega vähem kui 1 mm). Selle tagajärjel tekib maapinnale niisutamise järel kõva kooruke, mis takistab pinnase õhuvahetust. See aga omakorda halvab mullabakterite elutegevust ja takistab kasulikke oksüdeerumise protsesse pinnases.

2) Niisutuse vesi — mida enam seda antakse, seda suuremal määral lahustab ja uhub pinnasest välja vees kergesti lahustuvaid taimetoitesoolasid. Seejuures on vee lahustav toime seda suurem, mida enam temas leidub süsihappegaasi (CO_2). Toitesoolade väljauhtumise tagajärjel väheneb pinnase viljakus. Peale selle toob lubja väljauhtumine endaga kaasa ka keskkonna reaktsiooni hapumaks muutumise. Peeneteralisi pinnase osakesigi võib aja jooksul sügavamale uhtuda, mille tagajärjel mullakihi ali 0,4 kuni 1,2 m sügavusel, olenevalt pinnase läbilaskvusest, võib tekkida pinnase pooride ummistumisel tihe, vett mitte läbilaskev kiht.

3) Äriidse kliimaga maades, väga intensiivse auramise tingimustes, toimub maa soolaseks muutumine — sooldumine, mis seisneb selles, et tugev kapillaarne veetõus toob pinnase sügavamatest kihtidest seal leiduvaid kahjulikke soolasid, nagu: NaCl, Na_2SO_4, Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $MgCl_2$, $MgSO_4$ jt. maapinna ülemisse kihti, taimejuurte piirkonda.

Seda nähtust põhjustavad õhu vähene relatiivniiskus, kõrge temperatuur, tugevad ja kestvad kuivad tuuled, mis maad kuivatavad ja selles esile kutsuvad ülespoole suunatud veeliikumist seda suuremal määral, mida lähemal on põhjavee pind ja mida enam mullastruktuur on rikutud. Orgaaniliste taimejäänuste mineraliseerumine toimub neis maades maapinna pealmises kihis ja tekkinud soolad uhutakse sügisel maa sisse. Kuid järgmisel suvel tõusevad neist uuesti maapinna pealmisse kihti peamiselt leelismetallide soolad, mille tõttu maapinnale kuhjub naatriumisoolasid. Naatrium tõrjub huumusest välja kaltsiumi katiooni ja mullasõmerad kaotavad oma koospüsi-

vuse. Naatriumi mõjul mulla agregaadid dispergeeruvad progressiivselt. Niiviisi huumus laguneb, hävib mulla struktuur ja maapinna ülemisse kihti koguneb soolasid. Seda kahjulikkude soolade ülespoole liikumist võib liigne niisutamine hädaohtlikul määral suurendada, nimelt selle läbi, et ta tõstab põhjavee pinda. Ka võib niisutusvesi ise sisaldada endas kahjulikke soolasid või muid lisandeid.

Mikrobioloogilisi protsesse mõjutab niisutamine eriti tunduvalt. Bakterid, millede kaasmõjul toimub pinnases kasulik nitrifitseerimise protsess, elutsevad enamuses pinnase kõige pealmises 0—25 sm paksuses kihis. Need on aeroobsed bakterid ja sellepärast pinnase ajutiselgi üleküllastamisel veega — nagu see niisutamisel enamasti alati sünnib — nende bakterite tegevus otsekohe vaibub. See elavneb uuesti alles selle järel, kui pinnas on tahenenud, ja saavutab oma tegevuse kulminatsioonipunkti, kui veesisaldus pinnases on 50—60% selle täiest veemahtuvusest. Vähema veesisalduse juures aeroobsete mullabakterite tegevus muutub uuesti nõrgemaks. Nitrobakterite tegevuse ajutise nõrgenemise ja nitraatide kerge väljauhtuvuse tõttu muudab niisutamine üldiselt pinnase taimedele kättesaadavate lämmastikuvarude poolest vaesemaks.

b) Niisutuse mõju taimedele.

Ka taimede füsioloogiliste protsesside osas on niisutusel mõnesuguseid soovimatuid mõjusid. Nii suurendab näiteks rikkalik niisutamine üldiselt veeprotsenti taimedes, mis kartuli ja suhkrupeedi puhul on tõsiseks paheks. Teraviljade saagis terasaagi kaaluprotsent, võrreldes põhusaagi kaaluga, väheneb ja nimelt seda enam, mida suurem on olnud niisutuse norm. Suhkru protsent niisutamise tagajärjel taimedes kasvab niikaua, kuni niisutus on mõõdukas. Suurte niisutusnormide korral aga suhkru protsent väheneb. Proteiinisisalduse vähenemine niisutuse tulemusena ei ole kindlaks tehtud.

Parimaks abinõuks niisutuse kahjulikke kaasnähtuste ärahoidmiseks või vähemalt nende mõju vähendamiseks on sellise niisutusviisi valik, mis võimalikult suurel määral on neist pahedest vaba. Parimaks selles mõttes tuleb praegustes tingimustes pidada vihmutusniisutust, hoolimata puudustest, mida seegi niisutusviis omab. Kus kohapealsed tingimused siiski teistsugust niisutusviisi sunnivad valima, seal tuleb püüda valitud viisi varjukülgede mõju viia miinimumini.

Kahjulikku mõju mullastruktuurile saab vähendada sel teel, et niisutusvett ei anta liiga palju korraga. Lähemal võimalusel tuleb niisutamise järel põllumaadel, kus kamar puudub ja viljeldav taimekultuur seda võimaldab, kooruke kõrvaldada maapinna kergeks kobestamise teel ja samaaegselt umbrohu hävitamine läbi viia.

Taime toitainete väljauhtumise hädaohu vähendamiseks on jällegi parimaks vahendiks liialdasest niisutamisest hoidumine. Peale selle tuleb aga uhtumiskaod asendada lisaväetise andmisega pealtväetamise teel, eriti kergesti väljauhutavate nitraatväetiste osas.

Soolade ülesliikumist koos aurava veega maapinna pealmisesse kihti taimekasvu kahjustaval määral meie maa looduslikes tingimustes peaaegu ei esine. Küll aga esineb seda väga ulatuslikult kõigis ariidse kliimaga maades. Nii on näiteks niisutatavast maast sooldunud Kesk-Aasias 43%, Taga-Kaukaasias 40%, Näljastepis 60% ja Muganis koguni 70%. Selle pahe vastu võitlemine on kõige raskemaid ülesandeid nende maade ekspluatatsioonis. Niisutatava maa sooldumise vastu võitlemiseks tarvitatakse järgmisi abinõusid: heinapõllu sisselülitamist külvikorda, ratsionaalset niisutusnormi tarvitamist, lahtiste niisutus-magistraal- ja harukraavide vee filtratsioonikadude vähendamist, lahtist kuivenduskraavide võrgu tegemist liigse vee ärajuhtimiseks, metsa kaitseribade istutamist auramise vähendamiseks, niisutatava maa-ala head tasandamist, maapinna kobestamist, põhjavee pinna alandamist ja lõpuks sooldunud maade soolast vabastamist veega läbiuhtumise teel suurte veeannustega.

Häireid mulla mikrobioloogilistes protsessides, mida niisutamine põhjustab, ei ole võimalik täiesti ära hoida. Küll on aga võimalik neid vähendada sel teel, et niisutusnormidega ei liialdata ja hea drenaažiga selle eest hoolt kantakse, et peale niisutamist ülearune vesi võimalikult kiirelt pinnasest ära juhitakse.

Taimede füsioloogilistes protsessides niisutuse tagajärjel tekkivad soovimatud muutused on peaaegu täiesti ärahoitavad mõõdukate niisutusnormide andmise teel.

6. Väetav niisutus.

Jõeluhtades toimub igal kevadel lumesulamise järel suuremal või vähemal ulatusel üleujutusi, milledel mitmes kohas on hea mõju heinakasvule. Nii näiteks on meilgi Kasari luha heinamaad Matsalu lahe ja Kasari suure silla vahelises osas juba ammusest ajast tuntud oma saagirikkusega, milline asjaolu omal ajal on andnud põhjust selle maa-ala partselleerimiseks ime-kitsasteks siiludeks. Üleujutuste hea mõju heintaimede kasvule põhjeneb suurel määral vee väetaval toimel. Jõevesi sisaldab nimelt endas taimedele kasulikke väetusaineid, mis on osalt vees lahustunud kujul, osalt aga vees hõljuvate ainete näol, mida voolav vesi endaga kaasa on toonud. Eesti jõgede vesi sisaldab keskmiselt 1 m^3 kohta järgmisel määral lahustunud aineid: CaO — 56,4 g, MgO — 14,5 g, SiO_2 — 5,72 g, SO_3 — 3,95 g, Na_2O — 3,5 g, Cl — 3,27 g, K_2O — 1,5 g, Fe_2O_3 —

0,34 g, Al_2O_3 — 0,33 g ja P_2O_5 — 0,07 g, kokku — 89,9 g/m³. Peale selle CO_2 seotuna mineraalidesse 119,5 g/m³ ja vees hõljuvates ainetes 4,41 g/m³. Nende ainete sisaldus vees on eri aasta-aegadel erinev, olles meil kevadel kõige suurem ja suvel kõige väiksem. Lahustunud osa moodustab umbes 85% ja hõljuvad osad umbes 15% kõigist jõevees leiduvatest taimetoitainetest. Põldude ja asustatud alade piirkonnast tulevad veed on taimetoitainete poolest rikkamad kui metsade piirkonna veed; rabadest tulevad veed ei oma väetavat mõju. Peale väetava toime avaldab üleujutus jõeluhtades ka head mõju sambla hävitamise läbi. Nimelt kardab rabasammal *sphagnum fuscum* — mis teatavasti on kõige enam rabastamist tekitav sammal — üleujutusi ega saa kasvada üleujutatavatel maadel. Seda asjaolu kasutatakse rabasambla väljatõrjumiseks looduslikelt sooheinamaadelt ja osalt isegi raba muutmiseks tarna kasvatavaks sooheinamaaks. Selline tarnasoo pole küll veel kuigi väärtuslik heinamaa, kuid ta annab siiski mingi minimaalse saagi, kuna aga raba ei anna mingit heinasaaki. Niipea aga kui iga-aastane üleujutus jääb ära, hakkab rabasammal jälle arenema ja võtab kiiresti võimust, hävitades tarnad ja kattes tiheda vaibana varsti kogu maapinna.

Vaadeldes topograafilist kaarti võime tähele panna, et jõgedel, mis läbistavad suuremaid sooalasid, kaldalähedane osa on madal looduslik heinamaa, kuna kõrgraba algab alles jõest kaugemal, kuhu kevadine üleujutus ei ulatu. Kui jõe reguleerimise läbi üleujutused kõrvaldatakse või jäävad vähemaks ja sellele ei järgne üleujutuse alt vabanenud maade ülesharimist kultuurrohumaaks, siis on üleujutuse ärajäämise läbi kasu asemel tekkinud kahju, sest looduslikku seisukorda jäädes hakkab raba kohe peale tungima ja vallutab mõne aja pärast kogu selle ala, mis on üleujutusest vabanenud.

Kui juba looduslikul jõeveel võib olla väetav mõju, siis veel suuremal määral omavad sellist mõju mitmesugused tööstuste ja linnade roiskveed. Lisaks võib roiskvesi omada veel soojendavat mõju, sest linnade kanalisatsioonivesi on kevadel tavaliselt tunduvalt soojem kui maa. Selle tõttu on roiskvete kasutamine maade niisutamiseks võetud tarvitusele paljude suurlinnade ümbruses. Roiskvete kasutamisega maade niisutamiseks saavutatakse kahepoolne tulu: 1) linnad võivad säästa kulusid, mis neil tuleks kanda roiskvete puhastamiseks enne nende juhtimist jõgedesse või muusse eelvoolu veejuhtmesse, ja 2) vees leiduvad taimetoitained, mis muidu läheksid kasutult kaduma, kasutatakse ära maa väetamiseks, ja roiskvesi saab sellejuures läbi maa filtreerudes paremini puhastatud, kui see tavaliselt sünnib linnade kanalisatsiooniseadeldistes.

Kuid roiskvesi ei sisalda üksi kasulikke taimetoitaineid, vaid ka kahjulikke lisandeid, mis mõnikord võivad muuta vee kasutamise

võimatuks. See käib eriti tööstuste roiskvete kohta. Seepärast on igal juhul tarvilik enne, kui roiskvee kasutamise küsimust otsustatakse, lasta teha vee analüüs ja määrata selle alusel vee kasutamiskõlblikkust. Linnade kanalisatsiooniveed on enamasti alati väetavaks niisutamiseks kõlblikud. Ainult taimetoitainete sisaldus neis ei ole niisuguses vahekorras, nagu see taimedele oleks vajalik. Alljärgnevas tabelis on prof. A. A. Tšerkassovi järgi toodud andmed mõnede suurlinnade roiskvee sisalduse kohta.

Linna nimetus	1 l roiskvett sisaldab mg-des						
	Kogu lämmastik	Ammon.-lämmastik	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Cl
Moskva	102,9	50,8	13,5	40,0	112,2	54,9	73
Pariis	140	140	40	89	?	56	?
Berliin	108,8	108,2	31,6	72,9	107,5	20,8	264,6
Breslau	97,8	73,8	19,6	60,4	81,8	21,2	182,8
Münster	72	51,2	12	42	194	24	170

Keskmiselt võib arvestada, et 1 m^3 linna roiskvett sisaldab: N — 100 g, K_2O — 60 g, P_2O_5 — 25 g ja CaO — 120 g. Taimed vajavad neid toitaineid aga teistsuguses vahekorras. Nii näiteks võtab 15 tonni suurune põldheina saak pinnasest 1 ha-lt: N — 225 kg, K_2O — 300 kg, P_2O_5 — 100 kg ja CaO — 200 kg. Kui seda väetise hulka anda roiskveena lämmastiku osas piisaval määral, siis tuleks — kui arvesse võtta kadu põhjavette — anda roiskvett 250 mm ehk 2500 m^3/ha. Kõrvutades väetusainete tarvet nende väetiste hulkadega, mida roiskveega väetatud põld eeltähendatud normi juures (2500 m^3/ha) saab, selgub järgmist:

Väetis	Tarve kg/ha	Antakse roiskveega (2500 m^3/ha)
N	245	250
K_2O	325	150
P_2O_5	100	60
CaO	340	300

Tegelikult ei rahulda tähendatud norm (2500 m^3/ha) siiski mitte väetustarvet ka lämmastiku osas, sest juba teekonnal kanalisatsiooni torustikust niisutusväljadele läheb osa toitaineid kaduma, osalt sadestamise kaudu juhtmeis, osalt suurenenud väljauhtumise kaudu ja osalt ka lämmastiku mittetäieliku ärakasutamise läbi. Need kaod sunnivad niisutusnormi 35—50% võrra suurendama ja praktiliselt antaksegi põllu- ja juurviljakultuuridele 3000—5000 m^3/ha ja rohumaa-

dele kuni 10 000 m³/ha. Kuid niigi suure normi juures tuleb kaali ja fosfori osas ja mõnikord ka lubja osas anda lisaväetist.

Suuri raskusi kanalisatsioonivete kasutamisel väetavaks niisutamiseks tekitab asjaolu, et roiskvett tuleb pidevalt, aasta ringi, kuna aga taimed kasutavad vett ainult taimekasvu hooajal, ja sellelgi ajal mitte ühesugusel määral kõikidel kuudel. Kui niisutusväljad peavad vastu võtma kogu veehulga, mis kanalisatsioonist tuleb (mõnikord kuni 30 000 m³/ha kohta), siis maa üleküllastatakse veega ja lämmastiku osas ka väetis muutub ühekülgselt üleküllastatuks.

Enne niisutusväljadele juhtimist tuleb roiskvesi puhastada sellistest lisandeist, mis on kasutud ja võivad tekitada ummistusi juhtmeis, nagu paber, kaltsud, puutükid, koored, õled jne. Seevastu pole aga põhjalikum eelpuhastus — ei settimisbasseinidest läbijuhtimise teel ega ka bioloogiline puhastus — osutunud tulutoovaks, kuna see paratamatult vähendab roiskvee väetavat mõju. Peale vees lahustunud toitainete kannab roiskvesi niisutusväljadele ka mittelahustunud orgaanilisi jätteid, mis siin mineraliseerudes muutuvad samuti taimedele kättesaadavaks. Et see mineraliseerumine võiks kiiresti sündida, selleks peab maa olema hästi õhustatud. Õhustumine on parem kergetes pinnastes, seepärast ongi kerged pinnased eelistatavad niisutusväljade jaoks. Rasked savised maad on vähem sobivad; igal juhul vajaksid sellised niisutusväljad head drenaaži liigse vee kiireks ärajuhtimiseks. Dreenid asetatakse sügavale, nimelt 1,5—1,8 m, ja vahelaiusega 5—25 m, vastavalt pinnase läbilaskvusele. Drenaaž on tarvilik ka keskmise läbilaskvusega savi-liivamaadel. Turbamaade väetava niisutuse kohta puuduvad alles pikemaajalised kogemused, kuid Moskva läheduses Kosinos teostatud sellekohased katsed on andnud üsna lubavaid tagajärgi.

Roiskveega väetatav maa jagatakse väljadeks, suurusega kuni 10 ha. Väljad peavad olema hoolikalt tasandatud ja omama pikisuunas langu umbes 0,5%. Vesi juhitakse niisutatavale maale tavaliselt suletud torude abil ja jaguneb siin väljadele lahtisi kraave mööda. Veekiirus lahtistes kraavides ei või olla suurem lubatavast vastavale pinnasele, kuid ei või ka jääda väiksemaks kui 0,5—0,6 m/sek., sest vastasel korral setib suur osa vees hõljuvatest orgaanilistest ainetest mudana kraavi põhja. Veepind kraavides peab olema 10—15 sm kõrgemal veepinnast niisutusväljal. Kui niisutusväljad ka talvel peavad roiskvett vastu võtma, siis tuleb lahtised kraavid talveks kinni katta, et vesi neis mitte enne ära ei külmuks, kui see niisutusväljadele jõuab. Siin vesi muidugi külmub ja konserveerub jääkihina niisutusväljadel, kuni jää kevadel ära sulab ja vesi maa sisse imbub.

Taimekasvuajal toimub niisutus vaguniisutusena, kusjuures vaod tehakse 20—40 m pikad, 20—30 sm sügavad ja 0,75—2,0 m vahelaiusega. Vaod peavad omama langu, et vesi neid mööda pääseks voolama. Kuid veekiirus peab jääma piiridesse 0,2—0,4 m/sek. ja vaod võivad olla veega täidetud ainult kuni ¾ nende sügavusest.

Roiskveega niisutamine peab toimuma selliselt, et töötajad ei puutuks otseselt kokku roiskveega ja ka taimed, eriti nende produktiivosad, jääksid roiskveest otseselt puudutamata. Nõutav on ka, et vee jagunemine toimuks ühtlaselt ja et maa õhustamist ei katkestataks kahjustavalt pikaks ajaks. Põllutööde mehhaniseerimist niisutusväljadel ei tohi niisutussüsteemid liiga palju segada. Seepärast on põllumaadel valgutusniisutust võimalik kasutada ainult sel ajal, kui seal vilja peal ei ole. Taimekasvuajal aga saab niisutamist teha ainult vaguniisutuse kujul. Uuemal ajal on vihmutamisviisi hakatud kasutama väetavaks niisutamiseks. See viis omab suurt paremust selles mõttes, et ta ei vaja niisutatava pinna planeerimist. Kaugejoaliste vihmutajate abil on võimalik ühtlase tihedusega ja maad üleküllastamata niisutust sooritada, mille tõttu väetis jaguneb väga ühtlaselt. Seejuures säilib maas hea õhustamise võimalus ja üleniisutamise hädaoht on väiksem. Seetõttu on niisutamiseks kasutatavad ka vähem läbilaskvad maad. Vihmutamisviis kohtab aga raskusi selle läbi, et see ei ole kasutatav talvekuudel. Talvised roiskveed tuleb seepärast teisel teel niisutusväljadele juhtida. Ka tekitab vihmasadude puhul tugevalt lisanduva veehulga vihmutamine raskusi. Vihmutusseadeldis ei suuda kogu veehulka läbi lasta.

Roiskvetega niisutamisel saab maa palju vett, palju lämmastikku ja ka palju kloori. Seepärast sobib roiskveega niisutatavatel maadel kasvatada heintaimi ja juurvilja. Kartul ei ole sobivaks kultuuriks, sest ta tärkliseprotsent on siin tunduvalt (5—6%) madalam ja säilivus kujuneb halvaks. Ka lina ei õnnestu roiskvetega niisutatavatel maadel, peamiselt suure umbrohtumise tõttu. Samuti ei ole osutunud tasuvaks teraviljade kasvatus, kuna need ei kasuta ära lämmastikväetise üleküllust ja lamanduvad kergesti. Silotaimed seevastu annavad suurt saaki. Hea eduga kasvatatakse ka korvipaju, mis annab rikkalikku vitsamaterjali korvide punumiseks, ja paplit paberitööstuse jaoks.

Kuna linnade roiskvete kasutamine sünnib linnalähedastel maadel, siis on loomulik, et neil maadel püütakse viljelda eeskätt juurvilja inimtoiduks, mida linn vajab suurel määral, ja ka loomasöötasid piimakarja jaoks. Viimasel ajal on aga hoiatavaid hääli kuuldavale tulnud, mis manitsevad ettevaatusele roiskvete kasutamises eeltähendatud otstarbeks. Nimelt on sellist umbusku põhjustanud mõnin-

gad sanitaar-hügieenilisest vaatekohast soovimatud nähtused, mis roiskvete kasutamine endaga on kaasa toonud. On võidud tähele panna, et mitmete nakkushaiguste pisilased, mida linna kanalisatsioonivetega levitatakse niisutusväljadele, samuti kui ka sooleusside munad säilitavad kaua oma elujõu ja võivad neil maadel kasvanud toidujuurviljaga uuesti sattuda inimese organismi. Roiskvetega väetatud maal kasvanud juurvilja toorelt tarvitamine ongi väikelastel tekitanud paljudel juhtudel sooleusse. Roiskvetega väetatud alade kohal ja selle ümbruses (vähemalt 0,5 km kaugusel) leidub isegi õhus ohtlikke nakkushaiguste Coli-baktereid, ja peale selle suurel määral kärbseid. Ka on õhk nende maade kohal ja lähemas ümbruses pahalõhnaline. Neil kaalutlustel roiskvee väetist ei tule kasutada otseselt inimtoiduks toodetavate taimede kasvatamisel, nagu juurvili, puuvili, teravili ja toidukartul. Ka ei ole soovitav roiskvete juhtimine niisutusväljadele võimalikult värskena, nagu see oleks lämmastiku kadude vähendamise seisukohalt soovitav, vaid on vajalik lasta roiskveel enne läbi teha põhjalik bioloogiline käärimisprotsess. Tehniliste kultuuride viljelemiseks, mis on toitlusringist väljaspool, võib roiskvee niisutust ilma kahtluseta kasutada.

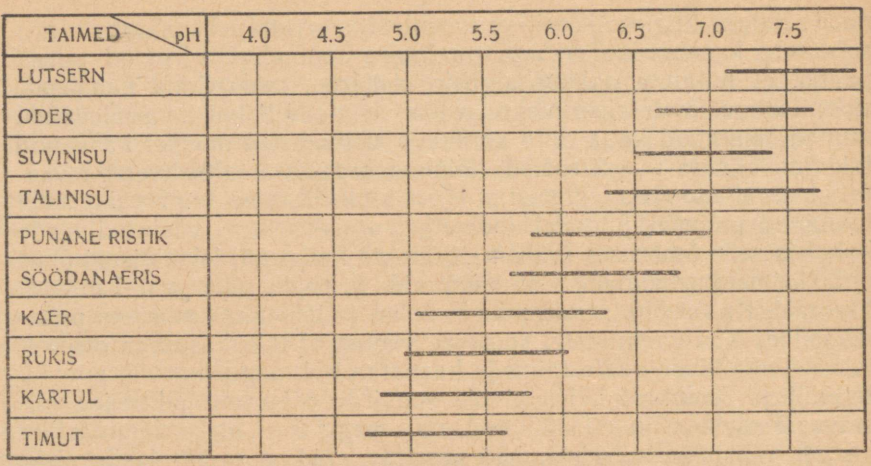
Küsimust roiskvee niisutuse kahjustavatest mõjudest pole veel kõigis üksikasjades küllaldaselt selgitatud, kuid teatav ettevaatus selliste seadeldiste projekteerimises suurlinnade lähedusse on tarvilik ja õigustatud.

VIII. Maaparandus pinnase parandamise võtetega.

Pinnase tootmisvõimet vähendavad sageli selle halvad füüsikalis-keemilised omadused. Pinnas võib nimelt omada taimekasvu jaoks ebasobivat reaktsiooni; ta võib olla liialt läbilaskev, liialt tihke või liialt kobe. Ja ta võib lõpuks samaaegselt omada mitut pahet korraga. Nende pahede kõrvaldamiseks või vähemalt nende vähendamiseks on olemas abinõud maaparanduse ainete näol. Tähtsamaid selliseid abinõusid on maade lupjamine, savitamine, liivatamine ja turba või muda andmine mineraalmaadele.

