J. KUUM E. TOMINGAS



PÕLLUMAJANDUSLIK DRENAAŽ

J. KUUM JA E. TOMINGAS

PÕLLUMAJANDUSLIK DRENAAŽ

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1959

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
45506

EESSÕNA

Sada aastat (täpsemalt 106 aastat) on möödunud sellest ajast, kui Eesti territooriumil tehti savitorudega esimesi drenaažitöid põllumaade parandamiseks. Möödunud saja aasta jooksul on maa majanduslik, sotsiaalne ja poliitiline olukord muutunud. Tsaari-Venemaa ääreprovintsist on saanud arenenud tööstusega ja mehhaniseeritud põllumajandusega Nõukogude vabariik. Kuid endiselt on põllumajandus jäänud Eesti kandvamaks majandusharuks ja endiselt mõjutab selle majandusharu areng otsustavalt rahva heaolu ning ühes sellega ta kultuurilise arengu taset.

Veel pole võidetud kõik takistused meie vabariigi põllumajanduse arengu teelt. Oleme veel järel mitmest arenenud põllumajandusega maast. Meie põllumaade viljakus on üldiselt alles madal. Kuid võimalusi maade viljakuse tõstmiseks on olemas ja selle järele on ka tungiv vajadus. Sellepärast on ka valitsus rohkesti tähelepanu omistanud maaparanduse laialdasele arendamisele lähemate aastate jooksul, abistades nende tööde läbiviimist praegu niisugusel määral, nagu seda varem pole tehtud. Seda ka drenaaži osas, mis valitsuse kava kohaselt peab maade parandamisel senisest palju laiemat kasutamist leidma.

Sellele heale üritusele tahab ka käesoleva raamatu ilmumine kaasa aidata.

Raamat ei hõlma kogu maaparandust, vaid käsitleb ainult drenaažkuivendust ja sedagi üksnes põllumajanduslike maade osas, jättes kõrvale lennuväljade, spordiväljakute ja hoonestatud alade ning tööstuslike maa-alade drenaaži küsimused, samuti ka metsamaade drenaaži. Põllumajandusliku drenaaži monograafilist käsitlemist õigustab ühelt poolt vajadus ära märkida drenaaži saja-aastast juubelit meie vabariigis, teiselt poolt aga ka see suur osatähtsus, mis riiklikus plaanis drenaažile meie vabariigis lähemate aastate maaparanduses on antud.

Raamat on mõeldud abistavaks juhendiks kõigile, kes maaparandust õpivad või sellel alal töötavad, samuti ka majandite juhatajaile ja agronoomidele, kellel drenaažiga tuleb tegemist teha.

Maaparandustöid ei ole võimalik edukalt projekteerida, tundmata parandatavat objekti — pinnast ennast. Sellepärast on raamatus lühidalt käsitletud neid pinnase omadusi, mis on otseses seoses maaparandusega.

Raamatus on tahetud rõhutada maaparanduse bioloogilist olemust ja tihedat seost agronoomiaga, mida ta teenindab. Kuivenduse intensiivsuse astme üle otsustamisel saavad olla õigeks mõõdupuuks ainult reaalsed, praktikas ja välikatsetes saavutatud tulemused mulla viljakuse tõusu alal, mitte aga mehaanilised arvutused ja matemaatilised manipulatsioonid, mis pahatihti näevad kuivendatavas maas ainult muutumatute füüsikaliste ja keemiliste omadustega elutut substraati.

Kui raamatus siiski on käsitletud mitmesuguseid, osalt ka juba kasutamisest kõrvalejäetud dreenide vahekauguse määramise viise ja empiirilisi valemeid, siis on see sündinud selleks, et tutvustada lugejat tähtsamate etappidega drenaaži intensiivsuse probleemi arenguloos.

Tihedas seoses drenaaži intensiivsuse küsimusega on nn. ülekuivenduse ohu küsimus, mis kaua aastaid on pidurdanud ja osalt veelgi pidurdab piisavalt intensiivse kuivenduse projekteerimist meie kuivendamist vajavatel maadel, eriti soomaadel. Selles küsimuses on nüüd juba küllaldaselt tõestusmaterjali, mis näitab oletatud ülekuivenduse kartuse põhjendamatust. Raamatus on püütud seda küsimust üksikasjalisemalt valgustada selleks, et lõpuks ometi hakataks senisest julgemalt projekteerima intensiivset kuivendust ja et kaoks pidurdav takistus (liiga madala drenaaži näol) kõrgete saakide saamiseks kuivendatud soodelt.

Raamatu käsikirja on läbi vaadanud ja selles rea asjalikke parandusi teinud Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teaduslikud töötajad: maaparanduse osakonna juhataja insener G. Karus ja sama osakonna töötajad tehn. tead. kand. K. Hommik, tehn. tead. kand. U. Tomberg, tehn. tead. kand. V. Jonat ja põllumaj. tead. kand. I. Eisen. Mainitud eriteadlased andsid heatahtlikult autoreile kasutada ka oma käsikirjalisi materjale maaparandusalaste uurimiste kohta.

Kõigile neile, samuti ka Saku Maakorralduse ja Maaparanduse Tehnikumi õpetajale insener-melioraatorile A. Remmelile ja «Eesti Põllumajandusprojekti» peamelioraatorile insener E. Veile, kelle retsensioonid aitasid kaasa raamatu sisu parandamisele, avaldame tänu.

AUTORID

I. DRENAAŽITÖÖDE ARENGUST JA TÄHTSUSEST EESTI PÕLLUMAJANDUSES

Inimkond ja kogu loomariik on oma eksistentsis olenev taimeriigi olemasolust, sest rohelised taimed produtseerivad toiduks vajalikke süsivesikuid, valke, rasvaineid ja vitamiine, milleta inimesed ja loomad elada ei saa ja mida sünteetilisel teel esialgu veel vajalikul määral valmistada ei osata. Kui kaugele üldine tehniline areng ka ei läheks, jääb inimeste vajadus orgaanilise toidu järele alati püsima ja ühes sellega ka vajadus hoolitseda taimede eest, mis inimkonnale seda toitu annavad.

Taimede kasvatamisega on inimesed hakanud tegelema juba väga ammu, arvatavasti juba sellest ajast peale, kui nad üldse muutusid püsipaikseks. Ja juba kaua on neis paikades, kus kõik kasvutingimused pole olnud taimede kasvatamiseks soodsad, püütud võimalusi ja oskust mööda neid tingimusi ka parandada. Nii on teada, et umbes 6500 aastat tagasi tehti Egiptuses vesiehitisi selleks, et Niiluse jõe vett juhtida maade niisutamiseks. Analoogilisi ehitisi on tehtud hiljem Babüloonias, Assüürias ja Indias. Aasia rahvastelt omandasid veeolude korraldamise oskuse ka mitmed nendega kokkupuutunud Euroopa rahvad, esmalt kreeklased ja hiljem ka roomlased. Viimased kuivendasid umbes 300 a. e. m. a. Pontini soid, kasutades seejuures juba ka savist põletatud torusid. Columella kirjutas aastal 100 oma teoses «De re rustica» («Põllundusest») kivi- ja hagudrenaaži ehitamisest, tehes mainitud teoses ka juba vahet kraavitamise ja drenaaži vahel.

Keskajal jäi maade parandamine Euroopas peaaegu täiesti unustusse. Alles XVIII sajandi lõpu poole hakati maaparandusega uuesti elavamalt tegelema, seda eriti Hollandis, Inglismaal, Taanis, Austrias ja Saksamaal. Maade kuivenduse osas hakati sel ajal laialdasemalt kasutama drenaaži ning raskete savimaade kuivendamiseks ja õhustamiseks ka muttdrenaaži.

Drenaažitööde arengusse tõi järsu pöörde savitorude valmistamise pressi kasutuselevõtmine, mille konstrueeris 1844. aastal inglane Josiah Parkes. Drenaažitööde jõudsat arenemist soodustas veel teravilja sisseveo tolli kaotamine Inglismaal 1846. aastal, mille tulemusena meretagustest maadest Inglismaale sisseveetud odav vili surus alla viljahinnad Inglismaal ja sundis inglasi leidma abinõusid kodumaise vilja omahinna alandamiseks. Ühe sellise abinõuna võeti tarvitusele põllumaade viljakuse tõstmine drenaaži



Drenaaži esimesi propageerijaid Eestis Carl Robert Jakobson.

abil. Inglise valitsus omalt poolt toetas viljatolli kaotamise läbi raskustesse sattunud talupidajaid sellega, et andis laenusid drenaažitöödeks. Analoogiliselt talitati ka Prantsusmaal.

Aastal 1851 Londonis korraldatud maailmanäituse kaudu sai Inglismaal konstrueeritud savitorude valmistamise press laialdasemalt tuntuks ka muudes Euroopa maades ja seda hakati innukalt kasutama. Teiste eeskujule järgnesid varsti ka tolleaegsed Baltimaade mõisnikud.

Eestis teostas C. R. Jakobsoni andmetel[1] esimese põllumaa drenaaži 1853. aastal omaaegse Vaida mõisa omanik parun A. Pahlen 10 vakamaa* suurusel maa-alal Vaida kõrtsi taga. Õigesti hinnates maaparanduse tähtsust maade viljakuse tõstmisel, propageeris C. R. Jakobson agaralt drenaaži. Ta liigitab drenaaži kahte rühma: 1) «maa-alused kraavid, mis toore haokubudega ja põllukividega täis täidetakse», ja 2) «maa-alused truubid». Esimesi ta ei poolda, kuid torudrenaažil peatub ta pikemalt ja soovitab põllumeestel, «kellel on nõu savist põletatud maa-aluste truupide abiga» oma maid kuivendada, pöörduda asjatundjate poole. Muuhulgas rõhutab Jakobson hea torumaterjali ja korraliku töö vajadust drenaaži juures. C. R. Jakobson toob näi-

[1] C. R. Jakobson, Teadus ja seadus põllul. St. Peterburg, 1869.
* 1 tallinna vakamaa = 0,18 ha.

teid viljasaagi suurenemise kohta drenaaži toimel ning lõpetab torutamist käsitleva osa sõnadega: «Need olivad esimesed katsumised meie maal, mis ikka kõige raskemad on. Kui aga jo esimese katse juures seesugune kasu välja tuli, siis võime jo ära tunda, kui suureks truubitamise kasu üldse ka meie maal võib tõusta, kui teda aga suuremal mõõdul peale hakatakse.» See nõuanne pidi aga tolleaegsetes tingimustes eesti talurahva osas paratamatult ainult vagaks sooviks jääma, sest selleks puudusid eesti talupoegadel alles majanduslikud võimalused. Mõni aasta varem, nimelt 1866. aastal Tartus trükitud anonüümse autori (tõenäoliselt Paide linna tolleaegse eesti kooli juhataja J. Maltsa) raamatus «Põllomehhe nõuandja...» käsitletakse samuti drenaaži ja antakse tehnilisi juhendeid drenaažitööde kohta. Samas raamatus käsitletakse ka turba kasutamist ja lupjamist maa viljakuse tõstmiseks.

Peale Vaida mõisa tehti samal 1853. aastal drenaaži (3 vakamaa suurusel pindalal) veel endises Kaagjärve mõisas. Järgneva kolme aasta kestel tehti aga neid töid veel paljudes teisteski mõisates.[1] Suurematena neist tuleks mainida:

1) Kaagri	mõisa	drenaaž	— 152	vakamaa *	suurusel	pindalal
2) Kooraste	„	„	— 88	„	„	„
3) Raadi	„	„	— 87	„	„	„
4) Sõmerpalu	„	„	— 33	„	„	„
5) Valguta	„	„	— 25	„	„	„
6) Palupera	„	„	— 25	„	„	„

Esimesed vähesed drenaažitorud toodi meile sisse 1849. aastal omaaegse Liivimaa Keiserliku Üldkasuliku ja Ökonoomilise Sotsieteedi (Kaiserliche Livländische Gemeinnützige und Ökonomische Sozietät) tellimusel proovina. Nende eeskujul lasti ühel vilunud pottsepal Tartu lähedalt võetud savist käsitsi torusid teha; need põletati korralikult ja pärast seda katsetati nende vastupidavust külmakindluse suhtes kahe talve ja ühe suve jooksul. Torud pidasid katse hästi vastu ja see andis julgust savitorusid drenaažimaterjalina meil kasutamisele võtta. Mainitud ühing tellis siis 1853. aastal Saksamaalt väikese torupressi ja üks Tartu pottsepp hakkas sellel drenaažitorusid valmistama. Samaaegselt tellisid ka mitmed mõisnikud (maanõunik parun Wolff, parun Ungern-Sternberg, parun K. Bruiningk, parun Th. Kruedener ja Fr. von Stryck) endale torupressi. Tartu lähedal Mütal hakkas A. Schrenk juba müügiks savitorusid valmistama. Torud tehti siseläbimõõduga 1, 1¼, 1½, 2, 2½, 3, 3½, 4 ja 5 tolli **, kusjuures 1—2-tollised torud valmistati kahesuguse — ümmarguse ja kaheksakandilise ristlõikega. Torude hind oli läbimõõdust olenevalt 0,65 kuni 3,5 kopikat tükk. Kahetollised torud maksid 1 kopikas ja kolme-

[1] Журнал Министерства Государственных Имуществ. Том. 2 и 3, Санкт-Петербург, 1857 г.

* 1 riia vakamaa = 0,37 ha.

** 1 toll = 2,54 sm.

tollised 1,4 kopikat tükk. Drenaažitööde kogumaksumuseks kujunes 13—15 rubla riia vakamaa kohta. Tähelepanu väärib asjaolu, et drenaaž hakkas meil levima maa kagupoolses osas, ja — nagu see tolleaegsetes oludes ainult võimalik oligi — esialgu üksnes mõisates. Kuigi põllumajanduslike maade drenaaž jäi meie maal esialgu veel pikemaks ajaks ainult suurmaapidajate huvialaks, hakati siiski järjekindlalt propageerima drenaaži kasutamist ka eesti talupoegade hulgas. Oma 1880. aastal väljaantud kalender-käsiraamatus «Sakala kalender põllumeestele» pühendab C. R. Jakobson jälle drenaažile terve peatüki («Truubitamine»), avaldades soovi, et «teadus temast laiemale levineks ja ka tema kasu veiksema põllumeestele suuremal mõõdul silma paistma hakkaks». Mainitud raamatus peab C. R. Jakobson tarvilikuks ka juba rõhutada vajadust teha drenaažitöid asjatundlikult koostatud projekti järgi ja hoiatab töid tegemast nii öelda silma järgi. «Silmavaatamise järele tehtud truubitamine jääb ikka alati üheks õnne asjaks ja teeb vahest selle kasuliku töö levinemisele enam kahju kui kasu,» kirjutab Jakobsoni poolt väljaantud põllumeeste kalendris[1] tolleaegne «veeloodija» J. Toots, «sest üht head ja korda läinud tööd ei panda ilmaski suurt tähele, aga seda paremini ühte raiskuläinud tööd.»

Välismaiste eeskujude järgi ehitati drenaaž selle leviku algaastail meie maal ilmselt võrdlemisi tihe. Nii õpetatakse näiteks ka eespool mainitud «Põllomehhe nõuandjas»: «Arwame siis kui kegi tahhaks ühte Tallinna wakkama maad dränirida, kui paljo sülda Inglisma arro järrel, kes essimessed dränirijad on olnud, dräni-krawi tulleks tehha. On ma kehw, siis saab igga 7-me sülla * peal üks kraaw ja üks peakraaw kes teistelt we, põllust wälja weab, ning igga kraaw 4 jalga ** süggaw tehtud ... On ma mitte kehw, siis saab kraaw 3 jalga süggaw tehtud ja igga 5 sülla peal üks kraaw.»

Tiheda drenaaži tõttu oli kuivenduse toime väga hea ja suured enamsaagid ergutasid drenaažitöid põllumaadel jätkama. Möödunud sajandi kaheksakümnendatel aastatel tekkinud majanduslik kriis viis aga teraviljahinnad nii alla, et põllumaade drenaaž selle ajani kasutatud viiside järgi muutus juba vähetasuvaks. Uue, odavama drenaaživiisi otsingutel hakati siis katsetama nn. «ökonoomilist drenaaži», mille 1885. aastal esitas meie maal tol ajal tegutsenud taani rahvusest melioraator P. Rosenstand-Wöldike ja mis tõotas drenaaži maksumuses suurt kokkuhoidu saavutada. Ebarahuldavad tagajärjed selle uue kuivendusviisi kasutamisel sundisid küll varsti sellest üldiselt loobuma, kuid nn. põikdrenaaži põhimõte, mille Wöldike oli üles seadnud, s. o. kuivendusdreenide paigutamine põiki maapinna langu ja mitte langu suunas, nagu

[1] «Sakala» kalender põllumeestele, 1880.

* 1 süld = 2,13 m.

** 1 jalg = 30,48 sm.



Drenaažkuivenduse leviku algaastail Eestis tegutsenud melioraator P. Rosenstand-Wöldike.

seda varem oli kasutatud, leidis üldist tunnustust ja on praegugi üks otstarbekohase drenaaži projekteerimise põhinõudeid.

Meie maa põllumajanduses XIX sajandi lõpul toimunud põhitootmissuuna üleminek teravilja tootmiselt loomakasvatusele, mis oli tingitud teraviljahindade järsust langusest maailmaturul, tõi endaga kaasa ka muudatuse maaparandustööde alal. Kui varem parandati ja kuivendati ainult põllumaid, siis nüüd tekkis tarvidus parandada söödabaasi laiendamiseks ka rohumaid. Sajandite vahetusel ja XX sajandi algul muutus rohumaade parandamine juba keskseks küsimuseks. Rohumaade pindala laiendamiseks hakati ka soomaid üles harima. Huvi sookultuuri vastu tõstis 1908. aastal esile ka Balti Sooparanduse Seltsi (Baltischer Moorverein) asutamise. 1910. aastal rajas mainitud selts Toomale esimese sookatsejaama Baltimaadel. Tooma Sookatsejaamal on olnud täita tähtis osa Eesti sookultuuri arengus. Tõsi küll, Balti Sooparanduse Selts kujutas endast balti mõisnike organisatsiooni ja oli sellisena määratud teenima eeskätt tolleaegsete mõisate huvisid. Olgugi et seltsi liikmeks oli võimalik astuda ka eesti talupoegadel, ei muutnud see oluliselt asja, sest saksa keele oskuse ja majanduslike võimaluste puudumine olid takistuseks eesti talupoegade osavõtule tolleaegse Balti Sooparanduse Seltsi tegevusest. Kuid õnnestunud sooharimistööd, mida mõisnikud siin ja seal hakkasid läbi viima, ei võinud jääda nägemata ka talupoegadel ja äratasid aja jooksul neiski huvi selliste tööde vastu, seda enam, et samal

ajal oli ärksamate eesti soost kooliõpetajate, väheste põllumajanduse spetsialistide ja teiste haritlaste algatusel tekkinud ka eesti talupoegade organisatsioone põllumeeste seltside näol, kes omalt poolt samuti hakkasid tegema selgitustööd põllumajanduse kõikide alade, sealhulgas ka maaparanduse arendamiseks. Esimese maailmasõja ja järgneva revolutsiooni aastad (1914—1920) katkestasid igasuguse maaparandusalase tegevuse. Aga kui 1920. aastal rahu saabus ja 1921. aastal ka endine Balti Sooparanduse Selts oma tegevust hakkas jätkama — nüüd juba Eesti Sooparanduse Seltsi nime all —, sai maaparandustegevus uue hoo ja juurdus kindlalt talumajandeisse.

Kahe maailmasõja vahelisel ajavahemikul arenes maaparandus Eestis massiliseks, haarates suurt osa talumajandeist. Sel ajal oli ka riiklik abi maaparandustöödeks suurem kui varem. Sookultuuri alal oli saadud kogemusi juba sel määral, et usaldati rajada terveid asundusi soodele ja uudismaadele, nagu Pikavere Suursoos, Patsus, Oidremaal, Peressaares, Lepplaanes ja mujal.

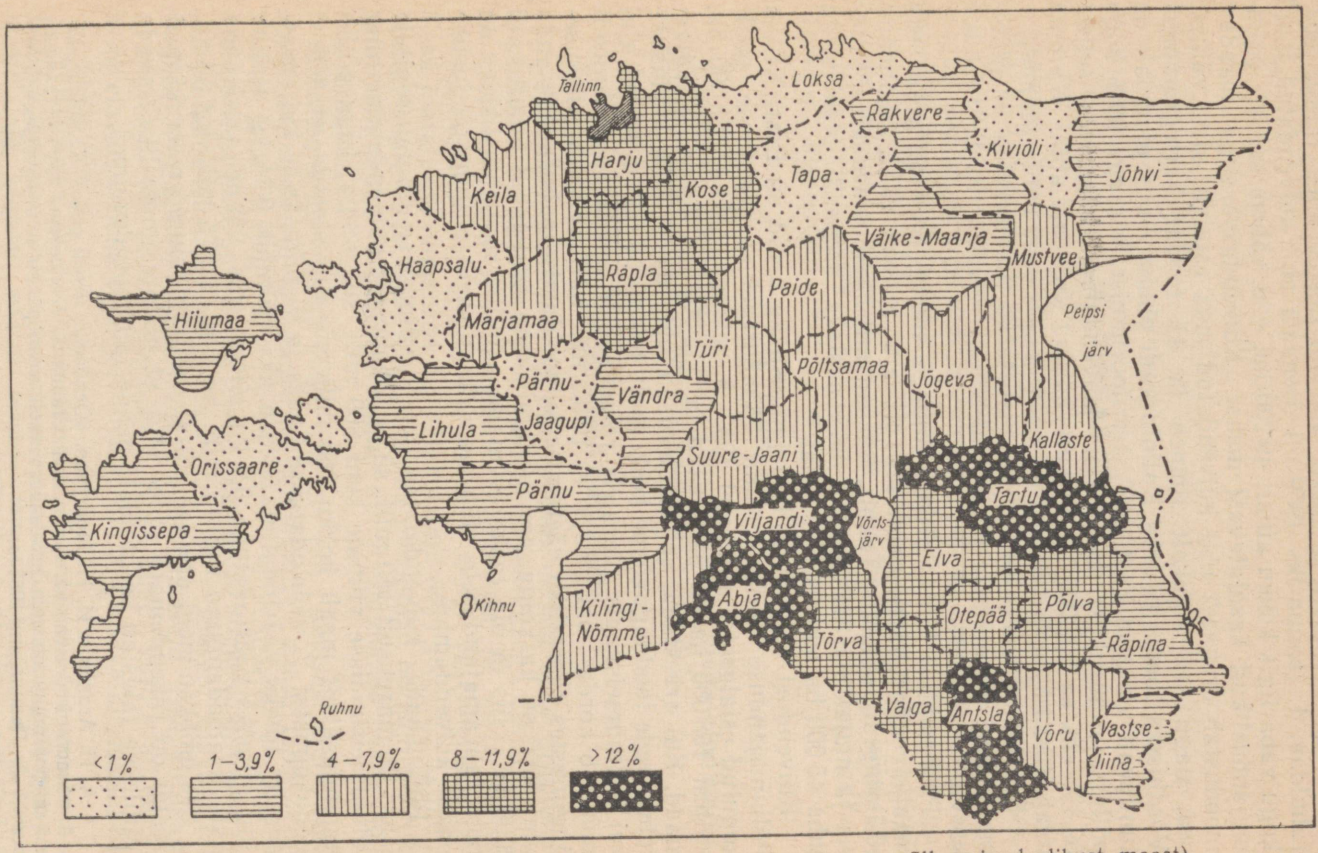
Uue pöörde maaparanduslikku tegevusse tõi nõukogude korra taaskehtestamine Eestis. Loodud suurmajandite tingimustes osutus maaparandustööde läbiviimine mitmeti lihtsamaks, kui see oli talupoegade väikemaapidamise puhul. Suuresti on tõusnud kõigi maaprandustööde mehhaniseerimise tase. Maaparandustöödeks oli 1. jaanuaril 1959 meie vabariigis kasutada tähtsamatest masinatest:

	Seis 1. I 59.	Saadakse juurde 1959. a.
roomikekskavaatoreid	233	69
neist mitmekopalisi	65	40
buldoosereid	191	46
juurijaid-kogujaid	125	19
greidereid	32	14
kraaviatru	115	25

roomiktraktoreid (ДТ-54, ДТ-55, С-80 ja С-100) on kasutada üle 400

Kasutada olev tehnika on võimaldanud suurel määral mehhaniseerida raskeid maaparandustöid. Selle tõttu osutus võimalikuks ajavahemikus 1945—1955 kaevata magistraalkanaleid ja korrastada jõgesid mullatööde kogumahuga 11,5 miljonit m³, kuivendada kraaviadraga kaevatud kuivenduskraavide abil 104 000 hektarit maad, koristada 3,44 miljonit m³ kive 191 000 hektari suuruselt pindalalt ja üles harida 141 000 hektarit uudismaad.

Kuigi saavutused on olnud märkimisväärsed, ei saa üldist maaparandustööde arengut siiski täiesti rahuldavaks pidada. Seda eeskätt sel põhjusel, et valdav osa sõjajärgsete aastate maakuivendusest on tehtud lahtiste kraavide abil. Tolle aja tingimustes võis selline kuivendusviis olla õigustatud, sest see võimaldas kuivendustöid läbi viia kiiresti, väheste ehituskuludega ja peaaegu sajaprotsendiliselt mehhaniseeritult. Kuid kaasaegse sotsialistliku suurmajandi tingimustes on lahtine kraavitus suureks takistuseks maa mehhaniseeritud harimisele ja saagi koristamisele ning kuulub seepärast suurelt osalt paratamatult hiljem ümberehitamisele.



3. Drenaaži levik Eesti NSV-s 1956. aastal (%-des kuivendusvõrguga põllumajanduslikust maast).

Praegune olukord drenaaži alal on Eestis alles täiesti ebarahuldav. 1. jaanuariks 1959 oli drenaaži abil kuivendatud maid kogu vabariigis kokku ainult 49 200 ha, s. o. vähem kui 3% põllumajanduslikult kasutatavast maast. Kuivendusvõrguga maadest moodustab drenaaži abil kuivendatud maa esialgu alles väikese osa, nagu see kujukalt ilmneb lk. 11 toodud kartogrammist. Võrdluseks toome näiteks Kaliningradi oblasti, mis pindalalt on tunduvalt väiksem Eesti NSV territooriumist, kus aga 90% kogu põllumajanduslikust maast on kuivendatud, kusjuures sellest 59,4% ehk ca 500 000 ha on kuivendatud drenaaži abil.[1] Ka oma naabritest Lätist ja Leedust oleme drenaaži osas maha jäänud.

See mahajäämus on nüüd otsustatud likvideerida — põllumajanduse arendamise plaan näeb ette drenaažitööde tunduva kasvu.

Pole kahtlust, et tulevikus kujuneb meilgi drenaaž peamiseks maakuivendusviisiks, nagu see on aja jooksul välja kujunenud Kaliningradi oblastis, Taanis, Saksamaal, Tšehhoslovakkias, Rootsis ja mujal. Nii näiteks on 1965. aastaks drenaaži planeeritud juba 45 000 ha suurusel pindalal.[2]

Kuivendust vajavat põllumajanduslikku maad on Eesti NSV-s Põllumajanduse Ministeeriumi Maakorralduse Valitsuse poolt kogutud esialgsetel andmetel 1957. a. seisuga kokku 556 000 ha, millest 158 000 ha on põllumaad ja 398 000 ha heina- ja karjamaad. Kui arvestada, et liigniiskuse olukorras ei ületa looduslike rohumaade toodanguvõime keskmiselt 400 sü ha kohta, samal ajal kui kultuurseisundis olevatelt rohumaadelt saadakse keskmiselt umbes 6 korda rohkem, ja et põld, mis normaalsetes niiskusetingimustes (korraliku väetamise ja hooldamise puhul) võib anda kuni 3000 sü ha kohta, annab liigniiskena heal juhul ainult kuni 2000 sü, siis ei ole raske arvutada, millist majanduslikku tulu meie rahvamajandusele võib tuua liigniiskete põllumajanduslike maade kuivendamine.

Põllumaade kuivendamine avab võimaluse toota senisele lisaks ümmarguselt 160 milj. sü ja rohumaade kuivendamine ning kultuurseisundisse viimine kuni 800 milj. sü, seega kogu põllumajanduslikult maalt kokku 960 milj. sü. Kui oletada, et sellest söödakogusest $^1/_3$ väärindatakse lihaks ja $^2/_3$ piimaks ja kui arvestada, et lihaks väärindatuna annab üks söötühik 0,14 kg sealiha ning piimaks väärindatuna 0,9 kg piima, siis võime saada iga aasta lisatoodanguna ligi 45 milj. kg liha ja 576 milj. kg piima.

See umbkaudnegi arvutus näitab, millised suured reservid meil praegu on rakendamata selle tõttu, et põllumajanduslike maade liigniiskus takistab kasutamast nende täit tootmisvõimet.

---

[1] А. И. Аганов и И. И. Моргунов. «Основные итоги работ Калининградской областной опытно-мелиоративной станции». Бюллетень научно-технической информации по сельскохозяйственной мелиорации в нечерноземной полосе № 2. Ленинград, 1957 г.

[2] E. Ratassepp. Maaparandustööde edaspidisest organiseerimisest. «Rahva Hääl» nr. 66, 18. III 58.

II. PINNAS JA VESI

Taimede kasv on funktsionaalses sõltuvuses neist tingimustest, milles kasv toimub. Akadeemik V. R. Viljams mainib nelja peategurit, mis on tingimata vajalikud taimede kasvuks. Need on valgus, soojus, toit ja vesi. Esimesed kaks on kosmilised tegurid, mis praegu veel pole laiemas ulatuses meie tahte kohaselt reguleeritavad. Teised kaks — toit ja vesi — on maised tegurid; nad on seotud pinnasega ja nende reguleerimine on võimalik. Veeolude reguleerimine pinnases moodustabki maaparanduse tähtsaima ülesande.

1. PINNAS*

Pinnas on keskkonnaks, kuhu taimed oma juurtega kinnituvad, ja ühtlasi toitainete ning vee varupaigaks taimedele.

a) Geneetilised horisondid

Vertikaalses läbilõikes kujutab pinnas endast meie ilmastikutingimustes tavaliselt erineva koostise ja värvusega kihistisi, mis on kujunenud mullatekkeprotsessi tulemusena ja mida, järjestuses maapinnast allapoole, nimetatakse A-, B- ja C-horisondiks. Need jaotatakse omakorda veel alahorisontideks (A_0, A_1, A_2 jne.). Mullateaduses käsitletakse kõiki mulla geneetilisi horisonte üksikasjaliselt; antud raamatus mainime ainult üldjoontes peahorisontide tunnuseid.

A-horisont moodustab kõige ülemise kihi pinnasest. Selle horisondi kujunemisele on kaasa mõjunud mitte ainult lähtekivimi koostis ja kliimategurid, vaid ka taime- ja loomariik. Pindmised kihid sellest horisondist (A_0 ja A_1) sisaldavad rohkesti mitmesuguses kõdunemisastmes taime- ja loomariigi jäänuseid, elavaid taimejuuri ning suurel hulgal seeni ja mullabaktereid, usse, putukaid, nende vastseid ja teisi loomakesi. Need kihid kujutavad endast seda elavat, viljaka toimega pinnaseosa, mida tavaline maaharija

---

* Pinnase all on siin ja edaspidi mõeldud aluskivimi murenemisest tekkinud maakoore pealmist osa, mis on mõjutatud ilmastikuteguritest ja mis otseselt või kaudselt määrab taimede toitumise tingimused maapinnal. Mulla all aga on mõeldud pinnase pindmisi horisonte, mis on läbi põimunud taimejuurtega ja sisaldavad suuremal või vähemal määral huumust.

nimetab mullaks ja mis taimekasvu seisukohalt on suurima tähtsusega.

Niiskes kliimavööndis, millesse meiegi vabariik kuulub, põhjustab sademete vee maasse valgumine mõningate ainete (näiteks kaltsiumi, raua, alumiiniumi ja mõnede orgaaniliste ühendite) väljauhtumist ülemisest mullakihist. Tekib A_2 ehk leethorisont. Selle tõttu nimetatakse A-horisonti ka väljauhte- ehk eluviaalhorisondiks.

B-horisont asetseb A-horisondi all. Sellesse horisonti kogunevad ülaltpoolt väljauhutud raua-, alumiiniumi- ja muud ühendid. Sellele horisondile on omane suhteliselt suur tihedus (näiteks nõrgkivi- ehk ortsteinikihis) ja õhuvaesus. Seda horisonti nimetatakse sisseuhte- ehk illuviaalhorisondiks.

Pinnase füüsikalised omadused selles horisondis mõjutavad oluliselt ka kõrgemal asetseva A-horisondi õhu- ja veerežiimi. Sellepärast kujuneb B-horisont kuivendamisel tavaliselt parandatavaks horisondiks.

C-horisondiks nimetatakse murendit, mille baasil on kujunenud temast ülevalpool olevad horisondid. Tekkelaadilt ja koostiselt ühtlase materjali puhul kujutab C-horisont endast seega mulla lähtekivimit[1]. Mullatekkeprotsessist on see horisont oluliselt mõjustamata.

b) Lõimis

Õhu- ja veerežiim pinnases sõltub suurel määral pinnase granulomeetrilisest koostisest ehk lõimisest. Et lõimis määrab üldse pinnase füüsikalised omadused, siis on mullateadlased ja pinnaseuurijad seda paljude aastakümnete jooksul põhjalikult uurinud.

Tabel 1

Mineraalpinnase mehaaniliste elementide liigitus

A. Atterbergi järgi		N. A. Katšinski järgi (1956)[2]	
Pinnaseelemendi nimetus	Terakeste läbimõõt (mm)	Pinnaseelemendi nimetus	Terakeste läbimõõt (mm)
Sau	alla 0,002	Ibe	alla 0,001
Ibe, peenike	0,002—0,006	Tolm, peenike	0,001—0,005
„ jäme	0,006—0,02	„ keskmine	0,005—0,01
Möll, peenike	0,02—0,06	„ jäme	0,01—0,05
„ jäme	0,06—0,2	Liiv, peenike	0,05—0,25
Liiv, peenike	0,2—0,6	„ keskmine	0,25—1
„ jäme	0,6—2	„ jäme	1—3
Kruus	üle 2	Kores	üle 3

[1] R. Kask. Eesti NSV muldade määraja. Tallinn, 1957.

[2] Н. А. Качинский. К уточнению механического анализа почв и классификации почв по механическому составу. «Почвоведение» № 6, 1956.

Eriti suure töö on sellel alal ära teinud vene uurijad. On välja töötatud terve rida pinnase klassifikatsioone lõimise järgi, milledest tuntumad on Lääne-Euroopa maades kasutatav A. Atterbergi ja Nõukogude Liidus kasutatavad V. V. Ohhotini ja N. A. Katšinski klassifikatsioon. Esitame tabelis 1 pinnase mehaaniliste elementide liigituse A. Atterbergi ja N. A. Katšinski järgi.

Looduslik pinnas koosneb tavaliselt mitmesuguse suurusega terakestest, mis on segunenud kõige mitmesugusemates vahekordades. Kõige enam mõjutab pinnase omadusi just väikese terasuurusega osakeste — saviosakeste sisaldus. A. Atterbergi järgi loetakse saviosakesteks 0,02-millimeetrise läbimõõduga ja sellest väiksemaid osi, N. A. Katšinski järgi aga kuuluvad füüsikalise savi hulka kõik 0,01-millimeetrise ja väiksema läbimõõduga osakesed. Vastavalt sellele, kumba liigituse alust kasutatakse, saavad looduslikud pinnased oma liiginimetused (vt. tabel 2).

Tabel 2

Looduslike pinnaste liigitus

A. Atterbergi järgi		N. A. Katšinski järgi (1956)	
Pinnaseliik	Alla 0,02 mm läbimõõduga osakeste % absoluutkuiva pinnase kaalust	Pinnaseliik	Alla 0,01 mm läbimõõduga osakeste % absoluutkuiva pinnase kaalust
Savi	üle 50	Savi, raske	üle 80
Liivsavi, raske	40—50	„ keskmine	65—80
„ keskmine	30—40	„ kerge	50—65
„ kerge	20—30	Liivsavi, raske	40—50
Saviliiv, raske	15—20	„ keskmine	30—40
„ keskmine	10—15	„ kerge	20—30
„ kerge	5—10	Saviliiv	10—20
Liiv	alla 5	Liiv, sidus	5—10
		„ kobe	0—5

c) Huumusesisaldus

Pinnase pealmise kihi, mullakihi koostisse kuulub peale mineraalse osa alati ka veel orgaaniline osa taime- ja loomariigi jäänuste lagundumisproduktide näol, mida ühise nimega nimetatakse huumuseks. See on väärtuslik lisand mineraalmuldadele. Huumusesisalduse järgi liigitatakse muldasid järgmiselt:

huumusvaesed	— huumusesisaldus	alla 3%
huumuselised	— „	3—6%
huumusrikkad	— „	6—15%
huumusmullad	— „	15—50%
organogeensed mullad	— „	üle 50 %

d) Struktuursus

Looduslik muld on harva läbini üksikteralise koostisega. Enamasti on osa terakesi liitunud, moodustades liitteri (agregaate). Mulla sõmeralisel (agregaatsel) struktuuril on väga suur tähtsus õhu- ja veerežiimi kujunemisele mullas ning see on mulla viljakuse üks põhilisi tunnuseid.

Sõmeralise struktuuri tekkimist soodustavad mullakolloidid. Need kujutavad endast lahuseid, milles lahustunud osakeste suurus kõigub 0,001—0,1 mikroni vahel (1 mikron=0,001 mm), kuna nn. tõelistel ehk homogeensetel lahustel on lahustunud aine osakesed väiksemad. Kolloidlahused võivad olla kahe erineva kujuga: nn. sool-olekus ja geel-olekus. Sool-olekus on lahustunud aineosakesed vedelikus ühtlaselt jagunenud ja lahus on kergesti voolav. Geel-olekus on aga lahustunud osakesed koondunud sülditaoliseks massiks. Kolloidlahused võivad muutuda soolist geeliks. Selline muutumine toimub peamiselt Ca-ioonide kaasmõjul. Võib aga esineda ka vastupidist muutumist — geelist sooliks, mida põhjustavad eeskätt mulla vesilahuses leiduvad H- ja Na-ioonid. Saviosakeste suurus vastab suurel määral kolloidlahuste osakeste suurusele, mis võimaldab savil moodustada lubja kaasmõjul pinnases kolloide. Seetõttu on lupjamisel tähtis osa savimuldade struktuuri ja seega ka vee- ja õhurežiimi parandamises.

Sõmeralise struktuuri kujunemisel etendavad tähtsat osa veel mullabakterid ja vihmaussid. Sõmeraline struktuur mullas ei ole aga püsiv; see muutub suurtes piirides, olles taimekasvu ajal tavaliselt palju suurem kui näiteks hilissügisel pärast vegetatsiooni lõppu. Et aga struktuursusest sõltuvad mulla veeläbilaskvus ehk filtratsioon ja veemahutavus, siis muutuvad ka viimati mainitud mullaomadused aasta kestel. Sügavamates pinnasekihtides, mida bioloogilised ja kliimategurid vähem mõjutavad, on ka filtratsioon püsivama suurusega.

e) Poorsus

Pinnaseosakesed on oma suuruselt ja kujult väga mitmesugused. Aga ka kõige tihedamalt kokkusurutud olekus jääb terakeste vahele õõnsusi — poore. Nende pooride mahu summat ruumalaühiku kohta nimetatakse pinnase poorsuseks, mida väljendatakse protsentides.

Erinevatel pinnastel on poorsus suuresti erinev; tihedal savipinnasel võib see olla umbes 20%, turbapinnastel aga kuni 80%. Mineraalpinnastes kõigub poorsus tavaliselt 30 ja 55 protsendi vahel.

Taimekasvu seisukohalt on poorsus suure tähtsusega, sest see määrab pinnase sellised tähtsad omadused nagu vee- ja õhumahutavuse ning veeläbilaskvuse.

Looduslik pinnas sisaldab endas igas olukorras teataval määral vett. Vee esinemise kuju pinnases võib olla mitmesugune. Seose tugevuse järgi, mis vett pinnaseosakestega seob, liigitatakse pinnases esinevat vett järgmiselt: a) keemiliselt seotud vesi, b) hügroskoopsusvesi, c) kirmeline vesi, d) kapillaarvesi, e) gravitatsioonivesi ja f) auruna esinev vesi (Viljams, Versluys, Rozov jt.).

a) Keemiliselt seotud vesi

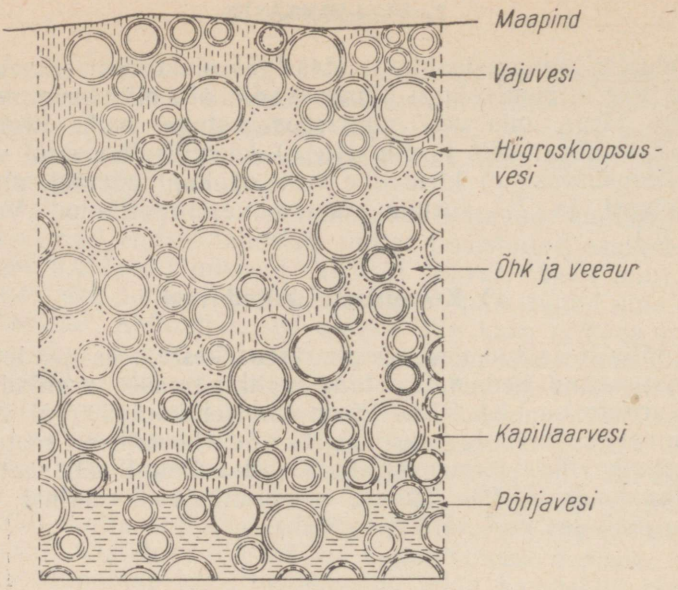
Keemiliselt seotud vesi on pinnaseosakeste sees nende keemilise koostisosana. Seda vett pole võimalik pinnasest eraldada, isegi mitte aurutamise teel. Alles kuumutamisel kuni 500°-ni vabaneb koos pinnaseosakeste lagunemisega ka neis keemiliselt seotud vesi. See veehulk, mida pinnas sisaldab endas keemiliselt seotuna, ei ületa tavaliselt 5—7% pinnase absoluutkuivast kaalust. Taimejuurtele jääb see vesi kättesaamatuks.

b) Hügroskoopsusvesi

Hügroskoopsusvesi on see osa pinnaseveest, mis õhus leiduvast veeaurust on neeldunud pinnasesse ja mida molekulaarjõud õhukese, väga tiheda veekelmena tugevasti pinnaseosakeste pinnale seovad. Aurutamisel 105° juures on võimalik hügroskoopsusvett pinnasest eraldada, kuid niiviisi hügroskoopsusveest vabastatud pinnas võtab pärast kuivatuskapist väljavõtmist endasse ümbritsevast õhust uuesti sel määral vett, kui ta hügroskoopsusvett antud temperatuuri ja õhuniiskuse juures võib sisaldada. Õhus leiduvast veeaurust pinnasesse neelduv veehulk muutub ühes õhu niiskusesisalduse muutumisega. Kõige rohkem võib pinnas endas hügroskoopsusvett sisaldada sel juhul, kui õhk on veeauruga küllastunud. Seda veehulka, mida pinnas endas neis tingimustes sisaldab, nimetatakse pinnase maksimaalseks hügroskoopsusniiskuseks.

Mida peeneteralisem on pinnas, seda suurem on ta terakeste pealispinna kogusumma ja seda rohkem võib ta sisaldada hügroskoopsusvett. Savipinnased sisaldavad seetõttu märksa rohkem hügroskoopsusvett kui liivapinnased. Üldiselt kõigub hügroskoopsusvee sisaldus mineraalpinnastes 1—10 protsendi piirides absoluutkuiva pinnase kaalust.

Taimejuurtele ei ole hügroskoopsusvesi kättesaadav. Taimed hakkavad aga veepuudust tundma juba enne, kui pinnase niiskus on vähenenud maksimaalse hügroskoopsusniiskuse astmeni; närbumine algab nimelt juba siis, kui niiskus pinnases langeb allapoole 1,5—2-kordset maksimaalset hügroskoopsusniiskust.



4. Vesi pinnases.

c) Kirmeline vesi

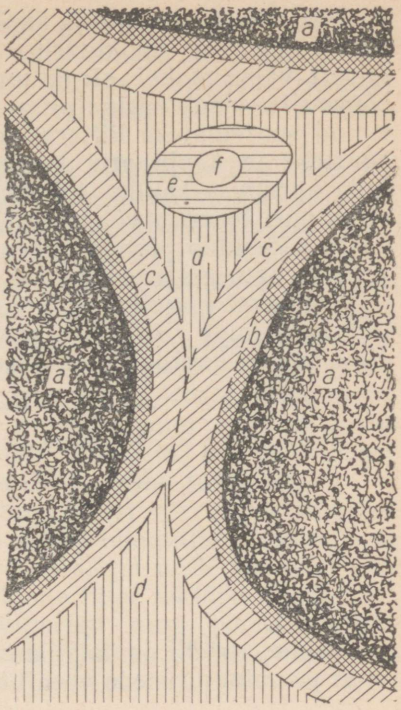
Molekulaarjõud, mis seovad hügroskoopsusvett pinnaseosakeste pinnale, on suutelised siduma pisut rohkemgi vett kui pinnase maksimaalsele hügroskoopsusniiskusele vastava osa. Vett, mida molekulaarjõud üle maksimaalse hügroskoopsusniiskuse piiri seovad pinnaseosakeste külge, nimetatakse kirmeliseks veeks. See ümbritseb täiendava veekirmena hügroskoopsusvee kelmega kaetud pinnaseosakesi. Kuid jõud, mis seovad kirmelist vett pinnaseosakeste külge, on tunduvalt väiksemad neist molekulaarjõududest, mis seovad hügroskoopsusvett. Seetõttu võib kirmeline vesi pinnases juba vähesel määral naaberterakeste vahel liikuda. See liikumine on siiski nii aeglane, et kirmelist vett tuleb praktiliselt pidada samuti seotud veeks, mis ka taimejuurtele on praktiliselt kättesaamatu.

d) Kapillaarvesi

Pinnase edasisel niiskumisel tekib pooridesse juba molekulaarjõududest vaba vett, mis on liikumisvõimeline. Seda liikumist põhjustab pindpinevus, mis sunnib pinnasevett peenikesi kapillaarkäike mööda liikuma. Niikaua, kuni vaba vett on pinnases veel vähe, liibub see pinnaseosakeste kokkupuutekohtades osakeste-

vahelistesse nurkadesse ja tema liikumisvõime on üsna piiratud. Sellist pooride nurkadesse kogunenud väheliikuvat kapillaarvett nimetatakse pendulaarveeks. Veehulga suurenedes saavad pendulaarvee pisarakesed omavahel ühenduse, kuid pooride keskosad jäävad alles veest tühjaks, olles täidetud õhuga, ja vee liikumisvõime on juba suurem. Selles olukorras kannab kapillaarvesi funikulaarvee nimetust.

Edasisel veehulga suurenemisel tõrjutakse pinnase väiksematest pooridest õhk lõplikult välja, poorid täituvad veega ja see saab senisest veelgi suurema liikuvuse. Kapillaarvesi liigub niiskemast keskkonnast kuivemasse, kusjuures selle liikumise kiirus on progressiivselt vähenev. Vee liikumise suund võib olla mitmesugune: alt üles, külgsuundadesse või ka ülevalt alla. Pinnase sügavamates kihtides on kapillaarvesi vahetus ühenduses allpool asetseva põhjaveega. Vahetult ülalpool põhjavee piiri on kõik pinnase poorid veega täidetud, kõrgemal aga tõuseb vesi kapillaarjõu mõjul ainult peenikesi kapillaare mööda, kuna suuremad poorid jäävad siin veest tühjaks, sisaldades õhku. Seda pinnasekihti ülalpool põhjavee pinda, milles toimub vee kapillaarne tõus, nimetatakse kapillaarvöötmeks.



5. Vesi pinnase poorides.
a — pinnaseterake; *b* — hügroskoopsusvesi; *c* — kirmeline vesi; *d* — kapillaarvee pendulaarne osa; *e* — kapillaarvee funikulaarne osa; *f* — õhk.

Kapillaarvee tõusu kõrgus ja kiirus on eri pinnaseliikidel erisugused. Üldiselt on tihedates, peeneteralistes pinnastes kapillaarvee tõusu kõrgus suur, kuid kiirus väike; seevastu on tõusu kõrgus jämedateralistes ja kobedates pinnastes väike, tõusu kiirus aga suur. Prof. A. A. Tšerkassov esitab järgmised orienteerivad andmed kapillaarvee tõusu maksimaalse kõrguse kohta (sm):

Liivas	50—100
Turbas	120—150
Saviliivas	100—150
Liivsavis	150—300
Savis	200—400

Peale lõimise mõjutab kapillaarvee tõusu ulatust ka struktuursus. Sõmeralise struktuuriga pinnases on kapillaarvee tõus tunduvalt väiksem kui struktuuritus, üksikteralises pinnases, sest sõmeralise struktuuriga pinnases, kus pinnaseosakesed on grupeerunud suuremateks liitteradeks, kujunevad terakeste vaheruumid suurteks ja kapillaarid katkevad. See asjaolu võimaldab tõkestada aurumise kaudu toimuvat vee kadu pinnasest sõmeralise struktuuri loomise või mulla kobestamise (äestamise) teel. Seevastu vähendab pinnase tihendamine (näiteks rullimine) pinnase pooride suurust ja soodustab niiviisi kapillaarvee tõusu.

Tunduvat negatiivset mõju kapillaarvee tõusu kõrgusele avaldab katioonide sisaldus pinnases. Savipinnases näiteks vähendab Na-sisaldus kapillaarvee tõusu kõrgust järgmiselt:

Na-sisaldus (%)	Kapillaarvee tõusu kõrgus savis (m)
0—5	3,60
10—15	1,50
25	0,50

Taimejuurtele on kapillaarvesi kättesaadav ning see veeliik ongi peamine taimede veeallikas.

e) Gravitatsioonivesi

Pinnas, mis sisaldab endas nii palju vett, kui tema molekulaar- ja kapillaarjõud suudavad kinni pidada, on saavutanud *vee väli-* ehk *piirmahutavuse*. Edasine veehulga suurenemine pinnases jätab juba sellesse vee ülejäägi, mis hakkab pinnases liikuma raskusjõu toimel. Seda raskusjõu toimele alluvat vett pinnases nimetatakse *gravitatsiooniveeks*.

Raskusjõu toimel liigub gravitatsioonivesi pinnase sügavamatesse kihtidesse. Sügavamale liikumine kestab niikaua, kuni kõik pinnase poorid on täitunud veega. Selles olukorras on pinnas saavutanud *maksimaalse veemahutavuse* (*täis-veemahutavuse*) ehk *vee absoluutse piirmahutavuse*.

Gravitatsioonijõu toimel liigub pinnases ainult see osa veest, mis ületab ta väli-piirmahutavuse. Gravitatsioonivee liikumises tuleb vahet teha kahesuguse liikumise vahel, nimelt: a) imbumine veega veel mitte täielikult täitunud pinnase pooridesse ja b) vee liikumine veega juba täitunud pinnases, s. o. filtratsioon. Vee imbumine pinnasesse toimub kahesuguste jõudude — raskusjõu ja pindpinevusjõu koosmõjul, filtratsioon aga toimub ainult raskusjõu toimel. Seetõttu on vee imbumise kiirus pinnasesse alati suurem kui filtratsioon samas pinnases.

Imbumise olukorras pinnases olevat gravitatsioonivett nimetatakse vajuveeks. Vajuvett esineb näiteks saju järel, kui vihmavesi imbub kuiva pinnasesse, samuti maade kunstlikul niisutamisel. Vee imbumise kiirus pinnasesse on progresseeruvalt vähenev.

Vee sügavamale pinnasesse vajumine lakkab, kui pinnas on veega täielikult küllastunud, s. t. kõik poorid on veega täitunud. Seda piiri pinnases, millest sügavamale gravitatsioonivesi enam ei vaju, nimetatakse põhjavee piiriks ehk põhjavee pinnaks ja sellest pinnast sügavamal olevat gravitatsioonivett põhjaveeks. Põhjavesi ei moodusta pinnases nähtavat nivood, vaid see on tihedas ühenduses temast ülevalpool oleva kapillaarveega. Põhjavesi läheb pidevalt üle kapillaarveeks ja neid eraldab ainult nähtamatu nullrõhu pind, s. o. pind, kus vee hüdrostaatiline surve on võrdne atmosfäärirõhuga. See nullrõhu pind ongi põhjavee pind, kuid ta saab nähtavaks tavaliselt alles siis, kui pinnasesse kaevatakse auk, mis ulatub sügavamale nullrõhu tasemest.

Põhjavee liikumise kohta püstitas Pariisi veevärgi omaaegne peainsener prantslane Darcy aastal 1856 üldkujulise seaduse, mis on tuntud filtratsiooniseaduse nimetuse all ja mille kohaselt filtrist läbifiltreeruva vee hulk on võrdeline filtri ristlõike pindalaga, veerõhuga ja pinnasest oleneva teguriga ning pöördvõrdeline filtrikihi paksusega. Valemina saab Darcy filtratsiooniseadus järgmise kuju:

$$Q = K \frac{h}{l} F.$$

Selles valemis: Q — filtrist läbiimbuva vee hulk sm³/sek;
K — filtri täitest (pinnasest) olenev tegur, nn. filtratsioonikoefitsient sm/sek;
h — veerõhu suurus (veepindade vahe) sm;
l — filtrikihi paksus sm;
F — filtri täite (pinnase) ristlõike pindala (pinnase pooride ristlõige koos terakeste ristlõikega) sm².

Põhjavee liikumisele rakendatuna saab Darcy valem kuju $Q = K \cdot I \cdot F$. Asendades $Q = F \cdot v$ ja koondades saame:

$$v = K \cdot I \text{ sm/sek},$$

kus v — põhjavee liikumise kiirus sm/sek;
I — põhjavee langu absoluutsuurus.

Sellises väljenduses on kiirus v väga väike suurus ja raskesti ettekujutatav. Parema ettekujutuse saamiseks filtreerumise kiiruse kohta väljendatakse seda sageli ka meetrites ööpäeva kohta.

Darcy valem eeldab, et pinnas on ühtlase koostisega. Nii on aga olukord looduslikul pinnasel ainult erandjuhtumeil. Enamasti

on pinnase see osa, mis taimekasvu seisukohalt huvi pakub, koostiselt üsna kirju. Sellele lisaks, nagu eespool tähendatud, mõjutavad läbilaskvust tunduvalt veel pinnase struktuursus, taimejuurte ning pinnases elavate loomakeste kujundatud õõnsused ja soonekesed, pinnase lõhed ja kihistus.

Laboratoorselt määratud filtratsioonikoefitsiendid on ainult väga ligikaudselt kohaldatavad looduslikele pinnastele. Rohkem usaldust väärivad andmed, mis on saadud filtratsiooni määramisel otse looduses, pinnase loodusliku seisukorra juures. Prof. A. A. Tšerkassov annab ligikaudsed filtratsioonikoefitsiendid mõnede pinnaseliikide kohta (vt. tabel 3).

Tabel 3

Pinnase filtratsioon prof. A. A. Tšerkassovi järgi

Pinnase nimetus	Filtratsioonikoefitsient k=sm/sek
Puhas liiv	0,01—1,00
Saviliiv	0,003—0,01
Liivsavi	0,00005—0,0005
Savi	0,000005—0,0005
Tarnaturvas, vähe lagundunud	0,002—0,006
„ keskmiselt „	0,0002—0,0008
Sfagnumturvas, vähe lagundunud	0,0002—0,002
„ hästi „	0,0001—0,0002

Üldiselt levinud arvamust, nagu oleks filtratsioonikoefitsient antud pinnase jaoks kindel, muutumatu suurus, peab prof. L. P. Rozov põhimõtteliselt ekslikuks, sest looduslikul pinnasel oleneb filtratsioon filtratsiooni tingimustest — pinnase mehaanilisest koostisest ja agregaatseisundist, olles seega muutuv suurus. Isegi filtreeruva vee temperatuuril on oma mõju, sest vee viskoossus ehk sisemine hõõrdumine, mis filtreerumise kiirust mõjutab, on eri temperatuuride puhul erinev. Nii on dr. G. Schroederi järgi vee viskoossusarvud näiteks:

Temperatuuril:	0°	10°	20°	30°
Viskoossus (sitkus):	100%	73%	56%	45%

Järelikult on muude tingimuste samaksjäämisel filtratsioon seda aeglasem, mida madalam on vee temperatuur.

Pinnasevee temperatuur on eri aastaaegadel erinev. Erinev on ka pinnase pealmiste kihtide struktuursus ehk agregaatseisund. Juba need kaks tegurit peavad tingima samaski pinnases eri aegadel määratud filtratsioonikoefitsientide erinevust. Et asi tõepoolest nii ongi, seda näitavad andmed, mis prof. L. P. Rozov esitab Ferganas (Usbeki NSV) toimetatud mõõtmiste alusel. Siin on nimelt pinnasetüübist olenevalt olnud filtratsioon kevadel 126—260% suurem kui sügisel.

f) Auruna esinev vesi

Omajagu mõjutab pinnase veemajandust ka auru kujul pinnases leiduv vesi. Veeauru leidub pinnase poorides igasuguse veesisalduse korral, sest alati muutub osa pinnaseveest auruks. Osa veeaurust lahkub pinnasest ja tõuseb õhku, kuid pinnases olevast tilkvedelast veest tekib kohe asemele uut.

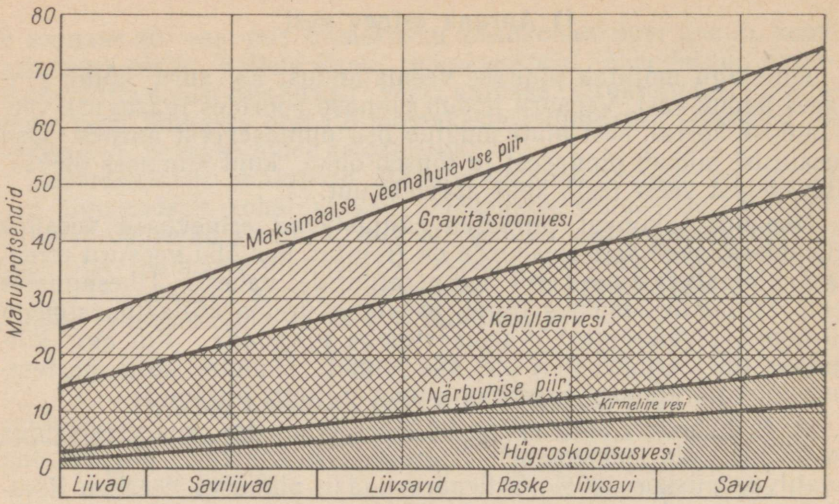
Veeauru liikumist pinnases põhjustavad erinevused veeauru rõhumises, need aga omakorda on tingitud kas õhu veeauru erinevast küllastusastmest või temperatuuride vahest. Ühesugustes temperatuuritingimustes liigub veeaur suurema küllastusastmega piirkonnast väiksema küllastusastmega piirkonda. Kui aga küllastusastmes erinevust ei ole, siis toimub liikumine kõrgema temperatuuri piirkonnast madalama temperatuuri piirkonda.

A. F. Lebedevi andmeil on kõikides pinnastes, kus veesisaldus on tõusnud üle maksimaalse hügroskoopsuse astme, pinnase õhu relatiivne niiskus 100%. Sellepärast jääb pinnases veeauru liikumist mõjutavaks teguriks praktiliselt ainult temperatuuride vahe.

Veeauru liikumine pinnases või õhu ja pinnase vahel avaldab tunduvat mõju niiskuse jagunemisele pinnase erinevais kihtides, sest siirdudes kõrgema temperatuuriga piirkonnast madalama temperatuuriga piirkonda, võib veeaur kondenseeruda veeks ja niiviisi suurendada selle pinnasekihi veesisaldust, kuhu veeaur on siirdunud. A. F. Lebedev on katsetega kindlaks teinud, et Odessas sai pinnase pealmine kiht sel teel õhust ööpäeva kohta 0,3—0,5 mm kondenseerunud vett, mis aasta kohta teeb välja 60—100 mm. Arvesse võttes, et Odessas on aasta keskmine sademete hulk ainult 400 mm, moodustab kondensatsioonivesi küllalt tähelepandava lisa sademetele. Meie ilmastikutingimustes toob veeauru liikumine muuseas talvel sügavamatest, soojematest kihtidest tunduvaid veehulki maapinna külmunud kihti, sest veeauru rõhu järsu langemise tõttu vee külmumisel ülemistes pinnasekihtides tekib veeauru rõhkude vahe sügavama ja maapinnalähedase, külmunud kihi vahel, mis peab üleval veeauru liikumist alt üles ja vee kondenseerumist ning külmumist siin. Sellisel teel koguneb talve jooksul pinnase pealmisse kihti tunduv veehulk, mis näiteks savimaadel kevadel kaua takistab põllutööde algust. Samadel põhjustel muutuvad teed kevaditi põhjatuks. Suvel toimub vastupidi sügavamate pinnasekihtide ja põhjavee rikastumine ülemiste kihtide veevarude arvel. Ööpäevased õhutemperatuuri kõikumised suveperioodil põhjustavad vee aurumist pinnasest õhku, aga ka vastupidi — veeauru liikumist õhust pinnasesse ja selle kondenseerumist seal.

3. PINNASE VEE- JA ÕHUMAHUTAVUS

Pinnase veemahutavuse ehk veekapatsiteedi all mõistetakse seda veehulka, mida pinnas võib endas sisaldada. Veesisaldus võib olla



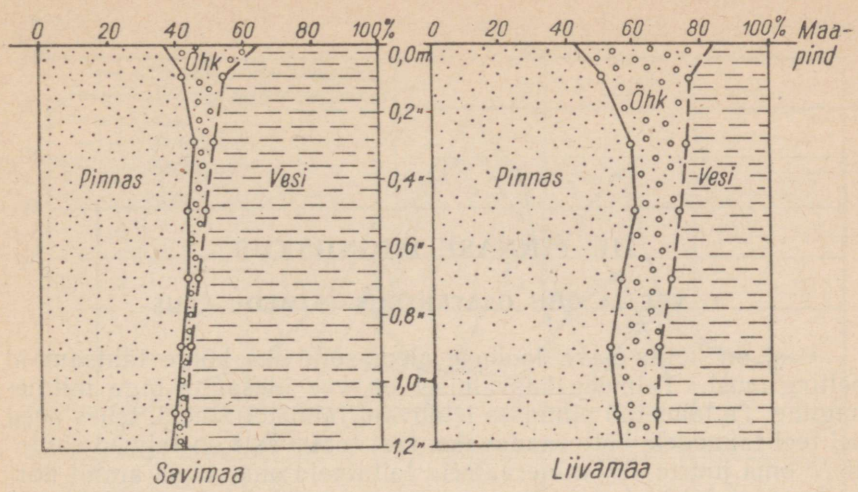
6. Veemahutavus mineraalpinnases (A. N. Kostjakovi järgi).

mitmesugune ja üldiselt see on muutuv. Maksimaalne hulk pinnasevett, mida adsorptsioonijõud ja kapillaarsus pinnases suudavad siduda, moodustab pinnase vee väli- ehk piirmahutavuse. Eri pinnastel on see veehulk erinev. Peeneteralistel pinnastel, nagu savi, on see suurem, jämedateralistel aga väiksem. Suurem veemahutavus muudab pinnase põuakindlamaks; selle tõttu jääb savimaadel põuakahjustus väikeseks, võrreldes näiteks põuakartlike liivamaadega.

Ka piirmahutavuseni veega täidetud pinnases pole kõik pinnase poorid tavaliselt veega täidetud, vaid teataval määral jääb pinnasesse ikka ruumi ka õhu jaoks. Mida vähem aga on pinnases vett, seda rohkem jääb temas ruumi õhule, ja vastupidi — mida rohkem vett, seda vähem on õhku, sest vee ja õhu ruumala summa pinnases ei saa olla suurem pinnase pooride kogumahust. Erinevates pinnastes on vee ja õhu vahekord erinev ja ka samas pinnases pole see ühtlane, vaid muutub sügavusega. Maapinna läheduses, ca 20—25 sm paksuses kihis on õhusisaldus tunduvalt suurem ja veesisaldus vastavalt väiksem kui sama pinnase sügavamates kihtides. Üldiselt kasvab pinnase veesisaldus koos sügavusega, kuna õhusisaldus vastavalt väheneb.

Pinnase poorsust ja veemahutavust pealmises 1 meetri paksuses põhjavee mõjust vabas kihis iseloomustavad prof. L. P. Rozovi andmed (vt. tabel 4).

Taimekasvule ei ole soovitav, et pinnas sisaldaks vett tema piirmahutavusele vastaval määral, vaid soodsaimaks (mineraalpinnastel) on osutunud veesisaldus 50—60% pinnase vee piirmahutavusest. Niisugusel korral on 20—40% pinnase pooride mahust veest vabad. Kui õhusisaldus pinnases langeb alla 6%



7. Õhu- ja veemahutavus savi- ja liivapinnases.

Tabel 4

Pinnase poorsus ja veemahutavus pealmises 1-meetrises kihis
(prof. Rozovi järgi)

Pinnaseliik	Üldine poorsus %-des kogumahust	Vee piirmahutavus %-des poorsusest
Liiv	30—35	25—30
Savine liiv	35—40	30—40
Saviliiv	40—45	40—50
Kerge liivsavi	40—45	50—60
Keskmine liivsavi	45—50	60—70
Raske liivsavi	45—50	70— 80
Savi	50—60	85—90

pooride üldmahust, siis pole isegi kultuurheintaimede normaalne kasv enam võimalik, kuigi heintaimed on üldiselt pinnase aeratsiooni suhtes vähenõudlikumad kui põllukultuurid, nagu teravili ja juurvili, mis nõuavad palju õhurikkamat keskkonda juurtele.

III. PINNASE LIIGNIISKUS

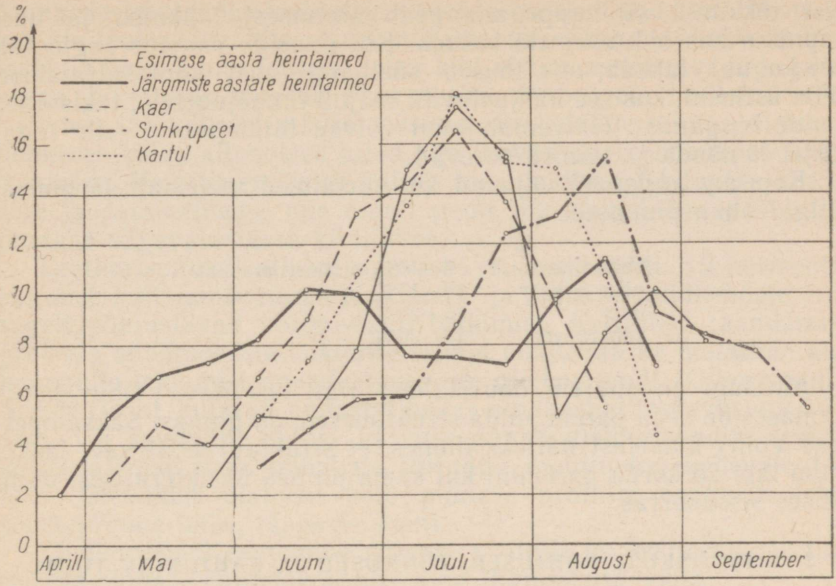
1. VEE JA ÕHU OSATÄHTSUS TAIMEDE ELUS

Vesi on kogu elava looduse olemasolu üks kõige tähtsamaid eeltingimusi. Taimede kasvamisel on vee ülesanne õige mitmesugune. Ta lahustab pinnases leiduvaid taimetoitaineid, tehes need sel teel taimedele kättesaadavaks, sest teatavasti on taimed suutelised oma juurte abil mineraalseid toitaineid omastama ainult nõrkade vesilahuste kujul. Vesi on ka vahendiks, mis toitelahuseid pinnasest juurestiku kaudu taime kõikidesse osadesse kannab. Ta lahustab ensüümide kaasabil mõnesuguseid orgaanilisi ühendeid ja kannab neid taimeosadesse, kus need kas taime kasvuks ära kasutatakse või tagavaraks kogutakse. Vesi on ka vahetult tarvilik orgaanilise substantsi ülesehitamiseks, sest veest ja süsihappegaasist moodustuvad taimorganismis nende tähtsad koostisained — süsivesikud. Ja lõpuks — vesi on tarvilik ka selleks, et anda taimekudedele vajalikku pingsust (turgorit), ilma milleta näiteks rohttaimed üldse püsti ei seisaks.

Vee tähtsus taimede elus ilmneb juba selleski lihtsas tõsiasjas, et ta moodustab kaaluliselt 70—85% ja mõnel taimel veelgi suurema osa tema kogukaalust.

Kasvuks vajaliku vee saavad taimed juurestiku abil pinnasest. Veetarve on taimedel õige suur. Juba taimorganismis sisalduv veehulk on küllaltki suur, kuid see on siiski ainult väike murdosa taime üldisest veetarvidusest. Peamine vee kulutaja on transpiratsioon. Transpiratsioonivesi on nimelt see osa veest, mille ülesandeks on toitelahuseid taimorganismi laiali kanda ja selle ülesande täitmise järel lehtede kaudu taimest jälle välja aurata. Transpiratsiooniks kuluvat veehulka, mis on vajalik 1 kg kuivaine moodustamiseks, nimetatakse transpiratsioonikoefitsiendiks. Selle suurus sõltub taime liigist ja kasvutingimustest ning on tärkliserikastel kõrsviljadel 300—600 kg piirides; valgu- ja rasvarikastel söödataimedel ning tehnilistel kultuuridel on see koguni 1200—1500 kg. Neid arvusid tuleb aga võtta ainult kui väga ligikaudseid, sest taimede veekulu mõjutavad ka saagi suurus, temperatuur, päikesepaiste, tuul, väetamine, maa harimine ja veel rida muid tegureid. Seepärast ei saa transpiratsioonikoefitsienti pidada kindlaks veetarbe mõõdupuuks.

Meie põlluviljadest on kõige väiksem veetarve rukkil; sellele



8. Põllukultuuride veetarve kasvuajakestel (veetarve %-des kasvuaja kogu veetarbest Valgevene Teaduste Akadeemia Maaparanduse, Veemajanduse ja Sookultuuri Instituudi andmetel).

järgnevad suureneva veetarbe järjekorras nisu, oder ja kaer. Heintaimed vajavad aga rohkem vett kui ükski eelloetletud põllukultuur. Suur veetarve on ka juurviljal. Väga palju vett transpireerib veel mets, eriti lehtpuumets.

Taimede veetarve on eri kasvuperioodidel erineva suurusega. Kõrreliste veetarve on kõige suurem võrsumisperioodil, millal taimed moodustavad palju võrseid ja lehti ning taimede noortest kudedest aurab palju vett välja. Sel kasvuperioodil esinev põud kahjustab taimi kõige enam. Põllukultuuride veetarbe dünaamikat iseloomustab kujukalt graafik joonisel 8, mis on koostatud Valgevene NSV Teaduste Akadeemia Maaparanduse, Veemajanduse ja Sookultuuri Instituudi uurimisandmetel.

Pinnases leidub suur hulk aeroobseid ja anaeroobseid baktereid, mille ülesandeks on surnud taime- ja loomariigi jäänuseid ümber töötada, mineraliseerida ja sel teel muuta neid toitaineteks uutele taimepõlvkondadele. Ka nende elutegevuseks peab pinnases vett olema.

Peale vee peab pinnas sisaldama ka õhku. Õhk on tarvilik mitte ainult taimejuurte poolt äratarvitatud hapniku asendamiseks, vaid ka mulla mikroobide elutegevuseks ja biokeemiliste protsesside tulemusena pinnases tekkivate gaaside, eeskätt süsihappegaasi (CO_2) kõrvaldamiseks pinnasest. Õhk peab pinnases olema liikuv,

sest tekkinud süsihappegaas peab pinnasest lahkuma ja uus, hapnikurikas õhk asemele tulema. Kui gaaside vahetus aeglustub või koguni lakkab, siis tõuseb süsihappegaasi kontsentratsioon selle astmeni, kus see kahjustavalt mõjub taimejuurtele, takistades nende hingamist. Halvemal juhul võivad taimejuured selle tagajärjel lämbuda ja taimed surevad.

Kopecky andmetel vajavad kultuurtaimed vähemalt järgmisel hulgal õhku pinnases:

heintaimed	6—10%	pinnase mahust
nisu ja kaer	10—15%	„ „
oder	15—20%	„ „
suhkrupeet	15—20%	„ „

Muidugi on suurem õhusisaldus alati soovitav. Õhuvahetus pinnases on seda parem, mida struktuursem on pinnas. Saksa õpetlase Volny katsetest näiteks ilmnes, et struktuurne liivsavi laskis õhku läbi 25 korda paremini kui sama pinnas üksikteralises, pulbrilises seisukorras.

2. LIIGNIISKUSE PÕHJUSED, TUNNUSED JA KAHJUSTAV TOIME

Õhuvahetuse intensiivsus pinnases sõltub pinnase veevabade pooride üldmahust. Selle tõttu on vesi ja õhk pinnases üksteisega teatavas mõttes antagonistlikus vahekorras. Edukaks taimede kasvuks on tarvilik, et vähemalt see pinnasekiht, milles asub peamine osa taimede juurtest, oleks gravitatsiooniveest vaba; vastasel korral tekib juba liigniiskus.

a) Liigniiskuse põhjused

Liigniiskust võivad pinnases põhjustada mitmesugused asjaolud, nagu:

1) kõrge põhjavee seis väikese languga maadel, kus vee äravool on takistatud;
2) vee pealevalgumine kõrgemal paiknevatelt naabermaadelt;
3) vee paisutamine hüdrojõujaamade veehoidlates;
4) raskesti vett läbilaskev pinnas, mis muudab sademete vee imbumise pinnasesse väga aeglaseks;
5) mullatekkeprotsessi iseloom.

Meie vabariigi tingimustes on mainitud asjaoludest kõige tavalisemad esimesed kaks.

Ka vesiveskite ja teiste veejõujaamade paisud põhjustavad paiguti kaunis tunduvatel aladel liigniiskust.

Raskesti vett läbilaskev pinnas põhjustab tavaliselt ajutist liigniiskust kevadel lume sulamise järel ja rohkete sademetega perioodidel. Kuivematel aastatel ei anna liigniiskus raskesti vett läbilaskvatel maadel end taimekasvu ajal üldse kahjustavalt tunda.

Sageli põhjustab liigniiskust pinnases mullatekkeprotsess ise.

Kamar-leetmuldades leetumise tulemusena tekkinud leetkiht muutub aja jooksul struktuurituks pulbriks, mis väga raskesti vett läbi laseb. Sellest kihist ülalpool olev kiht täitub seetõttu sadude järel veega ja pinnas muutub õhuvaeseks. Aeroobsete mullabakterite tegevus jääb vähesel määral püsima ainult kõige pinnapealsemas õhukeses kihis, allpoolsed kihid aga jäävad anaeroobsetesse tingimustesse. Neis tingimustes kattub maa mättaid tekitavate kõrreliste ja sammaldega, mis omalt poolt tõkestavad õhu pääsemist pinnase sügavamatesse kihtidesse.

Leethorisondist allpool olevasse sisseuhtekihti (B-horisonti) koguneb kaltsiumi-, raua-, mangaani- ja alumiiniumiühendeid, mis sageli põhjustavad nõrgkivikihi tekkimist. Keemilise taandumise protsess anaeroobsete bakterite toimel põhjustab ka metallide alahapendite tekkimist, moodustades nn. gleihorisondi (G-horisondi). See horisont kujutab endast tihedat sinakashalli värvusega liivsavi- või savikihti. Sellise värvuse annab gleihorisondile eeskätt kolmevalentse raua punakate ühendite muutumine kahevalentseteks. Gleikihist ülalpool võib pinnase profiilis enamasti leida roostepruune laike, täppe ja sooni.

Gleihorisondi esinemine pinnase profiilis on eksitamatuks tunnuseks pinnase hapnikuvaesuse ning liigniiskuse kohta.

A. A. Rode uurimistega on kindlaks tehtud, et gleistunud muldade poorsus on märgatavalt väiksem gleistumata muldade poorsusest. Selle tõttu on gleistunud muldade vee akumuleerimise võime ka vastavalt väiksem. Kus maa ainult ajutiselt liigniiskuse all kannatab või aeratsioonitingimuste paranemise tagajärjel kahevalentne rauaühend uuesti kolmevalentseks muutub, seal avaldub gleistumine roostepruunide laikudena mullaprofiilis. Seetõttu on võimalik mullaprofiili põhjal otsustada liigniiskuse astme üle. Ajutiselt liigniisketes muldades — gleistunud muldades — esineb ainult pruune laike, alaliselt liigniisketes — gleimuldades — on aga profiil omandanud juba sinakashalli värvuse.

b) Maa-ala veega toitumise režiim

Vee juurdetulekut liigvee all kannatavale maa-alale nimetatakse prof. D. A. Brudastovi järgi maa-ala veega toitumiseks.

Sõltuvalt sellest, millisel teel vesi satub liigniiskele maa-alale, kujuneb veega toitumine kas: atmosfääriliseks toitumiseks, valgveega toitumiseks, surveta põhjaveega toitumiseks või surve all oleva põhjaveega toitumiseks.

Atmosfäärilise veega toitumise tingimustes olevale maa-alale ei satu muud vett peale sademete. Naabermaadelt vett peale ei valgu ja ka põhjavee seis ei põhjusta ülemäärast niiskust pinnase pealmistes kihtides. Liigniiskuse põhjuseks on sellisel maa-alal kas raskesti vett läbilaskev pinnas ja takistatud liigvee äravool maapinna väikese langu tõttu (nagu see esineb tasase

reljeefiga savimaadel) või tingib liigniiskust pinnase ülisuur vee akumuleerimise võime (näiteks kõrgsoodel ehk rabadel).

Valgveega ehk üleujutusveega toituvad maad saavad lisaks sademete veele vett kõrgemal asetsevatelt naabermaadelt. Need on rinnakualused, enamasti vähese languga ning suhteliselt raskesti vett läbilaskva pinnasega maad, mis kevadise suurvee ajal on tavaliselt üle ujutatud, kuid kust liigvee äravool ka hiljem pole küllaldane selleks, et põhjavee seis püsiks kogu taimekasvuperioodil vajalikus sügavuses maapinnast. Siia kuuluvad ka üleujutatavad jõe- ja järveluhad, kus vee äravool pärast üleujutust on takistatud.

Surveta põhjaveega toituvatel maadel lisandub sademete veele see vesi, mis kõrgel seisvast põhjaveest kapillaarjõu toimel mulla ülemisse kihti tõuseb ja selle alaliselt maksimaalse täisniiskuse olukorras peab, täites kõik mullapoorid veega. Niisugused veega toitumise tingimused kujunevad madalatel vähese languga, sageli suure pindalaga maadel, kus liigvee äravool on väga puudulik või puudub täiesti, nagu madalatel rannamaadel mere, järvede või jõgede ääres ja veejõujaamade paisutuse piirkonnas.

Surve all oleva põhjaveega toituvatel maadel on sademetele lisaks alaline vee juurdevool surve all olevast põhjaveest, mis allikate või vett juhtivate maakihtide kaudu liigvee all kannatava maa-ala piirkonnas üles surutakse ja mis mulla pealmised kihid alaliselt veega üleküllastatud olukorras hoiab. Selline veega toitumise režiim võib esineda lammidel ja kõrgemate maadega ümbritsetud sulglohkudes.

c) Liigniisked pinnased

Alaline liigniiskus, samuti kui perioodiliselt korduv ajutine liigniiskus jätab pinnasesse tunnuseid, mis võimaldavad eksimatult kindlaks teha ebasoodsat veerežiimi pinnases ka siis, kui küsimuses oleval maa-alal väliseid liigniiskuse tunnuseid ei näigi olevat. Ühtlasi võimaldavad need tunnused järeldusi teha liigniiskuse iseloomu ja kestuse kohta.

Seetõttu on liigniiskuse tunnuste äratundmine pinnaseprofiilis melioratsioonipraktika seisukohalt suure tähtsusega.

Eesti NSV muldade nimestiku järgi [1] jagunevad meie vabariigis esinevad liigniisked mullad järgmistesse tüüpidesse: 1) soostunud mullad, 2) soomullad, 3) lammimullad.

Soostunud mullad

Soostunud mullad kujutavad endast liigniiskuse all kannatavaid mineraalmaid, kus soostumisprotsess on alles algastmel. Sel-

[1] R. Kask. Eesti NSV muldade määraja. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1957.

lel astmel võivad liigniiskuse tunnused olla maapinnal ainult vaevalt märgatavad või ka hoopis puududa, kuna ainult mullaprofiili sügavamates horisontides ilmneb suuremal või väiksemal määral liigniiskuse tunnuseid.

Sõltuvalt sellest, kas on tegemist vähem viljakate leetmuldade või viljakamate kamarmuldadega, jaotatakse soostunud mullad soostunud leetmuldadeks ja soostunud kamarmuldadeks.

Soostunud leetmullad on selgesti väljakujunenud leethorisondiga mullad gleistumise tunnustega mullaprofiilis. Liikuvate taimetoitainete sisaldus on suhteliselt väike. Sellest tulenevalt on soostunud leetmullad võrdlemisi madala viljakusega. Mulla reaktsioon on tavaliselt happeline. R. Kase andmetel on nende muldade peamine levikuala Lõuna-Eesti ja Peipsi rannikumaad.

Ajutise liigniiskuse tingimustes tekivad kamar-leet-gleimullad: nõrga liigniiskuse korral gleistunud kamar-leetmullad, tugevama liigniiskuse korral kamar-leet-gleimullad. Kestvama liigniiskuse tingimustes kujunevad turvastunud leet-gleimullad, millel lisaks selgesti väljakujunenud gleistumise tunnustele mullaprofiili sügavamates horisontides kuhjub pinnakihti orgaanilist ainet poollagundunud taimejäänustest. Turvastunud huumuskihi paksus aga ei ületa neil muldadel veel uudismaakünni sügavust (ca 0,30 m), mille tõttu selliste maade ülesharimise korral põllumajanduslikuks maaks seguneb turvastunud kiht osaliselt allpool oleva mineraalpinnasega ja kaotab kõdunedes aja jooksul oma turbaiseloomu. Kuni 0,30 m tüsedusega hästilagundunud orgaanilist ainet sisaldava pinnakihiga soostunud leetmuldi nimetatakse kõdu-leet-gleimuldadeks.

Soostunud kamarmullad esinevad lameda reljeefiga suhteliselt viljakatel aladel. A. Lillema andmetel on nende osatähtsus eriti suur Pärnu ja Kasari jõe vesikonnas, kus 60—80% künnimaast paikneb kamar-gleimuldadel. Soostunud kamarmullad on üldiselt ainult nõrgalt happelised ja võivad kuivendatuina anda häid põllumajanduslikke maid.

Sõltuvalt liigniiskuse astmest jaotatakse soostunud kamarmullad analoogiliselt soostunud leetmuldadele gleistunud kamarmuldadeks ehk niisketeks kamarmuldadeks, kamar-gleimuldadeks ehk märgadeks kamarmuldadeks ja turvastunud kamar-gleimuldadeks ehk turvastunud kamarmuldadeks.