1. Lupjamine.

Teatavasti ei ole taimed ükskõiksed selle vastu, millise reaktsiooniga on muld, või täpsemalt — mulla lahus, millest taime juurekava võtab oma kasvuks vajaliku vee ja toitelahuse. Reaktsioon võib olla hapu, neutraalne või leelisene. Hapu või leelisene reaktsioon on tin-



Joon. 134. Mulla happesuse piirid eriviljade jaoks.

gitud ainete elektrolüütilisest osandumisest (dissotsiatsioonist), mis teatavasti seisneb selles, et nn. elektrolüüdid osanduvad lahuses iooni-deks. Reaktsiooni määrab vesiniku või hüdroksüülioonide kontsentratsioon mulla lahuses. Tavaliselt määratakse reaktsiooni H-ioonide kontsentratsiooni järgi. Kui lahuses on H-ioone sama palju kui puhtas, destilleeritud vees, s. o. $\frac{1}{10\,000\,000}$ grammi liitri kohta, siis on lahus neutraalne. On H-ioone rohkem, siis lahus on hapu reaktsiooniga, on neid aga vähem, siis on lahus leelise reaktsiooniga. Happesust märgitakse sümboliga pH ja vastava allindeksiga, millel on järgmine tähendus:

pH_3 vastab H-ioonide kontsentratsioonile $\frac{1}{1000}$ ehk 10^{-3} g/l
pH_4 „ „ „ $\frac{1}{10\,000}$ ehk 10^{-4} g/l
pH_5 „ „ „ $\frac{1}{100\,000}$ ehk 10^{-5} g/l
pH_6 „ „ „ $\frac{1}{1\,000\,000}$ ehk 10^{-6} g/l
pH_7 „ „ „ $\frac{1}{10\,000\,000}$ ehk 10^{-7} g/l

jne.

Sellest nähtub, et pH arv on kontsentratsiooniarvu logaritm vastupidise märgiga. Ühtlasi selgub siit ka, miks happesuse suurenedes pH arv väheneb.

Maa happesusest annavad tunnistust väikese oblika, põld-nälg-heina, põld-kaderohu ja kassiristiku esinemine. Seevastu liblik-õielised ei kasva hapul maal. Sootaimestiku esinemine on samuti

maa happesuse tunnuseks. Eriti hapud on sood, kus kasvab tuppeline villpea (*Eriophorum vaginatum*), kukemari (*Empetrum nigrum*), sookail (*Ledum palustre*), murakas (*Rubus chamaemorus*). Happesuse täpsem määramine sünnib laboratoorsel teel.

Põldtaimede nõuded mulla reaktsiooni suhtes ei ole ühesugused. See ilmneb kujukalt joonisest nr. 134, millel on näidatud mõnede tähtsamate kultuurtaimede jaoks mulla reaktsiooni optimaalsuse piirid. Lutsern, oder ja nisu vajavad ligikaudu neutraalset reaktsiooni, timut, kartul, rukis ja kaer lepivad aga hapuma reaktsiooniga.

Akadeemik V. R. Viljams põhjendab maa reaktsiooni hapuks muutumist järgmiselt. Liigse niiskusega ilmastiku vööndis, milles meiegi vabariik asetseb, on põldude mulla reaktsioon alumosilikaatse aluspõhjaga maadel sageli liiga hapu. Seda on põhjustanud pikkade aegade kestel toimunud lubja väljauhtumine mullast. Igal sügisel sadude järel, kui maa on üleküllastatud veega, toimub pinnase pealmises kihis allapoole suunatud vee liikumine. Ülemäärane vesi valgub põhjavette, viies endaga kaasa süsihappelupja. Puhas vesi lahustab vähe süsihappelupja, kuid kui vesi sisaldab endas süsihappegaasi, siis ta lahustav võime on suur ja seda suurem, mida külmem on vesi. Sajuvesi, mis endas ikka sisaldab süsihappegaasi, valgudes läbi mullakihi, lahustab siin leiduvat süsihappelupja, kusjuures sügavamale nõrgudes vesi üha enam jahtub ja sedamööda kasvab ka tema lahustav toime. Kevadel ja suvel toimuv vee kapillaarne liikumine põhjaveest ülespoole traspordib küll jälle lupja ülespoole, kuid vee tõusuga ülespoole see üha soojeneb ja sedamööda eraldub veest ka temas lahustunud lubi, pääsemata ülemisse mullakihti. Selline protsess kordub aastast aastasse ja pealmine mullakiht muutub üha vaesemaks lubjasisalduse poolest. Peale otsese väljauhtumise väheneb mullakihi lubjasisaldus kultuurmaadel veel selle läbi, et saakidega võetakse igal aastal teatav osa lupja maast välja, ja ka selliste mineralväetiste tarvitamine, mis jätavad mulda vaba hapet, võib lisada mulla happesust.

Sedamööda, kuidas väheneb lubjasisaldus mullas, hakkavad selles tekkima vaba happe ülejäägid, sest lubja vähesuse tõttu jääb sidumata osa happeid, mis tekivad orgaaniliste ainete lagunemise tagajärjel mullas. Kasvav maa aktiivne happesus halvab mikroorganismide tegevust mullas ja toob kaasa kõik sellega seotud pahed, mis kogusummas mulla viljakust vähendavad. Ka väetusained sellises maas ei pääse enam täiele mõjule.

Taimekasvu tingimuste parandamiseks vajavad hapud maad lupjamist. Seda toimingut akadeemik Viljams melioratsiooniks siiski ei loe, sest lupja ei anta nii suurel hulgal, et see asendaks kogu väljauhtunud lubja määra. Suurt lubjaannust Viljams ei pea soovi-

tavakski, sest esiteks oleks see majanduslikult ebaratsionaalne ja teiseks on taimed tundlikumad leelise kui hapu reaktsiooni suhtes mullas.

Reaktsiooni muutmisega mullas soodustab lupjamine nitrifikatsiooniprotsessi, kuid ühtlasi ka orgaaniliste ainete lagunemist, millel võib olla tugeva lubjaannuse puhul halb mõju, kui muld on huumuse poolest vaene, nagu seda kergemad mullad tavaliselt ongi. Mineraalmaadel lupjamise mõju seisneb järgmises: 1) taimede kahjulik happesus alandatakse, 2) mullas leiduvad toitevarud muudetakse taimedele paremini kättesaadavaks, 3) mulla füüsikalised omadused ja struktuur paranevad ja 4) mullabakterite tegevus elustub. Teatav mõju on lubjal ka otsese taimetoitainena.

Savimaades mõjub lupjamine eriti maa kaalivarusid mobiliseerivalt ja parandab ka maa struktuuri, muutes seda muredamaks ja kergemini haritavaks.

Turbamaade lupjamine on osutunud tarvilikuks selliste põllukultuuride kasvatamise puhul, mis ei talu haput keskkonda, nagu näiteks liblikõielised. Soos savitamine asendab teataval määral lupjamist. Madalsood on meil sageli seevõrra lubjarikkad, et need lupjamist ei vaja.

Eesti NSV-s asetsevad dr. O. Halliku andmeil ligikaudu pooled muldadest lubjavaesel aluskivimil, nimelt devoni liivakivil, ja kuuluvad leetmuldade hulka. Sellepärast võib arvata, et nende reaktsioon on hapu. O. Halliku uurimuste andmeil, mis on saadud ligi 6700 proovi analüüsimise tulemusena, ongi selgunud järgmine pilt Lõuna-Eesti muldade happesuse kohta:

Maakond	Muldasid °/₀°/₀ happesusega			
	pH ⩽4,5	pH 4,6—5,5	pH 5,6—6,5	pH 6,5
Võrumaal . . .	33,2	51,8	10,4	4,6
Valgamaal . . .	23,5	51,8	19,4	5,3
Pärnumaal . . .	13,0	27,0	26,6	33,4
Tartumaal . . .	5,3	43,5	29,4	21,8
Viljandimaal . .	5,0	37,7	32,6	24,7

Tunduv osa Lõuna-Eesti põllumuldadest kannatab seega liigse happesuse all, mis nende maade viljakust tunduvalt vähendab. Mulla viljakuse tõstmiseks on tarvilik teostada muldade lupjamist. Selleks pakuvad häid võimalusi O. Halliku poolt Lõuna-Eesti osas avastatud 105 mageveelubisetete lasundit, millele tõenäoliselt lisandub muidki, veel avastamata lasundeid. Väga sobiv lupjamiseks on ka põlevkivituhk. Lubjatarbe suurus kujuneb O. Halliku järgi 2700—

5200 kg ha kohta. Lupjamise tagajärjel loodab O. Hallik Lõuna-Eesti osas saake tõusvat kuni 100 000 tonni võrra aastas. Põhja-Eesti osas on põllumuldade reaktsioon lähemalt alles uurimata.

Selle tõttu, et üheaastased põldtaimed enamasti eelistavad nõrgalt haput kasvukeskkonda, ei tule lupjamist ette võtta vahenditult enne külvi, vaid aegsasti enne seda; suviviljadel näiteks eelmisel sügisel. Kui külvikorras on kartul või lina, ei tule lupja anda nende kultuuride külvi eel, vaid võimalikult kaugemal neist. Mitmeaastaste heinapõldude lupjamine on kasulik; seepärast on soovitav külvikorras lupja anda heinapõllule. Lubi tuleb ühetasaselt külvata, kusjuures küntud maale külvates tuleb lubi madalalt sisse künda ja ristisuunas künnile veel üle äestada. Mida peenemana seda antakse ja mida paremini toimub segamine mullaga, seda suurem on mõju. Lubja mõju kestab 8—10 aastat, mille järel seda tuleb korrata. Lubjaannuse suurus määratakse mulla hüdrolüütilise happesuse järgi. Põhjalikuks maa parandamiseks antakse tavaliselt ühekorraga selline hulk lupja, mis vastab mulla hüdrolüütilisele happesusele; seda nimetatakse normaal-annuseks. Eri koostisega muldadel lubja normaalannus on Kedrov-Zichmani järgi järgmine:

liiva- ja saviliivamaadel . . 2—3 tonni/ha
liivasavimaadel . . . . . 3—5 „
savimaadel . . . . . 5—8 „

Neis piirides hapumatel maadel kasutatakse suuremaid annuseid ja vähem hapudel väiksemaid.

Hapude muldade lupjamine annab tunduvat saagi suurenemist. See ilmneb kujukalt järgmistest akadeemik O. K. Kedrov-Zichman'i poolt Eesti NSV Teaduste Akadeemia põllumajanduslikul sessioonil jaanuaris 1947. a. ettekantud andmetest:

Lupjamise keskmine efektiivsus NSV Liidu happestel muldadel.

Kultuurid	Enamsaak (lubja normaal-annuse mõjul) tsentnerites ha kohta	
	rasketel muldadel	kergetel muldadel
Rukis ja kaer (tera)	3—5	2—3
Oder „	3—5	2—4
Suvinisu „	2—5	
Talinisu „	3—7	
Ristikhein	10—15	
Viki- kaera segatis	5—8	
Söödapeet ja -kapsas	40—100	
Söögipeet ja -kapsas	30—80	
Kartul	10—30	5—12
Kanep (varred)	4—10	
„ (seeme)	1,5—2,5	

Nõukogude Liidus tehtud katsete alusel leiab Kedrov-Zichman, et iga tonn lupja annab 8-väljalise külvikorra kestel lisasaaki, mille suurus teraviljale ümberarvestatult on keskmiselt 5 tsentnerit ehk 0,5 tonni.

Lupjamine on menetlus, millega luuakse mullas soodsad vahekorrad H, Ca ja Mg katioonide vahel. Üleliidulise Väetamise Agrotehnika ja Mullateaduse Instituudi Lubjalaboratooriumi uurimused on näidanud, et magneesium aitab tõsta lupjamise mõju. Seepärast on soovitav kasutada lupjamiseks dolomiitlubjakivi ja dolomiidijahu; seda enam, et akadeemik Kedrov-Zichmani andmeil magneesiumisisaldus suurendab ka lupjamise head mõju saagi kvaliteedi paranemisele. Lupjamiseks on võimalik kasutada ka põlevkivituhka, kuid seda tuleb anda 3 korda rohkem kui lupja, sest ta lubjasisaldus on 35—40%.

2. Savitamine ja liivatamine.

Savi võib kasutada liivamaade ja ka turbamaade parandamiseks. Liivamaadel siduvate kolloidide puudus ja sellest tingitud üksikteraline struktuur paraneb savi juurdelisamisega. Ühtlasi suurendab savi juurdelisamine liivamaade liiga vähest veemahtuvust ja kapillaarset veejuhtivust, mille tõttu liivamaade põuakindlus tunduvalt tõuseb. Esialgu liivamaade parandamine savi juurdelisamise teel pole meil põllumajanduses veel kuigi palju levinud suurte kulude tõttu, mida selline töö nõuab. Küll aga on see maaparanduse viis praegugi hea eduga kasutatav aiamaade parandamisel.

Suuremat tähtsust omab aga savitamine turbamaade parandamisel. Savi lisamisega turbamullale suureneb tunduvalt selle soojusjuhtivus ja turbamuld muutub tihedamaks. Soojusjuhtivuse suurenemine omab suurt praktilist tähtsust. Maa soojeneb kevadel varem vajaliku sügavuseni, mis võimaldab varemat taimekasvu algust. Sügisel väheneb varajaste öökülmade hädaoht ja selle tõttu taimede kasvuaeg pikeneb ning saagikindlus suureneb. Väga tähtis on ka suviste öökülmade tunduv vähenemine. Seda näitab kujukalt B. D. Onoško toodud näide Volhovi katsepunktist, kus üks juulikuu öökülm hävitas kaeraorast järgmiselt:

savitamata põllul	31%
savitatud põllul (200 m³/ha)	10%
„ „ 300 „	6%
„ „ 400 „	5%

Taimed, mis rohkem soojust nõuavad kui kaer, reageerivad savitamisele veelgi soodsamalt.

Sama katsepunkti vaatlused 1929. a. savitamise mõju kohta mulla reaktsioonile näitasid, et samal ajal, kui pH arv savitamata maal oli 3,80, see 300 m³/ha suuruse savihulgaga savitatud maal oli 4,25. Savi neutraliseerivat mõju kinnitavad ka katseandmed Murmanski katsejaama Kemi ja Solovki katsepunktides 1930—1934. a., kus selgus, et 200 m³ savi ha kohta omab 3 tonni lubjale vastavat neutraliseerivat mõju.

Mitte vähem tähtis on turbamulla tihendamine, mida savitamisega saavutatakse. Liialt kobe turbamuld kuivab pinnalt suvel liiga ära, sest oma kerguse tõttu ta ei vaju küllaldaselt kokku. Selle tõttu katkeb vee kapillaarne tõus allpool olevatest niiskematest kihtidest ja taimed kannatavad põua all. Talvel kergitab külm turbamaa pealmist läbijäätuvat kihti ja põhjustab seega taimejuurte katkirebimist ning kamarakihi eraldamist alumistest kihtidest. Kui kamarat kevadise rullimisega uuesti ei vajutata ühendusse alumiste kihtidega, siis katkeb vee kapillaarne tõus altpoolt ja taimed kannatavad jällegi veepuuduse all. Savi juurdelisamisega muutub turbamuld tihedamaks ja seega põuakindlamaks. See tuleb eriti selgelt nähtavale neil aastail, mil suvel on vähe sademeid. Nii näiteks oli saak Arhangelski katsepunktis 1922. a. kultuurniidult:

savitamata maal	16,5 z/ha ehk 100%
savitatud maal (100 m³/ha) . .	35,4 z/ha ehk 214%
liivatatud maal (100 m³/ha) . .	24,3 z/ha ehk 148%

Lisaks sellele, et savi suuresti parandab turbamaa füüsikalisi omadusi, mõjub savi ka otsese väetusainena, eriti kaaliväetuse osas. Kõigi nende maadparandavate mõjutuste toimel, mida savitamine omab turbamaal, tõusevad saagid ja vähenevad umbrohud. Saakide suurenemine ei ole aga ühesugune kõikidel soodel, vaid on eriti tunduv kõrgsoode ja ülemineku-soode (siirdesoode) osas, kuid tunduvalt vähem madalsoode osas. Leningradi oblastis Volhovi katsepunktis 1926. a. tehtud savituskatse kõrgsool (tõsi küll, õige suure saviannusega, nimelt 400 m³/ha) andis P. Turnas'e andmeil järgmisi tulemusi:

Kultuur	Saak z/ha	
	savitamata	savitatuna (400 m³/ha)
Kaer (terasaak 1927. a.)	1.6	19,5
Segatis 1928. ja 1929. a. keskm. . . .	2.8	33,4
Kultuurhein 1930—1932. a. „	0.0	34,1

Samas katses toimetatud vaatlused umbrohu esinemise ja üksikute heinaliikide kohta näitasid 3 aasta keskmise tulemusena järgmist:

Heinaliik	Esinemise rohkus %-des, kui savi annus oli m³/ha			
	0	200	300	400
Umbrohud	100	41,1	27,7	16,9
Rootsi ristikhein	0,0	11,8	15,7	16,7
Punane „	0,0	7,2	8,8	8,8
Timut	0,0	8,6	20,1	30,3
Pärisharuhein	0,0	6,7	11,3	9,4
Valge kastehein	0,0	8,6	6,2	6,1
Aasnurmikas	0,0	11,4	5,2	8,3
Inglise raihein	0,0	4,6	5,0	3,5

Rabal vili ja hein ilma savitamata mainimisväärset saaki ei andnud, kusjuures hein langes täielikult välja juba esimesel aastal ja maa kattus umbrohtudega. Ühtlasi nähtub, et saviannuse kasvamisega umbrohtude protsent väheneb.

Ülemineku- ehk siirdesool toimetatud katse Arhangelski katsepunktis andis kultuuri alla võtmise esimesel aastal saaki:

savitamata maalt . . . . . 73,9 z/ha ehk 100%
savitatud maalt (annusega 200 m³/ha) . . . . . 114,6 z/ha ehk 155%

Siingi on saagi lisandus tunduv.

Madalsool on mõju suhteliselt väiksem. See ilmneb järgmistest andmetest (Volhovi katsepunktist):

Kultuur	Enamsaak savitamise tagajärjel annusega 300 m³ ha			
	Madalsool		Kõrgsool	
	z/ha	%	z/ha	%
Kaer (tera)	2,6	22	14,3	865
Segatis heinaks	17,7	80	28,5	751
Esimese aasta hein	42,5		37,4	

Analoogilised katsed Valge-Vene NSV Minski Sooinstituudi katsejaamas on näidanud, et teravili ja eriti talinisu, mis savitamata maal kannatab väga palju öökülmade all, maa savitamise tagajärjel lisandus saaki 6,8 tsentnerilt 26,2 tsentnerile hektaarilt. Seevastu kaerasaak Minski sookatsejaamas savitamise tagajärjel ei tõusnud.

Eesti NSV kohta puuduvad esialgu alles andmed savitamise mõju kohta maaparanduse ainena; kuid eeltoodud andmed naabermaadest lubavad oletada ligikaudu samu tagajärgi meilgi.

Mis puutub saviannuse suurusesse, siis on katsed näidanud, et kuni 200 m^3/ha kohta antuna on mõju suur, kuid sellest suuremad annused on ainult vähe saake lisanud. Seepärast võib pidada sobivaks annuseks: kõrgsool 200—250 m^3/ha, ülemineku- ehk siirdesoodel 100—150 m^3/ha ja madalsoodel mitte üle 100 m^3/ha.

Savi on otstarbekohane vedada soole juba talvel. Soovitav on seda ühtlasi kohe ka laiali ajada. Talve kestel savi mureneb hästi, ja samaaegselt muutuvad oksüdeerumise läbi kahjutuks need võimalikud kahjulikud lisandid, mida savi võib-olla sisaldab. On soovitav savi enne siiski ka veel analüüsida lasta. Analüüsimine on tingimata tarvilik sel juhul, kui savivedu toimub vahenditult enne kündi, näiteks kevadel või suvel. Savi tuleb võimalikult ühtlaselt laiali ajada maapinnale ja hästi turbaga läbi segada. See sünnib kõige otstarbekohasemalt kas maafreesi abil või tarktorikünniga koos järgneva kahekordse hoolika randaalimisega.

Savitamine on enamasti alati seotud suure töökuluga; eriti kui savi tuleb kaugemalt vedada. Ja kuna esialgu on kultuuri alla võetud peamiselt häid, lubjarikkaid madalsoid, kus ka ilma savitamiseta (ainult mineraalväetisi kasutades) on saadud häid saake, siis ei ole savitamist meil seni peaaegu sugugi veel tehtud. Kuid kui üleshar imise järg jõuab keskmise väärtusega ja halvemate soodeni, siis muutub savitamise küsimus aktuaalseks. Ta võib selliseks kujuneda ka neil juhtudel, kus kaaliväetist, mida sood tingimata vajavad, ei ole küllaldaselt saada.

Ka liivatamine parandab turbamaa füüsikalisi omadusi, kuid väetav mõju on tal väga väike. Seetõttu ka liivatamise mõju saakide suurenemisele jääb tunduvalt väiksemaks savitamise mõjust. See nähtub eespool mainitud katsest Arhangelski katsepunktis ja umbes samalaadilisi tulemusi on saadud ka mujal. Nii on näiteks olnud Rootsis Sickelsjös ühe katse 10-aastase keskmisena kultuurheina enamsaagid madalsoolt:

Liivatamisel:		Savitamisel:	
200 m^3/ha andes	— 680 kg	100 m^3/ha andes	— 2299 kg
300 „ „	— 970 „	200 „ „	— 2165 „
400 „ „	— 1395 „	300 „ „	— 2205 „

Meil, end. Tooma Sookatsejaamas (nüüd ENSV TA Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaali) madalsool toimetatud liivatamise

katse on andnud hoopis väikesi enamsaake. Nimelt on 5 aasta keskmisena (1933—1937) kultuurniidusaagid olnud järgmised:

liivatamata maal	4954 kg/ha	ehk	100%
liivatatud 200 m³/ha annusega . .	4957 „	„	100,1%
„ 400 „ „ . .	5179 „	„	104,5%

Seega on keskmine enamsaak aastas olnud ainult 225 kg/ha kohta niigi suure liivahulga juures nagu 400 m³/ha, mis ühetasaselt üle pinna jagatuna moodustaks juba 4 sm paksuse kihi. Üheaegselt saakide määramisega on selles katses toimetatud vaatlusi ka heinakamara koostise kohta. Vaatlused näitasid, et liivatamine mõjus soodustavalt aruheina arenemisele ja püsimisele niidu heinkamaras. Seevastu aasnurmik ja soonurmik arenesid paremini liivatamata pinnal. Timuti esinemise rohkuses polnud vahet märgata. Tooma katsetulemustest selgub, et madalsoode liivatamine rohumaakultuuri puhul on ebatasuv. Kõrgsoode liivatamise kohta meil katseid pole tehtud, kuid mujal toimetatud katsete järgi otsustades peaks neil maadel liivatamine andma paremat efekti, kuigi mitte savitamisega võrdset.

Omaette liigi pinnase parandusi moodustab nn. Rimpau viis ehk kattekultuur, mis seisneb selles, et haritava soo pind kaetakse üleni 10—12 sm paksuse mineraalmaa kihiga ja ainult seda kattekihti haritaksegi. Vajalik mineraalmaa, tavaliselt liiv, saadakse kraavidest, mida kaevatakse sama soo kuivendamiseks. Selline pinnase paranduse viis on väga suure töökuluga seotud. Pealegi on ta rakendatav ainult suhteliselt õhukese turbakihiga sool, mille aluspõhjas leidub sobiva koostisega mineraalmaad. Seda pinnase paranduse viisi meil ei ole kasutatud.

3. Turvas ja muda maaparandusainetena.

Põuaargade liivamaade ja raskete savimaade parandamiseks saab hea eduga kasutada turvast ja muda. Turvas ja muda rikastavad liivamaad huumusega. Selle toimel paraneb liivamaa struktuur ja suureneb ta veemahtuvus, mis tõstab liivamaa põuakindlust. Ühtlasi on aga turvas ja muda ka tähtsaks liivamaa rikastajaks taime toitainete, eriti lämmastiku poolest.

Ka savimaal avaldab turvas ja muda parandavalt pinnase omadustele. Siin avaldub see mõju raskelt haritava savimaa muredamaks tegemises, mis on tingitud huumuse võimest liita struktuurituid peeni saviterakesi suuremateks sõmerateks. Ühtlasi rikastub maa lämmastiku poolest ja maas olevad väetise varud, peaasjalikult

kaali, muutuvad paremini mobiilseiks. Maa muutub kergemini haritavaks ja mullabakterite tegevus elavneb tunduvalt. Kõige selle tagajärjel tõuseb maa viljakus. Turvas on maaparanduseks seda sobivam, mida enam ta on lagunenud. Vähelagunenud *sphagnum*-turvas ei sobi niisugusena kasutada. Seda saab aga kasutada hea eduga aluspõhuks laudas ja turbasõnnikuna on ta väga hea nii maaparandusainena kui ka väetusainena. Väga hea maadparandava ja väetava mõjuga on muda, mis saadakse tiikide puhastamisel ja jõepõhjast. Kõigi vesiveskite juures koguneb pealpool paisu jõepõhja aegade jooksul rohkesti muda, mis veskijärve veemahtu vähendades toob tööstusele kahju; seda enam, et tekkivale mudale hakkab kasvama hulgaliselt mitutliiki veetaimi, mis omalt poolt veelgi soodustavad veskijärve ummistumist ja takistavad vee juurdevoolu. Seepärast on tarvilik veskijärvi aeg-ajalt puhastada, eriti madalamaid. Sellisel puhastamisel väljavõetav muda tuleb kaldale asetada, kuivada lasta ja selle järel viia maaparanduse ainena rasketele savipõldudele või põuaargadele liivamaadele.

Turvast ja muda ei tule põllule vedada värskena, sest sellisena sisaldab see palju vett, mille vedu põhjustaks tarbetut lisakulu. Seepärast tuleb turba või muda väljakaevamist toimetada juba eelneval varasuvel, soovitavalt juunikuus; siis jõuab see põllule veoajaks vajalikul määral läbi kuivada ja ka tuulduda. Põllule vedu toimub kas sügiskünni eel või varatalvel. Hektaari kohta antakse 50—100 tonni turvast või muda.