Gleistunud kamarmuldadel, mis on kujunenud lühemaaegse liigniiskuse tingimustes, on kõik liigniiskuse tunnused alles nõrgalt välja arenenud ja sageli ainult vaevalt märgatavad.

Kamar-gleimullad on kujunenud pikemaaegse perioodilise liigniiskuse tingimustes. Neil muldadel on selged gleistumise

tunnused mullaprofiili sügavamates horisontides, kuid huumuskihi turvastumine alles puudub või on väga vähene.

Turvastunud kamar-gleimullad on kujunenud alalise liigniiskuse tingimustes. Neil esineb lisaks selgetele gleistumistunnustele mullaprofiili sügavamates horisontides ka kuni 0,3 m paksune turvastunud huumuskiht maapinnal. Needki mullad võivad aga kuivendamise ja ülesharimise järel aja jooksul — kui turvas juba on kõdunenud — oma sooiseloomu kaotada.

Soomullad

Soostumisprotsessi kaugemale arenenud staadiumis kujunevad alalises liigniiskuses välja soomullad. Neil muldadel on turbakihi paksus juba üle 0,3 meetri, võib aga ulatuda mitme meetrini.

Madal-Eesti osas (jääajajärgselt vee all olnud alad), mis geoloogiliselt on kõige noorem, pole turbakiht veel jõudnud paksuks kujuneda. Nii on A. Lillema andmetel näiteks Hiiumaa madalsoodel turbakihi paksus ainult 0,4—0,8 m, Saaremaal 0,5—1 m ja Põhja-Eesti mandriosas 0,5—1,5 m. Seevastu on aga Lõuna-Eestis turbakihi paksus soodes tunduvalt suurem, kõikudes üldiselt 1—4 m piirides.

Selle tõttu, et turbakihi paksus soomuldadel ületab künnisügavuse, säilitavad soomullad oma sooiseloomu ka pärast kuivendamist ja ülesharimist, sest haritavaks kihiks jääb ikkagi turvas.

Vastavalt soo tüübile liigitatakse soomuldi (kahaneva põllumajandusliku viljeluskõlblikkuse järjekorras) madalsoomuldadeks, siirdesoomuldadeks ja rabamuldadeks.

Lammimullad

Lammimullad on kujunenud jõeluhtadel, mis kevadise suurvee ajal üle ujutatakse. Sageli on need mullad ainult ajutiselt liigniisked, nad on hea struktuuriga ja võivad looduslikus olukorraski anda suuri heinasaake, nagu näiteks Kasari jõe luht.

Olenevalt sellest, milliseks kujuneb veerežiim pärast üleujutust, kujunevad ka lammimuldade tüübid. Kui muld jääb pärast üleujutust parasniiskeks, kujuneb hea viljelusväärtusega kamar-alluviaalmuld. Kus aga liigniiskus pärast üleujutust püsima jääb, seal kujunevad, sõltuvalt liigniiskuse astmest, kas glei-kamar-alluviaalmullad või lammi-madalsoomullad. Ka nendel muldadel paiknevad niidud on tavaliselt parema saagikusega kui muud looduslikud (aru-) niidud.

See asjaolu ergutas meil möödunud sajandil kunstlikult tekitama kevadisi üleujutusi ka sellistel jõeäärsetel maadel, kus loo-

duslikku üleujutust ei toimunud. Paisutusseadeldiste abil ning vajalike kraavide ja vallide ehitamise teel loodi paljudes mõisates nn. «loodheinamaid», mis tolle aja tingimustes, kui mineraalväetised olid alles vähe tuntud, andis suhteliselt häid tulemusi.

Mullatekkeprotsess sõltub pinnase veerežiimist. Selle tõttu on muldade geneetilised tunnused heaks abinõuks veerežiimi üle otsustamisel.

Eesti NSV tingimuste jaoks koostas R. Pant geneetiliste mullatüüpide ja erimite alusel tabeli, mis hõlbustab liigniiskuse astme määramist ja sobiva kuivendusviisi valikut (tabel 5).

Selle tabeli alusel on R. Pant koostanud tabelis 5-a toodud skeemi, mis «Eesti Põllumajandusprojektis» on võetud kasutamisele maade kuivendusvajaduse määramisel.

d) Liigniiskuse kahjustav toime

Juba ajutisegi liigniiskuse puhul tekib seoses pinnase vee- ja õhurežiimi muutumisega tundemärke, mis näitavad kultuurtaimede kasvutingimuste halvemaks muutumist. Nii näiteks jääb teraviljaoras liigvee all kannataval põllul nõrgaks ja omandab kollaka värvuse; vili jääb hõredaks ja põllul levivad liigniiskele maale omased umbrohud, nagu vesihein, paiseleht, põldosi ja mõned teised. Kevadel püsib selline künnimaa veel siis pinnalt mustana, kui maa mujal juba on tahenenud ja heledaks muutunud, ja suveõhtul tekib sellistes paikades varakult udu.

Rohumaadel, mis ajutiselt liigniiskuse all kannatavad, võib taimkattes märgata liblikõieliste vähesust; kamarasse tekib selliseid umbrohte nagu soo-kuuskjalg, pilliroog, tulikas, luha-kastevars jt.

Maadel, mis alaliselt liigniiskuse all kannatavad, tekib looduslikus olukorras tavaliselt turbakiht, mille paksus aja jooksul kasvab, ja taimkattes arenevad soole iseloomulikud taimed. Põllumaaks pole selliseid maid võimalik kasutada ja ka rohumaadena on nende toodang madal.

Liigniiskete maade suuremad pahed on nende külmus, õhupuudus, raske haritavus, toitainete vähesus, umbrohtude rohkus ja ebatervislikkus. Liigniiskete maade külmus on tingitud sellest, et neilt aurub intensiivselt vett, vee aurumine kulutab aga palju soojust. Vee suure soojusmahutavuse tõttu soojenevad liigniisked maad ka kevadel väga aegamööda, mistõttu taimekasvu algus hilineb neil maadel kuni 2 nädala võrra. Samas suunas mõjub ka märja pinnase suurem soojusjuhtivus, võrreldes kuiva pinnasega. Kuiva pinnase pealmine kiht soojeneb kiiresti, sest soojuse edasikandumine on halb. Seevastu juhitakse märjas pinnases soojus kiiresti sügavamale maa sisse, nii et see ei jõua pinnakihte küllaldaselt soojendada.

Orienteerivaid andmeid Eesti NSV muldade niiskusastme määramiseks ja kuivendusviisi valikuks
(Koostanud R. Pant)

Tabel 5

Mullaerimite nimetused. Klambrites on näidatud lihtsustatud nimetused praktikas kasutamiseks	Soovitatav kasutamisviis	Veerežiim ja kuivendusviis			
		Põlluks	Karjamaaks	Heinamaaks	Metsaks*
Leetmullad	Põlluks ja rohumaaks vähe kõlblikud, soovitatav metsaks	Liigniiskuse all ei kannata. Kuivendamist ei vaja	Liigniiskuse all ei kannata. Kuivendamist ei vaja.	Liigniiskuse all ei kannata. Kuivendamist ei vaja	Liigniiskuse all ei kannata. Kuivendamist ei vaja
Nõrgalt, keskmiselt ja tugevasti leetunud leedemullad (nõrgalt, keskmiselt ja tugevasti leetelised mullad)					
Nõrgalt ja keskmiselt leetunud kamar-leetmullad (nõrgalt ja keskmiselt leetunud mullad)					
Tugevasti leetunud kamar-leetmullad (tugevasti leetunud mullad)		Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus			
Soostunud leetmullad	Põlluks või rohumaaks	Ajutiselt liigniisked. Täielik kuivendus harvendatud kuivendusvõrguga	Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus. Tasase reljeefi ja pinnavete puhul kuivendamine harvendatud kuivendusvõrguga	Kuivendamist ei vaja. Erandina valikkuivendus nõgudes	
Gleistunud kamar-leetmullad (niisked leetunud mullad)					
Kamar-leet-gleimullad (märjad leetunud mullad)			Ajutiselt (kestvamalt) liigniisked. Valikkuiven-	Ajutiselt liigniisked Valikkuivendus.	

		Alaliselt liignlisked. Täielik kuivendus	dus või kuivendamine harvendatud kuivendusvõrguga		
Gleistunud turvastunud leetmullad ja turvastunud leet-gleimullad (turvastunud leedemullad)	Põlluks ja rohumaaks vähe kõlblikud, soovitav metsaks		Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus
Kamar-karbonaatmullad					
Väga õhukesed tüüpilised kamar-karbonaatmullad (väga õhukesed paepealsed või rähksed mullad)	Põlluks ja rohumaaks kõlbmatud, võimalik ainult metsana kasutada				
Õhukesed, keskmise sügavusega ja sügavad tüüpilised kamar-karbonaatmullad (õhukesed, keskmise sügavusega ja sügavad rähksed mullad)	Põlluks või rohumaaks	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja
Leostunud ja leetunud kamar-karbonaatmullad; küllastunud kamarmullad (leostunud, leetjad ja küllastunud mullad)					

Mullaerimite nimetused. Klambrites on näidatud lihtsustatud nimetused praktikas kasutamiseks	Soovitatav kasutamisviis	Veerežiim ja kuivendusviis			
		Põlluks	Karjamaaks	Heinamaaks	Metsaks*
Kamar-gleimullad (soostunud kamarmullad)					
Gleistunud kamar-karbonaatmullad, gleistunud, leostunud ja leetunud kamarmullad (niisked rähksed resp. paepealsed, leostunud ja leetjad mullad)	Rohumaaks või põlluks	Ajutiselt liigniisked. Kuivendamine harvendatud võrguga	Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus. Tasase reljeefi ja pinnavete puhul ainult piirdekraavid. Erandjuhtudel kuivendamine harvendatud kuivendusvõrguga	Kuivendamist ei vaja. Erandina valikkuivendus nõgudes	Kuivendamist ei vaja
Karbonaatsed, leostunud, küllastunud ja leetunud kamar-gleimullad (märjad rähksed resp. paepealsed, leostunud, küllastunud ja leetjad mullad)	Rohumaaks või põlluks	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus. Tasandiku puhul kuivendamine harvendatud kuivendusvõrguga	Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus. Tasandiku puhul kuivendamine harvendatud kuivendusvõrguga	
Küllastunud ja küllastumata turvastunud kamar-gleimullad (küllastunud ja küllastumata turvastunud mullad)	Peamiselt rohumaaks				
Soomullad					
Turvas-glei-, turvas-kõdu-glei- ja kõdu-glei-madalsoomullad (õhukesed halvasti, keskmiselt ja hästi lagunenud madalsooturbad)					

Turvas-, turvas-kõdu- ja kõdu-madalsoomullad (sügavad halvasti, keskmiselt ja hästi lagunenud madalsooturbad)	Otstarbekaim kasutada heinamaana	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus
Turvas-glei ja turvas-kõdu-glei-siirdesoomullad (õhukesed halvasti ja keskmiselt lagunenud siirdesooturbad)	Metsaks				
Turvas- ja turvas-kõdu-siirdesoomullad (sügavad halvasti ja keskmiselt lagunenud siirdesooturbad)					
Turvas-glei-rabamullad (õhukesed rabaturbad)					
Turvas-rabamullad (sügavad rabaturbad)	Turba tootmiseks				
L a m m i m u l l a d					
Kamar-alluviaalmullad (parasniisked lammimullad)	Põlluks või rohumaaks	Ajutiselt liigniisked. Kuivendamine harvendatud võrguga	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja
Glei-kamar-alluviaalmullad (märjad lammimullad)	Rohumaaks (heinamaaks)	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Ajutiselt liigniisked. Kuivendamine harvendatud kuivendusvõrguga	Ajutiselt liigniisked. Valikkuivendus	

Mullaerimite nimetused. Klambrites on näidatud lihtsustatud nimetused praktikas kasutamiseks	Soovitatav kasutamisviis	Veerežiim ja kuivendusviis			
		Põlluks	Karjamaaks	Heinamaaks	Metsaks*
Turvastunud alluviaalmullad ja lammi-madalsoomullad (turvastunud lammimullad ja lammi-madalsoomullad)	Rohumaaks (heinamaaks)	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus	Alaliselt liigniisked. Täielik kuivendus
Erodeeritud mullad	Tugeva erosiooni puhul rohumaaks või metsaks	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja	Kuivendamist ei vaja
Deluviaal- ehk pealeuhtemullad	Rohumaaks või põlluks	Kuivendusvajaduse määramisel arvestada põhitüüpi, millele pealeuhtemuld on tekkinud			

* Metsamaade kuivendamise vajaduse määramisel tuleb peale mullaerimi arvestada ka puuliiki ja puude vanust, põhjavee liikuvust ja teisi tegureid. Näiteks tuleb vanemate sanglepalodude kuivendamisega ettevaatlik olla, kuigi need asuvad turvastunud muldadel. Mõnel juhul vajavad aga isegi kamar-leet-gleimullad metsakasvatamisel kuivendamist, olenevalt mulla lõimisest ja kasvava metsa boniteedist.

(Koostanud R. Pant)

Mullaerimi šiffer	L_I L_{II} L_{kI} L_{kII} K' K'' K''' K'''' $K_{(o)}$ K_I $K_{(I)}$ L_{eI} L_{eII} L_{eIII} L_{eIV} K_{eI} K_{eII} K_{eIII} K_{eIV}	L_{III} L_{kIII}, $L_{k(g)}$ $K_{(g)}$ $K_{o(g)}$ $K_{(o)(g)}$ $K_{I(g)}$ $K_{(I)(g)}$	K_{gI} K_{ogI} $K_{(o)gI}$ K_{IgI} $K_{(I)gI}$ L_{gI}	K_{gII} K_{ogII} $K_{(o)gII}$ K_{IgII} $K_{(I)gII}$ L_{gII}	G_k G_o $G_{(o)}$ G_I $G_{(I)}$ GD LG L_{g_1} L_{g_3}	LG_1 LG_3 $G_{(o)1}$ $G_{(o)3}$ $G_{(I)1}$ $G_{(I)3}$	M'_1 M'_2 M'_3 M''_1 M''_2 M''_3 S'_1 S'_2 S''_1 S''_2 R' R
			At		AG	Am	AM
			K_g K_{og} $K_{(o)g}$ K_{Ig} $K_{(I)g}$ LG	G_k	G_o $G_{(o)}$ $G_{(I)}$ LG GD		
Mets	Kuivendust ei vaja	Kuivendust ei vaja	Kuivendust ei vaja	Kuivendust ei vaja	Erandjuhtudel valikkuivendus	Kuni 20% harvendatud võrk	Täielik kuivendus
Kultuurheinamaa	—„—	—„—	—„—	Erandjuhtudel valikkuivendus või 30% võrra harv. võrk	20—15% võrra harvendatud võrk	Täielik kuivendus	—„—
Kultuurkarjamaa	—„—	—„—	Kuivendust ei vaja. Erandjuhtudel valikkuivendus	30—20% võrra harvendatud võrk	15—10% võrra harvendatud võrk	—„—	—„—
Põld	—„—	Valikkuivendus. Erandjuhtudel, tasase reljeefi puhul 30% võrra harvend. võrk	Valikkuivendus või 30—20% võrra harvendatud võrk	15—10% võrra harvendatud võrk	Täielik kuivendus	—„—	—„—
Viljapuuaed	—„—	Valikkuivendus. Tasase reljeefi puhul 20% võrra harvendatud võrk	15—10% võrra harvendatud võrk	Täielik kuivendus	—„—	Viljapuuaiaks mitte kõlblik	Viljapuu- ja marjaaiaks mittekõlblik

Märkus tabel 5-a juurde.

Tabelis toodud mullaerimite šifrid on kasutusel «Eesti Põllumajandusprojekti» poolt koostatud mullastikukaartidel alates 1954. aastast. Teiste asutuste poolt koostatud mullastikukaartidel võib esineda mõnes osas teistsugust tähistust.

Mullaerimite šifrite tähendus on järgmine:

K — kamar-karbonaatmullad; indeksite tähendus: ′ — väga õhukesed; ″ — õhukesed; ‴ — keskmise sügavusega; ⁗ — sügavad.

Allindeksite tähendus: I — leetjas; (I) — küllastumata; o — leostunud; (o) — küllastunud.

Sama tähendusega on allindeksid gleistunud ja gleimuldadel.

L — leetmullad, allindeksite tähendus: I — nõrgalt, II — keskmiselt ja III — tugevasti leetunud.

Lk — kamar-leetmullad, allindeksite tähendus sama mis leetmuldadel.

(g) — gleistumistunnustega mullad, nõrkade liigniiskuse tunnustega;
gI — nõrgalt gleistunud mullad, niisked;
gII — tugevasti gleistunud mullad, väga niisked;
G — gleimullad, märjad;

allindeksite tähendus: 1 — turvastunud, 3 — kõduhorisondiga

M — madalsoomullad
S — siirdesoomullad
R — rabamullad
A — lammimullad.

indeksite tähendus: ′ — õhukesed; ″ — sügavad; allindeksite tähendus: 1 — halvasti, 2 — keskmiselt, 3 — hästi lagundunud;

At — parasniisked lammimullad
Am — turvastunud „
AM — madalsoo „
AG — märjad „
GD — märjad pealeuhtemullad
e — erodeeritud mullad; allindeksite tähendus: I — nõrgalt, II — keskmiselt, III — tugevasti, IV — väga tugevasti erodeeritud.

Üks suuremaid liigniiskuse pahesid on õhupuudus liigniiskes maas. Vesi, täites üleküllastunud mullas kõik poorid, tõrjub neist õhu täielikult välja. Kuid õhk või, täpsemalt öeldes, õhuhapnik on pinnases taimedele tingimata tarvilik. Pinnases, mis liigvee all ei kannata, võib hapnik takistamatult taimejuurteni pääseda pinnases olevate pooride kaudu ja väljahingatav süsihappegaas võib muutuda kahjutuks. Liigniiskes pinnases aga on peale õhuhapniku juurdepääsu takistatud ka väljahingatava süsihappegaasi eemaldumine. Tulemuseks on mitte ainult taimejuurte lämbumine, vaid samaaegselt ka mürgitava toimega orgaaniliste hapete (sipelghappe jt.) tekkimine taimejuurte vahetus läheduses peatuma jääva süsihappegaasi mõjul. Mitmed muudki hapendumisprotsessid toimuvad pinnases neis tingimustes puudulikult, mistõttu tekib lisaks veel raudoksüduuli, väävelvesinikku ja teisi mürgitava toimega aineid.

Vesi võib endas küll mõningal määral sisaldada temas lahustunud hapnikku ja see hapniku hulk võib olla küllaldane elavate organismide hapnikutarbe rahuldamiseks. Nii on näiteks teada, et kalad tarvitavad hingamiseks just vees lahustunud hapnikku ja samuti kasutavad seda hapnikku veetaimed. Ka muid taimi on võidud kasvatada juurestikuga vette asetatuna, kui on hoolt peetud

selle eest, et taimejuured leiaksid veest toitesoolade kõrval küllaldasel määral hapnikku. Nõndanimetatud hüdropooniline viljelus, kus vesi asendab taimedele toitepinnast, põhinebki sellel, et taimejuured on võimelised oma hingamiseks vajaminevat hapnikku võtma ka veest. Kuid mitte alati ei leidu vees hapnikku nõutaval määral, ja seda nimelt siis, kui vesi on seisev. Looduslikes tingimustes võib ainult liikuv vesi, mis on heas kokkupuutes atmosfääriõhuga, sisaldada endas lahustununa taimede kasvuks küllaldaselt hapnikku. Kujuka näite selle kohta pakuvad meie lodumetsad kallakutel maadel. Kuigi siin on maa ilmselt väga märg, kasvab mets ometi keskmise ja sageli heagi boniteediga, liigirikka ja küllalt nõudliku taimkattega, sest vesi on siin liikuv. Seevastu igal pool, kus vesi jääb seisma, muutub ta varsti hapnikuvaeseks ja seetõttu jäävad ka taimed kiduraks isegi siis, kui toitainete varud võiksid võimaldada paremat taimekasvu.

Rootsi teadlase H. Hesselmani uurimised[1] on näidanud, et seisva veega soodes sisaldab vesi soopinna pealmises kihiski (mis õhuga on paremas kokkupuutes) vaevalt 0,4 sm^3 hapnikku liitri kohta; 20 sm sügavusel soopinnast allapoole aga ei sisalda ta peaaegu üldse enam hapnikku. Lodumetsas seevastu on pinnase vee hapnikusisaldus rahuldav, kõikudes 0,9—3,3 sm^3 piirides ühe liitri kohta. Võrdluseks mainitagu, et mineraalmaal, mis liigvee all ei kannata, sisaldab põhjavesi ühe liitri kohta keskmiselt 4—8 sm^3 hapnikku.

Turbapinnases 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 pinnalähedases, umbes 0,2—0,4 m paksuses hapnikurikkamas kihis. Sügavamale juured ei tungi, sest seal nad lämbuksid. On teada, kuidas puud ja põõsad märjal maal kasvavad nagu mätastel, nad püüavad jääda võimalikult hapnikurikkasse keskkonda. Ka mänd, mis kuival maal kasvades ajab teatavasti tugeva sammasjuure sügavale pinnasesse, käänab soos kasvades peajuure kõrvale ja see jääb nagu teisedki juured pealmisse, maapinnalähedasse kihti.

Aeroobsete mullabakterite toimel muudetakse surnud taime- ja loomariigi jäänused uuesti mineraalaineteks. Niipea kui õhuhapnikust puudus tuleb, lakkab aeroobsete mullabakterite elutegevus ja tulemuseks on orgaaniliste jäänuste kuhjumine, nagu see aset leiab soodes ja rabades.

Liigniiske maa on ka raskesti haritav, eriti liigniiske savimaa. Et kevadel ei ole võimalik sellisel pinnasel küllalt aegsasti alustada maaharimist, siis hilinevad ka külvid, mis omakorda toob kaasa saakide vähenemise.

---

[1] H. Hesselman. Om vattnets syrehalt och des inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet. Meddelande fr. Statens skogsförsöksanstalt 7. Stockholm, 1910.

Liigniiskes maas ei kannata taimed mitte üksnes õhu-, vaid ka toidupuuduse all. Et taimejuured lämbumist kartes ei tungi sügavamale, vaid jäävad õhukesse pinnakihti, kus hapnikku on rohkem, peavad nad ka leppima nende toitainetega, mida nad õhukeses pealmises kihis leiavad. Allpool olevad toitainete varud jäävad taimejuurtele kättesaamatuks. Ka need toitained, mida nad pealmisest mullakihist leiavad, on pinnase liigse veesisalduse tõttu väga vähese kontsentratsiooniga, lahjade lahustena.

Liigniiskes pinnases on kultuurtaimed vastuvõtlikumad mitmesugustele taimehaigustele, sest nad jäävad oma arengus nõrgaks ja on seetõttu kergesti nakatatavad. Ka umbrohtude tekitatud kahjud on liigniiskuse all kannataval kultuurmaal suured. Ühelt poolt põhjustavad nad tunduvat saagi vähenemist ja teiselt poolt on soodustatud umbrohtude levik ka mujale.

Lõpuks on liigniisked maad tervislikult halvad niihästi loomadele kui ka inimestele. Isegi raskete nakkushaiguste levikuks võivad märjad maad põhjust anda. Tuntumaid selliseid haigusi on lammastel esinev maksakaantõbi (distomatoos) ja inimestele ohtlik malaaria. Malaaria edasikandjaks on teatavasti hallasääsk (*Anopheles maculipennis*), kes muneb madalatesse seisvatesse veekogudesse ja soodesse. Maades, kus malaaria on eriti levinud, võib juba üksi selle tõve leviku pidurdamiseks vajalikuks osutuda soode kuivendamine.

3. KUIVENDUSE ÜLESANNE

Rohked pahed, mida liigniiskus pinnases põhjustab, alandavad saake või muudavad halvemal juhul liigvee all kannatavad maad peaaegu kasutamiskõlbmatuks. Maade kuivenduse ülesandeks on nende pahede põhjuste kõrvaldamine. Liigvee eemaldamise teel pinnasest peab kuivendus looma optimaalse vee- ja õhurežiimi kultuurtaimede kasvuks ning parandama ka pinnase soojusrežiimi ja taimede toitumistingimusi.

Kohe, kui liigne vesi on pinnasest välja valgunud, tungib veest vabanenud pinnase pooridesse õhk. Õhu liikumine pinnases koos liigse vee kõrvaldamisega toob endaga kaasa pinnase soojustingimuste muutumise. Pinnase mineraalse osa soojusmahutavus on mitu korda väiksem vee soojusmahutavusest. Nii on näiteks kuivas olekus soojusmahutavus savil 0,16, liival 0,19 ja turbal 0,25, kuna aga vee soojusmahutavus on 1. Märja pinnase soojendamine nõuab palju enam soojust kui kuiva pinnase soojendamine. Kui näiteks 100 kg kuiva mulla temperatuuri tõstmiseks 1° C võrra kulub 20 kilokalorit soojust, siis 50-protsendilise veesisalduse juures kulub sama mullakoguse temperatuuri tõstmiseks 1° C võrra 70 kilokalorit ja 90-protsendilise veesisalduse juures koguni 110 kilokalorit. Liigsest veest vabanenud pinnas soojeneb kevadel märksa lühema ajaga, millega pikeneb taimede kasvuaeg. Ka väiksem vee aurumine kuivendatud maal mõjub kaasa maapinna temperatuuri tõusule.

Parem õhustamine ja kõrgem temperatuur mõjutavad ka pinnase füüsikalisi ja keemilisi omadusi. Suurenevad murenemine ja pinnase läbilaskvus, kolloidide iseloom muutub ja nad omandavad võime kittida struktuurita pinnase terakesi suuremateks sõmerateks, muutes niiviisi mulla struktuurseks, mis omakorda suurendab selle poorsust ja läbilaskvust. Selline pinnas imeb endasse täielikumalt sademete vett, mistõttu ta kuival ajal omab suuremat niiskusvaru kui struktuurita kuivendamata maa; seega on sellise pinnase niiskusesisaldus ühtlasem. Turbamaas toimub kuivendamise tagajärjel tunduv tihenemine, mis toob endaga kaasa toitainete kontsentratsiooni suurenemise ja turba kõdunemise, s. o. mineraliseerumise kiirenemise. See omalt poolt mõjub samuti mobiilseid toitevarusid suurendavalt. Eriti tuleb aga rõhutada seda määratu suurt tähtsust, mis kuivendamisega loodaval soodsamal õhu- ja veerežiimil pinnases on elutegevusele mullas.

Teatavasti on tegusas mullas tohutul arvul mikroorganisme — baktereid, seeni ja algloomi, aga ka mitmesuguseid selgrootuid putukaid ja usse; paljudel neist on mulla viljakuse kujunemisel tähtis ülesanne täita. Kõikide surnud taime- ja loomariigi jäänuste ümbertöötamine, nende lagundamine mineraalaineteks, millistena need jäänused uuesti muutuvad kasutamiskõlblikeks toitaineteks uutele taimepõlvkondadele, — see on mullas elavate mullabakterite ja loomakeste töö. Nende tegevuse toimel hoitakse alal taimekasvuks vajalik toitainete ringkäik looduses. Mida elavam on mikrobioloogiline tegevus mullas, seda enam on mullas ka omastatavaid taimetoitaineid. See mikrobioloogiline tegevus võib aga intensiivselt areneda ainult küllaldaselt õhustatud ja parasniiskes pinnases. Igal pool, kus pinnase õhu- ja veerežiim muutub ebasoodsaks, vaibub mikrobioloogiline elutegevus otsekohe ja selle tagajärjeks on mulla vaesumine taimetoitainete poolest.

Seepärast on maa kuivendamise üheks kõige tähtsamaks ülesandeks selliste eeltingimuste loomine pinnases, mis mikrobioloogilise tegevuse mullas muudaks soodsaks.

Kuidas pinnase niiskus mõjutab näiteks nitrifikatsiooniprotsessi, ilmneb alljärgnevaist M. M. Kononova poolt Kesk-Aasias hallmullavööndis tehtud katse tulemustest (tabel 6).

Tabel 6

Nitraatlämmastiku sisaldus mg-des 1 kg mulla kohta
(M. M. Kononova andmetel)

Mulla niiskus %-des max veemahutavusest / Aeg	20	40	60	80	90
Katse algul	38,19	38,19	38,19	38,19	38,19
6 ööp. möödumisel	36,61	40,45	40,45	17,63	9,04
16 „ „	34,52	51,41	60,79	15,70	6,44
34 „ „	38,65	48,36	42,71	Jäljed	Puudub

Nagu katseandmetest ilmneb, on kuivas mullas nitraatlämmastiku juurdekasv praktiliselt seisma jäänud, kuid liigniiskes mullas mitte ainult seisma jäänud, vaid täiesti lakanud. Liigniiskuse pidurdavat mõju nitrifikatsioonile näitavad ka tabelis 7 toodud katseandmed.

Tabel 7

Nitraatide hulk turbamullas
(N. F. Lebedevitši järgi)

Põhjavee sügavus (sm)	Mulla niiskus %-des max veemahutavusest	Aeratsiooni %	Nitraate mg-des 1 kg kuiva mulla kohta
40	83,4	14,2	373
65	72,2	24,1	899
95	68,0	27,6	1124

Tabeli andmed näitavad, et niiskuse vähenemisega ehk aeratsiooni suurenemisega suureneb tunduvalt nitraatide hulk; see tähendab aga mulla viljakuse tõusu. Nitrifikatsiooniprotsess kulgeb ainult aeroobsete mullabakterite (*Nitrosomonas* ja *Nitrobacter*) toimel, seepärast on vaja just nende elutegevust soodustada.

Kõigis pinnastes tekib kohe pärast kuivendamist elav mikroobide tegevus; eriti tunduv on tegevuse aktiviseerumine kuivendatud turbamaa ülesharimise järel.

See ilmneb kujukalt tabelis 8 esitatud andmetest (A. A. Tšerkassovi järgi)[1].

Tabel 8

Mikrobioloogilise tegevuse elavnemine soos maa kultiveerimise toimel

Soo seisukord	Mullabakterite hulk 1 g kuiva turbamulla kohta 15 sm sügavusel			
	Rabas		Madalsoos	
	Anaeroobseid	Aeroobseid	Anaeroobseid	Aeroobseid
Kuivendatud, kultveerimata	140	4000	2000	4400
Kultiveeritud	140 000	336 000	15 000	61 000

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

[1] А. А. Черкасов. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Издание четвертое. Москва, 1958.

Kuivenduse soodne mõju kasulike mullabakterite elutegevusele ilmneb kujukalt ka V. Tohveri uurimisest, mis on korraldatud alates 1953. aastast Tartu Riikliku Ülikooli taimefüsioloogia kateedris kuivenduse mõju selgitamiseks mikrobioloogilistele protsessidele turvasmuldades. Mainitud uurimise andmetel leiti näiteks 1955. aastal (Tooma katsebaasi kuivendatud sool) ammonifitseerivaid baktereid mullas kuivenduse sügavusest sõltuvalt tabelis 9 toodud hulgal.

Tabel 9

Ammonifitseerivate mullabakterite hulk 1 grammis absoluutkuivas mullas sõltuvalt kuivenduse sügavusest

(V. Tohveri järgi)

Keskmine kuivenduse sügavus (sm)	Mullakihi sügavus (sm)	Aeroobseid baktereid (miljonites)	Anaeroobseid baktereid (miljonites)
90	0—10	4,56	0,32
„	20—30	4,76	0,63
70	0—10	4,68	0,42
„	20—30	2,96	0,85
50	0—10	2,45	0,76
„	20—30	1,28	0,81
30	0—10	1,57	0,60
„	20—30	0,31	0,26

V. Tohveri uurimistest[1] on samuti ilmnenud nitrifitseerivate mullabakterite arvu tunduv suurenemine ühes kuivenduse intensiivsuse tõusuga (tabel 10).

Tabel 10

Nitrifitseerivate bakterite hulga suurenemine sõltuvalt kuivenduse sügavusest

(V. Tohveri järgi)

Keskmine kuivenduse sügavus (sm)	Mullakihi sügavus (sm)	Nitrifitseerivate bakterite hulk 1 g absoluutkuiva mulla kohta	
		1. VII 55	5. VII 55
90	0—10	1500	4800
„	20—30	4200	2900
70	0—10	3800	4300
„	20—30	3000	2200
50	0—10	2300	2200
„	20—30	600	400
30	0—10	600	500
„	20—30	100	—

[1] V. Tohver. Intensiivne kuivendus soodustab mikrobioloogilisi protsesse turvasmullas. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 6, 1957.

Tähtsat osa mulla viljakuse tõstmisel etendavad ka õhulämmastikku siduvad bakterid. Mullatekke- ja muldade arengu protsessist võtavad osa veel terve rida muid baktereid ja seeni ning ka mõned selgrootud loomad. Viimastest on kahtlemata kõige tähtsamad vihmaussid. Vihmaussid töötavad oma seedekanali kaudu läbi suure hulga orgaanilist massi. Peenestades taimejäänuseid muudavad vihmaussid need sel teel kergemini kättesaadavaks mullabakteritele, kes need lõplikult mineraliseerivad. K. Tarnani tähelepanekute ja arvestuste järgi võivad vihmaussid 1 ha kohta läbi töötada kuni 100 tonni taimejäänuseid ja teha pinnasesse kuni 300 000 augukest. Üksnes kevadperioodi kestel jätavad nad maapinnale 1 ha kohta 15—20 tonni ekskremente; vihmausside ekskremendid loovad pinnases hea struktuuri. Vihmausside elutegevuse tulemusena suurenevad pinnase poorsus, veeläbilaskvus, aeratsioon ja veemahutavus. Vihmausside rohkus on seetõttu teataval määral mulla viljakuse näitajaks. Pinnase kuivendamine soodustab vihmausside hulga suurenemist.

Pinnase happelist reaktsiooni kuivendus otseselt ei kaota, vaid pigemini suurendab. Happesust tuleb lupjamise teel vähendada.

Kuivenduse kasuliku mõju tõttu pinnase vee- ja õhurežiimile, taimede toitumisele ja mullabakterite elutegevuse aktiviseerimisele tõuseb mulla viljakus ja suurenevad hektarisaagid.

IV. VEEREŽIIMI MUUTMINE PINNASES

1. PINNASE VEEREŽIIMI MÕJUTAMISE VAHENDID

Veerežiimi pinnases on võimalik mõjutada: a) agrotehniliste, b) agromelioratiivsete ja c) hüdromelioratiivsete abinõudega.

Agrotehnilised abinõud pinnase veerežiimi mõjutamiseks on juba ammu tuntud ja neid kasutatakse laialdaselt. Nii on teada, et rullimisega pärast kevadkülvi tihendatakse maaharimisega kobestatud mulda selleks, et luua uuesti võimalust vee kapillaarseks tõusuks sügavamatest kihtidest üles, idaneva seemne ja noore areneva taime juurestiku piirkonda. Ilma selle abinõuta võib taim pärast seemnes leiduva veevaru ja pealmises, kobestatud mullakihis leiduva vee äratarvitamist hakata kannatama veepuudust.

Rohumaakultuuride puhul soos on kevadisel rullimisel suur tähtsus, kui talvine külm on kergitanud pealmist mullapinda ja heintaimede juured on aluspinnast lahti kistud. Rullimisega saab niisugusel korral taimejuured uuesti ühendusse viia alumiste, niiskemate kihtidega. Rullimine on niisiis tõhus vahend katkenud kapillaarse veetõusu taastamiseks pinnases.

Samuti on hästi tuntud kevadise äestamise mõju põllu veevarude säilitamisele. Kerge äestamisega kobestatakse nimelt mulla pindmine kiht selleks, et katkestada vee kapillaarset tõusu maapinnani ja et vältida vee kadu tarbetu aurumise kaudu õhku. Mida kergem pinnas ja kuivem õhk, seda vajalikum on kevadine põllu äestamine. Kui tähtis see lihtne abinõu on mulla veevarude säilitamisel, seda tõendab kujukalt asjaolu, et sademetevaestes piirkondades ainult selle abinõu varal, nn. «dry farming»- (kuivviljelus-) menetlust rakendades, osutubki võimalikuks maad põllumajanduslikult kasutada. Neis piirkondades ei piisa nimelt ühe aasta sademetest vilja kasvatamiseks, vaid tuleb koguda 2—4 aasta sademete vesi pinnasesse tagavaraks, enne kui saab võimalikuks maad aastaks või paariks jälle kultuuri alla võtta. Põld hoitakse vee kogumise aastate kestel umbrohupuhta kesana ja äestatakse iga vihmasaju järel, millega takistatakse vee aurumist õhku. Niiviisi õnnestubki pinnasesse vett akumuleerida.

Erilise tähtsusega pinnase veerežiimi mõjutamisel on aga struktuurne künnikiht. Struktuuritu pinnas imeb endasse vett väga aeglaselt nii kevadel pärast lume sulamist kui ka suviste vihmasadude järel. Seetõttu jõuab palju vett kasutult ära voolata maa-

pinda mööda. Lisaks on ka aurumine selliselt maalt suur. Seetõttu kannatavad taimed neil maadel põuasematel ja isegi normaalsetel aastatel sageli veepuuduse all, sademeterikkamatel aastatel aga on need maad liigniisked.

Vastandina sellele on struktuursed mullad võimelised vastu võtma suurt veehulka, kusjuures neis rikkalikugi veesisalduse korral toimub veel hea aeratsioon. Aurumine on struktuursest pinnasest tunduvalt väiksem kui struktuuritust pinnasest. Vee läbilaskvus on struktuursel pinnasel väga hea. Nende omaduste tõttu ei takista struktuurses pinnases taimekasvu ei liigniiskus ega veepuudus. Sügava struktuurse künnikihi loomine on seepärast üks tõhusamaid abinõusid pinnase veerežiimi reguleerimiseks ja paljudel juhtudel — eriti raskete savimaade parandamisel — peamine abinõu, ilma milleta muud abinõud jäävad tulemusteta.

Agromelioratiivsed abinõud. Agrotehnilised vahendid võimaldavad reguleerida veerežiimi mõningal määral künnikihis, kuid mitte täielikult. Et rasketel savimaadel künnikihti täielikumalt liigveest vabastada, tuleb lisaks kasutada veel nn. agromelioratiivseid abinõusid. Nende abinõude hulka kuuluvad vesivagude ajamine, põllupinna profileerimine, kitsaeeline künd, põhja kobestamine ja muttimine. Need abinõud on suunatud kas liigvee kõrvaldamisele künnikihist ja selle ärajuhtimisele väljapoole haritavat maa-ala (vesivaod, profileerimine, kitsaeeline künd) või künnikihi süvendamise ja künnialuse kihi kobestamise kaudu pinnase veemahutavuse suurendamisele, millega võimaldatakse liigvee ärajuhtimine künnikihist selle all olevasse sügavamasse kihti (sügavkünd aluspõhja kobestamisega ja muttimine).

Agromelioratiivsetest abinõudest maade kuivendamisel tuleb lähemalt juttu peatükis XII. Siinkohal mainitagu ainult, et Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi (СНИИГиМ) andmetel on nende abinõude rakendamine võimaldanud saada keskmiselt 10—35% ja üksikutel juhtudel isegi rohkem enamsaaki.

Viimastel aastatel on mitmel pool agromelioratiivseid abinõusid hea eduga kasutatud täiendusena hüdrotehnilisele melioratsioonile. Äsjamainitud instituudi andmetel on sel teel võidud melioratsioonitööde maksumust tunduvalt vähendada.

Kuid agromelioratiivsed abinõud, samuti nagu agrotehnilised abinõud vajavad sagedat uuendamist, sest nende mõju pole püsiv. See asjaolu on olnud tõsiseks takistuseks agromelioratiivsete abinõude laiaulatuslikumale rakendamisele.

Hüdromelioratiivsed abinõud mõjutavad pinnase veerežiimi juba kogu selle kihi ulatuses, mis taimekasvu määrab. Siin rakendatavad abinõud on oma iseloomult püsivad ja mõjult kindlad, kuid on ühtlasi ka kallimad kui agromelioratiivsed abinõud. Kõrge maksumus ei ole siiski takistanud neil abinõudel kujunemast kõige tähtsamaks ja laialdaselt kasutatavaks.

Hüdrotehniline melioratsioon osutub paratamatult vajalikuks

kõigil neil kordadel, kus liigse vee kõrvaldamine künnikihist ja taimejuurte piirkonnast pole võimalik ilma põhjavee pinda alandamata. Hüdrotehnilise melioratsiooniga mõjutatakse esmajoones pinnasesisese vee äravoolu, kuid sellega kaasneb tavaliselt ka pinnavete äravoolu kiirendamine, kõrgemal asuvatelt maa-aladelt pealevalguva vee äralõikamine ja surve all oleva põhjavee tõusu tõkestamine kultuurtaimede kasvu kahjustava kõrguseni.

Liigvee ärajuhtimise ülesandele lisaks on hüdrotehniliselt melioratsioonilt tahetud ühtlasi nõuda ka pinnase niiskuse suurendamist neil juhtudel, kui niiskuse lisamine pinnasesse taimekasvule soovitav võiks olla. Tundubki olevat õige nõuda maad mitte lihtsalt kuivendada, vaid reguleerida selle veerežiimi vastavalt taimede nõuetele nende eri kasvufaasidel. Niiviisi ongi püütud talitada. On ehitatud kuivendussüsteeme regulaatorpaisudega lahtistel kraavidel ja ventiilseadeldistega drenaažisüsteemis selleks, et tarviduse korral nende abil tõkestada vee äravoolu ja akumuleerida vett pinnases või veejuhtmetes.

Kuid tegelikud selliste seadeldiste, eriti nn. ventiildrenaaži kasutamise kogemused ei ole õigustanud lootusi, mis nende kasutamisele olid rajatud. Neil perioodidel, mil vett drenaažisüsteemides veel leidub, on seda ka pinnases ülekülluses ja vee äravoolu tõkestamine pole sel ajal ei tarvilik ega soovitavgi. Hiljem aga, kui pinnase niiskuse suurendamine võiks olla soovitav, on drenaažisüsteemid juba kuivad, sest dreenid lakkavad vett ära juhtimast juba varem, ja nimelt siis, kui pinnases enam ülearust gravitatsioonivett ei leidu. Pealegi on paisutamisega akumuleeritav seisev vesi tavaliselt ka hapnikuvaene ja sellisena taimedele vähe sobiv.

Niisiis — kuigi kaasaegse põllumajanduse tingimustes on põhjendatud nõue, et maad tuleb vabastada kahjustavast liigveest, ühtlasi aga ka luua võimalused nende täiendavaks niisutamiseks neil juhtudel, kui pinnase looduslikud veevarud koos sademetega pole küllaldased suure saagi saamiseks, — peab see täiendav niisutamine ometi sündima abinõudega, mis kultuurtaimede kasvu ei kahjusta. Vee varumine pinnasesse taimekasvuperioodil pikemaks ajaks üle selle määra, mis ületab pinnase optimaalse veemahutavuse, on aga selline abinõu, mis taimekasvu paratamatult kahjustab.

Seepärast tuleb pinnases optimaalse veerežiimi tagamiseks käia teist teed, nimelt kunstliku niisutamise teed järvede, jõgede ja ojade või ka sügava põhjavee veevarude baasil. Sageli on muidugi võimalik ja otstarbekohane ka kevadise suurvee osaline varumine kunstlikult loodud veehoidlatesse, kust seda hiljem, veevaesel perioodil, on võimalik võtta. Seda võimalust on juba aastatuhandeid kasutatud ja kasutatakse laialdaselt ka tänapäeval paljudes maades. Järjest suuremaks muutuvad ka lootused õhus leiduvate veeauruvarude mobiliseerimiseks, nagu seda juba hea eduga tehisvihma tekitamise näol Austraalias ja mujal on katsetatud.

Ühel või teisel teel jõutakse kindlasti kord selleni, et mulla veerežiimi tõepoolest võidakse valitseda ja seda tarviduse kohaselt reguleerida vastavalt taimekasvu nõuetele taimede eri kasvufaasidel.

2. KUIVENDUSVIISID

Maade kuivendamine võib toimuda põhiliselt kahesugusel viisil: lahtiste kraavidega või drenaaži abil. Küsimuse otsustamiseks, kumb neist kuivendusviisidest ühel või teisel juhul valida, on tarvis tunda kummagi häid ja halbu külgi.

Kuivendusel lahtiste kraavidega on järgmised voorused.

1) See on teostatav vähemate ehituskuludega kui savitorudrenaaž.

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

3) Lahtised kraavid lepivad maapinna õige väikese languga; nad võimaldavad seetõttu maade kuivendamist sealgi, kus kuivendus drenaažiga ei ole vähese langu tõttu teostatav.

4) Lahtistes kraavides on mõnikord võimalik hõlpsasti vett paisutada, kui see maade niisutamiseks peaks vajalik olema.

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

Loetletud vooruste kõrval on kuivendusel lahtiste kraavidega ka 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 5—15% kuivendatud pindalast.

2) Iga-aastased korrashoiukulud on lahtistel kraavidel suhteliselt suured; need tõusevad mitu korda suuremaks kui näiteks savitorudrenaaži korrashoiu kulud. Suurte korrashoiukulude tõttu osutub lahtiste kuivendussüsteemide ekspluatatsioon aja kestel kallimaks drenaaži vastavatest kuludest. Põllu- ja karjamaade osas võib kindlasti öelda, et lahtine kuivendus on küll odav teha, aga kallis kasutada.

3) Lahtiste kraavidega kuivendatud maal on mullaharimine ja saagi koristamine takistatud; see pahe on seda tunduvam, mida enam põllutööd on mehhaniseeritud.

4) Lahtiste kraavide peenardel saavad umbrohud ja taimekahjurid segamatu võimaluse kasvuks ja levimiseks.

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

Kuivendus drenaaži abil on vaba neist pahedest, mis on omased lahtisele kraavitusele.

Drenaažil on järgmised voorused.

1) Maa kaotsiminek langeb ära.

2) Jooksvad korrashoiukulud on väikesed.

3) Mullaharimine ja saagi koristamine ei ole takistatud.

4) Umbrohtude ja taimekahjurite levikut ei soodustata.

5) Sildade ja truupide tarve langeb ära või on ainult vähene.

6) Drenaažiga kuivendatud maa kuivab ja soojeneb kevadel varem. Seda põhjustab asjaolu, et dreenid toimivad hilja sügisel ja talvelgi, kui lahtiste kraavide nõlvad on juba läbi külmunud ja kraavid seetõttu enam vett vastu ei võta. Ja et ülearune vesi, mis ületab pinnase veemahutavuse, juba sügise ja talve jooksul dreenide kaudu pinnasest välja valgub, võtab pinnas kevadel pärast maa sulamist endasse sulaveed ning maa hakkab kiiresti tahenema. Seevastu püsib aga lahtistes kraavides kevadel esiteks lumi, ja kui see on kadunud, kulub veel mõni aeg, enne kui kraavide nõlvad on sulanud ja liigvesi pääseb pinnasest ära valguma ning maa tahenema. Liigveest vabanenud maa hakkab aga ka varem soojenema. Tulemuseks on see, et dreenidega kuivendatud maal on võimalik põllutöid alustada vähemalt 1—2 nädala võrra varem.

7) Maa kuivab drenaažiga varustatud põllul ühtlasemalt. Lahtise kraavituse puhul kuivab maa kraavi kaldal kevadel varem, kuid kraavide vahekohal on maa alles märg ega võimalda harimist. Drenaaži puhul on sellist vahet kuivamises ainult vähe märgata ja see ei põhjusta viivitust harimistööde algamises.

8) Väetusainete kadu mullast väljauhtumise teel on drenaaži abil kuivendatud maal palju väiksem, sest pinnavesi, milles väetusained on lahustunud, ei pääse valguma maapinda mööda kraavidesse, vaid peab dreenideni pääsemiseks imbuma läbi pinnase. Selle filtreerumise juures läbi pinnase absorbeerib aga pinnas endasse suurema osa vesilahuses leiduvatest taimetoitainetest ja ainult väike osa neist pääseb dreeni vette.

9) Oluliseks drenaaži vooruseks tuleb pidada asjaolu, et suvised sademete veed ei pääse nii ruttu kasutult ära voolama kui lahtise kraavituse puhul, vaid saavad aega suuremal määral pinnasesse imbuda ning ainult pinnase veemahutavust ületav osa valgub dreenide kaudu ära.

10) Drenaaž annab võimaluse kuivendusdreene nii asetada, nagu see kuivendustehniliselt on otstarbekohasem, kuna lahtiste kraavide asendi määramisel tuleb arvestada seda, et kraavide vahele ei kujuneks teravate nurkadega või korrapäratu kujuga maatükke, mille harimine on raskendatud.

11) Ja lõpuks — väheste ekspluatatsioonikulude tõttu on drenaažkuivendus majanduslikult kasulikum kui kuivendus lahtiste kraavide abil.

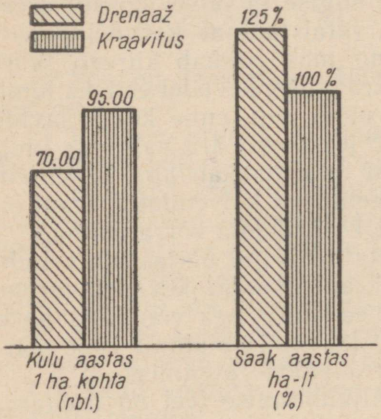
Drenaaži puudusteks tuleb pidada selle ehitamise kallidust, tarvidust ajada vesivagusid (raskematel pinnastel), suurema langu nõuet ning lõpuks rikete raskemat ülesleitavust ja kõrvaldatavust, võrreldes lahtise kraavitusega.

TRÜ Raamatukogu

Neid lahtise kraavituse ja drenaaži häid ja halbu külgi tuleb igal üksikjuhul eraldi kaaluda, enne kui langetatakse otsus, kumb mainitud kuivendusviis on antud juhul otstarbekohasem.

3. KUIVENDUSVIISI VALIK

Määravaks teguriks kuivendusviisi valikul on maa kasutamise viis. Õue- ja aiamaa kuivendamisel saab küsimusse tulla ainult drenaaž, sest lahtised kraavid tekitaksid siin võimatuid raskusi liiklemisele ja maa kasutamisele. Tavaliselt asetsevad õuemaad kõrgematel kohtadel ega vaja kuivendamist; kuid siiski esineb juhtumeid, kus näiteks maa sisse ehitatud keldrit võib olla tarvis kaitsta põhjavee sissetungimise eest drenaaži abil. Ka aiamaaks valitakse harilikult selline maa, mis liigvee all ei kannata. Raskete savimaadel osutub siiski enamasti kasulikuks veeolude ja maa õhustamise tingimuste parandamiseks aiamaale drenaaž rajada.



9. Ekspluatatsioonikulu ja saak drenaažiga ning lahtiste kraavidega kuivendatud maal (A. Arulaiu ja U. Tombergi andmetel).

Põllumaadel annavad lahtise kraavituse pahed end tunda kogu raskusega. Ühtlasi tasub põllumaa kui intensiivselt majandatav kõlvik hästi ka suuri drenaaži ehitamise kulusid; siin ilmnevad kõige mõjuvamalt kõik drenaaži voorused. Seepärast tuleb põllumaad alati kuivendada drenaaži abil. Eeskätt on see maksev suurte majandite kohta, kus põllutööd on mehhaniseeritud. Üksnes neil juhtudel, kus maapinna langu väiksus või selle täielik puudumine drenaažile võitmatuid raskusi seab, võib lahtise kraavituse kasutamine paratamatuks osutuda. Intensiivne kuivendusviis, nagu drenaaž, eeldab aga ühtlasi maa intensiivset kasutamist, s. o. põhjalikku harimist, head väetamist, hea sordiseemne kasutamist jne. Ainult siis, kui drenaažiga ühenduses ka need abinõud saakide suurendamiseks kasutusele võetakse, pääseb drenaaž täiele mõjule.

Karjakoplite kuivendamiseks pole lahtine kraavitus sobiv, sest loomad tallaksid siin kraavid lühikese ajaga umbe, mille tõttu kraavide korrashoid kujuneks kulukaks. Drenaaži head küljed avalduvad ka siin, kuigi nende eelised pole siin nii suured kui põllul. Kui maapinna vähene lang sunnib siiski lahtisi kuivenduskraave kasutama, siis tuleb nende arvu võimalikult piirata ja need taraga kaitsta loomade eest.

Heinamaadel annavad lahtiste kraavide pahed ennast vähem tunda kui põllumaal või karjakoplites. Seetõttu leiab heinamaade kuivendamine lahtiste kraavidega esialgu veel laialdast kasutamist. See ei tähenda aga, et heinamaade kuivendamisel drenaaž poleks eelistatav, kui looduslikud tingimused, nagu väga väike lang, vesiliivapinnas või põhjavee küllaldase alandamise võimaluse puudumine drenaažile takistusi ei tee.

Drenaaži majanduslikku otstarbekohasust tõendavad K. Hommiku võrdlevad arvutused. Kõrvutades kuivenduse iga-aastasi ekspluatatsioonikulusid, liigveest põhjustatud saagikadusid ja kuivendatud maadel toodetava saagi omahinda protsentides realiseerimishinnast, saab ta kergema liivsavi puhul tabelis 11 toodud tulemused.

Tabel 11

Saagi omahind (põllumaalt) sõltuvalt kuivendusviisist
(K. Hommiku järgi)

Dreenide või kraavide vahekaugus (m) sügavuse puhul 1 m	Kuivenduse aastased kulud		Liigveest põhjustatud saagikaod	Kuivenduskulude ja saagikadude summa aastas		Saagi omahind protsentides realiseerimishinnast	
	drenaažil	lahtisel kraavitusel		drenaaži puhul	lahtise kraavituse puhul	drenaaži puhul	lahtise kraavituse puhul
	protsentides kadudeta saagist						
16	8,5	15,5	—	8,5	15,5	78,5	85,5
18	7,8	14,3	—	7,8	14,3	77,8	81,3
20	7,2	13,2	0,9	8,1	14,1	79,8	84,3
22	6,8	12,7	2,7	9,5	15,4	81,7	87,7
25	6,3	11,8	4,7	11,0	16,5	85,0	90,8
28	5,7	11,0	9,9	15,6	20,9	95,0	100,7
31	5,4	10,5	16,2	21,6	26,7	108,0	115,0
35	5,1	9,9	26,8	31,9	36,7	139,0	146,0
41	4,7	9,4	38,9	43,6	48,3	186,0	194,0

Tabelist nähtub, et kuivenduse igasuguse intensiivsuse (dreenide või kraavide vahekauguse) puhul kujuneb saagi tootmise omahind drenaažkuivenduse korral odavamaks kui lahtiste kraavidega kuivenduse puhul. Ühtlasi ilmneb, et kuivenduse intensiivsuse vähenemisega, s. o. kraavide või dreenide vahekauguse suurenemisega tõuseb toodangu omahind kiiresti.

Samasuguse pinnasega (liivsavi) kultuurniidul on saadud analoogilisi andmeid toodangu omahinna kohta (tabel 12).

Niisiis pole lahtiste kraavidega kuivendus ei põllumaade ega ka rohumaade jaoks odav kuivendusviis. Esialgne väiksem ehituskulu, võrreldes drenaaži ehituskuludega, on ainult näiline odavus. Põllumajanduslike maade kuivendamist lahtise kraavituse abil tu-

Kultuurniidu toodangu omahind sõltuvalt kuivendusviisist
(K. Hommiku järgi)

Dreenide või kraavide vahekaugus (m) sügavuse puhul 1 m	Toodangu omahind protsentides realiseerimishinnast	
	drenaaži puhul	lahtise kraavituse puhul
19	48,3	51,7
22	47,8	50,7
25	48,4	51,0
28	49,5	51,9
31	51,6	53,8
35	58,3	60,2
38	65,2	67,2
41	75,4	77,3
44	90,3	92,3
50	132	134
55	174	176

leb pigem võtta kui paratamatust neil kordadel, kui drenaaži abil kuivendamine tehnilistel või majanduslikel põhjustel ei ole teostatav.

Mis lõpuks puutub metsamaadesse, siis on siin lahtine kraavitus esialgu küll ainuke otstarbekohane kuivendusviis, sest metsakuivenduses on ülesandeks mitte niivõrd põhjavee pinna alandamine (mille eest kasvav mets tugeva transpiratsiooni abil ise teataval määral hoolt kannab) kui pinnavete liikuvaks muutmine, ja seda ülesannet täidavad lahtised kraavid paremini kui drenaaž. Maa kaotus on siin suhteliselt väike, esiteks juba kraavide väiksemate mõõtmete tõttu, teiseks tehakse siin kraave suuremate vahekaugustega kui põllumajandusliku maa kuivendamisel ja kasutuid peenraid siin ei teki. Muud selle kuivendusviisi pahed ei anna ennast aga metsamaadel tunda. Lahtised kraavid isegi hõlbustavad metsa hooldamist ja kasutamist, sest piki kraavipervi muutub liiklemine metsas kergemaks. Lahtiste kraavidega kuivenduse rajamiskulude odavusel on siin määrav tähtsus, sest metsamaade hektaritulud on üldiselt tunduvalt madalamad põllumajanduslike maade hektarituludest ega õigusta suurte kulutuste tegemist ka maaparanduseks.

Kuivendusviisi valikut põllumajanduslikult kasutatavatel maadel mõjutavad mõningal määral veel kuivendatava maatüki kaugus majandi keskusest, maapinna looduslik lang ja pinnase koostis.

Keskuse läheduses asetsevaid maatükke on kasulik kuivendada drenaaži abil, olgugi et neid kuivendustööde teostamise aastal kasutatakse näiteks niiduna. Läheduse tõttu võivad need maad edaspidi intensiivsemale kasutamisele tulla. Seevastu saab kaugel

asetsevaid maid igal juhul majandada ainult niiduna või koguni metsana, ja sel puhul on vastuvõetav ka lahtine kraavitus.

Maapinna liiga väike lang (alla 0,2%) võib takistuseks olla drenaažkuivendusele, eriti neil juhtudel, kui ka peakraav, millesse liigvesi tuleb ära juhtida, on väikese languga. Sel korral oleks nimelt vaja dreenidele anda kunstlik lang. See on raske, aga kui see võimalik olekski, siis võivad sellega seotud olla nii suured lisakulud, mis majanduslikult kogu ettevõtte tasuvuse võivad küsitavaks muuta. Pinnas võib drenaažkuivenduse läbiviimisele takistuseks saada paasaluspõhjaga maadel, nagu meil Põhja-Eesti loopealsetel. Ka rasketel savimaadel tekib drenaažiga raskusi, nimelt pinnase raske läbilaskvuse tõttu.

4. DRENAAŽI MAJANDUSLIK EFEKTIIVSUS

Kõrvaldades pinnasest liigse niiskuse, loob drenaaž kultuurtaimede kasvuks soodsa vee- ja õhurežiimi, millel on suur mõju pinnase muudelegi omadustele.

Kõigepealt avaneb liigveest vabanenud pinnases õhule vaba pääs pinnase pooridesse. Seda soodustab omalt poolt veel maa kobenemine täitepinnase osas dreenide kohal, mille mõju rasketes savimaades on eriti hinnatav. Parema õhustumise tagajärjel soojeneb pinnas paremini, tekivad elavad keemilised ja bioloogilised protsessid ja selle tagajärjel sõmeraline struktuur.

Kõige selle tulemuseks on saakide püsivamaks muutumine ja suurenemine drenaaži abil kuivendatud maal. Kergematel pinnastel avaldub drenaaži mõju kohe selle rakendamisel; raskematel maadel võib mõju esimesel paaril-kolmel aastal jääda vähe märgatavaks. Kõigil aastatel pole drenaaži kasulik mõju ühesuurune. Mida sademeterikkam on aasta, seda tunduvam on drenaaži mõju. Seda tõendavad muu hulgas katseandmed Läti NSV TA Melioratsiooni Instituudi Peterlauksi katsejaamast (tabel 13).

Tabelist 13 nähtub, et mitte ainult normaalsel ja sademeterohkel aastal, vaid ka põuasel aastal on drenaaži abil kuivendatud maal olnud saak suurem kui ilma drenaažita maal, kusjuures suurem kuivenduse intensiivsus ka põuasel aastal pole põhjustanud saagi langust, vaid koguni vastupidi.

Drenaaži paremust lahtise kuivendusviisiga võrreldes iseloomustavad kujukalt tabelis 14 toodud andmed Läti NSV-st[1].

Tabelist nähtub, et drenaaž võimaldab kokkuhoidu inimtööjõu kulus ja suurendab sellega tööviljakust. Ühtlasi on see aga ka tõhusaks abinõuks toodangu omahinna alandamisel.

Drenaaži saake tõstvat toimet kinnitavad ka meie vabariigi territooriumil juba enne Teist maailmasõda tehtud vaatlused.

[1] Я. Я. Бергман. Исследования по гончарному дренажу и народнохозяйственной рентабельности мелиоративных мероприятий. Рига, 1955.

Tabel 13

Drenaaži mõju saagi suurusele erineva sademeterohkusega aastatel
(Peterlauksi katsejaama andmetel)

Aasta	Sademete hulk (mm) aprillist septembrini	Kultuur	Saak (ts/ha)			
			Kuivendamata maalt	Drenaaži abil kuivendatud maalt dreenide vahekaugusega 16 m ja sügavusega (m)		
				0,9	1,2	1,5
1949 (norm. sademete hulgaga)	316	Oder	25,1	31,5	37,3	34,5
1950 (sademeterohke)	487	„	18,8	28,6	34,5	37,2
1951 (põuane)	221	suvinisu	11,5	15,5	20,4	26,4

Tabel 14

Drenaaži majanduslik efektiivsus kamar-karbonaatmuldadel Läti NSV-s
(J. J. Bergmani andmetel)

Kultuur	Kuivendusviis	Saak (sü/ha)	Inimtööjõu kulu (inimtööpäeva)	Tööviljakus (sü ühe inimtööpäeva kohta)	Toodangu omahind
			1000 sü tootmiseks		(kop./sü)
Mais	laht. kraavitus	5880	6,93	144	27,4
„	drenaaž	11 090	2,92	343	15,5
Suhkrupeet	laht. kraavitus	6700	11,0	91	35,9
„	drenaaž	8000	6,58	152	29,6
			1 t vilja tootmiseks		(rbl./t)
Talinisu	laht. kraavitus		9,67		775.20
„	drenaaž		7,80		603.90

Nimelt saadi L. Yllö poolt [1] Lõuna- ja Kesk-Eestis savi- ja liivsavimaadel 41 talumajandis teostatud uurimiste andmetel savitorudrenaaži mõjul järgmine keskmine saagi tõus (%):

teraviljadel . . . . . 56,0—76,5
juur- ja mugulviljadel . . . . . 53,1—56,9
põldheinal 42,7

[1] L. Yllö. Savitorudrenaaž ja selle tasuvus. «Konjunktuur» nr. 66 (5), 1940, Tallinn.

Professor A. A. Tšerkassovi ja akadeemik A. N. Kostjakovi hinnangud drenaaži mõju kohta saakide suurenemisele on toodud tabelis 15.

Tabel 15

Drenaaži toimel saadav enamsaak
(A. A. Tšerkassovi ja A. N. Kostjakovi järgi)

Kultuur	Drenaaži toimel saadav enamsaak (%)	
	Prof. A. A. Tšerkassovi andmetel	Akad. A. N. Kostjakovi andmetel
Teravili, terasaak	40—45	50—100
Kartul		100—200
Juurvili	80—90	100—200
Rohumaakultuurid	30—50	50—100

Samuti leiavad drenaažkuivenduse eelised lahtise kraavituse ees kinnitust tabelis 16.

Tabel 16

I niite heinasaak Saida sovhoosi Rehemäe osakonnas
(U. Tombergi andmetel)[1]

Aasta	Heinasaak (ts/ha)	
	lahtise kraavituse puhul	drenaažkuivenduse puhul
1950	25	35
1951	30	32
1952	25	32
1953	29	37
1954	27	30
Keskmine 1950—54	27	33

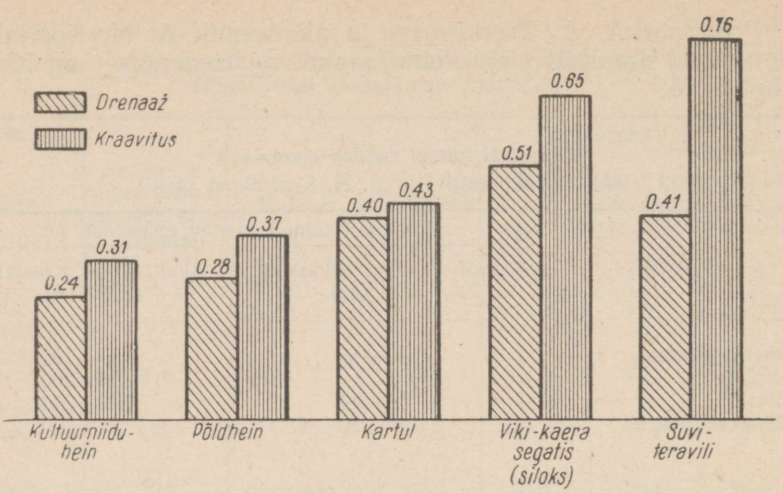
Märkus: Niihästi lahtisel kui ka drenaažkuivendusel oli kuivenduse sügavus 0,8—1,0 m ja kraavide vahekaugus 40 m.

Kõik eeltoodud andmed näitavad drenaaži suurt majanduslikku efektiivsust. Saakide suurenemisele lisandub veel tööjõu kokkuhoid, mida drenaaži tagajärjel saavutatakse põlluharimise ja saagi koristamise mehhanismide töö produktiivsemaks muutmise tagajärjel.

Väga veenvat keelt drenaaži heade tulemuste kohta kõnelevad andmed, mis põllumajandusteaduste kandidaat A. Ratt[2] toob sovhoosides teostatud uurimise andmetel.

[1] U. Tomberg. Soomaade drenaažkuivenduse kogemusi Saida sovhoosi Rehemäe osakonnas. «Maaparandaja» nr. 1, 1958.

[2] A. Ratt. Maaparanduse tähtsusest ja tasuvusest Eesti NSV-s. «Põllumajandusökonoomika küsimusi I». Tallinn, 1957.



10. Kuivendatud maadel toodetud söötade omahind Eesti NSV sovhoosides sõltuvalt kuivendusviisist (A. Arulaiu ja U. Tombergi andmetel [1]).

Analüüsides maaparandustööde majanduslikku efektiivsust 18 Eesti sovhoosis (Kehra, Kostivere, Saida, A. Sommerlingi nim., Savikoti, Uula, Oidremaa, Kureküla, Haiba, Audru, Kodila, Kohila, Lihula, Rahnoja, Sõmerpalu, Kambja, Udeva ja Pärivere), kus kuivendus on põhiliselt teostatud drenaaži abil, näitas A. Ratt, et nende sovhooside 1955. aasta keskmine kultuurniiduheina hektarisaak oli 32,2 tsentnerit ja kultuurkarjamaa haljassööda hektarisaak 120,5 tsentnerit, kusjuures paremad heinasaagid olid Kambjas 64,7, Kurekülas 50,4 ja Kehras 42,9 tsentnerit hektari kohta. Toodangu söötühiku omahind drenaažiga kuivendatud maadel kujunes mainitud sovhoosides 1955. aastal järgmiseks:

a) kultuurniidult (hein koos ädalaga) 22—53 kop., keskmiselt 30 kop.
b) kultuurkarjamaalt 9—39 kop., keskmiselt 22 kop.

Samal ajal oli aga loodusliku heina söötühiku omahind samades sovhoosides keskmiselt 82 kopikat. Ühtlasi on drenaaži abil kuivendatud kultuurrohumaade toodangu omahind olnud 20—30% odavam lahtiste kraavide abil kuivendatud rohumaade toodangu omahinnast, sest saagid drenaaži abil kuivendatud niitudelt on olnud järjekindlalt suuremad kui lahtiste kraavidega kuivendatud niitudelt. Nii on näiteks Saida sovhoosis aastail 1950—1954 saakide vahe olnud 15—35% drenaažiga kuivendatud maade kasuks.

[1] A. Arulaid ja U. Tomberg. Millist kuivendusviisi kasutada uudismaade ülesharimisel. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 11, 1954.

Sellest hoolimata, et maaparanduse kulud vaadeldud 18 sovhoosis olid küllaltki kõrged, keskmiselt 2960 rubla (2042—4353 rbl.) hektari kohta, on need osutunud väga tasuvaks, nagu ilmneb A. Rati andmetest (tabel 17).

Need arvud tõestavad veel kord drenaažkuivenduse eeliseid lahtiste kraavidega kuivenduse ees.

Tabel 17

Puhastulu drenaažiga kuivendatud maadelt Eesti NSV sovhoosides
(A. Rati andmetel)

	Aastas 1 ha kohta		
	Enamtulu (rbl.)	Enamtulu saamiseks tehtud kulud (rbl.)	Puhastulu (rbl.)
A. Kuivendusega drenaaži abil			
Kultuurniidul	2530.—	2215.—	317.—
Kultuurkarjamaal	2530.—	1958.—	572.—
B. Kuivendusega lahtiste kraavide abil			
Kultuurniidul	2150.—	1997.—	153.—
Kultuurkarjamaal	2150.—	1820 —	330.—

Hea majanduslik efekt on aga saavutatav ainult siis, kui kuivendussüsteemid on ehitatud korralikult. Asjatundmatult või hooletult tehtud tööd, eriti drenaaži puhul, jätavad süsteemi kuivendustoime nõrgaks ja siis jääb loomulikult saamata ka loodetud majanduslik efekt.

V. DRENAAŽILIIGID

Ehitusviisi järgi võib drenaaži põhiliselt jaotada kolme liiki: 1) torudrenaaž, 2) täidisdrenaaž ja 3) õõsdrenaaž. Torudrenaaži ja täidisdrenaaži nimetatakse ka kaevikdrenaažiks. Ülesanne ja toimimisviis on aga kõigil drenaaži liikidel selles mõttes ühesugune, et nad on määratud eeskätt vee pinnasesisese äravoolu korraldamiseks, s. o. pinnasesisese liigvee ärajuhtimiseks. Kaudselt vähendab drenaaž muidugi ka pinnavete äravoolu maapinda mööda, sundides maapinnale tekkivat liigvett läbi pinnase filtreeruma ja dreenidesse kogunema.

1. TORUDRENAAŽ

Kasutatavatest drenaažiliikidest on kõige vanem ja ühtlasi kõige levinum torudrenaaž. Pinnasest liigvee vastuvõtmise ja ärajuhtimise ülesannet täidavad selle kuivendusviisi puhul pinnasesse asetatavad savist, laudadest, ümarpuidust või muust sobivast materjalist valmistatud torud. Need asetatakse maa sisse sellisele sügavusele, et oleks tagatud liigniiskuse kõrvaldamine kultuurtaimede juurte piirkonnast. Torudele antakse sobiv lang, et neis ära hoida mudaosakeste või peene liiva settimist. Torud juhitakse lahtisesse kogujakraavi, mis omakorda vee edasi viib peakraavi või muusse vee vastuvõtjasse.

Savitorud ja muud mineraalsetest ehitusmaterjalidest torud kujundatakse lühikestest, tavaliselt 0,333 meetri pikkustest lülidest, mis otsakuti üksteise vastu asetatuna moodustavadki torudreeni. Laudadest ja ümarpuidust tehtavad torud koosnevad aga 2—3 meetri pikkustest lülidest. Mineraalsetest materjalidest tehtavatel dreenidel pääseb vesi torusse peamiselt torulülide ühenduskohtade (liiduste) kaudu, kus kõige hoolsamalgi kokkusobitamisel jääb toruotste vahele vähemalt 0,5 mm laiune pilu, mis on vee sissepääsuks täiesti küllaldane; õõnespuidust ja laudadest torudel jäetakse või tehakse vee sissepääsu hõlbustamiseks sisse pilud.

a) Savitorudrenaaž

Mineraalmaade kuivendamisel tuleb meie vabariigi tingimustes muudest drenaaživiisidest tähtsamaks pidada savitorudrenaaži.

Drenaažitorud valmistatakse savist, millele sobivas vahekorras on hulka segatud liiva. Torud valmistatakse mehhaniseeritult. Pressist väljunud toortorud kuivatatakse kunstlikult ja lähevad selle järel põletamisele nagu tellised. Alles põletatud kujul on torud kasutamiskõlblikud.

Savitorude kvaliteet oleneb suurel määral nende valmistamiseks kasutatavast savist. Savi peab nimelt olema vaba kruusast ja lubjakivitükikestest. Liiva võib savi sobival määral sisaldada ja peabki sisaldama, sest liialt «rasvasest» (s. o. liivavabast) savist valmistatud torud pragunevad hõlpsasti juba kuivatamisel või tõmbuvad põletamisel kõveraks. Torude valmistamiseks kasutatavat savi tuleb enne vormimist hoolega segada. Kaasaegsetes tellisetehastes toimub see mehaaniliselt, savi segamise masinates. Segamismasinast läbikäinud savisegu suunatakse enne pressi minekut terasvaltside vahelt läbi (valtside vahega 2—3 mm), kus kõik savisegusse jäänud kivisõmerad peeneks purustatakse. Pressist tulnud värskeltvormitud torud vajavad eelnevat läbivaatamist ja tarbe korral parandamist enne kuivatamist. Otste ebatasasused ja sisepinnal esilekerkivad teravad ääred tuleb kõrvaldada. Suuremate puudustega toortorud suunatakse tagasi savisegu hulka. Kõlblikuks tunnistatud toortorud asetatakse tõsteelevaatorile, mis transpordib torud kamberkuivatisse. Kuivatamine toimub mõõduka temperatuuri juures (ca 45°) 3 päeva, mille järel torud on vajalikult kuivad põletamiseks. On tingimata tarvilik, et torud oleksid enne põletamist korralikult kuivatatud, sest vastasel korral jäävad nad puudulikult põletatuks, hakkavad hiljem ilmastiku mõjul kestama ja võivad hoopis ära laguneda.

Kuivatamise järel suunatakse torud põletamiseks ringahju. Põletamine kestab normaalselt 5—6 ööpäeva, kusjuures põletamisprotsess peab kulgema kolmes faasis:

1) soojendus — temperatuuriga kuni 100° C,
2) eelpõletamine — temperatuuriga 500—600° C,
3) põhipõletamine — temperatuuriga 950—1000° C.

Selliselt põletatud torud jäävad pärast põletamist veel üheks nädalaks ahju, millise aja kestel nad jahtuvad. Jahtumine kulgeb pikkamööda, kusjuures kuum õhk ekshaustori (imeva ventilaatori) abil ahjust välja imetakse ja juhitakse kuivati soojendamiseks.

Nii saadakse hea kvaliteediga torud. Seda tõendavad muuseas ka V. D. Nefedov ja V. A. Rosin oma aruandes õppereisi kohta Tšehhoslovakkiasse 1955. aasta suvel.[1]

Kui tööprotsessi kiirendamise huvides püütakse torude kuivatamise ja põletamise aega lühendada või tööjõukulu säästmiseks jäetakse ära kuivatamisele eelnev torude sorteerimine ja viimistlemine, siis on suur praagi protsent torude toodangus paratamatu. Peab tähendama, et meie vabariigis valmistatavate savitorude

[1] Отчет сельскохозяйственной делегации о поездке в Чехословакию. Министерство Сельского Хозяйства СССР. Москва, 1957.

kvaliteet pole veel kaugeltki hea, kuigi torude kvaliteedi kohta kehtestatud nõuded on küllalt ranged. Torude kvaliteedist oleneb aga kogu drenaaži kvaliteet, mispärast selles osas tuleb väga nõudlik olla.

Savitorud valmistatakse kindlaksmääratud standardmõõtmetes. Kuni 1957. aastani valmistati Eestis savitorusid Saksa DIN-normide kohaste läbimõõtudega: 40, 50, 65, 80, 100, 130, 160, 180 ja 200 mm, kuid nüüd on kehtestatud NSV Liidu uued normid (GOST 8411-57), milledele vastavalt savitorude siseläbimõõtudeks on määratud 40, 50, 75, 100, 125 ja 150 mm.[1] Suurema kui 150 mm läbimõõduga torusid valmistavad tehased ainult sellekohasel eritellimusel.

Savitorude valmistamise kohta on paljudes maades üles seatud kindlad tehnilised tingimused. Ühed kõige üksikasjalisemad on saksa normid, mida juba palju aastakümneid hea eduga kasutatakse ja millede viimane väljaanne (DIN-1185-50) on esitatud ka A. V. Lavrovi poolt.[2].

Kokkuvõtlikult on need nõuded (mis üldiselt ühtivad käesoleva raamatu lisas täielikult esitatud GOST 8411-57 normidega) järgmised.

1. Toormaterjal. Torud peavad olema valmistatud hästi läbisegatud savist, mis on vaba kahjustavaist lisandeist, nagu kivikestest, lubjatükikestest jm.

Savisegus peab olema nii palju liiva, et torud kuivatamisel ei mõraneks ja võimalikult vähe deformeeruksid. Liiva ei tule aga lisada rohkem kui hädasti vaja, sest liigne liivasisaldus vähendab torude vastupidavust. Torude murdepind peab näitama ühtlast ja tihedat materjali koostist. Materjali ühtluse proovimiseks asetatakse proovitavad torud püsti taldrikule, mille põhjale on valatud nii palju vett, et toru ots 2 mm sügavuselt vette jääb. Vesi hakkab toru seintes olevaid kapillaare mööda ülespoole tõusma, muutes niiskunud toruosa värvuselt tumedamaks. Vee kapillaarse tõusu piirjoon on toru seintel selgesti näha. Kindlate vaheaegade, nimelt poole, ühe, kahe, nelja, kuue, kaheksa ja 24 tunni tagant torude vette asetamise ajast arvates märgitakse torude seintel pliiatsijoonega ära vee kapillaarse tõusu piirjoon. Kui niiviisi saadud kapillaarse tõusu jooned on üksteisele suhteliselt lähedal ja kulgevad ringidena, horisontaalselt ümber toru, siis on see tundemär-

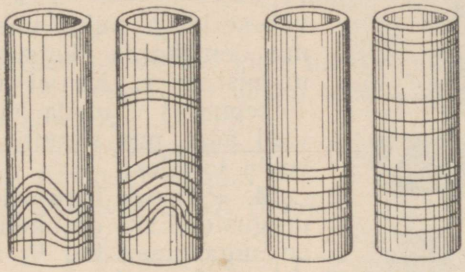
---

[1] V. J. Šileika väidab, et endised toruläbimõõdud (DIN-1185-50 järgi) on siiski otstarbekohasemad kui uued, mis pandi kehtima GOST'iga 8411-57; nimelt sel põhjusel, et voolukiiruse muutumine torudes üleminekul väiksemalt läbimõõdult suuremale on saksa standardi järgi valmistatud torudel ühtlasem (Инж. В. Ю. Шилейка. Повреждения закрытого дренажа из гончарных и бетонных труб и мероприятия по их предупреждению и устранению. — Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Каунас 1959).

[2] А. В. Лавров. Осушение болот и заболоченных земель в Германской Демократической Республике. Москва 1956.

giks, et materjal on tihe ja ühtlane. Seevastu aga harvade vahedega ja kõveralt ümber toru kulgevad jooned on halva, ebaühtlase savisegu tunnuseks (joon. 9).

2. P õ l e t a m i n e. Torud peavad olema hästi, kuid siiski mitte üle põletatud. Hea põletamine ilmneb osalt torude värvuses, peamiselt aga kõlas. Liiga vähe põletatud torud on enamasti valkjad ja metallhaamriga koputamisel kuuldav kõla on tume. Hästi põle-



11. Savitorude kvaliteedi kontrollimine vee kapillaarse tõusu joonte abil.
a — halvad torud; *b* — head torud.

tatud toru on seevastu värvuselt tumedam ja annab haamriga lüües heleda kõla. Sinise värvuse tekkimine, millega tavaliselt kaasneb kuju deformeerumine või pragunemine, on ülepõletamise tunnuseks. Põletatud savitorude punase värvuse intensiivsus oleneb rauaühendite rohkusest savis, seepärast pole see alati kindlaks põletamise piisavuse tunnuseks. Torude koputamisel tekkivat kõla vähendab mõningal määral nende pikaajaline seismine ilmastiku mõju all, eriti lume ja vihma käes. Sel juhul ei tarvitse nõrgem kõla olla torude alaväärtuslikkuse tunnuseks. Ebaühtlaselt ja halvasti põletatud torudel asetsevad ka vee kapillaarse tõusu jooned hõredalt ja on kõverad.

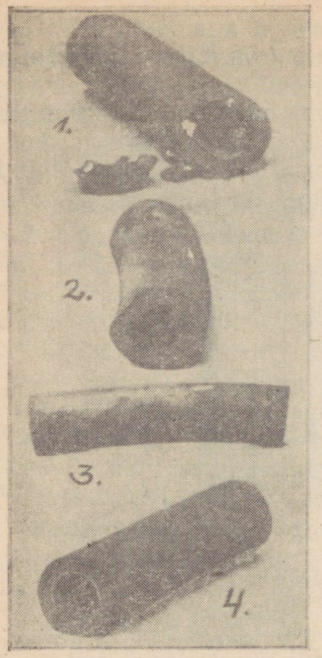
Torude materjali homogeensust ja põletamise piisavust võib iseloomustada kapillaarse tõusu teguri k abil järgmiselt:

$$k = \frac{h^2}{t},$$

kus k — kapillaarse tõusu tegur;
h — vee kapillaarse tõusu kõrgus (sm);
t — aeg tundides, mille kestel vesi tõusis kõrgusele h.

Mida väiksem on tegur k, seda ühtlasem on materjal ja seda parem on olnud põletamine.

3. S i s e s e i n a s i l e d u s. Toru õõs peab tingimata olema sile, konarusteta, sest konarused, suurendades voolujuhtme karedust, vähendavad vee liikumise kiirust torudes ja põhjustavad



12. Savitorude defekte.

1 — toruseintes olevad lubjatükid (pildil valged laigud) on lõhkunud toru; 2 — kõver ja lopergune toru — tarvitamiseks kõlbmatu; *3* — kõlbmatu toru; ebaühtlase kuumenduse tõttu on toru kõveraks põlenud; ka suur lubjatükk on toru seinas; *4* — korralik toru.

vähese langu puhul uhtainete settimist, mis omakorda kutsub esile torude ummistumise. Ka ei tohi toru otste lõikepinnas esineda sissepoole ulatuvaid ääri, mis samuti takistavad veevoolu torudes.

4. P r a o d. Toru seintes ei tohi olla pragusid. Eriti ohtlikud on praod, mis on sügavamad kui $^1/_3$ toru seina paksusest. Pragudesse kogunev vesi põhjustab jäätumisel toru purunemist ja ühes sellega dreeni ummistumist.

5. L u b j a s i s a l d u m i n e toru seintes suuremate kui 2-millimeetrilise läbimõõduga teradena teeb torud kasutamiskõlbmatuks. Toru seina sattunud lubjakivitükid muutuvad toru põletamisel kustutamata lubjaks, kusjuures eraldub süsihappegaasi: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Niiskes pinnases imeb selline lupja sisaldav toru endasse vett, vee mõjul aga toimub lubja kustumine tuntud keemilise reaktsiooni järgi:

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

Lubja kustumisel aga suureneb tema maht peaaegu kahekordseks ja lubja paisumine ongi see, mis toru lõhki ajab või tüki seest välja lööb. Tekkinud prao või augu kaudu satub siis muld torusse ja ummistab selle.

Lubja sisaldumine õige väikeste terakestena ei põhjusta ohtlikke purunemisi, sest peened terakesed kas muutuvad torude põletamisel kaltsiumbisilikaadiks, mis on kahjutu lisand, või toru pinnal esineb ainult õhukeste tükikeste väljalangemist, mis ei muuda toru kõlbmatuks.

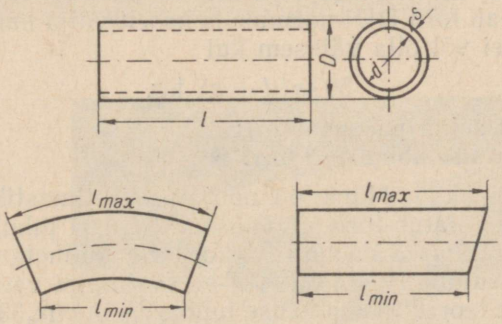
6. T o r u o t s t e t a s a s u s on tarvilik selleks, et torulülisid saaks korralikult üksteise ligi asetada. Otste tasasuse kontrollimiseks asetatakse toru otsale tasapinnaline klaasplaat ja mõõdetakse kiilukujulise mõõdupulga abil toru otsa ja klaasplaadi vahele jäävate õnaruste sügavust. Ükski õnarustest ei tohiks olla sügavam kui 3,5 mm ja keskmine õnaruste sügavus ei tohi ületada 2 mm. Kui toru vastab sellele nõudele, siis võib teda kõlblikuks pidada. Sügavamate õnaruste esinemise korral pääseb torudesse

liiduse pilu kaudu peenikest liiva, mis võib torus ummistust tekitada.

7. Kõverus raskendab torude asetamist dreenikaevikusse ja suurendab veevoolu takistust. Samuti mõjub toru otsa viltune lõige. Kõveruse või viltuse otsa lubatavaks piirmääraks tuleks pidada

$$k = \frac{100\,(l_{max} - l_{min})}{D} \leqslant 4 \text{ mm},$$

kus k — kõveruse või viltuse lõike lubatav piirväärtus;
l_{max} — kontrollitava toru suurim pikkus (mm, mõõdetuna üle küüru);
l_{min} — sama toru väikseim pikkus (mm, mõõdetuna kõveral torul sidejoont mööda);
D — toru väline läbimõõt (mm).



13. Savitorude kontrollmõõtmed.

Kui kontrolliks mõõdetud torude keskmine kõverus või viltune lõige ei ületa 4 millimeetrit, siis võib torusid kõlblikuks pidada.

8. Ristlõike korrapärasus on vajalik eeltingimus torude korralikuks paigaldamiseks dreenikaevikusse, sest ainult torude ühesuguse, sõõrikujulise ristlõike puhul saab dreeni õõs terves ulatuses nõutava korrapärase kuju. Erinevus korrapärase sõõri kujust (ovaalsus) peab jääma järgmise valemiga määratud piiridesse:

$$n = \frac{100\,(d_{max} - d_{min})}{d_m} \leqslant 6,$$

kus n — lubatav erinevus korrapärase sõõri kujust;
d_{max} — suurim siseläbimõõt (mm);
d_{min} — väikseim siseläbimõõt (mm, samal toruotsal mõõdetuna);
d^m — aritmeetiline keskmine kõigist neljast kontrolltorul

mõõdetud läbimõõdust (mm), s. o. maksimaalsest ja minimaalsest läbimõõdust kummalgi toruotsal.

9. Toru mõõtmed peavad vastama standardile. Erinevus normaalsetest läbimõõtudest on lubatud ainult teatud piirides. Need piirid on DIN-normides määratud järgmiselt:

läbimõõdu osas +5% ja —3%,
pikkuse osas ±5 mm.

10. Survetugevus on mõõdupuuks, mille järgi võib otsustada torude kvaliteedi üle niihästi materjali kui ka põletamise osas. Survetugevust kontrollitakse ehitusmaterjalide katsetamise laboratooriumis, koormates toru ühtlaselt kogu pikkuses kuni murdumiseni. Kui toru ei ole absoluutselt sirge, siis proovitakse selle tugevust sel teel, et toru asetatakse kahele terastrossi silmusele, kusjuures trossi läbimõõt on 10 mm ja toru tugipunktide vahekaugus 250 mm. Tugipunktide vahekauguse keskkohalt asetatakse üle toru kolmas silmus, mille külge riputatakse raskus. Aeglase koormamise puhul peab toru DIN-normide kohaselt välja kannatama koormuse P, mis ei või olla väiksem kui

$$50 \cdot s(d + s) \text{ kg},$$

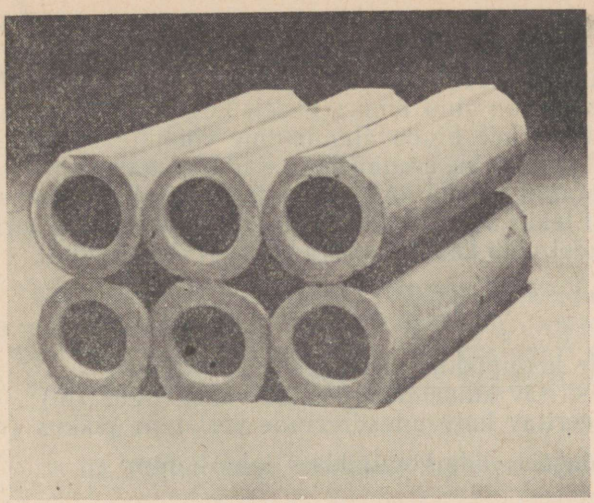
kus s — toru seina paksus (sm);
d — toru siseläbimõõt (sm).

11. Külmakindlus on nõutav neis ilmastikutingimustes, kus külmumine ulatub toru sügavuseni. Sellisel juhul peavad savitorud vastu pidama vähemalt 15-kordsele külmetamisele —15° C iga järgneva sulatamisega 15—20°-se soojusega vees.

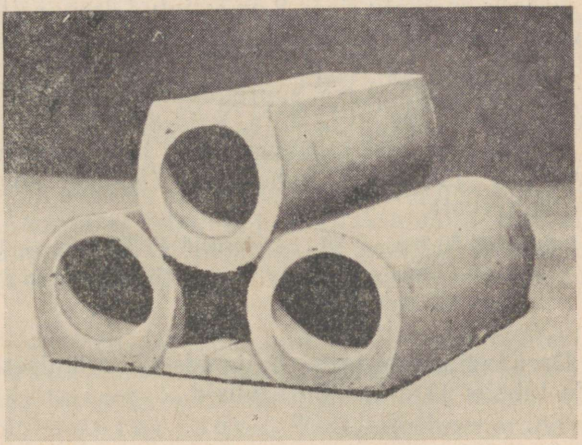
Savitorude teoreetilise pikkuse juures $^1/_3$ m ehk 333 mm peaksid 3 toru otsakuti andma täpselt 1-meetrise dreeni. Tegelikult aga on torude kulu suurem, sest transportimisel teatav protsent torusid puruneb, osa on vajalikust lühemad ja osa tuleb mitmesuguste puuduste tõttu kasutamiskõlbmatutena välja praakida.

Ametlikult on lubatud arvestada torude vajadust kadude arvel 5% võrra suuremana, s. o. 3,15 toru 1 jooksva meetri kohta. Heakvaliteediliste torude puhul ongi selline kaoprotsent küllaldane. Kuid kahjuks lasevad tehased pahatihti veel müügile halva kvaliteediga torusid, mistõttu tegelik torude kulu kujuneb tunduvalt suuremaks. Isegi 3,5 toru 1 jooksva meetri kohta, nagu seda enne sõda üldiselt arvestati, ei kata sageli tegelikku torude tarvet.

Et ära hoida ebasoovitavaid kujumuutusi, mis savitorudel tekivad nende kuivatamisel ja eriti põletamisel, on Aseri Telliseteha-ses hakatud neid valmistama kimbukaupa, mitu toru koos. Pressi suudmest tuleb korraga välja neli või kuus (Ø 50 mm), kolm (Ø 75 mm) või kaks toru (Ø 100 mm) ühe kokkuliitunud kimbuna. Sellisel kujul lähevad torud ka kuivatuskappi ja kuivamise järel põletuskambrisse. Selle mooduse puhul torud ei kõverdu, kuid nende lahtimurdmine kimbust pärast põletamist nõuab teatavat lisatööd. Peab siiski tähendama, et kimbukaupa valmistatud savi-



a



b

14. Aseri tellisetehases kimbukaupa valmistatud savitorud. *a* — ø 50 mm; *b* — ø 75 mm.

torude eraldamine üksteisest on kaunis hõlpus, näiteks labida otsaga kergelt sideribidele lüües. Soovi korral lahutatakse torud kimpudest juba tehases. Torude välispind jääb seejuures muidugi konarlikuks, mis torude käsitsi paigaldamise puhul mainimisväärselt ei häiri, kuid mehhaniseeritud paigaldamisel võib tekitada raskusi. Tõsisemaks selle torude valmistamise mooduse paheks on aga see, et torud kipuvad vajuma ovaalseks, kui nad on kuivamise ja põletamise ajal olnud lamavas asendis. Loodetavasti suudetakse torude valmistamise tehnoloogiasse peatselt tuua uusi parandusi,

mis torude kvaliteeti aitavad tõsta. Kimbukaupa tootmine hõlbustab tunduvalt savitorude valmistamist ja peaks võimaldama ka torude hinda alandada. Hinnasuhete juures, mis kehtisid 1958. aastal, moodustas torude hind ümmarguselt kolmandiku drenaaži kogumaksumusest. Torude hinna alandamine võimaldaks seetõttu üsna tunduvalt alandada ka drenaažitööde üldist maksumust.

Drenaažiks vajatav torude hulk määratakse kindlaks drenaaži projektiga. Sageli tekib aga vajadus juba ette kalkuleerida torude tarvet. Neil kordadel võib kasutada järgmist arvutusvalemit:

$$S = \frac{10\,000}{E} + \frac{10\,000}{l},$$

kus S — dreenide kogupikkus meetrites 1 ha kohta;
E — projekteeritav kuivendusdreenide vahekaugus (m);
l — projekteeritav kuivendusdreenide keskmine pikkus (m);
$\frac{10\,000}{E}$ — kuivendusdreenide kogupikkus 1 ha kohta;
$\frac{10\,000}{l}$ — kogujadreenide kogupikkus 1 ha kohta.

Tabelis raamatu lisas 2 on esitatud drenaažitorude tarve mitmesuguse dreenide vahekauguse ja nende keskmise pikkuse juures. Siin tuleb aga meeles pidada, et purunemise arvel peab tellitavate torude arvu 5% võrra suurendama; seega tuleb tabelist saadav suurus korrutada mitte 3-ga, vaid 3,15-ga.

Torude vajadust jämeduse järgi liigitatuna võib kalkulatiivselt arvestada järgmises vahekorras (%-des kogu drenaažiobjekti torude arvust):

torusid ∅ 50 mm — 85
„ ∅ 75 mm — 9
„ ∅ 100 mm — 4
torusid ∅ 125 mm — 1,5
„ ∅ 150 mm ja suuremaid — 0,5

Drenaažitorude tarbe ligikaudseks kalkuleerimiseks võib kasutada tabelis 17 a toodud arvusid.

Tabel 17a

Drenaažitorude tarve sõltuvalt dreenide vahekaugusest

Dreenide vahekaugus (m)	Torude tarve 1 ha kohta (tuh. tk.)	Dreenide vahekaugus (m)	Torude tarve 1 ha kohta (tuh. tk.)
10	3,38	26	1,44
12	2,86	28	1,39
14	2,48	30	1,28
16	2,20	32	1,21
18	1,97	34	1,15
20	1,80	36	1,10
22	1,66	38	1,06
24	1,54	40	1,01
25	1,49		

Mitmesuguse läbimõõduga torude tarvet protsentides torude kogutarbest arvestatakse Eesti NSV tingimustes praegu järgmiselt:

siseläbimõõduga	50 mm	— 83,5%
„	75 „	— 13,0 „
„	100 „	— 2,0 „
„	125 „	— 0,8 „
„	150 „	— 0,5 „
„	üle 150 „	— 0,2 „

Võib arvata, et tulevikus, sedamööda kuidas hakatakse projekteerima suuremaid drenaažisüsteeme, suureneb läbimõõdust 75 mm suuremate torude tarve ja vastavalt väheneb väiksema läbimõõduga torude protsent torude kogutarbest.

b) Torudrenaaž muudest materjalidest torudega

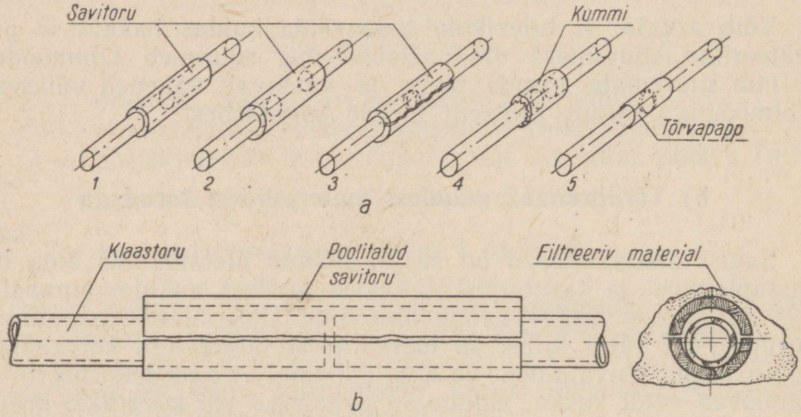
Savist drenaažitorud on senini jäänud ületamatuks oma hea vastupidavuse ja kasutamiskõlblikkuse poolest kõikides pinnastes. Neil on aga see viga, et nende kuju ei ole alati täiesti korrapärane. Torupressist välja tulles on toored torud algul küll korrapärase kujuga, kuid kuivatamisel ja eriti põletamisel nad deformeeruvad, tõmbuvad veidi kokku, muutuvad ovaalseks või kõveraks, pragunevad või on liiga palju või liiga vähe põletatud. Kõiki neid deformeerumisi ei ole praktiliselt õnnestunud täiesti vältida. Neid püütakse ainult määratud piirides pidada ja kõik torud, mis selles osas tehnilise kvaliteedi norme ei rahulda, praagitakse välja. Küll oleks aga võimalik parandada või välja praakida pressist tulnud toortorusid enne nende kuivatamist, mis võimaldaks tunduvalt tõsta nende kvaliteeti.

Juba kaua aega on drenaaži jaoks püütud leida uusi materjale, millest oleks võimalik valmistada täiesti korrapäraseid ja ühtlasi võimalikult odavaid torusid. Sellistest materjalidest tuleb esmajoones mainida t s e m e n t b e t o o n i. Tsementbetoontorude valmistamine on suhteliselt hõlpus, sest need ei vaja põletamist ja kuivatamise ning kivinemise kestel ei muuda need torud oma kuju ega mõõtmeid. Sellest materjalist on hõlpus torusid valmistada drenaaži ehitusel, kasutades kohapeal olevat liiva või kruusa, millega saavutatakse tunduvat kokkuhoidu torumaterjalide transpordikuludes.

Kahjuks ei ole aga tsementbetoontorudel niisama suur vastupidavus kui savitorudel. Nad on tundlikud pinnases leiduvate huumushapete, süsihappegaasi, väävliühendite ja mõnede muude ainete suhtes. Kogemused on näidanud, et mainitud aineid sisaldavates pinnastes lagunevad tsementbetoonist valmistatud torud mõne aasta jooksul, mille tagajärjeks on kogu kuivendussüsteemi hävimine. Seepärast pole soomaade kuivendamisel võimalik tse-

mentbetoontorusid kasutada. Ka mineraalmaadel on tsementbetoontorud osutunud vähe kestvaks.

Drenaažitorude valmistamiseks on katsetatud mitmeid muidki materjale. V i n e e r t o r u d pole ennast katsetes õigustanud, sest märjas pinnases on need väga kiiresti ära lagunenud. F. J. Sakovitši andmetel (1938. a.) piirdub immutamata vineertorudreenide iga ainult 2—3 aastaga. K l a a s on torumaterjalina väga vastupidav keemilistele mõjudele pinnases ja temast on võimalik val-



15. a) Klaasist drenaažitorude liiduste skeemid.

1 — muhviks terve savitoru; klaastorude otsad koos; *2* — muhviks terve savitoru; klaastorude otsad ulatuvad 5 sm pikkuselt savitoru sisse; *3* — muhviks pikuti poolitatud savitoru poolikud; klaastorude otsad lähestikku; *4* — muhviks kummist toru pikkusega 12 sm; klaastorude otste vahe ca 5 sm; *5* — muhviks 12 sm laiune tõrvapapiriba; klaastorude otsad peaaegu koos.

b) Parimaks osutunud liidusetüüp.

mistada väga korrapärase kujuga torusid. Kahjuks on aga klaastorud esialgu veel liiga kallid ja nende töötlemine toruühenduste tegemisel on raske. Siiski — klaastorude katsetamine drenaaži tarvis on käimas mitmel maal ja lõppotsus selle materjali kohta on alles tegemata.

Eesti NSV-s hakati klaastorudrenaaži esmakordselt laiemas ulatuses ehitama 1957. aastal. A. Tõnisoo [1] andmetel toodetakse 1 meetri pikkusi klaastorusid, mille siseläbimõõt kõigub 32—36 mm piirides ja väline läbimõõt 42—44 mm piirides; toru seina paksus on keskmiselt 4—5 mm. Drenaaži ehitamisel ühendati torulülid 50-millimeetrise läbimõõduga kas tervete või pikuti lõhkiraiutud savitorumuhvide abil. Torulõhikud on osutunud paremaks, sest kui savitoru muhvi siseläbimõõt ei ole 50 mm, vaid pisut väiksem, siis ei mahu klaastoru otsad neile alati sisse või mahuvad ainult top-

[1] A. Tõnisoo. Klaastorude kasutamisest põllumajandusliku drenaaži ehitamisel. ENSV Põllumajanduse Ministeeriumi Ehitustehniline Bülletään nr. 1. Tallinn, 1958.

pimise varal. Niisugusel korral võivad aga klaastoru otsad kergesti praguneda või isegi murduda.

Klaastorudrenaaži ehitati 1957. aastal mitmes kolhoosis ja sovhoosis ning Kehtna õppemajandis. Ehitatud klaastorudrenaaži seisukorra selgitamiseks tehti 1958. aasta kevadel lahtikaevamisi Kostivere, Viiratsi, Viisu ja Savikoti sovhoosis ning Valga rajooni «Bolševiku», Viljandi rajooni «Koidu» ja J. Varese nimelises, Jõgeva rajooni «Ühistöö» ja «Sädeme» kolhoosis ning Kehtna õppemajandis. Uurimise tulemused [1] näitasid, et klaastorudrenaaž toimis üldiselt ebarahuldavalt, mille põhjused olid järgmised:

1) hooletu töö dreenikaevikute kinniajamisel, mis põhjustas massilist torude pragunemist või täielikku purunemist;

2) torude ummistumine dreenide suudmepoolsetes otstes rauaookriga.

Suureks paheks tuleb pidada ka seda, et klaastorudega kuivendatud maa-alale jääb rohkesti teravaid klaasikilde, mis hiljem võivad põhjustada vigastusi loomade jalgadele või siseelundeile.

Klaastorudrenaaži on meil senini katsetatud turbamaadel. Ainult ühel juhul katsetati seda mineraalmaal (Kehtna õppemajandis), kuid siin osutusid torud kõigis lahtikaevatud kohtades purunenuks.

V. V. Ovtšinnikov [2] jõuab otsusele, et klaasist drenaažitorud on odavamad kui savitorud, sest oma rohkem kui neli korda kergema kaalu tõttu nõuavad nad palju väiksemaid transpordikulusid kui savitorud.

Leedu NSV-s tehti huvitav katse valmistada torusid s a v i j a t u r b a s e g u s t. Turvast lisatakse savi hulka 30—40% (mahuliselt), kusjuures liiva üldse ei lisata. Turba lisamine savile andvat V. J. Šileika arvates mitmeid paremusi. Nimelt kuivavad sellised torud hästi, ei pragune ega kõverdu kuivamisel, torude põletamise kulud, eriti aga transpordikulud, vähenevad. Kogusummas hindab V. J. Šileika torude sellise tootmise kuludes saavutatavat kokkuhoidu 10 protsendile, kusjuures torude kvaliteet selle läbi ei kannatavat.

Ameerika Ühendriikides, Inglismaal ja Austraalias leiab J. G. Filippovi andmetel [3] drenaažitorude materjalina laialdast kasutamist plastmass. Ühendriikides on selleks massiks polüetüleen. Polüetüleenist torud on keemiliselt inertsed, ei mädane ja on kerged. Torude iga arvestatakse 20 aastale ja neid saab hea eduga kasutada ka veevarustuse ja niisutussüsteemide torustiku ehitamiseks. Polüetüleenist drenaažitorud meenutavad kujult voo-

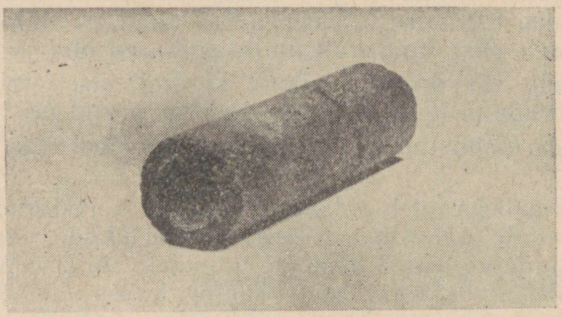
---

[1] G. Karus ja U. Tomberg. Klaastorude kasutamise esialgseid tulemusi. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 7, 1958.

[2] В. В. Овчинников. Применение стеклянных труб для сельскохозяйственного дренажа. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1955 г.

[3] И. Г. Филиппов. Гибкие пластмассовые трубы в сельском хозяйстве за рубежом. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1957 г.

likuid ja nad veetakse maa sisse muttadra abil. Torude läbimõõt on 37, 50 ja 75 mm ning seina paksus vastavalt 1, 1,25 ja 2 mm. Need torud on elastsed ja nii pehmed, et neid on võimalik noaga lõigata. Vee sissepääsu võimaldamiseks on toru seina sisse tehtud sümmeetriliselt neli rida 6 mm läbimõõduga auke niiviisi, et iga jooksva meetri kohta tuleb 36 auku. Elastsuse tõttu ei lõhke plastmassist torud ka siis, kui neis vesi jäätub. Maa sees torude kuju



16. Drenaažitoru kruusa ja bituumeni segust («must toru»).

kahe esimese aasta jooksul pisut muutub, mis ühtlasi mõjutab ka läbimõõtu, kuid siiski mitte suuremal määral kui 20% ulatuses esialgsest läbimõõdust. Pärast kaheaastast maa sees olekut enam deformatsioone ei esine. Lang peab neil torudel olema vähemalt 0,5%.

Analoogiliselt Ameerika Ühendriikides kasutatavale drenaaživiisile on Saksamaal katseviisiliselt kasutusele võetud uus drenaaživiis, kus samuti kasutatakse plastmassist valmistatud torusid. Sellest drenaaži teostamise viisist tuleb lähemalt juttu drenaažitööde mehhaniseerimist käsitlevas peatükis.

Ida-Saksamaal katsetatakse praegu uusi drenaažitorusid, mis on valmistatud kuuma bituumeni ja kruusa segust. Segus on 95% peenikest kruusa ja 5% bituumenit. Toru seinad on poorsed. Andmeid nende torude kestvuse kohta aga esialgu veel ei ole.

Samalaadilisi torusid on katseks valmistatud ka Läti NSV-s. Torud valmistatakse siseläbimõõduga 40 mm, pikkusega 333 mm ja seina paksusega 9—10 mm. Toru valmistamiseks kasutatav jäme liiv kuumutatakse kuni +140° C ja segatakse vedela kuuma bituumeniga sellises vahekorras, et bituumen moodustab 6% segu kaalust. Segu pressitakse torudeks kuumana. Pressist tulnud kuumad torud jahutatakse külma veega ja kohe pärast seda on torud kasutamiskõlblikud. Torude jätkukohad kleepuvad dreeni tegemisel kokku, kuid läbi torude poorsete seinte pääseb vett torudesse kül-

laldaselt. Nende nn. «mustade torude» valmistamise viisi esitas V. A. Melnalksnis.

Kuid juba varemgi on samasugusest materjalist drenaažitorud tuntud olnud. Nii mainib prof. I. A. Hallakorpi [1], et Šveitsis olevat hakatud kasutama nn. p r o d o r i i t t o r u s i d, mida valmistatakse kuni 300°C kuumaks aetud liiva ja asfalttõrva segust. Tõrv saadakse kõrvaltootena gaasivabrikust. Ühtlasi öeldakse, et kuivenduskatsetes Šveitsis, mis olid kestnud 4—5 aastat, olid prodoriittorud osutunud vastupidavaks mullahapetele.

Kokkuvõttes peab ütlema, et tänapäevani ei ole meil veel materjali, mis võimaldaks valmistada täiesti korrapärase kujuga, hinnalt mitte kallimaid ja kestvuselt mitte nõrgemaid drenaažitorusid, kui on põletatud savist torud. Korrapärase kujuga ning odavate drenaažitorude valmistamise küsimus jääb aga edasi lahendust ootama ja muutub aktuaalsemaks sedamööda, kuidas areneb drenaažitööde mehhaniseerimine. Mehhaniseeritud torude paigaldamine dreenikaevikuisse eeldab nimelt, et kõik paigaldatavad torud oleksid ühtlaselt korrapärase kujuga.

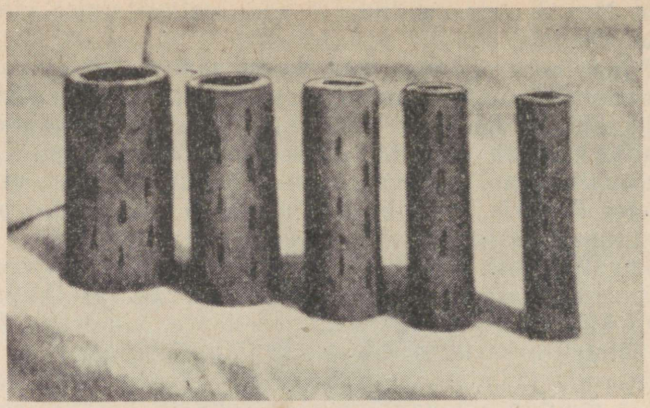
Esialgu tuleb kõige paremateks pidada hästi põletatud savitorusid. Kuid nende valmistamise tehnoloogilises protsessis on vaja kasutusele võtta kõik abinõud, mis aitavad torude kvaliteeti parandada.

c) Erikujulised drenaažitorud

Tavalised savitorud on tiheda seinaga ning silindrikujulised ja vesi pääseb neisse torude ühenduskohtade kaudu. Ainult mustadesse (liiva ja bituumeni segust) torudesse pääseb vesi läbi poorse toruseina. Plastmassist torud (mille seinad on veekindlad) on vee sissepääsuks varustatud augukestega või piludega toru seinas. Mõnel maal (näiteks Soomes) valmistatakse aga peale tavaliste savitorude veel nn. sõeltorusid. Need on savitorud, mille seintesse on vee paremaks sissepääsuks tehtud korrapäraselt pilusid. Pilud tehakse 1,5 mm laiad ja 35 mm pikad. Pilude arv erineva läbimõõduga torudel on 3—40 ja kogupikkus 28—140 sm. Ühe kolmandiku toru ümbermõõdu ulatuses kogu toru pikkuselt jäetakse pilud toru seina sisse tegemata. Torude paigaldamisel asetatakse ilma piludeta külg vastu dreenikaeviku põhja. Selliseid piludega torusid kasutatakse allikaliste kohtade kuivendamisel.

Enne Teist maailmasõda tegi saksa insener Siebert [2] ettepaneku võtta silindrilise kujuga torude asemel kasutusele koonilise kujuga drenaažitorud. Neid torusid ei asetata üksteise vastu otsapidi, nagu see toimub silindriliste torudega, vaid otsaga üksteise sisse. Toru välisseinal hoiavad neli diametraalse asendiga ribi peenemat toruotsa, mis jämedama sisse pannakse, sellisel kaugu-

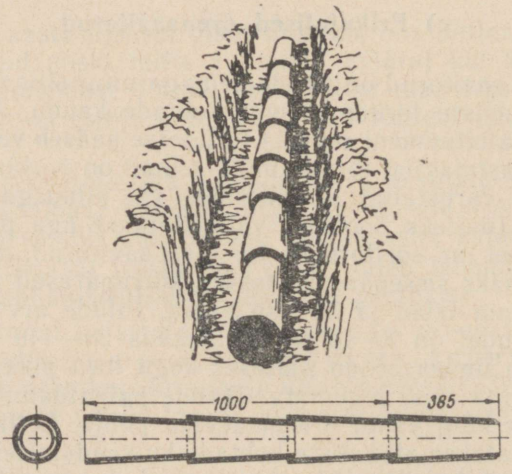
[1] I. A. Hallakorpi. Maatalouden vesirakennus. Helsinki, 1932.
[2] «Die Technik in der Landwirtschaft» nr. 7, 1937.



17. Piludega torud e. sõeltorud.

sel jämedama otsa siseseinast, et veele jääb küllaldaselt ruumi torusse pääsemiseks.

Kooniliste torude vooruseks võib pidada seda, et neid on hõlpus kohale asetada, nad võimaldavad ilma lisatööta kujundada kõverikke, neil puudub paigalt äranihkumise oht ja väikesed ebatasa-



18. Koonilised drenaažitorud (Sieberti meetod).

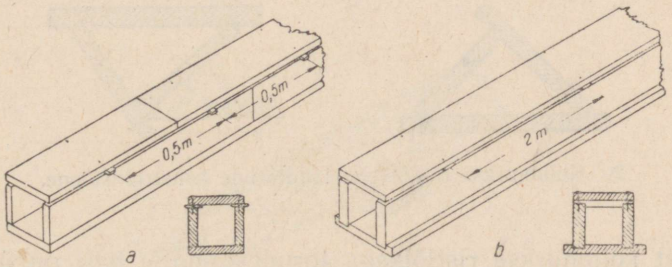
sused dreenikaeviku põhjas avaldavad vähem mõju torulülide omavahelisele seosele. Viimane asjaolu väärib erilist märkimist, kui silmas pidada torude mehhaniseeritud paigaldamist. Kuid voolusäng kujuneb koonilistest torudest dreenis astmeliseks, mille tõttu ühesuunalise langu saamiseks (s. o. tagurpidise langu ärahoidmiseks torulülides, astmetest allpool) peab dreenidel olema tugev lang.

Sieberti torude kasutamine pole nähtavasti ka Saksamaal katsetamisest kaugemale jõudnud. Eestis pole kooniliste drenaažitorudega üldse katset tehtud.

Praegusel ajal kasutatavad mineraalsetest materjalidest drenaažitorud on eranditult kõik silindrikujulised, kusjuures domineerivaks on olnud põletatud savist torud. Tõenäoliselt jääb savitorudele ka lähemas tulevikus veel juhtiv osa mineraalmaade kuivendamisel, vähemalt niikaua, kui praegu domineerivat kaevikdrenaaži pole suutnud välja tõrjuda drenaaž muti abil sisseveetavate torudega, mis viimastel aastatel Ameerika Ühendriikides näib laialdaselt levivat ja mida ka Saksamaal on hakatud tegema professor Janerti konstrueeritud (nn. greifsvaldi) adra abil.

d) Laudtorudrenaaž

Turbamaade kuivendamisel on dreenide ehitamine selliste torudega, mis koosnevad lühikestest torulülidest, nagu savitorudrenaaž, raskendatud, sest turbapinnas ei paku torudele kindlat aluspõhja.



19. Nelinurkse ristlõikega laudtoru.

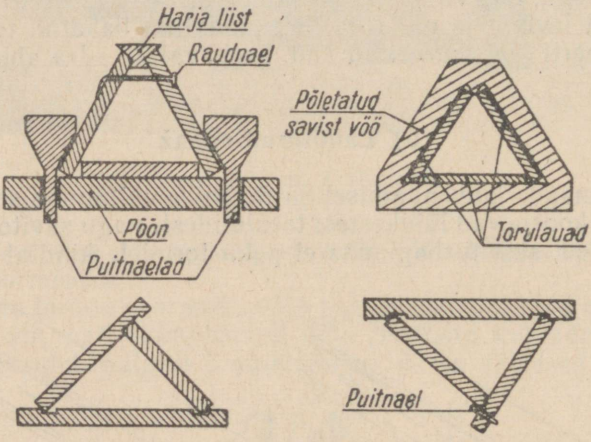
a — Butzi toru; *b* — Tillneri toru (õlgadega tugiliistude vahekaugus 2 m; liistude vahele asetatakse veel iga 0,5 m tagant laastud pilu lahtihoidmiseks).

Seepärast saab turbamaas savitorudrenaaži ehitada ainult laudadest või lattidest tehtud alusele, mis muidugi drenaažikulusid suurendab. Teiselt poolt aga on tuntud turba konserveeriv toime puidusse, mille tõttu puitmaterjali on turbamaades võidud hea eduga drenaažiks kasutada. Valdavas osas toimubki turbamaade drenaaž laud- või freestorude abil.

Laudadest tehtud torusid on vee juhtimiseks kasutatud juba väga ammu üksikute torude näol, kuid laialdasema leviku sai laudtorudrenaaž XX sajandi alguses Saksamaal. Siit alates on laudtorusid hakatud valmistama ka kindla standardi järgi.

Esialgu kujundati laudtoru ruudukujulise ristlõikega $^1/_2$ kuni $^3/_4$ tolli paksustest laudadest, kusjuures küljelauad asetati põhja- ja kaanelaua vahele. Torud löödi kokku peenikeste raudnaeltega

Happelise reaktsiooniga turbapinnases roostetab peenike raudnael ruttu läbi. Kartuses, et naelte läbiroostetamise tagajärjel laudtoru maa sees kokku variseb, hakati otsima mitmesuguseid abinõusid selle arvatava ohu vältimiseks. Vasknaelte ja roostevabast terasest naelte tarvitamine raudnaelte asemel osutus liiga kulukaks ja pidi varsti kõrvale jääma. Seejärel esitati terve rida kolmnurkse ristlõikega torukonstruktsioone, kus naelad kas üldse puudusid või kasutati mingist kõvast puuliigist (näiteks tammest) puunaelu. Sellistest torutüüpidest on mõned toodud joonisel 20. Erinevalt



20. Kolmnurkse ristlõikega laudtorude konstruktsioone.

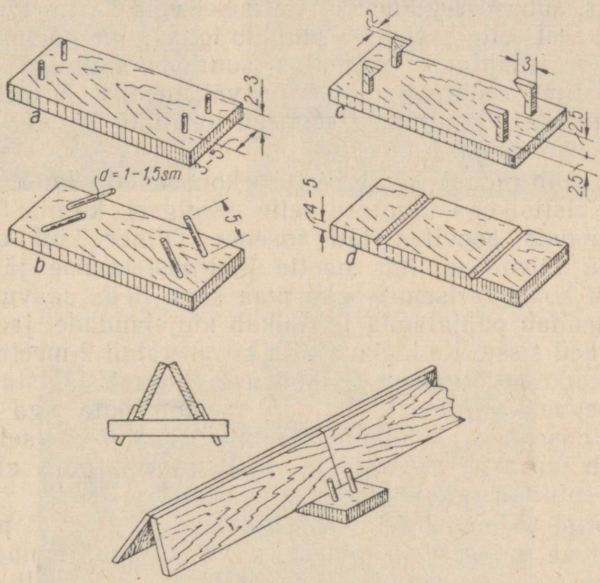
muudest kolmnurkse ristlõikega torudest, mille hari on ülalpool, konstrueeris sakslane Kohlschütter kolmnurkse ristlõikega toru harjaga allapoole. Niisuguse asetuse mõte pidi seisma selles, et vähese vee puhul jõuab selline toru paremini veega edasi kanda mudaosakesi ja nii on toru ummistumise oht väiksem.

Praktikas pole aga ükski kolmnurkse ristlõikega laudtoru mainimisväärses ulatuses kasutamist leidnud. Sellest hoolimata esitati veel hiljuti üks uus variant kolmnurkse ristlõikega drenaažitorude ehitamise kohta. Nimelt soovitab tehniliste teaduste kandidaat F. V. Ignatjonok [1] kasutusele võtta ilma põhjata kolmnurksed laudtorud, mis on moodustatud sel teel, et dreenikaeviku põhja pandud põikklotsidele (põõnadele) asetatakse katusetaoliselt kaks lauda, mis ülemise servaga teineteise vastu toetudes moodustavad laudade all kolmnurkse ava. Et lauad alt laiali ei vajuks, toetavad neid väljastpoolt alusklotsidesse löödud puunaelad. Mujale naelu ei lööda. Dreenid koosnevad ainult kahest küljelauast; põhjalauda neil ei ole, välja arvatud suudmeosad, ühendus-

[1] Ф. В. Игнатенок. Дощатые дрены без гвоздей. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1955.

kohad ja suubumiskohad kaevudesse, kus 5—10 meetri ulatuses on ette nähtud ka põhjalaud.[1]

Ignatjonok väidab tema poolt soovitatud uuel drenaaživiisil olevat järgmised paremused: 1) drenaaži ehitamisel pole dreenikaeviku põhja vaja käsitsi tasandada mujalt kui ainult toru alla pandavate tugiklotside kohalt, mida võib teha visiirlattide abil; vahepeale jäävad kõrgemad kohad tuleb küll maha siluda, kuid nõod võivad jääda — muda settimise jaoks; 2) tema poolt soovi-



21. Ignatjonoki laudtoru valmistamise skeem.

tatud dreenitoru ei võta vett vastu nagu vanad torud kitsaste pilude kaudu laudade vahel, mis tema arvates pidavat peaaegu täiesti sulguma turbumise tagajärjel märjas maas, vaid kogu oma laia avatud põhja kaudu, mistõttu nende veejuhtimisvõime on suurem kui laudpõhjaga dreenitorul. Ühtlasi langevat ära vajadus täpse suurusega pilude tegemiseks ja nende kaitsmiseks filtermaterjalide abil ummistumise eest, samuti torude riknemise oht veepilude sulgumise tõttu; 3) nõgude olemasolu ilma põhjalauata dreenil andvat võimaluse muda settimiseks dreeni töötavat ristlõiget vähendamata, suurendades niiviisi dreeni veejuhtimisvõimet ja pikendades tema iga; 4) parema veevastuvõtu ja vee edasijuhtimise võime tõttu, võrreldes vanade torukonstruktsiooni-

[1] Samalaadilist laudtoru on kirjeldanud ka H. B. Roe ja Q. C. Ayres raamatus «Engineering for Agricultural Drainage», New-York—Toronto—London, 1954.

dega, pidavat uus drenaažitüüp efektiivselt mõjutama maa viljakust ja füüsikalisi omadusi ning ühtlasi looma võimaluse dreenide vahekauguse suurendamiseks; 5) kõigi loetletud paremuste tulemusena avanevat võimalus drenaaži maksumuse alanemiseks. Neil kaalutlustel soovitab F. V. Ignatjonok selle kuivendusviisi laialdast ellurakendamist.

Seda omapärast laudtorudrenaaži tõenäoliselt katsetataksegi, ja seda ka meie vabariigis. Peab aga tunnistama, et Ignatjonoki uus laudtorudrenaaž ei ärata usaldust tema stabiilsuse ja kestvuse suhtes. Juba dreenikaeviku täitmisel võib karta toru kokkuvarisemist, sest selle harjaosas puudub igasugune naelutus. Kaitsmata põhja ärauhtmise võimalus suurema languga osades ja toru ummistumise oht allpool langu vähenemise korral, lisavad veelgi kartust, et Ignatjonoki esitatud torutüüp ei too drenaažitehnikasse parandust.

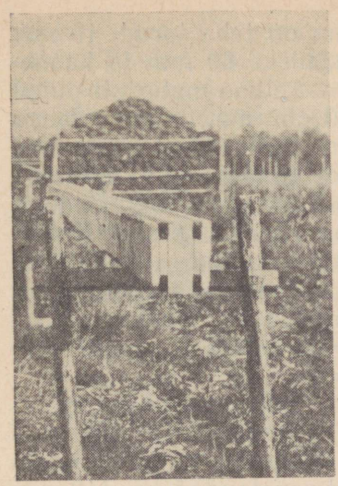
Praegu võib pidada kõige otstarbekohasemaks laudtorutüübiks nelinurkse ristlõikega laudtoru selle esialgsel kujul. Selle toru konstruktsioonis soovitas läti insener Tillner küll omal ajal teha sellise täienduse, mis naelte läbiroostetamise järelgi veel väldib toru kokkuvarisemise ohu maa sees. Seda saavutab ta sel teel, et laiendab põhjalauda ja lõikab küljelaudade jaoks põhjalauale sooned sisse. Kaanelaua alla on asetatud 2-meetriste vahemaadega väikesed õlgadega põikpõõnakesed, mis takistavad küljelaudu sissepoole vajumast. Tillneri meetod pole aga praktikas siiski laialdasemat rakendamist leidnud, peamiselt sel põhjusel, et see toob juurde lisakulusid ja et laudtorud oma algupärasel kujul on osutunud rahuldavalt püsivaks.

Laudtorud valmistatakse servatud laudadest 2—3 meetri pikkuste lülidena, mis hiljem pidevaks toruks kokku naelutatakse. Lülid tehakse selleks valmistatud lihtsal pukil. Esmalt asetatakse pukile serviti mõlemad küljelauad. Neile pannakse peale põhjalaud ja naelutatakse see kinni sindlinaeltega ca 40-sentimeetriste vahemaade tagant, jättes seejuures põhjalaua ühest otsast ca 0,5 m pikkuselt küljelaudadest üle. Seejärel tõstetakse poolik toru pukil ringi, nii et avatud pool, millele «kaas» peale tuleb lüüa, ülespoole jääks. Kaanelaud lüüakse peale samuti sindlinaeltega, kusjuures kaanelaua alla naelte kohale asetatakse laast või vineeri- või tõrvapapiriba, nii et kaanelaua ja küljelaudade vahele jääks 1,5—2 mm laiune pilu vee sissepääsu võimaldamiseks torusse. Kaanelaua ots ei tohi jääda kohakuti põhjalaua otsaga, vaid peab asetsema sellest ca 1 m võrra või küljelaudade otstest vastavalt 0,5 m võrra üle. On oluline, et pilu laudtorul jääks nimelt kaanelaua ja küljelaudade vahele, sest sel teel hoitakse põhja- ja küljelauad maa sees alati enam-vähem märgadena, millega hoitakse ära toru kiire kõdunemine.

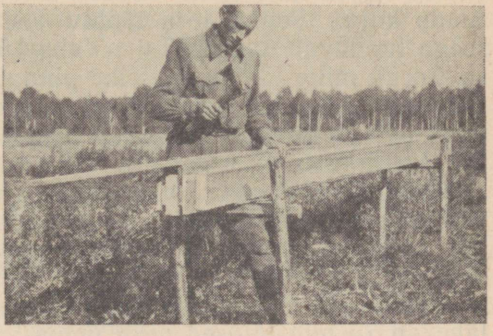
Laudtorudest on võimalik kujundada süsteeme nagu savitorudestki ja laudtorude jaoks on samuti koostatud vastavad standardmõõtmete tabelid. Laudtoru suuruse valimisel on ühelt

22. Laudtoru valmistamine.

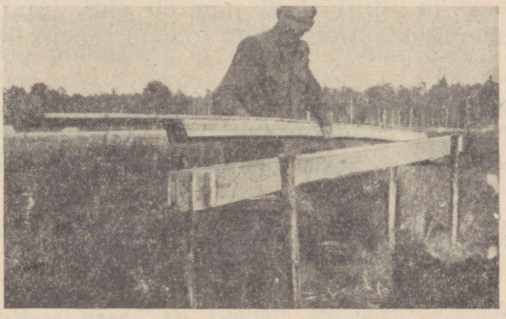
a — pukk laudtoru kokkunaelutamiseks; *b* — põhjalaua kinnitamine küljelaudade külge; *c* — toru ümbertõstmine kaanelaua pealelöömiseks.



a



b



c

poolt silmas peetud toru veejuhtimisvõimet, teiselt poolt aga arvestatud neid mõõtmeid, mille järgi servatud laudu valmistatakse. Sellele lisaks püütakse laudtorudele saada võimalikult ruudukujuline või sellele lähedane ristlõige.

Meie vabariigi melioratsioonipraktikas on laudtorudest harva süsteeme kujundatud. Enamasti sunnib väike maapinna lang laudtorudrenaaži projekteerima üksikdreenidena. Seetõttu on meil peamiselt üksainus suurusliik vajalik olnud. Torude valmistamine on kõige lihtsam sel juhul, kui niihästi põhja- ja kaane- kui ka küljelaudadeks saab kasutada ühesuguse paksuse ja laiusega laudu. Sel kaalutlusel on laudtorud mõnikord tehtud 75 mm laiustest ja 16 mm paksustest laudadest, mis annab sisemise ristlõike 43×75 mm. Nende mõõtmete puhul kujuneb toru ristlõige pikerguseks, püstküliku-kujuliseks. Selle kuju korral on toru stabiilsus nõrgem kui ruudukujulise ristlõike puhul; ka on nii õhukestest laudadest toru naelutamine raskendatud, sest sageli kipub nael

külje pealt välja tulema. Otstarbekohasem on teha torud 19 mm paksustest laudadest, kasutades küljelaudadeks 60 mm ja kaanening põhjalaudadeks 100 mm laiusi laudu. Sellise materjali puhul kujuneb toru sisemisteks mõõtmeteks 60×62 mm, mis peaaegu vastab ruudu kujule. Ka välised mõõtmed 100×100 mm annavad ruudu kuju. Sellise toru töötav ristlõike pindala on 38,4 sm², seega tunduvalt suurem kui tavalisel 50-millimeetrise läbimõõduga savitorul, mille töötav ristlõike pindala on ainult 19,6 sm². Konstruktsioonilistel põhjustel ei ole väiksema ristlõikega laudtorud kuivendusdreenidena otstarbekohased, seda enam, et turbamaades, kus laudtorusid kasutatakse, võib dreenitorudesse tekkida sültjat raudhüdroksüüdi, mis toru väikese ristlõike korral kergesti võib põhjustada ummistumist.

Laudtorusüsteemi kogujaks sobib toru, mille sisemised mõõtmed on 72×75 mm ja välimised 110×113 mm. Ka see toru valmistatakse 19 mm paksustest laudadest, kusjuures küljelaudadeks lähevad 75 mm laiused ning põhja- ja kaanelaudadeks 110 mm laiused lauad. Selle toru töötava ristlõike pindala on 56,3 sm². Võrdluseks mainitagu, et savitorul ∅75 mm on töötava ristlõike pindala 44,1 sm² ja torul ∅80 mm 50 sm². Materjalivajadus nende laudtorude valmistamiseks on toodud tabelis 18.

Tabel 18

Materjalivajadus laudtoru 1 jooksva meetri valmistamiseks

Materjali nimetus ja mõõtmed	Mõõtühik	Toru sisemised mõõtmed (mm)	
		60×62	72×75
19 mm paksusega laudu	tm	0,0064	0,0075
Naelu	kg	0,0191	0,0260

Märkus. Materjali kadu 5% ulatuses on kaasa arvatud. Kui kaanelaud võetakse paksusega 22 mm, siis on lauamaterjali kulu 1 jm kohta torul sisemiste mõõtmetega 60×62 mm 0,00670 tm ja torul sisemiste mõõtmetega 72×75 mm 0,00773 tm.

60×62 mm torude valmistamiseks sobivad 50 mm pikkused naelad, 72×75 mm torude jaoks tuleb aga kasutada 60 mm pikkusi naelu.

Torulülisid on võimalik valmistada materjalilao juures juba talvel ja valmis lülidena dreenide paigalepanemise ajal laiali vedada töökohale. Enamasti on siiski otstarbekohasem vedada materjal tööobjekti juurde ja torulülid valmistada otse töökohal, sest drenaaži valmistamise ajal on transport tööobjektile enamasti raskendatud ja pealegi on valmis torulülide transport märksa raskem ning kulukam kui laudade transport.

Torulülide kokkunaelutamine toruks võib toimuda dreenikaeviku kaldal; kaeviku sees on see töö ebamugavam.

Kokkunaelutamiseks kasutatakse tavalisi sindlinaelu. Tõsi küll, peenikesed raudnaelad roostetavad turbamaas võrdlemisi ruttu läbi, kuid meie vabariigis (Tooma katsebaasis, sovhoosides ja

mujal) saadud kogemused on näidanud, et laudtorude kestvust ei määra naelad, vaid puitmaterjal ise ja drenaaži sügavus. Vanade laudtorudreenide lahtikaevamisel on ilmnenud, et rikkeid torudes on põhjustanud peamiselt kaanelaua kõdunemine ja sellele järgnenud mulla varisemine torusse. On esinenud ka juhtumeid, kus hiired olid kaane- või küljelaua läbi närinud ja torusse prahti kandnud. Mudasetteid on esinenud vähe. Sügav. drenaaž pikendab laudtorude iga.

Võib oletada, et torulaudade, eeskätt aga kaanelaua immutamine mõnesuguse antiseptikumiga laudtoru iga pikendaks.



23. Pindlaudtoru.

Laudtorude küljelaudadeks kasutatavad lauad peavad olema täiskantis servatud lauad. Poomkantis laudu on lubatav kasutada ainult siis, kui poomkant ei ole üle kolmandiku laua paksusest; seejuures tuleb laua poomkandiga pool jätta toru välimisele poolele. Kaane- ja põhjalauaks on lubatav kasutada poomkantis laudu ja isegi pindlaudu, kuid lauad peavad niisugusel juhul olema selle võrra laiemad, et laua paksus naelutamiskohas liiga õhukeseks ei jääks.

Pindlaudadest kaane ja põhjaga laudtorusid nimetatakse pindlaudtorudeks ja selliste torudega drenaaži pindlaudtorudrenaažiks.

Pindlaudade kasutamine teeb drenaaži lauamaterjali osas mõnevõrra odavamaks, kuid torude valmistamine sellisest materjalist on tülikam ja aegaviitvam. Torude valmistamisel tuleb hoolega jälgida, et nendesse ei jääks puutükikesi ja laaste.

Soome professor L. Keso soovitab kõikidel juhtudel teha kaanelaua 1,5—2 sm võrra põhjalauast laiema ja ühtlasi tavalisest pisut paksema. Meie melioratsioonipraktikas seda ei kasutata, sest laiem kaanelaud aeglustab torude kokkulöömist ja põhjustab sagedamini naela väljajooksmist küljelauast.

Voolutakistuste vähendamiseks peaksid laudtoru põhja- ja küljelauad olema seestpoolt höövelda tud. Tavaliselt seda siiski ei tehta, sest laudtorude ristlõige on kujundatud tunduva tagavaraga ja pealegi kujuneb laudtoru põhjale peagi õhuke limakord, mis voolusängi karedust vähendab.

Laudtorudrenaaži kasutatakse peamiselt sügava turbakihiga soodes, harvemini raskete liivsavi- või savimaade kuivendamisel.

Laudtorudrenaaž lepib vähese languga. Äärmisel juhul võib kasutada langu 0,2% ja isegi veel 0,15%. Soovitatav on aga alati

püüda laudtorudelegi anda minimaalsest suurem lang, sest sellega on paremini tagatud nende korrapärane toimimine ja ühtlasi on välditud uhtainete settimine torudes.

e) Freestorudrenaaž

Freestorusid kasutatakse meie vabariigis sookuivendusel laialdaselt. Esmakordselt võeti meil freesitud ümarpuittorud kasutusele 1924. aastal J. Siimuste poolt, kes nende torude mehhaniseeritud valmistamiseks konstrueeris vastava freesmasina.[1]

Freestorud on osutunud soode kuivendamisel mädanemisele suhteliselt hästi vastupidavaks. Nende iga turvasmullas võib hinnata 10—15 aastale. Et freestorude valmistamine on lihtne ja seda võib tarbe korral teha ka otse kuivendataval sootükil, siis tuleb freestorude laialdast kasutuselevõtmist soovitada eeskätt nendes majandites, kus on vastavat metsamaterjali omal maa-alal olemas või kus see on mujalt kergesti hangitav.

Senisest suuremat hõlbustust freestorude saamises on toonud Metsamajanduse Peavalitsuse tänuväärne algatus valmistada reas metsamajandites freestorusid müügiks. Ühtlasi kehtestati Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi poolt 1957. aastal tehnilised tingimused puit-freestorude valmistamise kohta, kus üksikasjaliselt on kindlaks määratud valmistatavate freestorude kvaliteedinõuded. Mainitud tehnilised tingimused on toodud ka käesoleva raamatu lisas 4.

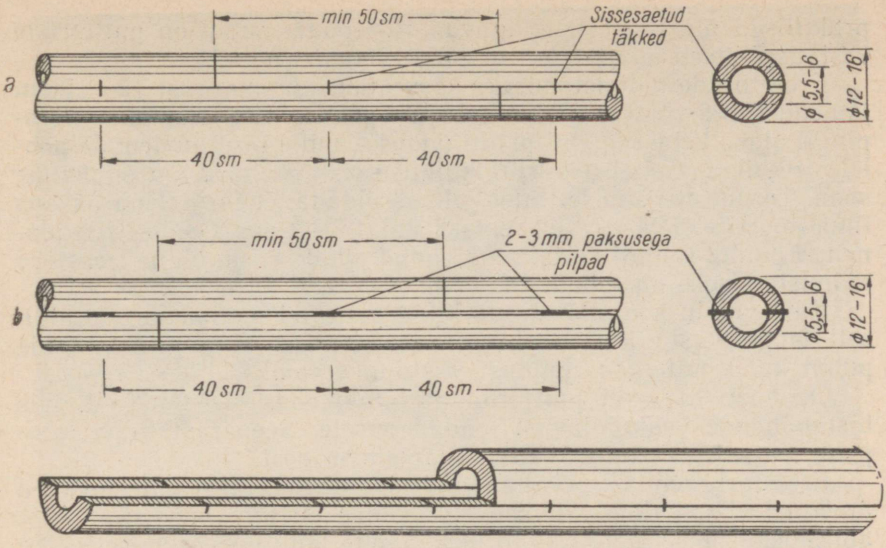
Freestorudega sarnanevaid puutüvedest õõnestatud puittorusid on meil kuivendamiseks kasutatud juba ammu, ja mitte ainult turbamaadel, vaid ka raskete mineraalpinnaste kuivendamiseks, kus nad on kohati osutunud hästi vastupidavaks.

Vigala Põllutöökooli põllul kaevati 1928. aastal lahti vana õõnespuittorudreen, mis oli tehtud 50 aastat tagasi (s. o. 1878. aastal).[2] Torud olid siin valmistatud kahest 12 sm jämedusest männilati poolest, milledele oli kirve abil õõnestatud soon. Toru seina paksus oli 2,5 sm ja ta meenutas praegu kasutatavat freestoru. Torudreen asetses 0,8 m sügavusel liivaseguses savipinnases. Toru oli täiesti terve ja selle suudme puhastamisel hakkas sealt vesi tugeva hooga välja voolama. Torus ei olnud liiva ega muda. Kirvega raiumisel sarnanes väljakaevatud toru kaua aega vees seisnud puiduga. Toru pealmine kord oli terve, kuid seestpoolt oli ta umbes 5 mm paksuselt kõdunenud. Tuleb märkida, et Vigalas on niiske ja raske pinnas, kus kõdunemine on aeglane.

1927. aastal kaevati lahti puittorudrenaaž, mis oli asetatud

[1] J. Kuum. Soode kuivendamine ja kasutamine põllumajanduses. Tallinn, 1954.

[2] «Põllumajandus», 1936, lk. 969.



24. Tavaline, kahepoolse soonega freestoru.
a — sissesaetud täketega; *b* — torupoolte vahele paigutatud pilbastega.

mineraalpinnasesse 35 aastat tagasi.[1] Drenaaž oli veel täiesti töökorras ega avaldanud kõdunemise tunnuseid.

Viljandimaal kaevati 1929. aastal lahti kirvega õõnestatud puittorudest drenaaž, kus dreenid olid veel täiesti terved.[2]

1952. aastal viidi J. Kuuma poolt Suure-Jaani rajooni «Stalinliku Tee» kolhoosi kuivendatud soos läbi töökorras oleva freestorudrenaaži vaatlus ja lahtikaevamine. Drenaaž oli ehitatud 1932. ja 1933. aastal kuuse- ja männipuit-freestorudest. Kõik dreenid töötasid laitmatult ja lahtikaevamisel ei leitud kusagil kõdunenud ega ummistunud kohti. Puittorud olid veel täiesti terved.

Samasuguseid drenaaži vaatlusi ja lahtikaevamisi on J. Kuum teostanud veel sama rajooni teistes kolhoosides («Kalju», «Kindel Tee», «Laasikmäe», «Võit» jt.), kus samuti selgus, et puitmaterjalist freestorudrenaaž oli turbapinnases hästi säilinud.

Eespool kirjeldatud ja teised sellelaadilised näited freestorude pikaajalise kestvuse kohta on aga enamasti seletatavad esmajoones sellega, et lahtised kogujakraavid, kuhu puitdreenid suubusid, olid puuduliku korrashoiu tõttu aastate kestel ummistunud. Neis tingimustes oli vee äravool dreenidest takistatud, nad täitusid veega ja olid vettinuina kaitstud kõdunemise vastu. Igal pool aga, kus puitdreenid on pidevalt enam-vähem korralikult toiminud (nagu see näiteks oli Tooma katsebaasis), ei kesta puitdrenaaž

[1] «Põllumees», 1929, lk. 556.
[2] «Uus Talu», 1930, lk. 54.

praktiliselt üle 15 aasta. Sügavama drenaaži puhul on puittorude kestvus üldiselt suurem kui madala drenaaži puhul.

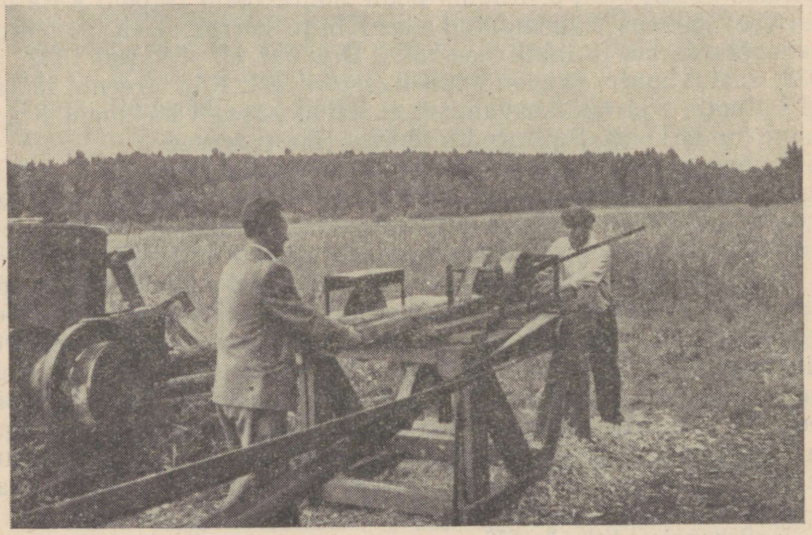
Freestorude valmistamiseks kasutatakse ümmargusi 12—15 sm jämedusi ja 2 või 3 m pikkusi okaspuupropse. Need saetakse freespingil oleva ketassae abil pikuti pooleks, mille järel mõlemale poolele freesitakse sisse poolringikujulise ristlõikega 3 sm sügavune soon. Torude freesimisel tuleb silmas pidada, et toru seina paksus ilma kooreta ei jääks väiksemaks kui 1,5—2 sm. Osaliselt mädanenud puidu, samuti ka jalal kuivanud puude kasutamine freestoru valmistamiseks on lubamatu.

Kuusepuidu koorelähedased kihid panevad mädanemisele üldiselt enam vastu kui männi omad. Seetõttu osutub freestorude puhul kuusepuit männipuidust vastupidavamaks.

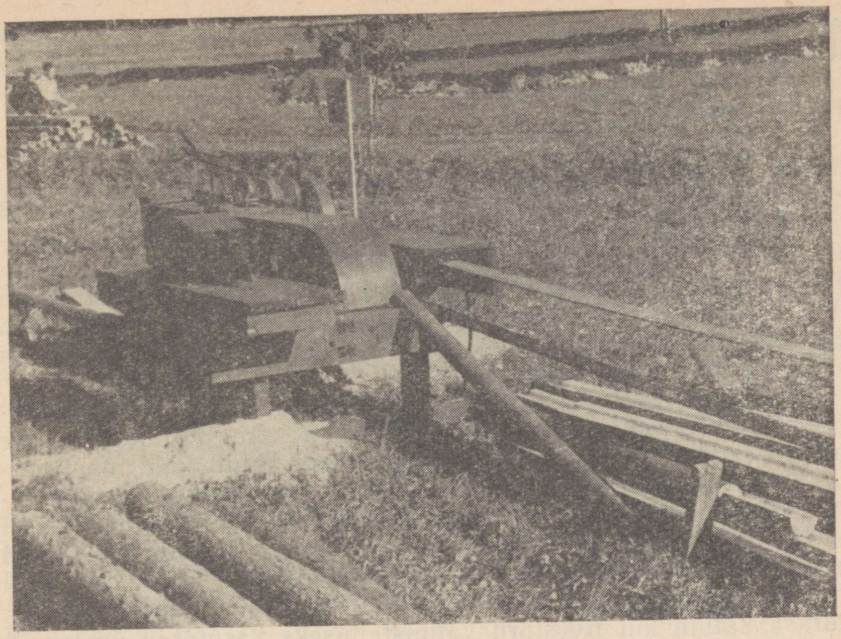
On soovitatav, et puittorud asetataks maa sisse toorelt, mis tõstab nende vastupidavust mädanemisele. Seepärast tuleb torupooli pärast freesimist kaitsta kuivamise eest.

Freestorudrenaaži valmistamisel naelutatakse torupooled dreenikaeviku kaldal või kaeviku põhjas 80 mm pikkuste naelte abil kokku üheks pidevaks toruks. Naelte kulu on keskmiselt 4 kg freestoru 100 jooksva meetri kohta. Naelutamisel ühendatakse torud nii, et ülemine torupool ulatuks alumisest vähemalt 0,5—1 meetri võrra üle. Et vesi paremini torusse pääseks, pannakse torude kokkulöömisel torupoolte vahele naelte kohale 1,5 mm paksune laast või lõigatakse saega sämbud (täkked) torupoolte servadesse.

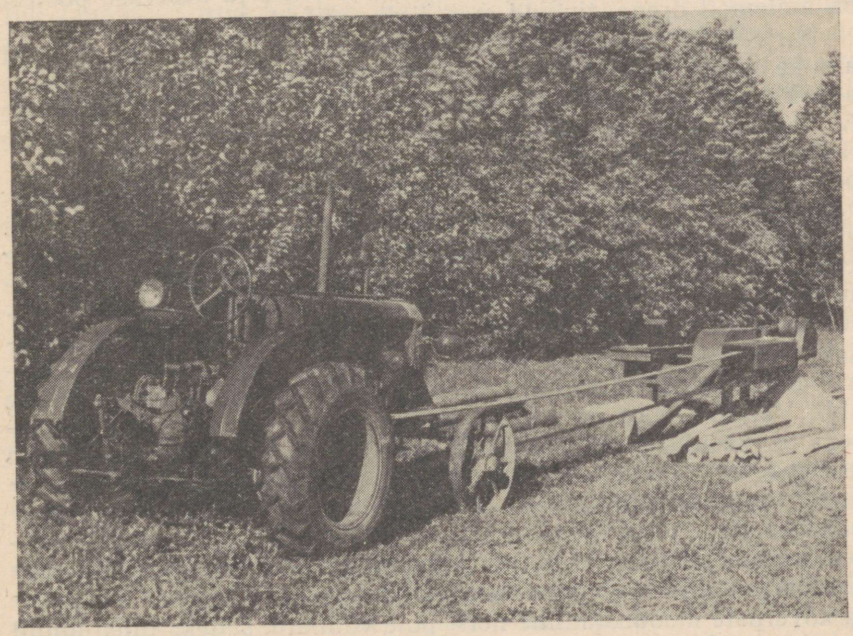
Enne freestoru kaevikusse laskmist suletakse toru ülemine ots



a



b



c

25. Freestorude valmistamine.

a — vanemat tüüpi freespingiga; *b* — uuemat tüüpi freespingiga; *c* — komplektne freestorude valmistamise agregaat.

lauatüki või puupunniga. Kokkulöödud freestorudreen nihutatakse nüüd üle kaeviku asetatud ristpuudele ja ristpuid alt ära võttes lastakse ettevaatlikult kaeviku põhja. Freestorudreen ei vaja erilist suudmetoru.

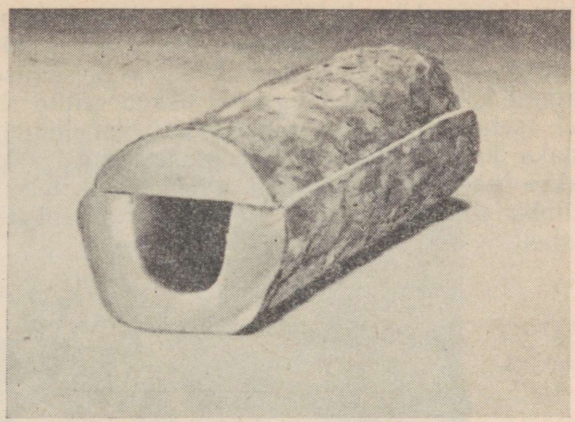
Freestorudreeni lang peaks olema vähemalt 0,25%, kuid soovitatav on suurem lang.

Freestorude valmistamiseks kasutatakse meil praegusel ajal kahesuguseid freespinke. Ühed — väiksemad ja lihtsama konstruktsiooniga (joonis 25 a) — on mõeldud kolhoosidele ja sovhoosidele omas majapidamises valmistamiseks; teisi — suuremaid ning muidugi ka suurema jõudlusega — valmistatakse seeriaviisi tehastes. Mõlemat tüüpi freespingid töötavad traktori jõul ja on hõlpsasti transporditavad.

Freestorude valmistamine toimub üldiselt kiiremini kui laudtorude valmistamine ja drenaaži ehitamine freestorudest ei ole raskem laudtorudrenaaži ehitamisest. Kuid puidukulu on freestorudrenaaži puhul suurem. Kui laudtoru tegemiseks sisemõõtmetega 60×62 mm kulub puitu ainult 0,64 tm 100 jooksva meetri kohta, siis 60-millimeetrise siseläbimõõduga freestorude puhul arvestatakse puidukulu 1,5 tm 100 jooksva meetri kohta. Muidugi on aga laudtoru ehitamiseks vajatav saetud materjal hinnalt märksa kallim kui freestoru valmistamiseks kasutatav ümarpuit. Kohalikest tingimustest oleneb, kumba drenaaži ühel või teisel konkreetsel juhul eelistada. Toimimiskindluse ja kestvuse poolest on mõlemad drenaaživiisid meil ligikaudu võrdseks osutunud.

Kirjeldatud freestorudrenaaž on meie vabariigis praktiliselt ainuke kasutusel olev ümarpuittorudrenaaž. Mujal kasutatakse aga ka teisiti valmistatud õõnespuittorusid. Läti NSV Teaduste Akadeemia poolt on soovitatud freestoru, millel vett juhtiva soone ristlõige ei ole sõõrikujuline, vaid nelinurkne. Kummalegi torupoolikule freesitakse sisse kolmnurksed sooned, mis poolte kokkunaelutamisel moodustavad ristlõikes ruudu. Soomes on kasutusel mitte freesitud, vaid puuritud puittorud. Need tehakse korrapärase kujuga ümmargustest kuuse- või männipropsidest niisama suure auguga, kui on savitorudel, s. o. ∅ 5—16 sm, kusjuures seina paksuseks jääb vastavalt läbimõõdule 16—25 mm. Kuivendusdreenideks kasutatakse kõige enam 5- ja 6,5-sentimeetrise siseläbimõõduga torusid. Torulülid ühendatakse üksteisega otsavaltside abil. Valtsiga koos on torulüli pikkus 102,5 sm. Torude puurimiseks on kasutusel mitmesuguse konstruktsiooniga puurmasinaid ja need on tavaliselt transporditavad. Torud valmistatakse tavaliselt samas majandis, kus nad kasutusele tulevad. Vee sissepääsuks lõigatakse torude küljesse ketassae abil 1,5—2 mm laiused praod. Sirgete dreeniosade tegemine neist torudest on väga jõudus ja selliseid dreene tavaliselt tehaksegi. Aga ka käändude ja kõveruste moodustamine neist pole võimatu, selleks tuleb ainult kohapeal sobivad torulülid lõigata ja hoolikalt kokku passida.

Lätis ja mujal kasutatakse ka veel poolsõõrikujulise rist-



26. Ühepoolse soonega freestoru (kasutusel Läti NSV-s).

lõikega freestorusid ühepoolse soonega, mis valmistatakse sel teel, et pikuti lõhkisaetud propsile, mille ladvamõõt peab olema vähemalt 10 sm, freesitakse soon sisse ja naelutatakse siis laud sissefreesitud soone peale. Soont võidakse freesida ka sügavamalt kui pool läbimõõtu. Torud asetatakse kaevikusse laudküljega allapoole, kusjuures soonega lõhik peab ulatuma ühes otsas lauast 4—5 sm üle, kuna see üleulatuv ots toetub eelmise torulüli lauale. Torud tehakse tavaliselt kuni 1,5 m pikad. Nende torude ühendamine nõuab rohkem hoolt ja täpsust kui teiste freestorude ühendamine. Meil pole ei puuritud ümarpuittorud ega ka ühepoolse soonega feestorud drenaaži jaoks kasutamist leidnud.

2. TÄIDISDRENAAŽ

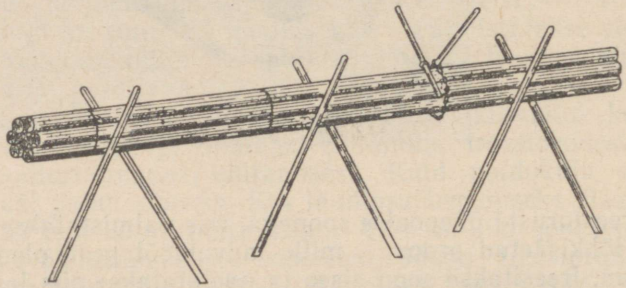
Täidisdrenaažiks nimetatakse sellist drenaaži, kus torude asemel asetatakse kaevikusse mingi vett juhtiv täidismaterjal. Täidismaterjali järgi saab drenaaž ka oma nimetuse. Tuntumaid täidisdrenaaži liike on lattdrenaaž, hagudrenaaž ja kivitäidisega drenaaž.

a) Lattdrenaaž

Lattdrenaaži kasutatakse peamiselt soode kuivendamisel, kus turbakiht on üle 1 m paks ja kohapeal on küllaldaselt olemas sobivat materjali. Selleks saab kasutada männi- ja kuuselatte, eriti vastupidavad on aga kadakalatid. Latid, mida kasutatakse drenaaži valmistamiseks, peavad olema toored. On soovitatav valida võimalikult sirged latid, läbimõõduga ca 5—10 sm ja pikkusega 3—8 m.

Enne kaevikusse asetamist seotakse latid võimalikult pikka-

deks kimpudeks kokku. Lattide kimpusidumine toimub teivaspukkidel. Latikimbu läbimõõt peaks olema 20—30 sm, mille annavad 5—7 latti. Latikimp seotakse keskmiselt iga 90—100 sm tagant kokku pajuvitsaga või oksüdeeritud raudtraadiga. Sidumisel asetatakse lattide tüvi ja latv vaheldumisi nii, et kogu kimp saaks kogu pikkuses ühesuguse jämeduse. Latikimbud asetatakse kaevikusse otsapidi tihedalt üksteise vastu nii, et ühe kimbu väljaulatuvad latiotsad tungiksid teise kimbu latiotste vahele.



27. Lattide kokkusidumine pukil.

Kaeviku põhja laius peab vastama latikimbu läbimõõdule. Enne lattide kaevikusse asetamist tuleb kaeviku põhi mudast puhastada, milleks võib kasutada kadakast tehtud luuda. Latikimbu paigaldamine kaevikusse toimub samuti nagu freestorude paigaldamine.

Lattdrenaaži kaeviku kinniajamisel peab kõigiti vältima muda ja mulla sattumist lattide vahele, mis halvab dreeni töötamist juba algusest peale. Otse latikimbu peale ei panda kunagi mulda, vaid kimp kaetakse kanarbiku või rohumättaga, kamarapoolega allapoole. Mättad asetatakse tihedalt latikimbule, et muld lattide vahele ei satuks. Lattide isoleerimiseks on soovitatud latikimpu katta ka hagudega, millele siis mättad ja lõpuks täitemuld peale asetatakse.

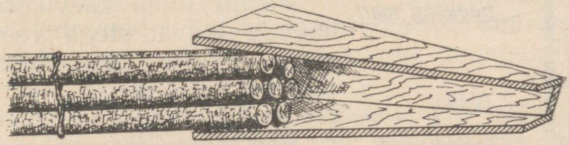
Et vee voolamisele on lattdreenis takistus palju suurem kui torudreenis, siis peab lattdreenidel olema vastavalt suurem lang ja nimelt mitte alla 0,4%. Lattdrenaaži puhul kasutatakse tavaliselt üksikdreene ja suue tehakse laudtoruna (joonis 29).

Et suurendada dreenide veejuhtimisvõimet, on proovitud ka teistsuguseid lattide asetamise viise, kuid praktikas pole need laialdasemat kasutamist leidnud.

Lattdrenaaži iga ei saa lugeda pikemaks kui kümmekond aastat. Sageli aga ummistub lattdrenaaž juba märksa varem. Praegusel ajal seda drenaaživiisi Eestis peaaegu enam ei kasutata.



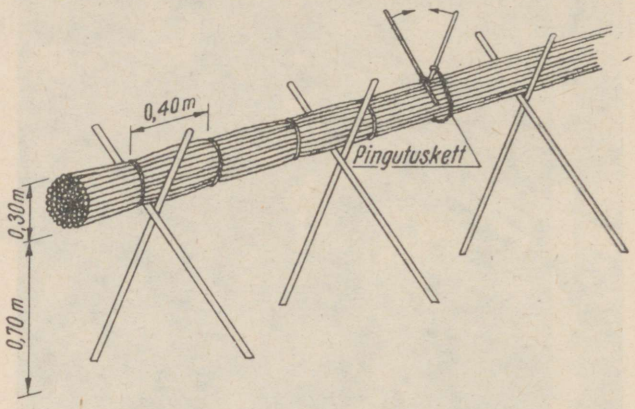
28. Lattdrenaaži tegemine.



29. Lattdreeni suue (avatud küljega).

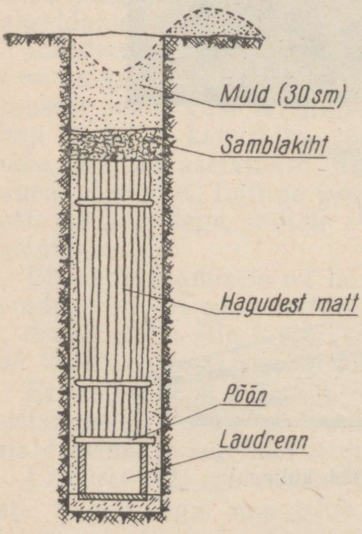
b) Hagu- ehk fašiindrenaaž

Hagu- ehk fašiindrenaaž valmistatakse toorestest lehtedeta hagudest, kusjuures on soovitatav kasutada sellist hagu, mis kõdunemisele rohkem vastu peab, näiteks kadaka-, pihlaka-, paju-, sarapuuhagu jt. Kase- ja lepahagu kõduneb lühikese aja jooksul.



30. Hagufašiini sidumine.

Haod seotakse teivaspukkidel kimpudeks ehk fašiinideks, mille läbimõõt (seotud olekus) on 0,25—0,30 m. Haod laotakse teivaspukkidele ladvaga veevoolu suunas. Sidumiseks tõmmatakse haod pingutusketiga kokku ja seotakse iga 0,4 m tagant pajuvitsaga või traadiga ümbert kinni. Jämedamad haod püütakse paigutada võimalikult haokoo keskele ja peenemad nende ümber. Dreeni suudmeks tehakse laudadest toru, kuhu fašiini ots sisse ulatub.



31. Prof. A. D. Brudastovi poolkinnine drenaaž.

Fašiin tuleb kaevikusse asetada hagude ladvaotstega veevoolu suunas ja katta enne dreenikaeviku täitmist mätastega kamarapoolega allapoole.

Hagudreenides on voolutakistus veelgi suurem kui lattdreenides, seepärast tuleb hagudreenidele anda vähemalt 0,5%-line lang. Vähese languga madalsoodes on sellist langu raske saada.

Toimimiskindlus on hagudrenaa-

žil nõrk ja toimimise kestus keskmiselt mitte üle 5 aasta. Seepärast seda drenaaživiisi meil enam ei kasutata.

Eri varianti hagudrenaažist või õigemini kombinatsiooni laudtoru- ja hagudrenaažist kujutab professor A. D. Brudastovi poolt konstrueeritud ja soovitatud nn. mattdrenaaž ehk, nagu ta ise seda nimetab, poolkinnine drenaaž (joon. 31). Selle puhul kaevatakse kitsas, 10—20 sm laiune ja 0,6—0,8 m sügavune dreenikaevik, mille põhja asetatakse, lahtise poolega ülespoole, laudadest kokkulöödud renn (küna). Laudadest renni asemel võib kasutada ka savitoru. Selle renni peale asetatakse serviti hagudest tehtud matt, mille paksus peab ligikaudu vastama kaeviku laiusele. Matt tehakse nii, et haod dreenikaevikus jääksid vertikaalasendisse. Matt toetub alt ristpõõnadele, mis on pandud üle laudrenni. Serviti asetatud matt kaetakse pealt 8 sm paksuse samblast või kuuseokstest filterkihiga ja selle peale pannakse 25—30 sm paksuselt muldtäidis. Dreeni kohale küntakse sisse vesivagu.

Sellised dreenid juhivad kiiresti ära pinnavee ega takista sealjuures maaharimist, isegi mitte sügavkündi. Dreenide vahekauguseks soovitatakse võtta langust olenevalt 20—100 m.

Kuivõrd see drenaaživiis on levinud NSV Liidu teistes vabariikides, selle kohta andmed puuduvad, kuid Eestis pole seda seni isegi katseviisiliselt kasutatud.

c) Kividrenaaž

Kividrenaaž kuulub vanimate drenaažiliikide hulka. Kividreen kujutab endast kividega täidetud kaevikut, milles vett juhtivaks osaks on kaevikusse asetatud kivid. Kividrenaaži kasutamine tuleb arvesse seal, kus kuivendataval maa-alal esineb rohkesti sobivas suuruses koristamist vajavaid kive. Kaevikute täitmine nendega vabastab ühtlasi kuivendatava maa harimist takistavatest kividest.

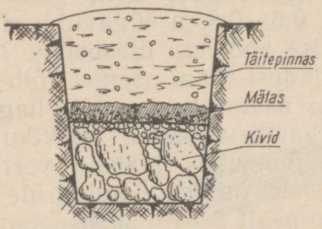
Kividreenid valmistatakse niiviisi, et dreenikaevik täidetakse põhjast 0,3—0,4 m kõrgusele munakivikihiga. Suuremad kivid asetatakse kaeviku põhja, väiksemad pealepoole. Kivide peale asetatakse mätas, rohukamaraga allapoole, ja siis täidetakse kaevik mullaga. Kividreenidele tuleb anda veelgi suurem lang kui fašiindreenidele, sest väikese langu korral ummistub dreen kiiresti.

Kividrenaaž on taimejuurtega ummistumise vastu vähem tundlik kui muud drenaažiliigid. Teda võib seetõttu kasutada sellistes kohtades, kus dreeni väikese sügavuse tõttu on karta taimejuurte tungimist dreeni, eriti viljapuuaias, kuid ainult hea langu puhul.

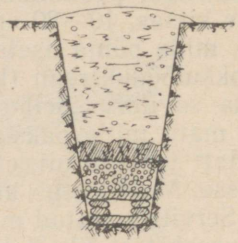
Kividrenaaži kasutamine võib mõnikord otstarbekohaseks osutuda ka väiksemate allikate vee ärajuhtimiseks üksikdreenide abil.

Kividrenaaži hulka kuuluvaks arvatakse tavaliselt ka p a e-

kividrenaaži, mis kujutab endast paekivitükkidest laotud renni; neid ehitatakse tavaliselt üksikdreenide kujul. Paekividrenaaži on vähesel määral kasutatud Põhja-Eesti õhukestel paepealsetel muldadel, kus paasaluspõhja tõttu muud drenaažiliiki on olnud raske kasutada.



32. Kividreen.



33. Paekividreen.

Kus dreenikaevik ulatub pae sisse, seal võib paekivisse raiuda veevoolu jaoks väikese renni ja selle pealt katta laiemate paetükkidega. Asub aga paasaluspõhi dreeni sügavusel, siis ehitatakse dreenikaeviku põhjale paekivist kas kolme- või neljakandiline õõs. Sellisel juhul kasutatakse õõne katmiseks laiemaid paekivitükke. Sageli laotakse ka raudkive dreenikaevikusse niiviisi, et kaeviku põhjale jääb kivide vahele veevoolu tarvis vastav õõs.

Kividrenaaži Eestis peaaegu enam ei kasutata, sest selle valmistamine nõuab palju inimtööjõudu.

3. ÕÕSDRENAAŽ

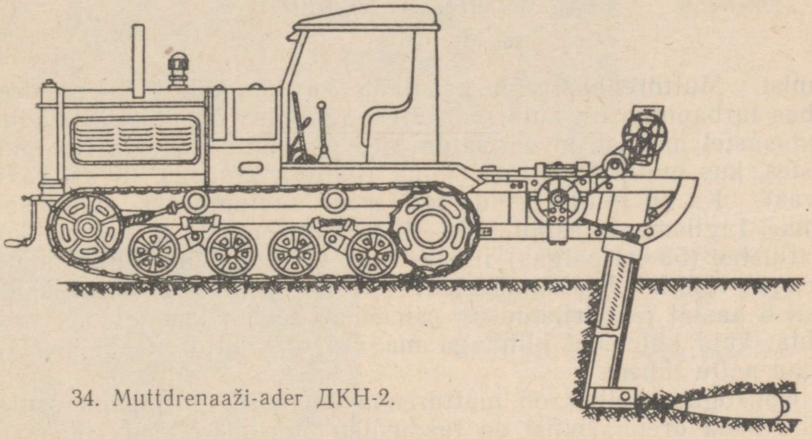
Õõsdrenaaž kujutab endast sellist drenaaži, kus vett juhtivaks osaks pole ei toru ega mingi täidismaterjal, vaid ainult pinnasesse kujundatud õõs.

Selle järgi, millise kujuga see õõs on ja kuidas ta on kujundatud, jaguneb õõsdrenaaž: a) muttdrenaažiks, b) piludrenaažiks ja c) turbadrenaažiks.

a) Muttdrenaaž

Muttdrenaaž kujutab endast pinnasesse veetud torutaolisi õõsi, mis meenutavad mutikäike. Need kujundatakse sel teel, et tugeva traktori jõul veetava muttadra torpeedokujuline mutt ehk dreener surub vertikaalselt asetseva laia noa alumises otsas maa sees liikudes oma liikumisteelt pinnase kõrvale, tihendades seda ja jättes enda järele siledaseinalise ümmarguse ristlõikega õõne, mille läbimõõt vastab muti (dreeneri) silindrilise osa läbimõõdule. Ülespoole sellest õõnest jätab adra nuga kuni maapinnani ulatuva kitsa (noapaksuse) prao.