Turba mõju suureneb tunduvalt, kui teda muuta turbasõnnikuks või kompostiks. Üks lihtsamaid selliseid viise on Minski Soouurimise Instituudi poolt väljatöötatud viis, mis seisneb selles, et kuivendatud soo (turba veesisaldusega 75—80%) küntakse ümber ja selle järel, kui künnimättad on tahenenud, randaalitakse põhjalikult. Umbes 1—1½ nädala pärast, kui kohendatud kihis turba veesisaldus juba on alanenud 60—70% peale, kogutakse turba puru kokku mullakühvli abil või lumesahataolise riista abil pikkadeks vallideks, umbes 2 m laiusega ja 0,4 m kõrgusega pikuti kündi. Selle järel randaalitakse vallidevaheline osa künnist uuesti ja saadakse ca 1½ nädala järel teine kiht kuivendatud turbapuru, mis samuti eelkirjeldatud viisil kogutakse kokku ja pannakse vallile peale. Enne seda aga laotatakse turbavallile 8—10 sm paksune kiht laudasõnnikut. Niisuguses vallis toimub sõnniku kaasmõjul komposteerimisprotsess juba 1 aasta jooksul, mille kestel kompostivall kaks korda läbi kaevatakse. Suurem sõnnikusisaldus jõudlustab käärimisprotsessi ja võimaldab juba 4—6 kuuga saada kõlblikku komposti. Juunikuu algul valmistatud komposti saab heal juhul juba sama aasta taliviljapõllu väetamiseks kasutada. Ühelt hektaarilt saab sel viisil kuni 1000 tonni komposti,

mis võimaldab täisväetuse andmist 25—30 ha suurusele mineraalmaa põllule. Ühest laudasõnniku kaaluühikust saab 4 kaaluühikut komposti, mille väetav toime ei jää vähemaks tavalise laudasõnniku mõjust. Väga otstarbekohane on valmistada turbakomposti fosforiidi juurdelisamise teel. Selleks võib fosforiiti puistata turbasõnniku komposti sisse, võttes fosforiiti 1—2% komposti materjali kaalust, mille tulemusena saadakse väärtuslik ja kiire mõjuga väetusaine. Võib aga ka ilma sõnnikuta valmistada turba- ja fosforiidikomposti, võttes 6—10 kaaluosa fosforiidi kohta 100 kaaluosa õhukuiva sammalturvast ja segades fosforiiti turbaga. Turba hapu reaktsioon mõjub fosforiidile, muutes seda kergemini lahustuvaks, kusjuures turba lahustav mõju on seda suurem, mida hapum on turvas. Seepärast vähelagunenud rabasambla-turvas on sobivam kasutada komposti valmistamiseks kui hästikõdunenud turvast madalsoolt, mis oma lubjarikkuse tõttu enamasti mõjub ainult nõrgalt fosforiidile. Turbakomposti valmistades tuleb kasutada ainult peenendatud turvast. Labidaga lõigatud turbapätsidest ilma peenendamata ei saa komposti. Komposteerimiseks pole vaja turvast rohkem kuivatada, kui ainult seevõrra taheneda lasta, et ta veesisaldus jääks 60—80%. Nagu A. Avaste uurimised on näidanud, võib turvas heal juhul muuta peaaegu kogu fosforiidis leiduva trikaltsiumfosfaadi di- ja monokaltsiumfosfaadiks, kusjuures ca 60% sellest muutub vees lahustuvaks.

Foforiidi-turbakomposti tarvitamine mineraalmaadel võimaldab rikastada neid maid huumusaine poolest, millel on suur mõju nende maade viljakuse tõusule.

IX. Uudismaade harimine.

1. Uudismaa harimise eesmärk.

Meie maa põllumajandus areneb loomakasvatuse suunas; seda tingivad siinsed looduslikud ja majanduslikud tingimused.

Looduslikud heina- ja karjamaad annavad praeguses seisukorras heal juhul ainult 400 sü-d ha kohta saaki, võiksid aga kultuurrohumaana anda 1500 — 2000 sü-d ha kohta. Praegu on kultuurrohumaid alles väga vähe. Ülesanne seisnebki selles, et vähetootvaid looduslikke rohumaid muuta tootlikeks kultuurmaadeks ja eeskätt just kultuurrohumaadeks, kuna sel teel loomasööda tootmine nõuab kõige vähem töökulu. Kui võtta juurvilja tootmise tööjõu nõudluseks 1 sü kohta 100, siis on tööjõukulu 1 sü kohta: nii-

duheinal 60, kartulil 49, odral 47, vikiheinal 41, rukkil 33, kaeral 31, põldheinal 20, kultuurkarjamaal aga ainult 6,5. Seejuures on kultuurkarjamaa toodang võrreldes muude kultuuride toodanguga küllalt kõrge. Nii olid meil 1931—1934. a. söödakultuuride ha-saagid karjamaa kontrolli teostavates majapidamistes järgmised:

Kultuur	1931—1934.a. keskmine saak 1 ha kohta	
	seeduvat valku kg	söödaühikuid
Juurvili	309,1	5338
Kultuurkarjamaa	235,3	1929
Põlluhein	207,4	1802
Kultuurniit	189,9	1950
Rukis	179,9	2403
Segavili	174,2	1939
Vikihein	169,2	1359
Kartul	130,8	3634
Kaer	118,5	1706
Oder	111,2	1926
Looduslik niit	45,5	468

Neist arvudest nähtub, et seeduva valgu saagi poolest jääb kultuurkarjamaa ainult juurviljast taha, kuid on muudest põlluviljadest ees. Eriti silmatorkav on vahe loodusliku niiduga võrreldes. Ka söödaühikute saak on kõrge. Siit järeldub, et kultuurrohumaad võimaldavad toota vähese tööjõu kulu juures rohkesti kõrgeväärtuslikku loomasööta. Seepärast tuleb meil vähetootvad looduslikud heina- ja karjamaad muuta peamiselt kultuurrohumaadeks. Ainult sel teel on võimalik kindlustada vajalikku söödabaasi meie kiiresti arenevale loomakasvatusele.

2. Olemasolevad maareservid ja nende viljelusväärtus.

a) Maareservid.

Nende maareservidena, millede arvel uusi kultuurrohumaa pindalasid luuakse, tulevad küsimuse alla peamiselt praegused looduslikud rohumaad: heinamaad ja karjamaad. Ainult vähesel määral võib tarvidus tekkida metsamaade või rabade ülesharimiseks.

Olevail andmeil kannatab meil umbes 45% looduslikest rohumaadest liigvee all, kusjuures 18% on soomaadel, ülejäänud osa aga soostunud mineraalmaal. Peaaegu pool kogu maa-alast vajab laastamist ja 20% kividest puhastamist.

Kogu see maareserv ei ole muidugi ühesuguse viljelusväärtu-

sega. On häid maid, millede ülesharimisel kultuurmaaks on kindlasti ette näha kõrgeid ja püsivaid saake; on maid, mis kõlbavad küll ka üles harida, aga ei anna mitte sama häid tulemusi või vähemalt nõuavad selleks enam kulu. Ja lõpuks on selliseidki maid, mida esialgu ei olegi tasuv üles harida põllumajanduslikuks maaks, vaid on otstarbekohasem jätta metsa alla. Rahuldavate majanduslikkude tulemuste saavutamiseks uudismaade harimisel on seepärast tarvilik teada, millist viljelusväärtust omab üks või teine maa.

b) Uudismaade viljelusväärtus.

Maadel, mis ei kannata liigvee all, oleneb viljelusväärtus pinnase koostisest.

Savimaad ja liivasavimaad kuuluvad heade maade hulka. Peeneteralise koostise tõttu on nende veemahtuvus suhteliselt suur, mis neid teeb põuakindlateks. Nad on suhteliselt rikkad ka taimetoitainete poolest. Sellistel toiteainerikastel maadel on looduslik taimkate liigirikas ja lopsakas. Puudest esinevad sanglepp, valgelepp, pihlakas, vaher, toomingas, kuusk. Põõsasrindes esinevad paakspuud ja sarapuud ning rohurindes — liblikõielisi, nagu hiirehernes, aasseahernes, ristikhein, paiseleht, teeleht, köömen, jaanikakar jt.

Niisuguste maade ülesharimine on tavaliselt raske, sest suurte lehtpuude juurimine nõuab palju tööjõu kulu. Ka leidub neil sageli kive.

Saviliivamaad on rohke liivasisalduse tõttu kergemad harida, kuid nad on vähem põuakindlad eelmistest, kuna nende veemahtuvus on väiksem. Taimkate on siin ka vastavalt vähem lopsakas ja vähem liigirikas ning nõudlikumad liigid puuduvad üldse. Puurindes domineerivad kask ja haab, põõsasrindes on pajud, rohurindes leiduvad: nälghein, robihein, lambaaruhein, kastiku liigid ja harilik kastehein.

Kõige vähem viljakad on liivamaad ja Põhja-Eesti paepealsed maad (rühkmullad). Need on põuaarad maad väga vähese veemahtuvusega. Liivamaadele on tunnusomasteks taimedeks mänd, kanarbik, jusshein, kassikäpp, piimalill, lambaaruhein ja teised vähenõudlikud taimed. Liivamaade ülesharimine vajab küll palju vähem tööjõudu kui raskema pinnasega mineraalmaad, kuid tulemused on ka nõrgad ja sageli on otstarbekohasem neid maid metsastada. Põhja- ja Loode-Eesti paepealsed maad väga õhukese mullakihiga ei ole ülesharimiseks sobivad.

Soostunud mineraalmaade viljelusväärtuse määrab nende aluspinna koosseis. Õhuke, mitte üle 20 sm paksune turbakiht seguneb harimisel mineraalse aluspinnaga ja kõduneb aja jooksul. Seetõttu

soostunud mineraalmaadest kujunevad huumuserikkad maad. Nende ülesharimine nõuab veeolude korraldamist ja tehtud kuivendussüsteemide pidevat korrashoidu, kuid juurimise osas on ülesharimise töö tavaliselt kergem kui maadel, mis liigvee all ei kannata.

Soostunud mineraalmaadel ja liigvee all mittekannatavatel mineraalmaadel võib suur kivide rohkus olla takistuseks ülesharimisele. Mõnel juhul annavad sellised maad endid osaliselt muuta kultuurkarjamaaks, sageli aga jääb ainukeseks võimaluseks neid metsastada.

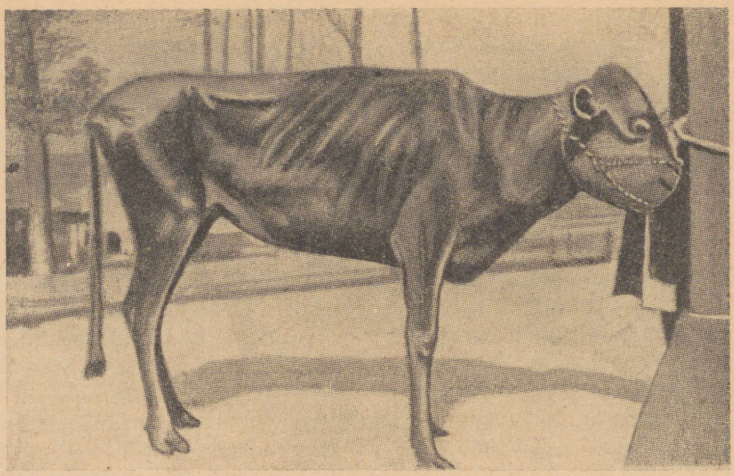
Soomaade viljelusväärtust põllumajanduslikuks kasutamiseks on üksikasjalisemalt käsiteldud peatükis «Liigvee all kannatavad maad». Sood oma viljelusväärtuse poolest rühmituvad alanevas väärtuse järjekorras järgmiselt: lubjarikkad rohusood, sanglepalodud, kaselodud, tarnsood, lodurabad ja rabastunud sood. Neist halvemad sootüübid: puhmasrabad, nõmmrabad ja laugasrabad on nii vähese viljelusväärtusega, et neid esialgu ülesharimisele ei tasu võtta, kuni meil alles suured pindalad hea viljelusväärtusega soid seisab peaaegu kasutamata.

Kultuurniiduks muudetud keskmise väärtusega soo võib anda aastas senisest kehvast saagist vähemalt 1000 söödaühiku võrra suuremat saaki. Kui seda ümber arvata piima peale, lähtudes sellest, et 1 sü võib tootmissöödana anda 3 kg piima (3% rasvasisaldusega), siis teeb aastane enamsaak ha kohta välja 3000 kg kolmeprotsendilist piima. Sellest nähtub, millised suured toodangureservid peituvad meie soodes.

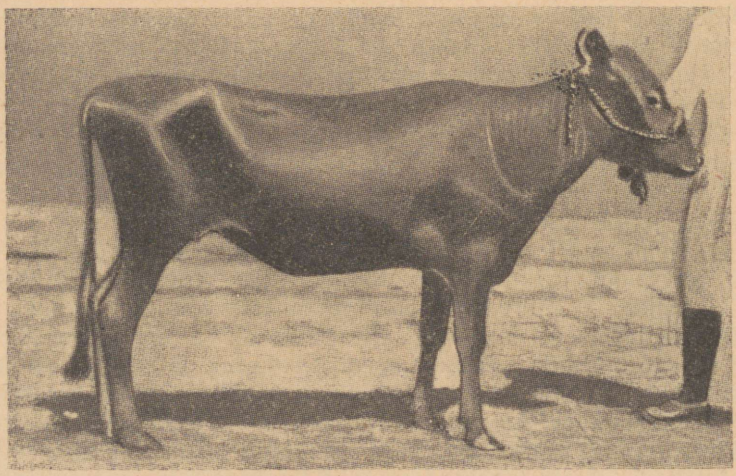
Kuid soode ülesharimise tähtsus ei piirdu sellega, et need moodustavad suure reservi loomasööda baasi laiendamiseks. Selle mõju on hoopis ulatuslikum. Soode kultuuri alla võtmine aitab nimelt tõhusalt suurendada ka mineraalpõldude viljakust, sest soode kasutamisele võtmisega lisandub sööda kogus ja see võimaldab suurendada loomade arvu. Lisanduv loomade arv annab senisest rohkem sõnnikut, see aga võimaldab põldusid senisest paremini väetada ja saada suuremaid saake. Kultuuri alla võetud soo ise sõnnikut peaaegu ei vaja, ta vajab peamiselt mineraalväetist kaali- ja fosforisoolade näol. Lämmastikku ja sagedasti ka lupja sisaldavad meie madalsood tavaliselt küllaldasel määral. Soode rikkalikud lämmastikuvarud kasutatakse sel teel kaudselt põldude paremaks väetamiseks. Mitte asjata ei nimeta vanarahvas heinamaad põllu emaks.

Soode osatähtsus mineraalpõldude viljakuse tõstmises suureneb veelgi, kui loomadele aluspõhuks tarvitatakse turba puistet. Turbasõnnik on nimelt rikkam taimetoitainete poolest ja mõjub ühtlasi savi- ja liivamaadel maaparanduse ainena.

a



b



Joon. 135. Soohaigust põdev mullikas: a) haigena; b) tervenenud mõne nädalase hea toitmise järel.

Soode harimine võib kõige otstarbekohasemalt toimuda majandeis, kus on ka mineraalmaad olemas, sest siin moodustab soo eriti väärtusliku täienduse mineraalmaale. Kuid on täiesti mõeldav ka iseseisvate majandite loomine soodele, nagu neid meil ja mujal juba loodud ongi ja tulevikus kindlasti suuremal määral luuakse.

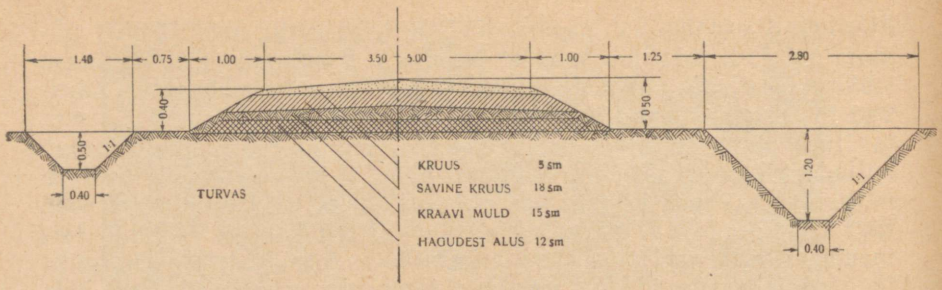
Mõningad varjuküljed soomaadel kahtlemata on, mis jäävad püsima ka kultiveeritud soodel. Need on sookliima ja soopinnase iseäraldused, mis mõnede kultuuride viljelemise võimalust piiravad ja teistel vajavad erinevat viljelemisviisi. Soode madal asend ja turbapinnase halb soojusjuhtivus põhjustavad kahjustavate hallade tekkimist soodel. Seetõttu pikema kasvuajaga taimed ja mitmed aedviljad, näiteks tomat, kurk, kõrvits, kannatavad soos tihti öökülmade all. Soopinnase lämmastiku rohkus edendab taimedel vegetatiivsete osade lopsakat kasvu, kuid kõrs jääb nõrgaks ja generatiivorganid (seemne või terasaak) väheseks. See näis pidurdavat teravilja, heinaseemne ja paljude aedviljade kasvatamist turbamaal. Kuid Tooma Soouurimise Instituudis ja ka mujal tehtud katsed on juhatanud tõhusa abinõu selle puuduse kõrvaldamiseks. Nimelt on selgunud, et vasevitrioli abil (mida antakse 20—30 kg/ha kohta peeneks jahvatatuna ja vähemalt 2 nädalat enne viljakülvi) on võimalik saada kaeral ümmarguselt 300 kg, odral 600 kg ja suvinisul 1100 kg enamsaaki terasaagi osas. Pikavere-Suursoo talunikkude kogemused (Harjumaal) ja TA Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaali katsed näitavad, et vasevitriol tõstab tunduvalt ka kõrsheina saake. Suuri enamsaake on vasevitrioli abil saadud ka aedviljadel. Väga tõsise pahena kerkis meil mitmes sooasunduses 1935—1937. a. paiku üles nn. veiste soohaigus, mis ähvardas piimakarja kasvatamise sooasundustes teha võimatuks. Ka selle pahe vastu võitlemiseks on nüüd tõhusvahend leitud koobaltsoola ja nõutavate mineraalsöötade näol. Neid loomadele andes kaovad haiguse nähtused.

Mainitud ja veel mõned muud varjuküljed, nagu näiteks teede ja hoonete rajamise raskused sügava turbaga soodel, ei tohi siiski mitte kujuneda takistuseks eelseisvale laiaulatuslikule soode ülesharimise tööle. On absoluutselt tarvilik, et see töö jätkuks ja kõik raskused, mis siin võivad esineda, võidetaks.

3. Uudismaa harimise tööd.

A. Kuivendus ja teedevõrk.

Umbes pool looduslikest rohumaadest vajab kuivendamist. See on esimene töö, mis uudismaa harimisel tuleb läbi viia. Sellekohaste uurimuste kaudu selgitatakse kõigepealt liigniiskuse tekkimise põhjused ja võimalused liigvee ärajuhtimiseks. Seejärel koostatakse kuivenduse projekt ja viiakse kuivendustööd läbi, nagu eespool peatükis «Maade kuivendamine» lähemalt on kirjeldatud.



Joon. 136. Tee muldkeha ristlõige turbapinnasel.

Laiemate sooalade kuivendamine tuleb läbi viia ühtse kava järgi suurema ala jaoks korraga, sest peakraavid ei lase ennast teisiti otstarbekohaselt projekteerida. Need ei leiaks täit kasutamist, kui soo ainult väikeses osas tuleb kuivendamisele. Otstarbekohane on teha kuivenduskava komplektsena, s. o. niisugusena, mis haarab ka detailkuivenduse kogu ülesharimisele võetaval alal.

Üheaegselt kuivendusvõrgu projekteerimisega tuleb enamasti projekteerida ka uusi juurdepääsuteid ülesharitavale soole. Teede asend tuleb määrata kooskõlas soo ettenähtava kasutamise viisiga, kusjuures tuleb aga võimalust mööda püüda vältida asetamast teid peakraavide kaldale. Kus selline teede asend siiski osutub otstarbekohaseks, seal tuleb tee kraavist paigutada seevõrra eemale, et tee muldkeha alumise ääre ja kraavi kalda ääre vahele jääks 1,0—1,5 m laiune vaba riba. Alalise liiklemisega teedel peab muldkeha saama küllaldase kandvuse. Kui kraavist väljakaevatud maa koosneb ainult turbast või savist, mis vajalikku kandvust ei paku, siis tuleb tee põhja hagudega kindlustada. Ilma niisuguse aluspõhjata ei aita isegi väga rikkalik kruusakiht, sest märja ajaga teed kasutades ei jää kruus teepinnale püsima, vaid sõtkutakse põhja. Kus väära kokkuhoiusihiga savi- või turbamaas on jäetud haokiht panemata ja ainult kraavi mullast kujundatud muldkeha on kaetud kruusakihiga, seal on tee läinud lõpuks väga kalliks ja siiski jäänud halvaks. Selliseid vigu on ka meil tehtud soouudismaa asunduste rajamisel. Tee laius tehakse liiklustihedusest olenevalt 3,5—5,0 m. Tee muldkeha ei tule teha tarbetult kõrge; 0,4—0,5 m üle maapinna on täiesti küllaldane. Seda tuleb arvesse võtta juba kraavi kaevamisel ja paigutada teepoolsele kaldale ainult niipalju maad, kui on vajalik tee muldkeha jaoks. Kus muldkeha alla tuleb teha hagudest alus, seal peavad haod olema paigale asetatud juba enne kraavi kaevamist.

Endistest aegadest pärinev arvamine, nagu võiks karjamaa ja mets olla koos ühise metsakarjamaana ja isegi niidul puud ja põõsad kasvada, mis küttematerjali annavad, on osutunud vääraks. Metsakarjamaa pole ei mets ega karjamaa; niihästi puidu kui ka karjasööda toodang jääb sellisel maal madalaks ja samuti on lugu puisniidu suhtes. Metski on muidugi tarvilik, kuid selleks tuleb eraldada sobiv maatükk, mis oma pinnaselt või muudel põhjustel põllumajanduslikuks kasutamiseks on vähem sobiv, ja seda maad siis ka metsakasvatuse nõuete kohaselt majandada. Karjamaad aga tuleb muuta kõrge söödatoodanguga kultuurkopliteks ja puisniidud kultuurniitudeks. Peale maade, mis oma pinnase poolest või väga suure kivide rohkuse poolest on ainult metsakasvuks kõlblikud, tuleb jätta laastamata ka kõik järsud rinded ja mäenõlvad, kus laastamise tagajärjel võib karta ohtlikku pinnase erosiooni tekkimist. Tasastel maadel on metsa osaline kasvamajätmine tarvilik neil juhtudel, kui on küsimuses suuremate, üle 50 ha suuruste maaalade ülesharimine. Siin tuleb ülesharitaval massiivil jätta kasvama



Joon. 137. Kännustik Püssi metskonnas Virumaal (millele on rajatud Lüganuse uudismaa asundus, Sonda—Mustvee raudtee ääres).



Joon. 138. Käsitsi tehtud juurimine soomaal.

võimalikult ristisuunas valdavatele kuivade tuulte suunale (mis meil puhuvad kirdest) vähemalt 30—40 m laiused metsavööd suunaga loodest kagusse. Sellised metsavööd on soovitav jätta umbes 500—700-meetriliste vahemaadega ja need tuleks ette näha juba maa ülesharimise kava koostamise juures. Eriti on selliste metsavööde jätmine vajalik rannalähedastel maadel ja seal, kus lähedal metsad puuduvad.

Uudismaa harimisel moodustavad juurimistööd sageli kõige raskema osa tööst. Juurimise raskus oleneb palju pinnasest ja kasvavast puuliigist. Kõige raskemad on juurida sügavajuurelised lehtpuukännud savisel ja liivakas-savisel maal, näiteks tamm, saar, haab; ka männid on mineraalmaal rasked juurida oma sügava tüvejuure tõttu. Keskmise raskusega on sanglepa, kuuse ja kase juurimine mineraalmaadel. Kõige kergem on soodel kasvavate puude juurimine, sest nende juurekava ei ole sügaval ja enamasti on need ka peenemad kui mineraalmaal kasvavad puud. Üldiselt on juurimine niiskes ja märjas pinnases märksa kergem kui kuivas pinnases. Eriti raske on juurimine külmanud pinnases, kuid sellist juurimist uudismaade harimisel vaevalt kunagi tuleb teha.

Kasvavate puude juurimine on kergem kui kändude juurimine. Kändude juurimise raskus oleneb nende vanusest. Värsked kännud on rasked juurida, vanemad, 3—5 aastat seisnud kännud, milledel juured on juba osaliselt kõdunenud, on märksa kergemad juurida. Veel enam kõdunenud kändude juurimine on aga juba raskendatud seetõttu, et kännu pea on mädanenud ega paku enam kindlat haardepunkti; seepärast jääb palju juuri maa sisse, mida üksikult tuleb välja kiskuda.

Juurimist tehakse a) käsitsi, b) juurimismasinate või c) lõhkeainete abil.

a) K ä s i t s i j u u r i m i n e tuleb kasutamisele peaasjalikult

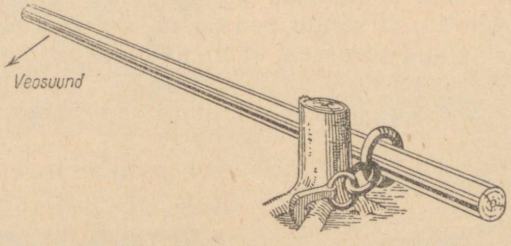


Joon. 139. Käsitsi kännu juurimine hoova abil.

põõsaste ja vähemate puude juurimisel. Põõsaste väljajuurimine toimub mättakirve abil. Puude juurimiseks tuleb juured enne puu ümber lahti kaevata ja läbi raiuda. Seejärel toimub kännu väljajuurimine hoova abil, mille pikkus on 4—5 m ja läbimõõt 10—12 sm. Selleks, et hoob kangutamisel puu juure alt ära ei libiseks, lüüakse sellele otsa hambuline raud. Suuremate kändude juurimisel kasutatakse kahte hooba. Juurimist on võimalik kergendada, kasutades nn. Korneder-hooba, mis kujutab endast kahelülilist tugevat ketti konksuga ühes ja rõngaga teises otsas. Konks kinnitatakse juuritava kännu ühe tugevama juure taha ja hoova ots pannakse rõngast läbi. Juuritavat kändu ennast toena kasutades väänatakse see maa seest välja. Töötades 3—4 mehe jõul võib sellise hoova abil saavutada kuni 5-tonnilist tõmbejõudu, mis võimaldab kuni

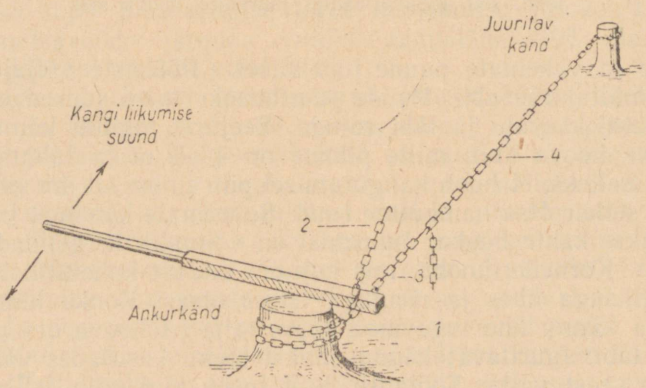
25 sm läbimõõduga kändusid välja juurida. Spetsiaalse Korneder-hoova puudumisel võib kasutada ka tavalist ketti.