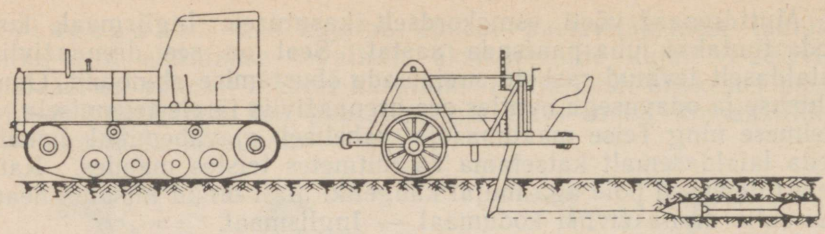
Muttdrenaaž võeti esmakordselt kasutusele Inglismaal, kus seda tuntakse juba paarsada aastat. Seal on see drenaaživiis laialdaselt levinud raskete savimaade õhustamise abinõuna. Oma lihtsuse ja odavusega avatles see drenaaživiis järele tegemisele ja Esimese ning Teise maailmasõja vahelisel ajavahemikul hakati seda laialdasemalt katsetama ka mitmetes teistes maades. Katsete tulemused pole aga mujal kaugeltki alati olnud niisama head kui selle drenaaživiisi kodumaal — Inglismaal.



34. Muttdrenaaži-ader ДКН-2.

Savimaas veetakse muttdreenid maasse tavaliselt 0,5—0,6 m sügavusele, harva sügavamale. Ainult turbapinnases veetakse dreenid mõnevõrra sügavamale, keskmiselt 0,7—0,8 m. Kuid dreenide vahekaugus on väike, tavaliselt 3—10 m piirides. Lihtsamatel muttatradel pole muti liikumise sügavust maa sees võimalik reguleerida. Kuid ka suurematel, spetsiaalsete sügavuse reguleerimise seadmetega varustatud atradel on väga raske käigu ajal sügavust nii täpselt reguleerida, et dreeniõõs saaks kindlaksmääratud ja ühtlase langu kogu oma pikkuses. Maa sisse veetud muttdreeni põhi teeb tegelikult kaasa kõik maapinna tõusud ja langud ehk, nagu öeldakse, kopeerib maapinna reljeefi. Selle tõttu jääb dreenidesse kogunev vesi nõokohtades seisma. Õõne läbimõõt savimaas jääb 3—6 sm piiridesse, turbapinnasesse aga veetakse muttdreene läbimõõduga 15—20 sm ja isegi rohkem. Suurema läbimõõdu korral on rohkem eeldusi dreeniõõne kauemaks püsimiseks, kuid teiselt poolt nõuab jämedama õõne sissevedamine ka suuremat veojõudu. Dreenide pikkus on tavaliselt 100—150 m piirides.

Muttdrenaažil on vaieldamatult häid külgi selle tõttu, et tema valmistamine on täielikult mehhaniseeritav ja et ta ei nõua mahukaid mullatöid ega materjale. Suure tiheduse tõttu võimaldab see drenaaž rasketel savimaadel nii hädavajalikku õhustumise para-

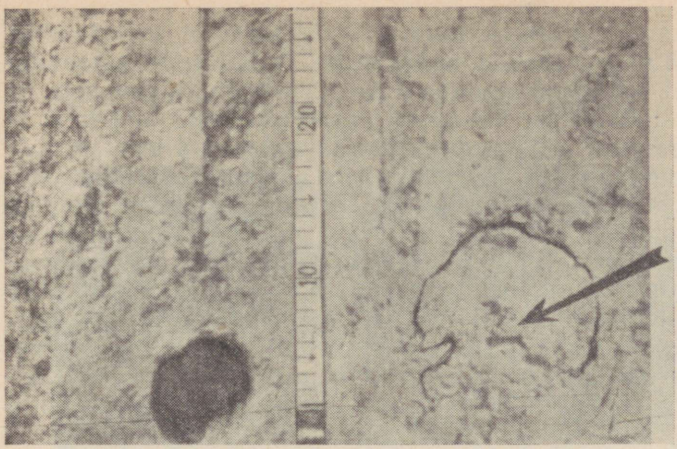


35. Muttdrenaaži-ader КДМ-4.

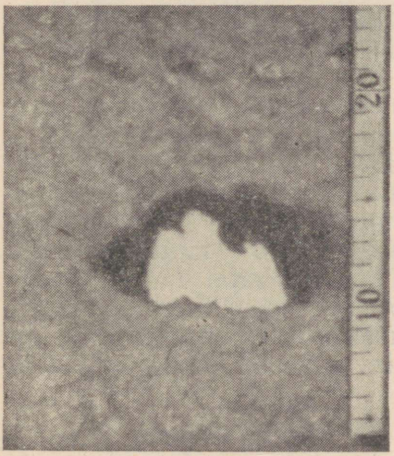
nemist. Muttdrenaaži võib kasutada ka kändudest ja puudest vabas turbapinnases, kuid seda drenaaži pole võimalik rakendada ebatasastel maadel, kive sisaldavates pinnastes ja sellistes pinnastes, kus mutiõõs püsima ei jää (näiteks kruusas, liivas, saviliivas). Ka on muttdreenide iga isegi savipinnases suhteliselt lühike. Inglismaal aastail 1924—1932 toimepandud laiaulatuslikes vaatlustes (53 eri paigas) ilmnes küll, et korralikult tehtud muttdrenaaž võib hea hooldamise korral sealses pehmes kliimas püsida kuni 6 aastat ja kirjanduses esineb näiteid pikemagi kestvuse kohta, kuid külmema kliimaga maades on muttdrenaaži kestvus olnud palju lühem.

Nõukogude Liidus on muttdrenaažile palju tähelepanu osutatud. Seda drenaaživiisi on teadusliku uurimise asutuste poolt katsetatud nii mineraalpinnastes kui ka turbamaades ning muttdrenaaži ehitamiseks on konstrueeritud terve rida masinaid ja riistu (näiteks ДК-2, ДКН-2 (joonis 34), КДМ-4 (joonis 35) ja rida teisi). Muttdrenaaži kestvuse suurendamiseks on tehtud palju uurimisi, eriti Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi (СНИИГиМ) poolt. Laboratoorsete katsete varal on selgitatud, et muttdreeni õõs muutub kindlamaks varisemise vastu ööne seinte immutamisega mõnesuguste sideainetega (nagu tsement, bituumen, nafta emulsioon jt.). Kõikide nende lisandite kasutamise puhul on aga nõutav nende korralik ja ühtlane jagunemine pinnase pooridesse ja dreeniõõne seina hea tihendamine. Tegelikus maaparanduse praktikas pole muttdreenide selline kujundamine siiski rakendamist leidnud, sest sellise immutamise positiivne mõju pole õigustanud neid suuri lisakulusid, mida mutiõõne seinte immutamine nõuab.

Eestis hakati muttdrenaaži raskete savimaade kuivendamiseks kasutama umbes paarkümmend aastat tagasi. Tõsisemalt aga võeti küsimus vaatluse alla alles pärast Teist maailmasõda. Katsed, mis selle drenaaživiisiga savimaadel Pärivere sovhoosis ja Rahnoja sovhoosis ning turbamaadel Tooma katsebaasis ette võeti, näitasid, et meie vabariigi ilmastikutingimustes ei püsi muttdrenaaž toimimisvõimelisena üle ühe aasta ja et selle kuivendusviisi efektiivsus on nõrk. Seepärast pole muttdrenaaž Eestis poolehoidu leidnud.



Siin oli dreeniõõs.



36. Muttdrenaaži püsivus.
Üleval — savipinnases; vasakul pool mõõdulinti kevadel, kohe pärast dreeni sissekündmist, paremal pool — sama aasta sügisel. Vasakul — turbas üks aasta pärast sissekündmist.

Ka Leedus on muttdrenaaž V. Šileika andmetel[1] osutunud savimaadeski vähe kestvaks. Savimaas läksid kevadel tehtud dreenid juba sügiseks kinni ja ka turbamaas muutus dreeniõõs aasta jooksul väikeseks.

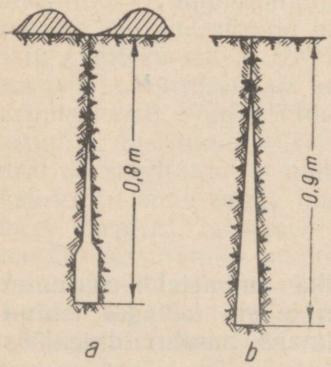
Paremini kui iseseisva kuivendusviisina võib muttdrenaaž rakendatav olla täiendusena savitorudrenaažile või ka kuivendusele lahtiste kraavide abil. Üleliiduline Hüdrotehnika ja Meliooratsiooni Teadusliku Uurimise Instituut (ВНИИГиМ), samuti ka Läti NSV Teaduste Akadeemia Maaparanduse Instituut peab sellist kombineeritud kuivendusviisi väga otstarbekohaseks. Viimane soovitab ökonoomse kuivendusviisina kasutada hõredat savitorudrenaaži, dreenide vahekaugusega 40—60 m ja sügavusega 1,2 m,

[1] В. Ю. Шилейка. Гончарный дренаж в Литовской ССР. «Гидротехника и мелиорация» № 12, 1956 г.

mida täiendavad savitorudreenidest risti üleveetud muttdreenid, sügavusega 0,5 m ja vahekaugusega 4 m. Turbapinnases soovitatakse laud- või savitorud asetada 1,1—1,2 meetri sügavusele ja üksteisest 50—100 meetri kaugusele, neist risti üle aga vedada 0,8—0,9 m sügavused muttdreenid, vahekaugusega 4 meetrit.

Esialgu puuduvad aga pikemaajalised kogemused sellise kuivendusviisiga ja seepärast on praegu alles vara teha lõplikku otsust selle otstarbekohasuse kohta. Igal juhul on muttdreenide iga-aastase uuendamise vajadus tõsiseks takistuseks selle kuivendusviisi laiemale levikule meie vabariigi tingimustes. See muudab näiliseks ka selle drenaaživiisi odavuse, sest lõpuks ei ole drenaaži ökonoomsuse määrajaks mitte niivõrd selle ühekordsed ehituskulud kui selle iga-aastased ekspluatatsioonikulud ja vähene tööjõu tarvidus korrashoiul. Selles osas aga on torudrenaaž senini jäänud ületamatuks.

Kui muttdreenide sügavus on alla 0,5 meetri, siis ei nimetata kuivendusviisi enam muttdrenaažiks, vaid lihtsalt *muttimiseks*. Muttimise puhul on dreenide (mutikäikude) keskmine sügavus tavaliselt ainult 0,35—0,4 m ja vahekaugus ca 0,5 m. Dreenide sellise sügavusega ei mõjutata loomulikult enam põhjavee seisu ja sellist ülesannet muttimisel ei olegi, vaid see on tegelikult agromelioratiivne abinõu künnialuse kihi kobestamiseks ja õhustamiseks. Lühemat aega täidavad muttimisega tehtavad ööned siiski ka liigvee kokkukogumise ülesannet künnikihist, juhtides liigvett pinnase sügavamatesse kihtidesse. Kuid muttida tuleb kindlasti igal aastal uuesti. Seega puudub muttimisel selline püsiv mõju, mis üldiselt on omane ja iseloomustav maaparanduse ehitistele.



37. Piludreeni ristlõige.

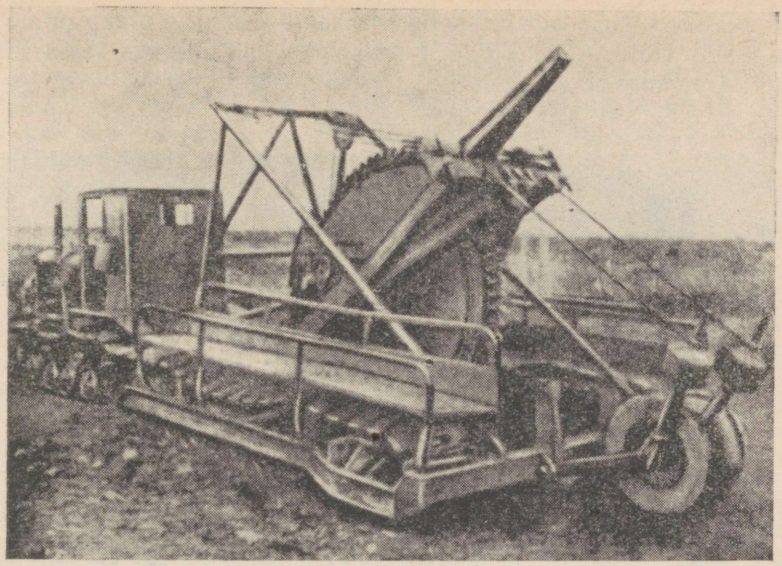
a — vintfreesmasinaga; *b* — ketasfreesmasinaga.

b) Piludrenaaž

Piludrenaaž on üks ööstrenaaži eriliike, mis Nõukogude Liidus on välja arenenud turbatööstustes turbamassiivide kuivendamiseks, kuid kõlbab ka põllumajanduslikult kasutatavatele soomaadele.

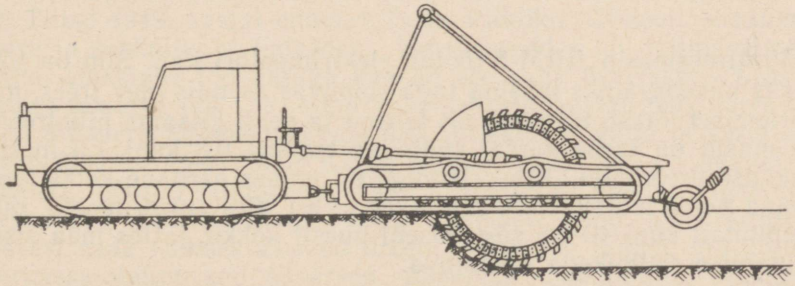
Turbarabades esineb tavaliselt rohkemal või vähemal määral mattunud kände ja puutüvesidki, mis tavalise muttadra kasutamise praktiliselt võimatuks teevad. Niisuguste tingimuste jaoks on Üleliiduline Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituut välja töötanud drenaaži-ketasfreesmasina ДДМ-5 ja drenaaži-vintfreesmasina ДВМ-5.

Ketasfreesmasin ДДМ-5 (joonis 38) töötab traktori ДТ-54 jõul.



38. Piludrenaaži ketasfreesmasin ДДМ-5.

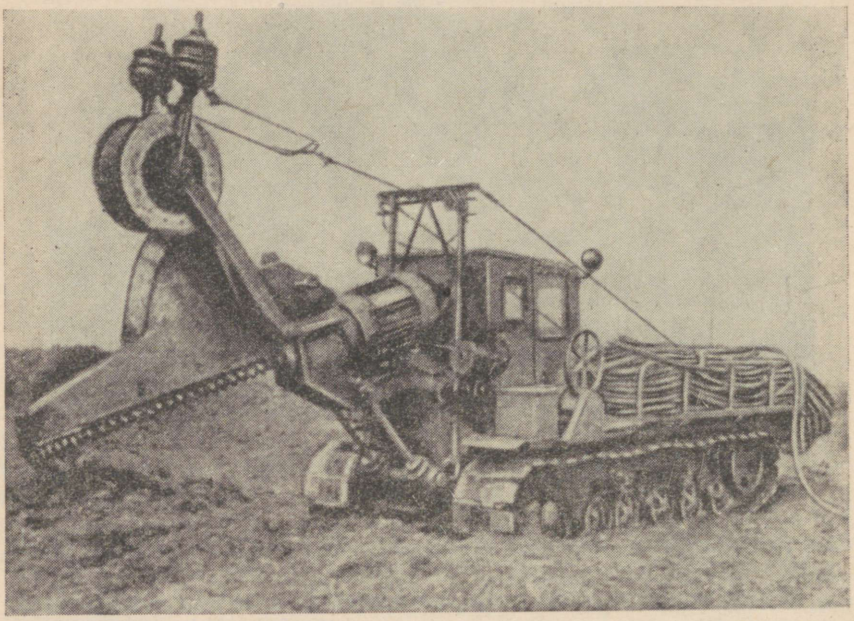
Masina tööorganiks on suur ketas, läbimõõduga 2,4 m, mille välisserval on 72 lõikehammast. Telje ümber pööreldes kõigub hambuline lõikeketas ühtlasi vastava ekstsentriku toimel ka horisontaalsuunas. Sellise üheaegselt kahesuguse liikumise tulemusena freesib lõikeketas turbasse 0,90 m sügavuse pilu, mille laius põhjas on 16 sm, maapinnal aga ainult 4—6 sm. Sellegi kitsa pilu surub



39. Piludrenaaži ketasfreesmasina ДДМ-5 töötamise skeem.

masin hiljem uuesti 30—40 sm sügavuseni maapinnast kinni. Masin on suuteline läbi lõikama kuni 20 sm jämedusega kände ja puutüvesid töökäiku peatamata. Jämedamate kändude esinemise korral tuleb masin puu või kännu läbilõikamise ajaks peatada. Masina tööjõudlus on 600—800 meetrit dreeni vahetuses,

kännuvabas turbas aga rohkemgi. Masina erisurve maapinnale on suhteliselt väike (0,28 kg/sm^2), mis teeb võimalikuks tema liikumise ka pehmel sool.



40. Piludrenaaži vintfreesmasin ДВМ-5.

Vintfreesmasin ДВМ-5 töötab elektrimootori jõul. Siin on töötavaks lõikeorganiks masina taga rippuvas asendis olev frees, mis pöörlemisel lõikab turbasse alt laiema ja pealt kitsama piludreeni. See masin on tarbe korral suuteline tegema 0,8 kuni 1,5 meetri sügavuse dreenipilu. Pilu ristlõige on umbes sarnane ketasfreesmasina poolt tehtava pilu ristlõikega. Ka siin surub masin pilu maapinnalt kuni 40 sm sügavuseni uuesti kokku, jättes maa sisse kiilutaolise ristlõikega dreeniava.

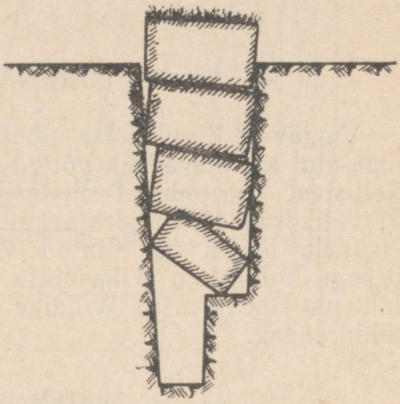
Vintfreesmasin võimaldab töötamise ajal dreeni lõikesügavust reguleerida ja sel teel dreenile soovitavat langu anda.

Vintfreesmasina kasutamist põllumajandusliku drenaaži tegemiseks raskendab aga asjaolu, et masin töötab ainult elektri jõul.

Piludrenaaži ei ole Eestis senini põllumajanduslike maade kuivendamisel üldse kasutatud, isegi mitte katse otstarbel. Küll aga on Tootsi briketitööstuses seda hea eduga rakendatud freesturbaväljade kuivendamiseks.

c) Turbadrenaaž

Erinevalt teistest õõsdrenaaži liikidest, nimelt muttdrenaažist ja piludrenaažist, kus töö toimub mehhaniseeritult ja dreen kujundatakse masina üheainsa töökäiguga, on turbadrenaaž sisuliselt õieti kaevikdrenaaž, ainult ilma vett juhtiva täidiseta. (Kaevikdrenaažiks nimetatakse kõiki neid drenaažiliike, mille puhul esmalt kaevatakse lahtised kaevikud, millesse siis asetatakse torud või mingi muu vett juhtiv täidis ja aetakse seejärel uuesti kinni.)



41. R. Tiitso turbadreeni ristlõige.

Turbadrenaaži kasutatakse ainult turbasoode kuivendamiseks ja selle drenaaži ehitamine toimub käsitsi. Algul kaevatakse suhteliselt kitsas järskude nõlvadega kaevik, kaeviku põhja tehakse kitsas renn ja see kaetakse pealt turbapätsidega. Seejärel täidetakse kaevik väljakaevatud pinnasega. Nii kujuneb turba sisse nelinurkse avaga õõsdreen. On kujundatud ka kolmnurkse ristlõikega õõsdreene.

Kõik turbadrenaaži viisid pärinevad neist aegadest, millal drenaažitööd toimusid peaaegu eranditult käsitsi, ja on nüüd vananenuina kõrvale jäetud ka turbatööstuses. Põllumajanduses neid peaaegu kasutatud ei olegi.

Omapärase katse turbadrenaažitööde mehhaniseerimiseks tegi R. Tiitso 1949. aastal endises Tartu Riikliku Ülikooli maaparanduse ja sookultuuri kateedris, konstrueerides nn. mitmeastmelise saha. Üheainsa töökäiguga kaevab see sahk linttraktori taga liikudes nõutava (ca 1 m) sügavusega dreenikaeviku, kusjuures saha neli lõiketera lõikavad künniviilud järjekorras välja ja kergitavad need üksteise pealt üles. Kõige alumise viilu, mis on pealmistest kitsam, pöörab alumine sahatera poolviltu dreeni sügavamale renniosale katteks peale, kuna ülemised kolm kihti langevad pärast seda endises asendis dreenikaevikusse tagasi. Nii kujuneb turbasse nelinurkne õõsdreen üheainsa töökäiguga, kusjuures inimtööjõudu ei kulu dreeni kaevamiseks ega kaeviku täitmiseks.

R. Tiitso ehitatud sahaga tehti omal ajal katseid ka Tooma katsebaasis, kuid mõõduandvate asutuste huvi puudumise tõttu asja vastu rauges edaspidine töö ja sahk on jäänud ainult katseeksemplariks.

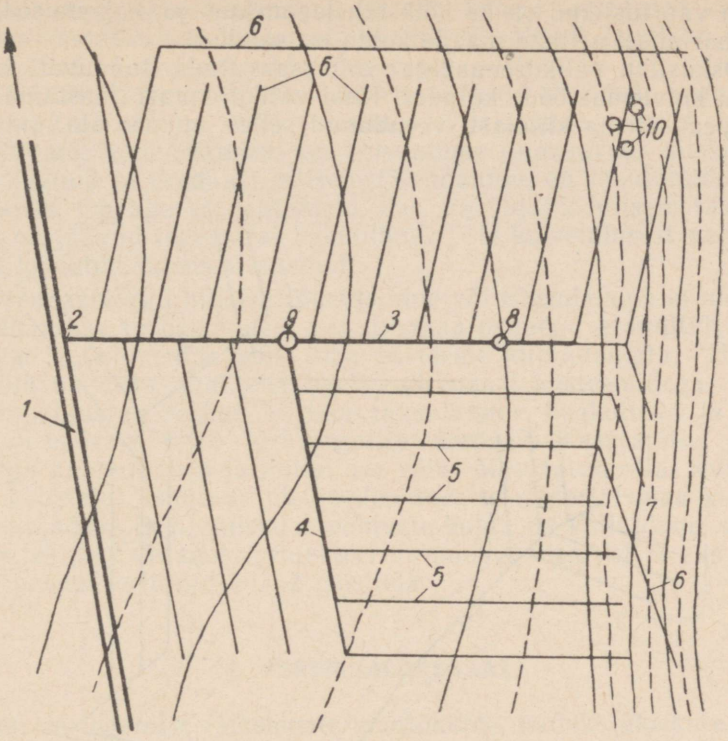
VI. DRENAAŽIMEETODID

Vastavalt liigniiskuse põhjustele ja ulatusele kuivendataval maa-alal kujunevad ka võtted ja meetodid selle kõrvaldamiseks. Sellistest meetoditest mainitagu: 1) süstemaatiline drenaaž, 2) valikdrenaaž, 3) järkjärguline drenaaž ja 4) vertikaaldrenaaž. Nendele lisaks on tuntud veel kaks drenaažimeetodit, mida praegu küll enam ei kasutata, kuid millel ei puudu ajalooline tähtsus. Need on: 5) Wöldike ökonoomne drenaaž ja 6) Clausi lühidrenaaž.

1. SÜSTEMAATILINE DRENAAŽ

Alaliselt liigniiskuse tingimustes olevate pinnaste kuivendamiseks tuleb enamasti kasutada süstemaatilist ehk täisdrenaaži. Selle kuivendusviisi puhul rajatakse kogu kuivendust vajavale maa-alale ühtlane drenaaživõrk, mis sobitatakse maapinna reljeefiga ja muude maastiku elementidega ning maa kasutamise viisiga. Kuivendusdreenid püütakse seejuures asetada omavahel paralleelselt, kuivõrd maastiku reljeef ei nõua teistsugust paigutust. Niisugust drenaaži tuleb kasutada ühtlase, rahuliku reljeefiga ja vähese languga maastikus, kus liigniiskus on alaline ja valitseb enam-vähem ühtlaselt laiemal maa-alal, nagu see enamasti esineb põhjaveega toituvatel madalsoodel, samuti aga ka perioodiliselt liigniisketel, vett halvasti läbilaskvatel maadel, kui need on lameda reljeefiga. Meie vabariigis on see drenaažimeetod kõige enam levinud. Seda meetodit tuleb pidada oma toimelt kõige kindlamaks.

Peab tähendama, et kartusest teha liigseid kulutusi või maad üle kuivendada on see drenaaž sageli jäetud puudulikuks, mille tagajärjel on tekkinud tunduvaid majanduslikke kahjusid saamata jäänud tulude näol, mida drenaaž oleks võimaldanud. Taanlastel, kes suurema osa oma põllumajanduslikust maast on varustanud drenaažiga, on vististi õigus, kui nad ütlevad, et sellist maad ei olevatki, mida drenaaž ei parandaks. See ütlus on leidnud kinnitust nii meie vabariigis kui ka mujal toimepandud katsetes drenaaži mõju kohta saakide suurusele. Nõndanimetatud ülekuivendamise ohu suhtes aga on saadud järjest laiemalt ja rikkalikumalt faktilist materjali, mis tõendab, et drenaažiga ülekuivendamise ohtu pole tegelikult olemas ei mineraal- ega turbamaadel.



42. Süstemaatilise drenaaži skeem.

1 — lahtine kogujakraav; *2* — drenaažisüsteemi suue; *3* — drenaažisüsteemi peakoguja; *4* — harukoguja; *5* — kuivendusdreenid; *6* — piirdedreenid; *7* — otsdreen; *8* — settekaev; *9* — kontrollkaev; *10* — imbkaev.

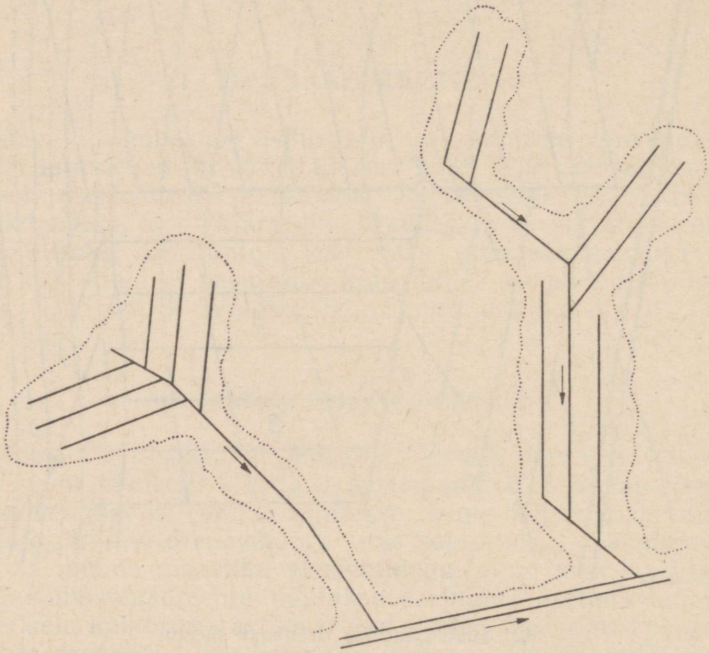
2. VALIKDRENAAŽ

Muutliku ja liigestunud reljeefiga maastikul esineb sageli olukord, et liigniiskuse all kannatavad ainult üksikud nõokohad, keetekohad või nõlvaalused osad, kuna muu osa maast on normaalse niiskusega. Neil juhtudel kasutatakse nn. valik- ehk osalist (partsiaal-) drenaaži, mis seisab selles, et need väljavalitud kohad, kus ilmneb kahjustava liigniiskuse tunnuseid, võetakse kuivendamisele, kuna muule osale kuivendusvõrku ei ehitata. Ainult üksikutel juhtudel, kui vee kõrvaldamine liigniiskuse all kannatavalt alalt teisiti võimalik ei ole, võib tarvilik olla mõnd kogujadreeni või lahtist kraavi juhtida läbi maa, mis ise kuivendamist ei vaja.

Valikdrenaaži kasutamine eeldab väga põhjalikult tehtud eeluurimist, eriti antud maa-ala liigniiskuse põhjuste selgitamist.

Väga väärtuslikud on ka kõik tähelepanekud ja kogemused, mis maaharimisel selliste maade kohta on saadud.

Oskusliku valikdrenaažiga võib saavutada tunduvat kokkuhoidu kuivendustööde kuludes. Kuid valikdrenaaži teostama asudes peab olema kindlasti veendunud selles, et maa-ala, mis kui-



43. Valikdrenaaži skeem.

vendusest välja jääb, tõepoolest kuivendamist ei vaja. Vastasel korral kujuneb valikdrenaaž ainult tükikaupa kuivendamiseks, mis pinnase veerežiimi parandamise nõudeid täiel määral ei rahulda ja kuivendustööde kulud lõppkokkuvõttes siiski suureks teeb. Ühtlase, rahuliku reljeefiga maadel osutub valikdrenaaž tavaliselt otstarbekohaseks ainult ajutiselt liigniiskuse all kannatavates pinnastes.

3. JÄRKJÄRGULINE DRENAAŽ

Kompromisslahenduse süstemaatilise ja valikdrenaaži vahel moodustab nn. järkjärguline drenaaž. Selle meetodi puhul ei rajata drenaaži korraga kogu ettenähtud maa-alal ja nõutava tihedusega, vaid (sageli maakasutaja äratundmise järgi) esialgu ainult osaliselt või hõredamalt ja drenaaživõrku täiendatakse alles hiljem, kui on selgunud, et hõrendatult või osaliselt teostatud drenaaž ei rahulda kuivenduse nõudeid.

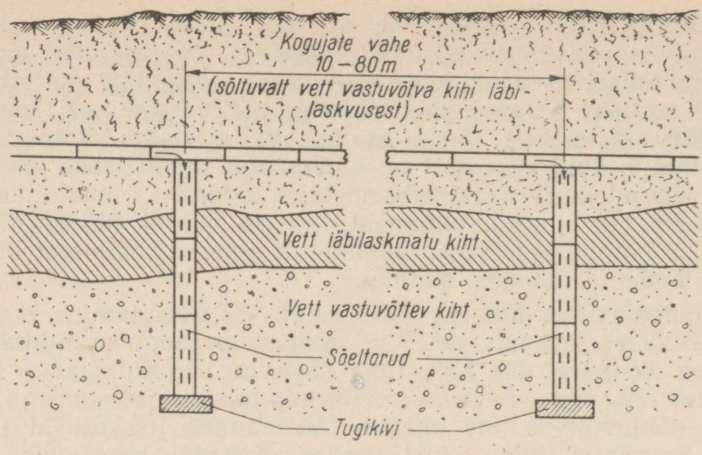
Seda meetodit on varematel aegadel kaunis laialdaselt kasutatud kuivenduskulude kokkuhoiu eesmärgil. Mõnel juhul on soode kuivendamisel drenaaž üldse tegemata jäetud ja on kaevatud ainult lahtised kraavid, mis olid ette nähtud drenaaži kogujaiks. Mõnikord on selline tööde osaline väljajätmine ennast hiljem õigustanud, kuid enamasti on kuivenduse intensiivsus siiski nõrgaks jäänud ja drenaaži hilisem täiendamine on muutunud paratamatuks. On aga ka juhtumeid, kus see vajalik hilisem täiendamine on jäänud tegemata; loomulikult pole kuivendusest neil juhtudel loodetud tulemusi saadud.

Drenaaživõrgu hilisem täiendamine või tihendamine ei ole tehniliselt raske turbamaades, kus drenaaž peaaegu eranditult teostatakse üksikdreenide abil, ilma süsteeme kujundamata. Hoopis tülikam on seda aga teha savitorudrenaaži süsteemidega. Igal juhul põhjustab selline hilisem täiendamine lisakulusid ja lisatööd. Seepärast tuleb järkjärgulise drenaaži kasutamise puhul hoolega kaaluda, kas ja millal see võiks õigustatud olla. Kui projekti koostajal kasutada olev välisuurimise materjal maa kuivenduse vajaduse ja liigniiskuse põhjuste kohta on küllaldane, siis ei peaks tekkima vajadust projekteerida midagi ülearust ja siis tuleb kogu projekteeritud drenaaž teostada.

4. VERTIKAALDRENAAŽ

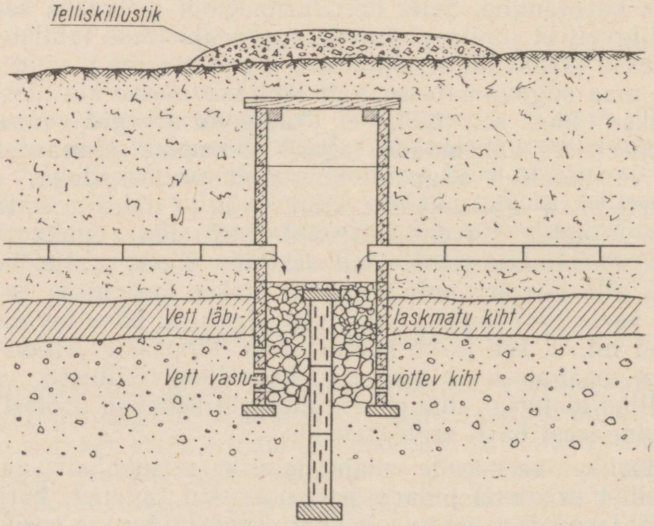
Kui on tegemist väiksemate maatükkide, näiteks üksikute suletud nõgude kuivendamisega, kust vee ärajuhtimine teisiti on raske, võib osutuda otstarbekohaseks nn. hollandi drenaaži ehk vertikaaldrenaaži kasutamine. Selle drenaažimeetodi iseärasus seisab selles, et liigvett ei juhita pinnasest maapealsetesse lahtistesse veejuhtmetesse (kraavidesse, ojadesse, jõgedesse jne.), vaid see suunatakse maa sügavamatesse, vett läbilaskvatesse kihtidesse. Seda teostatakse kas sel teel, et kuivendusdreenid varustatakse 10—80-meetriste vahemaade tagant (olenevalt pinnase läbilaskvusest) vertikaalselt allapoole suunatud torujätkudega, mis ulatuvad vett hästi läbilaskvasse kihti, või — nagu see tavalisem on — suunatakse kuivendusdreenid kokku ühte imbkaevu, mille põhi ulatub läbilaskvasse pinnasekihti. Kaev, mille keskkohal suundub alla vee äravoolu toru, täidetakse keskmises osas kividega ja äärte pool jämeda kruusaga. Pealt on kaev tavaliselt kaetud, kuid nii, et see tarbe korral oleks hõlpsasti leitav. Selleks pannakse pealmiseks kihiks näiteks telliskivikillustik või mõni muu selline materjal, mis on värvuse või koostise poolest ümbritsevast pinnasest hästi eraldatav.

Looduslike veevarude majandamise seisukohalt vaadatuna tuleb sellist drenaaži pidada paremaks kui tavalist, horisontaaldrenaaži. Tihedalt asustatud ja suure veetarvidusega vesikondades võib nimelt esineda juhtusid, et veebilansi sissetulekupool (loo-



44. Vertikaaldrenaaži skeem püstkogujatega.

duslikud sademed) ei suuda enam katta väljaminekupoolt muidu, kui tuleb põhjavee varudest lisa võtta. Mõnedes suurtööstuse piirkondades ja suurlinnades (näiteks Saksamaal) on aga põhjavee varudki nii põhjalikult ära kasutatud (välja pumbatud), et põhjavee pind moodustab neis paikades sügava lehtri. Neis tingimustes ei ole õige juhtida vee ülejääki, mis näiteks maade kuivendusel tekib, maapealsete veejuhtmete kaudu kasutult merre, vaid on soo-



45. Vertikaaldrenaaži skeem kaevkogujaga.

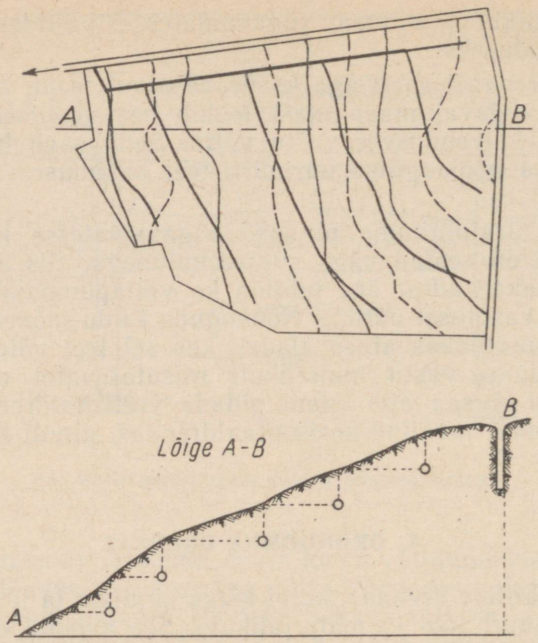
vitatav suunata see maa sügavamatesse kihtidesse põhjavee varude täienduseks.

Sellist drenaaži saab aga kasutada ainult seal, kus maa sees mitte liiga sügaval maapinnast leidub hea veejuhtivusega kiht, mis suudab kuivendusvee vastu võtta. Seda saab kindlaks teha ainult hoolsa geoloogilise uurimise teel küsimuses oleval maa-alal.

Kui vee ärajuhtimine pinnase sügavamatesse kihtidesse on võimatu või on seotud väga suurte kuludega, siis võib vee drenaaži kogujakaevudest ära juhtida ka väljapumpamise teel. Selline viis on kasutusel näiteks Nõukogude Liidu mõnedes stepipiirkondades puuvillakasvatuse aladel, kus sel teel võideldakse pinnase sooldumise vastu kunstlikult niisutatavatel maadel. Seda drenaaživiisi ei saa aga enam pidada vertikaaldrenaažiks, vaid see on pigemini tavaline horisontaaldrenaaž, ainult kunstliku eelvooluga.

5. ÖKONOOMNE DRENAAŽ

Süstemaatiline drenaaž, kuigi kõige kindlam ja levinum, nõuab suhteliselt suurt töö- ja materjalikulu. See asjaolu on juba kaua aega tagasi põhjustanud püüdeid leida selline drenaaživiis, millel oleks süstemaatilise drenaaži kuivendusvõime, kuid mis oleks viimasest odavam. Eriti aktiivselt on selle küsimuse lahendamisel töötatud majandusliku surutise aegadel. Selles suunas tehtud ettepanekutest väärib märkimist meie maal XIX sajandi lõpu poole (1885. a.) tegutsenud taani inseneri P. Rosenstand-Wöldike soovitatud drenaaž, mida on hakatud nimetama ökonoomseks drenaažiks. Oma meetodi põhjendamisel lähtus Wöldike sellest kaalutlusest, et taimekasvuperioodi kestel on veekulu aurumise ja taimede transpiratsiooni teel suurem kui vee juurdetulek sademete näol sama aja kestel. Seepärast saab taimede kasvuajal olla liigniiskuse põhjuseks ainult teistelt aladelt pealevalguv vesi. Selle võõra vee äralõikamiseks pidas Wöldike tarvilikuks paigutada kuivendusdreenid maapinna langu suhtes põiki. Dreeni vett püüdvat mõju luges Wöldike langu suunas allapoole ulatuvaks sinnani, kus dreeni sügavuselt tõmmatud horisontaalpind lõikub maapinnaga. Sellesse kohta pidas ta tarvilikuks asetada järgmise dreeni. Sellise paigutuse puhul kujunes drenaaž suure languga aladel tihedaks ja väikese languga aladel hõredaks. Näiliselt tõotas see drenaažimeetod suurt kulude kokkuhoidu ja saigi nimeks «ökonoomne drenaaž», kuid teenimatult. Õige pea selgusid tegelikkuses selle meetodi nõrkused. Nimelt jäi drenaaži mõju väikese languga maadel dreenide liiga suure (kuni 100 m) vahekauguse tõttu puudulikuks. Sellest drenaažimeetodist loobuti ja mindi jälle üle normaalse tihedusega drenaažile, kuid praeguseni jäi püsima dreenide maapinna langu suhtes põiki paigutamise põhimõte.

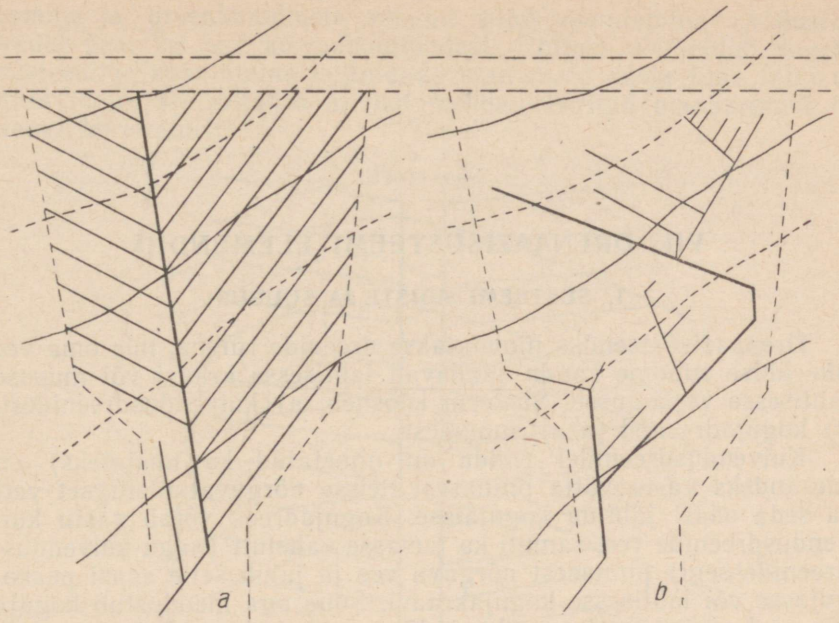


46. P. Rosenstand-Wöldike ökonoomse drenaaži skeem.

6. LÜHIDRENAAŽ

Raske majandusliku surutise ajal Esimesele maailmasõjale järgnenud perioodil Saksamaal tuli insener H. Claus välja jälle uue, omamoodi ökonoomse drenaažimeetodiga, mida ta ise nimetas lühidrenaažiks (Kurzdrainage). Tema meetodi põhiidee seisab päris uues ettekujutuses vete liikumise kohta pinnases. Nimelt väitis H. Claus, et liigvesi pole pinnases ühtlaselt jagunenud, vaid voolab pinnases sooni ja soonekesi mööda (umbes nii nagu veri inimese või looma organismis). Pinnase kuivendamiseks on vaja need sooned üles leida ja nende vesi kinni püüda; üldine, kogu ala hõlmav kuivendusvõrk olevat täiesti ülearune. Veesoonte otsimiseks tuli kasutada nn. nõiavitsa. See kujutas endast kahvlitaoliselt kaheks hargnevat pajuvitsa või selleks valmistatud metallkahvlit, mida veeotsija uuritaval maa-alal käies mõlema käega kinni hoidis ja enda ees kandis. Iga kord, kui uurija sellise «nõiavitsaga» maa-aluse veesoone kohale sattuvat, tegevat vits tema käes nõksaku allapoole. Sellesse paika pandi tähis. Nii kogu maa kindlate sihtide järgi üle käies määrati kõikide veesoonte paigad ja sellele vastavalt projekteeriti kuivendusvõrk.

H. Clausi meetodi järgi kujunes kuivendusvõrgu kuju väga omapäraseks ja tihedus ebaühtlaseks; üldiselt aga jäi drenaaži



47. Süstemaatilise drenaaži ja H. Clausi lühidrenaaži võrdlus.
a — kuivendusvõrk süstemaatilise drenaažiga; *b* — kuivendusvõrk H. Clausi lühidrenaažiga.

pikkus pindalaühiku kohta tunduvalt väiksemaks tavalisest. H. Claus arvas võivat oma meetodiga saavutada kuni 50% kokkuhoidu drenaaži ehitamise kuludes. Kuid katsed selle meetodi ellurakendamisel ei õigustanud lootusi. Ka väga põhjalik katse Leipzigi ülikooli katsemajandis H. Clausi enda poolt koostatud kuivendusprojekti alusel ei andnud loodetud tulemusi. Kogu veesoonte teooria ja soonte avastamise viis, millel Clausi drenaažimeetod rajanes, äratas õigustatud kahtlust. Nii näiteks märgib geoloog professor J. Behr[1] (Berliin), et 247 juhust olid ainult 13,8% sellised, kus veesoonte otsimine «nõiavitsa» abil andis positiivseid resultaate; 23% juhtudel olid tulemused ainult osaliselt õiged ja 63,2% juhtudel täiesti ebaõiged.

Lühiaegse katsetamise järel heideti H. Clausi lühidrenaažimeetod kõrvale. Meil pole seda üldse katsetatud.

---

[1] J. Behr. Zur Statistik der Wünschelrutenfrage. «Der Kulturtechniker», 1934.

VII. DRENAAŽISÜSTEEMI ELEMENDID

1. SÜSTEEMI MÕISTE JA SUURUS

Drenaažisüsteemiks nimetatakse dreenide rühma, mis oma vee ühe ühise suudme kaudu saadavad lahtisesse kraavi või muusse lahtisesse veekogusse. Süsteem koosneb: a) kuivendusdreenidest, b) kogujadreenist ja c) suudmest.

Kuivendusdreenidel (mida on nimetatud ka imejateks) on ülesandeks vastu võtta pinnasest neisse nõrguvat üleliigset vett ja seda edasi juhtida kogujaisse. Kogujadreen võtab vastu kuivendusdreenide vee, samuti ka temasse vahetult (nagu kuivendusdreenidessegi) pinnasest nõrguva vee ja juhib selle edasi peakogujasse või lahtisesse kogujakraavi. Suue aga moodustub koguja või peakoguja suudmepoolsest lõpposast, mis peab tagama vee takistusteta väljavoolu kuivendussüsteemist. Need kolm elementi on igal süsteemil olemas.

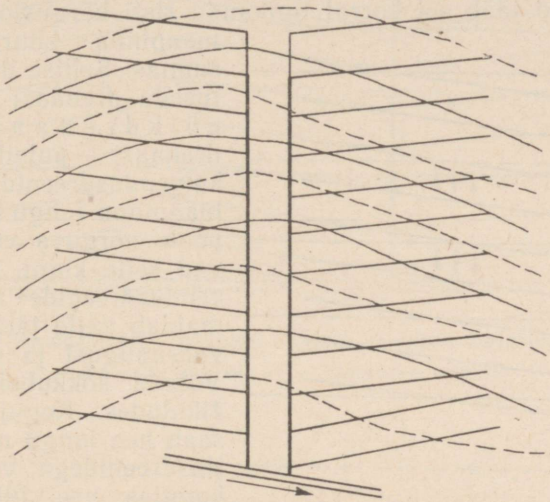
Sellele lisaks võib aga süsteem sisaldada veel mõnesuguseid lisaehitisi, nagu settekaeve, filtreid, sulgusid jm., mida ühise nimega nimetatakse drenaažisüsteemi armatuuriks.

Üksikult, omaette lahtisesse kraavi suubuv dreen ei kujuta endast süsteemi ja seda nimetatakse üksikdreeniks. Kui selline dreen on paigutatud kuivendatava ala piirilähedase nõlva alla, ülesandega piirata kuivendatavat ala kaitseks kõrgemalt pealevalguva vee vastu, siis nimetatakse teda piirdedreeniks. Üksikdreenidena leiavad laialdast kasutamist laudtoru-, freestoru- ja lattdreenid; ka hagu- ja kividreenid, kuivõrd neid tehakse, kujundatakse üksikdreenidena. Seevastu ehitatakse savitorudrenaaž süsteemide kujul, välja arvatud üksikud erandjuhud. Selliseks erandjuhuks võib näiteks olla allika vee ärajuhtimine omaette toruga, mida üldisesse süsteemi pole otstarbekohane sisse võtta.

Maa-ala, mida drenaažisüsteem hõlmab, moodustab süsteemi kuivendatava pindala.

Olenevalt kuivendatava maa looduslikest tingimustest, eeskätt selle reljeefist, kujunevad kuivendussüsteemid suuruselt väga mitmesuguseks — veerand hektarist kuni paarikümne hektarini ja rohkemgi. Soovitatav on ehitada võimalikult suuri süsteeme, sest nende puhul on vähem vaja lahtisi kraave ja ka dreenisuudmete arv jääb väiksemaks. See aga võimaldab kokkuhoidu kuivendussüsteemide iga-aastases korrashoius, sest lahtiste kraavide puhas-

tamine ja dreenisuudmete remont ning uuendamine moodustavadki peamise osa korrashoiutöödest. Ühtlasi võimaldab suurte süsteemide kasutamine kujundada suuremaid välju ilma lahtiste kraavideta, soodustades niiviisi mehhaniseeritud maaharimist ja saagi koristamist.



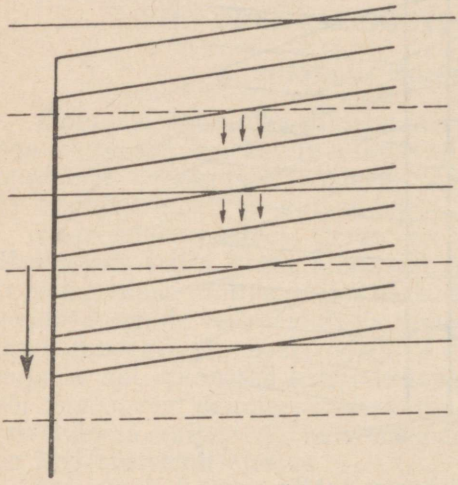
48. Suure süsteemi jagamine kaheks paralleelkogujaga süsteemiks.

Kuid alati pole võimalik kujundada suuri süsteeme. Kõige sagedamini takistab seda maapinna vähene lang või väga liigestunud reljeef. Takistuseks võib osutuda ka vesiliivane pinnas või rohke rauaühendite sisaldus kuivendatavas maas. Neil juhtudel on torude ummistumise oht tavalisest suurem ja suures süsteemis võiks sellise ummistuse tekkimine suudme piirkonnas halvata suure pindala kuivendust. Mõnel juhul võib ka suure süsteemi jaoks nõutavate suurema läbimõõduga torude puudumine sundida süsteemi vähendama. Süsteemi poolitades ei tohi aga asetada kaht kogujat ühisesse kaevikusse, vaid kummagi koguja jaoks tuleb kaevata omaette kaevik sellise vahekaugusega nende vahel, mis vastab antud süsteemis kasutatud kuivendusdreenide vahekaugusele (joonis 48). Suurtel drenaažisüsteemidel võib peale ühe peakoguja olla veel üks või mitu harukogujat, mis mõnikord omakorda võivad hargneda.

Suurtel süsteemidel on aga see puudus, et nende väljaehitamine on keerulisem ning nõuab rohkem täpsust ja hoolt; ühtlasi võib võimaliku rikke korral süsteemi mõnes osas kuivendus olla takistatud suurel pindalal. Väikesed ja lihtsad süsteemid on kergemad ehitada, kuid nad suurendavad drenaaži iga-aastasi korrashoiukulusid.

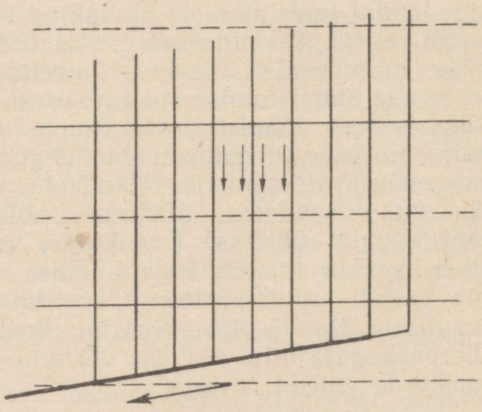
a) Asend maapinna reljeefi suhtes

Süstemaatilise ehk täisdrenaaži puhul on otstarbekohane paigutada kuivendusdreenid maapinna langu suhtes põiki; kogujadreeni asend jääb sel korral ligikaudu risti kõrgusjoontele, s. o. maapinna suurima langu suunas. Sellise dreenide asetusega drenaaži nimetatakse p õ i k d r e n a a ž i k s. Põikdrenaaži puhul lõikavad kuivendusdreenid hästi läbi maapinna langu suunas allapoole nõrguva vee ja püüavad selle kinni. Selline kuivendusdreenide asetus võimaldab neile jätta suuremat vahekaugust ja niiviisi saavutada kokkuhoidu drenaažikuludes. Kogujadreen aga saab hea langu ning kuivendusdreenidega võrreldes on kogujas vee liikumise kiirus suurem, mis tagab parema uhtainete väljakandmise ja hoiab ära ummistused torus. Neil põhjustel püütaksegi võimalikult alati kasutada põikdrenaaži, kui maapinna liiga väike lang seda võimatuks ei tee.

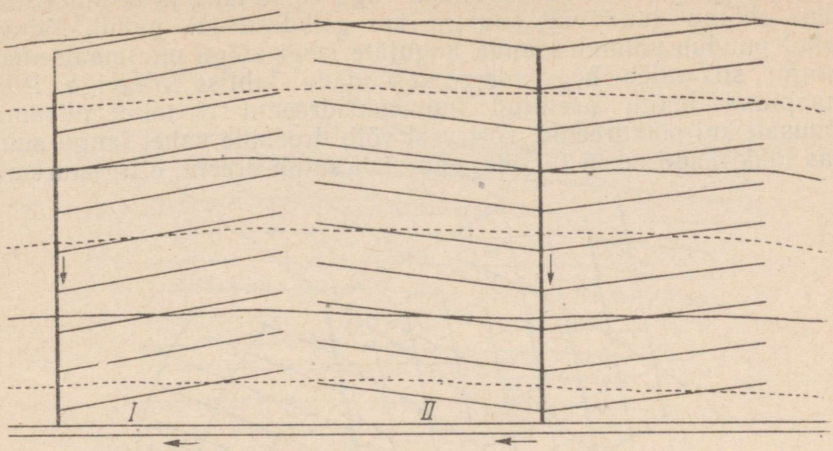


49. Põikdrenaaži skeem.

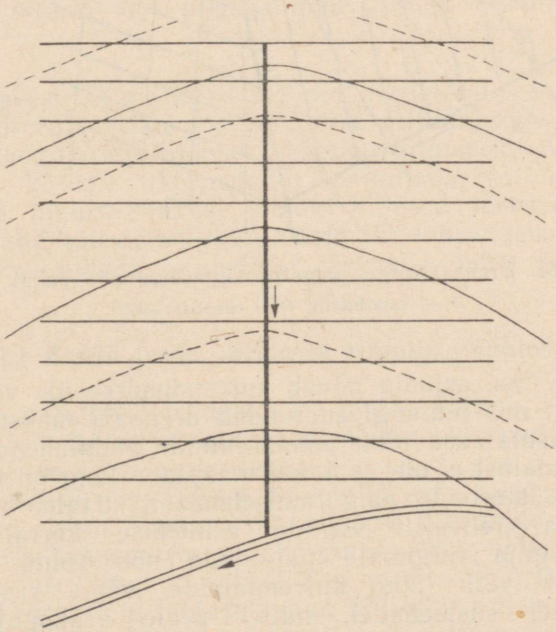
Juhul kui maapinna lang on lähedane miinimumile või isegi väiksem sellest, mida dreenid vajavad (s. o. 0,3%), siis on põikdrenaaži ehitamine raske, sest kuivendajaile tuleb anda kunstlik lang, mis põhjustab kogu süsteemi ulatuses kuivenduse ebaühtlase sügavuse. Niisugusel korral osutub sageli paratamatuks asetada kuivendusdreenid maapinna suurema langu suunas. Sellise kuivendusdreenide asetusega drenaaži nimetatakse p i k i d r e n a a ž i k s, sest kuivendajate suund on piki maapinna langu.



50. Pikidrenaaži skeem.

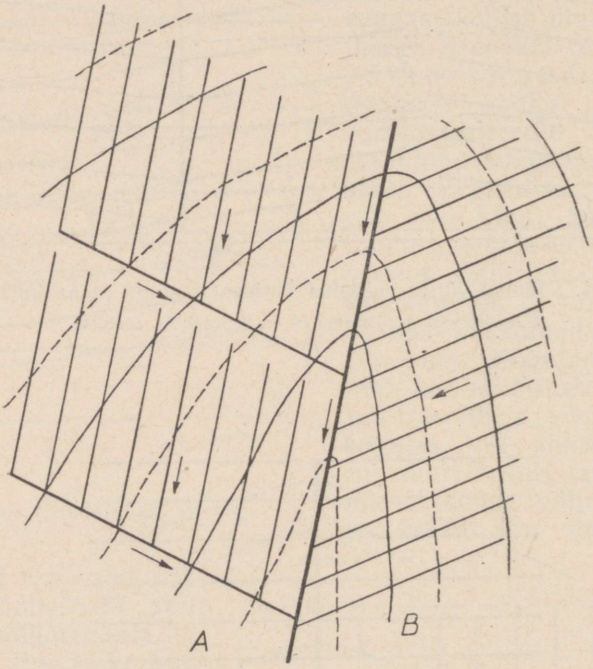


51. Drenaaživõrgu paigutus ühtlase languga maastikul.
I — ühepoolne süsteem; *II* — kahepoolne süsteem.



52. Drenaaživõrgu paigutus väiksema nõo puhul.

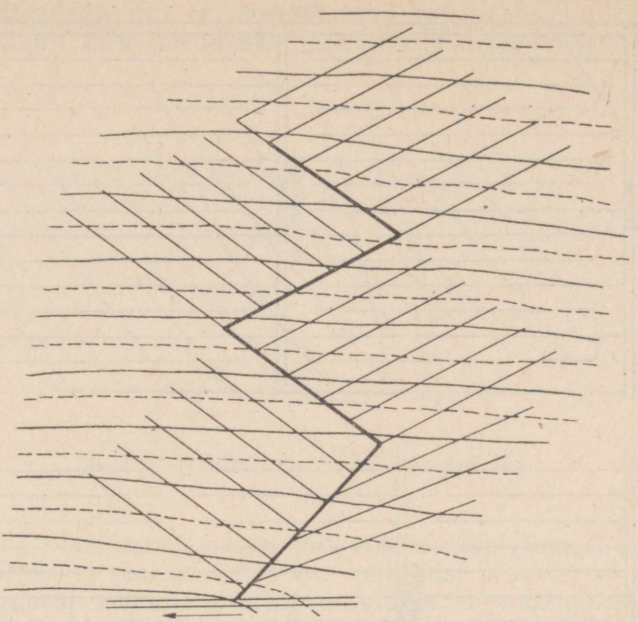
Kogujale jääb sel korral tavaliselt väga väike lang ja ta ummistumise oht on tunduvalt suurem kui põikdrenaaži puhul. Mõnel juhul puudub võimalus anda kogujale isegi kõige minimaalsemat langu; siis tuleb kogujadreen asendada lahtise kraaviga. Piki maapinna langu asetatud kuivendusdreenid ei toimi niisama tõhusalt kui põikdreenid, sest vesi võib dreenide vahel langu suunas tükk maad edasi liikuda, enne kui satub dreeni, eriti suurema



53. Drenaaživõrgu paigutus sügavama nõo puhul.
A — otstarbekalt; *B* — ebaotstarbekalt.

langu puhul. See asjaolu nõuab kuivendusdreenide vahekauguse vähendamist, mis muidugi suurendab drenaaži maksumust. Neil põhjustel kasutatakse pikidrenaaži ainult hädalahendusena, kui paremat võimalust ei ole, s. o. kui maapinna lang on väga väike.

Drenaažisüsteemide paigutamisel maastikku tuleb hoolega silmas pidada reljeefi. Nõgude esinemise korral on vaja süsteemi koguja tingimata paigutada nõo kohta, sest vastasel korral võib nõo kuivendamine väga raskeks osutuda. Suurtel süsteemidel, millel peale peakoguja on ka harukogujaid, tuleb peakoguja asetada reljeefi kõige madalamale kohale. Erandi moodustavad sellised nõokohad põllumaadel, kuhu kevadise lumesulamise ajal või suurte vihmasadude järel koguneb loiguna pinnavett ja veega kantakse kokku

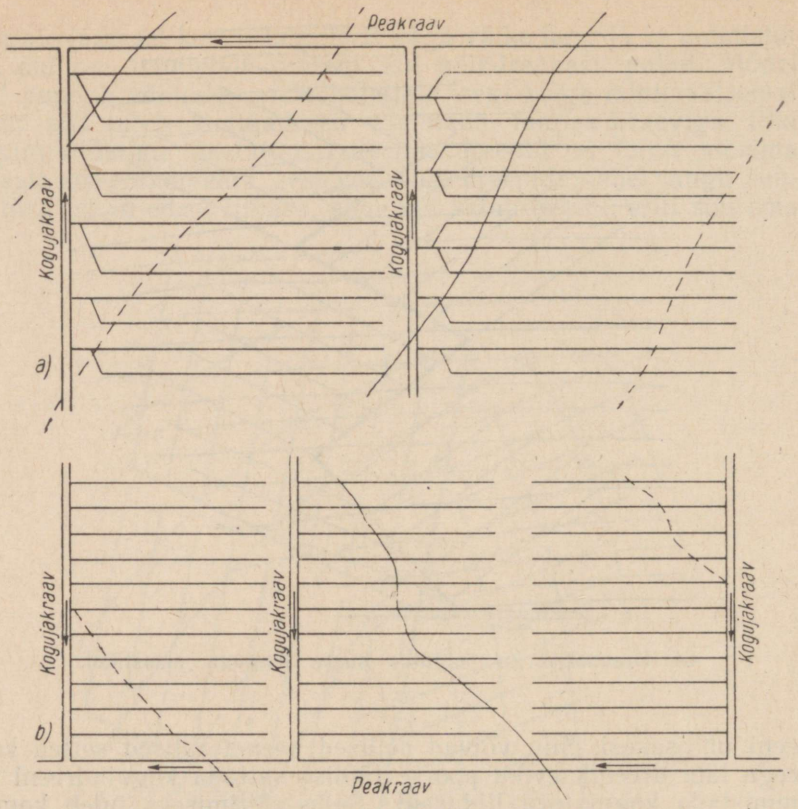


54. Drenaaživõrgu paigutus suure languga maastikul.

peeni uhtosakesi. Siin võivad sellised peeneteralised setted koos veega läbi dreenikaeviku poorse täidise sattuda kogujadreeni või ummistada kogujatoru liiduseid. Selle vältimiseks tuleb koguja nõost veidi kõrvale (kõrgemale) paigutada või kogujadreen kruusfiltriga ümbritseda või koguni liidused tõrvast ja lubjast tehtud kiti abil täiesti sulgeda. Parimaks lahenduseks tuleb niisugusel korral pidada kruusfiltri ehitamist nõva sügavamasse kohta.

b) Asend teede, metsa ja istandike suhtes

Dreenide ristumist teedega tuleb püüda vältida, sest tee alla jäävas osas on dreeni riknemise oht suurem kui mujal, eriti neil juhtudel, kui tee ääres on ka lahtised kraavid. Kus süsteemi läbitoomine tee alt ei ole välditav, seal tuleb seda teha nii, et ainult koguja teega ristub. Ristumiskohas on vaja kogujadreeni kaitsta purunemise ja taimejuurte sissetungimise eest. Selleks suletakse kogujal teealuses osas ja sellest 3—5 meetrit kahele poole kõik toruliidused tõrvast ja lubjast tehtud kiti abil. Kui tee ääres kasvab puude rida või hekk või kui on ette näha nende istutamist, siis peab tihendatav dreeniosa ulatuma puude reast vähemalt 12—15 meetrit kaugemale. Maanteedega ristumise korral, kus on eraldatud ka tee ääreribad, peab drenaažitoru kogu võõrandusriba ula-



55. Drenaaživõrgu paigutus väikese languga maal.
a — mineraalpinnases; *b* — turbapinnases.

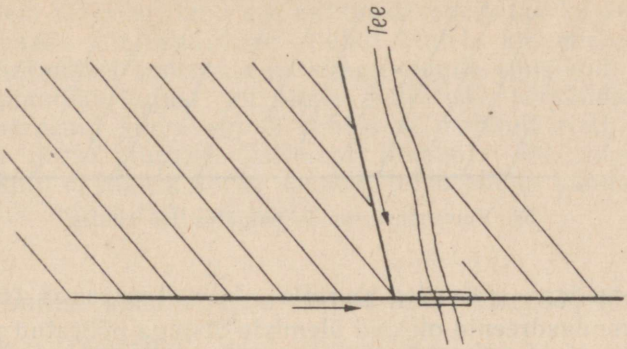
tuses tihendatud olema. Parem on aga sellist ristumist alati vältida. Tee- ja kraavidealune osa torust tuleb sellele lisaks kaitsta veel eraldi kaitsetoruga, mis ümbritseb drenaažitoru. Selleks võib kasutada suurema läbimõõduga drenaažitorusid, mille läbimõõt on nii palju suurem, et drenaažitoru parajasti kaitsetoru sisse mahub, või sobiva läbimõõduga asbesttsementtorusid. Muidugi võib kasutada ka keraamilisi valtsiga torusid. Kui ühtegi neist saada ei ole, tuleb paigaldatud kogujatoru ümber teha laudadest raketis ja valada betoonist kaitse ümber.

Tee ja teekraavide alt läbijuhitavat dreeniosa on vaja kaitsta külmumise eest. Professor L. Keso soovitab dreenitoru külmumise vältimiseks ümbritseda 6—8 sm paksuse puusõekihiga (süsi on teatavasti halb soojusejuht).

Kui dreenikaeviku põhi teealuses osas pole küllalt kindel, siis tuleb savitorudreenile selles osas laudadest alus alla teha.

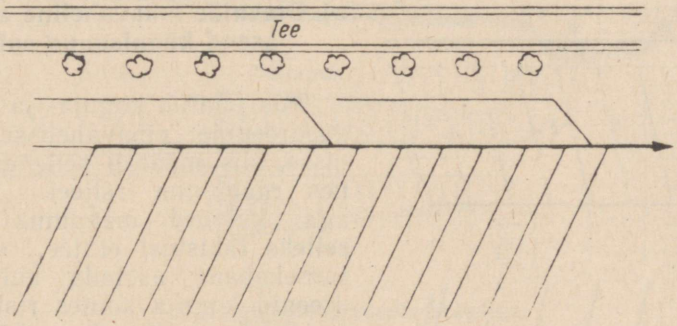
Lihtsamail juhtudel, näiteks kui dreenid ristuvad kruusata-

mata põlluteedega, mis ei ole palistatud kasvavate puudega, võib piirduda ainult toru ühenduskohtade tihedaks tegemisega teealuses osas.



56. Drenaažisüsteemi läbiviimine tee alt.

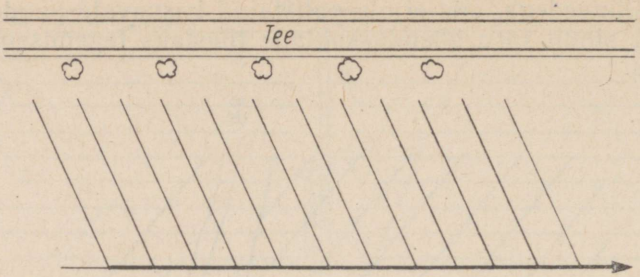
Dreenide tihendamine tee ja kraavide alt läbiviimisel on tarvilik sellepärast, et seal on karta vee tungimist kraavist või teeäärsetest nõgudest vooluna dreeni, kusjuures veevooluga tavaliselt kaasneb ka muda ja liiva kandumine dreenitorudesse. See teki-



57. Drenaaži koguja paigutamine tee suhtes.

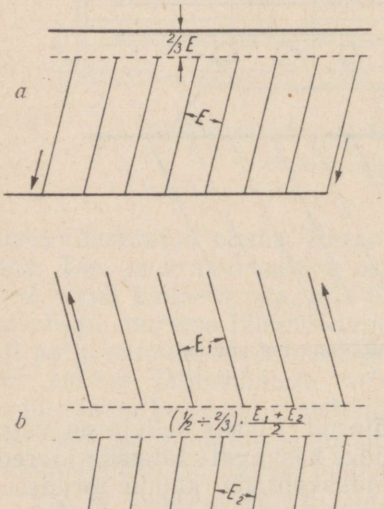
tab teesse auke ja ummistab dreenitorud. Lisaks sellele on väga suureks ohuks teede ääres või kraavides kasvavate taimede juured, mis võivad torude kaitsmata ühenduskohtade kaudu torudesse tungida. Lõpuks on olemas veel seegi oht, et tee- või kraavialune osa dreenist võib läbi külmuda ja tekitada jääkorgi, mis kevadel kaua aega takistaks ülaltpoolt tuleva vee läbivoolu.

Dreenide asendi määramisel tuleb võimalust mööda püüda vältida ka dreenide ja eriti kogujadreeni paigutamist paralleelselt metsa, teeäärse puude rea või hekiga. Kus see siiski välditav ei ole, seal tuleb dreen asetada mitte lähemale kui 20 m kaugusele



58. Kuivendusdreenide paigutus tee suhtes.

puude või põõsaste reast. Parem on aga leida selline lahendus, kus kuivendusdreenid oleksid ülemiste otstega pööratud puude rea, heki või metsaserva poole. Niisugusel korral võib vahemaa dreeni otste ja puude või põõsaste rea vahel olla pisut väiksem, sest kui ka juured tungiksid kuivendusdreenide ülemistesse otstesse, ei halvaks see dreenide muu osa funktsioneerimist; seevastu aga ummistus näiteks kogujadreenis suleb vee äravoolu kogu ülalpool ummistust olevas süsteemi osas.



59. Drenaažisüsteemi kuivendusdreenide ülemiste otste vahekaugused.

a — naaberkogujast; *b* — kahe naabersüsteemi vahel.

c) Dreenide omavaheline asend ja asend künnisuuna suhtes

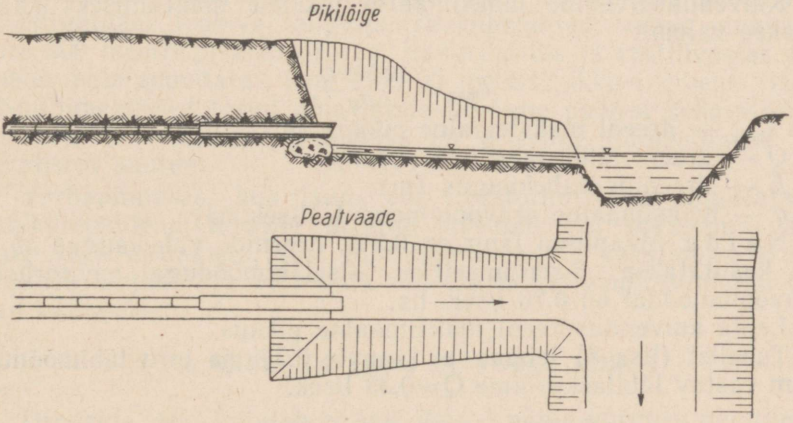
Mis puutub koguja- ja kuivendusdreenide omavahelisse asendisse, siis määrab selle esmajoones maapinna reljeef. Niivõrd aga, kuivõrd maapinna reljeef selleks takistusi ei tee, on otstarbekohane asetada kuivendusdreenid koguja suhtes risti (perpendikulaarselt). See hõlbustab tunduvalt dreenide loodusesse märkimist nende ehitamise ajal, samuti aga ka hiljem nende leidmist, kui peaks tekkima tarvidus mõnda neist lahti kaevata. Kus on ette näha, et dreenikaevikud kaevatakse kraaviadraga, seal on otstarbekohane projekteerida süsteemide asend nii, et mitme süsteemi kuivendusdreenide otsad satuksid kohakuti samadele sirgjoontele. Muidugi pole seda alati võimalik teha, aga kus see või-

malik on, seal hõlbustab selline dreenide asend kraaviadra tööd tunduvalt. Kui dreenikaevikud kaevatakse paljukopalise drenaaži-ekskavaatori abil, siis on sellisel dreenide ühele suunale paigutamisel vähem tähtsust, kuid see on siiski soovitatav ka sel korral.

Põllumaade kuivendamise puhul tuleb kuivendusdreenide asendi määramisel arvestada ka künni suunda (mis võib olla dikteeritud maatüki kujust või pinna reljeefist) ja püüda asetada kuivendusdreenid künnivagude suhtes võimalikult risti, sest see soodustab liigse pinnavee kiiremat äravoolu dreenidesse. Kui maatüki kuju ei määra künni suunda, tuleb püüda künda kuivendusdreenide suhtes risti või põiki.

d) Dreenide asend, sõltuvalt teistest teguritest

Üldiseks põhimõtteks drenaaži projekteerimisel ja ehitamisel on püüda liigvett pinnasest ära juhtida kõige lühemat teed mööda. Seda silmas pidades on soovitatav teha kõik dreenid, eriti kogujad,



60. Kogujadreen suudmekraaviga.

sirgetena, ilma käänakuteta, kui maapinna reljeef seda ei takista. Erandi moodustavad ainult need juhud, kus suure langu poolt põhjustatud vee lubamatult suure kiiruse vähendamiseks kogujadreenis on langu vähendamiseks paratamatu suurendada koguja pikkust selle siksakiliseks kujundamise teel (joonis 54).

Drenaaži kogujat ei ole soovitatav suunata lahtisesse vee vastuvõtjasse (peakraavi, jõkke jne.) vahetult ülalpool silda, truupi, paisu, lüüsi või muud vesiehitist, kui need võivad mõjuda vett paisutavalt ja takistada vee väljavoolu süsteemi suudmest.

Kogujat ei tohi asetada ka vana kraavi põhja või vana kraavi kohale sügavamale, sest siin leiduvate mitmesuguste põõsaste, eriti pajude juured ning tugevajuureliste veetaimede ja muude

umbrohtude sügaval paiknevad juured võivad liitekohtade kaudu hõlpsasti dreenitorusse tungida ja põhjustada toru ummistumist. Ka esineb vana kraavi põhjas rohkesti muda, mis veega võib kanduda dreeni ja põhjustada selle ummistumist.

Kui kogujadreeni sügavus kogujakraavi juures jääb liiga väikeseks, kasutatakse suudmekraavi (joonis 60).

3. DREENIDE PIKKUS

Kuivendusvõrgu ehitus muutub üldiselt seda lihtsamaks, mida pikemad on kuivendusdreenid. Kuivendajate ja kogujate vahelisi ühenduskohti tuleb pikemate dreenide korral märksa vähem, mis alandab drenaaži maksumust. Liiga pikki kuivendusdreene ei või aga kasutada, sest siis esineb rohkem ummistumist ja kuivendusdreeni torude läbimõõt jääb vajaliku veehulga ärajuhtimiseks liiga väikeseks. Väikese languga maapinnal tuleb dreenidele kunstliku langu andmise korral nende pikkust tunduvalt vähendada.

Kuivendusdreenide maksimaalse pikkuse määramiseks kasutatakse valemit

$$l_{max} = \frac{10\,000\,Q}{Eq},$$

kus l_{max} — dreeni maksimaalne pikkus (m);
Q — dreeni läbilaskevõime (l/sek);
E — dreenide vahekaugus (m);
q — maksimaalne äravoolumoodul (l/sek. ha).

N ä i d e. Maapinna lang on 0,3%, dreenide vahekaugus 30 m ja kasutatakse 5-sentimeetrise siseläbimõõduga savitorusid. Äravoolumoodul on 0,70 l/sek. ha.

Leida kuivendusdreeni maksimaalne pikkus.

Tabelist (lisa 5) leiame, et langule 0,3% ja toru läbimõõdule 5 sm vastav läbilaskevõime Q=0,33 l/sek.

$$l_{max} = \frac{10\,000\,Q}{Eq} = \frac{10\,000 \cdot 0{,}33}{30 \cdot 0{,}7} = \frac{3300}{21} = 157\text{m}.$$

Valemist nähtub, et dreeni lubatav pikkus oleneb ta läbilaskevõimest (antud läbimõõdu ja langu juures), dreenide vahekaugusest ja valitud äravoolumoodulist dreeni töötamise kriitilisel perioodil. Drenaaži äravoolumoodul muutub aasta kestel laiades piirides, olenevalt aastaajast ja sademete hulgast. Ka eri pinnastes on see erinev ja tõenäoliselt avaldab sellele oma mõju ka maa kasutamise viis. Arvutuslikeks mooduliteks soovitab A. N. Kostjakov pinnasest olenevalt võtta 0,3—0,9 l/sek. ha. Kui ka läbilaskvate pinnaste jaoks võtta 0,9 l/sek. ha, siis selgi juhul võib 50 mm siseläbimõõduga kuivendusdreen minimaalse langu (0,3%) ja dreenide vahekauguse 30 m juures omada pikkust

$$l_{max} = \frac{10\,000 \cdot 0{,}33}{30 \cdot 0{,}9} = 122\text{m}.$$

Suurema langu korral, mispuhul ka toru läbilaskevõime on suurem, võib dreen (sama läbimõõdu juures) muidugi pikem olla.

Kasutades aga kuivendusdreenideks torusid siseläbimõõduga 40 mm, ei võiks kuivendusdreeni pikkus süsteemis minimaalse langu korral olla rohkem kui

$$l_{max} = \frac{10\,000 \cdot 0{,}18}{30 \cdot 0{,}9} = 67 \text{ m.}$$

Niigi lühikesi dreene võib ja tulebki mõnikord teha, kuid üldiselt peetakse selliseid dreene juba soovimatult lühikeseks. Lühikeste kuivendusdreenidega süsteemi puhul tuleb torude ühendusi teha tunduvalt rohkem kui pikkade kuivendusdreenide puhul, mis muidugi suurendab tööhulka. Aga ka muus osas kujuneb lühikeste kuivendusdreenidega drenaaž kallimaks pikkade kuivendusdreenidega drenaažist.

Normaalseks tuleb pidada dreenide pikkust keskmiselt 100—150 meetri piirides. Põikdrenaaži puhul võib keskmise läbilaskvusega ja raskemates pinnastes kasutada kuni 180 meetri pikkusi ja erandjuhtudel (sobiva languga, rauaühenditest vabas pinnases) kuni 200 meetri pikkusi dreene. Rauarikastes ja vesiliivastes pinnastes pole soovitatav teha üle 100 meetri pikkusi dreene (kuigi 50-millimeetrised torud oma läbilaskevõime poolest seda võimaldaksid), sest sellistes pinnastes on dreenide ummistumise oht tavalisest suurem.

Turbapinnases, kus laud- või freestorudreenid paigutatakse üksikdreenidena, tehakse dreenid pikemad, kui maapinna väike lang seda ei takista, sest lühikeste dreenide kasutamise korral kujuneb lahtiste kraavide hulk suureks ja väljakute pindalad jäävad väikeseks.

4. DREENIDE LANG JA VOOLU KIIRUS

Dreenide lang kujutab endast dreeni põhja kõrguse muutumist pikkusühiku kohta (vt. joonist 61):

$$\frac{h_2 - h_1}{l},$$

kus h_2 — põhja kõrgus (m) punktis 2;
h_1 — „ „ „ „ 1;
l — punktide vahekaugus (m).

Langu märgitakse tavaliselt tähega I ja väljendatakse kahesugusel viisil, nimelt:

a) suhtena, mis näitab, kui pika maa kohta tuleb 1 meeter langust, näiteks:

$I = 1 : 100$, tähendab 1 m langust 100 m pikkuse kohta
$I = 1 : 1000$ „ 1 m „ 1000 m „ „
$I = 1 : 2000$ „ 1 m „ 2000 m „ „ jne.

või:

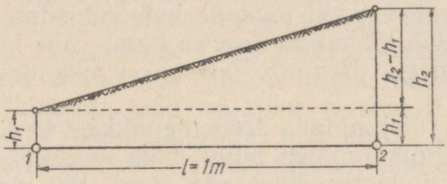
b) suhtarvuna, mis näitab, kui palju langust tuleb 1 pikkusühiku kohta, näiteks:

$I = 0{,}01$ tähendab $\frac{1}{100}$ m ehk 1 sm langust 1 m pikkuse kohta

$I = 0{,}001$ „ $\frac{1}{1000}$ m ehk 1 mm langust 1 m „ „

$I = 0{,}0005$ „ $\frac{5}{10\,000}$ m ehk 0,5 mm langust 1 m „ „

jne.



61. Langu skeem.

Enamasti on kasutusel viimane langu tähistamise viis, kusjuures mugavuse mõttes märgitakse see mitte pikkuse 1 m kohta, vaid 100 m kohta või koguni 1000 m kohta. Esimesel juhul märgitakse langu protsentides (näiteks 1%, 0,10%, 0,05% jne.), teisel juhul promillides (näiteks 10‰, 1‰, 0,5‰ jne.). Drenaaži puhul kasutatakse enamasti langu märkimist protsentides, kuid lahtiste kraavide langu on saanud kombeks märkida promillides või ka absoluutarvuna ($I = 0{,}0001$, $I = 0{,}0005$ jne.).

Vee äravoolu tagamiseks tuleb dreenidele anda vajalik lang. Langu suurus oleneb üldiselt maapinna langust, kuid dreeni lan-

Tabel 19

Minimaalne voolu kiirus torudes ja dreeni minimaalne lang eri pinnastes

Pinnase liik	V_{min} (m/sek)					I_{min} (%)				
	Toru siseläbimõõt (mm)									
	50	75	100	125	150	50	75	100	125	150
Raske savi või turvas ilma suurema rauа- või väävliühendite sisalduseta	0,12	0,17	0,21	0,25	0,29	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Liivsavi	0,15	0,19	0,21	0,25	0,29	0,25	0,20	0,15	0,15	0,15
Saviliiv	0,17	0,22	0,24	0,25	0,29	0,30	0,25	0,20	0,15	0,15
Mineraal- ja turbapinnased rohke rauа- või väävliühendite sisaldusega	0,20	0,25	0,30	0,33	0,38	0,45	0,35	0,30	0,25	0,25
Vesiliiv	0,24	0,30	0,35	0,40	0,42	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30

gul on oma alammäär ja ülemmäär, mille piirides see tuleb valida. Need piirid määrab lubatav voolu kiirus dreenides.

Voolu kiiruse alammääraks dreenides on selline kiirus, mis tagab, et uhtmed dreenis ei seti, vaid et vesi nad dreenist välja uhub.

Tabelis 19 on toodud tavalisemate pinnaste jaoks savitorudreenide minimaalsed langud ja minimaalsed voolu kiirused, millest väiksemate kasutamine pole lubatud.

Akadeemik A. N. Kostjakov ei pea soovitatavaks, et voolu kiirus dreenides oleks alla 0,2 m/sek või üle 1 m/sek.

Vastavalt lubatavate kiiruste piiridele on võimalik tuntud Chézy valemist

$$V = C\sqrt{\frac{dI}{4}} = \frac{C}{2}\sqrt{dI} = C_0\sqrt{dI}$$

arvutada need langu alam- ja ülemmäärad, mida lubatavad kiiruse alam- ja ülemmäärad dreenidele anda võimaldavad.

Nimelt saab valemist:

$$V = C_0\sqrt{dI};$$
$$V^2 = C_0^2 dI \text{ ehk}$$
$$I = \frac{V^2}{C^2_0 d},$$

kus I — dreeni lang (absoluutarvuna);
V — voolu kiirus (m/sek);
d — dreenitoru siseläbimõõt (m);

$C_0 = \frac{50\sqrt{d}}{0{,}6 + \sqrt{d}}$ — kiirustegur Kutteri järgi.

Esitatud valemit kasutades on kehtivate toruläbimõõtude jaoks toodud tabelis 20 langu alam- ja ülemmäärad kiiruste piiride juures $V_{min} = 0{,}2$ m/sek ja $V_{max} = 1$ m/sek.

Tabel 20

Voolu minimaalne ja maksimaalne kiirus drenaažitorudes

Toru läbimõõt (mm)	I_{min} (‰) ($V_{min} = 0{,}2$ m/sek)	I_{max} (‰) ($V_{max} = 1$ m/sek)
50	0,43	10,82
75	0,22	5,40
100	0,13	3,35
125	0,09	2,34
150	0,07	1,74

Esitatud langupiirid on üldiselt küllalt avarad muude toruläbimõõtude jaoks, kuid 50-millimeetristel torudel tuleb siiski sageli

kasutada väiksemat langu kui 0,43% ja leppida siis ka väiksema voolu kiirusega kui 0,2 m/sek. Muidugi ei ole alammäär optimaalne näitaja. Vastupidi — tuleb alati püüda saavutada lubatud minimaalsest suurem lang. Optimaalseks voolu kiiruseks võiks lugeda 0,6—0,8 m/sek.

Mis puutub aga voolu kiiruse ülempiirisse, siis selles osas lähevad teadlaste arvamused lahku.

Akadeemik A. N. Kostjakov ja professor A. A. Tšerkassov peavad voolu kiiruse lubatavaks ülemmääraks savitorudreenides 1 m/sek. Teistsugusel arvamusel on aga prof. A. D. Brudastov [1], kes peab lubatavaks piiriks laudtorudes 2,5 m/sek ja savitorudes 3—4 m/sek.

Meie vabariigi tingimustes tekitab kiiruse alampiirist kinnipidamine tavaliselt palju sagedamini raskusi kui kiiruse ülempiiri kohta seatud nõude täitmine. Kuid kui selleks tarvidus tekib, võib voolu kiirust 1 m/sek siiski ilma suurema kartuseta ületada ja lubada voolu kiirust drenaažitorudes kuni 1,5 m/sek, tingimusel, et torud on paigaldatud korralikult, nii et toruliiduste vahed jäävad 1—2 mm piiridesse, ja et pole tegemist liivapinnasega.

Drenaažisüsteemide moodustamisel on eesmärgiks liigne vesi pinnasest nii ära juhtida, et see lühimat teed mööda voolaks lahtisesse vee vastuvõtjasse. Seejuures tuleb püüda saavutada võimalikult ühtlane kuivenduse intensiivsus kogu süsteemi ulatuses ning paigutada kuivendajad ja kogujad niiviisi, et nende kuivendustoime oleks antud võimalustes maksimaalne ja et voolu kiirus torudes vee liikumisel kuivendajast kogujasse ja sealt suudmeni ei väheneks, vaid pigem suureneks. Voolu kiiruse pidev suurenemine — niikaua kui see ei ületa lubatava kiiruse piiri — on soovitatav sellepärast, et see väldib uhtainete settimist torudes ja ühtlasi torude ummistumist. Alati pole voolu kiiruse vähenemist kogujas siiski võimalik vältida; niisugustel kordadel tuleb langu murdekohta ehitada settekaev uhtainete kinnipüüdmiseks.

Nagu tähendatud, püütakse dreenid asetada ühtlase sügavusega, et saavutada võimalikult ühtlane kuivendus. Kus aga maapinna lang on isegi lubatud minimaalsest väiksem, seal kasutatakse nn. kunstlikku langu. See seisab selles, et dreenidele antakse suurem lang, kui on maapinnal. Selle tõttu on dreenid alumises osas sügavamal kui ülemises osas ja kuivenduse intensiivsus jääb paratamatult mõningal määral ebaühtlaseks. See sunnib enamasti ka dreenide pikkust vähendama. Kuid kõigi nende pahedega, kui paremat võimalust ei ole, tuleb leppida.

NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse (ГЛАВВОДХОЗ) juhendis (1957. aastast) kuivendussüsteemide projekteerimise kohta määratakse dreenidele järgmised langu alammäärad:

---

[1] А. Д. Брудастов. Осушение минеральных и болотных земель. Издание четвертое. Москва, 1955.

savi-, asbesttsement- ja klaastorudele	0,2%
õõnespuit- ja laudtorudele	0,3%
hagu- ja lattdreenidele	0,4%
kividreenidele	0,5%
muttdreenidele mineraalpinnases	0,2%
„ turbapinnases	0,3%
piludreenidele	0,1%

Kergem on raskustest üle saada, kui maapinna lang on suur. Kuivendusdreenidele on sel juhul põikdrenaaži põhimõtet rakendades ikka võimalik sobivat langu saada, kogujadreenil aga vähendatakse langu sel teel, et koguja pikkust suurendatakse talle siksakilise kuju andmisega või sobivatesse kohtadesse astangukaevude vaheleehitamise teel. Neis kohtades, kus suur lang põhjustab drenaaži kogujas voolu kiirust 1,5 m/sek või üle selle, on vaja torude liitekohad ümbritseda sobiva filterainega, mis takistaks mullaosakesi või liiva liitekohtade kaudu dreeni tungimast. Liivases pinnases võib juba voolu kiirus üle 1 m/sek tekitada liiva imemist liiduste kaudu torudesse või ka liiva ärauhtumist toru ümbert. Seda tuleb aga kõigiti püüda vältida, sest see võib põhjustada maa õõnestumist torude ümbert ja selle tagajärjel nende kohaltnihkumist.

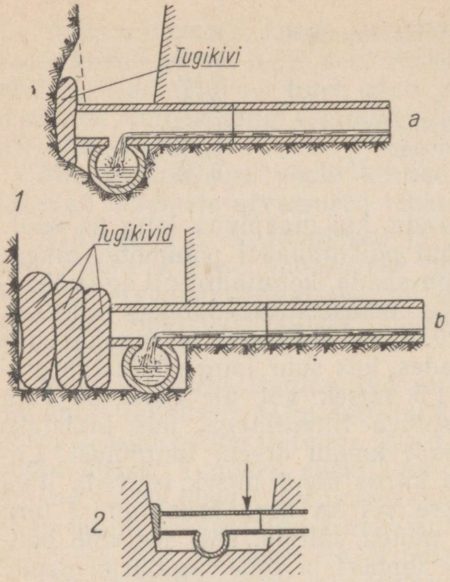
5. DREENIDE ÜHENDAMINE

Kuivendusdreenide ja kogujadreeni ühendamise vajadus esineb peamiselt torudrenaaži puhul mineraalmaade kuivendamisel, kus drenaaživõrk projekteeritakse ja ehitatakse süsteemide kujul. Turbamaadel võib selline dreenide ühendamise vajadus esineda laudtorudrenaaži puhul, kui langusuhted kuivendataval maal loovad võimaluse süsteemide kujundamiseks. Ühenduste tegemise vajadus võiks mõeldav olla ka freestorudrenaaži puhul. Täidis- ja õõsdrenaaži puhul aga dreenide ühendamist tavaliselt ei esine, sest neist süsteeme ei moodustata.

Kõige tavalisemad on meie vabariigi tingimustes savitorudrenaaži ühendused. Neid tehakse a) pealtühenduste või b) külgühenduste kujul.

a) Pealtühendus

Pealtühenduse korral raiutakse tavaliselt väikese toruhaamri abil kogujatoru pealmisele küljele ja temasse suubuva kuivendustoru alumisele küljele auk sisse. Mõlemad augud tehakse elliptilise kujuga, nii et koguja ellipsi lühim telg langeks kokku toru telje suunaga, kuivendustorul aga oleks see risti toru teljele. Aukude lühem läbimõõt peab vastama ligikaudu kuivendustoru siseläbimõõdule. Elliptilise kujuga augud liituvad kohakuti asetatuina paremini kui ümmargused augud, sest liituvate pindade kumeruse suurus on erinev. Kogujatorul raiutakse auk keskkohale,

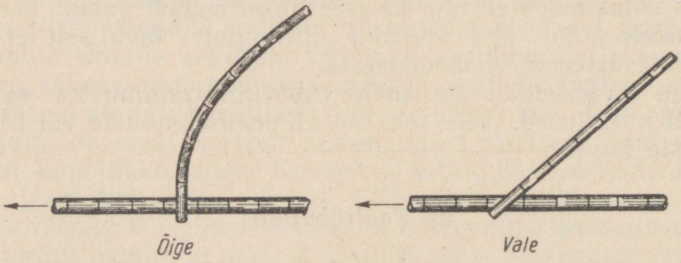


62. Savitorudreenide pealtühendus.

1 — õigesti: *a* — kitsas kogujadreeni kaevikus; *b* — laias kogujadreeni kaevikus; *2* — valesti.

temasse suubuval kuivendustorul on aga otstarbekohasem teha auk umbes 1/3 kaugusele alumisest otsast, sest nii jääb sissesuubuv kuivendustoru pikemalt kuivendaja kaeviku põhjale kandma. Et kaeviku põhi torude ühenduskohas on sageli vajalikust laiem või ilma astet jätmata sisse kaevatud, siis kuivendaja toru, millel auk koguja ühendamiseks on tehtud keskele, ei jää oma vaba otsaga kas üldse toetuma kindlale alusele või jääb kandma ainult väga lühikeses ulatuses. Nii ei ole aga ühendusel vajalikku stabiilsust ja toru ots võib pärast dreeni kinniajamist kohalt ära nihkuda.

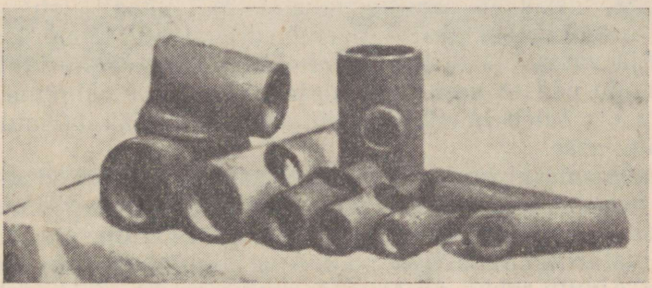
On väga oluline, et ühenduskoht oleks võimalikult tihe, sest vastasel korral võib sealtkaudu kogujatorusse sattuda liiva ja muda. Seepärast on soovitatav ühendusaukude tegemisel kasutada nende sissefreesimist sobivakujulise smirgelkäia abil, nagu seda prak-



63. Kuivendusdreeni alumise otsa suubumine kogujasse pealtühenduse puhul.

tiseeritakse Lätis. Kogujatorule tuleb auk teha silindrikujulise käia abil, mille läbimõõt vastab kuivendustoru läbimõõdule, ja kuivendustorule vastavalt käia abil, mille läbimõõt vastab kogujatoru läbimõõdule. Nii saadakse tihe ja korralik

liitekoht. Head ühendust võimaldavad teha ka spetsiaalsed ühendustorud (nn. fassongosad), nagu need on kujutatud joonisel 64. Kahjuks ei valmistata selliseid ühendustorusid mehhaniseeritult savitorutööstustes. Olgugi et selliste torude hind kujuneb kõrgemaks tavalise savitoru hinnast, oleks selliste spetsiaaltorude kasutuselevõtmine laiemas ulatuses siiski õigustatud, sest torude ühenduste tegemine muutuks sel juhul lihtsamaks ja kiiremaks ning ühenduste kvaliteet tõuseks märgatavalt. Ühenduste



64. Spetsiaalsed ühendusosad pealtühenduse jaoks.

kvaliteet on aga hindamatult suure tähtsusega. Kui ühenduste tegemiseks kasutatakse tavalisi drenaažitorusid, siis tuleb kogujasse suubuva kuivendusdreeni toru kogujapoolne ots selles osas, mis ulatub üle kogujatoru, lapiku kiviga sulgeda. Kivi ja toru otsa vahe tuleb tihendada, et sealtkaudu ei pääseks kogujatorusse liiva ega muda. Samuti vajab torude ühendusaugu ümbrus väljastpoolt tihendamist. Selleks võib kasutada tõrva ja lubja segust tehtud kitti või mõnd muud sobivat tihendusainet (asfalt, bituumen, tsement jt.).

Ühenduskohas peab niihästi koguja- kui ka kuivendusdreeni torulüli olema täie, normaalpikkusega. Kui kuivendusdreeni pikkus tingib ühendamisel pooliku pikkusega torulüli kasutamist, siis ei asetata sellist lühemat lüli kuivendusdreenil ühenduskohta, vaid sellest vähemalt 3—4 lüli võrra ülespoole (vastuvoolu).

Kui kuivendusdreenid suubuvad kogujasse mõlemalt poolt, ei tehta ühendust koguja ühe ja sama torulüli peale, vaid kumbki kuivendusdreen suubugu kogujasse eraldi torulüli kaudu. Seejuures on soovitatav, et ühenduskohad ei satuks ka koguja kahele naaberlülile, vaid et ühenduskohtade vahele jääks paar-kolm kogujalüli. Mõnikord on neil juhtudel, kui kuivendusdreenid suubuvad kogujasse mõlemalt poolt ühes kohas, tahetud üheainsa kuivendusdreeni torulüliga vastu võtta mõlema kuivendaja vesi. Selleks tehakse ühenduskoha auk kuivendustoru lüli keskele ja asetatakse see risti üle koguja nii, et torulüli üks ots liituks ühe ja teine teise (vastassuunalise) kuivendajaga. Sellist ühendust ei saa pidada otstarbekohaseks, sest ühenduskoht tuleb ebakindel

ja auk kuivendaja torus jääb väikeseks kahe kuivendusdreeni vee läbilaskmiseks.

Kuivendusdreeni ühendamine kogujaga peab pealtühenduse korral toimuma täisnurga all. Kui projekti järgi on ette nähtud teravnurkne ühendus, siis tuleb töö tegelikul teostamisel dreeni alumise otsa suunda vajalikus ulatuses kaarjalt muuta, nii et ühendus toimuks ikkagi täisnurga all (joonis 63). Ainult spetsiaalseid pealtühendustorusid kasutades on võimalik ühendust teha ka teravnurga all.

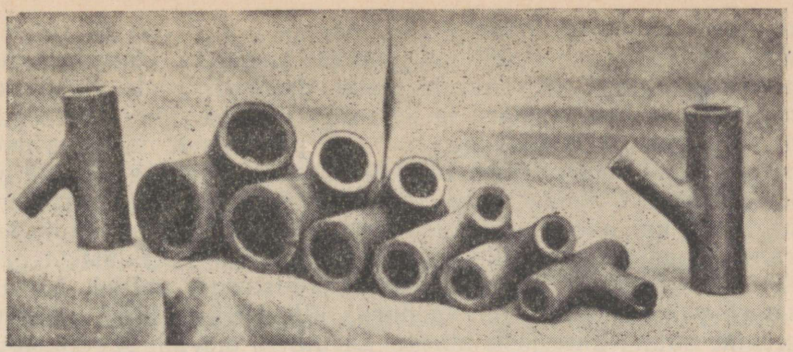
Laudtorudel saab pealtühendust väga lihtsalt teha sel teel, et ühenduskohal saetakse kuivendusdreeni põhjalaud kogujatoru laiuselt ja vastavalt ka kogujatoru kaanelaud välja. Nii kujuneva augu kaudu pääseb vesi kuivendajast kogujasse valguma. Kuivendajatoru ots tuleb lauatükiga sulgeda, et takistada mulla sattumist kogujasse.

Pealtühendusel on see hea omadus, et see ei kitsenda ega takista vee voolu kogujas. Ka on pealtühenduse tegemine tehniliselt lihtsam kui külgühenduse tegemine. Pealtühendus ongi seepärast otstarbekohane igal pool, kus koguja sügavus seda võimaldab. Ainult rohke rauasisaldusega pinnases ei peeta pealtühendust soovitatavaks sel põhjusel, et see ühendus vee suurema kokkupuutumise tõttu õhuga soodustab vees lahustunud rauaühendite muutumist raudhüdroksüüdiks, mis sülditaolise massina võib kogujatorus põhjustada ummistumist. Peab aga silmas pidama, et pealtühenduse kasutamise korral tuleb kogujadreeni kaeviku põhi kaevata vajalikul määral sügavamaks, kui on kuivendusdreeni põhi.

b) Külgühendus

Väikeste langude puhul, kus kogujale on võimatu pealtühenduse jaoks vajalikku sügavust anda või kus sellise sügavuse andmine nõuaks ülemäära suuri kulusid drenaaži kogujate ja eelvoolu lisasüvenduse näol, osutub paratamatuks kasutada külgühendust. Sellist ühendust soovitatakse kasutada ka rauarikaste pinnaste kuivendamisel. Külgühenduse korral voolab vesi kuivendusdreenidest kogujasse enam-vähem sujuvalt, kosekesetaolist hüpet tegemata, nagu see toimub pealtühenduse puhul.

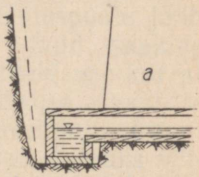
Külgühenduse korral tehakse kogujatorule auk küljesse ja sellesse suunatakse kuivendusdreeni toru. Sealjuures ei tohi kuivendusdreeni toru ots ulatuda kogujatorusse selle siseseinast sissepoole, sest vastasel korral takistaks see toru ots vee voolu kogujas. Nagu pealtühenduse puhul, nii on ka külgühenduse puhul tähtis, et ühendus oleks tihe ja et ei jääks auke ega pragusid, kust liiva ja muda võiks kogujatorusse pääseda. Koguja torulüli, kuhu kuivendusdreen sisse suubub, tuleb ühenduskoha vastasküljelt toetada lapiku kiviga; see hoiab ühenduskohas ära koguja torulüli väljasurumise õigest asendist.

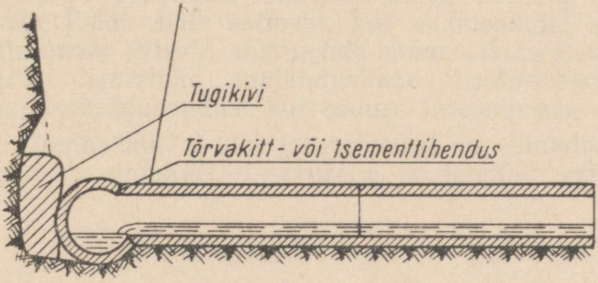


65. Spetsiaalsed ühendusosad külgühenduse jaoks.

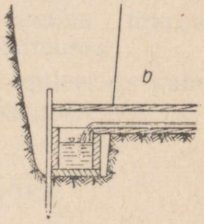
Paremini kui käsitsi raiumise teel saab ka külgühenduse puhul augud teha käiaga, nagu sellest eespool on räägitud.

Veelgi otstarbekohasem on külgühenduste tegemiseks kasutada spetsiaalseid külgühendustorusid, nagu on näidatud joonisel 65.





66. Savitorudreenide külgühendus.



67. Laudtorude *a* — külg- ja *b* — pealtühendus.

Käsitsi külgühenduse tegemise korral tuleb kogujadreeni põhi kuivendusdreeni põhjast koguja- ja kuivendustoru välise läbimõõdu vahe võrra sügavamaks teha.

Kui pealtühenduse puhul on nõutav, et kuivendusdreen suunduks kogujadreeni täisnurga all, siis külgühenduse puhul on üldiselt soovitatavaks peetud suunata kuivendusdreen kogujasse teravnurga all. Sellele vastavalt tehakse ka külgühenduse spetsiaaltorud 60°-se nurgaga kuivendustoru ja kogujatoru vahel. Teravat nurka kuivendusdreeni ja koguja vahel on peetud soovitatavaks peamiselt hüdrodünaamilistel kaalutlustel. Uuemad labo-

ratoorsed uurimised, mida P. W. Manson ja F. W. Blaisdell on sooritanud Minnesota ülikooli juures Ameerika Ühendriikides [1], on aga näidanud, et energia kadu drenaažitorude täisnurkses ühenduses — kui harutoru ja peatoru töötavad täie ristlõikega ja on ühesuguse läbimõõduga — on praktiliselt vähe erinevad energia kaost teravnurkses (45°) ühenduses. Seepärast ei ole põhjust püüda kuivendusdreene kogujasse suunata tingimata teravnurga all, kui ühendused tuleb teha tavaliste drenaažitorudega. Erandi moodustavad muidugi need juhud, kus ühenduste tegemiseks on kasutada spetsiaalsed ühendustorud, millel harutoru asetseb peatoru suhtes terava nurga all. Neil juhtudel määravad dreenide suuna ühenduskohtades kasutada olevad ühendustorud.

---

[1] P. W. Manson and F. W. Blaisdell. Energy Losses at Draintile Junctions. "Agricultural Engineering", USA, April 1956.

VIII. DRENAAŽKUIVENDUSE INTENSIIVSUS

Kesksemaks küsimuseks drenaažil on kuivenduse intensiivsuse määramine, sest sellest oleneb ühelt poolt drenaaži efektiivsus, teiselt poolt aga ka tema maksumus.

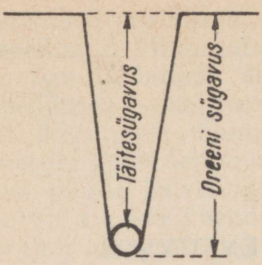
Taimekasvu seisukohalt on intensiivne kuivendus üldiselt soovitatav. See kiirendab kevadel taimekasvu algust, pikendab selle kestust ja kergendab saakide koristamist. Senised katseandmed lubavad järeldada, et koos kuivenduse intensiivsuse tõusuga suurenevad ka saagid. Teatavast intensiivsusastmest ülespoole jääb küll saakide juurdekasv suhteliselt väiksemaks, kuid saakide vähenemise tendentsi ei ole kuivenduse kõrge intensiivsuse korral võidud kindlaks teha. Kuivenduse kõrge intensiivsuse saavutamine nõuab aga suuri kulusid ja mida enam kuivenduse intensiivsust suurendada, seda suuremaks tõusevad kulud. Lõpuks võidakse jõuda selle astmeni, kus enamsaagist saadavad tulud ei kata enam kulusid, mis nende enamsaakide saamiseks tehti. Seepärast sunnivad majanduslikud kaalutlused leidma mingit kompromisslahendust kuivenduse intensiivsuse küsimuses.

Drenaažkuivenduse intensiivsust on võimalik reguleerida kahe teguriga: drenaaži sügavusega ja dreenide vahekaugusega.

1. DRENAAŽI SÜGAVUS JA KUIVENDUSNORM

Drenaaži sügavuse valikut mõjutavad mitmed asjaolud. Esmajoones on mõõduandvad kuivendatava maa kasutamise viis ja pinnas. Mitmed üldised põhimõtted sügavuse osas on aga kehtivad kõikide juhtude jaoks ja neid on vaja tunda, et küsimust õigesti otsustada. Dreeni sügavuse mõiste täpsustamiseks mainitagu, et dreeni sügavuse all tuleb mõista vahekaugust maapinnast kuni dreenikaeviku põhjani, mitte aga dreenitoru (resp. vett juhtiva materjali) pealt mõõdetud kaugust maapinnani. Seda viimast nimetatakse dreeni kattekihi paksuseks ehk kaeviku täitesügavuseks.

Mitmelt poolt saadud kogemused on näidanud, et mineraalmaade kuivendamisel on üldiselt soovitatav kasutada sügavat drenaaži. Sügava drenaaži puhul on välditud torude ummistumise oht taimejuurte sissetungimise tõttu või see oht on vähemalt väike. Ühtlasi hoiab sügav drenaaž ka põhjavee pinna kuivendataval



68. Dreeni sügavus.

alal sügaval, mille tõttu taimedel on võimalus juuri sügavale ajada ja niiviisi kasutada taimetoitainete varusid paksemast pinnasekihist. Toitainete väljauhtumine pinnasest jääb sügava drenaaži puhul suhteliselt väikeseks, pinnasevee akumuleerimise võime aga suureks.

Seevastu on madalal drenaažil terve rida puudusi, nimelt:

1) drenaažitorud võivad sattuda maa külmumise piirkonda, mille tõttu neisse võib tekkida jääd; see aga takistab dreenide toimimist kevadel, millal on tarvis kiiresti vabaneda liigsest veest pinnases; halvemal juhul võib seintes leiduvatesse praokestesse imbunud vesi külmudes ka torude vigastusi põhjustada;

2) sügavalt juurduvate taimede juured ulatuvad tungima dreenidesse ja ummistavad need;

3) kuivenduse vajaliku intensiivsuse saavutamiseks nõuab madal drenaaž dreenide tihedamat paigutamist;

4) madala drenaaži puhul on väljauhtumise teel tekkiv taimetoitainete kadu suurem kui sügava drenaaži korral.

Taimetoitainete väljauhtumist sõltuvalt drenaaži sügavusest iseloomustavad väga kujukalt Inglismaal Rothamsteadi katsejaamas tehtud lüsimeetriliste katsete 23 aasta tulemused. Nimelt on nitraatide väljauhtumine sõltuvalt drenaaži sügavusest olnud järgmine:

drenaaži sügavus (m)	0,50	1,00	1,50
nitraatide kadu (%)	11,5	6,0	5,3

Sama tõendavad ka Eesti Põllumajanduse Akadeemia (H. Jürgeni) katsetulemused aastast 1953. Tabelis 21 toome need turvasmuldades dreenidest väljavoolava vee analüüsimisel saadud andmed.

Tabel 21

Taimetoitainete väljauhtumine drenaažiga kuivendatud pinnases
(H. Jürgeni andmetel)

Põhjavee sügavus maapinnast (sm)	Dreeni vesi sisaldas (mg/l)	
	P_2O_5	NO_3
88	0,93	2,6
60	1,65	3,6
51	6,00	5,2
40	13,25	5,8
16	21,30	8,8

Kuigi sügava drenaaži eeliseid tuntakse juba ammu, on kuni viimase ajani siiski valitsenud arvamus, et eri taimekultuuride ja pinnaste jaoks on olemas kindel kuivenduse sügavuse piir, mille ületamise puhul hakkab saak vähenema. Eri kultuuride jaoks on esitatud omad kuivendusnormid. Näitena on tabelis 22 toodud rida norme.

Tabel 22

Optimaalne kuivendusnorm (sm) taimekasvu ajal
(prof. A. A. Tšerkassovi järgi [1])

Kultuur \ Pinnas	Madalsoo-turvas	Liiv ja saviliiv	Liivsavi	Savi
Segatis heinaks, lina, üheaastased heintaimed	50—60	45—50	50—60	55—50
Mitmeaastased heintaimed heinaks	70—80	50—60	60—75	65—55
Mitmeaastased heintaimed karjatamiseks	80—90	60—70	75—90	85—80
Teraviljad ja silokultuurid	70—90	55—65	65—90	80—75
Kartul ja rühvelviljad	80—100	60—80	75—100	90—80
Köögiviljad	75—100	60—75	80—100	90—75
Sügavalt juurduvad kultuurid (humal, kanep jt.)	80—100	70—85	80—100	95—85

Külviperioodil võib põhjavee tase olla 20—30% madalam, kui tabelis näidatud kuivendusnormid lubavad.

Kui kuivendataval maa-alal kasvatatakse järjekorras mitmesuguseid kultuure, millel on põhjavee sügavuse suhtes erinevad nõuded, siis valitakse kuivendusnorm kõige nõudlikuma kultuuri järgi. Meie vabariigis on peetud sobivateks kuivendusnormideks järgmisi:

	Mineraalpinnases	Turbapinnases
Põllul ja aias	0,8—1,2 m	0,7—0,9 m
Karjamaal	0,6—0,75 m	0,5—0,7 m
Niidul	0,55 m	0,5 m

Kindlast kuivendusnormist kinnipidamise nõue tugines oletusele, et liigvee all kannatava maa-ala kuivendamisega drenaaži abil alandatakse selle maa-ala põhjavee pinda depressioonijoonega määratava sügavuseni, kusjuures eeldati, et depressioonijoon on korrapäraselt ülespoole kumera kujuga.

Hilisemad vaatlused on aga näidanud, et põhjavee depressioonijoon ei ole kogu taimekasvuaja kestel korrapäraselt ülespoole kumer, vaid muutub alaliselt ja võib kuivadel perioodidel langeda

[1] А. А. Черкасов. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Издание четвертое. Москва, 1958.

isegi allapoole dreenide põhja, omandades niisugusel korral nõgusa kuju. Ühtlasi on võidud tähele panna, et oletatud optimumist sügavam kuivendus ei ole põhjustanud saakide langust, nagu oleks võinud oodata. Nii toob E. Krüger[1] näite raske savipinnase kohta, kus põuaselgi aastal kujunes söödakaalikasaak järgmiseks:

Drenaažita maal . . . . . 94 ts/ha
Drenaažiga, sügavuse korral 1,05 m . . . 134 „
„ „ „ 1,20 m . . . 170 „
„ „ „ 1,50 m . . . 176 „

Umbes samu tulemusi näitavad mineraalmaal teostatud drenaažikatsed Lätis[2] (tabel 23).

Tabel 23

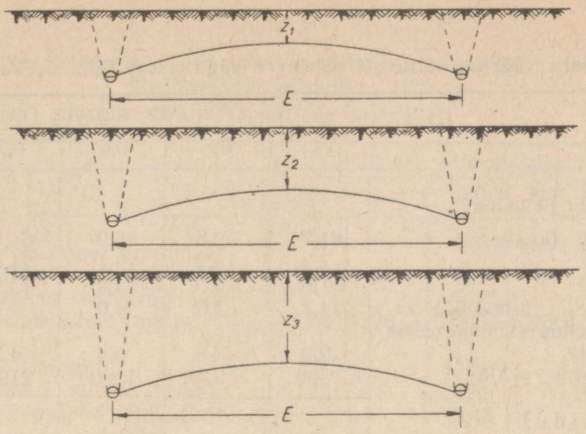
Saakide sõltuvus drenaažkuivenduse intensiivsusest
(Läti NSV Teaduste Akadeemia Melioratsiooni Instituudi Peterlauksi katsejaama andmetel)

Drenaaži sügavus (m)	Dreenide vahekaugus (m)	Teravilja (talinisu) keskmine saak (ts/ha)	Mitmeaastaste heintaimede keskmine saak (ts/ha kuivheina)
0,9	22	22,8	91,1
	16	25,4	91,5
	10	27,0	91,0
1,2	22	29,0	95,9
	16	29,5	101,0
	10	30,5	101,5
1,5	22	30,7	92,4
	16	31,7	92,9
	10	31,6	93,6

Mitmeaastaste heintaimede saak on kõige sügavama kuivenduse korral jäänud küll väiksemaks kui drenaaži sügavuse puhul 1,2 meetrit, kuid siiski suuremaks kui 0,9-meetrise sügavuse puhul. Ühtlasi selgub, et kõigi kuivenduse sügavuste puhul pole koos kuivenduse intensiivsuse suurenemisega (s. o. dreenide vahekauguse vähenemisega) saak langenud, vaid on näidanud isegi mõningat tõusutendentsi.

Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi Tooma katsebaasi (end. Maaparanduse ja Sookultuuri Instituudi) katsetest[3] ilmneb, et ka turbapinnases optimaalseks peetava kuivendusnormi ületamine ei põhjusta rohumaadel saagi langust (tabel 24).

[1] E. Krüger. Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin, 1921.
[2] Я. Бергман и И. Фогельман. Эффективность дренажа сельскохозяйственных угодий в колхозах и совхозах Латвийской ССР. Рига, 1957.
[3] I. Eisen. Põhjavee sügavuse mõju soomulla viljakusele. «Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised» nr. 2, 1954.



69. Põhjavee seisu sõltuvus drenaaži sügavusest.

Tabel 24

Heinasaak kultuurniidul sõltuvalt põhjavee seisust
(Tooma katsebaasi andmetel)

1951. a. keskm.		1952. a. keskm.	
Põhjavee seis (sm)	Kuivheinasaak (ts/ha)	Põhjavee seis (sm)	Kuivheinasaak (ts/ha)
105	37,7	95	42,0
97	31,6	90	45,6
84	34,1	87	41,8
65	30,0	77	38,9
60	27,2	61	42,3
50	22,6	44	27,5
35	11,3	28	22,8

Eesti Põllumajanduse Akadeemia hüdromelioratsiooni kateedris aastatel 1949—1954 teostatud Eesti NSV 65 kultuurniidu ja 63 kultuurkarjamaa pinnase veerežiimi uurimine [1] näitas, et kuivendatud aladel asuvate kultuurrohumaade saagikusele avaldab tugevat mõju põhjavee sügavus kevadisel taimekasvuperioodil. Uurimisandmed on toodud tabelis 25.

Toodud arvud näitavad, et põhjavee sügavuse suurenemisega suureneb saak ja paraneb rohukamara väärtus. Sellele lisaks paraneb ka heintaimede keemiline koostis, nagu ilmneb tabelist 26.

[1] J. Kuum. Pinnase veerežiimi mõju kultuurrohumaa heinkamara kujunemisele. Ettekanne Eesti Põllumajanduse Akadeemia II teaduslikul konverentsil 1954. a.

Tabel 25

Rohukamara väärtus sõltuvalt põhjavee sügavusest taimede kasvuajal

	Põhjavee sügavus (m)				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Kultuurkarjamaal					
Vääriskõrrelisi (kaalu-%)	61,7	59,8	56,9	64,5	62,3
Liblikõielisi „	7,3	14,2	19,1	21,6	21,9
Umbrohte „	31,0	26,0	24,0	13,9	15,8
Tühikuid (pinna-%)	14,7	7,0	4,0	2,8	1,6
Taimkatte tihedus (viieastmelise skaala järgi)	2,3	3,0	3,4	4,3	4,4
Rohusaak aastas (sü/ha)	1300	1520	1900	2190	2500
Kultuurniidul					
Vääriskõrrelisi (kaalu-%)	48,4	51,1	56,6	72,2	73,1
Liblikõielisi „	3,7	5,1	13,0	7,4	14,2
Umbrohte „	47,9	43,8	30,4	20,4	12,7
Tühikuid (pinna-%)	8,2	10,9	9,8	4,4	4,9
Taimkatte tihedus (viieastmelise skaala järgi)	2,4	2,6	3,3	4,4	4,2
Kuivheinasaak (I niitest, ts/ha)	21,2	21,6	28,4	34,6	40,8

Tabel 26

Põhjavee sügavuse mõju heintaimede keemilisele koostisele turvasmullal Tooma Katsebaasis

(I. Eiseni andmetel)

Heintaimede liik	Põhjavee sügavus = 1,02 m Aeratsioon = 48%			Põhjavee sügavus = 0,45 m Aeratsioon = 15,7%		
	%-des kuivaine kaalust		heinasaak (ts/ha)	%-des kuivaine kaalust		heinasaak (ts/ha)
	toorproteiini	CaO		toorproteiini	CaO	
Harilik timut	12,7	0,66	58,4	6,8	0,45	28,9
Kerahein	13,7	0,78	49,1	8,2	0,25	22,1
Aasnurmikas	12,9	0,82	37,4	10,9	0,77	16,2

Väga veenvad on bioloogiateaduste kandidaadi V. M. Ignatjeva[1] andmed (tabel 27).

V. M. Ignatjeva mainib lisaks, et põhjavee 45 sm sügavuse seisu korral, s. o. puudulikult kuivendatud soos, on juba vähenegi sademete hulk (6—9 mm) põhjustanud õhu täieliku väljatõrjumise

[1] Под ред. А. Н. Костякова. Осушение и освоение земель мещерской низменности. Москва, 1955.

Kasulike veevarude ja saagi sõltuvus põhjavee sügavusest Kalskoje soos Meštšerskaja madalikul 1953. a.

(V. M. Ignatjeva andmetel)

	Põhjavee tase maapinnast (sm)					
	170	145	100	80	60	45
Kapsajuurte maasse tungimise sügavus (sm)	90	90	70	50	30	10
Kasutada olevad veevarud juurestiku leviku kihis (mm)	384,4	426,6	363,6	262,3	156,3	55,3
Saagid:						
kapsapäid (ts/ha)	867,2		545,6	342,0		—
rohelist massi siloks (ts/ha)	217,6		202,9	149,0		22
keskmise kapsapea kaal (kg)	4,1		2,45	1,5		—

pinnase pooridest. Kuivemal ajal aga kannatavad taimed sellisel maal veepuuduse all, sest põhjavee pinna alanemisega jääb taimedele kättesaadava vee varu õhukeses, 10 sm paksuses pindmises kihis (milles juurestik asub) väga väikeseks.

Põuakahjustused tekivad seega mitte sügava, vaid just madala kuivenduse puhul.

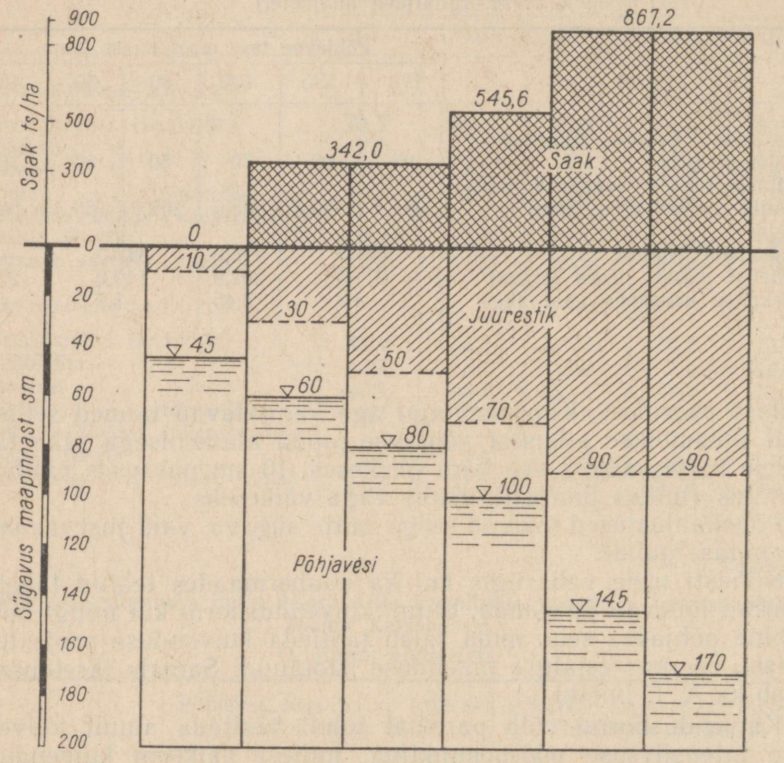
Niihästi meie vabariigis kui ka naabermaades tehtud tähelepanekud lubavad järeldada, et nn. kuivendusnorm kui mingi optimaalne põhjavee seis, mida tuleb taotleda kuivenduse projekteerimisel, on oma esialgse tähenduse kaotanud. Samale järeldusele jõuab ka A. I. Ivitski [1].

Kuivendusnormi võib paremal juhul käsitada ainult kuivenduse intensiivsuse pöördepunktina, millest väiksem kuivenduse intensiivsus toob kaasa saagi järsu languse. Sellest kõrgem kuivenduse intensiivsus lisab aga veel saake, kuigi mitte niisama kiiresti kui intensiivsuse suurendamine allpool seda pöördepunkti. Saagikuse kõver ei lange, vaid jääb kõrgema intensiivsuse puhul ligikaudu horisontaalseks. See ongi arusaadav, kui meeles pidada, et drenaažiga ja üldse kuivendusega ei k u i v a t a t a maad, vaid ainult k u i v e n d a t a k s e, s. o. kõrvaldatakse pinnasest liigne niiskus. Seda vett, mida pinnas endas suudab kinni pidada, drenaaž välja ei vii.

Pinnas võib küll põuaperioodidel kuiveneda ka üle selle määra, mis vastab ta looduslikule veemahutavusele, kuid seda põhjustavad juba aurumine ja transpiratsioon, mitte aga drenaaž. Üldiselt aga, nagu see ilmekalt selgub ka V. M. Ignatjeva toodud andmetest, on sügavalt kuivendatud soo põuakindel, sest taimejuurte piirkonnas pinnases kasutada oleva niiskuse varu on suur. See-

[1] А. И. Ивицкий. Основы проектирования и расчетов осушительных систем Полесья. Автореферат. Москва, 1957.

vastu on aga puudulikult kuivendatud, kõrge põhjavee seisuga sood põuaperioodidel põuaarad, sest kasulik veevaru on neis väga väike.



70. Kapsa juurestiku sügavus ja saak kuivendatud soos põhjavee erineva sügavuse korral (V. M. Ignatjeva andmetel Meštšerskaja madalikult).

Võimalikke põuakahjustusi drenaaži abil kuivendatud maadel on arvatud võivat ära hoida sel teel, et: a) hoidutakse ehitamast sügavamat drenaaži, kui seda nõuab kuivendusnorm, b) kuivendussüsteemidesse ehitatakse seadeldisi, mille abil on võimalik tõkestada vee äravoolu. Praktika ja teaduslik uurimine on aga näidanud, et drenaaž ei põhjusta ülekuivendust. On koguni võidud tähele panna, et põuaperioodil suurendab drenaaž mulla niiskust. Nii toob akadeemik A. N. Kostjakov [1] selle kohta tabelis 28 esitatud andmed.

Akadeemik Kostjakov seletab seda nähtust mulla struktuuri paranemisega drenaaži toimel, mille tõttu aurumine muutub

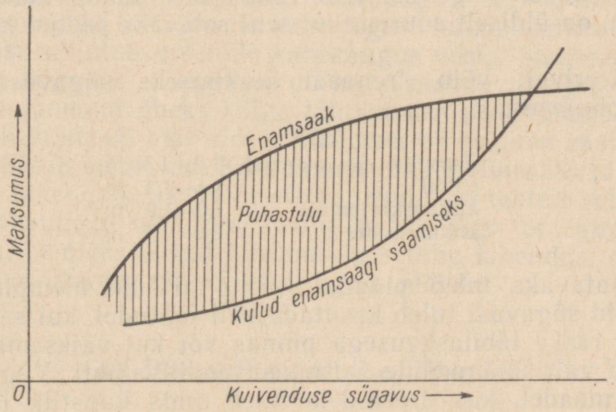
[1] А. Н. Костяков. Основы мелиорации. Москва, 1951.

Drenaaži mõju mulla niiskusele (Priladožskaja Maaparanduse Katsejaama (Leningradi oblastis) andmetel)

Dekaadid	Mulla niiskus (%-des kuiva mulla kaalust)		
	drenaažita pinnases	drenaaži abil kuivendatud pinnases dreenide sügavusega	
		0,6 m	1 m
Sademetevaesed	6,8	13,7	16,6
Sademeterikkad	19,0	17,3	17,3

väiksemaks, peale selle aga lisaniiskuse saamisega veeauru kondenseerumisest drenaažitorudes.

V. D. Nefedov ja V. A. Rosin mainivad oma aruandes (1957. a.) õppereisi kohta Tšehhoslovakkiasse samuti, et tšehhi talupojad kinnitavad drenaaži positiivset mõju taimekasvule ka põuastel aastatel.



71. Enamsaagi ja selleks tehtavate kulude sõltuvus kuivenduse sügavusest.

Mis puutub aga äravoolu tõkestavate seadeldiste ehitamisse drenaažisüsteemidesse, siis selles osas on lootused olnud liiga suured. Ka akadeemik Kostjakov peab tarvilikuks, et kuivendusvõrk võimaldaks pinnase veerežiimi reguleerimist sellekohaste eriseadeldiste abil kuivendussüsteemides. Kuid kogemused selliste seadeldiste kasutamise kohta on toonud pettumusi, mille tõttu nende ehitamisest nüüd on juba loobutud. Väljaspool kahtlust on aga tõsiasi, et küllaldase sügavusega drenaažil on hea

mõju pinnase veerežiimi reguleerimise mõttes ja ta on seega ühtlasi ka põuaohu vähendamise tõhus abinõu.

Senised katsed ja tähelepanekud drenaaži sügavuse mõju kohta taimekasvule lubavad järeldada, et taimekasvu tingimused ei piira selgesti drenaaži sügavuse ülemmäära. Kuid ökonoomilised kaalutlused sunnivad seda küll piirama, sest mida sügavam tehakse drenaaž, seda suuremate mullatöödega niihästi drenaaži enda kui ka lahtiste kogujakraavide ja peakraavide ehitamise osas on see seotud. Vastavalt mullatöö mahu suurenemisele suurenevad ka kulud. Koos sellega tõusevad ka iga-aastased korrashoiukulud. See aga ongi lõpuks mõõduandev. Iga-aastase tulu ja iga-aastaste ekspluatatsioonikulude suurust funktsioonina drenaaži sügavusest võib kujutada ligikaudu selliste kõverjoonte abil, nagu skemaatiliselt on näidatud joonisel 71. Drenaažiga saadav puhastulu kasvab kuivenduse sügavuse suurenemisega algul jõudsasti, kuid teatava sügavuse ületamisel hakkab vähenema. Majanduslikult kõige kasulikumaks tuleb pidada sellist kuivenduse sügavust, mis võimaldab saada kõige suuremat kasu. Tulukuse graafiku üldine kuju on kõikidel juhtudel ligikaudu sarnane, kuid arvud erinevad olenevalt kõlvikust, kuivendusviisist ja muudest teguritest.

See drenaaži sügavus, mis võimaldab saada maksimaalset puhastulu, on üldiselt suurem kui seni sobivaks peetud kuivendusnormid.

Orienteerivalt võib drenaaži keskmiseks sügavuseks võtta mineraalpinnases:

juurvilja- ja aiamaal	1,2—1,5 m
põllul	1,1—1,3 m
kultuurkarjamaal	1,0—1,2 m
kultuurniidul	0,9—1,1 m

Soovitatavaks tuleb pidada toodud arvude ülempiire. Neist väiksemaid sügavusi tuleb kasutada neil juhtudel, kui selleks sunnib väga raske läbilaskvusega pinnas või kui väiksema sügavusega võib vältida dreenide sattumist vesiliivakihti. Väga väikese languga maadel, kus dreenidele tuleb anda kunstlik lang, võib nende ülaotstes lubada äärmisel juhul sügavust, mis toodud alampiirist on veel 0,1—0,15 meetri võrra väiksem. Igal juhul on aga drenaažile 0,75 meetrit selleks piiriks, millest väiksemat sügavust ühelgi juhul ei tuleks kasutada.

Kogujadreeni sügavus oleneb kuivendusdreenide sügavusest ja nende ühendamise viisist kogujatega. Pealtühenduse korral tuleb koguja teha sügavamaks järgmise suuruse võrra

$$S = D + \delta_D - (a + \delta_d)$$

ja külgühenduse puhul suuruse

$$S = D + \delta_D - (d + \delta_d)$$

võrra. Neis valemeis on:

S — sügavuste vahe koguja- ja kuivendusdreeni ühenduskohas (mm)
D — kogujatoru siseläbimõõt (mm)
δ_D — kogujatoru seina paksus (mm)
$a = \sqrt{R^2 - r^2}$
R — kogujatoru sisemine raadius (mm)
r — kuivendustoru sisemine raadius (mm)
d — „ siseläbimõõt (mm)
δ_d — „ seina paksus (mm)

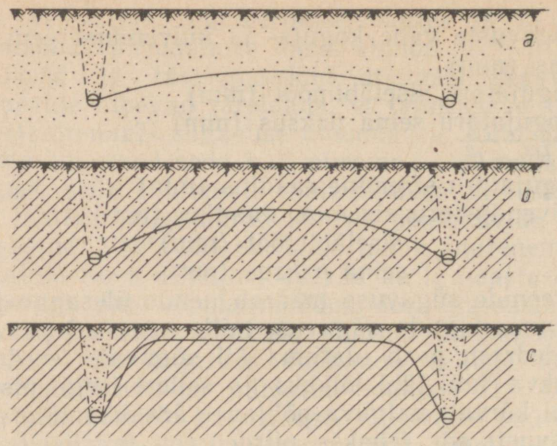
Piirdedreenide sügavuse määrab nende ülesanne ja vett läbilaskvate pinnasekihtide sügavus, mille vee nad peavad ära lõikama. Piirdedreen peab ulatuma nii sügavale, et dreeni kaevik vett läbilaskva kihi läbi lõikaks ja sellest isegi pisut allapoole ulatuks. Kui kõrvalt valguva põhjavee äralõikamine ei nõua suuremat sügavust, siis tehakse piirdedreen tavaliselt ainult pisut (ca 0,1 m võrra) sügavamaks kui kuivendusdreenid.

2. DREENIDE VAHEKAUGUS

Sügavuse kõrval on drenaaži intensiivsuse astme kujunemisele niisama suure mõjuga dreenide vahekaugus, sest drenaaži intensiivsus kujunebki õieti nende kahe teguri funktsioonina. Drenaaži maksumust mõjutab dreenide vahekaugus veelgi suuremal määral kui nende sügavus. Seepärast on ka arusaadav, et just see küsimus on kujunenud üheks kõige tähtsamaks probleemiks põllumajandusliku drenaaži alal üldse. Küsimust on paljude aastakümnete jooksul püütud selgitada. Kõik nimekamad melioraatorid on püüdnud seda lahendada ja palju ettepanekuid on tehtud sobiva dreenide vahekauguse määramise viisi kohta. Aga praegugi veel ei saa öelda, et oleks leitud küsimusele selline lahendus, mida kõik asjatundjad üksmeelselt võiksid õigeks pidada.

a) Drenaaži toimimise põhimõte

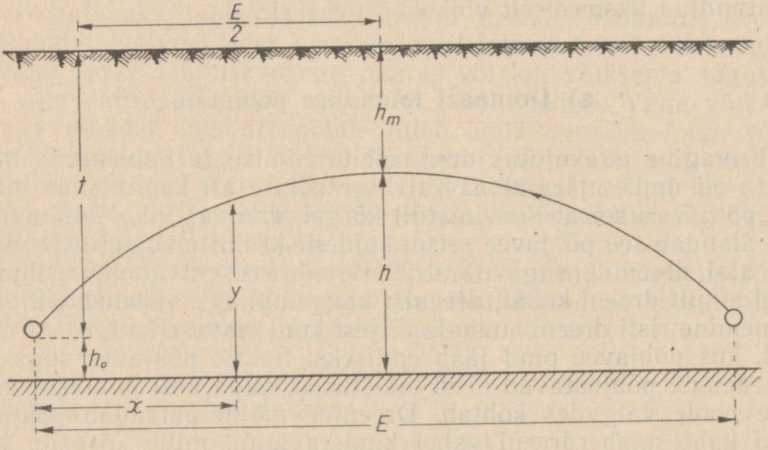
Kunagine ettekujutus drenaaži toimimise ja kuivenduse mõju kohta oli umbes järgmine. Kui liigniiskuse all kannatavas maas, kus põhjavesi seisab soovimatult kõrgel, drenaaž maa sisse panna, siis alandab see põhjavee seisu, kuid siiski mitte kogu kuivendataval alal dreenide sügavuseni. Selle sügavuseni alaneb põhjavee pind ainult dreeni kohal; dreenist kaugemal aga väheneb põhjavee alanemine risti dreeni suunale järjest kuni teatava kauguseni dreenist, kus põhjavee pind jääb endiseks. Sellist põhjavee sügavuse vähenemist põhjustavad need takistused, mida vesi pinnases dreenide poole valgudes kohtab. Dreenide mõjul omandab põhjavee pind kahe naaberdreeni vahel kumera kuju, mille kõrgeim koht on homogeenses pinnases dreenide vahemaa keskpaigas. Ristlõi-



72. Depressioonikõvera kuju sõltuvalt pinnase läbilaskvusest.

a — kergesti; *b* — keskmiselt ja *c* — raskesti vett läbilaskvas pinnases.

kes kujutab selline kumerpind ülespoole kaarduvat kõverjoont, mida nimetatakse depressioonijooneks. Vett hästi läbilaskvas pinnases on depressioonijoone kumerus väiksem, raskesti läbilaskvas pinnases aga suurem (joonis 72). Selle tõttu põhjustab sama dreenide vahekaugus läbilaskvas pinnases põhjavee suurema alanemise kui vett raskesti läbilaskvas pinnases. Üldiselt aga saavutatakse seda suurem põhjavee seisu alanemine dreenide vahel, mida väiksem on dreenide vahekaugus.



73. Drenaaži toime skeem.

Selleks, et drenaaž võiks ära hoida põhjavee tõusu pinnases taimekasvu kahjustava kõrguseni, peab drenaaži äravool olema võrdne liigvee juurdevooluga pinnasest dreenidesse. Sellises tasakaaluolukorras stabiliseerunud põhjavee seisu juures on võimalik anda homogeense pinnase jaoks (millel filtratsioonikoefitsient k on antud pinnaseliigile kindla suurusega) Darcy filtratsiooniseaduse alusel drenaaži äravoolu võrrandi (elementaarpinnariba jaoks, laiusega 1 m) järgmisel kujul:

$$Q = k \cdot F \cdot I = k \cdot y \frac{dy}{dx}.$$

Kui 1 m^2 kohta filtreerub pinnases veehulk q, mis dreeni kaudu peab ära voolama, siis dreeni valguv elementaarvooluhulk Q on x meetri kaugusel dreenist:

$$Q = q\left(\frac{E}{2} - x\right).$$

Asetades selle Q väärtuse eeltoodud diferentsiaalvõrrandisse, saame:

$$q\left(\frac{E}{2} - x\right) = ky\frac{dy}{dx}.$$

Eraldades muutujad ja integreerides saame:

$$q\left(\frac{E}{2} - x\right)dx = kydy.$$

$$q\int\frac{E}{2}dx - q\int xdx = k\int ydy$$

$$q\frac{E}{2}x - q\frac{x^2}{2} = k\frac{y^2}{2} + C.$$

Integreerimise konstandi C suuruse määrame tingimusest, et kui $x = \frac{E}{2}$, siis $y = h$, järelikult:

$$C = q\frac{E}{2}x - q\frac{x^2}{2} - k\frac{y^2}{2} = q\frac{E^2}{8} - k\frac{h^2}{2}.$$

Selle C väärtuse valemisse asetades saame:

$$q\frac{E}{2}x - q\frac{x^2}{2} = k\frac{y^2}{2} + q\frac{E^2}{8} - \frac{kh^2}{2}$$

ehk

$$q\frac{E}{2}x - \frac{qx^2}{2} - q\frac{E^2}{8} + \frac{kh^2}{2} = \frac{ky^2}{2}.$$

Siit saame depressioonikõvera võrrandi:

$$y^2 = \frac{qEx}{k} - \frac{q}{k}x^2 - \frac{qE^2}{4k} + h^2$$

ehk

$$y^2 = h^2 - \frac{q}{k}\left(\frac{E}{2} - x\right)^2.$$

Võrrand peab muidugi olema kehtiv ka siis, kui $x=0$. Niisugusel korral on ka $y=0$ ja võrrand saab järgmise kuju:

$$h^2 - \frac{qE^2}{4k} = 0.$$

Kui dreenid paiknevad vettpidaval kihil, siis on:

$$h = t - h_m$$

ja eelmine võrrand omandab järgmise kuju:

$$(t - h_m)^2 = \frac{qE^2}{4k}.$$

Siit tuleneb tuntud Rothe valem dreenide vahekauguse määramiseks:

$$E^2 = \frac{4k(t-h_m)^2}{q}$$

ehk

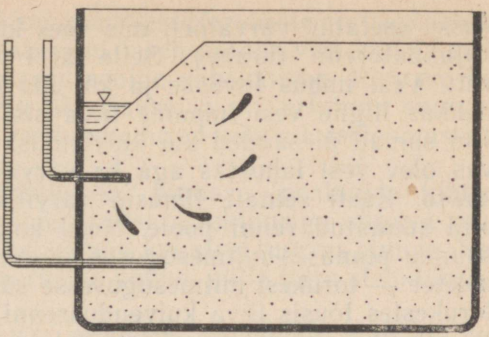
$$E = \sqrt{\frac{4k(t-h_m)^2}{q}} = 2(t-h_m)\sqrt{\frac{k}{q}}.$$

Selle valemi järgi on dreenide vahekaugus E (kui dreenid paiknevad vettpidaval kihil) määratav, kui on antud drenaaži projekteeritav sügavus t ja nõutav kuivendusnorm h_m ning kui on teada ka pinnase filtratsioonikoefitsient k ja drenaaži äravoolumoodul q.

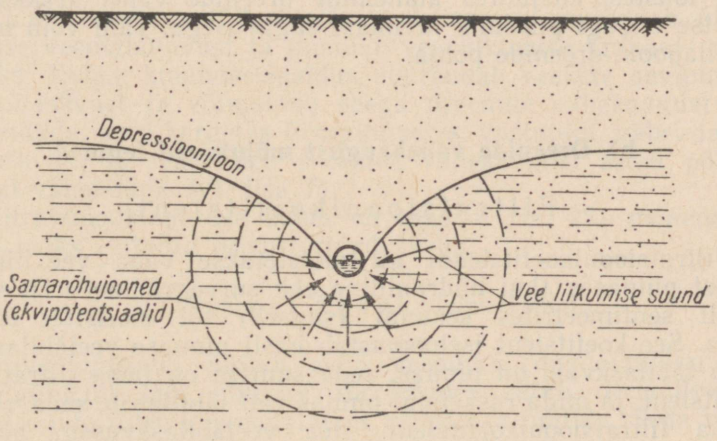
Antud valemite koostamisel eeldatud idealiseeritud olukord ei vasta aga täielikult looduslikele tingimustele. Pinnas on harva täiesti ühtlase veeläbilaskvusega ning vee liikumine selles on üsna komplitseeritud ja raskesti jälgitav nähtus. Matemaatiliselt tuletatud valem annab ainult ligikaudu õige aluse drenaaži intensiivsuse määramiseks. Seepärast on kasutatud ja kasutatakse nüüdki drenaaži projekteerimisel laialdaselt katsete tulemusi ja tegelikke kogemusi. Kuid paralleelselt jätkuvad ka otsingud täpsemate, subjektiivsusest vabade matemaatiliste lahenduste leidmiseks.

Kuni käesoleva sajandi alguseni oldi üldiselt arvamusel, et pinnases olev liigvesi võib dreeni valguda ainult raskustungi toimel, seega ainult neist pinnasekihtidest, mis asetsevad dreeni põhjast kõrgemal. J. M. Penninki tuntud katsetega (1907. a.), mida kinnitavad ka hilisemad, N. E. Žukovski ja teiste uurimised, on aga kindlaks tehtud, et vee imbumist dreenidesse (või ka kraavidesse) põhjustab eeskätt rõhkude vahe, mis tekib pinnasevees

drenaaži toimel. Atmosfääriline rõhk dreeni õõnes on väiksem kui hüdrostaatiline rõhk dreeni ümbritseva pinnase gravitatsioonivees. See rõhkude vahe sunnib vaba (gravitatsiooni-) vett pinnases liikuma kõrgema rõhu piirkonnast madalama rõhu piirkonda, s. o. pinnasest dreenidesse. See vee liikumine pinnases ei toimu aga mitte üksnes suunaga ülevalt alla, vaid võib niisama hästi toimuda ka alt üles või mis tahes teises suunas. Samarõhujooned ehk ekvipotentsiaalid moodustavad dreeni ümber kontsentriliste kõverjoonte parve, vee liikumise suund aga on samarõhujoontega perpendikulaarne. Nii



74. Katseline laboratoorne näide gravitatsioonivee liikumise suuna kohta kuivendatavas pinnases (B. Heitmani ja H. Pissarkovi järgi).



75. Gravitatsioonivee liikumise suund drenaaži abil kuivendatavas pinnases.

võib siis vesi dreenidesse tungida mitte ainult ülevalt või külgede poolt, vaid ka põhjast (joonis 75). Seda nähtust illustreerib kujukalt katse, mida kirjeldatakse B. G. Heitmani ja H. A. Pissarkovi raamatus [1].

Katse oli järgmine (joonis 74). Klaasseintega kast täideti liivaga; ühe külgseina vastu oli liiva sisse mitmesugusesse süga-

[1] Б. Г. Гейтман и Х. А. Писарьков. Осушение сельскохозяйственных земель. Москва, 1955.

vusse asetatud värvainet, mis vees kergesti lahustub. Liiva sisse kujundati renn (kraav). Selle järel valati liivaga täidetud kasti vett. Vesi imbus liivasse ja kui liiv oli juba veega küllastunud, hakkas liigne vesi imbuma liiva sisse tehtud renni. Rennil olid siin samad ülesanded kui kuivenduskraavil liigniiskes maas. Liivas olev vesi lahustas aga ka värvainet ja kandis seda endaga kaasa. Kasti seinale ilmusid värvilised komad, mille teravikud olid suunatud renni poole. Need komad näitasid vee voolamise suunda pinnases mitmesuguses sügavuses. Kui kasti asetati pjesomeeter — torukesi mitmesugusesse sügavusse, siis ilmnes, et vesi torukestes tõusis liiva kuivendusrenni (kraavi) põhjast kõrgemale, ja nimelt seda suuremal määral, mida sügavamale kasti sisse torukese alumine ots ulatus. See katse kinnitas uuesti kaasaegset seisukohta vee liikumise küsimuses pinnasest dreenidesse.

Selline käsitlus pinnase vaba vee liikumise kohta drenaažiga kuivendatud pinnases lükkab ühtlasi ümber varem valitsenud arvamuse, nagu ei saaks dreenid endasse vett võtta pinnase neist kihtidest, mis asetsevad dreenide põhjast sügavamal. Vaatlused on näidanud, et põhjavee depressioonijoon kahe naaberdreeni vahel ei püsi muutumatuna, vaid muutub alatasa, kord alanedes, kord tõustes, kusjuures alanemine dreenide vahel keskkohal ei tarvitse sugugi piirduda drenaaži sügavusega, vaid võib ulatuda ka allapoole dreenide põhja.

b) Dreenide vahekaugust mõjutavad tegurid

Filtratsioonikoefitsient

Filtratsioonikoefitsiendi all mõistetakse vaba vee liikumise kiirust pinnases (kui hüdrauliline ehk survegradient=1), väljendatult sentimeetrites sekundi (sm/sek) või meetrites ööpäeva kohta. See koefitsient iseloomustab hästi pinnase veeläbilaskvust. Mida läbilaskvam on pinnas, seda suurem on tema filtratsioonikoefitsient, ja mida raskemini pinnas vett läbi laseb, seda väiksem on ka filtratsioonikoefitsient. Hea veeläbilaskvusega pinnases võib dreenide vahekaugus olla suurem kui raskesti vett läbilaskvas pinnases. Niisiis on filtratsioonikoefitsient heaks mõõdupuuks dreenide vahekauguse määramisel, sellest hoolimata et filtratsioonikoefitsient ka samas pinnases ei ole muutumatu suurus, vaid muutub olenevalt filtratsiooni määramise ajast, pinnase agregaatseisundist, õhurõhust, vee temperatuurist ja mõnest muust asjaolust.

Üks tähtsamaid pinnase filtratsiooni määravaid tegureid on lõimis ehk tekstuur. Mida peeneteralisem on pinnas, seda raskemini laseb ta vett läbi ja seda väiksem on ta filtratsioonikoefitsient. Eriline tähtsus on selles mõttes peenikeste, alla 0,01 mm läbimõõduga terakeste (saviosakeste) protsentuaalsel

osal pinnases. Mida suurem on peenikeste terakeste protsentuaalne osa pinnase mahus, seda raskemini laseb pinnas vett läbi ja seda väiksem peab järelikult olema dreenide vahekaugus. Pinnase lõimis määrab ka pinnase hügroskoopsuse ja nn. eripinna suuruse, mille tõttu needki füüsikalised omadused võivad iseloomustada pinnase veeläbilaskvust.

Suur mõju veeläbilaskvusele on pinnase pealmiste kihtide struktuuril. Nimelt on sõmeralise struktuuriga sügava mullakihiga maad üldiselt läbilaskvamad kui struktuuritu pinnas. Neil on aga ka suur vee akumuleerimise võime, mille tõttu struktuursus vähendab äravoolu.

Kolloidide sisaldus pinnases vähendab pinnase veeläbilaskvust.

Lubjasisaldus suurendab pinnase veeläbilaskvust, sest lubi muudab pinnase sõmeralisemaks. Lubjasisaldus loob seega võimaluse dreenide vahekauguse suurendamiseks.

Raua- ja väävliühendite sisaldus mõjub aga vastupidiselt. Need ained ummistavad pinnase poore ja kitivad pinnase tihedaks massiks, mille tõttu selline pinnas muutub vett raskesti läbilaskvaks. Seepärast sunnib rauaühendite sisaldus dreenide vahekaugust vähendama.

Huumusesisaldus mineraalpinnases suurendab üldiselt pinnase veemahutavust ja muudab vee liikumise pinnases aeglasemaks. Rohke huumusesisaldus suurendab raskete savipinnaste veeläbilaskvust ja võimaldab seega dreenide vahekaugust veidi suurendada, kuid kergetes liivapinnastes, vastupidi, vähendab vee läbilaskvust ja seal tuleb dreenide vahekaugust sellel põhjusel koguni vähendada (vt. lisa 7).

Filtratsiooni suuruse kohta on eespool (lk. 22) mõnede pinnaste jaoks esitatud orienteerivad arvud.

Drenaaži äravoolumoodul

Äravoolumoodul näitab seda veehulka, mis ajaühiku kohta pindalaühikult läbi pinnase filtreerudes satub dreenidesse ja nende kaudu tuleb kuivendatavalt maalt ära juhtida. Seda väljendatakse tavaliselt liitrites sekundis 1 hektari kohta.

Dreenide vahekauguse valemites esineb äravoolumoodul q murru nimetajas. Järelikult vähendab mooduli suurenemine dreenide vahekaugust ja vähenemine, vastupidi, suurendab seda vahemaad.

Äravoolumooduli suurust käsitletakse lähemalt lk. 183 («Hüdroloogiline arvutus»). Siinkohal vaatleme ainult lühidalt neid mõjutegureid, millest drenaaži äravoolumoodul oleneb.

Ilmastikutingimustest on eriti oluline sademete hulk. Mida suurem see on, seda suuremaks kujuneb äravoolumoodul. Kõrgem temperatuur suurendab aurumist ja vähendab seega äravoolu, kuna madal temperatuur mõjub vastupidiselt.

Tasane reljeef raskendab äravoolu maapinda mööda ja soodustab niiviisi suurema veehulga imbumist pinnasesse; suurema langu korral seevastu on imbumine pinnasesse ja järelikult ka drenaaži äravool väiksem. Neil kordadel, kui on tegemist peamiselt survelise põhjaveega, on maapinna reljeefi mõju äravoolumoodulile väiksem.

Mõningane mõju on ka maapinna langu suunal. Põhjapoolse languga maadel on aurumine väiksem, mistõttu vee äravool kujuneb suuremaks kui lõunapoolse kallakuga maadel, kus aurumine on intensiivsem ja maa sisse jõuab imbuda vähem vett.

Muid mõjutegureid

Muudest teguritest, mis drenaaži vahekaugust mõjutavad, mainitagu kõigepealt drenaažimeetodit. Põikdrenaaž, võrreldes pikidrenaažiga, võimaldab dreenide vahekaugust suurendada, sest põiki langu paigutatud dreenide kuivendav mõju on suurem.

Muidugi mõjutab vahekauguse valikut ka maa kasutamise viis. Põllu- ja aiamaadel tuleb dreenide vahekaugus üldiselt jätta väiksemaks kui rohumaadel ja karjakoplitel omakorda väiksemaks kui heinamaal. Viimast peaasjalikult sellepärast, et karjakoplites on rohukamara rikkumise oht sõtkumise läbi tunduvalt suurem kui niitudel. Väiksema dreenide vahekaugusega luuakse intensiivsem kuivendus, mille tõttu rohumaal kamara läbisõtkumise oht väheneb.

Mõnikord arvestatakse ka majapidamise intensiivsust, võttes kõrge majandamise intensiivsusega majandeis dreenide vahekauguse üldiselt väiksema kui ekstensiivsetes majandites. On küll arusaadav, et intensiivse majandamise tingimustes peab ka põllumajanduslike maade kuivendus olema intensiivne. Kuid majandamise ekstensiivsus ei tohiks kuivenduse ekstensiivsust, s. o. kuivendajate suuremaid vahesid õigustada, sest drenaaži iga on nii pikk, et selle aja kestel muutub ka ekstensiivne majapidamine intensiivseks.

3. MEETODID DREENIDE VAHEKAUGUSE MÄÄRAMISEKS

Valemeid dreenide vahekauguse määramiseks on olemas juba mitukümmend ja üha uusi näib juurde tulevat. Nende kõikide analüüsimine üksikult ei oleks otstarbekohane, seda enam, et osa neist on kasutamiskõlblikud ainult neis looduslikes tingimustes, mille kohaselt nad on koostatud.

Põhimõtete järgi, mis on olnud dreenide vahekauguse määramise viisi lähtealuseks, võib neid määramisviise liigitada järgmiselt:

a) kogemustel, katsetulemustel ja analoogial põhinevad viisid;

b) pinnase mõnede füüsikaliste omaduste määramisel põhinevad viisid, nimelt määramine

α) lõimise järgi,
β) hügroskoopsuse järgi,
γ) pinnase eripinna suuruse järgi;

c) filtratsiooniseadustel ja teoreetiliselt tuletatud valemitel põhinevad viisid.

Järgnevalt on antud ülevaade nendest dreenide vahekauguse määramise viisidest.

a) Kogemustel, katsetulemustel ja analoogial põhinevad viisid

Need viisid on vististi kõige vanemad. Drenaaži algaastatel valiti dreenide vahekauguseks arvatavasti üsna üldiselt enamvähem «tundmuse» järgi või — nagu ühes meie vanas (1866. a. ilmunud) «Põllumehe nõuandjas» on soovitatud — «Inglismaa aru järgi» 5—7 sülda (ca 10—15 m). Hiljem hakati juba tõenäoliselt arvesse võtma mujal saadud kogemusi ja nende järgi vahekaugusi valima teatava tendentsiga nende suurendamise suunas.

Pikka aega peeti meil, nagu üldiselt mujalgi, kõige autoriteetsemateks neid dreenide vahekaugusi, mida soovitati Saksamaal Sileesia Komisjoni poolt 1911. aastal väljaantud drenaažitööde juhendis[1]. Selles olid antud dreenide vahekaugused olenevalt pinnase raskusest kokku kuue eri pinnaseliigi jaoks üldistes piirides 10—30 m, kusjuures oli eelduseks, et drenaaži sügavus põllumaal on 1,25 m ja rohumaadel 1 m ning et maapinna lang on väike (0,33—0,40%). Suurema langu puhul lubati vahekaugusi kuni 20% võrra suurendada.

Mainitud juhend oli mõnesuguste väiksemate parandustega kehtiv kuni 1950. aastani, millal Saksa Demokraatlikus Vabariigis anti välja uus juhend (DIN-1185—1950). Selle juhendi kohaselt tuleb dreenide vahekaugus määrata graafiku abil, mille on välja töötanud Saksa Melioratsioonikomitee ja mis on (A. V. Lavrovi järgi) ära toodud käesoleva raamatu lisas. See graafik määrab dreenide vahekauguse olenevalt nende sügavusest ja pinnaseliigist, kuid annab ka laialdase võimaluse terve rea muude mõjutegurite arvestamiseks, nagu pinnase loodusliku kihistumise tihedus, rauа- ja naatriumisisaldus, huumusesisaldus, maa majandamise viis, drenaaviviis, sademete hulk ja veel mõned muudki asjaolud.

Lätis (analoogiliselt Saksa juhendile DIN-1185—1950) välja-

[1] Anweisung für die Aufstellung und Ausführung von Dränageentwürfen. Breslau, 1911.

töötatud juhendis[1] on samuti ette nähtud dreenide vahekauguse määramine sellekohaste graafikute järgi. Ühtlasi soovitatakse andmeid koguda naabruses või lähikonnas ehitatud drenaaži efektiivsuse kohta ja suurte tööde puhul isegi teha eelkatseid kuivendataval maal.

NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse juhendis[2] öeldakse dreenide vahekauguse määramise kohta (§ 18), et vahekaugus kuivendusdreenide vahel määratakse kas vastavalt kohapealsetele kogemustele drenaaži alal või teadusliku uurimise asutuste poolt antud rajooni jaoks väljatöötatud andmete alusel. Selliste andmete puudumisel määratakse aga vahekaugus tabelis 29 toodud andmete põhjal.

Tabel 29

Dreenide vahekaugus vett hästi läbilaskva künnialuse kihiga soostunud mineraalmaadel ja soodel

(NSVL Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse juhendi kohaselt 1957. a.)

Maa majandamise viis	Künnialuse kihi pinnas						
	Liiv	Saviliiv	Kerge liivsavi	Keskmine liivsavi	Madalsooturvas	Siirdesooturvas	Rabaturvas
	Vahekaugus meetrites						
Põllu-, juurvilja- ja farmilähedased külvikorrad ning kevadised karjamaad	50—40	40—35	35—30	30—25	40—30	35—25	30—20
Rohumaa-külvikorrad ja suvekarjamaad	60—45	45—40	40—35	35—30	45—35	40—30	35—25

Märkus. Suuremaid vahekaugusi kasutatakse parema veeläbilaskvusega mineraalmaade kuivendamiseks, soode kuivendamisel aga juhul, kui turbakihi all on vett hästi läbilaskev pinnas.

Tabelis toodud vahekaugust tuleb tarviduse korral korrigeerida, korrutades seda teguriga, mille suurus oleneb kuivendatava maa asukohast ja mis on viimati mainitud juhendis esitatud kartogrammis. Eesti territooriumi jaoks annab kartogramm parandusteguriks 0,9.

Eesti NSV oludes kasutamiseks esitas K. Hommik[3] tabelis 30

[1] Я. Е. Уйска. Основные положения для проектирования осушительных систем в условиях Латвийской ССР. «Вопросы осушения избыточно-увлажненных земель и регулирование поверхностного и дренажного стоков». Рига, 1954.

[2] Технические условия и нормы проектирования осушительных систем. Главводхоз СССР. Москва, 1957.

[3] K. Hommik. Kuivendusvõrgu valiku alustest Eesti NSV oludes. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 11, 1956.

toodud andmed dreenide vahekauguse määramiseks. Need andmed on põhiliselt koostatud küll filtratsiooniseadustele tuginedes, kuid neid on kontrollitud lisaks Rahnoja sovhoosis kuues kohas, Pärivere sovhoosis neljas kohas ja mujalgi, mille tõttu neid võib osalt pidada ka kogemustel põhinevaiks, seda enam, et filtratsioonikoefitsiendi suuruse kõrval on vahekaugust määrava tegurina antud ka pinnase nimetus, mida vastav filtratsioonikoefitsient iseloomustab.

Tabel 30

Dreenide vahekaugus (meetrites) liivsavi- ja saviliivpinnases põllul, kultuurkarjamaal ja (sulgudes) kultuurniidul
(tehn. tead. kand. K. Hommiku andmetel)

Pinnaseliik ja filtratsioonikoefitsient k (sm/sek) / Dreenide sügavus (m)	Raske liivsavi $k=0{,}0001$	Keskmine liivsavi $k=0{,}0005$	Kerge liivsavi $k=0{,}001$	Saviliiv $k=0{,}0015$
	Dreenide vahekaugus meetrites			
1,2	10 (11)	22 (26)	31 (36)	39 (44)
1,1	8 (10)	19 (22)	27 (31)	33 (38)
1,0	7 (8)	16 (19)	22 (26)	27 (32)
0,9	6 (7)	13 (15)	18 (22)	22 (27)
0,8	4 (5)	10 (12)	14 (17)	16 (21)

Märkused.

1) Surve all oleva põhjaveega nõlvakute kuivendamisel tuleb tabelis toodud vahekaugust 20—30% võrra vähendada.

2) Tabelis toodud vahekaugused on kehtivad keskmise faktilise äravoolunormi $\bar{q}=9$ l/sek. km² puhul. Teistsuguse äravoolunormi korral tuleb tabelis antud vahekaugust korrutada teguriga $\sqrt{\frac{9}{\bar{q}}}$, kus $\bar{q}=\bar{q}_k+2{,}1$ ja $\bar{q}_k$ on kartogrammist leitav aasta keskmine klimaatiline äravoolunorm antud piirkonna jaoks.

Samasugusel kujul esineb siin toodud tabel ka Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi juhendis (1957. a.) kuivendussüsteemide arvutamiseks Eesti NSV territooriumil. Tabelis toodud vahekaugustest ongi meil drenaažiprojektide koostamisel põhiliselt kinni peetud.

Hiljem, 1958. ja 1959. aasta kestel täiendas K. Hommik koostöös E. Veiga dreenide vahekauguse määramise tabelit ja selle viimistlemine kestab praegugi. Viimase teadaoleva variandi järgi soovitavad K. Hommik ja E. Vei kasutada dreenide vahekauguste määramiseks kihistumata mineraalpinnastes tabelit 30a. Tabel on saadud matemaatilise arvutuse teel, lähtudes K. Hommiku valemitest, mis on toodud lk. 155 ja 156.

Dreenide vahekaugused (m) mineraalpinnastes põllul või kultuurkarjamaal ja (sulgudes) kultuurheinamaal (aasta keskmise äravoolunormi juures 9,0 l/sek. km²)

Dreenide sügavus m	Savi	Raske liivsavi	Keskmine liivsavi	Kerge liivsavi	Saviliiv	Liiv
	terakeste suurusega alla 0,01 mm (%)					
	70	45	35	25	15	5
	ja keskmise filtratsioonikoefitsiendiga $\left(\frac{\text{sm/sek}}{\text{m/ööpv.}}\right)$					
	0,0000523 / 0,0452	0,000184 / 0,159	0,00036 / 0,264	0,000506 / 0,437	0,000838 / 0,724	0,00139 / 1,20
1,20	9(10)	16(18)	21(24)	27(30)	34(39)	44(51)
1,15	8(9)	15(17)	20(22)	25(29)	32(37)	42(48)
1,10	8(9)	14(16)	18(21)	24(27)	30(35)	39(45)
1,05	7(8)	13(15)	17(20)	22(25)	28(32)	36(41)
1,00	7(8)	12(14)	16(18)	20(23)	26(30)	34(39)
0,95	6(7)	11(13)	14(17)	19(22)	24(28)	31(36)
0,90	5(6)	10(12)	13(16)	17(20)	22(26)	28(33)
0,85	5(6)	9(11)	12(14)	15(18)	20(23)	25(30)
0,80	4(5)	8(10)	11(13)	14(16)	18(21)	23(27)

Märkused: 1) Teistsuguste äravoolunormide, kui 9 l/sek. km² puhul tuleb tabelis antud vahekaugust korrutada teguriga $\sqrt{\frac{9}{\bar{q}}}$, milles $\bar{q}=\bar{q}_k+2{,}1$ ja $\bar{q}_k$ on kartogrammist (vt. Maaparanduse käsiraamat III. Tallinn, 1960) leitav äravoolunorm antud piirkonnas.

2) Tabel on kehtiv ühtlase lõimisega pinnaste jaoks, kus allpool künnikihti (mille paksuseks on arvatud 0,20 m) kuni dreenide sügavuseni ja neist veel 0,30 m allapoole lõimis ei muutu.

3) Tolmja pinnase puhul võtta vahekaugus lähema raskema pinnase lahtrist.

4) Kruusase või rähkse pinnase puhul võtta vahekaugus lähema kergema pinnase lahtrist.

5) Survelise põhjaveega toituvate (allikaliste) maade kuivendamisel vähendada tabelist leitavat vahekaugust 20—30% võrra.

6) Tabelis antud vahekaugusi võib suurendada:

a) ajutiselt liigniisketel maadel 10—30% võrra; b) lahtiste kraavidega kuivendamise korral kuni 30% võrra; rasketel maadel siiski ainult tingimusel, et kraavide profileeritud vahekauguse iga meetri kohta jääks 2 sm tõusu s. o., et profiili põikkalle oleks 4%; c) agromelioratiivsete abinõude rakendamise puhul kuni 1,8 korda; d) profileerimisele lisaks kruusafiltrite kasutamise puhul kuni 2 korda.

b) Pinnase mõnede füüsikaliste omaduste määramisel põhinevad viisid

Dreenide vahekauguse määramine pinnase lõimise järgi

Pinnase lõimise ehk tekstuuri määrab tema mitmesuguse suurusega mineraalosade protsentuaalne vahekord pinnase koostises. Lõimisest (mida nimetatakse ka granulomeetriliseks koostiseks) olenevad pinnase paljud füüsikalised, füüsikalis-keemilised ja keemilised omadused. Väga suurel määral oleneb lõimisest ka pinnase veeläbilaskvus ja vee- ning õhumahutavus. Seepärast on paljud uurijad just lõimist pidanud sobivaks aluseks dreenide vahekauguse määramisel. Lõimisel põhinevat dreenide vahekauguse määramise viisi on palju kasutatud ja kasutatakse mitmel maal praegugi.

Pinnase lõimis määratakse mehaanilise analüüsi abil, kasutades selleks uhtmismeetodit. Veega uhtmisel eralduvad üksteisest erineva terasuurusega fraktsioonid. Iga fraktsioon kaalutakse eraldi ja määratakse selle protsentuaalne osa (kaalu järgi) pinnaseproovi kogukaalust. Mõõduandvaks loetakse nn. saviosakeste, s. o. alla 0,01 mm läbimõõduga terakeste osa. Mida suurema protsendi see osa moodustab, seda raskemini laseb pinnas vett läbi ja seda väiksem peab järelikult olema dreenide vahekaugus.

Paljudest pinnase mehaanilise analüüsi meetoditest mainitagu siinkohal ainult meil kõige enam tuntud Praha ülikooli professori Josef Kopecky meetodit, kes oma 1900. aastal konstrueeritud uhteaparaadiga andis võimaluse umbes 2-tunnilise veega uhtmise teel jaotada pinnaseproov nelja fraktsiooni:

I	— tera läbimõõduga	alla 0,01 mm
II	— „ „	0,01—0,05 mm
III	— „ „	0,05—0,1 mm
IV	— „ „	üle 0,1 mm

Esimese fraktsiooni sisaldus määras dreenide vahekauguse.

Professor O. Fauseri ja teiste uurimistega tehti kindlaks, et peale I fraktsiooni mõjutab ka II fraktsiooni sisaldus kaunis tunduvalt pinnase veeläbilaskvust. Seepärast soovitas O. Fauser dreenide vahekaugust pisut suurendada. Kuid üldiselt kujunes dreenide vahekaugus sellest hoolimata võrdlemisi väikeseks, nimelt 7—15 m. NSV Liidu oludes peab professor H. A. Pissarkov otstarbekohaseks tabelis 31 toodud dreenide vahekaugusi.

NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse instruktsioonis kuivendussüsteemide projekteerimise kohta (1957. a.) pole dreenide vahekauguse määramise meetodit otse ette kirjutatud, kuid vahekaugus mineraalmaade jaoks

Tabel 31

Dreenide vahekaugus mineraalpõllumaa kuivendamisel NSV Liidu mittemustmullapiirkondades sõltuvalt pinnase mehaanilisest koostisest
(prof. H. A. Pissarkovi järgi)

Pinnas	Alla 0,01 mm läbimõõduga osakesi (%)	0,01—0,05 mm läbimõõduga osakesi (%)	Dreenide vahekaugus (m)
1	2	3	4
Savi ja raske liivsavi	40—50 40—50	< 20 > 20	12—14 13—15
Keskmine liivsavi	30—40 30—40	< 20 > 20	16—18 17—19
Kerge liivsavi	20—30 20—30	< 20 > 20	19—20 20—22
Saviliiv	10—20 10—20	< 20 > 20	22—24 24—26
Liiv	< 10		26—30

(vt. tabelist 29) on antud vastavalt pinnaseliigile, mille teatavasti määrab erineva suurusega osakeste kaaluline suhe pinnases.