Helveetsia kangi («metsa kurat») abiga muutub juurimine veelgi hõlpsamaks. See kujutab endast puust kangi, mille külge on



Joon. 140. Korneder-hoob.

kinnitatud 3 ketti, nagu joonisel nr. 141 näidatud. Kaks neist on ühepikkused, umbes 70 sm pikad, ja kinnitatud hoova ühte otsa 30 sm kaugusele teineteisest, kuna kolmas, ankrukett nende vahekohal, keskel, umbes 1,5 m pikkune. Sellele lisaks on vaja veel neljandat tõmbeketti, mis kinnitatakse juuritava kännu külge; selle pikkus on umbes 10—12 m. Töö toimub järgmiselt. Kang kinnitatakse ankruketi abil ankruks valitud kännu külge lühikeste kettidega juuritava kännu poole ja lahtine tõmbekett juuritava kännu külge nii, et selle ots ulatub kangini. Nüüd kinnitatakse üks kangi lühikestest kettidest haagiga tõmbeketi külge nii kaugele, kui see ulatub. Kangi juuritava kännu poole surudes tõmbub kett pingule. Kui kang enam suruda ei anna, kinnitatakse vaba keti haak tõmbeketi nii kaugesse lülisse, kui võimalik. Seejärel surutakse kangi vastassuunas. Pin-



Joon. 141. Helveetsia kang.

gutatud kett hakkab nüüd juuritavat kändu välja vedama; selle juures lõdveneb esimene lühikestest kettidest kangi küljes. Kui kang enam kaugemale suruda ei anna, kinnitatakse lõdvenenud keti haak tõmbeketti jälle nii kaugele, kui annab. Kangi uuesti juuritava kännu suunas surudes rebib tõmbekett kändu veelgi enam maa seest välja. Ühtlasi lõdveneb teine kang kettidest ja kangi äärmises asendis annab see kett ennast jälle kaugemale tõmbeketi külge haakida. Nii jätkub töö, kuni juuritav känd on maa seest välja kistud. Kangiga töötamiseks on vajalik 2—3 mehe jõud. Hobusejõudu kasutades tehakse kang, mille pikkus inimjõul töötades tavaliselt on 2—3 m, umbes 1,5 m võrra pikem ja ka jämedam ning varustatakse tugevamate kettidega.

Kasvavate puude juurimist soomaal on varemalt soovitatud toimetada sel teel, et esiteks raiutakse juuritaval puul jämedamad juured (tüvest kaugemal) läbi, ja selle järel tõmmatakse puu maha köie otsa kinnitatud konksu abil, mis asetatakse ühe tugevama oksa taha, umbes $^2/_3$ puu kõrgusele. Tähelepanekute järgi, mis on tehtud ENSV Teaduste Akadeemia Põllumajandusinstituudi Tooma Filiaalis, ei ole see juurimise viis aga mitte osutunud otstarbekohaseks. Selle juurimisviisi juures tõuseb juurtega ühes väga palju mulda maa seest üles, mis põhjustab hiljem rohkesti tööd juurimisaukude täitmisel ja võib põhjustada traktori sissevajumisi künni juures pehmetes kännuaugu kohtades. Ka on juurimistöö ise raskendatud, kui juured sealtpoolt, kuhu puu langetatakse, jäävad puudulikult läbiraiutuks.

Praktilisemaks on osutunud järgmine juurimisviis. Juuritaval puul raiutakse juured võimalikult tüve ligidalt läbi ümber kogu puu, mille järel puu lükatakse ümber kirveninaga puu tüve vastu toetades. Tavaliselt piisab puu langetamiseks ühe mehe jõust; ainult harva tuleb tarvitada abi või kasutada puu ümberlükkamiseks kirve asemel 1,5—2,0 m pikkust latti, millele otsa on kinnitatud naasklitaoline rauast teravik. Niiviisi juurides jäävad kännuaugud väikesed ja soo kamar jääb lõhkumata, mis järgnevat künnitööd suuresti hõlbustab. Selle juurimisviisi juures jääb suurem enamik juuri maa sisse. Et need kündmist ei takistaks, tuleb neid iga 0,5 m tagant kirvega läbi lüüa, ilma neid maa seest välja võtmata. Niiviisi läbiraiutud juured, ka jämedad, ei takista enam kündmist. Sahk pöörab läbiraiutud juureosad maa seest välja, künnipinnale, kust neid kerge on ära korjata, või künnab need mätta alla, kus nad enam tüliks ei ole. On aga tingimata tarvilik, et kõik jämedamad (läbimõõduga üle 4 sm) juured ka tõelikult läbi raiutaks, ja nimelt enam kui ühest kohast, sest vastasel korral on künnitöö takistatud.

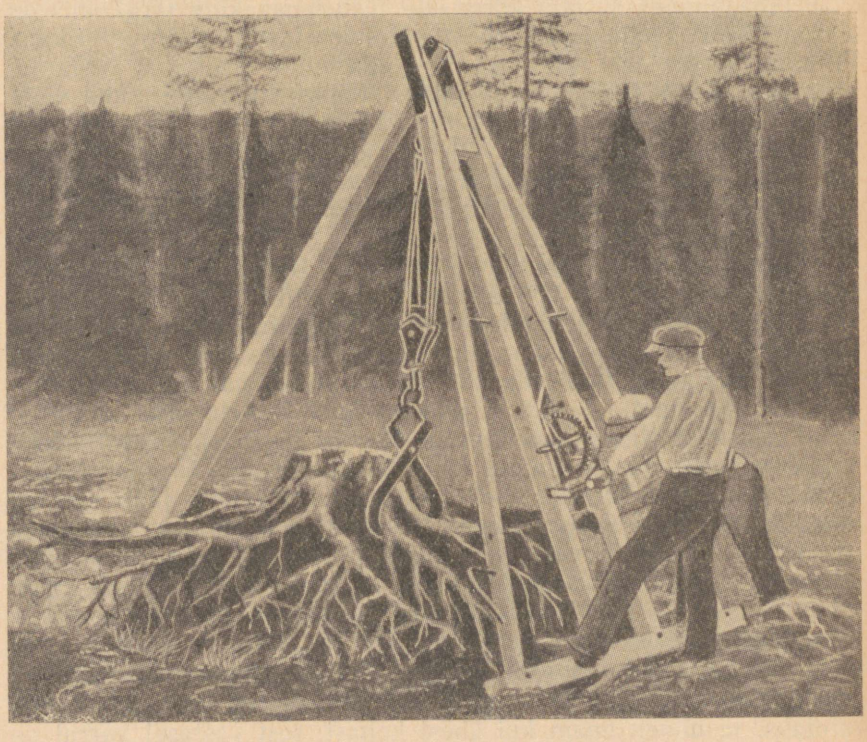
Juuritavad puud tuleb langetada ühes suunas; see hõlbustab edaspidist puidu töötlemist.

Käsitsi juurimisel jõuab 3-meheline töörühm päevas välja juurida keskmiselt 70 puud või kändu läbimõõduga 12—20 sm ja selle juures ka kännu augud täis ajada. Jämedamate puude puhul, läbimõõduga 20—30 sm, on tööjõudlus töörühma kohta umbes poole väiksem.

b) Juurimine masinate abil.

Juurimise masinaid on konstrueeritud kas inimjõul, hobujõul või mehaanilisel jõul toimivaiks.

Inimjõul toimivad juurimise masinad on konstruktsioonilt mitmesugused. Kõige enam levinud on masinad, mis rebivad puu või kännu välja trumlile keritava terastrossi abil. Kõige vanemaid ja lihtsamaid selliseid masinaid on: Rootsi «Revolt»-masin, mida kujutab joonis nr. 142. Sama masinat on



Joon. 142. Kännujuurija «Revolt».

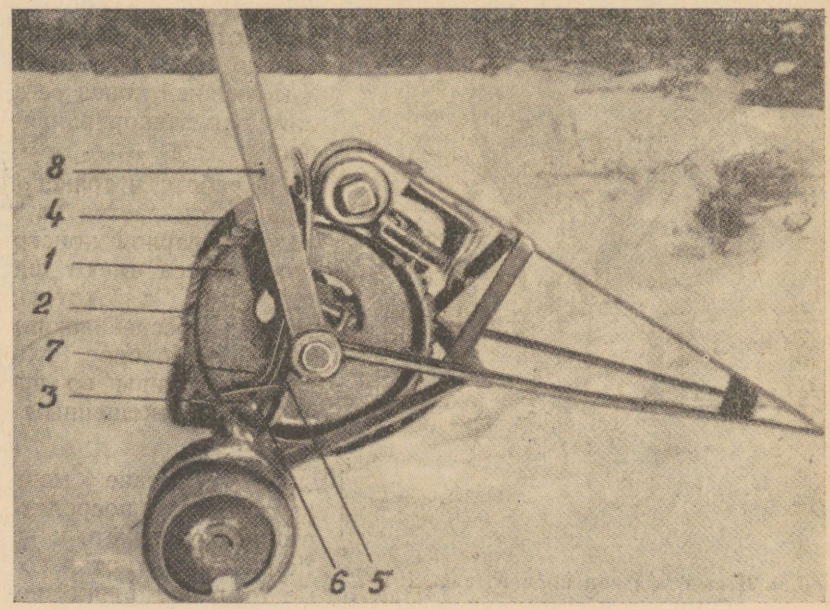
Eestis valmistatud H. Õie kännujuurija nime all. Analoogilise konstruktsiooniga on ka J. Alevi kännujuurija, selle vahega ainult, et trumli ringiajamiseks on siin väntade asemel kang. Masina toimimisviis selgub joonisest. See seatakse juuritava kännu kohale, plokiga varustatud tross lastakse alla, haardehaagid kinnitatakse kännu juurte taha ja kahe mehe jõul, kerides pingutatud trossi trumlile, tõstetakse känd maa seest üles. Masina vooruseks on, et ta jõu ülekanne on küllalt suur (teoreetiliselt 1:675) ja ta tõstab kännu otse üles, mille tõttu kännu puhastamisel muld kukub kännu auku tagasi. Aukude täitmine muutub seetõttu hõlpsaks. Masin on ka väga lihtne, kergesti valmistatav väiksemateski töökodades ja tuleb suhteliselt odav. Ta puudusteks on, et raam asetseb tõstetava kännu juurtel, mis segab tööd. Need tuleb läbi raiuda, mistõttu jääb jämedaid juuri maa sisse. Masina edasiviimine ühe kännu juurest teise juurde on raskendatud, sest masin on küllalt raske (ca 250 kg) ja tuleb edasi viia ühes tükis.

NSV Liidus on konstrueeritud inimjõul toimiv juurimismasin «KP1», mis eelmisest on kogu poolest palju väiksem ja käepärasem. Masina sooneline trummel metallist raami sees on monteeritud käru meenutavale puust alusraamile. Trumli alumine flanš on kujundatud hammasrattaks, ülemine aga neljaks aasataoliseks käepidemeks. Trumli telje ülemine ots ulatub raamist välja. See omab neljakandilist kuju ja sellele asetatakse masina kang trossi pealekerimisel trumlile. Suurema ülekandejõu saavutamiseks omab masin veel teist telge, mis erilise ülekandemehhanismi abil on ühendatud trumliga ja mille abil on võimalik trumlit pöörlema panna siis, kui see vahenditult trumli telje otsast keeramise teel muutub raskeks. Masin asetatakse töötamisel juuritava kännu läheduses valitud tugeva ankrukännu juurde ja kinnitatakse ankrutrossi abil selle külge. Siis viiakse masina tõmbetrossi ots juuritava kännu juurde, kinnitatakse selle ümber, pannakse suuremate kändude juurimise puhul üks või kaks plokki vahele ja asutakse seejärel tõmbetrossi trumlile kerima. Algul on kang pandud trumli teljele. Kui sellest muutub keeramine raskeks, siis asetatakse kang kõrvalolevale teljele üle, mille järel töötamist jätkatakse, kuni känd on täielikult välja rebitud. Kangi liigutamine on alguses jõukohane ühele mehele, kuid lõpupoole peab teine teda abistama, kuni känd on hakanud juba lahti kärisema. Edasi muutub kangiga töötamine jälle ühele mehele jõukohaseks ja teine läheb kännu juuri lahti raiuma ning mulda kännu küljest ära lööma, et see langeks auku tagasi.

Masina tõmbejõud on kahe mehega töötades kuni 4 tonni. Töö-

jõudlus (sovhoosis «Molotšnoje» Vologda oblastis) 5—6-aastase kännustiku juurimisel läbimõõduga 15—30 sm on kujunenud 9,1 kändu töötunni kohta, mis 8-tunnilise tööpäeva kohta teeb välja 70 kändu. Ühe tööhooaja kestel (150 tööpäeva), töötades keskmiselt 1½ vahetusega, võib sellist kännustikku, mille kändude tihedus on 900 kändu ha kohta ja kändude läbimõõt 15—20 sm, juurida 10—12 ha.

Selle juurimismasina puuduseks on, et töölistel tuleb kummargil olekus töötada, mis on väsitav. Ka masina edasiviimine ühe kännu juurest teise juurde on kahe töölise jaoks raske (masin kaalub 225 kg), eriti mättalisel pehmel maal töötades. Lisaks omab masin seda puudust, et pingutatud trossi tagasilaskmine toimub järsult, mis võib tekitada õnnetusjuhtumeid töötajatega. Neil põhjustel seda masinat sellisel kujul enam ei valmistata. Selle asemel on «ВНИИГиМ-i» poolt konstrueeritud uus juurimise masin «КРВ-2», mis on tunduvalt parem eelmisest. Sel masinal on trumlitelje asend horisontaalne, mis võimaldab töölistel sirges seisangus töötamist; masina edasiviimine on hõlbus, kuna see toetub kahele

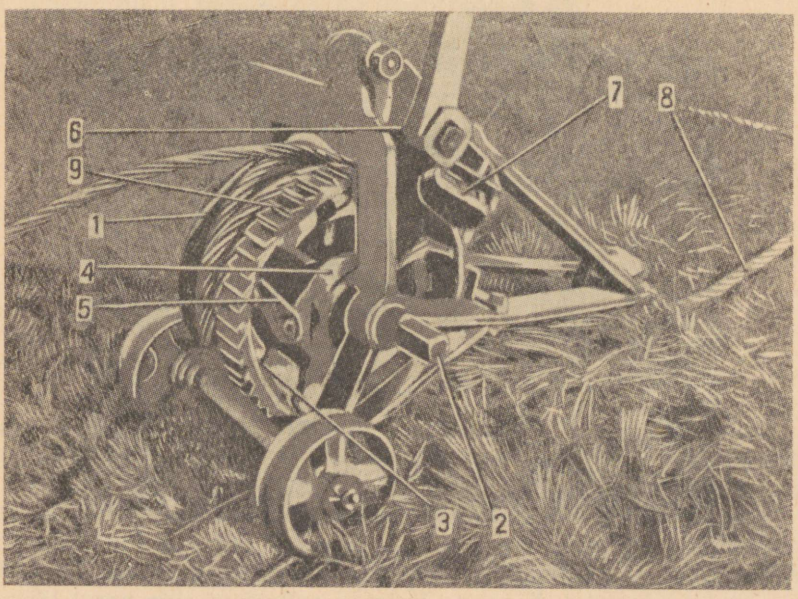


Joon. 143. Juurimismasin «КРВ-2».

transportrattale ja kaalub ilma trossita ainult 108 kg, koos trossiga aga 230 kg.

Töötamise põhimõte on sama, mis eelmisel masinal, kuid tehnilised täiendused, mis selle masina juures on läbi viidud, teevad töö hõlpsamaks, jõudsamaks ja hädaohutumaks töölistele. Töö-brigaad koosneb 3—4 mehest, kelledest 2 on alaliselt masina juures ja teised raiuvad läbi juuri ning löövad mulla kändude küljest ära. Selle masinaga saavutatud töötulemused (Moskva oblastis Võsokovski kolhoosis) on keskmiselt 13,2 kändu läbimõõduga 16—20 sm 1 töötunni kohta. Jämedamaid, 21—25 sm läbimõõduga kände on juuritud 8,7 tk. tunnis. Ühe tööhooaja kohta võib keskmiseks tööjõudluseks arvata 12—15 ha masina kohta. Seda masinat valmistab Jugo-Kamski tehas alates 1937. a. Masin sobib 15—20 sm läbimõõduga kändude juurimiseks ja toimib hästi ka soomaal. Masina tõmbevõime ilma plokita on arvestuse järgi 6,15 tonni.

Samasuguse põhimõtte järgi on konstrueeritud ja töötab inglise



Joon. 144. Juurimismasin «Monkey Winch».
1 — trummel; 2 — trumli telg; 3 — alumise jõuülekande mehhanismi hambad; 4 — kutsikaga (5) varustatud õlg trumli teljel; 6 — ülemine jõuülekande mehhanism; 7 — vedru; 8 — ankrutross; 9 — trumli hammasratas.

kännujuurimise masin «Monkey Winch», mida kujutab joonis nr. 144. Selle masina kaal koos trossiga on 95½ kg ja tõmbevõime 4 tonni. Tööjõudlus (Valge-Vene NSV kogemustel) on madalsool 15—30 sm läbimõõduga kändusid juurides olnud 60 kändu kaheksatunnilise tööpäeva kohta ehk tööhooaja kestel masina kohta 8—10 ha.

T. Lõhmuse poolt on konstrueeritud juurimismasin, mis toimib samal põhimõttel, nagu eelkirjeldatud vintsid, kuid on konstruktsioonilt lihtsam. Lihtsam ehitus on muutnud masina küll tunduvalt odavamaks, võrreldes näiteks «Monkey Winch'iga», kuid ta ei ole ka eelmisega mitte samaväärne. Nii on tal ainult üks kangi käik — töökäik, teine aga mitte, ja trumlile keritud pinguli trossi ei saa järele lasta vähehaaval, vaid ainult korraga äkitselt, kusjuures kogu trumlile keritud tross jookseb täiesti lahti. Ta kaal on suhteliselt suur (ilma trossita 150 kg), mis masina ümberpaigutuse kännu juurest teise juurde teeb aegaviitvaks.



Joon. 145. Lõhmuse kännujuurija.

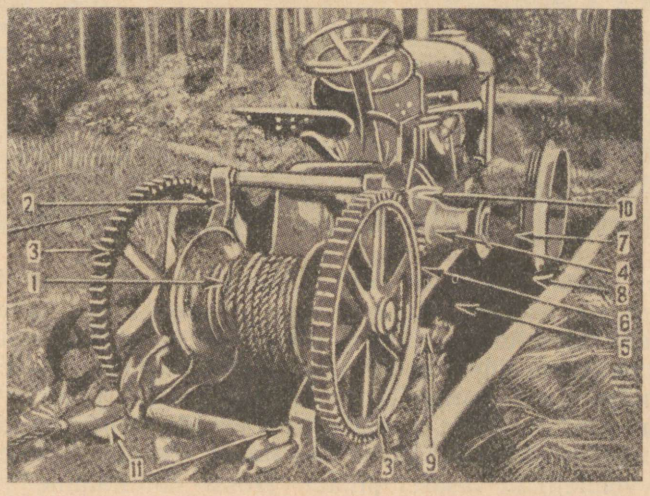
Üldiselt kõik vintsi põhimõttel toimivad kännujuurijad tõmbavad koos kännuga välja ka kõik jämedamad juured. Selle tõttu järgnev künnitöö on kerge.

Vintsi põhimõttel toimivate juurimismasinate kõrval on meil enne sõda kasutatud veel kruvi põhimõttel töötavat M. Laagriküla kännutõstjat ja hüdraulilise pressi põhimõttel töötavat G. Oidermanni kännujuurijat. Esimene kujutab endast masina peast läbipandud tugevat kruvi, mida keeratakse kaares alla ulatavatest käepidemetest, liikudes ümber masina. Kruvi allaotsa kinnitatud haardekonks, mis on kinnitatud kännu ühe tugevama juure taha, rebib kruvi keera-

misel ülespoole tõustes kännu maa seest välja. Raske käsitsemise ja nõrga jõudluse tõttu on see masin osutunud alaväärtuslikuks.

Oidermanni hüdraulilisel kännutõstjal sooritab töö eriline tõstja — silinder, selle sees liikuva kolvi abil, mida vastava veepumbaga üles surutakse. Maksimaalne tõstekõrgus on 1,75 m. See masin omab suurt tõstejõudu, kuid pehmes maas töötades vajub tõstesilinder tugipinna laiendamisest hoolimata maa sisse, mis sunnib korduvalt tõstja silindrit ümber paigutama. Praktikas ka see masin pole seni kuigi suurt levikut leidnud.

Hobujõul toimivad juurimismasinad on konstrueeritud vintsi põhimõttel. Nad sarnanevad ehituselt käsijuurimismasinaga «KP1», ainult selle vahega, et nad on kogult suuremad (kaaluvad üle 500 kg) ja kangi edasi-tagasi liikumine on siin muudetud ringlevaks liikumiseks. Hobujõul toimivad juurimismasinad on tugevamajõulised kui käsijuurimismasinad; need võivad juurida normaalselt 30—35 sm läbimõõduga kände ja turba- või liivamaal veelgi jämedamaid. Nende tööjõudlus 8-tunnilise tööpäeva kohta on keskmiselt 70 kändu läbimõõduga 20—30 sm. Kuid neid ei saa kasutada pehmel maal, mis ei kanna hobuseid.

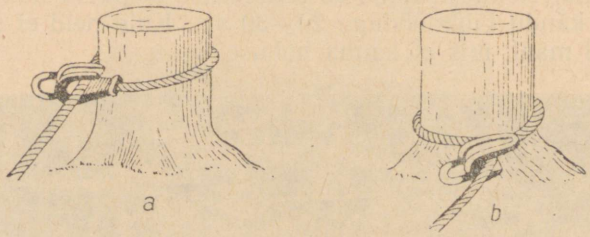


Joon. 146. Traktorijõul toimiv juurimismasin.
1 — trummel; 2 — kronsteinid; 3 — suured hammasrattad; 4 — väikesed hammasrattad, mis trumli liikuma panevad; 5 — platvorm; 6 — tala; 7 — traktori telje kinnitajad; 8 — soon traktori esiratta jaoks; 9 — juurimismasina transportratta laager; 10 — kaitsekilbikesed; 11 — konksud ankrutrossi jaoks.

Üldiselt neid masinaid kasutatakse vähe, enamasti on nad välja tõrjutud mootorijõul toimivate juurimismasinate poolt.

Mehaanilisel jõul toimivad juurimismasinad. Sedamööda, kuidas traktor muudes põllumajanduslikes töödes on tulnud üha laialdasemalt tarvitusele, on see ka uudismaa harimise töös välja tõrjumas hobuse ja inimese tööjõudu. On konstrueeritud terve rida juurimismasina tüüpe traktori jaoks. Tähtsamaid neist on vintsi põhimõttel toimivad. NSV Liidus valmistatavaist selletüübilistest juurimismasinatest mainitagu «ТД-1» ja «ТДВ-2».

Juurimismasin «ТД-1» valmistatakse Jugo-Kamski tehases. See on traktori taha lülitatav masin, mille peamiseks osaks on horisontaalasendis olev sooniline trummel. Hammasrataste süsteemi ja Galli lüliketi abil on trummel ühendatud traktoriga, mis trumli paneb pöörlema ja juuritava kännu või puu külge kinnitatud tõmbetrossi kerib trumli peale. Masina esiots ühendatakse kinnitusvõ-



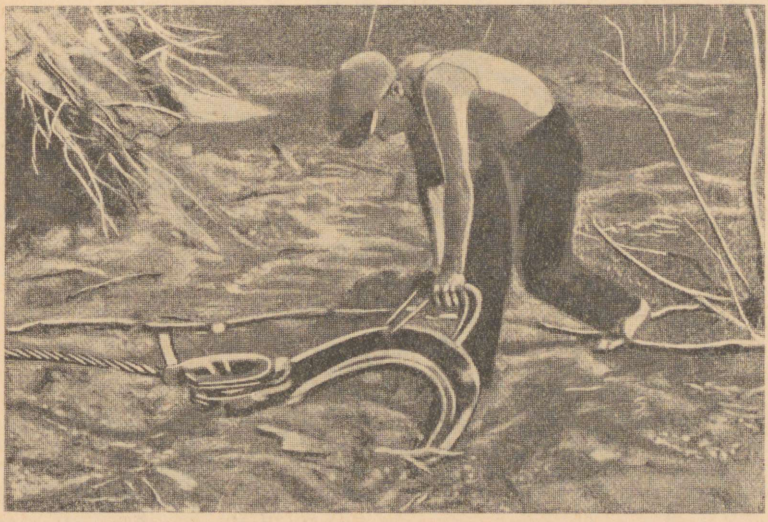
Joon. 147. Trossi kinnitamine juuritava kännu külge.
a — õige, b — valesti.

rude abil traktori tagumise telje külge, kuna tagumine ots toetub kahele transportrattale. Masina raami allääres oleva kahe tugeva konksu abil kinnitatakse masin ankrutrossiga ankrukännu külge. Ankruks valitakse tugev känd võimalikult kõvemal pinnasel ja sellise asendiga, et ühe ankrukännu ümbruses saaks juurida võimalikult suurt pindala. Võsa ja väikesed kännud tuleb enne käsijuurimismasinaga või lihtsalt käsitsi kõrvaldada. Traktor peab asetsema töö ajal võimalikult tasasel pinnal. Trossi kinnitamine juuritava kännu külge peab sündima nii, et trossi haak oleks tõmbetrossi all ja mitte peal; see hõlbustab trossi lahtipääsemist kännu küljest peale kännu väljatõmbamist. Tõmbetross ei tohi haagi kohal jääda kõveraks. Ühtlasi tuleb tross kinnitada juuritava kännu pea otsa nii kõrgele, kui võimalik; tarbe korral trossi äralibisemise vältimiseks kännule täket sisse raiudes. Joonis nr. 147 näitab õiget

ja väära tõmbetrossi kinnitamist juuritava kännu külge. Trossi lahtipäästmiseks väljajuuritud kännu küljest asetatakse raudkang haagi rõngast läbi ja surutakse haaki kangiga allapoole. Tuleb hoiduda trossi vabastamiseks löömast kangiga vastu pingutatud trossi.