Vahekauguse määramist üksnes pinnase mehaanilise analüüsi andmetel ei saa siiski päris õigeks pidada, sest sel juhul kujuneb mõõduandvaks ainult pinnase lõimis, mitte aga selle agregaatseisund (struktuursus) ja looduslik kihistus, millede mõju aga pinnase veeläbilaskvusele on ilmne.

Dreenide vahekauguse määramine pinnase hügroskoopsuse järgi

Pinnase hügroskoopsuse all mõistetakse teatavasti selle omadust imeda endasse vett õhus leiduvast veeaurust. Mida suurem on õhu relatiivne niiskus, seda rohkem vett võib pinnas endasse õhust imeda. Maksimaalse hügroskoopsuse saab pinnas siis, kui õhk on veeauruga küllastunud.

Pinnase maksimaalne hügroskoopsus on võrdeline ta peeneteralisusega ja võib seepärast nagu peeneteralisuski olla mõõdupuuks dreenide vahekauguse määramisel. Kuid pinnase maksimaalne hügroskoopsus on määratav hoopis kiiremini ja lihtsamalt kui peeneteralisuse selgitamine pinnase mehaanilise analüüsi teel. Seepärast pidasid E. Mitscherlich ja R. Breitenbach omal ajal otstarbekohaseks määrata dreenide vahekaugust pinnase

hügroskoopsuse alusel. R. Breitenbach esitas (1911. a.) selleks järgmise valemi:

$$D = \frac{1{,}6211 - \log \gamma}{0{,}055},$$

kus D — dreenide vahekaugus (m);
γ — pinnase maksimaalne hügroskoopsus (%), mis määratakse valemist

$$\gamma = 100 \frac{(p-a)}{a} (\%),$$

kus p — veeauruga küllastunud pinnase kaal (g);
a — absoluutkuiva pinnase kaal (g).

Eelmainitud valemi õigsuse suhtes tekkisid aga kahtlused juba varsti pärast selle katsetamist. F. Zunker leidis (1921. a.) selle koguni täiesti väära olevat, samuti nagu kogu meetodi — määrata dreenide vahekaugust hügroskoopsuse alusel. Tänapäeval seda meetodit enam ei kasutata.

Dreenide vahekauguse määramine pinnase eripinna alusel

Pinnase eripinna all mõistetakse F. Zunkeri järgi suhtarvu, mis näitab, kui mitu korda pinnase terakeste pealispinna kogusumma mingi kaaluga pinnasel on suurem samakaalulise pinnase terakeste pealispinna kogusummast, millel kõigi terakeste läbimõõt on 1 mm. Hulga mõõtmistega määras F. Zunker kõikide tähtsamate mineraalpinnase liikide eripealispinna (U) suuruse ja andis dreenide vahekauguse määramiseks valemi

$$E = a - b\sqrt[3]{U},$$

kus E — dreenide vahekaugus (m);
U — eripinna suurus (nimetu arv);
a ja b on antud paiga looduslikke tingimusi iseloomustavad tegurid.

Ka see valem ei ole laialdasemat kasutamist leidnud, sest sama pinnaseliigi jaoks annab Zunker U väärtused õige laiades piirides, mis muudab arvutuste täpsuse ebakindlaks.

Dreenide vahekauguse määramine pinnase muude füüsikaliste omaduste alusel

Dreenide vahekauguse määramisel on soovitatud mõõdupuuks võtta veel muidki pinnase füüsikalisi omadusi.

Nii soovitas H. Janert selleks otstarbeks kasutada pinnase

niiskumissoojust, mille all teatavasti mõistetakse kuivast pinnasest selle niiskumisel eralduvat soojushulka (cal/g). Niiskumissoojus on sõltuvuses pinnase lõimisest, olles seda suurem, mida peeneteralisem on pinnas, ja võib seega kaudselt iseloomustada pinnase veeläbilaskvust.

R. Janota soovitas dreenide vahekauguse määramisel aluseks võtta pinnase õhumahutavuse.

Peale selle on pinnase mitmesugustel füüsikalistel omadustel põhinevaid dreenide vahekauguse määramise valemeid esitanud rida muidki autoreid, nagu L. Keso (pinnase mahukaalu alusel), J. Rothe ja W. Bonacker (pinnase hügroskoopsuse ja saviosakeste sisalduse protsendi alusel) jt.

Ükski esitatud meetoditest dreenide vahekauguse määramiseks pole aga saanud ainuvalitsevat tunnustust, mille tõttu mõnedes maades (Taani, Norra, Rootsi) on üldiselt loobutud empiirilistest valemitest dreenide vahekauguse määramisel ja see määratakse tavaliselt otseselt varemate kogemuste ja katsetulemuste järgi.

Ühe norra uurija (S. Haasund) arvates võib reegleid, mida on esitatud dreenide vahekauguse määramiseks, sageli pidada pigem filosoofiaks kui mingiks kindlaks, kogemustele vastavaks loodusseaduseks. Selle mõtteavaldusega ühines omal ajal ka taani teadlane A. Feilberg.[1]

c) Filtratsiooniseadusel ja teoreetiliselt tuletatud valemitel põhinevad viisid dreenide vahekauguse määramiseks

Filtratsiooni mõõtmisel põhinevad viisid

Kõik dreenide vahekauguse määramise viisid tuginevad kas kaudselt või otseselt põhiliselt pinnase veeläbilaskvusele. Kuid eespool mainitud viisid on laboratoorsed ja neis jääb arvesse võtmata pinnase looduslik seisund — struktuur ja kihistus; neil teguritel on aga suur mõju veeläbilaskvusele. Samuti jääb arvesse võtmata pinnase koostise ebaühtlus.

Need tegurid pääsevad paremini mõjule, kui pinnase veeläbilaskvust määratakse otse looduses, pinnase looduslikus olekus. Niisugusel korral ei jää arvesse võtmata pinnase struktuur, kihistus, eri suurusega terakeste looduslik paiknemine pinnase massis, võimalikud lõhekesed ja augukesed ning muudki raskesti arvestatavad mõjutegurid, mis pinnase läbilaskvust võivad mõjutada.

Pinnase looduslikku veeläbilaskvust võib põhimõtteliselt määrata kahesugusel teel: 1) mõõtes vee pinnasest väljaimbumise kiirust või 2) mõõtes vee pinnasesse imbumise kiirust.

1. Esimesel juhul, s. o. vee väljaimbumise kiiruse ehk vee-

[1] Aa og C. L. Feilberg. Kulturteknisk Vandbygning. København, 1921.

pinna taastumise kiiruse mõõtmiseks puuritakse maa sisse soovitava sügavusega silindriline auk, läbimõõduga mitte alla 10 sm (tavaliselt 20 sm), lastakse augul täituda põhjavee pinna kõrguseni veega ja ammutatakse siis auk veest peaaegu tühjaks. Pärast augu tühjaksammutamist mõõdetakse kiiresti veepinna sügavus maapinnast ja jälgitakse täpselt, kui kiiresti täitub auk uuesti põhjavee seisu kõrguseni. Vee seisu vahe ja augu täitumise aja järgi on võimalik arvutada filtratsioonikoefitsienti. Sellisel mõõtmisviisil põhineb näiteks šveitslase M. Diserensi üks valemeist dreenide vahekauguse määramiseks:

$$E = B\sqrt{A},$$

kus E — dreenide vahekaugus (m);
B — maa kasutamist iseloomustav tegur, mille suurus on keskmiselt 13 (varieerudes kohalikest tingimustest olenevalt 10—15 vahel);

$$A = \frac{1000}{H \cdot Z} \cdot \log \frac{y_0}{y},$$

kus H — vee sügavus kaevus, arvatuna kaevu põhjast kuni põhjavee seisu kõrguseni (sm);
y_0 — vee sügavus kaevus, arvatuna põhjavee pinnast kuni selle pinnani, mida veepind augus omab tühjaksammutamise järel (sm);
y — vee sügavus kaevus põhjavee pinnast kuni arvutataval hetkel kujuneva pinnani (sm);
Z — aeg minutites, mille jooksul veepind augus tõuseb seisust y_0 seisuni y.

Eestis kasutatavad K. Hommiku valemid dreenide vahekauguse määramiseks kuuluvad samuti (kuigi mitte päris puhtal kujul) seda tüüpi valemite hulka.

Nimelt annab K. Hommik dreenide vahekauguse määramiseks põllumaadel ja kultuurkarjamaal mineraalpinnases järgmise valemi:

$$E = 4270\sqrt{\frac{k_1(h-0{,}50)^2 + 0{,}86\,ak_2(h-0{,}50)}{q}}$$ ja

kultuurniitudel:

$$E = 4580\sqrt{\frac{k_1(h-0{,}45)^2 + 0{,}86\,ak_2(h-0{,}45)}{q}},$$

kus E — kuivendusdreenide vahekaugus (m);
h — dreenide sügavus (m);
k_1 — filtratsioonikoefitsient kihtides, mis asuvad ülalpool kuivendajadreenide põhja (sm/sek);

k_2 — sama kihtides, mis asuvad allpool kuivendajadreenide põhja (sm/sek);
$\bar{q}$ — pikaajaline aasta keskmine äravoolunorm (l/sek. km²);
a — vett juhtiva pinnasekihi sügavus allpool kuivendajadreenide põhja (m).

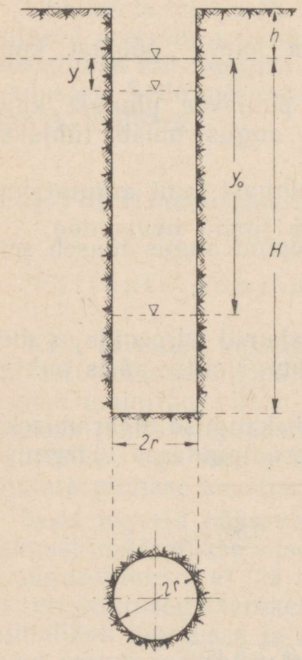
Filtratsioonikoefitsiendid k_1 ja k_2 tuleb toodud valemites määrata G. E. Erkini valemi järgi:

$$k = \frac{3{,}5 \cdot r^2}{t(H+2r)} \log \frac{y_0}{y},$$

kus r — puuraugu raadius.

H, y, y_0 ja t omavad sama tähendust, mis neil tähtedel on M. Diserensi valemis. Dimensioonid on: H, y ja y_0 — sm; t — sek.

Juhul, kui dreenid asuvad vettpidaval kihil, s. o. kui $a=0$, saavad K. Hommiku valemid lihtsama kuju, ja nimelt:



76. Puurauk filtratsiooni määramiseks.

põllu- ja karjamaa jaoks

$$E = 4270(h - 0{,}50)\sqrt{\frac{k}{\bar{q}}}$$

ning niidu jaoks

$$E = 4580(h - 0{,}45)\sqrt{\frac{k}{\bar{q}}}.$$

Neid lihtsamaid valemeid võib kasutada raskemate pinnaste jaoks. Sel korral tuleb filtratsioonikoefitsient k määrata Donati valemi abil:

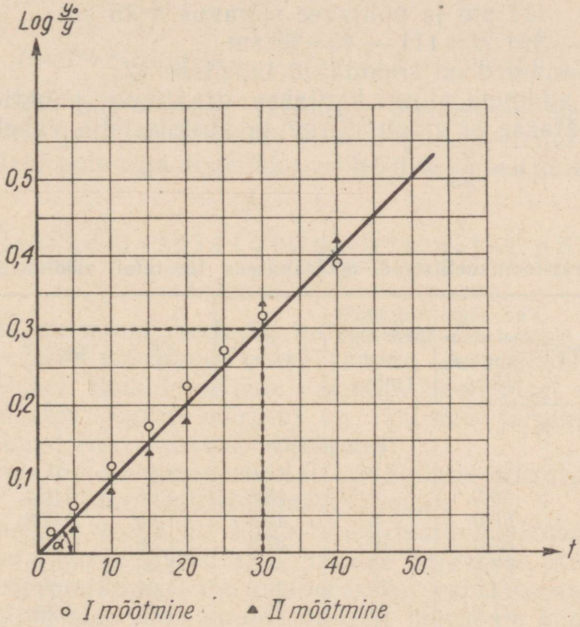
$$k = 16{,}3\frac{r^2}{Ht} \log \frac{y_0}{y},$$

kus r, H, t, y_0 ja y omavad sama tähendust ja samu dimensioone mis G. E. Erkini valemiski.

Eesti melioratsioonipraktikas leiab filtratsiooni määramine veepinna taastumise kiiruse mõõtmise teel laialdast kasutamist. See meetod sobib soostunud mineraalmaade puhul ja ka soode puhul, kus põhjavee pind asub kõrgel.

Filtratsioonikoefitsiendi määramiseks tehakse maasse (tavaliselt taldrikpuuriga) 10—20-sentimeetrise diameetriga ja 1—1,5-meetrise sügavusega puurauk (joonis 76). Puurauk tehakse val-

mis juba eelmisel päeval, et ööpäeva jooksul vee tase puuraugus ühtlustuks pinnase põhjavee tasemega. Järgmisel päeval mõõdetakse puuraugu sügavus ja vee sügavus augus. Siis tõstetakse (või pumbatakse) vesi puuraugust välja. On soovitatav vett välja tõsta sellise sügavuseni, et veepindade vahe (y_0) enne ja pärast väljatõstmist oleks ca 0,5 m. Vee tase puuraugus hakkab taas-



77. Graafik G. Erkini filtratsioonivalemis esineva tg α määramiseks graafilisel teel.

tuma ja seda kiiremini, mida paremini pinnas vett läbi laseb. Puuraugu täitumist jälgitakse vee sügavuse perioodilise mõõtmisega. Mõõdetakse ajavahemike järel, mis järk-järgult suurenevad. Nii mõõdetakse seni, kuni vee tase on vaid vähe erinev esialgsest. Igas puuraugus korratakse mõõtmist 2—3 korda.

Arvutuse läbiviimiseks Erkini valemi abil asendame

$$\frac{\log \frac{y_0}{y}}{t} = \operatorname{tg} \alpha;$$

seega saab valem kuju:

$$k = \frac{3{,}5r^2}{H + D} \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Tg α määramiseks konstrueeritakse millimeetripaberile graa-

fik, mille ordinaatteljele märgitakse log $\frac{y_0}{y}$ ja abstsissteljele aeg t (joonis 77).

Valem annab häid tulemusi, kui D on 10—15 sm ja y_0 30—50 sm ning kui puuraugu põhi ei ulatu vettpidava kihini.

Filtratsiooni määramise käiku selgitab järgmine näide.

Näide. Olgu puuraugu diameeter 15 sm, selle sügavus 111 sm ja põhjavee sügavus h 45 sm.

Siit $H = 111 - 45 = 66$ sm.

Mõõtmisandmed on koondatud tabelisse 32.

Saadud andmete alusel kantakse graafikule punktid, millede järgi tõmmatakse sirgjoon. Sirge ja abstsisstelje vahelise nurga järgi leiame $\operatorname{tg}\alpha = \frac{0{,}3}{30} = 0{,}01$.

Tabel 32

Filtratsioonikoefitsiendi määramiseks teostatud mõõtmised

Jrk. nr.	Kellaaeg	Vee sügavus maapinnast (sm)	Aeg mõõtmise algusest (min.)	y (sm)	$\frac{y_0}{y}$	$\log \frac{y_0}{y}$	Märkusi
			1. mõõtmine				
1.	9^{10}	93	0	48,0	1,0	0	
2.	9^{12}	90,5	2	45,5	1,06	0,024	
3.	9^{15}	87,0	5	42,0	1,14	0,058	
4.	9^{20}	82,0	10	37,0	1,30	0,113	
5.	9^{25}	77,5	15	32,5	1,48	0,169	
6.	9^{30}	74,0	20	29,0	1,66	0,219	
7.	9^{35}	71,0	25	26,0	1,84	0,266	
8.	9^{40}	68,5	30	23,5	2,04	0,310	
9.	9^{50}	64,5	40	19,5	2,46	0,391	
			2. mõõtmine				
1.	10^{00}	93	0	48,0	1,0	0	
2.	10^{05}	88,5	5	43,5	1,10	0,043	
3.	10^{10}	84,0	10	39,0	1,23	0,091	
4.	10^{15}	80,0	15	35,0	1,37	0,137	
5.	10^{20}	77,0	20	32,0	1,50	0,176	
6.	10^{25}	71,0	25	26,0	1,84	0,266	
7.	10^{30}	67,0	30	22,0	2,18	0,338	
8.	10^{40}	63,5	40	18,5	2,59	0,414	

Seega filtratsioonikoefitsient

$$k = \frac{3{,}5r^2}{H+D} \cdot \operatorname{tg}\alpha = \frac{3{,}5 \cdot 7{,}5^2}{66+15} \cdot 0{,}01 =$$

$$= 0{,}024 \text{ sm/min. ehk } 0{,}0004 \text{ sm/sek.}$$

2. Sel juhul, kui põhjavee pind asub puuraugu põhjast sügavamal ja vett auku sisse ei imbu, mõõdetakse filtratsiooni määramiseks vee pinnasesse imbumise kiirust. Seda tehakse sel teel,

et esmalt kallatakse puurauku vett niikaua, kuni pinnas augu ümbruses on veega küllastunud, s. o. kuni veepinna vajumise määr ajaühiku kohta jääb muutumatuks. Selle järel võib määrata vee veega küllastunud pinnasesse infiltreerumise aega.

Sellisel filtratsiooni määramise viisil rajaneb muuhulgas W. Freckmani ja H. Janerti valem dreenide vahekauguse määramiseks:

$$E = 7 + 10(\log 30 - \sqrt[3]{S}) = 21{,}8 - 10 \log \sqrt[3]{S},$$

kus S on 500 sm^3 suuruse veehulga pinnasesse sisseimbumise aeg minutites ja E on dreenide vahekaugus meetrites.

See valem pole aga tegelikkuses häid tulemusi andnud.

Teoreetiliselt tuletatud valemitel põhinevad viisid

Rohkem kui muud meetodid on Nõukogude Liidus tunnustust leidnud dreenide vahekauguse määramine teoreetiliselt tuletatud valemite alusel. Kõikide selliste valemite tuletamisel (nagu prof. A. A. Brudastov õigesti märgib) on lähtutud järgmistest valemite tuletamist lihtsustavatest oletustest:

a) pinnas on homogeenne, tal on ühtlane filtratsioonikoefitsient ning vettpidav (mitteläbilaskev) põhi;

b) pinnas on veega üle küllastunud teatava nivooni, kui puudub drenaaži toime. Astub aga drenaaž tegevusse, siis põhjavee pind alaneb, kusjuures kahe naaberdreeni vahel omandab põhjavee pind alanemise järel uue (tavaliselt ülespoole kumera) kuju, millisena teda nimetatakse depressioonipinnaks;

c) depressioonipind võib olla stabiilse või muutuva (dünaamilise) kujuga. Stabiilne on ta sel tingimusel, kui dreenide kaudu voolab vett ära niisama palju, kui seda väljastpoolt juurde tuleb, s. o. tasakaalustatud voolutingimustes. Sellisel oletusel põhinevad vanemad valemid, näiteks drenaaži põhivalemist tuletatud Rothe valem (vt. lk. 142). Uuemates valemites võetakse arvesse põhjavee dünaamiline, muutuv voolamine, kus vee juurdevool ja äravool ei ole tasakaalustatud. Niisugusel juhul langeb põhjavee pind pidevalt ja arvutusvalemisse tuleb sisse ajategur.

Üks lihtsamaid seda liiki valemeid on S. F. Averjanovi valem:

$$E = 2\sqrt{\frac{2KT(H_0^2 - h^2)}{\delta(H_0^2 - H^2)}},$$

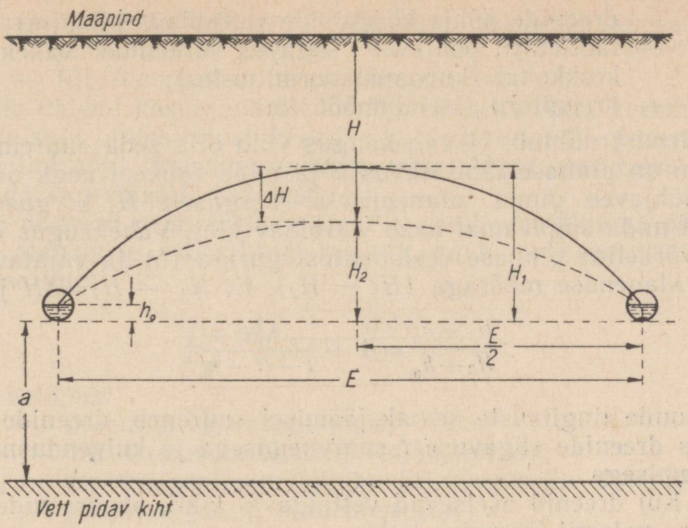
kus E — dreenide vahekaugus (m);
K — filtratsioonikoefitsient (m/sek);
T — põhjavee pinna alanemise kestus (sek);

h — veepinna kõrgus üle vettpidava kihi (m);
δ — pinnase veeloovutustegur;
H_0 — depressioonikõvera lagipunkti kõrgus üle vettpidava kihi enne põhjavee pinna alanemist (m);
H — sama pärast põhjavee pinna alanemist aja T jooksul (m).

Kõige põhjalikumalt on dreenide vahekauguse küsimust teoreetiliselt käsitletud akadeemik A. N. Kostjakovi kapitaalsetes töödes. Lähtudes sellest, et põhjavee seis dreenide vahel ja nõutav kuivendusnorm ei ole muutumatud, vaid muutuvad vastavalt maa majandamise viisile, ilmastikutingimustele, agrotehnika tasemele ja taimede arengu faasile, peab A. N. Kostjakov vajalikuks kuivendusdreenide vahekauguse määramisel aluseks võtta dreenide toimimise dünaamika ja põhjavee liikumise muutuva voolamise tingimustes. Sellekohaselt esitas ta juba 1932. aastal oma uue põhimõtte dreenide vahekauguse määramiseks, kusjuures ta lähtus vajalikust põhjavee alandamise kiirusest dreenide vahel. Nimelt pidas A. N. Kostjakov tarvilikuks määrata dreenide vahekaugust selliselt, et see antud ilmastiku-, mullastiku- ja hüdroloogiliste tingimuste ning projekteeritud sügavuse juures võimaldaks ettenähtud aja jooksul saavutada vajaliku põhjavee pinna alanemise vastavalt taimekasvu või maaharimise nõuetele. Põllumajanduslike maade kuivendamisel on vajalik, et kevadiste põllutööde alguseks ja külviajaks oleks maa küllaldaselt tahe ja et pinnase niiskuse ja õhustumise aste künnikihis ja allpool, taimekasvu mõjutavas kihis, oleksid taimekasvu perioodi kestel sel tasemel, mis on soodne taimede arenguks, kuid ka mullaharimis- ja taimede hooldamise töödeks. Neil juhtudel, kui põhjavesi ajutiselt soovitud tasemest kõrgemale tõuseb, peab drenaaž tagama tema alanemise määratud aja jooksul. Tundes tegelikku põhjavee kõrgust kuivendataval maa-alal kevadperioodil ja teades, millise sügavuseni maapinnast on vaja põhjavett külvitööde hooaja alguseks alandada, samuti aega, mille kestel mainitud alanemine peab olema saavutatud, on võimalik arvutada kuivendusdreenide vahekaugust, mis selle põhjavee pinna alanemise tagab, kui on teada ka pinnase filtratsioonikoefitsient ja veeloovutustegur. Kuid mitte ainult kevadel, vaid ka suve kestel ja sügisel pikaldasemate sadude korral osutub sageli vajalikuks põhjavee alanemist drenaaži abil kiirendada.

Neid kaalutlusi aluseks võttes on akadeemik A. N. Kostjakov teoreetilisel teel tuletanud oma valemid dreenide vahekauguse määramiseks kahesuguse juhu jaoks: a) kui vettpidav kiht asetseb allpool dreene ja b) kui dreenid asetsevad otse vettpidaval kihil.

a) Kui vettpidav kiht asetseb sügaval, allpool dreene, on vahekauguse valem järgmine:



78. Skeem akad. A. N. Kostjakovi valemi juurde dreenide vahekauguse määramiseks.

$$E = \frac{\pi k \left(\frac{\alpha + \beta}{90}\right) T}{\varphi \delta \left(\ln \frac{E}{d} - 1\right) \ln \frac{H_1 - h_0}{H_2 - h_0}},$$

kus E — dreenide vahekaugus (m);
k — filtratsioonikoefitsient (m/ööpäevas);
T — aeg, mille kestel tuleb saavutada vajalik põhjavee pinna alanemine (ööpäevades);
H_1 — põhjavee kõrgus üle dreenide põhja dreenide vahekauguse keskkohal enne alandamist (m);
H_2 — sama pärast alandamist (s. o. taotletav seis, m);
h_0 — veekihi sügavus dreenitorus (m);
$\delta = \frac{A - C}{100}$ — pinnase veeloovutustegur, mis võrdub pinnase maksimaalse veemahutavuse A ja potentsiaalse (kapillaarse) veemahutavuse C vahega (%);
φ — tegur, mis oleneb põhjavee depressioonipinna kujust ning põhjavee pinna alanemisest dreenide kohal ja dreenide vahekauguse keskkohal; selle suurus on peaaegu 1;

$$\frac{\alpha}{90} = \frac{2a}{E}\left(1 + 0{,}8 \ln \frac{E}{2a}\right);$$

$$\frac{\beta}{90} = \frac{4H(H_2 + h_0)}{E}\left(\ln \frac{E}{d} - 1\right);$$

a — dreenide põhja kõrgus üle vettpidava kihi (m);
H — taotletav põhjavee sügavus dreenide vahekauguse keskkohal (kuivendusnorm, m-tes);
d — dreenitoru siseläbimõõt (m).

Valemist nähtub, et vahekaugus võib olla seda suurem, mida suurem on pinnase läbilaskvus k ja mida rohkem aega on lubatud põhjavee pinna alanemiseks kõrguselt H_1 kõrguseni H_2, samuti mida sügavamal asub vettpidav kiht. Vahekaugus on aga pöördvõrdeline pinnase veeloovutusteguriga (δ) ja vajatava veepinna alanemise määraga ($H_1 - H_2$). Et $H_1 - H_2 = \Delta H$ ja

$$\frac{H_1 - h_0}{H_2 - h_0} = 1 + \frac{\Delta H}{t - H - h_0},$$

siis muude tingimuste samaksjäämisel suureneb dreenide vahekaugus dreenide sügavuse t suurenemisega ja kuivendusnormi H vähenemisega.

b) Kui dreenid asetsevad vettpidaval kihil, on dreenide vahekauguse valemil järgmine kuju:

$$E = \sqrt{\frac{4\,kT(t - H)(t - H + \Delta H)}{\varphi\delta\,\Delta H}}.$$

Siin on tegurite tähendus ja dimensioonid samad, mis eelmistes valemites.

Professor A. N. Kostjakov märgib, et veeloovutustegur δ suureneb koos pinnase filtratsioonikoefitsiendi k ja kuivendusnormi H suurenemisega. Neist tegureist sõltuvalt on veeloovutusteguri δ leidmiseks mineraalpinnastes G. Erkini poolt esitatud valem

$$\delta = 16{,}5\sqrt{k} \cdot \sqrt[3]{H}$$

ja turbapinnaste jaoks A. I. Ivitski valem

$$\delta = 8{,}2\,k^{\frac{3}{8}}\,H^{\frac{3}{4}}.$$

Professor H. A. Pissarkov tuletas dreenide vahekauguse määramiseks lihtsamad valemid. Nii andis ta dreenide paiknemise korral vettpidaval kihil nende vahekauguse määramiseks järgmise valemi:

$$L = 2(T - H)\sqrt{\frac{k}{p}},$$

kus L — dreenide vahekaugus (m);
T — dreenide sügavus (m);
H — nõutav põhjavee sügavus maapinnast (kuivendusnorm, m-tes);

P — sademete hulk (m^3/ööpäevas), mis drenaaž peab ära juhtima 1 m^2 kohta;
k — filtratsioonikoefitsient (m/sek.).

Selle valemi kasutamisel võib P suuruseks võtta keskmise ööpäevase saju intensiivsuse kevad- või sügisperioodil olenevalt sellest, millal saju intensiivsus on suurem. Arvutustes tuleb nimelt kasutada suuremat P väärtust.

Kui drenaaž peab teatava aja t jooksul võimaldama põhjavee pinna alanemise ettenähtud määral, saab vahekauguse valem järgmise kuju:

$$L=2\sqrt{\frac{kh_1h_2t}{\sigma(h_1-h_2)-et+pt}}.$$

Selles valemis:
L — dreenide vahekaugus (m);
k — filtratsioonikoefitsient (m/ööpäevas);
h_1 — depressioonijoone lagipunkti kõrgus üle dreenide enne põhjavee pinna alanemist (m);
h_2 — sama pärast põhjavee pinna alanemist (m);
t — aeg, mille kestel põhjavee pinna alanemine (h_1-h_2) tuleb saavutada (ööpäevades);
e — aurumine (m/ööpäevas);
p — sademete keskmine hulk (m/ööpäevas, keskmiselt aja t kestel);
σ — pinnase veeloovutustegur $\frac{A-C}{100}$;
C — kapillaarne veemahutavus (mahuprotsentides);
A — pinnase maksimaalne veemahutavus (%).

Pinnase veeloovutusteguri σ arvutamiseks võib kasutada ühte kahest alljärgnevast valemist:

mineraalmaade jaoks Erkini valemit $\sigma=0{,}056\sqrt{k}\cdot\sqrt[3]{h_1-h_2}$,

soomaade jaoks Ivitski valemit $\sigma=0{,}115\,k^{\frac{3}{8}}(h_1-h_2)^{\frac{3}{4}}$.

Dimensioonid on samad mis H. A. Pissarkovi dreenide vahekauguse valemis.

Kui andmed filtratsiooni kohta puuduvad, siis soovitab professor H. A. Pissarkov[1] Leningradi oblasti ja selle naaberoblastite tingimustes dreenide vahekauguse määramiseks kasutada järgmist valemit:

$$E=N\frac{T-h}{\sqrt{5p}},$$

kus E — dreenide vahekaugus (m);
T — dreenide sügavus (sm);

[1] Н. С. Губарь и В. К. Панов. Из результатов работ Северного Научно-Исследовательского Института Гидротехники и Мелиорации за 40 лет (1917—1957 гг.). «Бюллетень научно-технической информации по сельскохозяйственной мелиорации в нечерноземной полосе» № 2. Ленинград, 1957.

h — kuivendusnorm (sm):

niitudel ja karjamaadel	30—40
põldudel	50
juurviljamaadel	60

p — arvutuslik sademete intensiivsus ööpäeva kohta (mm-tes, Leningradi oblastis=3,2 mm);

N — pinnase veeläbilaskvust iseloomustav tegur, mille suurus on:

raske liivsavi jaoks	1,2
keskmise „ „	1,4
kerge „ „	1,6
saviliiva jaoks	1,9
liiva jaoks	2,5

d) Eri meetodite rakendatavus

Kirjeldatud dreenide vahekauguse määramise meetoditest on tegelikkuses kõige laiemalt rakendatud kogemustel ja katsetulemustel ning lõimisel rajanevaid viise. Muid viise kasutatakse enamasti ainult võrdluseks, kui neid üldse kasutatakse. Dreenide vahekauguse määramise meetodile, mis põhineb mujalt saadud kogemustel ja katseandmetel, on tehtud see tõsine etteheide, et see meetod on sobiva vahekauguse selgitamiseks liiga aegaviitev ja kulukas. Mujalt saadud kogemused pole alati vahetult ülekantavad küsimuses olevatesse oludesse, sest ilmastik ja pinnas võivad olla teistsugused ja majanduslikud tingimused erinevad. Seepärast ei tarvitse ühes kohas saadud hea majanduslik efekt alati anda niisama häid tulemusi teises kohas. Pealegi võib kogemuste ülevõtmisel mõjule pääseda subjektiivsuse moment. Katseasutuste poolt korraldatavad katsed on küll usaldatavad, kui need on kestnud küllalt pikka aega, mis juhuslikkuse ja üksikute aastate erineva ilmastiku mõju võimalikult täielikult elimineerib, ja kui katsete tingimused vastavad neile, milledes need rakendamisele peavad tulema. Kuid selliste katsete korraldamine on kulukas ja nõuab pikka aega, enne kui tulemusi võib pidada kindlaks. Et kiiremini eesmärgile jõuda, on rööbiti katsetega või ka neid hoopis kõrvale jättes sellele küsimusele muid lahendusi otsitud. Selliste lahenduste otsingul on aastakümnete kestel sündinud palju meetodeid ja valemeid, mis kõik püüavad anda dreenide vahekauguse määramisele kindlat teaduslikku alust ja vabastada seda subjektiivsusest ja juhuslikkusest ning mis ühtlasi tahavad lahendust anda kiiresti ja odavalt.

Kuid esitatud meetodite ja valemite rohkus ise juba näitab, et ühtset, matemaatiliselt õiget lahendust pole siiamaani leitud.

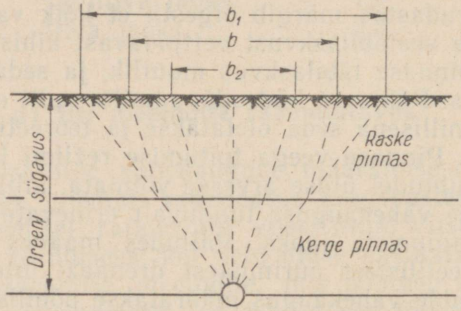
Kogu see mitmekesisus, mis taimekasvu mõjutavates looduslikes tingimustes valitseb, ja kõikide mõjutegurite koosmõju komplitseeritud iseloom muudavad peaaegu lootusetuks taotluse leida

drenaaži intensiivsuse küsimusele matemaatilisel teel ühtne ja üldpädev lahendus. Palju aastakümneid kestnud pingutustest hoolimata pole matemaatiline lahendusviis viinud eesmärgile ei kiiresti ega ka odavalt ja täie õigustusega püsivad kogemuste andmed ning katsetulemused endiselt kõige kindlamalt drenaaži toime intensiivsuse ja eriti just dreenide vahekauguse määramise alustena. Taimede kasv ja saagid ise otsustavad lõpuks siiski kõige õigemini, mida taimede kasvu parandamiseks on vaja teha ja mis seda takistavad. Ja kõik valemid dreenide vahekauguse või sügavuse määramiseks on õiged ainult niivõrd, kuivõrd tegelik taimekasvatuse praktika ja katsetulemused nende õigsust kinnitavad.

Professor Brudastov märgib õigesti, et kõik valemid eeldavad ühtlast pinnase veeläbilaskvust vettpidavast kihist ülalpool, kuid tegelikult on pinnase läbilaskvus muutlik, ja seda isegi ühesainsas dreenivahes. Põhjavee hüdrodünaamiline pilt ei vasta ka täielikult sellele, millisena seda oletatakse ja teoreetilistesse valemitesse võetakse. Pinnase veega toitumise režiimi iseärasused jäävad paljudel juhtudel üldse arvesse võtmata, mille tõttu valemid annavad võrdse vahekauguse tunduvalt erinevate hüdroloogiliste ja ilmastikutingimuste jaoks. Paljudes maades ongi loobutud edasistest teoreetilistest uurimistest drenaaži intensiivsuse küsimuses ja dreenide vahekaugus määratakse põhiliselt lõimise alusel, arvestades aga seejuures kogemuste järgi ka teisi looduslikke tegureid. Nii toimub see näiteks Saksamaal, Tšehhoslovakkias, Taanis, Rootsis ja mujal. Väärib märkimist, et neis maades on üldiselt vähe kasutatud mitmesuguseid drenaaživalemeid, kuid sellest hoolimata on seal rajatud küllalt palju drenaaži, ja sealjuures enamasti heade tulemustega. Kogemused ja katsetulemused on neis maades olnud peamiseks aluseks drenaaži intensiivsuse määramisel.

Kahtlemata ongi see kõige usaldatavam viis. See viis laseb ennast edukalt rakendada igal pool, kus looduslikud ja majanduslikud tingimused on võrdsed või lähedased neile, milledes kogemused ja katsetulemused on saadud. Kuid NSV Liidu laial territooriumil, mille eri osades niihästi looduslikud kui ka majanduslikud tingimused on laiades piirides muutuvad, ei ole melioratsioonitööde läbiviimisel alati võimalik saada kõigiti sobivaid kogemusi või ka katsetulemusi kuivenduse intensiivsuse määramiseks. Neil kordadel osutub muidugi paratamatuks kasutada kuivenduse intensiivsuse määramiseks muid viise, näiteks määramist pinnase füüsikaliste omaduste järgi või teoreetiliselt tuletatud valemite alusel.

Drenaažipraktikas esineb juhtusid, et kuivendatav pinnas koosneb kihtidest, mis oma veeläbilaskvuse poolest üksteisest tunduvalt erinevad. Nii on lugu näiteks soomaade kuivendamisel, kui turbakiht on õhem drenaaži sügavusest ja dreenid satuvad mineraalpinnasesse, mis oma veeläbilaskvuselt võib tunduvalt erineda pealpool oleva turbakihi veeläbilaskvusest. Mineraalmaadest esineb selline juht rasketel savimaadel, kus künnikiht on palju suurema läbilaskvusega kui selle all olevad horisondid, jne.



79. Dreenide vahekauguse graafiline määramine kihilises pinnases Blauthi meetodil.

Dreenide vahekauguse määramiseks sellistel nn. kahekihilistel pinnastel esitas J. Blauth (1903. a.) lihtsa graafilise meetodi, mis seisab järgmises. Joonestatakse lõige küsimuses olevast pinnasest, millel sobivas mõõtkavas (näiteks 1:20) on peale kantud erineva läbilaskvusega pinnaste vahejoon ja samas mõõtkavas ära märgitud ka ristlõikes dreen (joonis 79). Dreeni pealt tõmmatakse püstjoon kuni maapinnani ja selle joone ning maapinna lõikumise punktist mõõdetakse kahele poole teistsuguses (suurema vähendusega) mõõtkavas, näiteks 1:200, esiteks pool dreenide vahekaugusest, mis on vajalik näiteks ülemise, raskemini vett läbilaskva pinnase jaoks (b_2), ja siis samuti kahele poole pool alumisele, suurema läbilaskvusega pinnasele vastavast dreenide vahekaugusest (b_1). Saadud punktid ühendame dreeni lagipunktiga. Neist punktidest, kus alumise pinnase järgi tõmmatud jooned lõikavad mõlema pinnasekihi vahejoont, tõmmatakse nüüd paralleeljooned joontele, mis tõmbasime ülemise pinnasekihi läbilaskvuse kohaselt. Nii tõmmatavad paralleeljooned lõikavad maapinna joont varem märgitud vahekauguste punktide vahel. Nende punktide vahe sama mõõtkava järgi, mille järgi kandsime graafikule dreenide vahekauguse punktid, annabki otsitava vahekauguse (joonisel «b»).

Professor H. A. Pissarkov esitas 1938. aastal dreenide vahekauguse määramiseks kahekihilises pinnases järgmise valemi:

$$E = 2\sqrt{\frac{2k_1h_1H + k_2H^2 - 2k_2H}{p}},$$

kus E — dreenide vahekaugus (m);
k_1 — filtratsioonikoefitsient alumises kihis (m/sek);
k_2 — „ pealmises kihis (m/sek);
h_1 — alumise kihi paksus (m);
h_2 — depressioonikõvera lagipunkti kõrgus üle kihtidevahelise vahepinna (m);
H — depressioonikõvera lagipunkti kõrgus üle dreenide põhja (m);
p — sademete veest dreeni voolav veehulk (m^3/sek.m^2).

Eelmainitud valemi üldpädevuses on aga tekkinud kahtlus. Nii toob tehniliste teaduste kandidaat V. A. Jonat näite, milles juhul, kui $k_1 = 0{,}00005$ m/sek, $k_2 = 0{,}00025$ m/sek, $h_1 = 0{,}5$ m ja $H = 0{,}8$ m, annab H. A. Pissarkovi valem tulemuseks, et $E = 0$, mis pole aga reaalne. Sama filtratsioonikoefitsiendi korral ($k = 0{,}00005$ m/sek) oleks dreenide vahekaugus (E) homogeenses pinnases 29,2 meetrit.

V. A. Jonat[1] on drenaaži vahekauguse küsimust kihilistes pinnastes käsitlenud reas kirjutistes ja on jõudnud (1958. a) valemiteni, mille kuju tasakaalustatud voolutingimuste jaoks on järgmine.

a) Kui dreenid paiknevad horisontaalsel vettpidaval (praktiliselt peaaegu vett läbilaskmatul) kihil:

$$E = 2\sqrt{\frac{k_1}{p}[M^2 + 2Mh_1 + nh_1^2]}.$$

b) Kui vettpidav kiht paikneb sügaval (üle poole dreenide vahekaugusest) allpool dreene:

$$E = 2\sqrt{\frac{k_1}{p}\left[M^2 + 2Mh_1 + nh_1^2 + 5e^{\sqrt{d}}(M + h_1)\right]}.$$

c) Kui vettpidav kiht asetseb mingil vahepealsel sügavusel (a) allpool dreene:

$$E = 2\sqrt{\frac{k_1}{p}\left[M^2 + 2Mh_1 + nh_1^2 + \beta(M + h_1)\right]}.$$

Neis valemeis on:
E — dreenide vahekaugus (m);
k_1 — alumise pinnasekihi filtratsioonikoefitsient (m/sek);

[1] В. А. Ионат. Формулы для определения расстояния между дренами в двухслойном грунте. Рукопись. Таллин, 1957. В. А. Ионат. Расчет дренажной сети в двухслойных грунтах. Рукопись. Таллин, 1958.

k_2 — pealmise pinnasekihi filtratsioonikoefitsient (m/sek);
p — arvutuslik sademete intensiivsus (m/sek. m²);
M — dreenide sügavus pealmise kihi põhjast (m);
h_1 — depressioonikõvera lagipunkti kõrgus pealmise kihi põhjast (m);
a — vettpidava kihi kaugus dreenide põhjast (m);
d — dreenitoru siseläbimõõt (m);
r — „ siseraadius (m);

$n = \frac{k_2}{k_1}$;

$$\beta = \frac{2{,}5(2a - 0{,}45)}{a + r} e^{\frac{a\sqrt{d}}{a+r}}.$$

Toodud valemid on kehtivad, kui on täidetud tingimused, et:

$$0{,}03 \text{ m} \leqslant d \leqslant 0{,}30 \text{ m ja}$$
$$a > 0{,}5 \text{ m}.$$

Homogeense pinnase puhul on $k_2 = k_1 = k$ ja $n = 1$ ning $M = 0$. Sel juhul saavad eeltoodud valemid järgmise kuju:

a) $E = 2H\sqrt{\frac{k}{p}}$ (Rothe valem);

b) $E = 2H\sqrt{\frac{k}{p}\left(1 + \frac{5e^{\sqrt{d}}}{H}\right)}$;

c) $E = 2H\sqrt{\frac{k}{p}\left(1 + \frac{\beta}{H}\right)}$.

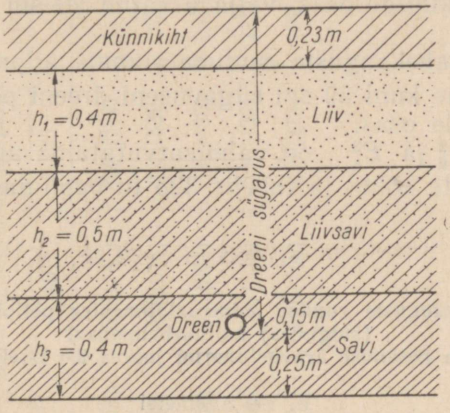
Ka muutuvate voolutingimuste jaoks on V. A. Jonat rea valemeid tuletanud. Aga esialgu pole valemid dreenide vahekauguse määramiseks kihilises ja ebahomogeenses pinnases nende uudsuse ja raskepärase kuju tõttu meie drenaaži projekteerimise praktikas siiski veel laialdasemat kasutamist leidnud.

Saksa drenaažijuhendis (DIN-1185—1950) on antud järgmine lihtne valem dreenide nn. kaalutud vahekauguse määramiseks mitmekihilises pinnases:

$$E = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + \ldots}{t},$$

kus E — otsitav dreenide vahekaugus mitmekihilises pinnases (m);
E_1 — vahekaugus pinnaseliigi jaoks, mis antud kihilises pinnases esineb kihi paksusega h_1;
E_2 — sama pinnase jaoks, mille paksus on h_2;

E_3 — sama pinnase jaoks, mille paksus on h_3 jne.;
h_1, h_2, h_3 . . . — kihilise pinnase üksikute kihtide paksused (m), kusjuures künnikihti (0,25 m) ei arvestata, kuid künnialused kihid võetakse arvesse kuni 25 sm sügavuseni allpool dreenide põhja;
t — arvessevõetavate kihtide kogupaksus ($=h_1+h_2+h_3+$ . . .) meetrites.



80. Skeem arvutusnäite juurde dreenide vahekauguse määramiseks kihilises pinnases.

Näide. Pinnas allpool künnikihti on kolmekihiline (joonis 80):
I — liiv, paksusega $h_1=0,4$ m, millel sobiv dreenide vahekaugus $E_1=30$ m;
II — liivsavi, paksusega 0,5 m, millel sobiv dreenide vahekaugus $E_2=22$ m;
III — savi, paksusega 0,4 m, millel sobiv dreenide vahekaugus $E_3=10$ m.
Leida dreenide kaalutud vahekaugus antud kihilises pinnases.
Lahendus:

$$t=0,4+0,5+0,4=1,3 \text{ m},$$
$$\Sigma Eh=30\cdot 0,4+22\cdot 0,5+10\cdot 0,4=27 \text{ m},$$
$$E=\frac{\Sigma Eh}{t}=\frac{27}{1,3}\approx 21 \text{ m}.$$

Seda dreenide vahekauguse määramise viisi kihilises pinnases võib pidada praktiliselt vastuvõetavaks.

K. Hommik ja E. Vei esitasid dreenide vahekauguse määramiseks kihilistes pinnastes uue viisi, mida on ka juba «Eesti Põllumajandusprojektis» hakatud juurutama projekteerimise praktikasse. Selle viisi järgi määratakse iga kihi kohta ülevalpool ja

allpool dreene nn. osavahekaugused, kuna lõplik vahekaugus saadakse valemist:

$$E = \sqrt{E_{ü}^2 + E_a^2},$$

kus E — lõplik dreenide vahekaugus (m);

$E_{ü}^2$ — osavahekauguste ruutude summa ülevalpool dreene olevate kihtide osas, välja arvatud 20 sm paksune künnikiht;

E_a^2 — osavahekauguste ruutude summa allpool dreeni põhja olevate kuni 30 sm sügavuseni dreeni põhjast ulatuvate kihtide osas.

Suurused $E_{ü}^2$ ja E_a^2 on valmisarvutatuina antud tabelis 32a mineraalpinnaste kohta ja tabelis 32b turbapinnaste kohta.

Tabel 32a

Dreenide osavahekauguste ruudud mineraalpinnastes põllul või karjamaal ja (sulgudes) kultuurheinamaal (aasta keskmise äravoolunormi juures 9,0 l/sek · km²)

E. Vei andmetel

Pinnas / Dreeni sügavus (m)	Savi	Raske liivsavi	Keskmine liivsavi	Kerge liivsavi	Saviliiv	Liiv
	Osavahekauguste ruudud $\frac{E_{ü}^2 \text{ — ülevalpool dreeni}}{E_a^2 \text{ — allpool dreeni}}$					
1,20	52 (69) / 22 (27)	183 (241) / 78 (96)	304 (401) / 130 (160)	502 (663) / 215 (265)	832 (1099) / 357 (459)	1380 (1822) / 591 (729)
1,15	45 (60) / 21 (26)	157 (210) / 73 (90)	262 (349) / 121 (150)	433 (578) / 200 (248)	717 (957) / 331 (410)	1190 (1587) / 549 (680)
1,10	38 (52) / 19 (24)	134 (181) / 67 (84)	223 (301) / 112 (139)	369 (498) / 185 (230)	611 (825) / 306 (381)	1014 (1369) / 507 (632)
1,05	32 (44) / 17 (22)	113 (154) / 62 (77)	188 (257) / 102 (128)	310 (425) / 169 (212)	514 (703) / 280 (352)	852 (1166) / 465 (583)
1,00	26 (37) / 16 (20)	93 (130) / 56 (71)	155 (216) / 93 (118)	256 (357) / 154 (195)	424 (591) / 255 (322)	704 (980) / 422 (535)
0,95	21 (30) / 14 (18)	75 (107) / 50 (64)	126 (178) / 84 (107)	208 (295) / 138 (177)	344 (488) / 229 (293)	570 (810) / 380 (486)
0,90	17 (25) / 13 (16)	60 (87) / 45 (58)	99 (144) / 74 (96)	164 (239) / 123 (159)	272 (396) / 204 (264)	451 (656) / 338 (437)
0,85	13 (20) / 11 (15)	45 (69) / 39 (51)	76 (114) / 65 (86)	126 (189) / 108 (142)	208 (313) / 178 (234)	345 (518) / 296 (389)
0,80	10 (15) / 10 (13)	34 (53) / 34 (45)	56 (87) / 56 (75)	92 (144) / 92 (124)	153 (239) / 153 (205)	253 (397) / 253 (340)

Dreenide osavahekauguste ruudud turbapinnases põllul või karjamaal ja (sulgudes) kultuurheinamaal sõltuvalt pealpool dreeni asuva turbakihi lagundumisastmest (aasta keskmise äravoolunormi juures 9,0 l/sek · km²)

E. Vei andmetel

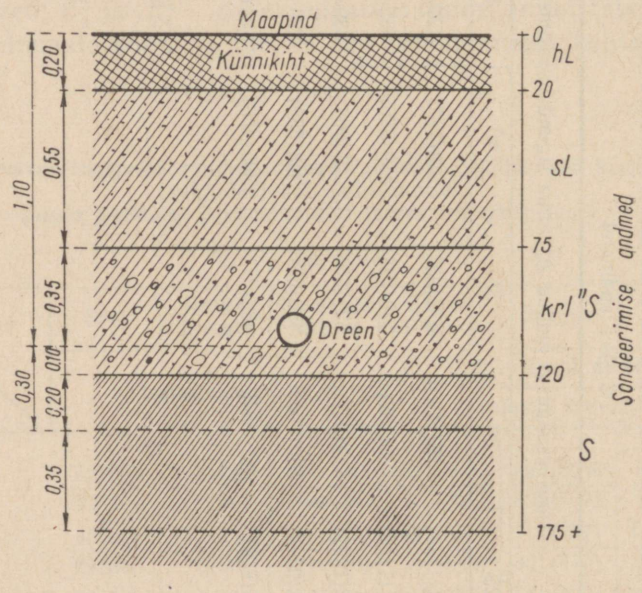
Dreenide lõplik sügavus (m)	Osavahekauguste ruudud $E_{ü}^{2}$ turba lagundumisastme juures %							
	20	25	30	35	40	45	50	60
1,10	1136 (1568)	973 (1345)	845 (1129)	672 (933)	538 (747)	427 (592)	311 (427)	195 (268)
1,05	1008 (1417)	867 (1219)	727 (1021)	599 (842)	479 (676)	383 (539)	282 (392)	179 (251)
1,00	881 (1265)	760 (1092)	639 (912)	527 (751)	421 (604)	339 (485)	252 (357)	163 (233)
0,95	758 (1099)	653 (954)	550 (798)	455 (661)	363 (530)	296 (429)	222 (319)	147 (211)
0,90	635 (932)	546 (816)	461 (684)	383 (571)	305 (456)	254 (373)	192 (281)	130 (188)

Dreenide vahekauguse määramiseks K. Hommiku ja E. Vei viisi järgi toome alljärgnevalt selgituseks kaks E. Vei poolt arvutatud näidet.

Näide 1. (mineraalpinnase kohta).

Lähteandmed.

Äravoolunorm (klimaatiline) $\bar{q}_k = 8{,}2$ l/sek · km²
Dreeni sügavus t = 1,10 m
Mullaerim: Lg_{II}
Sondeerimisandmed: hL20sL75krl"S120S175+
Kuivendatav kõlvik: põllumaa



Lahendus.

Arvutuslik äravoolunorm $\bar{q} = 8{,}2 + 2{,}1 * = 10{,}3$ l/sek · km²

(paranduskoefitsient $\sqrt{\frac{9}{\bar{q}}} = \sqrt{\frac{9}{10{,}3}} = 0{,}93$).

Põllumaal võimaldab mullaerim Lg_{II} suurendada dreenide vahekaugust 12% võrra.

Osavahekauguste ruudud saab tabelit 32a kasutades:

* Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi andmetel suureneb aasta keskmine äravoolunorm kuivenduse tagajärjel madalsoodel ja tõenäoliselt ka kergema lõimisega mineraalmaadel 2,1 l/sek · km² võrra.

ülevalpool dreene ($E_{ü}^{2}$): sL (0,55 m) . . $\frac{0,55}{0,90} \cdot 611 = 373$

krl″S (0,35 m) . . $\frac{0,35}{0,90} \cdot 369 = 144$

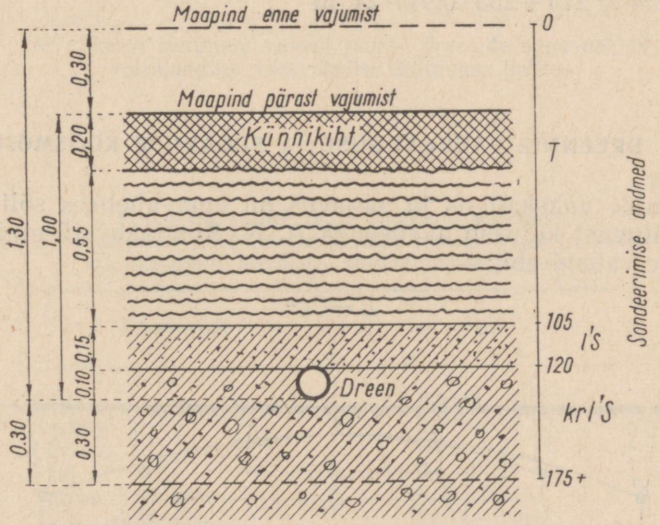
kokku $E_{ü}^{2}$ 517

ja allpool dreene (E_{a}^{2}): krl″S (0,10) . . $\frac{0,10}{0,30} \cdot 185 = 62$

S (0,20) . . $\frac{0,20}{0,30} \cdot 19 = 13$

kokku E_{a}^{2} 75

Seega $E = \sqrt{517+75} \cdot 0,93 \cdot 1,12 \approx \mathbf{25\ m}$



Näide 2 (turbapinnase kohta).
Lähteandmed
Klimaatiline äravoolunorm: $\bar{q}_{k} = 8,7$ l/sek · km²
Dreeni lõplik sügavus: t = 1,00 m
Mullaerim: M_2''
Sondeerimisandmed: T_{50}105 l'S120krl'S175+
Kuivendatav kõlvik: kultuurkarjamaa

Lahendus

Arvutuslik äravoolunorm $\bar{q} = 8,7 + 2,1 = 10,8$ l/sek · km² (koef. = =0,91)

Dreenide kaevamissügavus $t_1 = 1{,}00 + 1{,}05 \cdot 0{,}14 + 0{,}15 = 1{,}30$ m (arvestades kuivendusest ja turba mineraliseerumisest tingitud vajumist)

Osavahekauguste ruudud saab tabeleid 32a ja 32b kasutades:

ülevalpool dreene ($E_{ü}^{2}$)	$T_{50}(0{,}55)\ldots$	$\frac{0{,}55}{0{,}80} \cdot 252 = 173$
	$l'S(0{,}15)\ldots$	$\frac{0{,}15}{0{,}80} \cdot 256 = 48$
	$krl'S(0{,}10)\ \ldots$	$\frac{0{,}10}{0{,}80} \cdot 424 = 53$
	Kokku $E_{ü}^{2}$	274

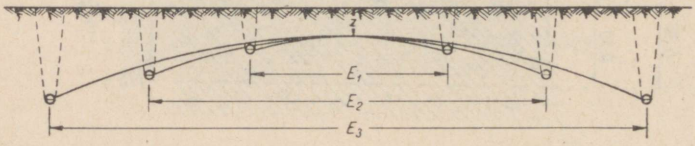
ja allpool dreene (E_{a}^{2}) $krl'S(0{,}30)$ . . . 255

Seega $E = \sqrt{274 + 255} \cdot 0{,}91 \approx$ **21 m**

5. DREENIDE VAHEKAUGUSE JA SÜGAVUSE KOOSMÕJU

Dreenide vahekaugus ja sügavus on omavahelises sõltuvuses. Seda sõltuvust kujutab akadeemik A. N. Kostjakov järgmise skemaatilise valemi abil:

$$E = Ct^{n}$$



81. Dreenide vahekauguse sõltuvus nende sügavusest.

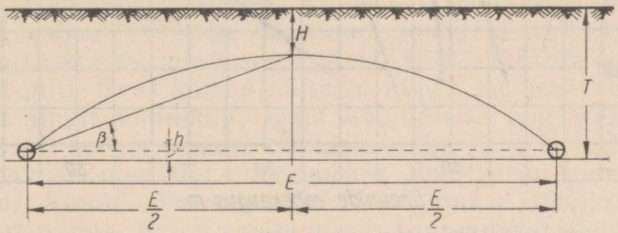
kus E — dreenide vahekaugus;
t — dreenide sügavus;
n — 1,1—1,5;
C — kompleksne mõjutegur, mille suuruse määravad pinnase omadused, hüdroloogilised tingimused ja kuivendusviis.

Siit nähtub, et dreenide sügavuse suurenemisega peab suurenema ka vahekaugus ja vastupidi.

Sama vahekorda iseloomustab B. G. Heitman järgmise valemiga:

$$T = H + h + \frac{E}{2} \operatorname{tg}\beta.$$

Valemis antud suuruste tähendus ilmneb joonisest 82. Tabelis 33 on toodud tg β väärtused.



82. Skeem Heitmani valemi juurde dreenide sügavuse ja vahekauguse omavahelise sõltuvuse kohta.

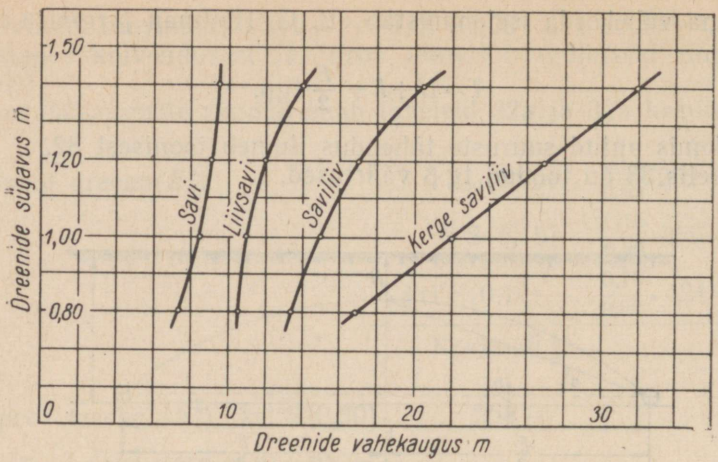
Tabel 33

Pinnasest sõltuv tg β Heitmani valemis
(A. N. Kostjakovi andmetel mineraalpinnaste jaoks ja Volhovi katsepunkti andmetel turbapinnaste jaoks)

Pinnaseliik	tg β
Liiv	0,0033—0,02
Saviliiv	0,02—0,05
Liivsavi	0,05—0,1
Savi	0,1—0,17
Turvas madalsoos	0,01—0,014
„ siirdesoos	0,014—0,023
„ rabas	0,023—0,033

Drenaaži sügavuse määrab siiski esmajoones maa majandamise viis ja selle valikul juhindutakse neist põhimõtetest, mis on toodud eespool (lk. 138). Sügavuse muutmise võimalused on tavaliselt üsna piiratud. Intensiivsuse määrajaks jääb seega peamiselt dreenide vahekaugus.

Dreenide vahekauguse muutmine olenevalt dreenide sügavusest on võimalik peamiselt parema veeläbilaskvusega maadel; seevastu mõjutab sügavuse muutumine vett raskesti läbilaskvatel maadel dreenide vahekaugust ainult vähe, nagu ilmneb joonisest 83.



83. Dreenide vahekauguse sõltuvus nende sügavusest mineraalpinnastes.

6. DREENIDE VAHEKAUGUS RASKETES SAVIMAADES

Raske veeläbilaskvusega savimaade kuivendamine on olnud üheks raskemaks küsimuseks drenaažipraktikas. Eestis on raskete savimaade piirkondades põllumaid pikka aega kuivendatud üksnes tiheda lahtiste kraavide võrgu abil, kus kraavide vahekaugus on 10—20 meetrit, kuid kraave on veel täiendatud vesivagudega. Paljudes kohtades Lääne-Eestis (Vändras, Vigalas ja mujal) oli kujunenud kombeks külvata taliviljad peenardeks kujundatud põllule, peenra laiusega sageli ainult 1—2 meetrit. Drenaaži kasutati savimaade kuivendamisel väga vähe. Kaasaegse mehhaniseeritud suurmajapidamise tingimustes pole lahtine kuivendusvõrk endisel kujul enam vastuvõetav, kuid drenaaži kasutamist raskendab savipinnase väga vähene veeläbilaskvus. Dreenid ei võimalda siin veepinna alanemist depressioonikõvera järgi nii, nagu see toimub hea läbilaskvusega (kergemates) pinnastes, vaid põhjavee pind kujuneb siin märgadel perioodidel paralleelseks maapinnaga, paiknedes vahetult künnikihi all, ja ainult dreenide kohal langeb see peaaegu püstloodis alla, dreenini (vt. joonist 72). Sel põhjusel on savimaid nimetatud ka depressioonikõverata maadeks. Dreeni vahetu mõju veepinna alanemisele raskes savimaas piirdub sageli vaevalt paari meetri laiuse ribaga otse dreeni kohal. Dreenide vähese otsese mõju tõttu on sageli peetud üldse ebaotstarbekohaseks selliseid maid drenaaži abil kuivendada. Teiselt poolt on aga teada ka hästi õnnestunud drenaažkuivendusi savimaadel.

Soomes, kus rohkesti on kuivendatud ja kuivendatakse raskeid savimaid drenaaži abil, korraldas prof. dr. Lauri Keso 1934. aastal Jokioises mõõtmisi drenaaži veeäravoolu nähtuste uurimiseks

savimaas. Niihästi sademete mõõtmine kui ka drenaaži veeäravoolu registreerimine olid automatiseeritud. Mõõtmine näitas, et sügisel (12. XI—19. XI 1934. a.), kui maa oli veega ülekküllastunud, reageeris drenaaž siiski kiiresti sademetele. Juba umbes poole tunni järel saju algusest hakkas vee väljavool drenaažisüsteemi suudmest suurenema ja vähenes jälle suhteliselt kiiresti, kui sadu oli lakanud. Ka külmunud olukorras olevat savimaal L. Keso väite kohaselt veel küllalt hea veeläbilaskvus.

I. M. Krivonossov[1] toob aga Põhja Hüdrotehnika ja Meliooratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi andmeid drenaaži toimimise kohta raskes savipinnases aastatel 1949—1951, mis näitavad teistsugust pilti. Need katsed näitasid nimelt, et hea veeläbilaskvusega on ainult künnikiht, kuna künnialune kiht (20—30 sm sügavusel) oli hoopis väikese läbilaskvusega ja sellest allpool, ca 50 sm sügavusel olev kiht oli eelmisest ainult pisut parema läbilaskvusega. Ainult dreenikaeviku täitepinnase läbilaskvus oli muust osast parem. Praod savipinnases suurendasid alguses väga märgatavalt pinnase läbilaskvust, kuid 6—8 tunni järel tõmbusid praod kokku ja läbilaskvus vähenes jälle tunduvalt. Võidi ka tähele panna, et hiljem (10—12 päeva pärast katsete algust) oli läbilaskvus 2—3 korda väiksem kui katses, mis oli tehtud kümmekond päeva varem. Dreeni vahetus läheduses, 1—3 m dreenist eemal, ei olnud künnikihist sügavamal paiknevate pinnasekihtide läbilaskvus suurem kui kahe dreeni vahe keskkohal. Märkimisväärne on dreenikaeviku savise täitepinna suurem (100 kuni 1000 korda) veeläbilaskvus muust savipinnasest, mis on põhjustatud tema suuremast kobedusest. See suurenes veelgi, kui täitepinnas koosnes savi- ja huumusmulla segust. Niisugusel korral oli täitepinnases rohkesti märgata usside ja tõukude tehtud augukesi ja käike, mida esines alates maapinnast kuni dreeni sügavuseni. Uurimise ajal oli drenaaž toiminud juba ca 15 aastat. Uurimisega tehti kindlaks, et raskes savipinnases tuleb vesi dreeni peamiselt künnikihist, valgudes selle põhja mööda edasi kuni dreeni täidiseni, kust vesi pääseb vajuma alla dreeni. Katsetes leidis kinnitust L. Keso poolt juba 1934. aastal tehtud tähelepanek, et drenaaž reageerib märja pinnase puhul suhteliselt kiiresti sademetele: keskmiselt 3—5 tundi pärast saju algust suurenes süsteemist väljavoolava vee hulk (vooluhulk) 18 ha suuruselt pindalalt 0,5 liitrilt 9 liitrini sekundis. Selle juures torkas silma, et vooluhulga suurenedes muutus drenaažisüsteemi suudmest väljavoolav vesi sogasemaks. Seda asjaolu peab I. M. Krivonossov uueks tõendiks selle kohta, et vesi pääseb dreenidesse peamiselt dreenikaeviku täitepinnase kaudu. Väga selgesti avaldus vee

[1] И. М. Кривоносов. Дренаж слабопроницаемых глинистых почв. «Гидротехника и Мелиорация» № 10, 1952.

И. М. Кривоносов. Действие закрытого дренажа в тяжелых слабоводопроницаемых почвах. «Бюллетень научно-технической информации по сельскохозяйственной мелиорации в нечерноземной полосе» № 1. Ленинград, 1956.

dreeni valgumise dünaamika järgmisest katsest. 1,5 m kaugusele dreeni kõrvale kaevati paralleelselt dreeniga dreenisügavune kaevik. Kaevikusse kallati vett ja samaaegselt jälgiti vee väljavoolu dreeni suudmest. Väljavool oli tähtsusetult väike niikaua, kuni veepind kaevikus püsis allpool künnikihti. Niipea aga, kui veepind kaevikus tõsteti kuni künnikihi alumise pinnani ja sellest kõrgemale, suurenes vee väljavool dreeni suudmest järsult, stabiliseerus varsti ja püsis peaaegu ühtlasena niikaua, kuni veepind kaevikus oli uuesti alanenud künnikihi alumise pinnani. Sellest momendist alates vähenes vee väljavool dreeni suudmest järsult ja püsis veepinna edasisel alanemisel kaevikus ühtlaselt väikesena. Mitu korda korratud katse näitas iga kord ühesugust vee väljavoolu hulga muutumise käiku.

Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituut on uurinud drenaaži toimimist savimaades ka Kaliningradi oblastis ajavahemikul 1952—1955. Uurimine näitas, et vesi pääseb dreenidesse: a) künnikihist läbi dreeni täitepinnase, b) künnialustest kihtidest ja c) sadude ajal ja pinnavee olemasolu korral dreeni täitepinnase kaudu. Keskmise sademete hulgaga aastail jagunes drenaažisüsteemi aastane vee äravool protsentuaalses vahekorras järgmiselt: künnikihist — 43%, künnialustest kihtidest — 29% ja pinnaveest — 28%. Äravool künnikihist oli tavaliselt lühiaegne (ca 1—3 ööpäeva pärast saju lõppemist) ja ühtlasi suure kõikumisega (0,3—2 l/sek.ha ja rohkem). Suur äravoolumoodul esines künnikihi üleküllastumise perioodil kevadel ja pärast vihmasadusid. Veevool dreenidesse künnikihist sügavamatest kihtidest oli kestva iseloomuga, kuid üldiselt vähese intensiivsusega (keskmiselt 0,05—0,10 l/sek.ha). Selle suurus olenes nende kihtide filtratsioonikoefitsiendi suurusest. Dreeni täitepinnase kaudu valgub dreenidesse vett lume intensiivse sulamise järel ja suurte vihmade ajal.

Drenaaži selline omapärane toimimisviis vett raskesti läbilaskvates savipinnastes ei võimalda nende puhul rakendada samu meetodeid dreenide vahekauguse määramiseks, mis on üldiselt kasutatavad keskmise ja hea veeläbilaskvusega maadel. Suur osatähtsus, mida omab künnikiht savimaade kuivendamisel, sunnib seda maksimaalsel määral rakendama veerežiimi reguleerimiseks. Seda saavutatakse künnikihi paksuse suurendamisega ja selle kujundamisega struktuurseks mullaks. Sellele lisaks avaldavad head mõju liigvee kiiremale kõrvaldamisele künnikihist põhjakobestamine, muttimine ja mõned muud agromelioratiivsed abinõud. Need abinõud üksinda ei ole siiski küllaldased liigvee kõrvaldamiseks pinnasest, vaid ikkagi on vajalik drenaaž, mis võtab vastu ja juhib ära künnikihi liigse vee.

Teine tähtis abinõu liigvee kiiremaks kõrvaldamiseks künnikihist on dreenide täitepinnase veeläbilaskvuse suurendamine. Lihtne ja tõhus abinõu selleks on kasutada täitepinnasena huumusmullaga segatud savi. Veelgi mõjusam on kasutada osa täite-

materjalina kruusa, nagu seda Soomes ja mujal laialdaselt tehakse. Ühtlasi on soovitatav, et dreenikaevik oleks võimalikult lai ja seega suurema pinnavee ärajuhtimise võimega. Savimaade drenaažil on sageli tehtud see viga, et dreenikaeviku täitepinnase omadustele ei ole küllaldast tähelepanu omistatud. Kui kaevik täidetakse tihke saviga, liiati veel märjas olekus saviga, siis suleb see veele juurdepääsu dreenidesse. Arusaadavalt ei või selline drenaaž rahuldavalt toimida.

Rootsi teadlase professor H. Flodqvisti andmetel[1] on dreenikaeviku täitepinnas säilitanud väga kaua suurema veeläbilaskvuse, võrreldes kõrval asetseva kaevamata pinnasega. Nimelt oli vee pinnasesse imbumise kiirus ühes katses 48 aastat pärast drenaaži rajamist dreenikaeviku täite osas 7,69 l/min.m^2 ja dreenist 2 m eemal kaevamata pinnases 0,03 l/min.m^2.

Niisiis, kui võtta infiltratsioonikoefitsiendiks dreenikaeviku täite osas 100, siis looduslikus, kaevamata pinnases on infiltratsioonikoefitsient 0,4, see tähendab, et vee imbumine kobedama kaeviku täitepinnase kaudu on 250 korda suurem kui kaevamata pinnase kaudu. Analoogilised tulemused saadi reas teistes kohtades (Lindis, Fjugestras, Talvsbördas ja Karlsundis) väiksema vanusega drenaažil toimetatud vaatlustel.

Savimaa vähese veeläbilaskvuse tõttu puudub praktiliselt funktsionaalne sõltuvus dreenide vahekauguse ja sügavuse vahel. Seetõttu on siin sügavus määratav peaaegu olenematult vahekaugusest. Parema efektiivsuse tagamiseks võetakse sügavus tavaliselt minimaalne, s. o. 0,8—1 meetri piirides. Soovitatav on siiski teha savimaadeski drenaaž sügavusega 1—1,2 meetrit, kui küsimuses on põllumaade kuivendamine, sest vähese sügavuse korral võib karta sügava juurestikuga taimede juurte tungimist dreenitorudesse.

Dreenide vahekaugus oleneb savimaade kuivendamisel peamiselt maapinna langust ja künnikihi paksusest ning selle seisukorrast. Hea lang ja tüse struktuurne künnikiht võimaldavad kasutada suuremat vahekaugust, kuna väike lang ja struktuuritu õhuke künnikiht sunnivad valima väikest vahekaugust.

Savimaade drenaažis sobivaks peetavad kuivendusdreenide vahekaugused erinevad suurtes piirides. NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse juhendis (1957. a.) on dreenide vahekaugus savis ja raskes liivsavis maapinna langust olenevalt ette nähtud järgmiselt:

Maapinna lang (%):	alla 0,05	0,05—0,2	0,2—1	üle 1
Dreenide vahekaugus (m):	20—25	25—35	35—55	55—75

[1] H. Flodqvist. Agronomisch-hydrotechnische Ergebnisse von Dränungsversuchen auf Tonböden. Transactions of the Third International Congress of Soil Science. Oxford, England, 1935 — London, 1936.

Juhul, kui dreenikaevikute täitepinnas vett hästi läbi ei lase, on eelmainitud juhendis ette nähtud täiendavate agromelioratiivsete abinõude kasutamine. Üheaegselt sellega peetakse aga võimalikuks suurendada dreenide vahet kahekordseks. Väärib märkimist, et savimaade drenaaži puhul nimetatakse eelmainitud juhendis kuivendusdreene kinnisteks kogujateks, millega tahetakse alla kriipsutada nende erinevat toimimist, võrreldes kuivendusdreenide toimimisega parema läbilaskvusega pinnases.

Saksa uues (1950. a.) drenaažijuhendis antud graafik dreenide vahekauguse määramiseks annab savimaade jaoks järgmised vahekaugused: põllumaadel 5,5 ja 11 meetri piirides, mida võib suurendada kuni 50% võrra, kui savi tihedus ei ole suur, kuni 10% võrra, kui maad kasutatakse karjamaana, ja 20—30% võrra, kui maad kasutatakse niiduna. Savi suure tiheduse korral tuleb vahekaugust 10% võrra ja rohke rauа- või naatriumisisalduse puhul kuni 20% võrra vähendada. Ka pikidrenaaži kasutamine põikdrenaaži asemel nõuab kuivendusdreenide vahekauguse vähendamist 10% võrra.

Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi 1957. aasta juhendis[1] ei ole antud dreenide vahekaugusi savipinnase jaoks, kuid raske liivsavipinnase jaoks, mille filtratsioonitegur on 0,0001 sm/sek, on vahekaugused antud sügavusest olenevalt põllukülvikorra-maadele ja karjakoplitele 4—10 meetrit ning kultuurniitudele 5—11 meetrit (tabel 30). Need vahekaugused on suhteliselt lähedased neile, mis nähakse ette Saksa drenaažijuhendis analoogiliste maade jaoks.

Tegelikkuses on meil savimaade kuivendamisel kasutatud küll suuremaid vahekaugusi, kuid mitmes kohas on juba ilmnenud selliste drenaažide ebarahuldavus.

Dreenide nii väike vahekaugus, nagu seda juhendid soovitavad, teeb drenaaži savimaadel väga kulukaks. Seepärast on püütud leida võimalusi vahekauguse suurendamiseks. Selliseid võimalusi pakuvad nn. agromelioratiivsed abinõud. Neid kasutades on võimalik vahekaugust tunduvalt suurendada. Savimaade kuivenduse projektides nähakse peaaegu alati ette ühe või mitme agromelioratiivse abinõu tarvituselevõtmist, mis drenaaži mõju peab täiendama. Nende abinõude mõju on aga tavaliselt lühiaegne ja need vajavad perioodilist uuendamist. Kus see raske on, seal ei jää muud üle, kui teha siiski tihedam drenaaž. Loomulikult on tiheda drenaaži toimimise mõju kindlam ja tema kestvus palju kordi suurem kui ükskõik missuguse agromelioratiivse abinõu kestvus.

Tähelepanuväärivaks katseks raskete savimaade veerežiimi parandamise alal tuleb pidada Leedu NSV-s (V. I. Šileika poolt esitatud[2] andmetel) tehtud katset muuta ülisügava künni abil

[1] Juhend kuivendussüsteemide arvutusteks Eesti NSV-s. Tallinn, 1957.
[2] V. Šileika. Primirkusių plotu melioracija. Vilnius, 1958.

sügavamad pinnasekihid paremini vett läbilaskvaks. Sellist kündi olevat tehtud tavalise kraaviadra abil. Eelduste kohaselt peaks niisugune ülisügav künd andma soodsaid tagajärgi savimaa veerežiimi parandamisel. Muidugi on niisuguse künni paratamatuks puuduseks asjaolu, et pealmine mullakiht satub suurel määral sügavale, vao põhja ja kultuuristamata savi pööratakse künniga maapinnale. Ka jääb kobestatud kihi sügavus ebaühtlaseks.

Paremaid tulemusi võiks anda ülisügav künd kahekorruselise adra abil, mis künnab pealmist kihti vao põhja pööramata. Kui seejuures õnnestub künda niiviisi, et aluskihi künniviilusid ei pöörata lapiti maha (180°), vaid need jäävad poolviltu, eelmise viilu serva peale, siis jääb künni alla tihe õhukanalikeste võrk ja lisaks sellele tekivad aluskihi künniviilude vahele ülevalt alla suunatud praod, mis loovad soodsad tingimused künnialuse kihi õhustamiseks ja liigvee äravooluks pealmisest mullakihist. Seda eriti neil juhtudel, kui on tegemist horisontaalselt kihistunud saviga. Sellise künniga muudetakse horisontaalne kihistus poolviltu ülevalt alla suunatuks, mis soodustab liigvee allapoole valgumist nende kihtide vahelt.

Niisugune ülisügav künd oleks tunduvalt mõjusam kui muttimine või põhjakobestamine. Kui sellele täienduseks teha mõõduka kuivendajate vahekaugusega drenaaž, mis künni põhjale koguneva vee edasi juhiks, siis võiks selline kombinatsioon kujuneda radikaalseks abinõuks raskete savimaade veerežiimi parandamisel.

Oleks tarvilik, et Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut katsete varal seda küsimust selgitaks.

IX. DRENAAŽI ARVUTUSED

Drenaažitorude mõõtmete määramine, mida nimetatakse ka hüdrauliliseks arvutuseks, seisab drenaažitorude läbimõõdu määramises. Nagu eespool juba ilmnes, ei valmistata drenaažitorusid igas mõeldavas suuruses, vaid kindlates standardläbimõõtudes. Seetõttu kujuneb hüdrauliline arvutus sobiva läbimõõduga toru valimiseks ja selle valiku põhjendamiseks arvutustega. Koos torude läbimõõduga määratakse kindlaks ka voolu kiirus dreenides. Kogu arvutus haarab ainult drenaaži kogujaid, sest kuivendusdreenide läbimõõt määratakse ilma arvutusteta.

Varematel aegadel, ümmarguselt 100 aastat tagasi, kui meie maal drenaaž alles algusjärgus oli, valmistati mitte ainult kogujadreenideks, vaid ka kuivendusdreenideks väga mitmesuguses läbimõõdus torusid. Nii valmistati A. Juske uurimise andmetel[1] meie esimeses põllutöötorude tööstuses Mütal Tartu lähedal hinnakirja järgi otsustades omal ajal drenaažitorusid läbimõõduga 1″, 1¼″, 1½″, 2″, 2½″, 3″, 4″ ja 5″, kusjuures torud läbimõõduga kuni 2″ valmistati isegi kahesuguse ristlõikega — ümmargused ja kaheksakandilised. Ilmselt olid kolm kuni neli väiksemat läbimõõtu tol ajal kasutusel kuivendusdreenide ehitamiseks.

Praegu kasutatakse kuivendusdreenideks peaaegu eranditult 50-millimeetrise läbimõõduga torusid. Standardis on küll ette nähtud ka 40-millimeetrised torud, kuid nõudmist nende järele drenaaži ehitajate poolt peaaegu ei ole. Aastat kakskümmend tagasi valmistati neid mõningal määral, kuid ka sel ajal jäid nad ostjate puudusel kauaks tehase lattu seisma. Kaasaegsetes tingimustes, kus drenaaži rajatakse ainult suurmajandites ja püütakse kujundada võimalikult suuri drenaažisüsteeme, ei olegi enam otstarbekohane kasutada väiksemaid kui 50-millimeetrisi torusid, sest alles 50-millimeetrise läbimõõduga kuivendusdreenid võimaldavad kujundada drenaažisüsteeme, kus kuivendusdreenide pikkus on 100—150 meetri piirides.

NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi juhendis (1957. a.) ettenähtud dreenide ristlõigete mõõtmed on toodud tabelis 34.

Drenaaži koguja läbimõõdu määravad peamiselt kaks tegurit: ärajuhtimisele kuuluv veehulk, mida kogujatoru peab suutma läbi lasta, ja kogujatoru langu suurus. Langu määrab tavaliselt maas-

[1] A. Juske. Materjale drenaaži vanema ajaloo kohta (käsikiri). Tartu, 1957.

Tabel 34

Dreen'de ristlõike minimaalmõõtmed NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse juhendi järgi

	Kuivendusdreen (mm)	Koguja (mm)
Savi- ja puittoru	∅ 50	∅ 75
Asbestsementtoru	∅ 44	—
Klaastoru	∅ 40	∅ 50
Laudtoru	75×75	100×100
Hagutašiin	∅ 200	∅ 200
Lattdreen	200×300	250×300
Kivitäidisega dreen	200×250	250×300

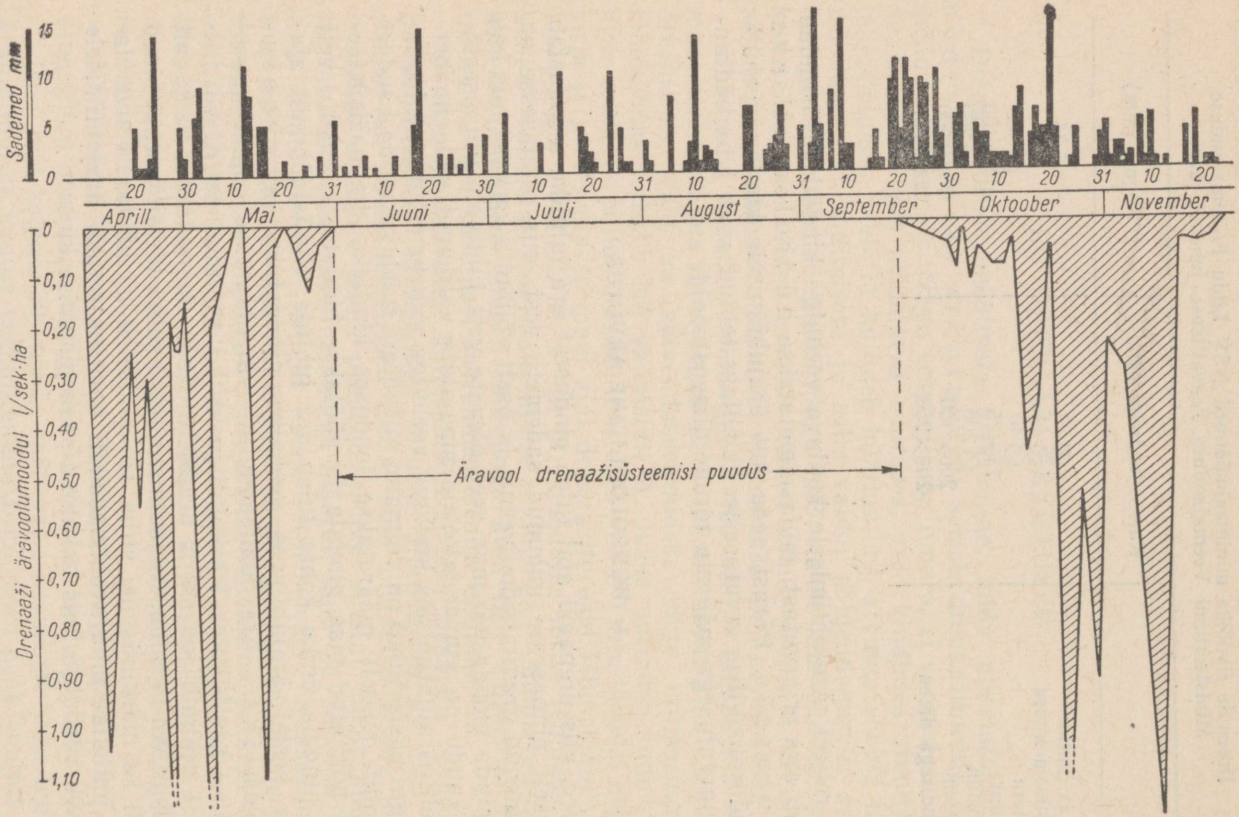
tiku reljeef. Ärajuhtimisele kuuluva veehulga kindlaksmääramine nõuab aga eriarvutust, mida nimetatakse hüdroloogiliseks arvutuseks. Pärast seda kui ärajuhtimisele kuuluv veehulk on hüdroloogilise arvutuse teel kindlaks tehtud, saab juba hüdraulilise arvutusega määrata torude dimensioonid.