Pooleldi kõdunenud kändudel puruneb kännupea trossi surve mõjul. Selliste kändude väljajuurimiseks tuleb kasutada juurimiskonksu, nagu näidatud joonisel nr. 148.

Kui juuritav pindala ei tule ümberkündmisele ja osa juuri võib jääda maa sisse, siis raiutakse kännul suurem osa juuri läbi. Suurtel



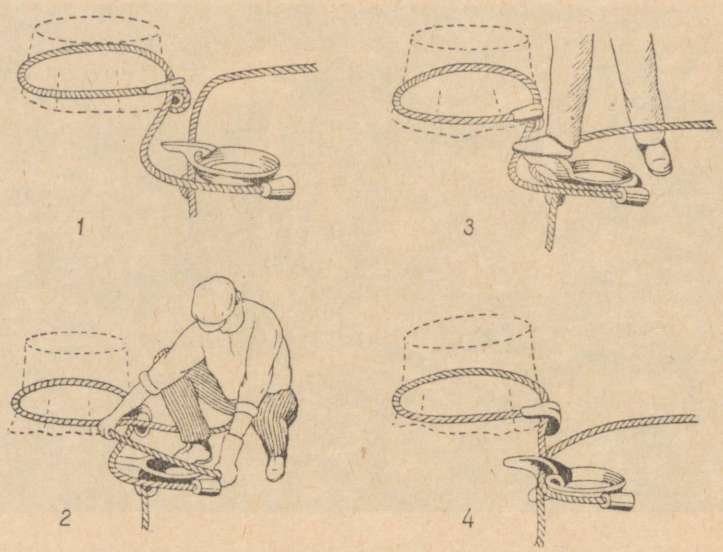
Joon. 148. Juurimise konks.

kändudel raiutakse juured ümberringi läbi, keskmistel ja väiksematel aga ainult tõmbetrossile vastassuunas. See vähendab veopinget ja kännu augud jäävad väiksemad, mis hõlbustab aukude täisajamist.

Juurimismasina tõstmisel tõmbetrossi kerimine trumlile peab toimuma korrapäraselt ja tasaselt üle terve trumli, mitte aga ristikeerdudena või trumli ühte otsa. Trossi suunamist ei tohi aga püüda teha käega; seda võib teha ainult sobiva teiba või kangi abil.

Kõigi juurimismasinate juures, mis töötavad vintsi põhimõttel, kasutatakse nn. trossilühendajat ehk lukku, mille ülesandeks on välja lülitada pikal trossil ülearune osa trossi pikkusest. See säästab tööaega ja hoiab trossi tarbetu kulumise eest. Enamtarvitatavaid lühendajaid on võrukujuline lühendaja ja ekstsentriline lühendaja.

Tõmbejõu suurendamise otstarbel kasutatakse plokke.. Nende kasutamine on vajalik jämedate kändude juurimisel. Plokki kasutades tuleb püüda tugikändu valida sellise asendiga, et see oleks ligikaudu samal joonel masina ja juuritava kännuga. Selle eelduse juures suurendab ploki sisselülitamine tõmbejõudu kahekordseks ja kahe ploki sisselülitamine kolmekordseks. Et aga tegelikult see eeldus on ainult harva täidetud, siis jääb plokkide tõmbejõudu suurendav mõju teoreetiliselt vähemaks. Ploki tähtsus ei piirdu üksi tõmbejõu suurendamisega, vaid ta võimaldab ka vältida juurimismasina ja trak-

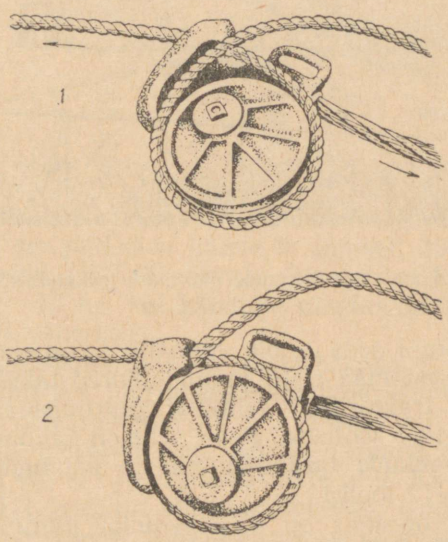


Joon. 149. Rõngakujulise trossilühendaja ühendamine veotrossiga. (Ühendamise võtted sooritatakse numbritega märgitud järjekorras).

tori ümberminekut, mida viltune tõmme sageli võib põhjustada. Selleks tuleb plokk asetada nii, et see langeks ühte ankrutrossi suunaga.

Traktorijõul toimiva juurimismasina tõmbejõud ulatub 35 tonnini, ületades seega kaugelt jõutarviduse, mis on vajalik keskmiste kändude väljajuurimiseks (enamikul kändudel alla 10 tonni). Et paremini ära kasutada juurimismasina ja traktori võimet, tuleb juurimist teha nn. rühmiti juurimisena, juurides mitu kändu korraga. Seda võib teha sel teel, et tõmbetrossi otsa pannakse komplekt mitmest (tavaliselt kolmest) silmusest, mis igaüks ise kännu ümber asetatakse. Kui üks känd on juba välja juuritud ja selle silmus

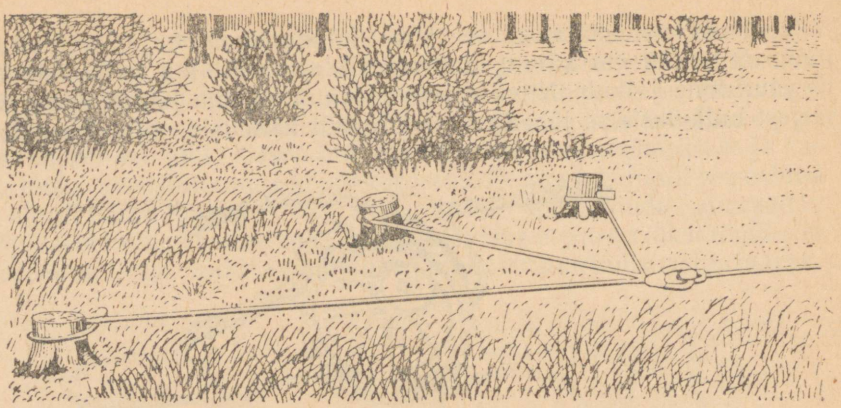
lõdvenenud, vabastatakse see kohe kännu ümbert ja asetatakse mõne teise lähema kännu ümber sellè aja sees, kui teiste kändude juurimine jätkub. Niiviisi võib masinat seisma jätmata juurida järjest hulk üksteise läheduses asetsevaid kändusid, mis võimaldab



Joon. 150. Ekstsentrilise trossilühendaja ühendamine veotrossiga.

suuresti tõsta tööjõudlust. Teine viis on — võtta järjestikku ahelasse niipalju kändusid, kui trossi pikkus võimaldab, kusjuures vahepealsetele kändudele tross tõmmatakse ainult üks kord ümber, mitte rohkem. Ei ole lubatav ka, et trossil keerdu sisse tuleks. Kännud tuleb niiviisi tõmbeahelasse sisse lülitada, et tross veab korraga ainult ühte kändu. Aga kohe, kui üks on välja veetud, hakkab tross järgmist kändu vedama, ilma et masinat tarvitseks vahepeal seisma jätta või ümber paigutada.

Masinaga juurimisel jääb paratamatult palju mulda juurte külge. Selle äralöömist juurte küljest tuleb teha kohe peale kännu väljajuurimist. Kui see jääb hiljemaks, siis kuivab muld kõvasti juurte külge (eriti savisegases maas) ja selle äralöömine muutub raskeks. Soovitav on muld kännu küljest ära lüüa siis, kui känd alles augu kohal on; selle läbi väheneb hilisem aukude tasandamise töö. Juurte läbiraiumisega võiks tunduvalt vähendada kännu aukude



Joon. 151. Kändude juurimine rühmakaupa.

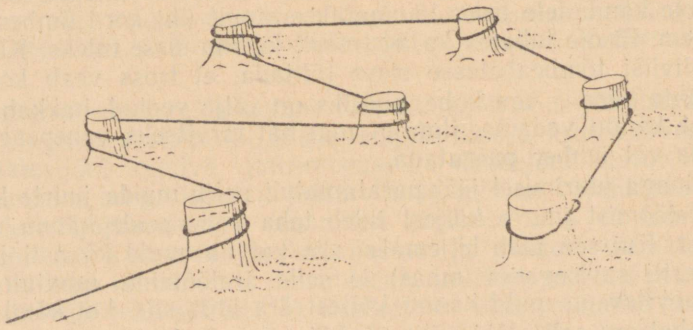
täitmise tööd, kuid seda ei ole võimalik kasutada, kui maad tuleb ümber künda, sest maa sisse jäänud juured takistavad kündi.

Tööbrigaad traktorijõul toimival juurimismasinal koosneb 1 traktoristist ja 4—5 töölisest. Peale selle on kändude puhastamiseks mullast, kännuaukude tasandamiseks ja kändude ülestöötamiseks tarvilik veel 6—12 töölist.

Tööjõudluse normiks on «ТД-1»-tüüpi juurimismasinale määratud (VNFSV Põllujuurimise Ministeeriumi normide alusel) keskmiselt

kändudel läbimõõduga alla 30 sm — 18 kändu tunnis,
„ „ 30—40 „ — 13,5 „ „

kusjuures on eeldatud, et kändude tihedus on 900 kändu ha kohta.



Joon. 152. Kändude juurimine ahelmeetodi abil.

Üleliiduline Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi katsetöö andmeil võib kase- ja haavakändude juurimise tööaja kulu arvestada järgmiselt:

Kännu läbimõõt sm	Ajakulu minutites ühe kännu juurimiseks
11—15	1,40—1,50
16—20	1,55—1,60
21—25	1,65—1,75
26—30	2,00—2,25

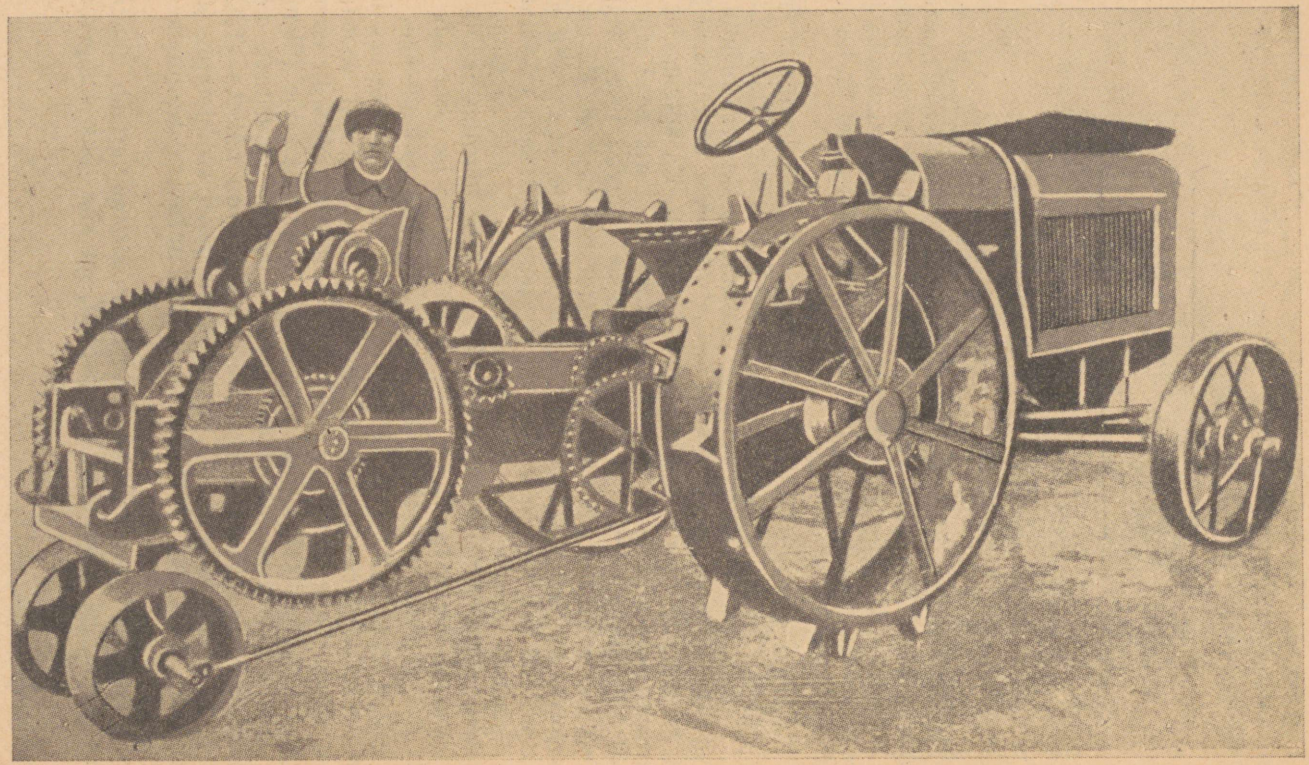
Tegeliku juurimistöö juures on stahhaanovlased selle masinaga juurinud 20—30 sm jämedusi kände keskmiselt 30 tükki tunnis.

Tööhooaja kestel (150 tööpäeva) võib masina keskmiseks jõudluseks arvata 60—75 ha, kui kändude tihedus on 900 tk. ha kohta ja töö toimub 1½ vahetuses.

Mainitud juurimismasinat on otstarbekohane kasutada mineraalmaadel kännustiku juurimiseks kändude läbimõõduga 25—30 sm. Väiksemate kändude ja võsa juurimiseks on traktorijõul toimiva masina jõud tarbetult suur, sellist juurimist on otstarbekohasem teha käsitsi või käsijuurimismasinate abil. Ka soomaadel töötamiseks pole «ТД-1»-tüüpi masinad kohased, kuna need siin kergesti töö juures pehmesse turbapinnasesse vajuvad ja ka traktori ja masina edasiliikumine pehmel sool sünnitab raskusi. Ka on sool kasvavate kändude ja puude juurimine nii kerge, et masina jõudu ei saa hästi ära kasutada. Kui siiski soomaadel seda masinat tuleb kasutada, siis on vaja traktori ja juurimismasina ratastele teha laiendid või koguni puudest alus traktori ja juurimismasina alla kandepinna suurendamiseks, ning juurimise töö ise sooritada rühmiti juurimisena, mitme kännu üheaegse väljatõmbamisega.

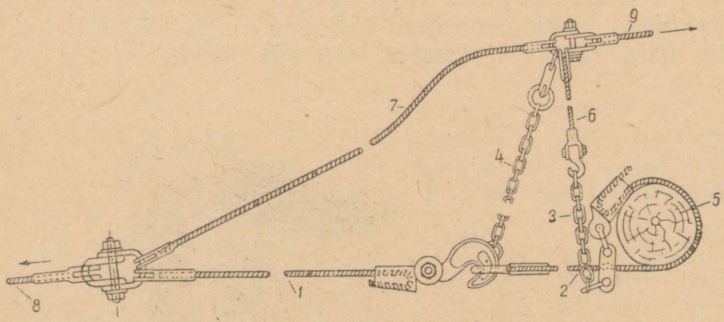
Kõigil ühe trumliga juurimismasinatel tuleb tõmbetross inimjõul vedada juuritava kännu juurde, mida tavaliselt sooritavad 2—3 meest. Selle suhteliselt raske töö hõlbustamiseks on konstrueeritud juurimismasinaid kahe trumliga, milledest teine (ülemine) on määratud trossi tagasivedamiseks järgmise juuritava kännu juurde. Selline kahe trumliga juurimismasin on näiteks «ТДВ-2» masin ja Nikolajevi tehase «Dormašina» poolt valmistatav juurimismasin, mis on konstrueeritud töötamiseks «Stalinets—60» traktoriga.

Töötamine kahetrumlilise juurimismasinaga erineb ühetrumlilise masinaga töötamisest seepoolest, et siin üks kaugematest



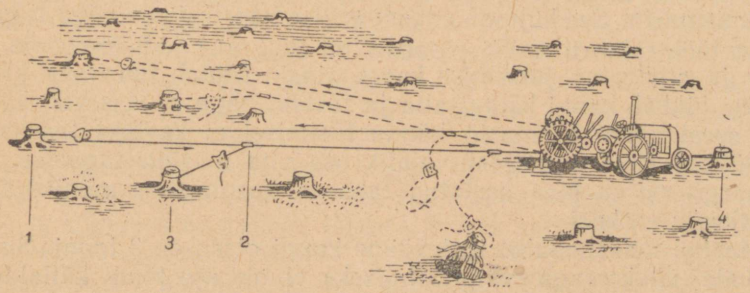
Joon. 153. Kahe trumliga juurimismasin.

kändudest juuritavate kändude läheduses tuleb võtta tugikännuks, mille külge kinnitatakse plokk lühikese trossi abil. Üle selle ploki jookseb peenem tross, mis ühte otsa pidi on kinnitatud juurimismasina ülemise trumli külge ja mille teise otsa kinnitatakse erilise automaatse lahtihaakija vahendusel või selle puudumisel — vahen-



Joon. 154. Automaatne lahtihaakija.

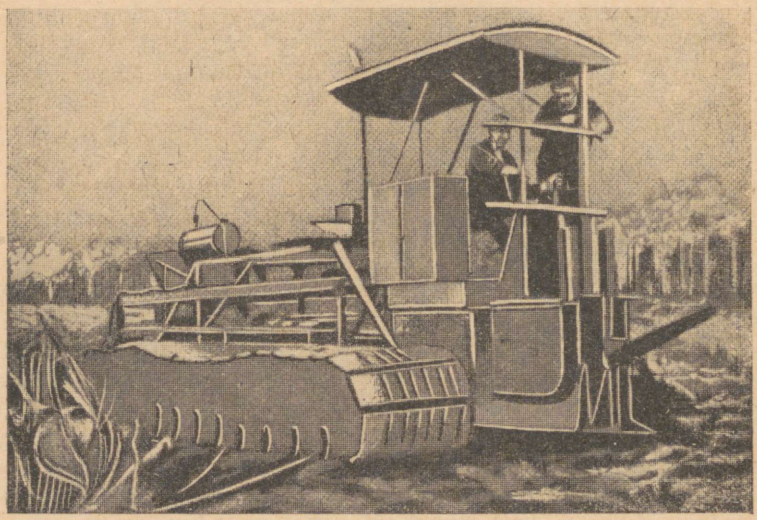
ditult masina alumiselt trumlilt tuleva (jämedama) tõmbetrossi ots. Automaatne lahtihaakija seob tõmbetrossi külge ka juuritava kännu. Töökäik on järgmine. Alumise trumli käimalülitamisega hakkab see endale tõmbetrossi peale kerima ja tõmbab välja tõmbetrossiga seotud kännu. Kui känd on välja tõmmatud, lülitatakse alumine trummel tühjale käigule ja ülemine — veokäigule. Tross hakkab nüüd vastupidises suunas jooksma, automaatne lahtihaakija vabastab veotrossi väljajuuritud kännu küljest ja selle ots veetakse uue, järgmisena juurimisele tuleva kännu juurde. Kui automaatseid lahtihaakijaid ei ole, siis lülitatakse kändude väljatõmbamiseks veotrossi külge tavalised trossilühendajad. Kahe trumliga «ТДВ-2» juurimismasina tööjõudlus on 200—250 kändu 8-tunnilise tööpäeva jooksul. Masina teenindamiseks kulub 3—4 töölist.



Joon. 155. Töötamise skeem kahetrumlilise juurimismasinaga.

Juurimistööde jaoks soodel on Skripko poolt konstrueeritud lihtsa ehitusega väike juurimismasin ühe trumliga. See töötab ainult Fordsoni ja «FP»-traktoriga; masina tõmbevõime ei ületa 3 tonni. Vähese võime tõttu ei sobi see masin juurimistöödeks mineraalmaadel. Seda on tarvitatud peaasjalikult turbatööstuses.

M o o t o r j u u r i j a d. Kõik eespool kirjeldatud mehaanilisel jõul toimivad juurimismasinad töötavad vintsi põhimõttel ja kasutatakse koos sobiva traktoriga. On aga konstrueeritud ka masi-



Joon. 156. Tõpermasi mootor-juurija.

naid, mis toimivad tungraua põhimõttel. Niisugune on Tõpermasi juurimismasin. See kujutab endast erilise konstruktsiooniga tugevajõulist lüliktraktorit, mille eesotsas on tungraua abil ülespoole tõstetav ja allalastav juurimise kang. Masin sõidab juuritava kännu juurde, lükkab kangi kännu alla ja tõstab, nagu ninasarvik, kännu maa seest välja. Et masin kännu tõstmisel ei kaotaks tasakaalu, on püütud selle raskusest vajalik osa viia masina tagaotsa. Sel eesmärgil on mootor asetatud taha ja kasutatakse mõnikord ka vastukaalu raskusi.

Masina maksimaalne tõstevõime kangi otsas on 3 tonni. Suurte kändude ühekorraga väljatõstmiseks ei ole see jõud küllaldane; sellepärast peab masin suurematel kändudel enne osa suuremaid

juuri üksikult üles tõstma või läbi murdma, mille järel kännu väljatõstmine muutub kergemaks. Masina teenindamiseks kulub 1 motorist ja 2 töölist. Selle masina töö on väga kiire, suuredki kännud, läbimõõduga 40—50 sm, juuritakse välja 3—4 minuti jooksul. Masina tööjõudlus on keskmiselt 80 kändu tunni jooksul; maksimaalselt isegi kuni 120 kändu tunnis.

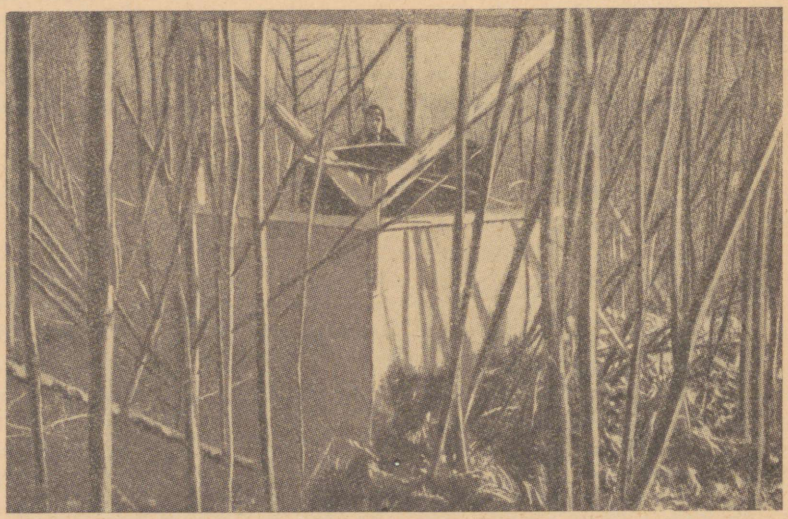
Kestva töö juures kuivendatud sool töötades on masin 10-tunnilise tööpäeva jooksul juurinud 10—25 sm jämedusega kändusid 600 tükki; mineraalmaal on masin 10-tunnilise tööpäeva jooksul välja juurinud 475 kändu, läbimõõduga 20 — 50 sm. Kogu töökohooaja kestel (150 tööpäeva) kahes vahetuses töötades on võimalik juurida 75—100 ha uudismaad. Üks masin asendab seega vähemalt 40 käsitsijuurija tööd.

On konstrueeritud ka «Kommunaar»-traktori külge monteeritav Tõpermasi juurimise aparaat. Selle jõudlus on väiksem, kuid tõuseb siiski turbapinnasel kuni 60 kännuni töötunni kohta.

Üleliidulise Turbatööstuse Teadusliku Uurimise Instituudi poolt on 1939. a. konstrueeritud mootor-juurimismasin «BKM-2», mis toimib iseliikuva kraana põhimõttel, see on kolmel lülikul liikuv raske (18,2 t) masin, mille etteulatuva poomi küljes on haardeseadeldis (haarats). Juurimisel poom lastakse alla ja haarats haarab kännu peast kinni. Seejärel tõstetakse mootorvintsi abil poom üles ja see tõstab kännu maa seest välja. Väljajuuritud kännud tõstab masin hunnikusse. Masin on mõeldud töötamiseks kuivendatud ja ka kuivendamata soodel. Ta tõstab kergesti välja kõik kännud kuni 35 sm läbimõõduga ja masina tööjõudlus on kuni 90 kändu tunnis. Masin asendab keskmiselt 50 mehe tööd, kusjuures töö maksumus väheneb käsitsi tööga võrreldes 25—40%.