1. HÜDROLOOGILINE ARVUTUS

Vee, mis drenaaži abil tuleb pinnasest ära juhtida, moodustab osaliselt pinnasesse imbunud sademete vesi, mis pinnasesse on kogunenud gravitatsiooniveena, ja osalt võib-olla ka vesi, mis kas maapinda mööda või maa sees olevate vett juhtivate pinnasekihtide kaudu on kuivendatavale maa-alale valgunud selle naaberaladelt. Ärajuhtimisele kuuluva veehulga vahetu mõõtmine looduses igal üksiskjuhul on võimatu, mispärast tuleb kasutada kaudset meetodit. Nimelt määratakse looduses kindlaks drenaažisüsteemiga hõlmatud maa pindala ja püütakse hinnata, kui palju vett selle pindala ühiku kohta tuleb ära juhtida. Pindalaühikult ajaühiku kestel ärajuhitavat veehulka nimetatakse äravoolumooduliks. Äravoolumoodulit väljendatakse kahesugusel kujul — kas liitrites 1 sekundi jooksul 1 ruutkilomeetrilt või liitrites 1 sekundi jooksul 1 hektarilt. Seda märgitakse vastavalt l/sek.km^2 või l/sek.ha. Kirjanduses (eriti saksa kirjanduses) esineb sageli ka märkimisviisi sl/ha (sekundliitrit ha kohta). Kuivendatava pindala- ja äravoolumooduli korrutis annab ärajuhtimisele kuuluva veehulga, mis valemina saab järgmise kuju:

$$Q = S \cdot q,$$

kus Q — drenaažiga ärajuhitav veehulk arvutatavas punktis (l/sek);



84. Drenaaži äravoolumooduli muutumise dünaamika ühes drenaažisüsteemis liivsavipinnases Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi õppemajandis 1952. aastal.

S — drenaažisüsteemiga kuivendatav pindala (arvutuspunktist ülalpool ha-tes);
q — drenaaži äravoolumoodul (l/sek.ha).

Kui on tarvis avaldada ärajuhitavat veehulka kantmeetrites 1 sekundi kohta, siis tuleb S ja q korrutis jagada 1000-ga.

Äravoolumoodulit mõjutavad paljud looduslikud tegurid, nagu sademete rohkus, pinnase veeläbilaskvus, tema vee kinnipidamise võime ehk veemahutavus, aurumine maapinnalt, kuivendatava maa-ala reljeef, taimkate ja selle transpiratsioonivõime, kõrvalt juurdevalguv veehulk ja mitmed meteoroloogilised tegurid (temperatuur, õhurõhk jt.), pealegi ei ole nende osatähtsus iga aasta ja veel vähem ühe aasta kestel ühesuurune. Seepärast on arusaadav, et äravoolumoodul muutub. Selle muutumise dünaamikat aasta kestel iseloomustavad kujukalt Põhja Hüdrotehnika ja Meliooratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi katsemajandis 1952. aasta mõõtmise andmed ühe drenaažisüsteemi kohta (joonis 84).

Hüdroloogilistes arvutustes kasutatakse tavaliselt mingi kindla äravooluperioodi (kevadise maksimumi, külviaegse, suvise maksimumi, sügisese keskmise jt.) kohta tuletatud äravoolumoodulit pikemaaegsete vaatluste andmetel. Aasta keskmist äravoolumoodulit, mis on saadud statistilise keskmisena pikemaajaliste (vähemalt 30-aastaste) vaatluste andmetel mingis kindlas vesikonnas, nimetatakse selle vesikonna *äravoolunormiks*.

Äravoolunorm on sõltuv reast teguritest — klimaatilistest, geomorfoloogilistest, mullastikulistest ja teistest. Äravoolunormi, mis pole saadud äravoolu otsese mõõtmise andmete alusel, vaid arvutamise teel, kusjuures on arvestatud ainult antud paiga klimaatilisi mõjutegureid, nimetatakse selle paiga *klimaatiliseks äravoolunormiks*.

Äravoolukoefitsient on arv, mis näitab, missugune osa sademete veest moodustab äravoolu.

Kevadel, millal maa on veega üle küllastunud, taimekasvu veel ei ole ja aurumine on väike ning suurem osa (välja arvatud pinda mööda äravoolav osa) sademete veest satub dreenidesse, on vee äravool drenaaži kaudu suur. Suve poole see väheneb sedamööda, kuidas taimed hakkavad rohkem vett tarvitama pinnasest. Suvekuudel võib (ilmastikust olenevalt) äravool pikemat aega üldse puududa ja alles sügisel pärast taimekasvuperioodi lõppu algab drenaažis uuesti vee äravool. Talvekuudeks võib äravool jälle seisma jääda ja alles järgneval kevadel uuesti alata. Suurtel süsteemidel võib äravoolu katkemine olla lühiajaline või see võib hoopis puududa, kuid eelkirjeldatud perioodilisus äravoolumooduli dünaamikas esineb neilgi.

Vee ülejääk pinnases, mis taimekasvu kahjustab või saagi koristamist raskendab, tekib kuivendatavas pinnases tavaliselt kevaditi pärast lume sulamist ja sügisel vegetatsiooniperioodi lõpul, mõnikord aga ka suvekuudel tugevate vihmasadude tagajärjel. Neil

kriitilistel aegadel peab drenaaž võimaldama kahjustavaid vee ülejääke pinnasest kõrvaldada. Põllumaadel on tarvis kevadiste põllutööde alguseks tagada selline veerežiim, mis võimaldaks küllalt varajast põlluharimise algust ja varajast kevadkülvi, sest nagu uurimised on näidanud,[1] on varajasel külvil suur mõju saagi suurusele ja lühiaegnegi viivitus külviga toob endaga kaasa tunduvaid saagikadusid. Ka I. Eiseni uurimised[2] näitavad, et määrav tähtsus kultuurtaimede saagikusele on mullaniiskusel mai- ja osalt juunikuus. Liigne niiskus sel ajal põhjustab tunduvat saagi vähenemist.

Sügisel peab drenaaž pinnasest kõrvaldama liigse vee, mis takistab saagi koristamist ja halvab neid mullas toimuvaid bioloogilisi protsesse, mis on suure tähtsusega mulla viljakuse kujunemisele. Ja lõpuks suvel — taimede intensiivse kasvu perioodil — tuleb drenaaži abil aidata ära hoida pinnase üleküllastumist veega taimejuurte piirkonnas, sest suvine lühiaegnegi üleküllastus põhjustab väga ohtlikku õhupuudust mullas ja taimejuurte lämbumise tõttu võib mõne päeva jooksul hävida suur osa saagist või halvemal juhul isegi kogu saak.

Need asjaolud kujunevad määravaks selle veehulga arvutamisel, mis drenaaži abil tuleb kuivendatavalt maalt ära juhtida. Sellekohaselt on ka drenaaži arvutamisel kasutusel erinevad moodulid, nimelt külviaegse perioodi jaoks, vegetatsiooniaegse kõrgveeperioodi jaoks ja sügisese (saagi koristamise) perioodi jaoks. Muudegi perioodide jaoks on võimalik äravoolumoodulit tuletada, nagu näiteks kevadise maksimumi, vegetatsiooniaegse keskmise jt. kohta, kuid et need tavaliselt ei kujune saake limiteerivaks, siis on nende tähtsus põllumajandusliku drenaaži puhul väiksem.

Mitmesuguste perioodide kohta tuletatud äravoolumooduleid, mis hüdroloogilistes arvutustes kujunevad mõõduandvaks ja seetõttu ka aluseks antud maa-alalt ärajuhitava veehulga arvutamisel küsimuses oleval perioodil, nimetatakse *arvutuslikeks äravoolumoodu*liteks.

Drenaaži hüdroloogilise arvutuse aluseks võetavad kevadised, suvised ehk vegetatsiooniaegsed ja sügisesed äravoolumoodulid ei ole ühesuurused igal aastal mainitud perioodidel, vaid võivad suurtes piirides kõikuda. Kui võtta arvutuste aluseks rea aastate sama perioodi moodulite suuremad väärtused ja nende järgi tuletada ärajuhtimisele kuuluv veehulk ning arvutada kuivendussüsteemide dimensioonid, siis osutuksid kuivendussüsteemid keskmise ja alla keskmise veerohkusega aastate jaoks üledimensioneerituks. Kui aga võtta aluseks äravoolumoodulite väiksemad väärtused, siis kujuneksid nende järgi dimensioneeritud kuivendussüsteemid mitteküllaldaseks ära hoidma liigveekahjusid rohkete ja

[1] E. Haller. Suviteraviljade külviaegade valikust. Tallinn, 1947.

[2] I. Eisen. Kuivenduse intensiivsuse mõju turvasmulla omadustele ja taimekasvule (käsikiri). Tooma, 1957.

isegi keskmiste sademetega aastatel. Tuleb seega leida mingi kesktee. Sellise keskteena on otsustatud võtta vastavate arvutusperioodide jaoks äravoolumoodulid sellises suuruses, mis tagab kahjude täieliku ärahoidmise enamikul aastatel, kuid jätab teadlikult püsima kahjude riisiko erakorralistel aastatel. See riisiko väljendatakse nn. tõenäosuse protsendi kaudu. Kui räägitakse näiteks vegetatsiooniaegsest maksimaalsest äravoolumoodulist 10% tõenäosusega, siis tähendab see seda, et üheksal aastal kümnest ei ületa antud äravoolumoodul arvutatud suurust ja ainult ühel aastal kümnest ehk kümnel aastal sajast on võimalik suurema äravoolumooduli esinemine, millal kuivendussüsteemid võivad osutuda mitteküllaldaseks liigveekahjude ärahoidmiseks vegetatsiooniperioodil. Analoogiline tähendus on ka näiteks sügisesel maksimaalsel 9%-lise tõenäosusega äravoolumoodulil, kevadisel maksimaalsel 5%-lise tõenäosusega äravoolumoodulil või mistahes muul äravoolumoodulil.

Nagu juba tähendatud, on drenaaži äravoolumoodul funktsioon paljude looduslike tegurite koosmõjust. Kõikide nende tegurite mõju üksikult täpselt arvestada ei ole õnnestunud. Ühtlasi on arusaadav, et üksikute tegurite osatähtsus ei saa olla igal pool ühesugune, vaid oleneb antud paiga looduslikest tingimustest. Seepärast ei saa olla ühesuguseid äravoolumooduleid laiade piirkondade jaoks. Kõige usaldatavamaid andmeid äravoolumooduli suuruse kohta saab varem ehitatud drenaaži äravoolu süstemaatilise registreerimise ja analüüsimise teel. Seda ongi tehtud ja jätkatakse edasi ning nii saadud andmete läbitöötamine pikema aastate rea kestel, kus normaalsete veeoludega aastate kõrval esineb ka veerikkaid ja veevaeseid aastaid, annab hea aluse äravoolumoodulite valimiseks teiseski paigas, mis aga oma hüdroloogiliste, klimaatiliste ja pinnasetingimuste kui ka maa majandamise viisi ja reljeefi poolest peab olema võimalikult sarnane selle paigaga, kust vaatlusandmed pärinevad.

Niisuguseid vaatlusandmeid on esialgu kahjuks alles vähe ja seepärast ollakse sunnitud äravoolumooduli arvutamiseks kasutama mitmesuguseid empiirilisi valemeid. Need valemid, mis kõik põhinevad mitmesuguste mõjutegurite otsesel või kaudsel hindamisel, võivad anda ainult ligikaudseid andmeid ja on õiged niivõrd, kuivõrd õige kaal neis on antud üksikutele teguritele ja kuivõrd õigesti on valemi koostajal õnnestunud valemi üksikuid komponente määrata.

Sellistest äravoolumooduli empiirilistest valemitest mainitagu A. N. Kostjakovi valemit

$$q = \frac{P\eta a}{864\, t\beta}$$

kus q — äravoolumoodul (l/sek.ha);
P — sademete hulk (mm);
t — sajupäevade arv;

η — vee pinnasesse imbumise tegur (0,6—0,9);
α — vee dreenidesse imbumise tegur, mis näitab, kui suur osa sademetest imbub dreenidesse (50—60%);
β — parandustegur, mille suurus oleneb vee pinnasesse imbumise kiirusest antud kuivenduse intensiivsuse korral ja põhjavee alandamise kiirusest.

Valemisse parandusteguri β sissevõtmise põhjendamiseks ütleb Kostjakov, et sademete veest põhjavette valguva liigvee pinnasest ärajuhtimise kiiruse määravad kuivendatava maa kasutamise viis, ilmastik ja põhjavee kõrgus arvutusperioodil. Mida tundlikum on kuivendataval maal kasvatatav kultuur liigniiskuse suhtes ja mida kõrgemal seisab põhjavesi, seda kiiremini tuleb liigne vesi ära juhtida, ja vastupidi, mida suurema veenõudlusega on kasvatatav kultuur, mida kuivem on ilmastik ja mida sügavamal asub põhjavee pind, seda aeglasemalt tuleb seda teha. Vastavalt sellele võetakse tegur kas suurem või väiksem.

Professor H. A. Pissarkov[1] annab äravoolumooduli valemi järgmisel kujul:

$$q_x = C_1 \cdot \frac{h^2}{L^2},$$

kus q_x — äravoolumoodul (l/sek. ha);
h — põhjavee seisu kõrgus (sm) üle dreeni põhja dreenide vahekauguse keskpaigas;
L — dreenide vahekaugus (m);
C_1 — tegur, mille suurus Leningradi ja selle naabruse oblastite jaoks on:

rasketes pinnastes	0,075
keskmistes „	0,035
kergetes „	0,025

Turbapinnases on teguri C_1 väärtus:

vähe lagundunud turbas	0,14
keskmiselt „ „	0,12
hästi „ „	0,09

H. A. Pissarkovi valemi kasutamisel on vaja määrata põhjavee pinna kõrgus h. See suurus, nagu seletab professor Pissarkov, tuleb kindlaks määrata olenevalt sellest, kui kiiresti tuleb põhjavee pinda alandada, või sellest sademete hulgast, mis drenaažiga on vaja ära juhtida.

Ligikaudseteks arvutusteks soovitavad eelmainitud kaks õpetlast kasutada tabelis 35 toodud arvusid.

Surve all oleva põhjaveega maadel peab H. A. Pissarkov vajalikuks suurendada tema poolt antud keskmisi äravoolumooduleid 2—3-kordseks. Seevastu aga hästi haritud struktuurse mullaga

[1] Б. Г. Гейтман и Х. А. Писарьков. Осушение сельскохозяйственных земель. Москва, 1955.

Tabel 35

Drenaaži arvutusliku äravoolumooduli suurus (l/sek.ha)

Pinnaseliik	A. N. Kostjakovi järgi (1951. a.)	H. A. Pissarkovi järgi (1955. a.)
Mineraalmaad		
Rasked, savised	0,3—0,5	0,3—0,4
Keskmised	0,4—0,65	0,5—0,6
Kerged	0,6—0,9	0,6—0,7
Turbamaad		
Vähelagundunud		0,5—0,6
Keskmiselt „		0,4—0,5
Hästi „		0,3—0,4

maadel soovitab ta kasutada keskmistest pisut väiksemaid äravoolumooduleid.

Läti NSV Teaduste Akadeemia Maaparanduse Instituudi poolt väljatöötatud instruktsioonis maaparanduse projektide koostamise kohta [1] on antud drenaaži äravoolumoodulid olenevalt pinnaseliigist, maapinna reljeefist ja sademete hulgast Läti NSV jaoks (tabel 36).

Tabelis on loetud pinnas raskeks, kui alla 0,01-millimeetrise läbimõõduga pinnaseosi on üle 50%, keskmiseks, kui neid osi on 30—50%, ja kergeks, kui neid osi on alla 30%.

Eeltoodud Läti moodulitega on mitmeti sarnased ka NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse poolt esitatud moodulid kuivendussüsteemide projekteerimise tehnilistes tingimustes ja normides.[2] Ka selles juhendis on drenaaži äravoolumoodulid antud olenevalt pinnase läbilaskvusest, maapinna langust ja sademete hulgast. Need moodulid on toodud tabelis 37.

Analoogiline äravoolumoodulite määramine olenevalt sademete hulgast ja pinnaseliigist, kuigi tunduvalt lihtsamal kujul, esineb ka Saksa normides (DIN-1185—1950). Need drenaaži äravoolumoodulid on toodud tabelis 38.

Eestis on varematel aastatel üldiselt tarvitusel olnud üksainus drenaaži äravoolumoodul, nimelt 0,65 (l/sek.ha). Savitorudrenaaži abil on meil kuivendatud peamiselt keskmise raskusega mineraalmaid, mille jaoks, nagu eespool toodud andmetest selgub, ka Lätis umbes samasugust äravoolumoodulit sobivaks peetakse.

[1] Я. Е. Уйска. Основные положения для проектирования осушительных систем в условиях Латвийской ССР. «Вопросы осушения избыточно-увлажненных земель и регулирование поверхностного и дренажного стоков». Рига, 1954.

[2] Технические условия и нормы проектирования осушительных систем. Издание Министерства сельского хозяйства СССР. Москва, 1957.

Tabel 36

Drenaaži äravoolumoodulid Läti NSV-s (J. Uiska andmetel)

Reljeefi ja pinnase iseloom	Äravoolumoodul (l/sek. ha) kui aasta keskm. sademete hulk on (mm)		
	550—600	600—700	700—750
Raskel pinnasel			
a) maapinna lang kuni 2%	0,5	0,6	0,7
b) „ „ üle 2%	0,4	0,5	0,6
c) küngastevahelisel tasandikul	0,6	0,7	0,8
Keskmisel pinnasel			
a) maapinna lang kuni 2%	0,6	0,7	0,8
b) „ „ üle 2%	0,5	0,6	0,7
c) küngastevahelisel tasandikul	0,7	0,8	0,9
Kergel pinnasel			
a) maapinna lang kuni 2%	0,7	0,8	0,9
b) „ „ üle 2%	0,6	0,7	0,8
c) küngastevahelisel tasandikul	0,8	0,9	1,0
Madalsoos			
a) piirdedreenidele	0,8	0,9	1,0
b) teistele dreenidele	0,6	0,7	0,8

Tabel 37

Arvutuslikud äravoolumoodulid kogujadreenide (kollektorite) arvutamiseks NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse juhendi kohaselt

Pinnase iseloomustus ja maapinna reljeef	Arvutuslik äravoolumoodul (l/sek.ha) kui aasta keskm. sademete hulk on (mm)		
	kuni 600	600—700	üle 700
1. Raskesti vett läbilaskvad maad (pinnaseosi läbimõõduga < 0,01 mm on rohkem kui 50%)	0,6	0,8	1,0
2. Keskmise veeläbilaskvusega maad (pinnaseosi läbimõõduga <0,01 mm on 30—50%)			
a) maapinna langu korral üle 0,01	0,5	0,6	0,7
b) maapinna langu korral alla 0,01	0,6	0,7	0,8
c) suletud lohukohtades kõrgendike vahel	0,7	0,8	0,9
3. Hea veeläbilaskvusega maad (pinnaseosi läbimõõduga < 0,01 mm on alla 30%)			
a) maapinna langu korral üle 0,01	0,6	0,7	0,8
b) maapinna langu korral alla 0,01	0,7	0,8	0,9
c) suletud lohukohtades kõrgendike vahel	0,8	0,9	1,0
4. Turbapinnastes	0,6	0,7	0,8

Tabel 38

Äravoolumoodulid (l/sek. ha) Saksa normides DIN-1185—1950

Aasta keskmine sademete hulk (mm)	Rasketes ja keskmistes pinnastes	Kergetes pinnastes
Alla 650 (Põhja-Saksamaa)	0,40	0,55
650—750	0,40 - 0,55	0,55—0,70
Üle 750	0,55—0,70	0,70—1,00 ja rohkem

Juhendi kohaselt, mille 1957. aastal välja töötas Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut[1], tuleks drenaaži kogujate dimensioneerimisel Eesti NSV-s kasutada järgmisi tehniliste teaduste kandidaadi K. Hommiku esitatud valemeid vegetatsiooniaegse maksimaalse äravoolumooduli (tõenäosusega 5—10%) arvutamiseks:

a) põllu- ja kultuurkarjamaa kuivendamisel:

$$q_{veg.max} = 6{,}7\bar{q}\,(l/sek.km^2);$$

b) kultuurniidu kuivendamisel: $q_{veg.max} = 4{,}8\bar{q}\,(l/sek.km^2)$.

Neis valemeis $\bar{q}$ — aasta keskmine äravoolunorm (l/sek.km²); see saadakse valemist: $\bar{q} = \bar{q}_k + \Delta\bar{q}$, kus

$\bar{q}_k$ — aasta keskmine klimaatiline äravoolunorm (l/sek.km²), mis leitakse K. Hommiku poolt koostatud kartogrammist[2], ja

$$\Delta\bar{q} = 0{,}025C + 0{,}50\,q_{95\%} - 1{,}63.$$

Selles valemis omakorda on:

C — võsastunud või kidura metsaga kaetud soostunud ja sooalad ning kuivendatud maad (viimased 1,5-kordselt võetuina) protsentides vesikonna kogupindalast;

$q_{95\%}$ — keskmine minimaalne äravoolumoodul (l/sek.km²), mis täpsemate andmete puudumisel leitakse samuti K. Hommiku poolt koostatud sellekohasest kartogrammist.

Keskmine minimaalne äravoolumoodul kuivendatud osal vesikonnast on ligikaudu null ($q_{95\%} = 0$); aasta keskmine faktiline äravoolunorm aga on K. Hommiku andmetel 50% võrra suurem kui aasta keskmine klimaatiline äravoolunorm vesikonnas. Seepärast tuleb detailkuivenduse projekteerimisel K. Hommiku kartogrammist leitavale aasta keskmisele klimaatilisele äravoolunormile lisada paranduse osa, mille suurus on konstantne, ja nimelt $0{,}025 \cdot 100 \cdot 1{,}5 = 3{,}75$ $(l/sek \cdot km^2)$.

[1] Juhend kuivendussüsteemide arvutusteks Eesti NSV-s. Tallinn, 1957.
[2] Vt. samast juhendist.

Niisiis kujunevad olenevalt aasta keskmisest klimaatilisest äravoolunormist (mis, nagu eespool tähendatud, võib Eesti NSV territooriumi piirides kõikuda 6,9 ja 10,9 vahel) vegetatsiooniaegse maksimaalse äravoolumooduli piirväärtused põllu- ja karjamaadel järgmiseks:

a) alammäär:

$$q_{veg.max} = 6{,}7 \cdot \bar{q} = 6{,}7(6{,}9 + 3{,}75 - 1{,}63) = 61 \text{ l/sek.km}^2;$$

b) ülemmäär:

$$q_{veg.max} = 6{,}7(10{,}9 + 3{,}75 - 1{,}63) = 81 \text{ l/sek.km}^2.$$

Kultuurniitudel kujunevad piirväärtused järgmiseks:

a) alammäär:

$$q_{veg.max} = 4{,}8\bar{q} = 4{,}8(6{,}9 + 3{,}75 - 1{,}63) = 43 \text{ l/sek.km}^2;$$

b) ülemmäär:

$$q_{veg.max} = 4{,}8(10{,}9 + 3{,}75 - 1{,}63) = 62 \text{ l/sek.km}^2.$$

K. Hommiku kartogrammidest ilmneb, et aasta keskmine klimaatiline äravoolunorm $\bar{q}_x$ on Eesti territooriumi suuremas osas 8—9 l/sek.km^2. See lubab järeldada, et meil seni kasutatud drenaaži äravoolumoodul (0,65 l/sek.ha, s. o. 65 l/sek.km^2) on olnud küllaldane.

Tuleb arvesse võtta, et meil on üldiselt vähe projekteeritud suuri drenaažisüsteeme, mille dimensioneerimisel ärajuhitav veehulk kujuneb koguja mõõtmeid määravaks. Süsteemide suurusega 1,5—2,5 hektarit, nagu neid meil valdavas osas on projekteeritud, tuleb konstruktsioonilistel kaalutlustel anda kogujale minimaalne (tootmises esinev) läbimõõt, s. o. 75 mm. Kui aga maapinna reljeef või pinnas selleks takistusi ei tee, tuleks edaspidi püüda projekteerida ka suuremaid süsteeme.

Drenaaži äravoolumooduli suurus mõjutab üldiselt drenaaži kogujatoru dimensioone vähem, kui näiteks lahtise kraavituse äravoolumooduli suurus mõjutab lahtiste voolusängide dimensioone, sest drenaažisüsteemiga hõlmatav pindala on tavaliselt võrdlemisi väike. Sageli, nagu tähendatud, ei kujunegi toru läbimõõtu määravaks läbivoolava vee hulk, vaid muud asjaolud, nagu torude standard või ka lihtsalt konstruktsioonilised põhjused. Igal juhul kujuneb kogujatoru enamasti üledimensioneerituks dimensioonidest, mida ärajuhitav veehulk nõuaks.

Seepärast on drenaaži arvutustel lubatud kasutada ühtainust, kuid mitte liiga väikest äravoolumoodulit. Sel juhul võib drenaaži hüdraulilises arvutuses üldse ära jääda ärajuhitava veehulga arvutamine ja peale langu jääb määrata ainult veel kuivendatava pindala suurus. See muudab arvutuse mitmeti lihtsamaks.

2. KOGUJATE HÜDRAULILINE ARVUTUS

a) Arvutuse alused

Drenaažitorude läbilaskevõime määramiseks kasutatakse üldtuntud valemit

$$Q = F.v,$$

kus Q — toru läbilaskevõime (m^3/sek);
F — toru töötav ristlõikepindala (m^2);
v — veevoolu keskkiirus (m/sek).

Toru töötava ristlõike pindala määrab ristlõike geomeetriline kuju. Ringikujulise ristlõikega torudel on teatavasti $F = \frac{\pi d^2}{4}$, nelinurkse ristlõikega torudel aga $F = bh$. Neis valemeis:
d — ümmarguse toru siseläbimõõt (m);
b — nelinurkse ristlõikega toru sisemine laius (m);
h — sama toru sisemine kõrgus (m);
π — 3,14.

Voolu kiirust ilma surveta töötavates drenaažitorudes võib arvutada Chézy tuntud valemi abil:

$$v = c\sqrt{RI},$$

kus v — veevoolu keskkiirus (m/sek);
I — veepinna lang torus ehk — mis praktiliselt on seesama — toru põhja lang (absoluutarvuna, kümnendmurru kujul);
R — hüdrauliline raadius, mis võrdub töötava ristlõike F ja märja perimeetri u jagatisega $\left(R = \frac{F}{u}\right)$;
c — kiirustegur.

Ümmargustel torudel on ristlõikepindala $F = \frac{\pi d^2}{4}$; mille tõttu hüdrauliline raadius R saab lihtsa kuju:

$$R = \frac{F}{u} = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4},$$

kus d — toru siseläbimõõt meetrites.

Kiirusteguri c kohta on esitatud erisuguseid valemeid. Üks kõige enam tarvitatavaid neist on Kutteri tuntud valem

$$c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}.$$

Asetades valemisse $R = \frac{d}{4}$ ja $m = 0{,}3$, saab see savitorudrenaaži jaoks järgmise kuju:

$$c=\frac{100\sqrt{R}}{m+\sqrt{R}}=\frac{100\sqrt{\frac{d}{4}}}{0{,}3+\sqrt{\frac{d}{4}}}=\frac{50\sqrt{d}}{\frac{1}{2}(0{,}6+\sqrt{d})}=2\frac{50\sqrt{d}}{0{,}6+\sqrt{d}}.$$

Drenaaži jaoks kasutatakse kiirustegurit tavaliselt teistsugusel kujul, nimelt:

$$C_0=\frac{50\sqrt{d}}{0{,}6+\sqrt{d}},$$

kus, nagu ilmneb, $C_0=\frac{c}{2}$.

Eri läbimõõduga torude jaoks kujuneb teguri C_0 suurus järgmiseks:

toru siseläbimõõt (mm)	50	75	100	125	150	175	200
kiirustegur C_0	13,6	15,7	17,3	18,5	19,6	20,5	21,3

Voolu kiiruse valem saab nüüd järgmise kuju:

$$v=c\sqrt{RI}=2\frac{50\sqrt{d}}{0{,}6+\sqrt{d}}\sqrt{RJ}=\frac{100\sqrt{d}\cdot\frac{1}{2}\sqrt{d}\sqrt{I}}{0{,}6+\sqrt{d}}=\frac{50d\sqrt{I}}{0{,}6+\sqrt{d}}$$

ja valem toru läbilaskevõime määramiseks kujuneb järgmiseks:

$$Q=F\,.\,v=\frac{\pi d^2}{4}\cdot\frac{50d\sqrt{I}}{0{,}6+\sqrt{d}}=\frac{39{,}27d^3}{0{,}6+\sqrt{d}}\sqrt{I}\ (\mathrm{m^3/sek}).$$

Selles valemis tuleb toru läbimõõt d võtta meetrites ja lang I absoluutarvuna, s. o. kümnendmurru kujul.

Drenaaži koguja veeläbilaskevõime peab muidugi vastama ärajuhitavale veehulgale või olema sellest pisut suuremgi. Niisiis võib ärajuhitava veehulga järgi, kui on teada dreeni lang, eeltoodud valemi abil määrata torude nõutava läbimõõdu. Selline arvutamine on aga aegaviitev, sest sobiv läbimõõt tuleb leida nn. lähenemismeetodiga. Selleks valitakse ligikaudu üks läbimõõt, millest arvatakse, et see on küllaldane, asetatakse esitatud valemisse ja arvutatakse. Arvutus annab valitud läbimõõduga toru läbilaskevõime. Kui see on ärajuhtimisele kuuluvast veehulgast väiksem, siis tuleb valida uus, suurem toru läbimõõt ja pärast selle valemisse asetamist korrata uuesti läbilaskevõime arvutust. Kui läbilaskevõime jääb veelgi väiksemaks ärajuhtimisele kuuluvast veehulgast, tuleb valida veel suurem toru läbimõõt ja arvutust uuesti korrata.

Nii jätkates leitakse viimaks sobiv läbimõõt.

Pisut vähem arvutustööd on toru dimensioneerimisel kiirusteguri c jaoks Nõukogude Liidus tarvitusele võetud akadeemik N. N. Pavlovski valemi

$$c=\frac{1}{n}R^{y}$$

kasutamisel. See valem sarnaneb Ph. Forchheimeri valemiga $c=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{5}}$ ja Manningi valemiga $c=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$, kujutades endast viimatimainitud valemite üldisemat kuju. N. N. Pavlovski valemis on:

n — karedustegur ja

$$y=2{,}5\sqrt{n}-0{,}13-0{,}75\sqrt{R}(n-0{,}10).$$

Astmenäitajat y võib ilma suurema veata võtta lihtsustatud kujul, ja nimelt:

kui $R<1$ m, siis $y=1{,}5\sqrt{n}$, ja
kui $3>R>1$ m, siis $y=1{,}3\sqrt{n}$.

Savitorudrenaaži puhul tuleb võtta $y=1{,}5\sqrt{n}$ (sest siin on R väiksem kui 1 m) ja karedustegur $n=0{,}012$. Kiirustegur c saab seega järgmise kuju:

$$c=\frac{1}{n}R^{y}=\frac{1}{0{,}012}R^{1{,}5\sqrt{0{,}012}}=83{,}3R^{0{,}164}$$

ja voolu kiirus on seega

$$v=c\sqrt{RI}=83{,}3R^{0{,}164}\cdot\sqrt{RI}=83{,}3R^{0{,}664}I^{0{,}5}.$$

Kuid ilma suurema veata võib selle kirjutada järgmiselt:

$$v=83R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}.$$

Toru läbilaskevõime on niisiis

$$Q=F\cdot v=\frac{\pi d^2}{4}\cdot 83R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}\quad\text{ehk,}$$

asendades $R=\frac{d}{4}$ ja koondades:

$$Q=25{,}9d^{\frac{8}{3}}\sqrt{I}\ \ (\text{m}^3/\text{sek}).$$

Järelikult on $d=\sqrt[3]{\left(\frac{Q}{25{,}9\cdot I}\right)^8}$ (m).

See valem võimaldab küll leida toru läbimõõtu ilma lähenemismeetodit kasutamata, kuid selle kasutamine on siiski veel küllalt tülikas.

Selles valemis on karedustegur $n=0{,}012$, nagu see on ette nähtud ka NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse tehnilises juhendis kuivendussüsteemide pro-

jekteerimise kohta (1957. a.). Mõnikord kasutatakse aga ka suuremat karedustegurit, näiteks 0,013, sest torude kvaliteedist olenevalt võib karedustegur n A. N. Kostjakovi andmetel 0,010 kuni 0,016 piirides kõikuda. Niisugusel korral saab numbriline konstant drenaaži kogujatoru dimensioneerimiseks kasutatavas valemis ka vastavalt teistsuguse suuruse.

Eespool toodud kaks drenaaži kogujate dimensioneerimiseks kasutatavat valemit, nimelt

$$Q = \frac{39{,}27d^3}{0{,}6 + \sqrt{d}}\sqrt{I} \text{ (m}^3\text{/sek) ja}$$

$$Q = 25{,}9d^{\frac{8}{3}}\sqrt{I} \text{ (m}^3\text{/sek),}$$

ei anna ühesuguseid tulemusi, sest esimeses valemis on kiirustegur Kutteri poolt esitatud kujul $c = \frac{100\sqrt{d}}{0{,}6 + \sqrt{d}}$, teises aga Pavlovski poolt esitatud kujul $c = \frac{1}{n}R^y$, kus $y = 1{,}5\sqrt{n}$.

Professor H. A. Pissarkov soovitab kasutada Kutteri kiirusteguriga valemit. A. A. Tšerkassovi järgi[1] soovitab ka N. N. Pavlovski ise kasutada Kutteri valemit, kui ei ole täielikku kindlust dreenitorude laitmatus kvaliteedis ja paigaldamises dreenikaevikuisse. Sama valem on drenaaži arvutamiseks ette nähtud ka Saksa uues drenaažijuhendis (DIN-1185 — 1950). Mitmed projekteerimisorganisatsioonid kasutavad drenaaži arvutustes siiski ka N. N. Pavlovski kiirusteguri valemit.

Tabeleid ja graafikuid drenaažitorude dimensioneerimiseks, mis on koostatud Kutteri kiirustegurit kasutades, on soovi korral võimalik kasutada ka Pavlovski kiirusteguri kohaselt; selleks on vaja ainult korrutada Kutteri kiirusteguri kohaselt saadud arvu (s. o. kuivendusvõimet, mis võib olla väljendatud kuivendatava pindala suurusena hektarites või ärajuhitava vooluhulgana l/sek) koefitsiendiga, mis näitab suhtarvu Pavlovski kiirusteguri ja Kutteri kiirusteguri vahel toru eri läbimõõtude jaoks. Need suhtarvud ja kiirustegurid ise on toodud tabelis 39.

Et kiirustegur on võrdeline toru läbilaskevõimega ja järelikult ka kuivendusvõimega, siis annab hüdrauliline arvutus Pavlovski valemi järgi torudele väiksema läbimõõdu kui Kutteri valemi järgi ehk, teiste sõnadega, sama läbimõõduga torud on Pavlovski valemi järgi arvutatuna suurema kuivendusvõimega kui Kutteri valemi järgi arvutatuna. Pavlovski valemi kasutamine näib seega võimaldavat ökonoomsema drenaaži projekteerimist. Kuid lähemal analüüsimisel osutub see ökonoomia väga väikeseks. Nii on juhul, kui dreenide keskmine vahekaugus on 25 m ja kuivendus-

[1] А. А. Черкасов. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Издание четвертое. Москва, 1958.

Kiirusteguri c väärtused Chézy valemis $v = c\sqrt{RI}$

	Torude jaoks siseläbimõõduga (mm)						
	50	75	100	125	150	175	200
Kutteri järgi $c = \frac{100\sqrt{d}}{0{,}6 + \sqrt{d}}$	27,1	31,4	34,6	37,0	39,2	41,3	42,6
Pavlovski järgi $c = \frac{1}{n} R^{1{,}5\sqrt{n}}$							
a) kui $n = 0{,}012$	44,5	47,2	49,2	50,8	52,1	53,3	54,3
b) kui $n = 0{,}013$	41,1	43,6	45,4	46,9	48,1	49,2	50,1

Suhtarvud $\left(\frac{\text{Pavlovski}}{\text{Kutteri}}\right)$, millega tuleb korrutada Kutteri järgi saadud kiirusteguri c väärtust selleks, et saada selle väärtus Pavlovski järgi:

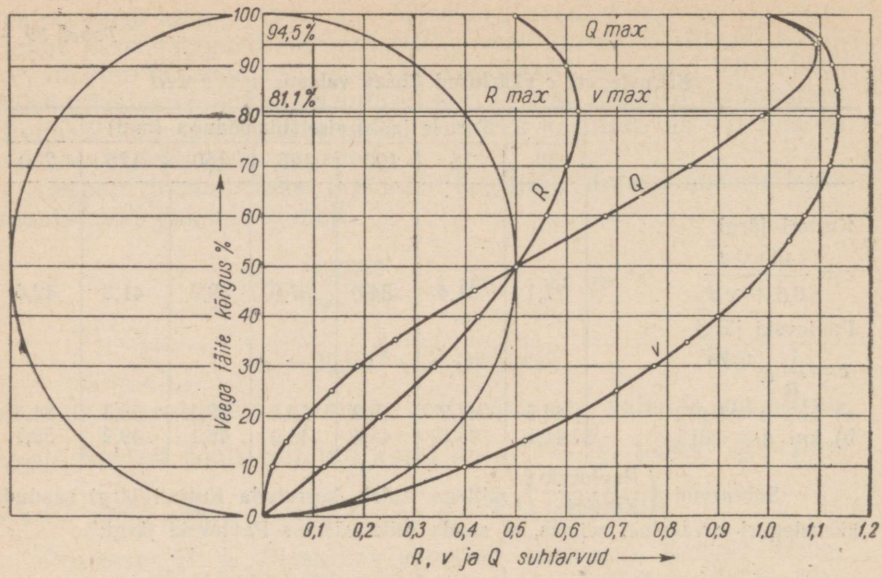
a) kui $n = 0{,}012$	1,64	1,50	1,42	1,37	1,33	1,29	1,28
b) kui $n = 0{,}013$	1,52	1,39	1,31	1,27	1,23	1,19	1,17

dreenide keskmine pikkus 150 m, kogujate pikkus 1 ha kohta 63 meetrit ning torude arv $63 \times 3{,}15 = 198 \approx 200$ tk. Võib oletada, et Pavlovski valemit kasutades oleks võimalik kuni 70% kogujatorudest võtta ühe suurusastme võrra väiksema läbimõõduga, näiteks ∅ 100 mm asemel ∅ 75 mm. Nende torude hinna vahe (1958. a. hindades) on 170 rbl. tuhande kohta. Seega oleks kokkuhoid 1 ha kohta rahas $200 \times 0{,}70 \times 0{,}17 = 23{,}8$ rbl. ≈ 24 rubla. See moodustab drenaažkuivenduse hektarimaksumusest 1—1,5%. Niisiis ei ole kokkuhoid kuigi suur, kuid drenaaži toimimise efekti vähenemine, mille sellise kokkuhoiu taotlemine paratamatult kaasa tooks, on täiesti ilmne.

Kui ei ole garanteeritud drenaažitorude ja drenaažitööde kõrge kvaliteet, siis on parem drenaaži kogujate hüdraulilises arvutuses kasutada mitte Pavlovski, vaid Kutteri kiirusteguri valemit.

Tegelikkuses tekib harva vajadust drenaažitorude läbimõõdu analüütilise arvutuse järele, sest teatavasti valmistatakse drenaažitorusid ainult kindlates standardläbimõõtudes, millede jaoks läbilaskevõime mitmesuguste langude juures on juba varem valmis arvutatud ja tabelite kujul antud. Niisugused tabelid on toodud ka käesoleva raamatu lisades 5 ja 6. Koos läbilaskevõimega on antud ka veevoolu keskkiirus.

Veelgi mugavamini kui mainitud tabeli abil võib kogujatoru nõutavat läbimõõtu määrata graafiku abil, mis samuti on esitatud käesoleva raamatu lisana (lisa 8).



85. Hüdrauliliste elementide muutumine sõltuvalt toru veega täite kõrgusest.

Niihästi tabelites kui ka graafikutes antakse tavaliselt toru läbilaskevõime toru töötamisel täie ristlõikega, kuid siiski vaba, s. o. ilma surveta voolamise olukorras. Torude dimensioneerimisel esineb sageli juhtumeid, et valitud toru läbilaskevõime ületab ärajuhtimisele kuuluva veehulga. Niisugusel juhul ei saa toru muidugi täit täidet ja ühtlasi ka seda voolu kiirust, mille tabel või graafik annab.

Hüdrauliliste elementide muutumist ümmarguse ristlõikega torus ühes veetäite (resp. vooluhulga) muutumisega näitab diagramm (joonis 85). Diagrammist nähtub, et hüdrauliline raadius ja seega ka voolu kiirus torus saab maksimaalse väärtuse siis, kui toru täide moodustab 81,1% toru läbimõõdust, toru läbilaskevõime aga saab maksimaalse väärtuse 94,5-protsendilise täite juures täistäitest (s. o. toru läbimõõdust). Diagrammi või sellekohase tabeli abil, mis on toodud raamatu lisas 1, on võimalik arvutada tegelikult torus kujunevat voolu kiirust, kui on teada kiirus täistäite juures, toru läbilaskevõime täistäite korral ja tegelikult läbijuhitav veehulk.

Näide. Toru ∅ 100 mm, lang $I = 0{,}70\%$. Torude dimensioneerimise graafiku või tabeli järgi on sellisel torul, kui see töötab täie ristlõikega, läbilaskevõime $Q_o = 3{,}59$ l/sek ja voolu kiirus täie ristlõikega töötamisel $v_o = 0{,}46$ m/sek.

Küsitakse: milliseks kujuneb tegelik voolu kiirus, kui ärajuhitav vooluhulk Q on ainult 1,49 l/sek.

Lahendus. Vooluhulkade suhe $Q : Q_0 = 1{,}49 : 3{,}59 = 0{,}416 \approx$ $\approx 42\%$. Diagrammist (joonis 85) või tabelist raamatu lisas 1 leiame selle vooluhulga suhtele vastava kiiruste suhte $v : v_0 = 0{,}955$. Järelikult kujuneb tegelikuks voolu kiiruseks $v = 0{,}46 \times 0{,}955 =$ $= 0{,}44$ m/sek.

Diagrammist ilmneb, et voolu kiirus torus ei vähene, võrreldes täistäite puhul oleva kiirusega, niikaua, kuni veetäide torus ei jää väiksemaks kui 50% toru täistäitest. Täidete juures 50—100% täistäitest kujuneb voolu kiirus isegi suuremaks kui täistäite puhul, kuigi mitte palju. Alles täite juures alla 50% täistäitest jääb kiirus väiksemaks. Seetõttu võib hüdraulilisel arvutusel võtta graafikust või tabelist saadava voolu kiiruse ilma parandust sisse viimata niikaua, kuni tegelikult ärajuhtimisele kuuluv veehulk ei ole väiksem kui 50% toru läbilaskevõimest.

Üldiselt ei ole erilist põhjust karta, et drenaaži koguja mõõduka üledimensioneerimisega (s. o. vajalikust suurema läbimõõduga toru valides) väheneks voolu kiirus torus ebasoovitaval määral, nii et see võiks põhjustada uhtainete settimist torus. Insener E. Vei võrdlevad arvutused, mille tulemused on toodud tabelis 40, näitavad, et võib julgesti kasutada kuni kahe suurusastme võrra suuremaid torusid, ilma et see tooks kaasa voolu kiiruse vähenemist torus. Koguni vastupidi — paari lähema suurema suurusastme piirides näitab voolu kiirus isegi tõusutendentsi. Alles edasisel, üle kahe suurusastme suurusel torude läbimõõdu suurendamisel võib kiirus väheneda, kuid ka siis mitte palju.

Arvutused on tehtud küll torude varem kehtinud standardsuuruste kohta, kuid kiiruse muutumise tendents jääb selliseks ka uute läbimõõtude puhul.

Nelinurkse ristlõikega torudest tuleb harva moodustada nii suuri kuivendussüsteeme, mis nõuaksid kogujatoru täpsemat dimensioneerimist. Neil juhtudel, kui seda siiski tarvis tuleb, võib kogujatoru mõõtmeid otstarbekohaselt määrata sellekohase graafiku või käesoleva raamatu lisas 6 toodud tabeli abil.

Hüdraulilises arvutuses kasutatakse harva mitut äravoolumoodulit sama maaparandusobjekti eri osade jaoks. Üsna levinud on aga drenaaži projekteerimise praktikas ühe ja sellesama äravoolumooduli kasutamine kõikidel kuivendusobjektidel, vahet tegemata ilmastiku- ja mullastikutingimustes, milles üksikud objektid asetsevad. Sellist üldistamist on tehtud projekteerimistööde lihtsustamise eesmärgil ja selline lihtsustamine ei ole nii halbu tagajärgi kaasa toonud, et need sunniksid niisugusest lihtsustamisest edaspidi loobuma. Seda võib seletada asjaoluga, et meil praktikas kasutatud drenaaži äravoolumoodul (0,65 l/sek.ha) on nähtavasti olnud küllaldane isegi sellistes looduslikes tingimustes, kus keskmisest suurema äravoolumooduli kasutamine võiks vajalikuks osutuda (hea veeläbilaskvusega pinnases ja rohkete sademete piirkondades). Kui selline moodul ehk ongi olnud tarbetult suur keskmistes ja rasketes pinnastes ning keskmiste või keskmisest väiksema

Tabel 40

Voolu kiiruse muutumine drenaažitorus väiksema läbimõõduga toru asendamise korral suuremaga vooluhulga ja langu samaksjäämisel

(ins. E. Vei andmetel)

Võrreldav toru	Voolu kiirus (%) voolu kiirusest võrreldavas torus, kui võrreldav toru asendatakse toruga, mille siseläbimõõt on (mm)							
	50	65	80	100	130	160	180	200
1) Ø 50 mm, töötamisel maksimaalse läbilaskevõimega	100	113,5	115,3	115,5	113,9	111,8	109,2	107,0
2) Sama, töötamisel maksimaalse voolukiirusega	100	107,9	109,3	109,2	107,2	106,0	104,0	103,1
3) Sama, töötamisel poole täitega	100	102,0	101,9	100,5	98,8	97,8	96,7	93,7
4) Ø 80 mm, töötamisel maksimaalse läbilaskevõimega	—	—	100	112,5	114,5	114,0	113,1	111,9
5) Sama, töötamisel maksimaalse voolukiirusega	—	—	100	106,9	108,6	107,8	106,8	106,2
6) Sama, töötamisel poole täitega	—	—	100	101,4	100,9	98,9	98,3	97,4

sademete hulgaga piirkondades, siis selline ülehindamine ja sellest tingitud drenaaži üledimensioneerimine pole kahjulikke tagajärgi põhjustanud, ja seda ilmselt kahel põhjusel: 1) et drenaažisüsteemi mõõdukas üledimensioneerimine hüdrauliliselt ei nõrgenda, vaid koguni parandab vee äravoolu ja 2) et drenaaž isegi üledimensioneerituna ei too endaga kaasa taimekasvu kahjustavat ülekuivendust.

Sellega ei ole aga öeldud, et äravoolumooduli valikut ei tuleks täpsustada neil kordadel, kus selle läbi võidaks saavutada olulist kokkuhoidu drenaaži ehituse maksumuses, ilma sealjuures kuivenduse intensiivsust kahjustamata.

See asjaolu, et vajalikust suurema äravoolumooduli valikul tehniliselt kahjulikke tagajärgi ei ole olnud, on võimaldanud hüdraulilist arvutust selles osas lihtsustada, et ärajuhtimisele kuuluv veehulk jäetakse arvutamata ja arvutatakse ainult kuivendatavate pindalade suurused, mis konstantse äravoolumooduli korral on võrdelised ärajuhtimisele kuuluva veehulgaga.

Seepärast ongi drenaaži dimensioneerimiseks koostatud graafikutes ja mõnikord ka tabelites koos toru läbilaskevõimega antud ka maa-ala maksimaalne suurus, mida dreen antud läbimõõdu ja langu juures suudab kuivendada.

b) Arvutustehnika

Drenaaži dimensioneerimiseks vajalik hüdrauliline arvutus on selleks koostatud graafikute või tabelite kasutamise võimaluse tõttu väga lihtsaks muutunud. Arvutamine ise jääb õieti ära ja ainult arvutuse tulemused kirjutatakse välja ning esitatakse tabeli kujul. Arvutuste tulemuste esitamisega tõestatakse: 1) et torud valitud läbimõõdu juures on suutelised läbi laskma ärajuhtimisele kuuluva vee, 2) et veevoolu kiirus jääb neisse piiridesse, mis antud pinnases on lubatavad, ja 3) et voolu kiirus kogujatorus vee allapoole liikudes ei vähene, vähemalt mitte selle määrani, mis võiks põhjustada ohtlikku uhtainete ja liiva settimist torus.

On otstarbekohane kasutada sellise kujuga tabelit, nagu on toodud drenaaži koguja hüdraulilise arvutuse näites lk. 206.

Arvutamisele asudes määratakse esmalt arvutatava süsteemiga hõlmatav pindala, millelt süsteem pinnasevee kokku kogub ja ära juhib. Seda vee kogumise piirkonda (vesikonda) ehk kuivendusmõju ala ei määrata maapinna reljeefi järgi, nagu see toimub lahtiste kraavide vesikonna määramisel, vaid dreenide mõju ulatuse järgi. Drenaaž juhib nimelt ära pinnasesisese liigvee, mille liikumist ei määra maapinna reljeef, vaid see jõudude resultant pinnases, mis tekib ühelt poolt vett liikuma sundivast rõhkude vahest dreenis ja seda ümbritsevas pinnases ning teiselt poolt seda liikumist pidurdavatest voolutakistustest. Dreenide vee kogumise piirkonna ulatus piirdub praktiliselt dreenide poole vahekaugusega kummalgi pool dreeni; selle järgi süsteemide vesikond (kuivendatav pindala) tegelikult määrataksegi.

Koguja arvutamist alustatakse ülemisest otsast. Mida kaugemale kogujat mööda allapoole liigume, seda rohkem sisaldab see temasse suubuvaid kuivendusdreene või harukogujaid, millest igaüks oma osa vett juurde toob, ja seda suurem peab siis ka olema koguja läbilaskevõime. Esimeseks arvutuspunktiks ülevalt otsast alates võib valida selle koha, millest kõrgemal kogujasse suubuvate dreenide läbi kuivendatava pindala suurus ulatub selle ülemmäärani, mida 50 mm läbimõõduga kuivendusdreen minimaalse langu juures veel suudab kuivendada. See on nimelt

$$S = \frac{Q}{q},$$

kus S — dreeniga maksimaalselt kuivendatav pindala (ha);
Q — dreeni läbilaskevõime (l/sek) minimaalse langu juures, mis antud pinnases on lubatav;
q — drenaaži äravoolumoodul (l/sek.ha).

Võttes näiteks savitorudrenaaži jaoks 50 mm läbimõõduga torule liivsavipinnases minimaalseks languks 0,25%, leiame tabelist (lisa 5), et toru ∅ 50 mm läbilaskevõime Q on selle langu juures 0,3 l/sek. Kui võtta äravoolumooduliks 0,6 l/sek.ha, siis saame dreeniga kuivendatava pindala suuruseks

$$S = \frac{0{,}3}{0{,}6} = 0{,}5 \text{ ha.}$$

See tähendab, et antud juhul peab drenaažisüsteemis sellest punktist allpool, kus kuivenduspindala eelmainitud piirist (0,5 ha) suuremaks kasvab, kogujatoru läbimõõt olema suurem kui 50 mm, nimelt järgmises suurusliigis, s. o. 75 mm. Kui kuivendusdreenide pikkus on näiteks 125 m ja vahekaugus 20 m, siis oleks kahe kuivendusdreeniga hõlmatava pindala summa parajasti $125 \times 20 \times 2 = 5000$ m^2 = 0,5 ha.

Toru, mille läbimõõt on 75 mm, on suuteline sama langu (0,25%) puhul terve ristlõikega töötades ära juhtima veehulga

$$Q = \frac{39{,}27\,(0{,}075)^3}{0{,}6 + \sqrt{0{,}075}} \sqrt{0{,}0025} = 0{,}00095 \text{ m}^3/\text{sek} = 0{,}95 \text{ l/sek,}$$

mis äravoolumooduli juures 0,6 l/sek. ha vastab kuivenduspindalale

$$S = \frac{0{,}95}{0{,}60} = 1{,}58 \text{ ha.}$$

Praktikas võetakse drenaažisüsteemi kogujail sellest kohast allpool, kus kahe kuivendusdreeni vesi juba kokku tuleb, kogujatoru läbimõõduks kuivendajale lähim suurem toruliik (uue standardi järgi ∅ 75 mm). Seepärast pole tarvidust drenaaži koguja hüdraulilist arvutust hakata tegema koguja ülemise otsa kohta, mille kuivenduspindala jääb alla seda ülemmäära, mida 75 mm läbimõõduga toru suudab minimaalse lubatava langu puhul ära kuivendada, s. o. ümmarguselt alla 1,6 ha.

Suurema langu puhul on see kuivenduspindala ülemmäär, millest allapoole koguja hüdrauliline arvutus tarbetuks muutub, muidugi vastavalt suurem, nagu nähtub tabelist 41.

Tabel 41

Kuivenduspindala piirväärtus, millest väiksema pindala puhul võib koguja hüdrauliline arvutus ära jääda

Toru lang (%)	∅75 mm drenaažitoru maksimaalne kuivenduspindala (ha) erinevate äravoolumoodulite puhul (l/sek.ha)				
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
0,30	2,08	1,89	1,74	1,60	1,49
0,35	2,24	2,04	1,87	1,73	1,60
0,40	2,41	2,18	2,00	1,85	1,72
0,50	2,68	2,44	2,24	2,06	1,92
0,60	2,94	2,67	2,45	2,28	2,10
0,70	3,17	2,88	2,63	2,43	2,26
0,80	3,39	3,08	2,83	2,62	2,42
0,90	3,60	3,28	3,00	2,77	2,57
1,00	3,80	3,45	3,16	2,92	2,71

Seega jääb tarvidus arvutada toru läbimõõtu ainult nende drenaažisüsteemide jaoks, mille kuivenduspindala antud langu juures on suurem tabelis 41 toodud pindalast.

Arvutamisele kuuluvate süsteemide kogujail alustatakse arvutamist sellest punktist, kus süsteemi kuivenduspindala saavutab tabelis toodud piiri. Sellest ülespoole on küllaldane võtta koguja läbimõõduks 75 mm. Kui koguja lang endiseks jääb, tuleb sellest kohast allapoole võtta järgmine lähem suurema läbimõõduga toru, s. o. 100-millimeetrine. Edasi tuleb vaadata, kui kaugele allapoole sellise läbimõõduga toru veel on küllaldane. Tabeli või graafiku järgi on kergesti võimalik kindlaks määrata, kui suurelt pindalalt antud langu juures 100 mm läbimõõduga toru suudab vee ära juhtida. Selle piirini võib süsteemi kuivenduspindala tõusta ilma, et vaja oleks kogujale anda suuremat läbimõõtu kui 100 mm. Sel juhul, kui koguja lang eelmisest arvutuspunktist allapoole suureneb, võib toru sama läbimõõt olla piisav veel rohkemagi kui tabelis antud pindala jaoks, ja nimelt selle kohani, kus süsteemi kuivenduspindala (sellest kohast ülespoole arvates) on saavutanud ülemmäära, millelt toru uue, suurema langu juures on võimeline vett ära juhtima. Selliselt jätkatakse koguja läbimõõdu määramist järk-järgult kuni suudmeni välja. Igas koguja punktis, kus tema lang muutub või temasse suubub harukoguja, tuleb läbimõõdu määramine läbi viia. Kui aga lang püsib ühesuurusena, siis on arvutuspunktideks need kohad, kus süsteemi kuivenduspindala antud langu juures tõuseb selle piirini, millelt antud läbimõõduga toru veel suudab vee ära juhtida.

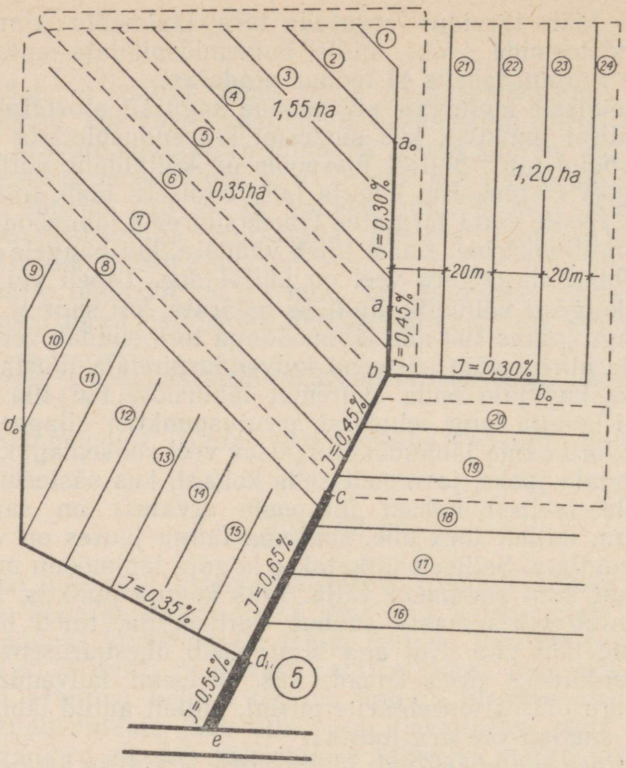
Alljärgnev näide selgitab hüdraulilise arvutuse käiku.

Ülesanne. Dimensioneerida joonisel 86 kujutatud drenaažisüsteemi pea- ja harukogujad. Kuivendusdreenide vahekaugus on 20 m. Langud on järgmised:

a_0 — a:	70 m	ulatusel	0,30%
a — b:	30 m	„	0,45%
b — c:	70 m	„	0,45%
c — d:	75 m	„	0,65%
d — e:	30 m	„	0,55%
b_0 — b:	80 m	„	0,30%
d_0 — d:	140 m	„	0,35%

Pinnas on liivsavi. Drenaaži äravoolumoodul on 0,65 l/sek. ha.

Lahendus. Kõigepealt teeme valmis (või kasutame trükitud blankette) tabelis 42 kujutatud arvutuse formulari. Arvutamist alustame peakogujaga. Koguja algab punktist a_0. Esimeseks läbimõõduks on loomulikult 75 mm. Sellise läbimõõduga toru omab langu juures 0,30% vee juhtimise võimet 1,04 l/sek, ehk teiste sõnadega, suudab ära juhtida liigvee, mis koguneb 1,60 ha suuruselt pindalalt. Ligikaudu nii suur pindala moodustub dreenide 1—4



86. Näidis drenaažisüsteemi kogujadreeni läbimõõdu hüdraulilise arvutuse kohta.

kuivenduspindalast, mis on täpsemalt 1,55 ha. Punktini *a* võib seega võtta toru ∅ 75 mm. Allapoole lang suureneb, olles kuni punktini *c* 0,45%. Langu juures 0,45% on torul ∅ 75 mm kuivendusvõime 1,98 ha. Tähendab, võime endise läbimõõduga jätkata veel allapoole. Lähima sissesuubuva dreeniga (nr. 5) suureneb kuivenduspindala 0,35 ha võrra ja moodustab seega endisega kokku 1,55+0,35=1,90 ha. Järelikult võib kuni punktini *b* koguja läbimõõt olla 75 mm. Punktis *b* suubub kogujasse harukoguja $b_0 - b$, mis korraga lisab kuivenduspindalale juurde 1,20 ha. Nüüd on kogu kuivenduspindala juba 1,9+1,2=3,1 ha. Langu juures 0,45% toru ∅ 75 mm sellist vooluhulka enam ei suuda ära juhtida. Tuleb valida toru ∅ 100 mm. Selle kuivendusvõime on antud langu juures küll nõutavast suurem, nimelt 4,46 ha, kuid et vahepealse läbimõõduga torusid ei ole, siis tuleb võtta sellise läbimõõduga toru. Punkti *b* juures, harukoguja $b_0 - b$ suubumiskohast vahetult allpool, on kuivenduspindala 3,10 ha; torul ∅ 100 mm on aga kuivendusvõime 4,46 ha. Järelikult võib sama läbimõõduga torusid edasi kasutada allapoole niikaugele, kuni kuivendatav pindala ula-

tub 4,46 hektarini, s. o. juurde võtta veel 4,46 — 3,1 = 1,36 ha kuivenduspindala. Dreenide vahekaugus on 20 m, see tähendab, et võime juurde lülitada veel 13600 : 20 = 680 jm kuivendusdreene. Niisiis tulevad järjekorras juurde dreenid:

nr.	6, pikkusega	190 m
„	20, „	90 m
„	7, „	180 m
„	19, „	100 m
	Kokku	560 m

Järgmist dreeni nr. 8 esialgu enam juurde ei või võtta, sest selle pikkus on 160 m, mille lisamisega ületaksime lubatud 680 meetrit. Pealegi on punktis *c* langu murdepunkt. Punktini *c* on kogu kuivenduspindala 4,22 ha. Kuid punktist *c* allapoole muutub lang suuremaks, olles nimelt 0,65%. Selle langu juures on torul ∅ 100 mm kuivendusvõime 5,36 ha. Seetõttu võib kogujat samade torudega veel allapoole jätkata. Toru läbimõõtu suurendamata on võimalik lisada kuivenduspindala 5,36 — 4,22 = 1,14 ha, s. o. juurde võtta kuivendusdreene kogupikkusega 11400 : 20 = = 570 m. Järjekorras tulevad seega juurde dreenid 8, 18, 17 ja 16, mille kogupikkus on 160 + 110 + 120 + 130 = 520 m. Kuni punktini *d* võib veel sama läbimõõduga torusid kasutada, aga edasi enam mitte, sest selles punktis suubub pea kogujasse harukoguja $d_0 - d$, mis korraga suurendab kuivenduspindala 1,25 ha võrra. Alates punktist *d* tuleb võtta kogujatoru läbimõõduks 125 mm. Et kuivenduspindala allpool praktiliselt enam ei suurene, jääb toru sama läbimõõt püsima kuni suudmeni, s. o. punktini *e*. Koguja lang allpool punkti *d* väheneb pisut. Kuid ka selle langu juures on torul ∅ 125 mm kuivendusvõime 9,30 ha, kogu kuivendatav pindala on aga ainult 6,55 ha.

Saadud andmed kirjutame koondtabelisse (tabel 42), kuhu märgime juurde ka voolu kiiruse kogujatorus. Selle leiame torude dimensioneerimise tabelist või graafikust.

Tabelist ilmneb, et voolu kiirus kogujatorus suureneb järjest, nagu see soovitav on. Ka kõige alumises lõigus (*d*—*e*) voolu kiirus langu vähenemisest hoolimata ei vähene.

Kuid voolu kiirus on antud eeldusel, et torud töötavad täie ristlõikega. Tegelikult aga on kogujatorud punktis *b* ja samuti osas *d* — *e* nõutavast suurema ristlõikega, mille tõttu torud neis osades töötavad väiksema ristlõikega. Võib tekkida kahtlus, kas selle tagajärjel mainitud toruosades ei teki soovimatut voolu kiiruse vähenemist. Kontrollimine näitab, et punktis *b*, kus ärajuhtimisele kuuluva vooluhulga ja toru tegeliku läbilaskevõime vaheline suhe $Q : Q_0 = 2{,}02 : 2{,}88 = 0{,}70$, on voolu kiiruse suhtarv ca 1,08, järelikult voolu kiirus ei vähene, vaid pisut isegi suureneb. Analoogiliselt on koguja osas *d* — *e* veehulkade suhe $Q : Q_0 =$

Koondtabel drenaažisüsteemi koguja hüdraulilise arvutuse kohta

Süsteemi nr.	Arvutuspunkt	Arvutuspunktide vahekaugus (m)	Kuivendatav pindala (ha)		Äravoolumoodul (l/sek.ha)	Ärajuhtimisele kuuluv veehulk (l/sek)	Toru lang (%)	Kogujatoru			
			Lisanduv osa	Kokku				Siseläbimõõt (mm)	Kuivendusvõime l/sek.	Kuivendusvõime ha	Voolu kiirus (m/sek)
5.	a_0				0,65			50 / 75			
		70					0,30				
	a			1,55	„	1,01		75	1,04	1,62	0,24
		30	0,35				0,45				
	b		1,20	1,90	„	1,24		75	1,27	1,98	0,29
				3,10		2,02		100	2,88	4,46	
		70	1,12				0,45				
	c			4,22	„	2,75		100	2,88	4,46	0,37
		75	1,08				0,65				
	d		1,25	5,30	„	3,44		100	3,46	5,36	0,44
				6,55		4,27		125	5,97	9,3	
		30					0,55				
	e			6,55	„	4,27		125	5,97	9,3	0,49

$= 4{,}27 : 5{,}97 = 0{,}72$ ja ka siin ei põhjusta toru suurem läbimõõt voolu kiiruse vähenemist.

Harukogujad erilist arvutamist ei vaja, sest kuivendatav pindala on kummalgi antud langu juures väiksem kui 75 mm läbimõõduga toru kuivendusvõime nende langude puhul. Järelikult tuleb siin kasutada kogujaks torusid ∅ 75 mm.

X. DRENAAŽISÜSTEEMI ARMATUUR

Drenaaži armatuuri all mõeldakse neid lisaehitisi ja seadeldisi drenaažisüsteemis, mis on vajalikud selle paremaks toimimiseks või võimaldavad kuivendussüsteemi tarbe korral kasutada ka niisutamiseks. Armatuuri hulka loetakse kogujadreenide suudmetorud, sette- ja kontrollkaevud, imbkaevud (kurnad) ja paisutusseadmed.

1. SUUDMETORUD

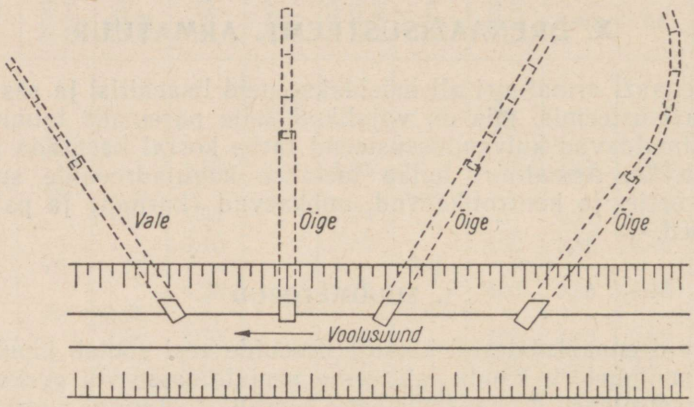
Ühe drenaažisüsteemi kõikide dreenide vesi voolab lõpuks ühe ühise suudmetoru kaudu lahtisesse veejuhtmesse või veekogusse. Seepärast oleneb drenaažisüsteemi korralik töötamine suurel määral suudme ehitusest. Kui suue on halvasti ehitatud või puuduliku korrashoiu tagajärjel ummistunud, võib selle tagajärjel suur osa süsteemiga hõlmatud maa-alast uuesti muutuda liigniiskuse all kannatavaks. Kogemused näitavadki, et umbes 80—90% kõigist drenaaži riketest on põhjustatud just suudmete ummistumisest. See kohustab drenaažisüsteemi suudmetele erilist tähelepanu pöörama.

Suudmetoru on drenaažisüsteemi kõige õrnem osa. See on süsteemi ainuke osa, mis on väliste looduslike tingimuste mõju all. Seda võivad kahjustada kõrgvesi, kogujakraavi nõlvade külmumine, kraavis olev jää, kraavi nõlvade varisemine, muda ja liiva sisseuhtumine suudmest, väikesed närilised ja kahepaiksed (hiired, vesirotid, nirgid, konnad jne.), kogujakraavi nõlvade uhtumine ning kraavi rohtumine ja umbekasvamine, eelvoolu ummistumine jm. Suurel määral kahjustavad aga suudmeid ka inimesed oma hoolimatusega. Nii astutakse kraavist üleminekul sageli suudmetoru otsale, millega kahjustatakse suuet. Ka loomad võivad kraavi pääsemisel drenaaži suudmeid rikkuda. Mõnikord asetatakse talvel kogujakraavist üleminekul sellesse kaikaid ja haokubusid, mis kevadel jäetakse kraavist välja võtmata. Selle tagajärjel jäävad suudmed ülespaisutatud vette. Esineb veel teisigi suudmeid kahjustavaid tegureid.

Torusuudmeid kahjustavate tegurite mõju saab osaliselt vältida suudmete õigele kohale paigutamisega ning nende kvaliteetse ehitamise ja korrashoiuga.

Drenaaži suudmekohad tuleb juba drenaaži projekteerimisel

valida nii, et need taimekasvuperioodil vee alla ei jääks. Võimalust mööda peab vältima drenaažisüsteemide suubumise projekteerimist vahetult ülalpool vesiehitisi, kui vee seis veejuhtmes võib nende toimel suudmetorudest kõrgemale tõusta. Kogujakraav, millesse drenaažisüsteemid suubuvad, peab olema küllalt lameda nõlvaga ja suudmetorude kohalt vajalikult kindlustatud niihästi varisemise kui ka uhtumise vastu.



87. Kogujadreeni suubumine äravoolukraavi.

Lahtisesse kraavi suubumisel ei tohi suudmetoru olla suunatud vastu kraavi veevoolu suunda. Juhul, kui kogujadreeni suund ongi projekteeritud vastu lahtise kraavi veevoolu suunda, tuleb koguja alumine ots koos suudmetoruga kaares ära pöörata ja suunata kas risti või veidi viltu veevoolu lahtises kraavis (joonis 87).

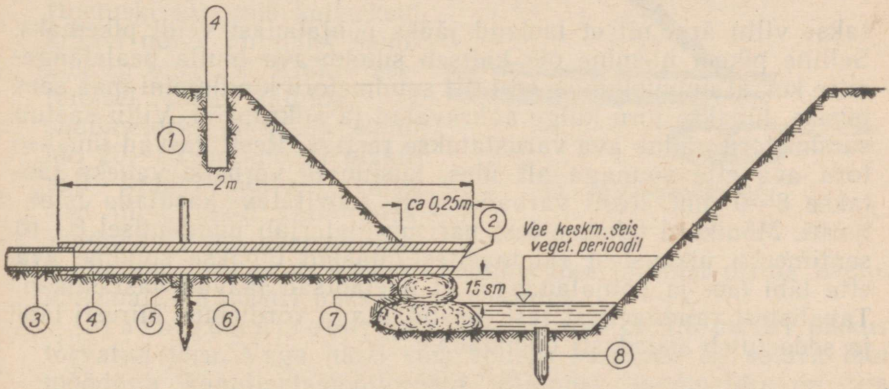
Drenaažisüsteemi suuet ei ole soovitatav projekteerida ka otse jõe kaldale, kus jääminek, parvetus või muud asjaolud võiksid jõkke suubuvat suudmetoru kergesti vigastada, vaid sel puhul tuleb drenaaži koguja alumine ots teatavas pikkuses (kuid mitte vähem kui 2—3 m ulatuses) kujundada lahtise, nn. suudmekraavina, mille ülemisse otsa juhitakse drenaaži koguja (joonis 60). Suurematel süsteemidel on soovitatav kasutada erilist kaitsemüüriga suuet.

Drenaaži korraliku töötamise tagamiseks peab suudmetoru ava alumine äär rohumaadel asuma kõrgemal vegetatsiooniaegsest keskmisest veepinnast. Põllumaadel peab suue kevadisel külvieelsel perioodil jääma kõrgemale keskmisest kevadisest külviaegsest vee seisust, et tagada kevadiste mullaharimistööde õigeaegset läbiviimist. Kevadise ja suvise suurvee ajal võib suudmetoru lühiaegselt ka vee sisse jääda, kuid pärast suurvee alanemist peab ta jälle jääma veepinnast kõrgemale.

Kui on tegemist väiksemate kogujakraavidega, kus vett on vähe, siis peab suudmetoru neis asuma kogujakraavi põhjast vähemalt 20—25 sm kõrgemal. Kraavipõhjale lähemal ei tohi

suudmetoru asuda sel põhjusel, et muda settimisel lahtisesse kraavi jääks suue mudasse.

Suurema stabiilsuse saavutamiseks tehakse suudmetoru tavaliselt 2 meetri pikkuse laudtoruna, mille otsas on rest. Tavalisi savitorusid ei saa suudme ehitamiseks kasutada, sest need on lühikesed (0,33 m) ja seetõttu suudmeks ebastabiilsed. Suudmetoru valmistatakse savitoru- ja laudtorudrenaaži süsteemidele. Freestorudele erilist torusuuet vaja ei ole, kui suudmetoruks valitakse paksema seinaga torupoolikud.



88. Drenaažisüsteemi suue.

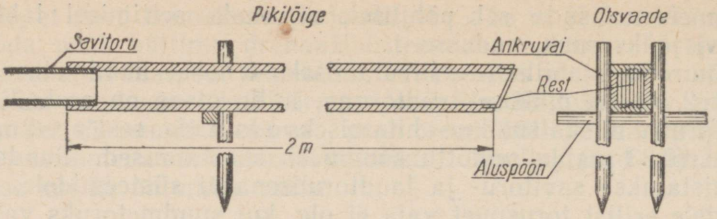
1 — suudme tähistamise tulp; *2* — suudme rest; *3* — drenaažisüsteemi koguja otsmine toru; *4* — laudadest suudmetoru; *5* — suudmetoru aluspõõn; *6* — suudmetoru ankruvai; *7* — suudme tugikivid; *8* — kraavi põhja märkvai.

Suuremate savitorudrenaaži süsteemide korral on soovitatav suudmed tähistada tulbaga ehk numbripostiga. Tulp asetatakse suudme juurde lahtise kraavi pervele, lubjatakse võimaluse korral valgeks ja sellele on soovitatav sisse raiuda või õlivärviga peale kirjutada süsteemi number, mis jääb ühtlasi ka suudme numbriks. Paljud tähelepanekud ja kogemused näitavad, et suudmete tähistamine ja nähtavaks tegemine püsiva tulbaga on parema korrashoiu huvides tarvilik. Püsiv suudme numbripost aitab suudmeid alati hoida nähtavatena ja kergesti kontrollitavatena, millega on paremini tagatud suudmete korrashoid.

Savitorudrenaaži korral kasutatakse suudmetoruna enamasti laudadest tehtud toru. Kuid võib kasutada ka kestvamast materjalist, nagu betoonist või malmist toru, keraamilisi torusid jt.

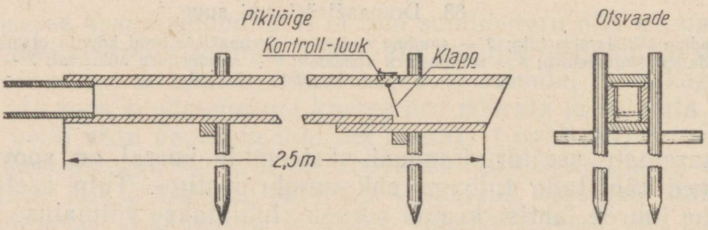
L a u d s u u d m e t o r u valmistamiseks kasutatakse 2 meetri pikkusi ja 3,5—5 sentimeetri paksusi männi- või kuuselaudu.

Laudsuudmetoru ava laius ja kõrgus tuleb kokku sobitada koguja suudmepoolse otsa sisemise läbimõõduga. Suudmetoru kokkunaelutamisel on vaja silmas pidada, et küljelauad asuksid lae- ja põhjalaudade vahel. Kraavi suubuv suudmetoru ots sae-



89. Restiga laud-suudmetoru.

takse viltu ära, nii et laelaud jääks põhjalauast veidi pikemaks. Selline pikem ülemine ots kaitseb suudmeava mulla pealelangemise korral ummistumise eest. Et suudmetoru kindlamini maa sees püsiks, lüüakse toru külge ankruvaiad ja ankrupõõn. Viltu saetud suudmetoru väline ava varustatakse restiga. Resti varvad lüüakse toru ava ette suunaga alt üles, kusjuures varbade vaheks jäetakse 8—9 mm. Resti varbadeks on soovitatav kasutada tsinktraati. Mõnikord tehakse rest parema materjali puudumisel 8—10 sentimeetri pikkustest raudnaeltest; naelad lüüakse suudme ava ette läbi lae- ja põhjalaua, nii et naelaotsad jäävad vastastikku. Tavalistest raudnaeltest rest roostetab aga võrdlemisi kiiresti läbi ja seda tuleb sagedasti uuendada.



90. Klapiga laud-suudmetoru.

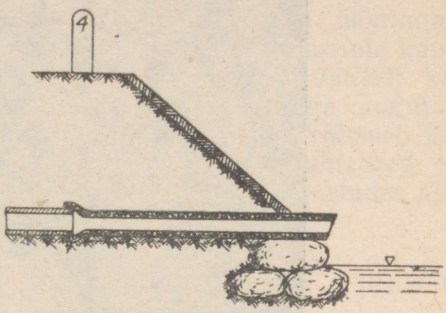
Resti aset võib täita ka rippuv, kergesti hingedel liikuv klapp, mis tehakse õhukesest tsink- või alumiiniumplekist ja asetatakse suudmetoru sisse nii, et see liiguks väljapoole lahti, kuid ei pääseks liikuma toru sissepoole. Väljavoolav vesi lükkab kergesti liikuva klapi lahti, veevoolu lakates aga vajub klapp kinni ja suleb loomakestele sissepääsu torusse.

Enne maa sisse asetamist on soovitatav laudadest suudmetorusid immutada karboliineumiga või mõne muu antiseptikumiga. Tähelepanekud näitavad, et laudadest suudmetorude immutamine tõstab nende ea mädanemise vastu ligi kahekordseks.

Parema ühenduse saamiseks peab kogujadreeni viimase savitoru ots ulatuma 5—8 sm pikkuselt suudmetoru sisse. Lauast suudmetorusse lõigatakse savitoru sisseasetamiseks vastav pesa,

nii et savitoru ja suudmetoru põhjal oleks toru keskkohal ühesugune kõrgus. Savitoru toetub suudmetoru sisse lõigatud ääre vastu (joonis 89), millega välditakse savitoru edasinihkumine suudmetorus. Savitoru ja suudmetoru ühenduskoht tihendatakse väljastpoolt tõrvast ja lubjast valmistatud kitiga või asfaldiga.

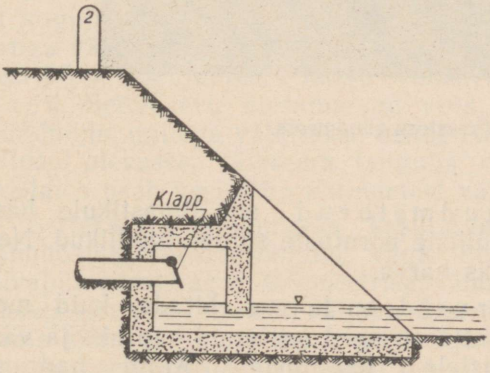
Suudmetoru kohaleasetamisel dreenikaevikusse mineraalpinnases on soovitatav toru alumise otsa alla asetada mõned laiemad kivid (toetuskivid), mis kaitseksid kraavi nõlva uhtumist suudmetoru otsa all. Kivide asetamisel tuleb jälgida, et suudmetoru ei jääks enam kui 20—25 sentimeetri pikkuselt kraavi nõlvast välja, sest liiga pikalt väljaulatuv suudmetoru on ebastabiilne.



91. Malm-suudmetoru.

Suudmetoru peab pärast dreenikaeviku täitmist olema kaetud vähemalt 0,8 meetri paksuse mullakihiga.

Malmsuudmetoruna kasutatakse ca 1,5 meetri pikkust tõrvatud toru. Väga hästi võib selleks kasutada ka sobiva läbimõõduga kanalisatsioonitorusid. Malmist suudmetoru on igasuguse pinnase puhul hästi vastupidav.



92. Drenaažisüsteemi betoonist kaitsešahtiga suue.

Betoonsuudmetoru on osutunud mineraalpinnastes küllalt hästi vastupidavaks, kuid soopinnasesse see viimases rikkaliku huumushapete esinemise tõttu ei sobi. Toru seina paksus peaks olema üle 5 sentimeetri. Toru valmistatakse tavaliselt 1,5 meetri pikkune.

Betoonist kaitsmega suudmetorusid kasutatakse kogujadreeni suuremasse magistraalkraavi või jõkke suubumise korral selleks, et kaitsta suuet jäämineku, parvetuse ja muude võimalikkude kahjustuste vastu. Seejuures ehitatakse suudmed kalda sisse ja kaitstakse nad vastava tugimüüriga. Loetletud juhtudel kasutatakse ka kanalisatsioonitorusid.

On hakatud kasutama ka monteeritavatest osadest kokkupandavaid betoonsuudmeid.



93. Freestoru suudmeots.

Keraamilised suudmetorud on ilmastikule hästi vastupidavad, kuid mehaaniliste põrutuste suhtes tundlikud. Neid kasutatakse suudmetorudeks harva.

Asbesttsementtorusid on hõlpus ehitada, kuid meie vabariigi ilmastikutingimustes on need osutunud hapraks ja vähe vastupidavaks mehaanilistele mõjutustele. Kuigi nad on küllalt pikad (3—4 m) ja sobiksid suudmetorudeks hästi, ei ole nad esialgu laiemat kasutamist leidnud.

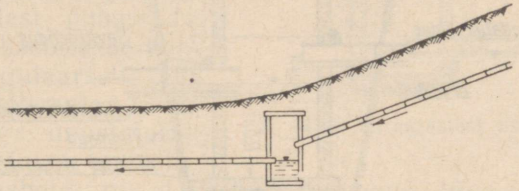
Müüritud suudmed tehakse suurte süsteemide ehitamise korral. Need tehakse kas telliskividest, silikaatkividest, raudkividest või paekividest. Suue jääb siin erilise niši sisse. Selline suue on väga vastupidav, kuid kallis.

Turbapinnases, kus kasutatakse laudadest suuet, on soovitatud suudmetoru alla asetada ristpõõn või püstvaiad vajumise vältimiseks. Seda ei saa aga õigeks pidada, sest tähelepanekud on näi-

danud, et niisugusel korral jääb dreeni vajumise järel suudmetoru ots kõrgemale ja vee väljavool dreenist on takistatud.