Võsalõikamise masin. Võsa ja vana kännustiku juurimiseks on NSV Liidus kasutamisel nn. «Võsalõikaja». See on lumesahka meenutav riist, mis monteeritakse tugevajõulise «Stalinets» traktori ette. Saha alumised ääred on kujundatud horisontaalse asendiga lõiketeradeks, mis lõikavad võsa läbi maapinna kõrgusel. Võsalõikaja on suuteline läbi lõikama kuni 10 sm läbimõõduga võsa. Jämedamaidki tüvesid võib ta läbi lõigata, ku ta lõikamist toimetab 2—3 korda. Alla 6 sm jämedust võsa lõikab masin mõlema poolega, jämedamat võsa tuleb lõigata ühe poolega töötades. Lepa-, haava- ja kuusevõsa lõikab masin kõige kergemini läbi, kuna tamm, kask ja pihlakas on rasked lõigata. Kõval mineraalmaal on töötamine kõige soodsam; pehmel turbamaal on traktori sissejäämise hädaoht suur. Seetõttu on siin soovitav töötada külmanud maal «keltsa» peal. Kõik kivid üle 5 sm läbimõõduga tuleb enne töö al-

gust ära koristada. Suuremad kivid, mida kohe koristada ei saa, tuleb nii ära tähistada, et traktorijuht neid õigeaegselt märkaks. Sageli osutub vajalikuks asetada eraldi mees masinale, kes hoolega jälgib, et masin ei sõidaks sellistele takistustele (kividele, jämedatele kändudele jne.), mis masinat võiksid vigastada, või pehmetesse aukudesse, kus traktor võiks sisse vajuda. Kivises maas masinaga pole võimalik töötada.



Joon. 157. «Võsalõikaja» töös.

Siledal maal töötades masina noad seisavad 1—2 sm maapinnast kõrgemal; mättalisel maal tuleb noad nii asetada, et nad lõikaksid maha ka kõrgemad mättad ja põõsad altpoolt juuresõlmi.

Värskes kännustikus lõikab masin läbi kuni 20 sm jämedused kännud, kuna vanas, umbes 5 aasta vanuses kännustikus masin suudab maha lõigata või välja kiskuda peaegu kõik esinevad kännud. Masinat teenindab 1 traktorist. Peale selle on 2—3 abitöölist, kes saevad läbi ja kannavad ära suuremad puud ja koristavad ära masina ette kuhjuva võsa.

Võsalõikaja tööjõudlus on väga suur, see võib tõusta kuni 0,75 ha tunni kohta. Tööjõudlus oleneb lõigatava võsa iseloomust.

Üleliidulise Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi poolt 1935/36. a. toimetatud vaatluste andmeil sov-

hoosides ja kolhoosides on keskmine tööjõudlus ja kütteõli kulu olnud järgmine:

Nr.	Võsa liik	Tööjõudlus 1 tunni kohta ha	Kütteõli kulu ha kohta kg.-des
1	2	3	4
1.	Ülekaalukalt lepa- ja haavavõsa 3—5 sm jämedusega ja kõrgusega 3—4 m, tasasel, kõval maal .	0,73	28,5
2.	Segavõsa valgelepa ja haava ülekaaluga, jämeduse juures kuni 10 sm, kõrgusega 10—12 m, kõval, tasasel maal	0,58	34,6
3.	Segavõsa ebakorrapärase kujuga maatükil, küngaste ja lohkude esinemisega, kui lõikamine on võimalik ainult ühest äärest	0,39	57,8
4.	Kase- ja kuusekännustik 7—8 a. vana, kõval, tasasel maal, kui kõikidelt külgedelt saab lõigata . .	0,52	36,6
5.	Noor mets nõrgalt kuivendatud sool, paju- ja lepapuudega, millede tüve läbimõõt on kuni 10 sm, kui lõikamine on võimalik ainult üheit küljelt . . .	0,15	52,0

Kogu tööhooaja kestel suudab võsalõikaja puhastada:

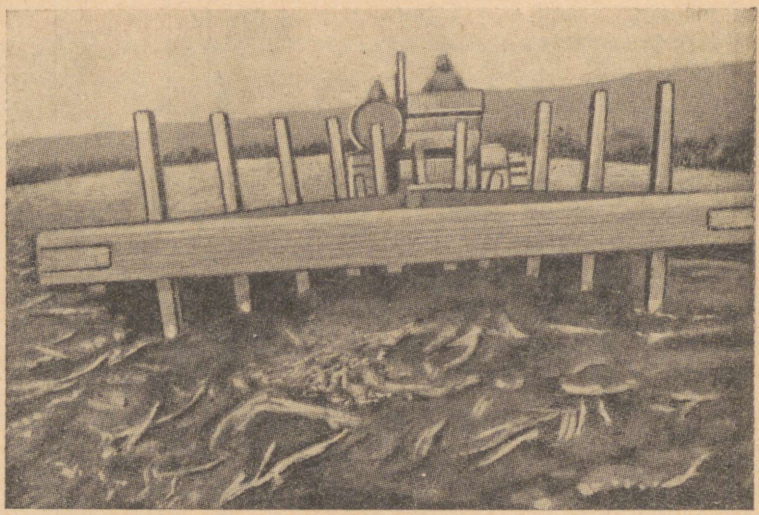
võsast . . . . . 700—800 ha
noorest metsast . . . . . 450—500 „
kändudest ja mättaist . . . 500—600 „

Üksikjuhtudel on päevane töösaavutus olnud kuni 12 ha võsast puhastamist.

Võsalõikaja jätab mahalõigatud võsa ebakorrapäraste vallidena (ridadena) maha, mille ärakoristamine nõuab oludest olenevalt 10—35 inimtööpäeva ha kohta. Selle töö hõlbustamiseks on «ВНИИГиМ-i» poolt konstrueeritud vastav võsareha. See kujutab endast tugeva traktori ette monteeritud kilpi, kümne pika sõrmega kilbi allääres. Reha kogub ja lükkab enda ees kokku võsa umbes looreha põhimõtte järgi.

Juurimisäke. Peale võsalõikaja tööd ja ka juurimismasinate töö järel jääb maa sisse rohkesti juuri, mis tavalise uudismaa sahaga kündmise muudavad raskeks või isegi võimatuks. Niisuguste maade ülesharimiseks on võetud tarvitusele nn. juurimisäke. Esmakordselt seda on tarvitatud Karjalas ja teistes põhjarajoonides. Üleliidulise Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi poolt on see riist 1936. a. proovitud ja tehtud mõned

parandused. Juurimisäke kujutab endast kolmenurgalist tugevat puuraami, mille ninasse ja küljepuude sisse «pulkadeks» on asetatud kokku 11 tükki 1,10 m pikkusi raudteeröövpalõikusid. Raami kogupikkus on 5,70 m ja laius tagant 4,0 m. Pulgad ulatuvad alt 0,50 m raamist välja. Äkke transportimiseks kasutatakse selleks ehitatud kelku.



Joon. 158. Juurimisäke.

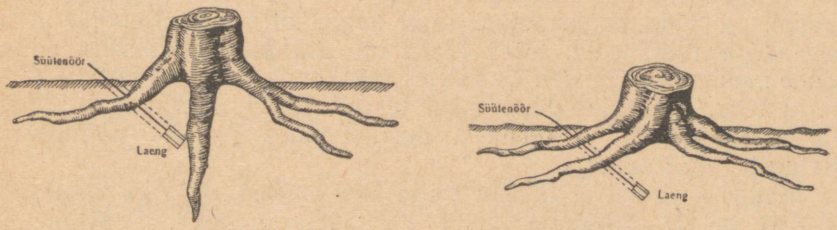
Juurimisäke töötab hea eduga võsalõikaja poolt puhastatud vanal kännustikul või võsastunud maal, kus ei ole jämedaid vetruvaid juuri. Mineraalmaal jäetakse äkke pulgad 30 sm allapoole raami, soomaal aga 50 sm. Maa äestatakse läbi 1—3 korda, kusjuures viimasel korral äestamise suund on risti eelmistele. Pinnas ei või äestamisel olla liiga märg, kuid ka mitte väga kuiv. Esimese äestamise järel pind peenendatakse 6—8 sm sügavuselt, kuid teise ja kolmanda korra järel saavutatakse juba 10—12 sm sügavus. Teritatud otstega pulgad kobestavad maa kuni 15 sm sügavuseni; sel juhul võib aga traktori jõud jääda juba nõrgaks äkke vedamiseks, mistõttu tuleb 2—4 pulka äkkest vähemaks võtta.

Juurimisäke veab peenemad juured maa seest välja ja purustab suuremaid. Iga äestamise korra järel tuleb lahtised juured maapinnalt enne ära koristada, kui järgmist äestamist ette võetakse. Kui

see jääb tegemata, siis ummistub äke varsti ja töötamine muutub võimatuks. Kahe- kuni kolmekordse äestamise järel vajab maa veel 1—2 korda randaalimist, mille järel on see külviks küllaldaselt peenendatud. Juurimisäkkega äestamine asendab seega kündi.

Võsalõikaja ja juurimisäkke abil on niiviisi võimalik tunduvalt kiirendada uudismaa ülesharimise tööd.

J u u r i m i s t ö ö d l õ h k e a i n e t e a b i l. Kändude juurimine lõhkeainete abil on kõige jõudsamaid ja kõige vähem tööjõudu vajavaid juurimisviise. Üks minöör koos 1—2 abitöölisega võib 8-tunnilise tööpäeva jooksul välja juurida 150 — 200 kändu. Juurimine toimub sel teel, et kännu alla tehakse sellekohase puuriga või raudkangi abil auk, rohkem sellele poolele, kus on tugevamad juured. Kui maa on kuiv, siis on soovitav valada auku vett selleks, et augu ümbrus saaks õhutihedam. Siis valmistatakse mõnest käsituskind-



Joon. 159. Kändude juurimine lõhkeainetega.

last lõhkeainest laeng, võttes kännu läbimõõdu 10 sm kohta 100 g lõhkeainet. Lõhkeaine sisse torgatakse peene puupulgaga lõhkekapslijämedune auk ja asetatakse lõhkekapsel, millele on külge kinnitatud süütenöör, lõhkeaine sisse. Laeng pannakse kännu alla tehtud auku ja kaetakse auk niiske maaga tihedalt täis, jättes süütenööri otsa välja. Selle järel laeng süüdatakse, süütaja eemaldub kännust umbes 100 m kaugusele, mille järel laeng plahvatab, tõstes kännu maa seest välja, seejuures enamasti seda osaliselt ka lõhestades.

Kändudel, mille juured levivad laiali maapinna lähedases kihis (näiteks kuusk), asetatakse laeng kännu alla, selle keskkohta; kuid mitte kännu enda vastu, vaid sellest pisut sügavamale. Seevastu sügava tüvejuurega kändudel (näiteks mänd kuival maal), tuleb laeng panna tüvejuure vastu ja võimalikult sügavamale, sest vastasel korral ei suuda laeng tüvejuurt purustada ja kändu välja tõsta. Kuivendatud soos ja kuivas liivamaas toimib lõhkeaine hal-

vasti, sellistes maades pole otstarbekohane lõhkeainetega juurimist toimetada.

Lõhkeainete abil juurimist ei ole tasuv toimetada väiksematel kui 25 sm läbimõõduga kändudel. Mida suuremad on kännud, seda tasuvam on neid lõhkeainete abil välja juurida.

C. Kivide koristamine.

Tööulatus. Ühenduses uudismaa harimisega mineraalmaadel tuleb hulgaliselt koristada suuremaid ja väiksemaid kive. Väga paljudel juhtudel on praegused looduslikud karjamaad just sellepärast omal ajal üles harimata jäänudki, et neil oli palju kive. Meil on maakondi, nagu näiteks Pärnumaa, kus 1939. a. põllumajandusloenduse andmeil karjamaadest 39,7% ja heinamaadest 26,8% vajas kividest puhastamist.

Kivide koristamise tööd tuleb teha mitte üksnes uudismaade harimisel, vaid ka olemasolevad põllud vajavad kividest puhastamist. Põldude puhastamine ongi kõige kiireloomulisemaid maaparanduse ülesandeid, sest kivid on suureks takistuseks põllutööde mehhaniseerimisel. Üksikutes maakondades on seda tööd õige palju teha. Nii vajab Saaremaal tervelt 26,6%, Harjumaal 18,0%, Järvamaal 16,8% ja teisteski maakondades 7—16% põllumaast kividest puhastamist.

Maade harimist ei takista mitte üksi suured, vaid ka vähemad, 15—30 sm läbimõõduga kivid haritavas mullakihis. Mitmeteie saagikoristamise masinatele, nagu näiteks niidu- ja lõikusmasinale on isegi 4—5 sm läbimõõduga kivid sagedasti rikete põhjustajaks.

Selliste kivide koristamine, mis on jõukohased ühele inimesele tõsta, on toimunud seni enamasti käsitsi. Nüüd on niisugustegi kivide koristamise tööd NSV Liidus hakatud mehhaniseerima. Nimelt on Üleliidulise Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi poolt konstrueeritud ja hiljem Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Instituudi poolt (Leningradis) täiendatud vastav kivikoristamise masin. See kujutab endast ratastel liikuvale raamile monteeritud horisontaalvõlliga trumlit, millele on kinnitatud ringi 6 reha terves trumli pikkuses. Reha pulgad on 35 sm pikad. Masina edasiliikumisel hakkab trummel rehadega pöörlema, reha pulgad (mis otsast on kõveraks tehtud) haaravad maapinnal leiduvad kivid läbimõõduga 5—30 sm reha peale ja heidavad need trumli taga liikuvale transportöörile. See kannab kivid edasi vankrisse, mis liigub transportööri taga. Masinat veab 60 HJ „Stalinets»-traktor.

Suurte kivide koristamine nõuab enne vähemateks tükkideks lõhkumist. Varematel aegadel lõhuti kive tule abil, nüüdsel ajal kasutatakse selleks lõhkeaineid.

Lõhkeained. Kivide lõhkumiseks kasutatakse peaasjalikult nn. ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid (nagu ammoniit, amatool, amonaal, astraliit, šneideriit jt.). Need on käsituskindlad lõhkeained, mis ei plahvata tõugete või löökide mõjul. Nad ei karda ka külma. Plahvatuse järelgaasid on puhtad ja tervisele ohutud. Lahtiselt tulde sattudes nad põlevad visalt rahuliku leegiga ilma plahvatamata. Need lõhkeained plahvatavad ainult lõhkekapsli (detonaatori) mõjul. Need on aga kõik hügroskoopilised, imedes endasse kergesti niiskust. Niiskus muudab lõhkeaine kõvaks ja vähendab tunduvalt selle lõhkevõimet. Niiskumise vältimiseks pakitakse ammooniumsalpeeter-lõhkeained mitmekordsesse paberisse, kusjuures välimine paber on parafineeritud. Pakendil on padruni (pulga) kuju, igas padrunis tavaliselt 100 g lõhkeainet.

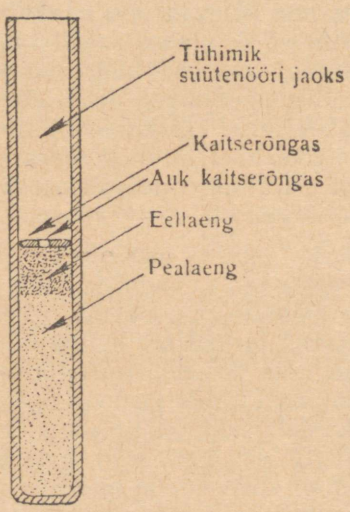
Vee all töötamiseks, näiteks jões olevate kivide või kärestikkude lõhkumiseks, on sobivamad dünamiitide liiki kuuluvad lõhkeained, milledes tähtsama aineosa moodustab nitroglütseriin. Dünamiit omab suurt lõhkevõimet ja vett see lõhkeaine ei karda. Eriti võimas on nn. lõhkeželatiin, mis koosneb nitroglütseriinist ja kolloodiumpuuvillast. Dünamiit on löökide ja hõõrumise vastu vähetundlik ja selle tõttu käsituskindel; kuid ainult sooja ilmaga. Juba temperatuuri juures + 11° C nitroglütseriin hakkab kristalliseeruma ja + 8° C juures toimub kõvenemine intensiivselt. Temperatuuri juures + 6° C on dünamiit juba külmanud. Sellisena see on aga ohtlik töötamisel ja majanduslikult kahjulik, sest ta kaotab suure osa oma lõhkevõimest. Külmanud dünamiidi ülessulatamine on tülikas ja ohtlik toiming. Suure ohtlikkuse tõttu see võib toimuda ainult äärmise ettevaatusega ja pikkamööda, nõu sees, mis on asetatud leigesse, umbes +40° C vette. Kuid kõige hoolsamalgi käsitsemisel võib jääda mõni osa lõhkeainest sulamata, mis hiljem võib tekitada laengu väljapõlemist.

Vähemal määral on kivilõhkumise töödeks meil enne sõda kasutatud ka «Imatrex'i», mis kuulub kloraatlõhkeainete hulka. Selle lõhkeaine iseärasus seisneb selles, et ta muutub lõhkeaineks alles selle järel, kui teda on immutatud petrooleumis. Immutamata ta on täiesti ohutu plahvatuse mõttes. Kuid ta on mürgine aine ja vajab seepärast ettevaatust käsitamises.

Eesti NSV töö rahvakomissari poolt (2. VII 45, nr. 86 all) antud «Juhend lõhkeainete hoidmise ja tarvitamise kohta» käsitleb

üksikasjaliselt lõhkeainetega ümberkäimist ja loetleb ka kõik tarvitamiseks lubatud lõhkeainete liigid.

Kõigi käsituskindlate lõhkeainete plahvatama panemiseks vajatakse lõhkekapsleid. Lõhkekapsel kujutab endast vasest või alumiiniumist valmistatud kinnise põhjaga peenikest silindrit, mille alumises pooles on kergesti plahvatav lõhkeaine — pauk-elavhõbe;

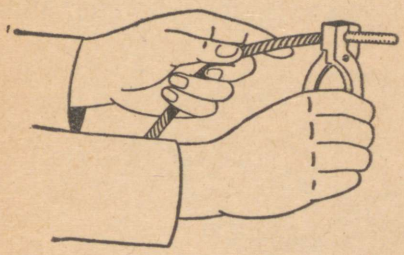


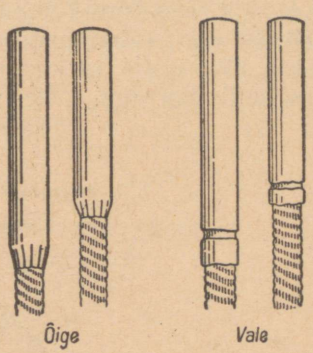
Joon. 160. Lõhkekapsel.

pealmine pool vähemalt 15 mm pikkuselt on aga tühi ja on määratud süütenööri sissepanemiseks, mõlemad pooled on teineteisest eraldatud õhukese vaheseinaga, mille keskel on auk tulesädeme läbipääsemiseks süütenööri südamikust kapsli lõhkeainesse. Kapsleid valmistatakse mitmesuguses suuruses. Kõige enam tarvitusel on kapsel nr. 8, mille pikkus on 4 sm ja läbimõõt 6,85 mm ja mille täide koosneb kahesugusest lõhkeainest: allpool 1 g tetrüüli ja trotüüli segu ja pealpool 0,5 g pauk-elavhõbedat.

Lõhkelaengu valmistamiseks lõigatakse sobiva pikkusega (0,4—0,6 m) tükk süütenööri ja kinnitatakse sellele otsa lõhkekapsel, pigistades sellekohaste tangide abil kapsli ääred tihedalt süütenööri ligi. Seda tuleb teha suure ettevaatusega, sest vastasel korral võib kapsel kergesti töötaja käes lõhkeda ja põhjustada õnnetust. Lõhke-

kapsel on nimelt väga tundlik tõugete, löökide ja hõõrumise vastu. Selle järel võetakse padrun lõhkeainet, tehakse seda ümbritsev paber otsast lahti, surutakse kapsli jämedusse auk lõhkeaine padrunile otsast sisse nii sügavalt, et kapsel kogu pikkuses sisse mahub, pannakse süütenööriga varustatud kapsel ettevaatlikult lõhkeaine padrunisse tehtud auku ja seotakse padruni lahtine paberiäär nööriga süütenööri ümber kinni. Süütenööri pikkus peab olema selline,





Joon. 161. Süütenööri kinnitamine lõhkekapslisse.

et laengu süütaja jõuaks selle põlemise kestel minna ohutusse kohta, enne kui laeng lõhkeb. Süütenööri põlemise kiirus on keskmiselt 0,50 m minutis.

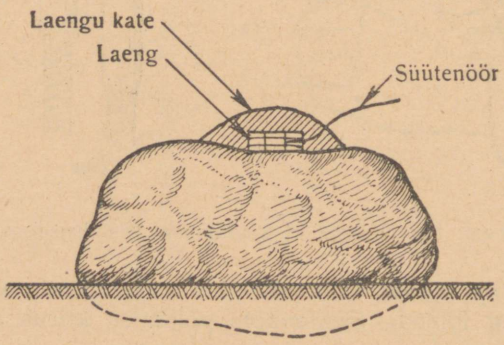
Lõhkumise töid ei või usaldada vilumata töötajaile. Neid töid võivad teha ainult oskuslikud minöörid.

Lõhkumise viisid.

Kive võib lõhkuda a) pealtlaenguga, b) altlaenguga ja c) puur-auguga.

a) Pealtlaenguga lõhkumise viisi kasutatakse peamiselt maapealsete suuremate kivide lõhkumiseks ja neil juhtudel, kui ei ole soovitav, et kivitükid väga laiali lendaksid. Laeng asetatakse kivi keskele ja võimalikult nõgusasse paika, sest laengu mõju on seda suurem, mida enam ta on ümbritsetud lõhutavast kivist. Laengu lõhkemisel paisuvad gaasid levivad nimelt radiaalselt, igas suunas. Kui kivil nõokohta ei ole, siis tuleb laeng asetada tasasele kohale, kuid mitte kumera nuki peale. Viimasel juhul oleks lõhke-

aine mõju väga vähene, sest lõhkemisel tekkivad gaasid pääsevad suuremalt osalt laiali levinema ilma kiviga üldse kokku puutumata. Ümmargused kivid ei sobi hästi pealtlõhkumiseks; paremini sobivad selleks lamedad kivid, kusjuures laeng on otstarbekohane asetada sellele kohale, kus kivi on õhem. Valitud laengu asetamise kohas tuleb kivi pind samblast ja mullast puhtaks kaapida. Soovitav on seda kohta peale selle veel veega puhtaks uhtuda. Laengu suurus valitakse vastavalt kivi suurusele, arvestades keskmiselt kuni 1,5 kg lõhkeainet kivi m^3 kohta. Padrunitest laengut moodustades tuleb padrunid siduda kimpu, kusjuures lõhkekapsli ja süütenööriga varustatud padrun asetatakse teiste keskele. Laeng asetatakse kivi peale ja kaetakse 15—20 sm paksuse niiske savi- või savimulla-korraga, jättes süütenööri otsa katemulla alt välja. Mida



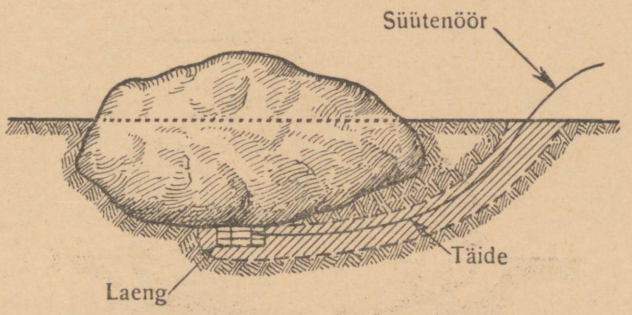
Joon. 162. Kivi lõhkumine pealt-laenguga.

tihedam ja paksem on kate — seda parem. Katemuld ei tohi aga sisaldada kivitükke, sest need paiskuvad väga kaugele ja võivad põhjustada õnnetusi. Süütenööri pikkus võetakse mitte vähem kui 0,6 m. Kui laeng on süüdatud, tuleb süütajal eemalduda kivist vastu tuult vähemalt 100 m kaugusele.

See kivide lõhkumise viis on kiire ja nõuab lõhkumisel vähe tööjõudu. Ka ei paisku lõhutud kivitükid väga kaugele laiali. Kuid lõhkeainete kulu on suhteliselt suur.

b) Altlaenguga lõhkumist kasutatakse selliste suuremate kivide lõhkumiseks, mis on suurelt osalt maa sees. Laengu kivi alla asetamiseks tuleb kaevata kivi alla renn nii kaugele, et laengut ulatab panema umbes kivi keskkohale, igatahes aga kivi äärele mit-

te lähemale kui 1/3 selle laiusest. Laeng asetatakse kivi alla kivi õõnsasse või lamedasse paika, kusjuures laeng peab jääma tihedalt vastu kivi. Õhuruum kivi ja laengu vahel nõrgendab tunduvalt laengu mõju. Kivi heidetakse küll maa seest välja, kuid jääb enamasti terveks ja vajab tükeldamiseks uut lõhkumist. Kui laeng on kivi alla kohale asetatud, täidetakse selle ümbrus hoolsasti niiske savi või mullaga. Seda tuleb aga teha ettevaatlikult, ilma tõugete ja löökideta. Mida tihedam on pinnas kivi all ja ümbruses, seda paremini mõjub lõhkeaine; ta purustab kivi ja paiskab ka kivi tükid august välja. Kui pinnas on nii märg, et laengu jaoks kaevatud auku tuleb vesi sisse, siis on vaja laeng teha veekindlaks, ümbrit-



Joon. 163. Kivilõhkumine alt-laenguga.

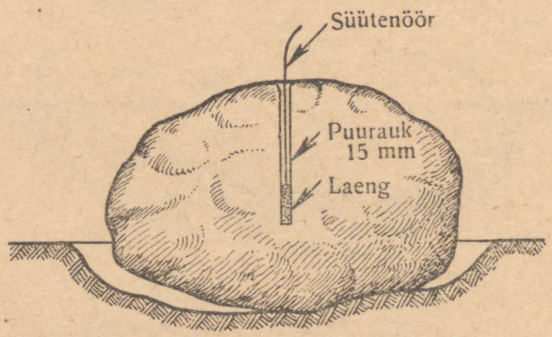
sedes seda pärgamentpaberiga või asetades laengu parafineeritud paberist kotti. Ei ole soovitav asetada laengut täpselt keskele kivi alla, sest niisugusel korral paiskub palju tükke otse püstloodis üles ja need kukuvad auku tagasi. Kivi väljapaiskumise suunda saab soovi korral laengu asetamisega ette määrata, asetades laengu soovitavale suunale vastupidise ääre alla.

Altlaenguga lõhkudes kasutatakse lõhkeaine lõhkevõime paremini ära, mistõttu lõhkeaine kulu on väiksem, piirdudes tavaliselt 0,8—1,0 kg-ga kivi m^3 kohta. Kuid lõhutud kivi tükid paiskuvad kaugele, isegi kuni 200 m kaugusele. Kus selline kaugelepaiskumine ei ole lubatav, seal tuleb lõhutav kivi katta haokubudega või tooreste kuuseokstega ja mõnede jämedamate, 2—3 m pikkuste puudega, mis hoiavad ära kivitükkide laialipaiskumise.

c) Puur-auguga lõhkumine. Niihästi pealt- kui ka altlõhkumine purustab kivid väga mitmesuguse kuju ja suurusega tükkideks ja osalt ka prügiks. Kui on tarvis saada häid pragudeta

ehituskive, siis mainitud lõhkumisviisi ei tarvitata, vaid lõhkumist toimetatakse puur-aukudega. Ka lõhkeainete kõrge hind võib sundida seda lõhkumisviisi tarvitama, kuna siin lõhkeainete kulu on suhteliselt väike.

Auk puuritakse kivipuuri abil kas püstloodis või ka viltu kivi sisse. Püstloodis puurimine on tavaliselt kergem. Lõhutav kivi tuleb ümbert lahti kaevata ja 1,5 sm jämedune auk sisse puurida. Augu sügavus tuleb teha umbes $^2/_3$ kivi paksusest. Mida sügavam on auk, seda paremini mõjub lõhkeaine. Enne laadimist tuleb kivipuru puur-august välja puhastada ja kui auk on märg, siis seda ka nartsude või takutropiga kuivatada. Umbes $^1/_3$ kuni $^1/_2$ augu sügavusest täidetakse lõhkeainega, kusjuures padruneid auku pannes on



Joon. 164. Kivi lõhkumine puur-auguga.

soovitav padruni otstest paber ära rebida, et üksikutes padrunites olevat lõhkeainet viia paremasse kokkupuutumisse. Süütekapsli ja -nööriga varustatud lõhkepadrun paigutatakse kõige pealmiseks. Ülemine osa puur-august täidetakse tihedalt niiske savi või mullaga, pannes esiteks alla topp paberit. Toppimist tuleb teha ettevaatlikult ja kasutada ainult puust toppimisvarrast.

Ühe puur-auguga lõhkumine jätab tavaliselt kivi suurteks tükkideks. Kui on vaja saada väiksemaid tükke, siis tuleb teha ühe asemel mitu auku, kuid madalamad. Puur-aukude kaugus üksteisest võetakse 2—3 korda nende sügavusest suurem.

Väiksemate kivide lõhkumisel on kasutatud ka sellist viisi, et puur-auk on tehtud madal, ainult lõhkeaine jaoks ca 10 sm sügavusega, kuna topp jääb ära ja selle asemel kaetakse laetud puur-auk pealt savi või märja mulla kattekihiga, nagu pealtlõhkumisel.

See lõhkumise viis võimaldab tunduvalt kokku hoida puurimise tööd. Suuremaid kive sel teel pole võimalik lõhkuda.

Lõhkeaine kulu puur-auguga lõhkumisel on 100—150 g kivi m^3 kohta, seega ainult üks kümnendik lõhkeaine kulust pealtlõhkumisega.



Joon. 165. Kivisest karjamaast tehtud põld.

Suure osa töökuludest selle lõhkumise viisi juures moodustab puurimise töö. Käsitsi tehes see töö nõuab palju aega. Vilunud mees võib tööpäevas käsitsi puurida keskmiselt mitte rohkem kui 2,5 m ehk 100 tolli puur-auku. Kantmeetri kivide kohta tuleb teha keskmiselt 50 sm puur-auku, seega jõuab 1 mees päevas puurida auku 5 kantmeetri kivide lõhkumiseks. Puurimise töö mehhaniseerimiseks on konstrueeritud mitmesuguseid masinaid. Meil oli R. Vasardi poolt konstrueeritud kivipuurimise masin katseviisiliselt tarvitusel. See masin premeeriti 1940. a. põllumajandusnäitusel Tallin-

nas kõrgema auhinnaga, kuid ei jõudnud kahjuks enne sõda laiemale kasutamisele tulla. Vasardi kivipuurimise masin töötas 3-hobusejõulise kahetaktilise Sax-mootori jõul, mis asetses kärul õhukummirataste ja kuullaagritega. Painduva ringvõlli abil mootori jõud kandus üle käepidemetega varustatud puurimisseadeldisele, pannes tiirlema seadeldise külge kinnitatud kivipuuri. Kogu masin oli ühe inimese jõul kergesti veetav ühe kivi juurest teise juurde. Proovitöödel selle masinaga saavutati puurimiskiirust keskmiselt 10 sm (4 tolli) minutis. Töö toimus 16 mm ($^5/_8$ tolli) läbimõõdulise puuriga, mis teeb 23 mm läbimõõduga augu. Arvesse võttes ka edasiliikumiseks kuluvat aega saavutati päevaseks töötulemuseks rohkem kui 1000 tolli ehk 25 meetrit puur-auku, s. o. kümme korda enam kui käsitsi. Seejuures kujunes ka töö maksumus poole odavamaks käsitsi töö maksumusest. Kuid seegi mehhaniseerimise aste ei rahulda täielikult. Seda tuleb veelgi tõsta ja parandada ka tööde läbiviimise organisatsioonilist külge.

Mõnedes suurmajapidamistes on meil hea eduga kasutatud ka traktorit kivide koristamiseks (näiteks Kehtna õppemajandis 1947. a., Kostivere sovhoosis 1948. a. ja mujal). Traktoriga see töö toimub lihtsalt nii, et kivi kaevatakse ümbert lahti ja pannakse sellele tugev kett ümber, mille järel traktor tõmbab kivi august välja ja veab põllu äärde. On soovitav vedada laia raudplaadi või jalaste peal.

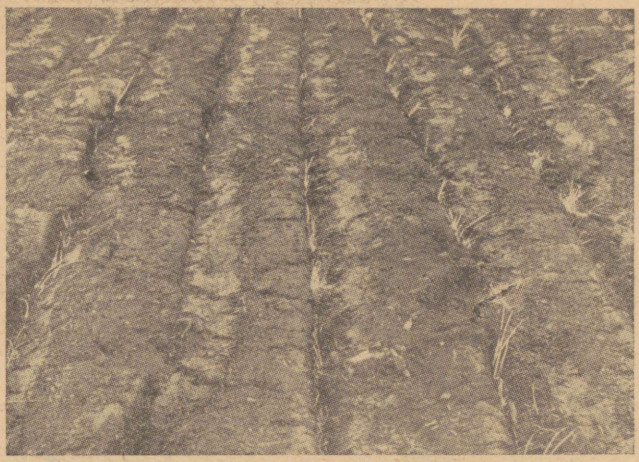
D. Uudismaa künd.

Kuivendamine loob vajaliku eelduse maa toodanguvõime parandamiseks, kuid ei kindlusta seda iseendast veel mitte, kui kuivendusele ei järgne maa ülesharimist. M. Karsakova, J. Holina ja G. Burgvitsa uurimuste andmeil (B. D. Onoško — «Kultura bolot» 1934), kuivendamine üksi ei muuda oluliselt paremaks turbamaade mineraliseerumisprotsessi. Nitrifikatsioon tekib alles peale soo ülesharimist. Seda tõendavad kujukalt Novgorodi katsejaama andmed, mille järgi 1 kg absoluutset kuiva turvast sisaldas nitraate milligrammides:

	Kuivenduskraavide vahekauguse olles	
	40 m	20 m
Enne kündi (31. VII)	22	27
Peale kündi (24. IX)	567	337

Intensiivnegi kuivendus ei ole ilma ümberkünnita olulist parandust toonud.

a



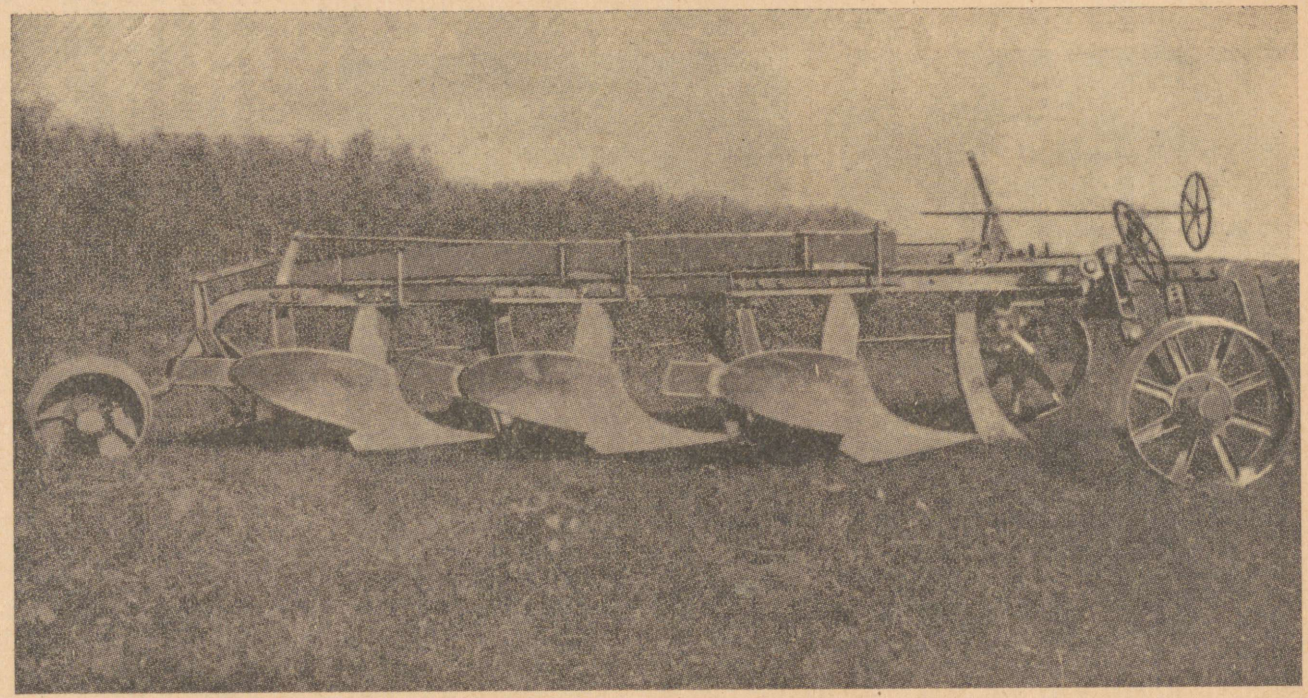
b



Joon. 166. Uudismaa künd: a — hea, b — halb.

Kuna turbamaade kuivendamine üksi ei muuda maa toiterežiimi mainimisväärsel määral, siis ei parane ka rohukasv. Koguni vastupidi, seegi tarnataimestik, mis varem kasvas, jääb väheseks, aga midagi paremat selle asemele esialgu ka ei tule. Alles maa ülesharimine toob põhjaliku muutuse mulla toitainete režiimis.

Ainult harva on võimalik uudismaa harimisel säilitada endist kamarat ja pealtharimise, väetamise ning täiendava rohuseemne



Joon. 167. Kolmesahaline uudismaakünni ader «ЗК—54».



Joon. 168. Ühesahaline uudismaakünni ader «K-56-P»

külvi teel muuta seda kõrgetoodanguga kultuurkamaraks. Enamasti on endine kamar nii alaväärtuslik, et see tuleb ümberkünni teel ära kaotada ja uuskülviga asemele luua täiesti uus kultuur-rohumaa kamar. Vana kamara täielikuks ärakaotamiseks tuleb see pöörata künniga vao põhja, lapiti maha. Kui künni viil jääb serva peale, siis tekib sellest kaks olulist pahet: esiteks pääseb alaväärtuslik sootaimestik künniviilude vahel osaliselt uuesti kasvama ja teiseks jääb künnikiht sitke kamara tõttu esialgu osaliselt aluspõhjast eemale, mistõttu katkeb vee kapillaarne tõus aluskihist künnikihti. Turbamaas on see hädaoht eriti suur. Ainult kruvipinnalise hõlmaga sahad pööravad künniviilu täiesti kummuli, seepärast tehakse uudismaa- ehk sookünniadral sahk kruvipinnalise hõlmaga.

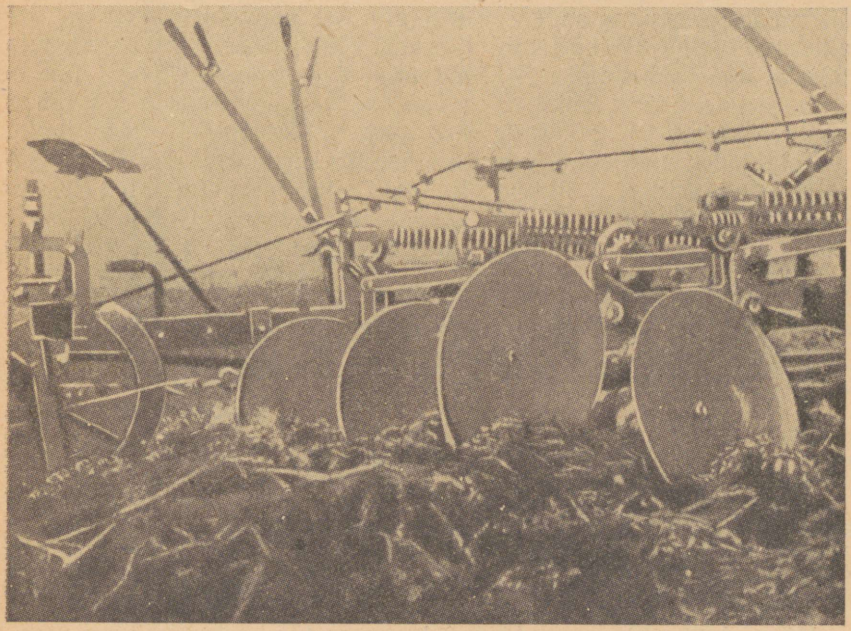
Uudismaa kündi teostati varematel aegadel hobustega. Nüüdsel ajal toimub see traktorijõul. Uudismaa künni jaoks traktoriga on konstrueeritud mitmeid adratüüpe. Neid on ühe-, kahe- ja kolmesahalisi. Praktikas on kõige paremat toimimiskindlust näidanud kõrge tiisliga ühesahalised adrad, kuna mitmesahalisel esineb töö kestel alati ummistusi, eriti aga mättalises ja juurtega uudismaal. Meil on uudismaakünni traktoriatradest varem kasutatud peamiselt välismail toodetuid, nagu inglise adrad «Unitrac» ja «Estotrac», rootsi «Överum» ja «Oliver», saksa «Moor-Igel» jt. Viimaseil aastail enne Teist Maailmasõda hakati kasutama ka omamaist «Krull TSA».

NSV Liidus on konstrueeritud võimsaid uudismaa künniatru, mis tulevad hästi toime künniga ka juuri sisaldavas maas, näiteks võsalõikaja abil laastatud maal. Selliseid atru on kolmesahaline ader «ЗК-54», millel töö laius on 1,62 m ja künni sügavus 25 sm. See on väga tugeva konstruktsiooniga ja hea tööjõudlusega, kündes keskmiselt 0,25—0,35 ha tunnis. Ta vajab 60—65 HJ «Stalinets»-traktori veojõudu. Palju puujuuri sisaldavas maas kipub esinema ummistusi.

Ühesahalistest atradest valmistatakse mineraal-uudismaa künni jaoks «К-56-Р» ja soo uudismaa künniks «К-56-Р/Б» tüüpi atru. Need on kõrge raamiga ja nende künniviilu laius on 56 sm. Need on tugeva konstruktsiooniga ja kõlbavad hästi töötamiseks ka juuri sisaldavas maas. Isegi kasvava peene võsa, kõrgusega kuni 2—3 m künnavad nad maa sisse. Teoreetiline tööjõudlus on 0,18—0,27 ha tunnis; tootmistingimustes jääb tööjõudlus mõningal määral väiksemaks. Mõlemad mainitud tüüpi adrad vajavad «Nati»-traktori veojõudu.

Väga rasketes künnitingimustes, kus rohkete jämedate puujuurte ja kändude sisalduse tõttu tavalise adraga pole võimalik

kündi teostada, on osutunud heaks tööriistaks raske taldrikader suurte, vähemalt 70 sm läbimõõduga taldrikutega. Taldrikud murendavad hästi maad ja lähevad takistustest, nagu kännud, tugevad juured või kivid, mida nad läbi lõigata ei suuda, üle, ilma et nad puruneksid. Iga taldrik võib iseseisvalt tõusta, kui temale takistus ette tuleb, ilma et teised taldrikud kaasa tõuseksid.



Joon. 169. Taldrikader.

Kamara peenendamist künni järel teostatakse tavaliselt randaali abil.

Juurteta ja kivideta maas on maa ülesharimine võimalik ka nn. mullafreesi abil. See kujutab endast traktori taha kinnitatud horisontaalset trumlit paljude lõiketeradega, mis trumli pööreldes purustavad ja peenendavad kamarat, sooritades üheaegselt künni ja ka kamara peenendamise töö nii, et ühe töökäiguga on maa seemendamiseks valmis. Selliseid maafreese on valmistatud Saksamaal ja valmistatakse ka NSV Liidus. Meil ülesharimisele tulevatest uudismaadest on enamus selliseid, kus kivide või puujuurte

või ka mõlemate sisaldus maapinnas teeb ülesharimise maafreesi abil võimatuks. Kuid teatud juhtudel võib see siiski ka siin osutuda sobivaks mättaliste, lagedate rohusoode ülesharimisel.

4. Uudismaa harimise tulemusi.

Uudismaa harimise rahvamajanduslikust tähtsusest on eespool juba mainitud. Praeguste vähetootvate looduslike rohumaade muutmisega kultuurrohumaadeks tuleb luua see söödabaas, mis on vajalik meie arenevale karjamajandusele. Heinamaade toodangut, mis 1939. a. moodustas 486 milj. söödaühikut, on võimalik peale maade kultuurseisundisse viimist tõsta 1600 miljoni sü peale ja karjamaa osast vastavalt 139 miljonilt sü-lt koguni 1400 milj. söödaühikule.

Laialdased uudismaaharimise tööd, mis on teostatud Vene NFSV paljudes oblastites, näitavad kujukalt, milliseid tulemusi nende tööde läbi võib saada. Nii näiteks on «ВАСХНИЛ» andmeil (1937. a.) saadud ülesharitud uudismaalt järgmisi saake:

Oblast	Rajoon	Kolhoos	Kultuuri nimetus	Saak kg/ha
Leningradi	Novgorodi	„Avangard“	Talinisu	1950
			Suvinisu	1250
Ivanovo	„	„Valujevo“	Kaer	2100
Gorki	Šahhunja	„12. Oktoober“	Talinisu	1530
Vologda	Beloserski	„Verhnjaja“	Suvinisu	2100
		„Jessipovo“	„	2400
Leningradi	Strugi-Krasnõje	„Krasnõje Bahunõ“	„	1500
Kalinini	Udomlja	„Rjad“	Kaer	1900
Kirovi	Halturini	„Molotovi-nimeline“	Rukis	1400

Mõnes kolhoosis on uudismaa harimise tööd tehtud suurel maa-alal. Nii on kolhoos «Krasnõi Ostrov» 3 aasta jooksul (1935—1937) puhastanud 36 km kraave, kuivendanud 603 ha põldu ja rohumaid, 28 ha puhastanud kividest, 35 ha laastanud võsast ja 36 ha juurinud. Tehtud tööde tulemusena saavutati järgmisi saake:

Kultuur	Saak z/ha	
	1936. a.	1937. a.
Talinisu	11,8	15,0
Talirukis	13,4	26,0
Kaer	3,6	10,5
Oder	6,6	18,6
Suvinisu	4,9	11,0



Joon. 170. Ülesharimisele võetud soo looduslikus seisukorras (Käina-Kaigutsis, Hiiumaal).

Kolhoos «Krasnõi Lutš» haris 1935—1937. a. 41 ha uudismaad põlluks, suurendades niiviisi kolme aastaga oma külvipinda 24% võrra. Kolhoosi tulude suurenemise tõttu suurenes tunduvalt ka kolhoosnikute töötasu. Nii oli näiteks naturaaltasu tööpäeva kohta:

		1936. a.	1937. a.
Teravilja osas	kg	1,45	3,30
Kartuli osas	„	1,75	3,00

Sama veenvad on tulemused, mis meie omad talupidajad uudismaa harimise ja sookultuuri abil on saavutanud. Seda näitavad end. Eestis kodanlikul ajal 1937. a. kogutud andmed 199 talundi kohta, kus oli teostatud soode ülesharimise töid. Andmed hõlmavad kokku 1500 ha ülesharitud sood, millest 63,4% oli haritud kultuurrohumaaks. Looduslikus seisukorras oli keskmine saak (199 talundi kohta) olnud heinamaalt 412 kg/ha ja karjamaalt 54 sü/ha. Peale ülesharimist saadi aga keskmiselt 5218 kg/ha kultuurheina.

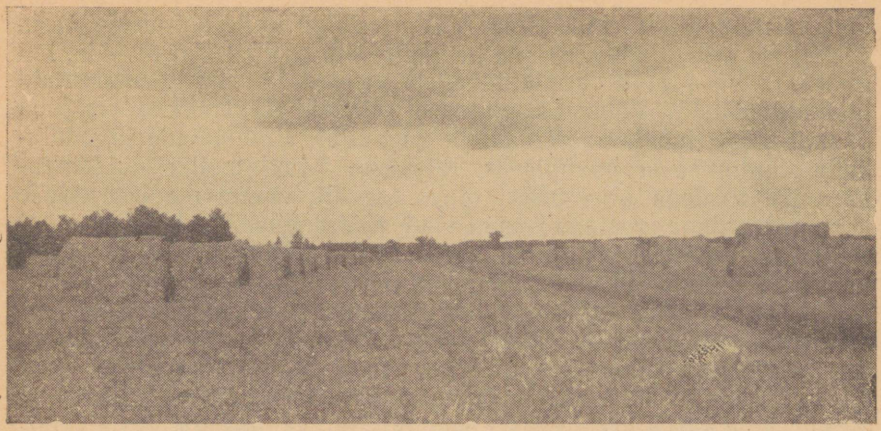
Sööda hulga suurenemine oli võimaldanud tõsta loomade arvu keskmiselt igas talundis: 1 hobuse, 4 veise (neist 3 lüpsilehma),



Joon. 171. Esimene vili (segatis) ülesharitud sool (Käina-Kaigutsis, Hiiumaal).



Joon. 172. Teise aasta vili (kartul) ülesharitud sool (Käina-Kaigutsis, Hiiumaal).



Joon. 173. Kolmanda aasta saak (kultuurhein) ülesharitud soolt.

3 sea ja 1 lamba võrra. Aastane piimatoodang 1 lehma kohta tõusis 522 kg võrra. Sookultuur on kaudselt mõjutanud ka mineraalmaade saake, võimaldades siin isegi kuni 35% enamsaaki. See on tingitud rikkalikumast väetusest, mida karja ja seega ka sõnniku hulga suurenemine on võimaldanud.

Sama häid tulemusi võib oodata ka edaspidi tehtavatest uudismaa harimise töödest.

X. Agrometsamelioratiivsed tööd.

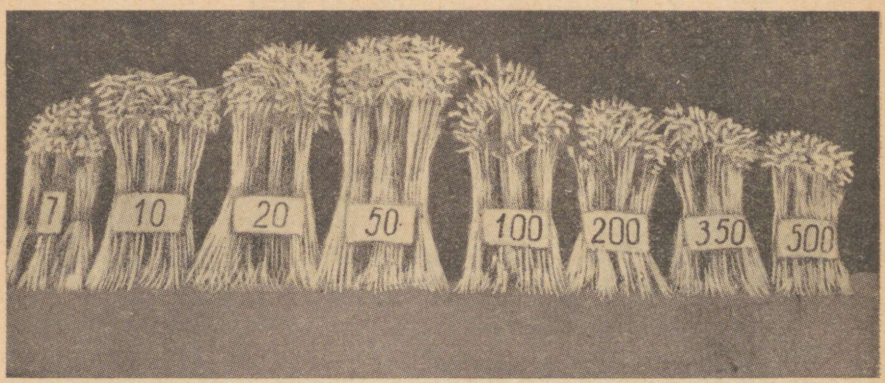
Agrometsamelioratsiooniks nimetatakse selliseid kaitseistanduste rajamise töid, millede eesmärgiks on parandada põllumajanduslikel maadel taimekasvu tingimusi. Ühtlasi kuuluvad siia tööd, mis on seoses võitlusega maapinna erosiooni nähtuste vastu ja tuiskliivade kindlustamisega.

1. Kaitseistanduste vööd.

Laiades lagedates piirkondades, muutliku niiskuse oludega ja kuiva, ariidse kliimaga teevad kuivad ja suure kiirusega tuuled suuri kahjusid põldtaimede viljelemisele. Selliseid kahjusid esineb laialdaselt NSV Liidus, P.-Ameerika Ühendriikides, Kanadas ja mujal ariidse kliimaga aladel; aga ka Šveitsis, Iirimaal ja Taanis on tekkinud tarvidus võtta tarvitusele kaitseabinõusid tuule kah-

justava mõju vastu. Meil Eesti NSV-s esialgu tuule kahjustav mõju veel ei ole eriti tunduv. Selline hädaoht võib aga ka siin tekkida, kui metsa ja võsa alad rannikumaadelt kaovad ja sünnib suuremaid lagendikualasid. Vähemas ulatuses selliseid lagendikke on juba olemas Läänemaal, Saaremaal ja ka mujal. Uute laiade lagendikkude sündimise ärahoidmiseks, tulevaste laiaulatuslike uudismaaharimise töödega ühenduses, oleks tarvilik varem maakorralduse korras eraldada vastavad maa-alad kaitsemetsaribadeks. Siis ei tarvitseks meil hiljem hakata metsa uuesti tagasi istutama, nagu taanlased seda nüüd peavad tegema oma põllu lagendikel.

Tugevate tuulte kahjustav mõju seisneb peaasjalikult maa ülemäärases kuivatamises. Õige suure kiirusega tuuled põhjustavad aga sageli ka maapinna erosiooni. Prof. M. E. Podtjagini järgi on tuule kiirus NSV Liidu metsarajoonides keskmiselt 3,1—3,4 m/sek., kuid Liidu kagupoolses stepipiirkonnas, kus metsad puuduvad, on tuule kiirus 4,1 m/sek. Lagedates steppides võib esineda niigi kohutava kiirusega tuuli, nagu 17 m/sek., mis esines 17. juunil 1933. a. Krasnovski II järgu katsejaamas, kusjuures õhutemperatuur oli +29,8° C, õhu relatiivniiskus aga ainult 12%. Samal aastal registreeriti samas katsejaamas veel 7 juhtu, kus õhutemperatuuri juures üle 25° ja õhu relatiivniiskuse olles 12—30%, tuule kiirus ületas 10 m/sek. NSV Liidus on vähemalt 5 milj. ha maid, mis kannatavad kuivade tuulte mõju all. Pealegi asetsevad need enamasti kõige viljakamate pinnaste piirkonnas. Seetõttu nende maade parandamine omab suurt majanduslikku tähtsust.



Joon. 174. Kaitseistanduse mõju rukki kasvule (Rostaševski katsepunktis, Saraatovi oblastis 1936. a.).

Võitluseks selliste kahjustavate kuivade tuultega rajatakse metsavöösid, mis tuule voolustele on takistuseks ja selle kiirust vähendavad. Metsavöö mõju tuule kiiruse vähendamiseks ulatub tuule kiiruse juures 3 m/sek. kuni 60-kordse metsavöö kõrguse ja 5 m/sek. kiiruse juures koguni kuni 100-kordse kõrguse kauguseni metsavööst, allatuule arvates. Väga tunduv kiiruse vähenemine kuni 50% saavutatakse 20-kordse kõrguse ulatusega ribal kaitsevöö ääres; kaugemal mõju järsult väheneb. Kaitsevöö mõju on kõige suurem siis, kui tuule suund on perpentikulaarne kaitsevöö suunaga. Praktiliselt kaitsevöö mõju piirdub 400—600 meetriga; seepärast asutatakse kaitsemetsa vööd selliste vahedega ja seejuures ristisuunas üksteisele. Niiviisi jagavad kaitsevööd kogu maa-ala umbes 20—30 ha suurusteks ruutudeks.

Kaitsevööd moodustatakse ariidse kliimaga maades 6—8 puudereast kogu vöö laiusega võimalikult 10—15 m piirides, et mitte raisata palju maad. Seejuures on soovitav, et kaitsevöö all maapinna lähedases osas umbes 50% tuulest läbi laseks. Istutuseks kasutatakse kaski, vahtraid, metspirnipuid ja õunapuid. Mustmullapiirkonnas on soovitatud kaitsevööd ühtlasi kujundada viljapuuaiaks. Sel juhul peab vöö olema laiem, nimelt 40 m. Vähem kuiva kliimaga maades on võidud hea eduga kasutada suhteliselt kitsaid kaitsevöösid. Nii tehakse näiteks Ungaris kaitsevööd ainult 3—6 puude reast ja Taanis tavaliselt koguni ainult ühest puudereast. Üksnes seal, kus tugevad tuuled valitsevad, tehakse kaitsevöö 2—3 puuderealt.

Kaitstud alal on õhutemperatuur enne lõunat kõrgem, peale lõunat aga madalam kui kaitsmata lagendikul. Õhuniiskus on suurem, eriti kaitsevöö lähemas osas. Auramine on väiksem ja pinnase niiskus suurem. Viimane on osalt põhjustatud sellest, et kaitseribad soodustavad lume kogunemist, eriti kaitsevöö läheduses, kuni 50 m kauguseni. Metsavöödega hoitakse ära ka tuule erodeeriv toime, mis vastasel korral võib tekitada väga suuri kahjusid, nagu näiteks Ühendriikides 1933. aastal, kus kuues Kansase provintsis tuul kandis mulda maapinnalt ära keskmiselt 5 sm paksuse kihi.

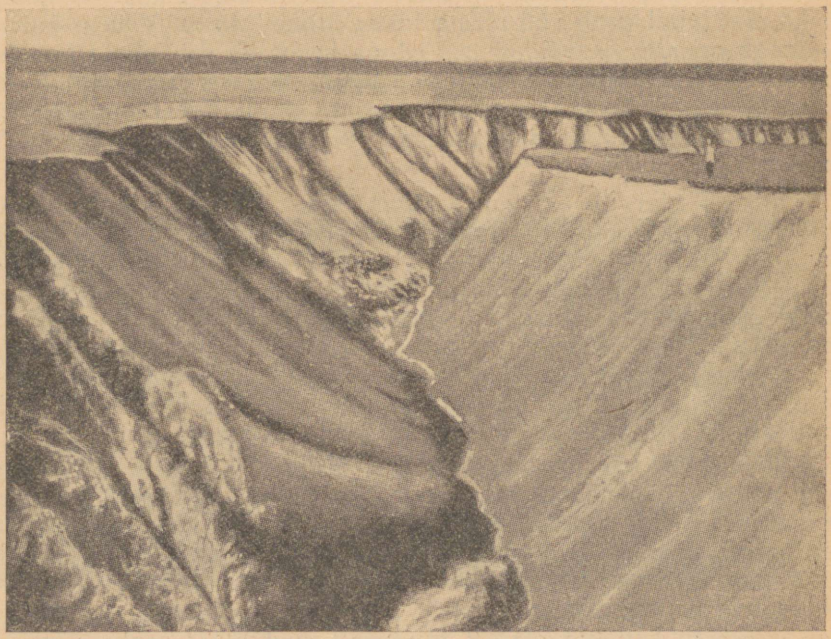
Kaitsevöödel on ka oma teatavad pahedki. Lume kuhjumise tõttu metsavöö lähedusse ja selle aeglane sulamine kevadel ei luba metsavöö läheduses töid õigeaegselt alustada, sest maa taheneb siin umbes paari nädala võrra hiljem kui välja keskel. Ka võtavad puud maa seest osa taimetoitaineist ja veest, mis on määratud viljeldavatele põldtaimedele. Neist pahedest hoolimata saadakse metsavöödega kaitstud aladelt tunduvalt suuremaid saake, võrreldes kaitsmata ala saakidega. Saagi lisandus on kõige tunduvam

tehnilistel kultuuridel, juurviljal ja heinal, tõustes keskmiselt 40—50%-ni; teraviljad on andnud 20—30% enamsaaki. Suurimaid töid, mis üldse kunagi on ette võetud põllu kaitsemetsavööndite istutamise alal, on NSV Liidu kagurajoonide steppide ja metsasteppide piirkonnas teostamisele võetud grandioossed metsavööde istutamise tööd. Siin rajatakse 8 suurt riiklikku metsavööndit, milledest üksainuke vöönd Saraatovist Astrahanini on 100 m lai ja 900 km pikk. Kogusummas aga avab 5,7 milj. ha-le suurema saagikindluse.

2. Pinnase erosioon.

Pinnase erosiooni, s. o. peenemate mullaosakeste lahtikiskumist maapinnast ja nende edasikandmist teise paika, võivad põhjustada tuul ja vesi. Tuule erosioon piirdub peamiselt ariidse, kuiva kliima aladega, kuna vee erosioon esineb palju laiemalt.

Osa vett, mis on tekkinud lume sulamisest või valingvihmana maha sajab, ei jõua imbuda pinnasesse, vaid voolab ära maapinda mööda. Tugeva languga maal vesi haarab endaga kaasa mullaosi, põhjustades sel teel pinnase erosiooni. Vee erodeeriva mõju



Joon. 175. Erosioonikuristik (Kletski, Stalingradi oblastis).

tõttu uhtub suurel hulgal viljakandvat maad ära. P.-Ameerika Ühendriikides arvatakse aastas keskmiselt 500 kg/ha mulda uhtumise teel kaduma minevat. Doni jõe ülemjooksul, kuristikkude piirkonnas tõuseb aastane mullakadu uhtumiste läbi paiguti koguni 7—30 tonnini ha kohta. Üksi erosiooni tagajärjel tekkinud kuristikud võtavad NSV Liidus enda alla 4,4 milj. ha suuruse maa-ala Need asuvad stepipiirkondades. Kõige enam on kuristikke Ukrainas, Kuibõševi, Saraatovi ja Stalingradi oblastis, kuid palju on neid ka Tadžiki NSV-s ja Tatari ANSV-s. Üldse aga tõuseb erodeerunud pinnasega maa-alade suurus NSV Liidus mitmele kümnele miljonile hektaarile, siinhulgas 7—8 milj. ha tugevalt erodeerunud maid.

Erosioonikahjud ei esine üksi Liidu lõuna- ja kagupoolsetes rajoonides, vaid ulatuvad ka põhjarajoonidesse. Meiegi maal on erosioon Lõuna-Eesti künklikus moreenmaastikus pahe, mida tõsiselt tuleb arvestada. Suurel määral soodustab erosioonikahjusid inimese enda tegevus. Tihti on inimene ise oma mõistmatu maakasutamisega erosiooni esile kutsunudki. Teatavasti on taimkate tähtsaimaks teguriks pinnavete äravoolu pidurdamisel. Taimkate loob kareda pinna, takistades veel edasipääsu ja sundides seda suurelt osalt maa sisse imbuma; ühtlasi aga ka vähendades vee voolamise kiirust, mis on eriti tähtis. Pealegi seovad taimede juured mullaosakesi ja loovad sel teel loodusliku kaitse vee erodeeriva mõju vastu. Seetõttu metsa all oleval maal ja rohumaadel erosioonikahjusid praktiliselt ei esine. Kuid metsade maharaiumisega mäenõlvakuilt ja suure languga maadelt ning rohumaade üleskündmisega hävitatakse maapinna looduslik kaitse vee uhtuva mõju vastu ja selle paratamatuks tulemuseks on mulla erosiooni tekkimine. Teravilja kultuur, küllaldase hoolitsuse puudumisel mulla harimisel, halvendab ka tunduvalt mulla struktuuri, muutes seda üksikteraliseks. Sellega väheneb maa veevastuvõtuvõime ja suureneb äravool pinda mööda. Sellise mõistmatu maakasutamisega on hävitatud palju viljakat maad. Sellele lisandub aga veel terve rida muidki pahesid. Kevadised veed, mis varem suurel määral akumuleerusid pinnasesse ning põhjavette ja sealt pikkamööda andsid oma veevaru jõgedele järgneva suve kestel, voolavad nüüd takistamatult lühikese aja jooksul jõgedesse kokku, kandes ühtlasi kaasa suurel hulgal mulda ja liiva. Äkiliselt kokkuvalguv suurvesi põhjustab kevadel katastroofilisi uputusi jõeäärsetel maadel ja jõkke kandunud maa ummistab parvetus- ja laevasõidu teid. Tihti viib suurvesi kaasa sillad ja purustab paisud ja muud vesiehitised. Suvekuudel aga on vett vähe ja see halvab laevaliiklust ja veejõu kasutamist, kuid samuti ka põllumajandust. Tekib tarvidus ehitada kulu-

Kultuurid	Saak z/ha			
	erodeerumata põllult	põllult, kus erodeerumise läbi oli mulla kihti ära uhutud		
		10 sm	25 sm	40 sm
Talinisu	21,2	8,0	3,6	1,6
Suvinisu	12,8	3,6	2,4	0,8
Rukis	12,8	6,0	2,8	1,6
Oder	9,2	6,8	3,2	2,4
Mais	20,5	10,4	3,9	3,4
Päevalill	12,3	7,1	3,5	1,5

kaid vesiehitisi kevadise suurvee osaliseks kinnipidamiseks ja tagavaraks kogumiseks suvekuude jaoks.

Millist kahju maa erodeerumine võib tuua põllumajandusele, seda näitavad kujukalt A. P. Šapošnikovi poolt toodud järgmised andmed saakide kohta 1937. a. «Pariisi Kommuuni» nimelises kolhoosis Ülem-Dnepri rajoonis Ukraina NSV-s.

Võib olla on meilgi Lõuna-Eesti künklikus moreenmaastikus erosioon üheks olulisemaks põhjuseks, miks sealsed kõrged ja veerjad põllud sageli on hapu reaktsiooniga ja suhteliselt väheviljakad.

Võitlus erosioonikahjude vastu seisneb kõigepealt kaitseabinõude tarvitusele võtmises, milledega tõkestatakse nende kahjude tekkimine, ja teiseks erosiooni laienemisele piiripanemises. Erosiooni ärahoidmiseks on tarvilik vähendada vee äravoolu maapinda mööda. See saavutatakse sel teel, et mullas püütakse kõigi abinõudega alal hoida sõmeralist struktuuri, mis soodustab pinnavee imbumist maa sisse ja suurendab niiviisi pinnase vee akumuleerimise võimet. Ka on sügav sügiskünd tõhusaks abinõuks, millega võib äravoolu maapinda mööda tunduvalt vähendada, sest sügavalt kobestatud maa soodustab vee imbumist pinnasesse, kus see akumuleerub. Tunduvat abi maapinda mööda vee äravoolu tõkestamiseks ja selle maa sisse imbumiseks pakub ka lumesulamise vete äravoolu tõkestamine lagedatelt põldudelt kevadel sellega, kui künnivagude suund on valitud risti maapinna langule (s. o. kõrgusjoonte suunas) ja ühtlasi samas suunas on tehtud lumest vallisid. Üheks abinõuks pinnavee äravoolu vähendamiseks on veel vete kinnipidamine vesikonna ladvaosades sel teel, et põllumajanduslikel maadel viiakse läbi intensiivne drenaaž ja kõik jõudemaad metsastatakse. Väga suure (üle 3%) languga maadel, kus loeteldud abinõud pole piisavad, tuleb põldudele teha terrasse.

Kus maa erodeerumise tagajärjel juba on kuristikke tekkinud, seal tuleb nende edasist kasvu ja laienemist ära hoida sel teel, et

kuristiku ülemises otsas püütakse kuristiku poole valguvad veed püüdekraavide abil kinni ja juhitakse kindlustatud sängi mööda kuristikku. Sellega hoitakse ära vee uhtuv tegevus kuristikku voolamisel, mis aasta-aastalt pikendas kuristikku. Kuristiku sängi ehitatakse kaskaade vee kiiruse vähendamiseks ja nõlvu kindlustatakse puu- ja põõsasistandustega ja terrasside tegemisega.

3. Tuiskliivade kindlustamine.

Kõrbe- ja liivikualad võtavad enda alla suuri maa-alasid. Nõukogude Liidus kõrbepindala hinnatakse kuni 300 milj. ha, sellest liivikute ala A. G. Gaeli andmeil üle 100 milj. ha. Nõukogude Liidus omab liivikute kasutamisele võtmine suurt majanduslikku tähtsust. Kesk-Aasia liivastel maadel on häid eeldusi karakull-lamba kasvatuse arendamiseks, Euroopa osas saab liivikuid ja liivaseid maid hea eduga kasutada teravilja ja tehniliste kultuuride kasvatamiseks. Liidu põhjapoolsetes rajoonides on aga võimalik liivikuid kasutada metsakasvatuseks.



Joon. 176. Rannaäärne liivaluide kaitsemetsaga (Häädemeestel, Pärnumaal).

Eesti NSV-s leidub liivikuid vähesel määral, ainult mererannal, düünide näol.

Liivadüünid tekivad seal, kus rannaäärne osa merest on madal

ja valitsevate tuulte suund on merelt maa poole. Tormi ajal vesi keerutab liiva mere põhjast kuni 25 m sügavusest üles ja peenikest liiva isegi veel sügavamalt. Lained paiskavad veega koos liiva kaldale. Kuigi kaldale paiskunud vesi kannab osa liivast merde tagasi, jääb osa siiski kaldale, sest taganeva vee kiirus on väiksem kui pealetungiva. Kaldale uhutud liiv kuivab ära ja kandub siis tuulega mandri suunas edasi. Mererannal tekivad düünid, millede kõrgus Läänemere rannamail ei ületa tavaliselt 10 meetrit, kuid näiteks Edela-Prantsusmaal on ligi 90 m, Madagaskari saarel kuni 140 ja Tuneesias koguni kuni 200 m kõrged. Liivadüünidel on kalduvus edasi liikuda maa poole. Selle tõkestamiseks tuleb neid kindlustada metsastamise teel, tavaliselt männimetsa alla, sest et mänd kui vähenõudlik taim võib paremini kui muud puuliigid liivamaal kasvada ja meretuultele vastu panna. Esimese taimena liikuvate liivade seismapanemiseks kasutatakse enamasti liivakaera *(Elymus giganteus)*, varesekaera *(Elymus arenarius)* ja mitmeid pajuliike. Kus nende abinõudega düünide liikumist seisma ei saa panna, seal tuleb kujundada kunstlikult nn. rindedüün mererannale, nagu seda Prantsusmaal on kasutatud juba 1870. a. peale. See takistab liiva edasiliikumist mandri poole ja annab ühtlasi võimaluse rannaäärse liiviku ala metsastamiseks.

Kasutatud kirjandus.

1. В. А. Бодров — Лесная мелиорация — 1940
2. А. Д. Брудастов — Осушение минеральных и болотных земель — 1934
3. В. Р. Вильямс — Луговодство и кормовая база — 1939
4. „ — Основы земледелия — 1946
5. „ — Почвоведение — 1947
6. ВНИИГиМ — Справочник по мелиорации, т. III — 1945
7. „ — Дождевание, т. III — 1940
8. Всепобеждающая сила коллективного труда — 1941
9. Н. М. Горшенин — Агролесомелиорация — 1941
10. «Главстроймеханизация»—Каталог строительных и дорожных машин—1948 г.
11. «Гидротехническое Строительство» — журнал, 1947 г.
12. «Доклады Всесоюзной Академии С-Х Наук имени В. И. Ленина» № 1—1941
13. А. И. Зибаров, Д. В. Рантсус и др. — Дождевание овощных культур короткоструйной установкой КДУ — 1492
14. Е. И. Иогансон и В. Е. Иогансон — Основы гидрологии и гидрометрии — 1947
15. Е. В. Котовин и М. Ф. Незнаев — Механизация мелиоративных работ
16. А. Н. Костяков — Основы мелиорации — 1938
нечерноземной полосы СССР — 1941
17. Г. И. Лашкевич — «Устройство и использование пастбищ на осушенных болотах и уход за ними — 1947
18. М. Ф. Незнаев — Механизация корчевальных работ — 1935
19. Карл Маркс — Капитал, т. III — изд. 1932
20. Б. Д. Оношко — Культура болот — 1934
21. А. Д. Панадиади, П. Ф. Долеусов и Э. Г. Свадковский — Инструкция по проведению для целей составления проектов осушения земель и регулирования рек-водоприемников — 1946
22. Д. Н. Прянишников — Агрохимия — 1940
23. В. В. Сазанов и К. К. Кузнецов — Земляные работы — 1939
24. ВНИИГиМ — Материалы по поднятию производительности С-Х земель посредством мелиорации. Выпуск VII—Культуртехнический сборник—1938
25. Н. Г. Сунцов — Корчевальная борона — 1939
26. В. И. Сукачев — Болота, их образование, развитие и свойства — 1926
27. Труды Института Болотного Хозяйства. Том I — Вопросы осушения — 1938
28. А. А. Черкасов — Гидротехническая мелиорация — 1936

29. A. Avaste — Fosforiit-turbakompost — 1947
30. „Agronoomia“ ajakiri, 1938-1940. aastak.
31. Eesti NSV Teaduste Akadeemia — Põllumajanduslik sessioon 16.-18. jaan. 1947. a.
32. O. Hallik — Pinnase lupjamise tähtsus Eesti NSV-s — 1947
33. J. A. Hallakarpi — Maatalouden vesirakennus — 1932
34. H. Kiiver ja J. Kaarde — Ülevaade senistest uurimistest veiste soohaiguse selgitamiseks — 1938
35. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vousikirja 1939
36. Meliorācijas dienu referati 9./10. IV. 37. — 1938
37. A. Raudsepp — Eesti NSV turbasood — 1946
38. Sookultuur I—XIX — aastaraamatud 1932-1940
39. O. Svanberg och J. Johanson — Mineralämnen och vitaminer i busdjurens utfodring — 1936
40. J. Steinmann — Topograafi käsiraamat — 1948
41. E. Tomingas — Maakuivendussüsteemide remont ja korrashoid — 1947
42. E. Tomingas — Mullatööde tabelid — 1944 (käsikiri).
43. A. Vellner — Eesti Hüdrograafia ülevaade — 1922
44. A. Vellner — Sisevete kaart — 1924
45. T. Westermann — Draening — 1936
46. O. Vuht — Lõhketööd — 1946
47. J. Ümarik — Eesti põllumajandusteadus põllumehe teenistuses — 1946

SISUKORD

I. Üldosa.

1. Maaparanduse mõiste ja ülesanded 5
2. Taimekasvu määravad looduslikud tegurid 10
   a) Õhkkond 10
   b) Pinnas 11
   c) Vesi 18
3. Vee ringkäik looduses 19
   a) Auramine 20
   b) Sademed 23
   c) Vesikond 25
   d) Äravool 28
4. Vesi pinnases 30
5. Vee ülesanne taimekasvus ja taimede vee tarvidus 33
6. Liigniiskus ja veepuudus 34

II. Liigvee all kannatavad maad.

1. Liigitus 35
2. Soode levik 36
3. Soode tekkimine 37
4. Soostumise käik 41
5. Soo taimestik 47
6. Soo pinnis 53
7. Turba liigid 59
8. Eri turbaliikide väärtus pinnasena 61
9. Soode klassifikatsioon 63
10. Eri sootüüpide viljelusväärtus 70

III. Maade kuivendamine.

1. Liigniiskuse põhjused, tunnused ja pahed 71
2. Kuivenduse ülesanne 75
3. Kuivendusviisid 77
4. Kuivendusviisi valik 79
5. Detailkuivenduse projekteerimise alused 81
6. Kuivendus lahtiste kraavidega 83
7. Kuivendus salakraavidega (drenaaž) 94
   A. Drenaaži projekteerimise põhimõtted 94
   B. Drenaaži projekt 134
   C. Drenaaž tööde teostamine 139
   D. Drenaaži majanduslikke tulemusi 156
   E. Aiamaade drenaaži iseäraldusi 159
   F. Spordiväljakute drenaaž 162

IV. Magistraalveejuhtmete korrastamine.

1. Liigitus ja ülesanded 163
2. Korrastamise projekt 164
   A. Välis-uurimised 164
   B. Projekti koostamise põhimõtted 167
   C. Peakraavi tulupiirkond 179
   D. Projekti osad 182
3. Kaevamistööde teostamine 184
4. Poldrikuivendus 197

V. Kuivendussüsteemide ekspluatatsioon ja korrashoid.

1. Detailkuivenduse süsteemide korrashoid 202
2. Peakraavide kasutamine ja korrashoid 208

VI. Metsamaade kuivendamine.

1. Kuivendatavad maad 216
2. Kuivenduse põhimõtted 219
3. Metsakuivenduse majanduslik tulemus 223

VII. Maade niisutamine.

1. Niisutuse rahvamajanduslik tähtsus 226
2. Niisutuse mõju 234
3. Niisutusvesi, veevõtukohad ja veejuhtmed 235
4. Niisutuse viisid 242
   A. Valgniisutus 242
   B. Paisniisutus 247
   C. Vihmutamine 249
   D. Maa-alune niisutus 272
5. Niisutuse kahjulikke kaasnähtusi ja võitlus nende vastu 280
6. Väetav niisutus 282

VIII. Maaparandus pinnase parandamise võtetega.

1. Lupjamine 287
2. Savitamine ja liivatamine 292
3. Turvas ja muda maaparandusainetena 296

IX. Uudismaade harimine.

1. Uudismaa harimise eesmärk 298
2. Olemasolevad maareservid ja nende viljelusväärtus 299
3. Uudismaa harimise tööd 303
   A. Kuivendus ja teede võrk 303
   B. Juurimise tööd 305
   C. Kivide koristamine 330
   D. Uudismaa künd 338
4. Uudismaa harimise tulemusi 344

X. Agrometsamelioratiivsed tööd.

1. Kaitseistanduste vööd 347
2. Pinnase erosioon 350
3. Tuiskliivade kindlustamine 353

Vastutav toimetaja G. Karus.

Keeleline toimetaja K. Vainula.

Ladumisele antud 9. VII 1948. Trükkimisele antud 5. V 1949. Trükiarv 2000. Paber 61×86, 1/16. Trükipoognaid 29. Arvutuspoognaid 34,5. Trükitähti trükipoognas 47 860. MB-00947. Trükikoda „Ühiselu", Tallinn, Pikk tän. 42. Tellimise nr. 1645.

На эстонском языке.
Э. Томингас. Учебник по мелиорации.

Oiendusi.

	On trükitud	Peab olema	Süüdlane
Lk. 98, rida 3 alt	*l xvu*	*l max*	Trükikoda
Lk. 266, rida 1 alt	all.	alla.	Korrektor
Lk. 355, rida 15 ül.	1492	1942	Korrektor
Lk. 355, read 19 ja 20 ül.	read vahetatud.		Trükikoda

RBL. 10.—

Kmr 954

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00543856 1