2. SETTE- JA KONTROLLKAEVUD

Drenaažitorudesse satub koos veega paratamatult mõningal määral ka pinnaseosakesi, mis torudes koos veega allapoole kanduvad. Mida suurem on toru lang, seda suurem on tavaliselt ka voolu kiirus ja uhtainete edasikandmise jõud. Kui aga kogujadreeni lang veevoolu suunas väheneb, millega koos väheneb ka voolu kiirus, siis tekib hädaoht, et vees hõljuvad uhtained ei kandu enam veega edasi, vaid setivad toru põhja, põhjustades aja jooksul toru ummistumist.

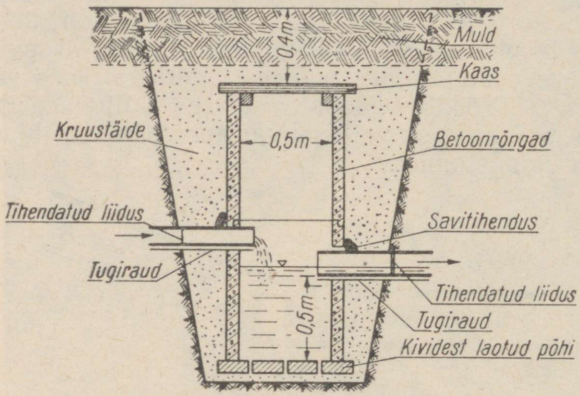


94. Settekaev drenaaži koguja langu vähenemise murdekohas.

Seepärast püütakse drenaažisüsteem üldiselt projekteerida nii, et kogujadreenide lang allapoole ei väheneks. Kus aga selline langu vähenemine reljeefist tingituna ei ole välditav, seal projekteeritakse kogujadreeni langu vähenemise murdepunkti s e t t e k a e v. Settekaevu ülesanne on vees hõljuvate uhtainete kinnipüüdmine, millega välditakse nende edasikandumine kogujadreeni allpool olevasse, väiksema languga osasse. Settekaevust edasi voolates peab vesi juba uhtainetest vaba olema.

Settekaevu ehitamiseks kasutatakse tavaliselt 0,5-meetrise läbimõõduga betoonrõngaid, väga uhtmerikka vee puhul (peenliivapinnases) aga 0,8-meetrise läbimõõduga rõngaid. Settekaevu suubuva ja sealt väljuva dreenitoru jaoks tehakse kaevu seina sisse augud. Settekaevust väljuva toru alumine äär peaks asuma kaevu põhjast vähemalt 0,4—0,5 m kõrgemal, nii et kaevu põhja jääks küllaldane ruum setete kogunemiseks. Kaevu suubuva toru otsa alumine äär ei tohi jääda madalamale kaevust väljuva toru otsa ülemisest äärest, sest vastasel korral pääseks uhtaineid sisaldav vesi otse edasi voolama ja ühtlasi oleks vee väljavool dreeni ülemisest osast takistatud. Ka puuduks võimalus kontrollida, kas suubuva toru otsast vett tuleb või mitte. Peamine neist pahedest on siiski see, et sissevoolav vesi saaks kergesti voolata otse väljavooluava juurde, ilma et ta saaks aega seista ja uhtmetest vabaneda. Suubuva ja väljuva toru otste alla asetatakse tugi-

raud (joonis 95). Augud kaevu seinas suubuva ja väljuva dreeni ümber tihendatakse, et takistada mulla kaevu varisemist seina ja toru vahelise pilu kaudu. Kaane avamisel võib settekaevu kukkuda puutükikesi või prahti, mis veepinnale ujuma jäävad ja võivad veega edasi kanduda väljavoolutorusse. Et seda ära hoida, on soovitatav üldse hoiduda kaevu avamast sel ajal, kui drenaaži-



95. Settekaevu läbilõige.

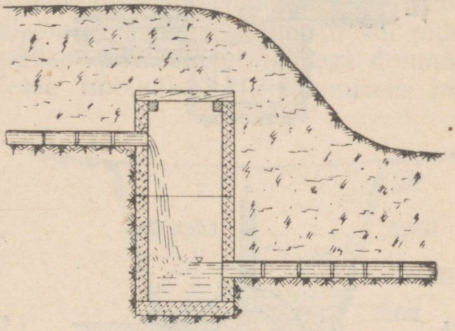
süsteemis vett on. Ka on soovitatud suunata kaevust väljuva toru ots ühe torulüli piirides allapoole viltu, nii et toru kaevupoolne ots jääks madalamale sellest veepinnast, mille juures vee väljavool kaevust väljuvasse torusse võib alata. Selline toruotsa allapoole suunamine aitab küll ära hoida veest raskemate setteainete sattumist äravoolutorusse, kuid ei paku täielikku garantiid veepinnal oleva prahi sissepääsu vastu torusse, sest veepind kaevus võib alaneda ka allapoole toru otsa ning hiljem uuesti tõustes tõsta kaasa ka temal ujuva kõntsa ja prahi, millest osa võib sattuda ka väljavoolutorusse. Settekaevule tehakse tavaliselt kividest või laudadest põhi. Pole aga vajalik, et põhi oleks vettpidav.

Kui suubuva ja väljuva dreeni otstele ei ole tehnilistel põhjustel võimalik jätta nõutavat kõrgusvahet ja toru otsad asuvad enam-vähem samal kõrgusel, siis asetatakse vee otse edasivoolamise vältimiseks väljavoolutoru otsa kohale kaitselaud, mis takistab vee otsest edasivoolamist. On aga sissesuubuva dreeni ots väljuva dreeni otsast rohkem kui 20 sm kõrgemal, siis asetatakse vee mudastumise vältimiseks suubuva toru otsa alla laud, millele vesi torust langeb.

Pealt kaetakse settekaev tugeva puitkaanega või malmluugiga. Põllumaadel on soovitatav kaas asetada allapoole maapinda, nii et sellele tuleks peale veel kruus- või muldkate. Kaev tuleb aga niisugusel korral kindlasti tähistada, et seda hiljem oleks hõlpus leida. Selleks on soovitatav kasutada kahte teineteisega ristuvat

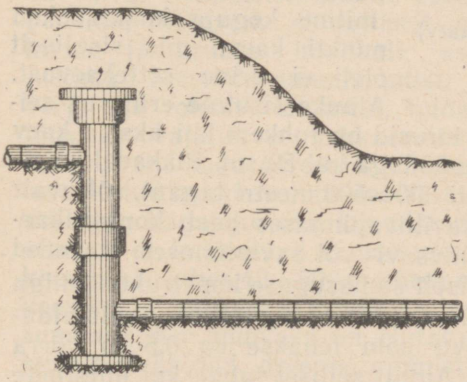
sihti, mis looduses on märgitud kivide või postide abil. Ka aitab ülesleidmist kergendada kaevukoha katmine värvuse poolest ümbrusest erineva materjaliga, nagu telliskivi- või savitorutükkidest killustikuga, kruusaga, valge liivaga jms. Võimaluse korral tuleb kaev tähistada numbripostiga.

Settekaeve võib ehitada betoonrõngastest, telliskividest, looduslikest kividest ja parema materjali puudumisel isegi puitmaterjalist (laudadest, plankudest).



96. Betoonrõngastest astangukaev.

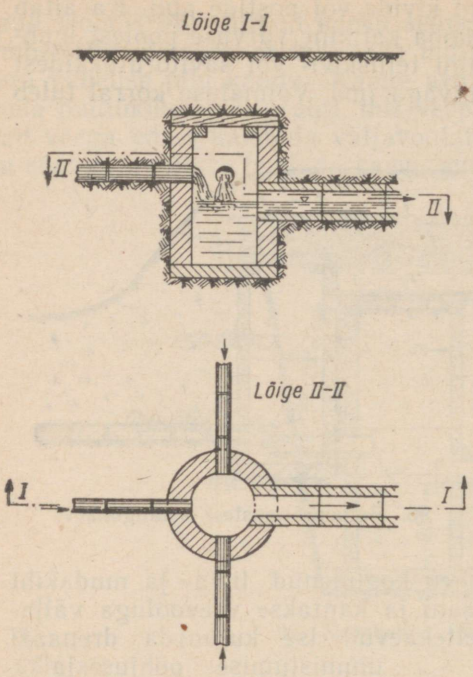
Drenaažisüsteemi ehitatud settekaevu tuleb vähemalt üks kord aastas (suve algul) liivast ja mudast puhastada. Kui kaeve puhastatakse korralikult ja regulaarselt, siis on nad kahtlemata kasulikud. Kui aga unustatakse nende korrapärane puhastamine ja korrashoid, nii et kaevu kogunenud liiva- ja mudakiht tõuseb juba väljavoolutoru otsani ja kantakse veevooluga väljavoolutorusse, siis võivad settekaevud ise kujuneda drenaaži ummistumise põhjustajaiks. Seepärast ei ole soovitatav settekaeve kergekäeliselt projekti võtta, vaid ainult tungiva vajaduse korral, sest nagu kogemused näitavad, ei puhastata neid praktikas regulaarselt ja hoolikalt ning ka muu korrashoid jätab soovida (lagunenud kaaned). Nii aga on nendest rohkem kahju kui kasu.



97. Keraamilistest torudest astangukaev.

Analoogilise konstruktsiooniga kaeve, nn. *astangukaeve* kasutatakse kasel juhul, kui koguja tuleb alla juhtida järsust nõlvast. Siin on kaev mõeldud dreeni astanguna. Tavalisest settekaevust erinevad need kaevud ainult selle poolest, et siin asub suubuva dreeni ots väljuvast dreenist tunduvalt kõrgemal (joonis 96). Väikeste süsteemide puhul võib selliseid kaeve valmistada ka keraamilistest torudest (joonis 97).

Üksikutel erandjuhtudel kasutatakse settekaeve ka kahe erineva ehitusviisiga dreeni (näit. toru- ja lattdreeni) ühendamiseks.

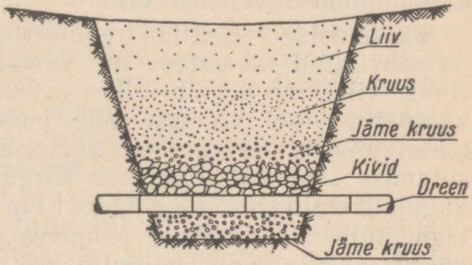


98. Kontrollkaevu (ühtlasi settekaev) skeem.

Kõik settekaevud võimaldavad ühtlasi ka kontrollida kaevu suubuvate ja sellest väljuvate dreenide toimimist ning on seega ühtlasi ka kontrollkaevud. Suurte drenaažisüsteemide projekteerimise puhul võib aga tekkida tarvidus kontrollimise otstarbel kaev ette näha ka seal, kus kogujadreeni lang väiksemaks ei muutu. Selline vajadus esineb, kui kuivendataval maa-alal mitu kogujadreeni jookseb kokku ühte punkti, kust vesi üheainsa koguja abil tuleb edasi juhtida (joonis 98), või kui koguja on nii pikk, et selle toimimise kontrolli peetakse vajalikuks mitte ainult süsteemi suudmes, vaid ka vahepealsetes kohtades kogujal. Esimesel juhul ehitatakse mitme koguja kokkujooksu punkti kaev, mis sisuliselt õieti ei erine settekaevust. Ainuke sisuline erinevus seisab selles, et kaevu suubuvaid torusid on rohkem kui üks ja kaev tehakse tavaliselt suurema läbimõõduga kui 50 sm. Pikkadel kogujatel ehitatakse kaevud tavaliselt 300—500 meetri tagant, sõltuvalt pinnasest. Liiva-, kruusa- ja saviliivapinnases peab kontrollkaevude vahe olema väiksem kui liivsavi- või savipinnases. Ka need kontrollkaevud ehitatakse tavaliselt samasuguse konstruktsiooniga nagu harilikud settekaevud, nimelt uhtainete settimise võimaldamisega, millisel otstarbel kaevu põhi tehakse ca 0,5 m võrra väljavoolutoru otsast sügavam. Ainult sellisel juhul, kui uhtainete settimise oht puudub, võib neid kontrollkaeve ehitada samasugustena, nagu need ehitatakse linnade ja asulate kanalisatsioonivõrgus, s. o. kindla betoonpõhjaga, millesse on jäetud mõlema (s. o. sissevoolu- ja väljavoolu-) toru otsa ühendav renn, kusjuures renni põhi ühtib torude põhjaga, kuna muu osa kaevu põhjast on renni põhjast 5—10 sm võrra kõrgem ja seisab tavaliselt, kui väljavoolutoru korralikult toimib, kuivana. Soovitatav on aga ka sellistel juhtudel ehitada kontrollkaevud nii, et need võiksid täita ka settekaevu ülesandeid, s. o. toru otstest sügavamale ulatuva põhjaga.

Imbkaeve ehk kurnasid kasutatakse drenaažisüsteemis peamiselt pinnavete maapinnalt dreenidesse valgumise soodustamiseks. Vaatamata sellele, et maa on kuivendatud drenaažiga, valgub pärast sademeid pinnavesi nõokohtadesse, kus see võib raskesti vett läbilaskva pinnase puhul pikemat aega püsida. Selline seisev pinnavesi võib hävitada lohukohal kasvavad kultuurid või pidurdada nende kasvamist. Niisugusel juhul kasutataksegi drenaažisüsteemis pinnavee dreenidesse imbumise kiirendamiseks imbkaeve.

Imbkaevu (joonis 99) ehitamiseks kaevatakse lohukohale kuivendusdreeni kõrvale või kohale ümmargune, umbes 1-meetrise läbimõõduga auk, mille põhi peaks ulatuma kuivendusdreeni põhjast umbes 20 sm võrra sügavamale. Dreeni kohale kaevatud augu põhi täidetakse munakividega, pealepoole asetatakse väiksemaid kive, kruusa ja lõpuks jämedat liiva. Pealmiseks kihiks asetatakse künnikihi muld. Tähelepanekud näitavad, et selliselt ehitatud imbkaevud, vaatamata kivide ja kruusa hoolikale asetamisele, võivad siiski põhjustada dreenide ummistumist, sest dreeni kantakse imbeveega ka rohkesti uhtmeid, mida kurn ei suuda peatada. Seetõttu on vajalik, et imbkaevude ehitamise korral antaks dreenidele, eriti kogujadreenidele, suurem lang. Selline dreen, millele on ehitatud imbkaeve, on soovitatav võimaluse korral juhtida üksikdreenina kogujakraavi. Ummistumise vältimiseks on samuti soovitatav, et imbkaevud ei asetseks otse dreeni kohal, vaid dreenikaevikust umbes 40—50 sm võrra eemal. Seejuures jäetakse dreenikaeviku ja imbkaevu vaheline pinnas puutumata, looduslikku seisundisse. Kui imbkaev on ehitatud dreeni kõrvale, pole peaaegu kunagi tekkinud dreenis ummistumist, sest looduslikus kihistuses olev muld filtreerib uhtmed välja.



99. Imbkaevu skeem.

Imbkaeve on eriti soovitatav kasutada valikdrenaaži korral.

Et kiirendada pinnavee imbumist dreenidesse, võib kasutada nõgude sügavamates kohtades dreenide kattekihina vett läbilaskvat materjali (kruus, jäme liiv jne.), millega täidetakse dreenikaeviku alumine osa. Ka võib pinnavee kiiremaks kõrvaldamiseks kasutada agromelioratiivseid abinõusid, nagu sügavkünd koos põhjakobestamise ja lupjamisega, muttimine, vesivaod jt.

Kui on tegemist suurema nõoga, siis ei piisa tavaliselt imbkaevust, vaid nõgu tuleb kuivendada dreenide abil ja pinnavesi ära juhtida sügavate vesivagudega.

Mõned autorid seavad üles nõude, et projekteeritavad kuivendussüsteemid peavad võimaldama mitte ainult maa kuivendamist, vaid vajaduse korral ka niisutamist ehk, üldiselt väljendades, võimaldama reguleerida veerežiimi pinnases vastavalt taimekasvu nõuetele taimede kõigis arenemisfaasides. Veerežiimi pinnases ei tule niisiis ühekülgselt muuta, vaid seda tuleb valitseda. Sellise nõude ülesseadmine tundub kõigiti õigustatuna ja soovitavana. Turbapinnaste osas on selle nõude tähtsust aidanud veelgi tõsta kardetud ülekuivenduse oht.

Kahepoolse veerežiimi reguleerimise võimaluse saavutamiseks on soovitatud rakendada nn. vastassuunalist veerežiimi reguleerimise viisi, mis seisab selles, et kuivendusvõrgu lahtistel pea- ja kogujakraavidel nähakse ette paisude ehitamine vee äravoolu tõkestamiseks ja drenaažisüsteemidesse ehitatakse vee paisutamise seadmed. Põhjavee kõrguse reguleerimiseks ehitatakse kogujadreenidesse r e g u l e e r i m i s k a e v u d paisutusseadmetega, mille abil hoitakse põhjavee pind põuaperioodil soovitavas kõrguses. Seejuures paigutatakse kuivendusdreenid võimalikult suuremasse sügavusse. Kui vee äravool on tõkestatud, juurdevool aga edasi kestab, siis tõuseb põhjavee pind kogujadreeni ümbruses, kuid peamiselt ainult dreenide vahetus läheduses. Koguja suurema langu korral on paisutuse mõju ulatus ka piki kogujat kaunis piiratud ja pinnase niiskumine ebaühtlane. Ilma kõrvalt vett saamata pole aga mainitud niisutamisviis praktiliselt peaaegu kunagi võimalik, sest kuival ajal, kui vett on niisutamiseks vaja, on dreenid ja kraavid tavaliselt veest tühjad.

Reguleerimiskaevude ehitamist kogujadreenidesse võiks ehk otstarbekohaseks pidada ainult sel juhul, kui on tegemist suhteliselt väikese languga ja hästi vett läbilaskva mineraalpinnasega ning kui niisutamiseks on võimalik dreenidesse juhtida hapnikurikast vett kõrgemal asuvast veekogust või kraavist just sel ajal, kui vett tõesti vaja on. Sellisel juhul võib kogujadreenide paisude sulgemine kergematel mineraalpinnastel mõningaid tulemusi anda. Kuid paisutusseadmete ehitamine drenaažisüsteemi tekitab tunduvaid lisakulusid ning põhjustab nende puuduliku korrashoiu korral kogujates sageli rikkeid ja ummistusi. Hea languga mineraalpinnases on paisutusseadmete pahed praktiliselt suuremaks osutunud kui paisutusest saadav tulu, mispärast on selliste paisutusseadmete ehitamisest isegi mineraalmaadel üldiselt loobutud.

Mis aga puutub turbamaadesse, siis seal on sellistest paisutusseadmetest praktikas juba ammu loobutud, sest need on osutunud tarbetuks. Seda on näidanud muu hulgas ligi viiskümmend aastat tagasi Tooma katsebaasis tehtud tähelepanekud ja seda kinnita-

vad uuesti need laiaulatuslikud katsed Toomal, millest oma töödes kirjutas põllumajandusteaduste kandidaat I. Eisen.[1]

Suure vee akumuleerimise võime tõttu on hästi kuivendatud soos, kus põhjavee pind taimekasvu ajal on keskmiselt vähemalt 75—80 sm sügavusel maapinnast, veevarud künnikihis koos looduslike sademetega enam kui küllaldased katma taimede veetarvet kogu taimekasvuperioodi kestel ka põuastel aastatel.

Maa kuivenduse ehitistelt ei saa nõuda rohkemat kui pinnase vabastamist liigniiskusest, millega kuivendatava maa veerežiim viiakse võrdsesse seisukorda kuivendamist mittevajava maa veerežiimiga. Kaudselt mõjub aga hea intensiivsusega kuivendus, kui sellega käib kaasas ka järgnev korralik maaharimine, ka pinnase vee akumuleerimise võimet suurendavalt ja seega põuaohtu vähendavalt, sest põhjavee pinna alanemise tõttu avaneb taimedele võimalus tungida oma juurekavaga sügavamale kui kuivendamata maal põhjavee kõrge seisu puhul, mille tõttu taimedele muutuvad kättesaadavaks rohkemate pinnasekihtide veevarud.

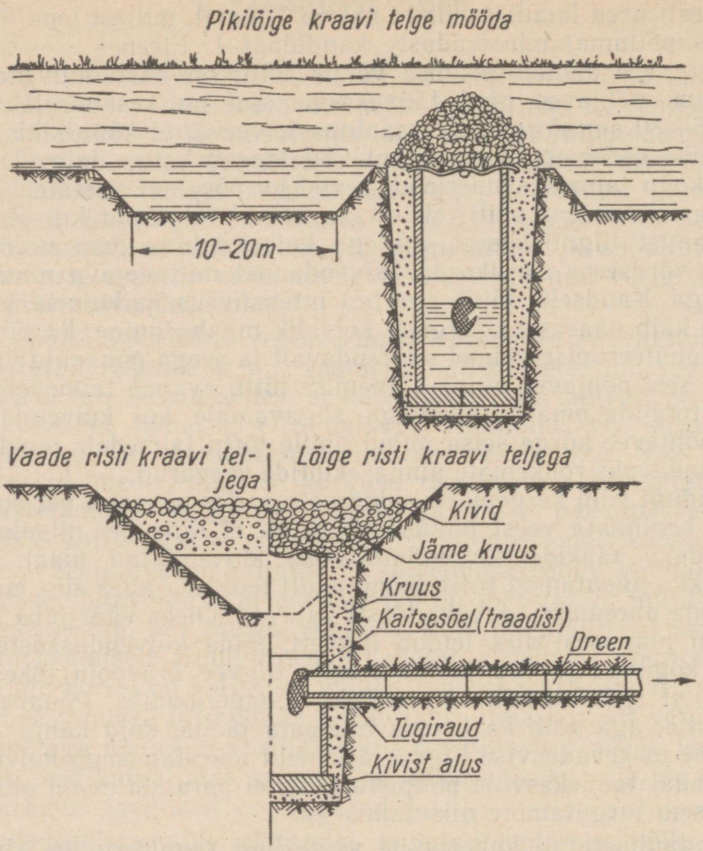
Muidugi võib kergemates mineraalmaades põuastel perioodidel sellest hoolimata veest puudus tulla, nii et täiendav niisutamine võimaldaks saakide suurendamist ka kuivendatud maal. Kuid kunstlikku niisutamist tuleb loomulikult teostada alles siis, kui taimed seda paremaks kasvuks tõesti vajavad. Oleks väär juba kevadel, kui pinnases alles leidub liigvett, mida kuivendussüsteemid kokku koguvad ja ära juhivad, selle liigvee äravoolu tõkestada selleks, et seda varuda võimalikuks põuaperioodiks. Põuaperiood võib tulla, aga võib ka hoopis tulemata jääda, kuid kahju, mida kevadise ja kevadsuvise liigvee äravoolu tõkestamisega kuivendataval maal taimekasvule põhjustatakse, ei paranda enam oluliselt ka hilisem turgutamine niisutamisega.

Nõndanimetatud kahepoolne veerežiimi reguleerimine kuivendusvõrgu kasutamisega on seega praktikas seni osutunud raskesti teostatavaks ja turbamaadel tarbetuks. Sellega pole muidugi öeldud, et niisutamist ei peaks ette võtma seal, kus selleks on tõeline vajadus. Kuid seda tuleb teha niisugusel teel, et sellega ei paralüseeritaks kuivendussüsteemide toimet.

5. ERIEHITISED DRENAAŽIS

Lahtise kraavi vee juhtimine drenaažisüsteemi. Selline vajadus võib mõnikord esineda tee- või piirdekraavi vee ärajuhtimisel, kui nende jaoks teist sobivamat vee vastuvõtjat ei ole. Niisugusel korral tuleb kraavist dreeni juhitav vesi f i l t e r k a e v u abil enne vabastada temas esinevatest uhtmetest ja prahist. Sellise filter-

[1] I. Eisen. Põhjavee sügavuse mõju soomulla viljakusele. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised III, köide 2. Tallinn, 1954.
I. Eisen. Kuivenduse intensiivsuse mõju turvasmulla omadustele ja taimekasvule (käsikiri). Tooma, 1957.



100. Filterkaev lahtise kraavi vee juhtimiseks dreenkogujasse (prof. L. Keso järgi).

kaevu ehitus on näidatud joonisel 100. Vesi peab siin enne filterkaevu sattumist läbima settimisbasseini, mis paikneb kaevu lähedal. Filterkaevu põhi on veidi sügavam kui lahtise kraavi põhi, millest vesi filterkaevu tuleb. Kaevu filterainena kasutatakse väikesi kive ja jämedat kruusa. Teekraavide vee juhtimisel drenaažisüsteemi kasutatakse ka joonisel 101 kujutatud ehitist.

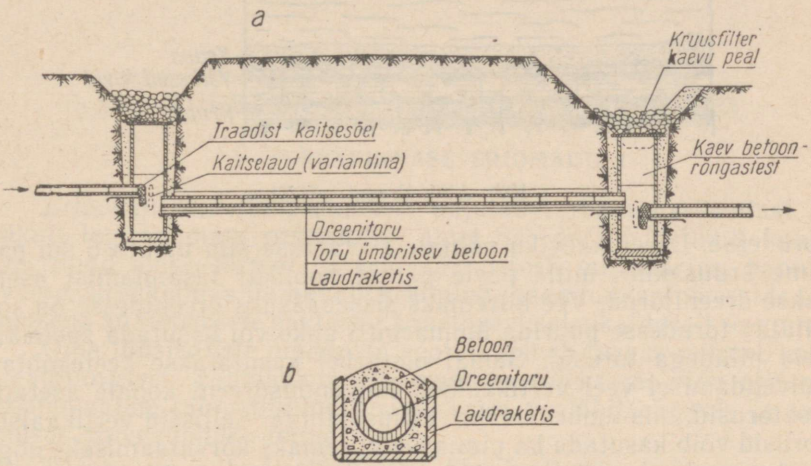
Peab aga märkima, et lahtise kraavi vee juhtimist drenaažisüsteemi tuleb igal juhul võtta kui paratamatut pahet ja hädalahendust neil juhtudel, kui paremat lahendust ei ole.

Allikate ja keetekohtade kuivendamisel drenaažiga on vaja kiirendada vee imbumist dreenidesse. Selleks kasutatakse *allikakaeve* ja suure läbimõõduga drenaažitorusid.

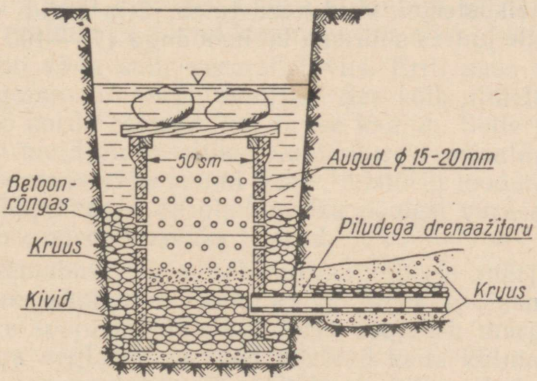
Allikakaev ehitatakse kivist või betoonrõngastest (joonis 102). Kaevu kogunev vesi juhitakse ära dreeni abil. Betoonrõngastest

kaevu seintesse on vee parema sissepääsu võimaldamiseks puuritud auke.

Kui aga põhjavesi on surve all («keetemaa») laialdasemal maa-alal, tuleb niisuguse koha kuivendamisel kasutada tihedat drenaaži

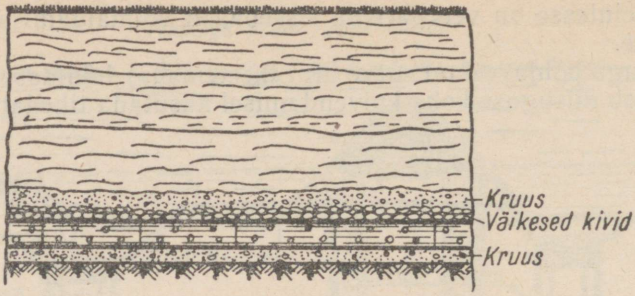


101. Dreeni läbijuhtimine tee alt.
a — pikilõige; *b* — ristilõige tee kohalt.



102. Allikakaevu skeem.

dreenide vahekaugusega 5—10 m või isegi ainult 2—3 m. Keetekoha kuivendamisel on vaja soodustada vee sissepääsu torudesse sel teel, et torud ümbritsetakse alt ja pealt kruusakihiga, moodustades nn. allikadreeni (joonis 103). Kruus kergendab vee sissepääsu dreenidesse ning ühtlasi takistab uhtmete ja liiva pääsemist



103. Allikadreeni pikilõige.

torudesse. Dreenikaeviku põhjale asetatakse siin umbes 5 sm paksune kruusakiht, mille peale pärast hoolikat tasandamist asetatakse dreenitorud. Vee kiiremaks sissepääsuks dreenidesse on soovitatav torudesse puurida ümmargusi auke või kasutada spetsiaalseid piludega torusid. Samal otstarbel kasutatakse keetekohtade kuivendamisel veel vertikaalselt kuivendusdreeni kohale asetatud lisatorusid, mis ümbritsetakse kruusakihiga. Selliseid vertikaalseid torusid võib kasutada ka pinnavee kiiremaks kõrvaldamiseks nõgudest.

Kui keetekohta kuivendatakse frees- või laudtorudrenaažiga, tuleb soodustada vee sissepääsu torudesse pilude laiendamise ning torude ümbritsemise teel kadakahagudega.

Keetekohta kuivendavaid dreene pole soovitatav juhtida tavalisse drenaažisüsteemi, vaid need tuleb jätta eraldi dreenideks ja kasutada selle juures suurema läbimõõduga (75—100 mm) torusid.

XI. TURBAMAADE DRENAAŽI ISEÄRASUSI

1. TURBAPINNASE ERIOMADUSI

Erinevalt mineraalpinnastest kujutab turbapinnas endast lõplikult lagundumata orgaanilist ainet. See on looduslikult konserveerunud mass surnud taimede jäänustest, mis märjas, hapnikuvaeses keskkonnas toimuvate keemiliste taandumisprotsesside tulemusena anaeroobsete bakterite kaastegevusel pikaldaselt lagundub.

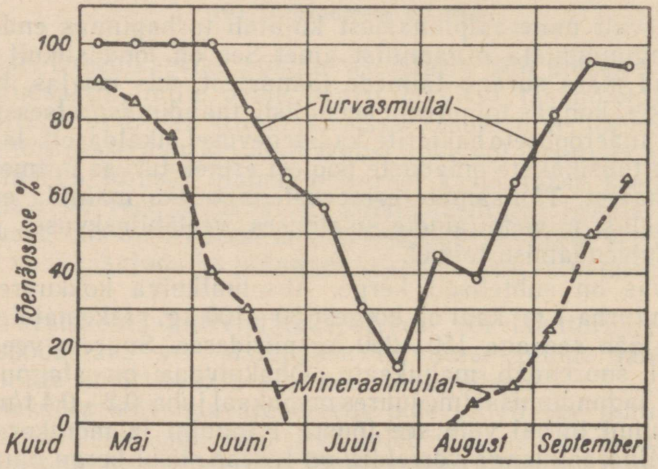
Oma füüsikaliste omaduste poolest erineb turvas mitmeti mineraalpinnasest. Tähtsamate erinevustena tuleks mainida erinevusi mahukaalus, taimetoitainete sisalduses, veeläbilaskvuses ja vajumises kuivendamise toimel.

Turvas on suhteliselt kerge. Absoluutkuiva kokkupressimata sfagnumturba 1 m^3 kaal on kõigest 80—100 kg, raskematelgi turbaliikidel jääb see aga 150—250 kg piiridesse. Suurem veesisaldus muidugi suurendab mahukaalu. Õhukuivana on sfagnumturbal madala lagundumisastme juures mahukaal juba 0,2—0,4 t/m^3; hästi lagundunud turbal võib see tõusta 1 tonnini ja mõnikord sellest ülegi. Mineraalmaaga võrreldes on turvas siiski kerge pinnas.

Turbal on väga suur veemahutavus. Eriti suur veemahutavus on vähe lagunenud sfagnumturbal. See võib nimelt endasse vett imeda 8—15 korda rohkem, kui ta ise kaalub. Selle poolest ületab turvas kõiki muid pinnaseliike. Kuid suure veesisalduse tõttu jääb märjas turbamaas vähe ruumi õhule, mistõttu looduslikud, kuivendamata turbapinnased on õhuhapniku poolest vaesed ja niisugustena kultuurtaimede kasvuks halvad.

Suur veemahutavus annab turbapinnasele märjas olekus ka suure soojusmahutavuse, kuid kuiva turba soojusmahutavus on väike. Suure soojusmahutavuse tõttu soojeneb märg turbapinnas kevadel väga aeglaselt ja sood püsivad kaua külmadena; sügisel aga jahtub soo aeglasemalt ja külmub hiljem kui mineraalmaa. Külmumise sügavus on soos tunduvalt väiksem kui mineraalmaal. Kuivendatunagi ei külmu turbapinnas meie vabariigi ilmastikutingimustes (Tooma katsebaasi andmetel) tavaliselt sügavamalt kui 0,6 meetrit, tavaliselt aga külmub ta veelgi madalamalt. Seevastu külmub mineraalpinnas kuni 1 meetri sügavuseni ja rohkemgi. Kuivendatud soodel on öökülmad taimekasvu perioodil turba halvast soojusjuhtivusest tingituna sagedaseks nähtuseks. Tooma katsebaasis rohkem kui 20 aasta kestel toimetatud vaatlused on näida-

nud, et soomaal pole ükski kuu kogu taimekasvuperioodi vältel ilma öökülma esinemise ohuta. Öökülmade esinemise tõenäosust taimekasvu perioodil näitavad I. Eiseni[1] andmed joonisel 104. Jooniselt nähtub, et kogu maikuu ja veel juunikuu esimesel dekaadil on tõenäoline öökülma esinemine igal ööl. Suve poole öökülma esinemise sagedus küll väheneb, kuid ka kõige soojemal ajal, nimelt juulikuu kolmandal dekaadil, võib veel 14-protsendilise tõenäosusega esineda öökülma. Edasi kasvab öökülmade esinemise tõenäosus kiiresti, saavutades juba septembri teisel dekaadil peaaegu sajaprotsendilise ulatuse.



104. Öökülmade esinemise tõenäosus (Tooma katsebaasi 1934.—1954. a. vaatluste alusel I. Eiseni andmetel).

See asjaolu raskendab mitmeti soode põllumajanduslikku kasutamist.

Turvas kujutab endast pidevalt lagunduvat taimejäänuste massi, mistõttu ta esineb looduses kõikides mõeldavates lagundumisastmetes. Kõige vanematel turbaliikidel on lagundumine jõudnud juba sellise astmeni, et üksikuid taimeosi pole enam palja silmaga võimalik eraldada, vaid kogu turvas moodustab ühtlase mudataolise massi. Seevastu on aga noortes turbaliikides kõik turba koostisse kuuluvad taimejäänused veel hõlpsasti äratuntavad. Nende kahe äärmuse vahel esinevad kõik vahepealsed lagundumisastmed. On täiesti suvaline asi, kui palju vaheastmeid nende kahe äärmuse vahel valida. Selle kohta on mitmesuguseid ettepanekuid, millest kõige enam on kasutatud kaht liigitusviisi: Põhja- ja Lääne-Euroo-

[1] I. Eisen. Öökülmade sagedus ja tugevus kultuuristatud madalsoos ning mineraalmaal. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, VI köide (bioloogiline seeria), 1957, nr. 4.

pas tarvitusel olevat rootsi õpetlase Lenart v. Posti 10-astmelist skaalat ja Nõukogude Liidus tarvitatavat professor P. Varlõgini protsendilist skaalat. Viimase (s. o. P. Varlõgini) meetodi järgi määratakse turba lagundumisaste selle järgi, kui suure protsendi moodustab turba lagundunud osa turba kogumassist. Mida väiksem on lagundunud osa, seda väiksem on lagundumisprotsent. Kui turvas on täiesti lagundunud, on lagundumisprotsent 100, täiesti lagundumata, noore turba lagundumisprotsent on aga lähedane nullile. Lagundumisastet hinnatakse tavaliselt silma järgi. Kõrgema lagundumisastme korral on turbal üldiselt suurem mahukaal ja väiksem veeläbilaskvus. Turbapinnase põllumajandusliku kasutamise korral on kõrgem lagundumisaste üldiselt soovitav.

Viljelusväärtuse seisukohalt on suure tähtsusega turba reaktsioon. Reaktsiooni märgitakse Sørenseni järgi pH abil, mis iseloomustab vesiniku-ioonide kontsentratsiooni turbas. Mida väiksem on see arv, seda happelisem on turba reaktsioon, ja mida lähemal on pH arvule 7, seda lähedasem on reaktsioon neutraalsele. pH>7 puhul on reaktsioon juba leelisene. Turbapinnastel on pH tavaliselt 3,5 ja 6,5 vahel. Suurem pH on üldiselt soovitavam.

Peamiste taimetoitainete sisalduse poolest on turbapinnased üldiselt vaesemad kui mineraalpinnased, seda eriti kaali ja fosforhapendi osas. Nii leidub turbas K_2O ainult 0,05—0,10% ja P_2O_5 0,10—0,25%. Lubjasisaldus on suurem — CaO leidub 0,5—4,5%. Suhteliselt suur on aga lämmastikusisaldus; lämmastikku leidub 1,2—3,3%. Kuid suur osa lämmastikust esineb orgaaniliste ühenditena, mis enne peavad mineraliseeruma, kui taimed neid kasutada saavad. Taimetoitainete sisaldus turbas oleneb palju selle botaanilisest koostisest. Toitainete tarbe poolest nõudlikkude (eutroofsete) taimede jäänustest tekkinud turvas on taimetoitainete poolest rikkam kui turvas, mis on tekkinud vähenõudlikkude (oligotroofsete) taimede jäänustest.

Drenaažitööde seisukohalt on erilise tähtsusega kaks turbapinnase omadust, nimelt veeläbilaskvus (filtratsioon) ja turba vajumine kuivendamise tagajärjel.

Veeläbilaskvus on turbapinnastel üldiselt väike. Filtratsioonikoefitsient *k* 1 m sügavusel on U. Tombergi andmetel toodud tabelis 43.

Tabel 43

Filtratsioonikoefitsient turbapinnases
(U. Tombergi järgi)

Turbaliik	Lagundumisaste (%)	Filtratsioonikoefitsient *k* (10^{-4} sm/sek)
Madalsooturvas	20	14,0
»	30	10,0
»	40	6,5
»	50	3,0
Rabaturvas	20	1,0

Turba veeläbilaskvus väheneb sügavusega. Filtratsioonikoefitsiendi muutumist turba sügavuse suurenemisega iseloomustab U. Tomberg järgmise valemi abil:

$$K_\tau = \frac{K_{\tau_0}}{10^{\alpha(\tau - \tau_0)}} \text{ (sm/sek)},$$

kus K_τ — filtratsioonikoefitsient (sm/sek) sügavusel τ (m);
K_{τ_0} — „ (sm/sek) „ τ_0 (m);

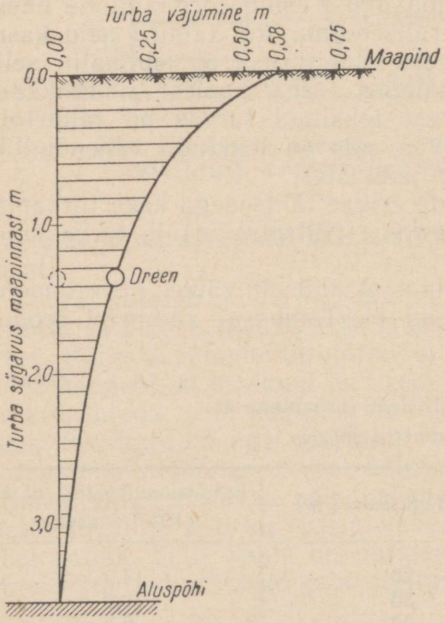
$$a = \frac{1}{10^{0{,}32 + 0{,}06\tau_0} \cdot K_{\tau_0}^{0{,}1}}$$ — turvast iseloomustav tegur.

Turba veeläbilaskvus väheneb ka ajaga, mis on ilmselt tingitud turba tihenemisest vajumise tagajärjel. Sellel asjaolul on turbamaade drenaaži jaoks eriline tähtsus.

2. TURBA VAJUMINE JA DRENAAŽI SÜGAVUS

Turba vajumine kuivendamise mõjul on tähtsamaid tegureid, mida turbamaade drenaaži kavandamisel tuleb arvestada.

Kuivendamata soos on turba pealmised kihid pooleldi ujuvas olukorras. Kui põhjavee pinda kuivendamisega alandatakse, siis vajub ülemine, veest vabanenud turbakiht kokku ja surub oma raskusega kokku ka allpool olevaid kihte kuni mineraalse aluspõhjani.



105. Näide turbakihtide vajumise kohta kuivendatud soos.

Turba vajumise määramiseks on esitatud mitmeid valemeid. Tuntumad neist on järgmised.

A. D. Panadiadi valem:

$$h_0 = KA,$$

kus h_0 — soopinna vajumine (m);
K ja A — parameetrid.

Parameetri K suurus:

tihe turvas	1,00
vähem tihe turvas	1,40
kaunis kobe turvas	1,96
kobe turvas	2,74
peaaegu hõljuv turvas	3,84

Parameetri A suurus on antud tabelis 44.

Tabel 44

Parameetri A suurus A. D. Panadiadi valemis

Turbalasundi paksus H (m)	Sootüüp ja dreeni (resp. kraavi) sügavus (m)											
	madalsoo						raba					
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
1	0,13	0,16	0,18	0,20	0,23	0,28	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,25
2	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,36	0,17	0,21	0,24	0,27	0,31	0,38
3	0,19	0,23	0,27	0,30	0,34	0,41	0,22	0,27	0,31	0,34	0,40	0,48
5	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,49	0,30	0,36	0,41	0,47	0,54	0,65
8	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,58	0,41	0,49	0,56	0,63	0,73	0,87
10	0,29	0,35	0,40	0,45	0,52	0,63	0,45	0,54	0,62	0,70	0,81	0,97

A. F. Petškurovi valem on järgmine:

$$\Delta h_0 = \frac{h_2(x_1 - x_2) + h_0 x_2 \left(1 - \frac{x_1}{100}\right)}{100 - x_1},$$

kus Δh_0 — soopinna vajumine (m);
h_0 — turbalasundi tüsedus enne vajumist (m);
h_2 — põhjavee sügavus maapinnast pärast kuivendust (arvutuslik, m);
x_1 — turba vajumise protsent põhjavee pinnast kõrgemal olevas kihis;
x_2 — sama allpool põhjavee pinda.

Suuruste x_1 ja x_2 kohta on omakorda antud järgmised valemid:

$$x_1 = 100 - \frac{\gamma}{0{,}150}(100 - 0{,}944\ z) \text{ ja}$$

$$x_2 = 100 - \frac{\gamma}{0{,}106}(100 - 0{,}96\ z),$$

kus γ — turba mahukaal enne kuivendust (g/sm³);
z — turba tuhaprotsent.

Eelmainituist lihtsam on professor H. A. Pissarkovi valem projekteeritava kraavi (resp. dreeni) sügavuse kohta.

$$T_p = K_v \cdot T_0$$

H. A. Pissarkovi valemis on:
T_p — projekteeritav kraavi (või dreeni) sügavus (m);
T_0 — nõutav sügavus pärast vajumist (m);
K_v — vajumistegur, mis oleneb turba omadustest ja määratakse valemiga

$$K_v = \frac{1}{1 - h_1},$$

kus h_1 — soo vajumine, kui turbalasundi paksus ja kraavi sügavus on 1 m.

Antud valemi järgi arvutatud K_v väärtused on esitatud tabelis 45.

Tabel 45

Teguri K_v väärtused professor Pissarkovi valemis

Turba tihedus	Madalsooturvas	Rabaturvas
Tihe	1,20	1,30
Kaunis tihe	1,25	1,40
Kaunis kobe	1,35	1,50
Kobe	1,50	1,65

Eesti NSV tingimustes on turba vajumist lähemalt uurinud U. Tomberg.[1] Tema uurimisandmete järgi mõjutavad turba vajumise määra peamiselt drenaaži sügavus, turbalasundi tüsedus ja turba lagundumisaste. Nii oli vajumine esimese aasta jooksul pärast kuivendust Oidremaa sovhoosis pilliroo-tarnaturbas, mille lagundumisaste oli 25% ja turbalasundi tüsedus vajumata olekus keskmiselt 3 meetrit, dreenide sügavusest olenevalt järgmine:

drenaaži sügavus (m)	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45
vajumine (m)	0,32	0,36	0,38	0,40	0,44

Turbalasundi paksuse mõju vajumise ulatusele ilmneb alljärgnevatest Tooma katsebaasist saadud andmetest 1935. aastast:

Turbalasundi tüsedus (m)	1,7	3,5	4,5	5,5
Soopinna vajumine 1 aasta pärast kuivendust (m)	0,29	0,39	0,45	0,49
Vajumine (%) turbalasundi kogutüsedusest	17,1	11,2	10,0	8,9

Kuivendus oli teostatud drenaaži abil dreenide keskmise sügavusega 0,9 m.

Turba kõrgem lagundumisaste mõjub vajumist vähendavalt, sest sellega käib kaasas ka turbamassi tihenemine. See ilmneb tabelist 46.

Turba vajumine on kõige intensiivsem esimese 2—3 aasta kestel pärast kuivendussüsteemi rajamist, kuid kestab väiksemal määral hiljem edasi.

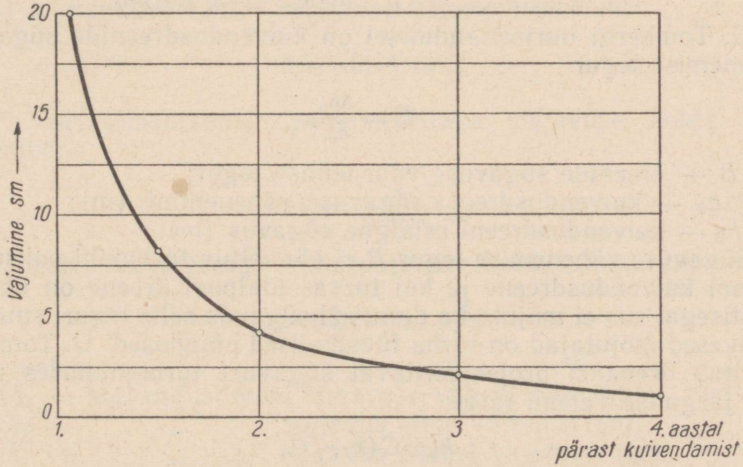
Esimestel aastatel põhjustab vajumist põhjavee pinna alane-

[1] U. Tomberg. Turba vajumine soode kuivendamisel. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, VI köide (bioloogiline seeria), 1957, nr. 2.

Tabel 46

Turba vajumine Tooma katsebaasis ja Oidremaa sovhoosis 1 aasta pärast kuivendust
(U. Tombergi andmetel)

Turba lagundumisaste	Vajumine (sm) dreenide sügavuse juures (m)			
	1,05		1,35	
	Maapinna vajumine	Dreeni põhja vajumine	Maapinna vajumine	Dreeni põhja vajumine
40% (Toomal)	22,3	4,5	29,7	4,0
25% (Oidremaal)	32,0	13,0	40,0	8,6



106. Nomogramm turba vajumise dünaamika kohta ühes kuivendatud madalsoos Toomal (U. Tombergi järgi).

mine; edaspidine vajumine on juba põhjustatud turba kõdunemisest (mineraliseerumisest) ja selle suurust võib hinnata (U. Tombergi järgi) keskmiselt 1—2 sentimeetrile aasta kohta. Seda nimetatakse V. N. Grammatini järgi ka turba kulumiseks. See «kulumine» jääb püsima niikaua, kuni sood haritakse.

Analoogilist pilti pakuvad ka I. Eiseni uurimised Tooma katsebaasis. Viie aasta loodimised kuivenduskatsete väljadel rohkem kui 450 punktis näitasid, et juba esimese aasta kestel pärast drenaaži rajamist toimus põhiline osa maapinna vajumisest, nimelt 75% kogu vaatlusaja kestel (1948—1952) toimunud vajumisest. Dreenide sügavus vähenes esimese aasta kestel 23% võrra nende projekteeritud sügavusest. Mida väiksem oli drenaaži sügavus, seda väiksem oli vajumine.

Kuivendatud soo pind ei vaju aga mitte üksnes ülalpool

dreene, vaid ka allpool neid. Seetõttu jääb esialgne kuivenduse sügavuse vähenemine vajumise tagajärjel pisut väiksemaks kui maapinna vajumine. Dreenide põhja vajumise kohta Tooma katsebaasis koostas U. Tomberg nelja aasta vaatlusandmete alusel nomogrammi turba jaoks, mille lagundumisaste allpool dreenide põhja on keskmiselt 50% (joonis 106). Oidremaa sool tehtud vaatlused on näidanud, et sel juhul, kui turba lagundumisaste allpool dreene on ainult 30%, on dreenide põhja vajumine olnud 1,8 korda suurem sellest, mida näitab nomogramm. Seepärast on nimetatud nomogrammi kasutamisel väiksema lagundumisastmega turba puhul dreenide põhjast sügavamal olevas osas kui 50% vaja korrutada nomogrammist saadavaid arvusid järgmiste arvudega:

turba lagundumisastme puhul 40% — 1,4 korda ja
„ „ „ 30% — 1,8 korda.

U. Tombergi uurimisandmetel on kuivendusdreenide sügavuse vähenemise tegur

$$B=\frac{\Delta h_0}{h_0},$$

kus B — dreenide sügavuse vähenemise tegur;
Δh_0 — kuivendusdreeni sügavuse vähenemine (m);
h_0 — kuivendusdreeni esialgne sügavus (m).

Sügavuse vähenemise tegur B ei ole sõltuv turbakihi paksusest allpool kuivendusdreene ja kui turvas ülalpool dreene on ühtlase koostisega, siis ei mõjuta ka drenaaži sügavus selle teguri suurust. Ainukesed mõjutajad on turba füüsikalised omadused. U. Tomberg soovitab drenaaži projekteeritavat sügavust turbapinnases määrata järgmise valemi järgi:

$$h_p=C(h+D),$$

kus h_p — drenaaži projekteeritav sügavus (m);
h — drenaaži nõutav sügavus pärast vajumist (m);
D — turba kulumine, mille suuruseks tuleb võtta puitdrenaaži puhul 0,15 m ja savitorudrenaaži puhul 0,25 m;
C — turba lagundumisastmest olenev tegur, mille suurus (esialgsetel andmetel) on toodud tabelis 47.

Tabel 47

Tegurite B ja C väärtused U. Tombergi valemis

Turba lagundumisaste (%) madalsoos	B	C
50	0,17	1,20
40	0,20	1,25
30	0,23	1,30
20	0,26	1,35

Seoses turba vajumisega soovitab U. Tomberg anda turbapinnases dreenidele nende suudmepoolsetes otstes (vähemalt paarikümne meetri ulatusel) mõningal määral suurema langu kui ülalpool. Sellist tarvidust tingib asjaolu, et drenaaži ehitamise ajaks, mis tavaliselt toimub aasta või rohkem pärast lahtise koguja kaevamist, on lahtise koguja kaldariba jõudnud juba tunduvalt vajuda ja vajub seepärast drenaaži ehitamise järel hoopis vähem kui soopind lahtisest kogujast kaugemal. Selle tagajärjel võib lang dreenide suudmepoolsetes otstes jääda väiksemaks kui ülalpool, aga halvemal juhul saavad dreenid isegi vastupidise langu.

Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi (1957. a.) «Juhend kuivendussüsteemide arvutamiseks Eesti NSV-s» näeb ette järgmised valemid turba vajumise määramiseks:

a) kuivendusdreenide sügavuse vähenemise kohta:

$$\Delta h_0 = 0{,}14\ m h_0,$$

b) kuivendusdreenide projekteeritava sügavuse kohta enne vajumist:

$$\Delta h_p = \frac{h+D}{1-0{,}14\cdot m},$$

c) kuivendusdreenide põhja vajumise kohta pärast kuivendust:

$$h_p = 0{,}046\ m h_0 h_p^{0{,}7}.$$

Neis valemeis:

Δh_0 — kuivendusdreeni sügavuse vähenemine (m);
h_0 — „ sügavus enne vajumist (m);
h — „ sügavus pärast vajumist (m);
h_p — dreenide põhjast sügavamal oleva turbalasundi tüsedus (m);
Δh_p — dreenide põhja vajumine (m);
m — turba omadusi iseloomustav tegur, mis võetakse tabelist 48.

Tabel 48

Tegur m U. Tombergi valemis turba vajumise kohta

Turba tihedus	Madalsooturba lagundumisaste (%)	m
Tihe	60	0,64
Kaunis tihe	50	1,00
Kaunis kobe	40	1,36
Kobe	30	1,72
Peaaegu hõljuv	20	2,07
Hõljuv		3,84

Kasutades U. Tombergi eespool mainitud valemit

$$h_0 = \frac{h + D}{1 - 0{,}14\,m},$$

koostas insener E. Vei tabeli (49) dreenide projekteeritava sügavuse määramiseks turbapinnases, võttes turba kulumiseks $D = 0{,}15$ m.

Tabel 49.

Tabel dreenide sügavuse määramiseks turbapinnases

Dreenide nõutav sügavus pärast vajumist (m)	Dreenide projekteeritav sügavus (m), kui turba lagundumisaste on (%)								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0,70	1,20	1,16	1,12	1,09	1,05	1,02	0,99	0,96	0,94
0,75	1,27	1,23	1,19	1,15	1,12	1,08	1,04	1,02	0,99
0,80	1,34	1,30	1,25	1,22	1,18	1,14	1,10	1,07	1,05
0,85	1,41	1,37	1,32	1,28	1,24	1,20	1,16	1,13	1,10
0,90	1,48	1,43	1,39	1,34	1,30	1,26	1,22	1,19	1,16
0,95	1,55	1,50	1,45	1,41	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21
1,00	1,62	1,57	1,52	1,47	1,43	1,38	1,33	1,30	1,27
1,05	1,69	1,64	1,58	1,54	1,49	1,44	1,39	1,36	1,32
1,10	1,76	1,71	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,41	1,38

Analoogilised U. Tombergi tabelile (48) on Valgevene NSV TA Melioratsiooni ja Soomajanduse Instituudi poolt soo vajumise määra kohta esitatud andmed, mis on toodud tabelis 50. Seal on vajumise suurus antud olenevalt turba mahukaalust ja kuivendusdreenide või -kraavide sügavusest ning turbakihi paksusest.

3. DRENAAŽI SÜGAVUS TURBAPINNASES

Kuivenduse sügavuse valikul turbamaas on kaua soovitatud eriti ettevaatlik olla, et sood mitte üle kuivendada. Selliste hoiatuste mõjul on turbamaade kuivenduse sügavus meiegi vabariigis pahatihti jäänud ebapiisavaks ja on esinenud ka juhtumeid, kus drenaažiga kuivendatud sool kiskus kultuurrohumaa kamara uuendamiseks tehtud sügavkünd (umbes 8—10 a. pärast kuivendussüsteemi rajamist) osa dreenitorusid välja. Drenaaži sügavust 0,9 m (vajumist arvestamata) loeti rohumaadele üldiselt normaalseks.

Kogemused on aga näidanud, et see sügavus ei ole piisav. Ühtlasi on selgunud, et sellest piirist tunduvalt sügavam kuivendus ei ole põhjustanud kardetud ülekuivendust. Seda näitavad eespool (lk. 129—139) toodud andmed ja seda kinnitavad uuesti need andmed, mis esitati vabariiklikul maaparanduse ja sookultuuri päeval Toomal 1957. aasta suvel, ning samuti I. Eiseni

Tabel 50

Madalsoo pinna vajumine (m) kuivendamise tagajärjel (Valgevene NSV TA Melioratsiooni ja Soomajanduse Instituudi andmeil)

Turba tihedus	1 sm^3 toorturba orgaanilise aine (tahke faasi) sisaldus (g)	Kraavide või dreenide sügavus meetrites														
		1,0					1,5					2,0				
		Turbakihi paksus meetrites														
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Tihe	> 0,15	0,18	0,23	0,27	0,29	0,32	0,23	0,30	0,35	0,38	0,41	0,28	0,36	0,42	0,46	0,50
Kaunis tihe	0,12—0,15	0,25	0,32	0,37	0,41	0,45	0,33	0,42	0,48	0,54	0,58	0,39	0,50	0,58	0,64	0,69
Kaunis kohev	0,10—0,12	0,35	0,45	0,52	0,57	0,62	0,46	0,59	0,68	0,75	0,81	0,55	0,70	0,81	0,90	0,97
Kohev	0,08—0,10	0,50	0,62	0,72	0,81	0,87	0,64	0,82	0,95	1,04	1,13	0,77	0,98	1,14	1,26	1,35
Peaaegu hõljuv	0,06—0,08	—	0,88	1,01	1,13	1,22	—	1,15	1,32	1,46	1,58	—	1,37	1,59	1,76	1,90
Hõljuv	< 0,06	—	—	1,42	1,57	1,70	—	—	1,85	2,05	2,21	—	—	2,22	2,47	2,65

Näide tabeli kasutamise kohta. Soo kuivendatakse 1 m sügavusele asetatud dreenidega. Määrata soopinna vajumine, kui turbalasundi tihedus on:

0—1 m sügavuses	kaunis tihe; vajumine selles osas		=0,25 m
1—3 m »	kaunis kohev; » » »	0,52—0,35	=0,17 m
3—5 m »	kohev; » » »	0,87—0,72	=0,15 m
		Soopinna vajumine	=0,57 m

uurimisandmed.[1] Nende andmete kohaselt ulatub intensiivne vee tõus kapillaare mööda ülesharitud madalsoos põhjavee pinnast vähemalt 35—45 sm kõrgemale ja põhjustab liigniiskust, kui põhjavett pole alandatud küllalt sügavale. Varem optimaalseks peetud põhjavee seisu — 0,5—0,7 m maapinnast — peetakse nüüd Toomal liiga kõrgeks. Põhjavee kõrge seisu halvavat mõju kultuurkopli toodangule (Tooma katsebaasi andmetel) iseloomustavad järgmised arvud:

Põhjavee sügavus (m):	0,32	0,60	0,81	0,93
Karjakopli toodang (sü):	1279	2289	2717	3170

Arvud näitavad väga selgesti põhjavee kõrge seisu halvavat mõju. Katsetes ei ole saavutatud ülempiiri, milleni põhjavee alandamisega võib minna. Aga on ilmne, et veelgi sügavam põhjavee seis kui 0,93 meetrit poleks mõjunud saaki vähendavalt. Tooma andmetel mõjub väga halvasti just kevadine kõrge põhjavesi. See ilmneb kujukalt Tooma katsebaasi poolt I. Eiseni uurimisandmete alusel esitatud materjalidest (tabelid 51 ja 52).

Tabel 51

Kultuurniidu saagikus olenevalt põhjavee kevadisest sügavusest (madalsoos)

Keskmine põhjavee sügavus maapinnast (sm)						Heinasaak (ts/ha, I niide)
Mai	Juuni	Juuli	August	September	Mai—oktoober	
47	60	91	111	124	86	46,5
9	24	79	106	116	67	19,5
6	18	76	102	107	62	10,7

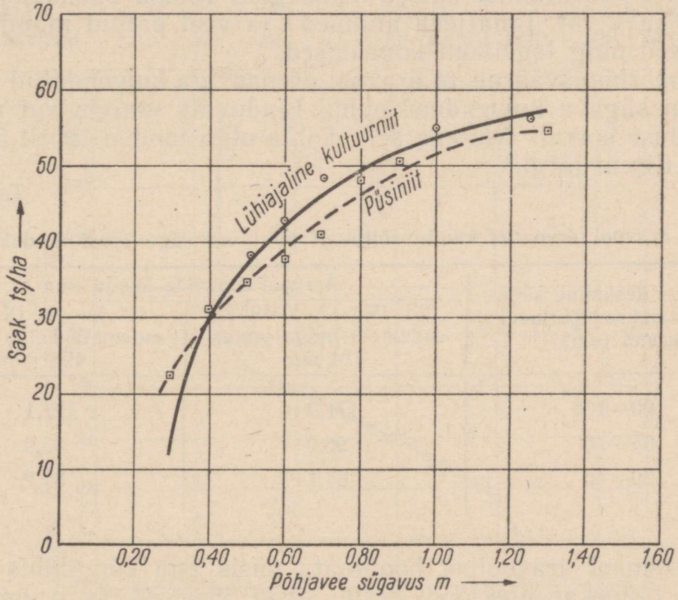
Tabel 52

3 aasta keskmine heinasaak madalsoo-kultuurniidult olenevalt põhjavee sügavusest ja turba niiskusastmest

Põhjavee keskmine sügavus maapinnast kasvuperioodil (sm)	Künnikihi keskmine niiskus maksimaalsest veemahutavusest (%)	Heinasaak (ts/ha)	
		Püsiniidult	Lühiajaliselt niidult
120—130	55—65		56
90—100	55—65	51	54
70—80	65—75	46	48
40—50	75—80	35	40

[1] J. Eisen. Kuivenduse intensiivsuse mõju turvasmulla omadustele ja taimekasvule. Käsikiri. Tooma, 1957.

Tabelist nähtub, et põhjavee alandamisega kuni 1 meetri sügavuseni saavutatakse juba see niiskusaste (55—65% maksimaalsest veemahutavusest), mis turbapinnases on taimekasvu jaoks soovitatav. Kuid ka põhjavee seisu edasine alandamine veel 30 sm võrra ei ole mõjunud pinnase niiskust vähendavalt ega niisiis põhjustanud liigkuivendust, nagu see ilmneb ka joonisest 107. Saakide suurenemise suunas kuivendatud turvasmuldadel mõjub ka turvasmulla mahukaalu suurenemine turba vajumise tõttu pärast kuivendamist, mille läbi suureneb ühtlasi taimetoitainete kontsentratsioon turvasmullas.



107. Keskmised saagid kultuurniidult Tooma katsebaasis sõltuvalt põhjavee sügavusest taimekasvu ajal (I. Eiseni andmetel).

D. P. Junevitš [1] väidab, et taimekasvu jaoks optimaalseks pinnase niiskuseks tuleb pidada mineraalmaal 30—40% ja soomaal 75—80% pinnase maksimaalsest veemahutavusest. Meie vabariigi ilmastikutingimustes tuleb sellist niiskusastet kahtlemata kõrgeks pidada.

Majanduslikel kaalutlustel pole mõistlik minna põhjavee seisu alandamisel üle selle piiri, mille juures drenaaži mõjul saadakse veel sellist saagi tõusu, et see tasub ära tema saamiseks tehtud kulutused. Sellest seisukohast lähtudes peaks drenaaži sügavus kultuurrohumaa kuivendamisel madalsoos pärast turba vajumist

[1] Д. П. Юневич. Эксплуатация осушительных систем. Москва, 1955.

jääma 1—1,2 meetri piiridesse, olenevalt sellest, kas rohumaa tuleb kasutusele niiduna või karjamaana. Karjamaal peab kuivenduse intensiivsus olema suurem kui niidul, sest vastasel korral jääb maapind pehmeks ja kari sõtkub kamara puruks. Muidugi tuleb arvesse võtta ka turba oodatavat vajumist ja selle võrra on vaja drenaaži sügavust suurendada. Meie vabariigi tingimustes tulevad turbamaad kasutusele põhiliselt kultuurrohumaadena niitude ja karjakoplite näol. Neil juhtudel, kus osutub vajalikuks võtta turbamaid põllu- või juurviljakultuuride alla, peab kuivenduse sügavus olema 0,2—0,3 meetri võrra suurem. Seda tõendavad puu- ja köögivilja kasvatamise katsed omaaegses Tooma Sookatsejaamas, samuti ka V. M. Ignatjeva andmed [1] ja veel paljud muud katsetulemused ning tegelikud kogemused.

On märkimisväärne, et äravool drenaažiga kuivendatud madalsoolt on sügava kuivenduse puhul tunduvalt suurem kui madala kuivenduse korral. Näitena selle kohta olgu toodud tabeli 53 andmed I. Eiseni järgi.[2]

Tabel 53

Vee äravool drenaaži kaudu sõltuvalt põhjavee sügavusest madalsoos

Põhjavee keskmine sügavus taimekasvuperioodi kestel (sm)	Äravool dreenide kaudu (mm)	
	25. IV—17. X 1952 sademete hulga juures 574 mm	10. V—30. IX 1954 sademete hulga juures 498 mm
90—100	171,2	127,1
65—75	96,0	85,9
30—40	87,1	84,7

Suuremast äravoolust hoolimata püsis aga künnikihis mullaniiskus taimekasvuperioodi kestel siiski 55—65% (s. o. optimaalseis) piirides pinnase maksimaalsest veemahutavusest. Seejuures väärib tähelepanu künnikihi niiskuse stabiilsus intensiivse kuivenduse tingimustes, nagu ilmneb joonisest 108.

Tooma katsebaasis toimetatud uurimiste põhjal jõuab I. Eisen järeldusele, et turba aktiivsed veevarud on ka sademetevaestel aastatel hästi kuivendatud turbapinnases küllaldased suure saagi tagamiseks, mistõttu soode ülekuivendamise ohtu meil karta ei ole.

Puuduliku kuivenduse halvavat mõju põllu- ja juurviljasaakidele iseloomustab kujukalt tabel, mille Tooma katsebaas eksponeeris põllumajandusnäitusel Tallinnas 1956. aasta sügisel (tabel 54).

Puuduliku kuivendussügavuse korral on saak kõikide põllukultuuride osas jäänud mitte ainult väikeseks, vaid ka väga eba-

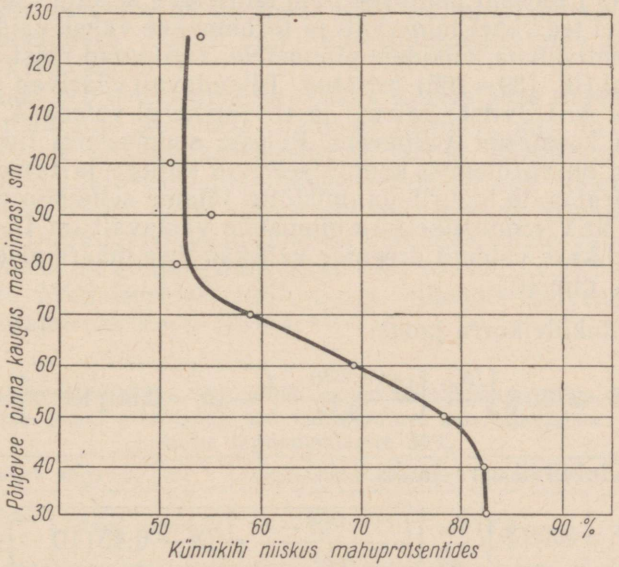
[1] Под ред. А. Н. Костякова. Осушение и освоение земель Мещерской низменности. Москва, 1955.

[2] I. Eisen. Kuivenduse intensiivsuse mõju turvasmulla omadustele ja taimekasvule. Käsikiri. Tooma, 1957.

Tabel 54

Saagi suurus sõltuvalt põhjavee sügavusest Tooma katsebaasis

Kultuuri nimetus	Saagi mõõtühik	Keskmine põhjavee sügavus (sm) kasvuajal		
		0,40—0,50	0,60—0,75	0,80 - 1,10
Talirukis	ts/ha	8—12	15—18	22—26
Päevalill haljasmassina	„	—	340—515	662—760
Kartul	„	0—94	170—230	220—260
Söödajuurvili	„	33—300	350—500	550—650
Kultuurhein	„	25—35	40—50	55—70
Kultuurkarjamaa	sü	1000—1500	2000—2500	3000—3700



108. Turbapinnase künnikihi niiskuse sõltuvus põhjavee sügavusest (1951.—1953. a. keskmiste andmete järgi Tooma katsebaasis I katseväljal I. Eiseni andmetel).

kindlaks. Kuivenduse sügavuse suurendamisega on saak järjekindlalt suurenenud.

A. I. Ivitski toob andmeid Valgevene NSV Teaduste Akadeemia Melioratsiooni ja Veemajanduse Instituudi poolt 1946.—1952. aastal korraldatud katseist sügava ja normaalse kuivendussügavuse kohta. Nende andmete kohaselt on 200—270 sentimeetri sügavuse põhjavee seisu korral vegetatsiooniperioodil 5—7 aasta keskmine kartuli-, kanepi- ja suhkrupeedisaak olnud keskmiselt 16—22,5% kõrgem kui normaalse kuivendussügavuse puhul, kus vegetatsiooniperioodi kestel hoiti põhjavee seis 60—95 sm sügavusel soopinnast.

4. DREENIDE VAHEKAUGUS TURBAPINNASES

Nagu mineraalmaadel, nii kujuneb ka turbamaadel peamiseks kuivenduse intensiivsust määravaks teguriks dreenide vahekaugus, sest see tegur on palju kergemini reguleeritav kui dreenide sügavus. Ka turbamaade jaoks on paljude autorite poolt esitatud terve rida dreenide vahekauguse määramise valemeid. Eriti on Nõukogude Liidu uurijad (A. N. Kostjakov, A. I. Ivitski, G. D. Erkin, V. S. Kozlov, H. A. Pissarkov, S. F. Averjanov, A. M. Jangol jt.) viimase paarikümne aasta kestel teinud palju tööd sobiva valemi leidmiseks. Need valemid tuginevad põhjavee liikumise seadustele homogeenses, ühtlase veeläbilaskvusega pinnases, kuid muutuva äravoolu tingimustes, ja lähtuvad enamasti nõudest alandada teatava aja (T) jooksul põhjavee pind taotletava seisuni. Suurem osa valemeid ei tee vahet mineraal- ja turbamaade vahel, vaid on mõeldud üldkehtivatena kõikidele pinnastele. Tuntumad neist valemeist on eespool (lk. 139—165) esitatud. Täiendavalt väärivad siiski veel märkimist A. I. Ivitski valem [1] ja U. Tombergi valem. A. I. Ivitski valem on koostatud Valgevene Polesje soomassiivi tingimustes; see valem on võrdlemisi komplitseeritud kujuga ja terve rea raskesti määratavate teguritega, mistõttu jätame selle siin esitamata.

Eesti NSV looduslikele tingimustele vastavalt on U. Tomberg koostanud kaks valemit dreenide vahekauguse määramiseks turbapinnastes, nimelt:

a) põllukülvikorra jaoks:

$$E = 3750\,\beta \sqrt{\frac{K_{dr}}{\bar{a}q}\left[\frac{10^{\alpha(h-0{,}50)}-1}{2{,}3\alpha} - (h-0{,}50)\,10^{-\alpha a}\right]},$$

b) niidukülvikorra jaoks:

$$E = 4000\,\beta \sqrt{\frac{K_{dr}}{\bar{a}q}\left[\frac{10^{\alpha(h-0{,}45)}-1}{2{,}3\alpha} - (h-0{,}45)\,10^{-\alpha a}\right]}.$$

Neis valemeis on:

E — dreenide vahekaugus (m);
K_{dr} — turba filtratsioonikoefitsient (sm/sek) dreenide sügavusel;
$\bar{q}$ — aasta keskmine äravoolunorm (l/sek. km^2);
β — parandustegur, mille suurus määratakse vastavalt h—0,50 resp. h—0,45 alusel järgmiselt:

kui h—0,50 või h—0,45	on ...	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8 ja rohkem,
siis β	on ...	0,77	0,84	0,90	0,95	0,98	1,0;

[1] А. И. Ивицкий. Основы проектирования и расчетов осушительных систем Полесья. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 1957.

h — dreenide sügavus (m);
a — dreenide põhjast sügavamal oleva vett juhtiva pinnasekihi tüsedus (m);

$\alpha = \frac{1}{10^{0,32+0,06\tau_0 K_{\tau_0}\ 0,1}}$ — turvast iseloomustav tegur,

kus K_{τ_0} — sügavusel τ_0 (m) määratud turba filtratsioonikoefitsient (sm/sek).

Toodud valemites tuleb K_{dr}, h ja a suurus võtta pärast turba vajumist. Filtratsioonikoefitsiendi määramine on ette nähtud Erkini meetodi järgi; see ongi põhiline tegur, mis toodud valemite kasutamisel vajab looduses määramist. Muude valemites esinevate suuruste määramine ei tee erilisi raskusi. Eeltoodud U. Tombergi valemid on sisse võetud ka Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi juhendisse (1957. a.) kuivendussüsteemide arvutamiseks Eesti NSV-s.

Drenaaži projekteerimise praktikas kasutatakse dreenide vahekauguse määramiseks siiski enamasti tabeleid, mis on koostatud katsetulemuste ja tegelike kogemuste põhjal. Niisugune tabel on toodud NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse 1957. aasta «Kuivendussüsteemide projekteerimise tehnilistes tingimustes ja normides» (lk. 148). Meie vabariigi tingimuste jaoks on analoogiline tabel (55) toodud Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi 1957. aasta juhendis kuivendussüsteemide arvutamiseks Eesti NSV-s.

Tabel 55

Kuivendajate vahekaugus (m) põllu- ja kultuurkarjamaa ning (sulgudes) kultuurniidu puhul madalsoos, kui kuivendatava soo künnialuses kihis on turba lagundumisaste 30%

Kuivendajate sügavus (m)		Turbalasundi tüseduse juures enne vajumist (m)		
Enne turba vajumist	Pärast vajumist	1,5	2,0	2,5 ja enam
1,75	1,20		31(37)	35(42)
1,65	1,10		30(35)	33(39)
1,50	1,00	21(25)	28(33)	31(36)
1,40	0,90	19(23)	25(30)	27(33)
1,25	0,80	16(20)	21(26)	23(28)

Märkused. 1) Kui kuivendatava turbakihi lagundumisaste on suurem või väiksem kui 30%, siis tuleb tabelis antud kuivendajate vahekaugust iga 10%-lise lagundumisastme erinevuse kohta suurema kui 30%-lise lagundumisastmega turbas 20% võrra vähendada ja lagundumisastme juures alla 30% suurendada.

2) Surve all oleva põhjaveega soodes, kus põhjavesi üles tungib, tuleb tabelis antud vahekaugusi 15—25% võrra vähendada.

3) Kuivendajate vahekaugused on tabelis antud selliste piirkondade jaoks, kus aasta keskmine faktiline äravoolunorm on 9 l/sek. km². Teistsuguse äravoolunormi korral tuleb tabelist saadav vahekaugus korrutada teguriga $\sqrt{\frac{9}{q}}$, kus q on küsimuses olev aasta keskmine faktiline äravoolunorm.

Tabeli andmed on kehtivad, kui dreenidest sügavamal olevate turbakihtide lagundumisaste ei ole väiksem dreenidest kõrgemal paikneva turba lagundumisastmest või kui kuivendusdreenid asuvad vettpidaval kihil.

Aasta keskmine faktiline äravoolumoodul on meie vabariigi tingimustes enamasti üle 9 l/sek.km^2. Seetõttu väheneb dreenide vahekaugus tabelis antud vahekaugustega võrreldes 0,5 kuni 16,7% võrra.

Eestis on kaunis pikaajalisi kogemusi madalsoode kuivenduse alal. Kuivenduse intensiivsuse osas on andmeid katsetulemustest ja tegelikust tootmispraktikast mitmesuguste vahekauguste kohta alates 15 meetrist kuni 80 meetrini. Miinimumiga pole saavutatud seda piiri, millest alates oleks vahekauguse edasine vähendamine vaieldamatult taimekasvu kahjustanud ja saaki vähendanud. Ülemise piiri määramine on aga olnud raskem. Suuremat või väiksemat vahekaugust (üldiselt 25—40 m piirides) on peetud sobivaks selle järgi, milline on olnud turba koostis ja lagundumisaste, tema veega toitumise režiim, ilmastikutingimused, maa kasutamise viis ja veel mõned muud mõjutegurid.

Tooma katsebaasis aastate jooksul tehtud katsed, samuti ka tähelepanekud paijudest sovhoosidest on veenvalt näidanud, et dreenide vahekauguse suurendamine rohumaade kuivendamisel üle 30—35 meetri on enamasti kaasa toonud saagi languse. Seda näitab kujukalt ka tabel 56.

Tabel 56

Saak kultuurkarjamaalt kuivendatud madalsoos Tooma katsebaasis olenevalt dreenide vahekaugusest

Aasta		Dreenide vahekaugus (m)			
		15	30	45	60
1954	Saak sü	3626	2964	2054	2153
	Kamara vastupidavus karjatamisele	hea	küllaldane	puudulik	nõrk
1955 (eriti kuiv aasta)	Saak sü	3707	3109	2382	2383
	Kamara vastupidavus karjatamisele	hea	hea	hea	puudulik

Märkus. Dreenide sügavus pärast vajumist oli umbes 0,8 m või pisut rohkem.

Tabelist ilmneb, et 30 meetrist suurem vahekaugus on tekitanud saagi järsu alanemise mitte üksnes 1954. aastal, vaid ka kui-

val 1955. aastal. Karjamaa seisukohalt väga oluline kamara vastupidavus loomade tallamisele on samuti muutunud puudulikuks, kui dreenide vahekaugus on olnud üle 30 meetri, ja ainult kuival aastal püsis see heana veel 45-meetrise vahekauguse korral. Kuival aastal oli saak kõigi kuivenduse intensiivsuse astmete juures suurem kui märjemal, 1954. aastal. Suurem kuivenduse intensiivsus pole niisiis kuivalgi aastal olnud kahjuks, vaid kasuks.

Kõik eelöeldu käib põhiliselt dreenide vahekauguse kohta madalsoode kuivendamisel. Meil ongi peamiselt kuivendatud madalsoid. Ka lähemas tulevikus jäävad madalsood kahtlemata peamisteks turbamaadeks, mis meil põllumajanduslikul otstarbel kuivendamisele tulevad. Üksikutes majandites (näiteks Kostivere sovhoosis) on aga väiksemas ulatuses siiski ka kõrgsoid ehk rabasid põllumajanduslikule kasutusele võetud ja edaspidi võib nende ülesharimise vajadus kasvada.

Kõrgsoode kuivendamisel tuleb kasutada väiksemat dreenide vahekaugust kui madalsoodel. See fakt on kindlaks tehtud sooharimise kogemustega neis maades, kus kõrgsoode põllumajanduslik kasutamine on laialdaselt levinud. Põhja-Saksamaa oludes näiteks peab G. Schroeder sobivaks dreenide vahekauguseks dreenide 1,5-meetrise keskmise sügavuse juures:

	madalsoos	kõrgsoos
põllukultuuridele	25—30 m	15—20 m
rohumaale	25—40 m	ca 20 m

Ka NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse (1957. a.) juhend kuivendussüsteemide projekteerimise kohta näeb kõrgsoodes ette 20—30% võrra väiksema dreenide vahekauguse kui madalsoodes.

Väiksema vahekauguse vajadust kõrgsoo kuivendamisel põhjustab selle pinnase raskem veeläbilaskvus sama lagundumisastme juures.

Tegelikus projekteerimise praktikas tuleb dreenide vahekauguse määramisel turbapinnases esmajoones arvesse võtta katsetulemusi ja kogemusi, mis on saadud analoogilistes tingimustes mujal. Valemeid saab kasutada ainult orienteerivaks kalkulatsiooniks, kus see vajalik on. Vahekauguse valemeid on küll püütud sobitada ka katsetulemustega ja praktika kogemustega ning arvutuste abil on kontrollitud ka nende vastavust tegelikkusele, kuid valemi õigsuse mõõdupuuks võetakse tavaliselt ainult seda, mil määral valemi kaudu arvutatud põhjavee seis ühtib looduses mõõdetud põhjavee seisuga või sellest erineb. Taimekasvu seisukord jääb sealjuures tavaliselt arvesse võtmata, kuigi just see on põhiliselt mõõduandev. Tulemuseks on vastuolu, et teoreetiliste arvutuste järgi õigeks peetud dreenide vahekaugus osutub välikatsetes liiga suureks; faktid räägivad kangekaelselt väiksemate vahekauguste kasuks.

Savitorudrenaaži, mis on mineraalmaade kuivendamisel kõige rohkem levinud, kõlbab kasutada ka turbamaade kuivendamisel. Neil juhtudel, kui turbakihi tüsedus ei ületa dreenide sügavust, ei erine savitorudrenaaži töö soo kuivendamisel õieti millegi poolest samast tööst mineraalmaal. Sügavama turbakihiga soos osutub aga tavaliselt vajalikuks teha savitorudreenidele laudadest või lattidest alus, mis drenaažikulusid muidugi tõstab. Saksamaal kasutatakse kõrgsoode kuivendamisel ka kanarbikust alust, kui kanarbikku on lähedalt küllaldasel hulgal saada.

Katseks on savitorudrenaaži turbamaade kuivendamiseks ehitatud ka Eestis, näiteks Tooma katsebaasis ja (ca 50 a. eest) omaaegses Kärde mõisas (mis nüüd on samuti Tooma katsebaasi piirides). Laiemat kasutamist pole savitorudrenaaž turbamaade kuivendamisel meil siiski leidnud.

Otstarbekohasteks drenaaživiisideks sügava turbaga soode kuivendamisel on meie vabariigi tingimustes osutunud laudtoru- ja freestoru- ehk õõnespuittorudrenaaž. Mõlemad need viisid on head.

Freestorudrenaaž on üldiselt laudtorudrenaažist stabiilsem ja selle ehitamine läheb jõudsasti, kui on kasutada varem valmistehtud torupoolikud. Ka niisugusel juhul, kui kuivendataval ja ülesharimisele kuuluval maal kasvab vajalikul määral freestorude valmistamiseks sobivaid puid, mis niikuinii kuuluvad mahavõtmisele, võib osutuda otstarbekohaseks kuivendus freestorudrenaaži abil. Torude valmistamiseks tuleb sel korral muidugi kohale tuua freespink ühes jõumasinaga. Puidukulu on aga freestorudrenaaži korral suurem kui laudtorudrenaaži puhul. Siin kasutatakse küll ümarpuitu, mis on tunduvalt odavam kui saetud materjal (mida laudtoru valmistamiseks kasutatakse), kuid teatavail kordadel võib puidukulu siiski mõõduandvaks kujuneda ja muuta laudtorudrenaaži otstarbekohasemaks, eriti kui ümarpuidu transport suure veokauguse tõttu oleks kulukas.

Lattdrenaaž tuleb küsimusse siis, kui paremat materjali on raske saada, kuid sobivat latimaterjali on ülesharimisele kuuluval maa-alal küllaldaselt, ja siis, kui on tegemist vähe lagundunud turbaga.

Hagudrenaaži ei ole selle toimimise ebakindluse ja vähese kestvuse tõttu üldse soovitatav kasutada.

Erandi moodustavad need juhud, kus hagusid on osaliselt võimalik kasutada dreenikaevikute poorse täitematerjalina raskes savipinnases või vanade, kinniaetavate kraavide täiteks.

Valdav osa turbapinnasega maid, mida meie vabariigi tingimustes tuleb põllumajanduslikuks maaks kasutada ning kuivendada, on väikese languga. Seetõttu osutub sellistel maadel tehniliselt raskeks drenaaž suuremate süsteemide näol ja isegi väikeste süsteemide kujundamine pole alati võimalik. Tegelikult rajatak-

segi turbamaade drenaaž valdavas osas üksikdreenide kujul, kus laud- või freestorudreenid üksikult suubuvad lahtisesse kogujakraavi. Kus maapinna väike lang ei võimalda teha dreene pikkusega üle 100—120 meetri, tekib paratamatult tarvidus rajada suhteliselt tihe lahtiste kogujakraavide võrk. Seda võrku saab harvemaks teha neil juhtudel, kui lang on nii väike, et kuivendusdreene on võimalik paigutada langu suhtes kahes vastassuunas (joonis 55, b). Dreenid saavad sel juhul küll kunstliku langu, kuid sellest hoolimata õnnestub sellisel teel tavaliselt suurendada lahtiste kraavide vahet ligikaudu kahekordseks, 160—300 meetrini. Tuleb aga silmas pidada, et dreenid saaksid siiski vajaliku langu (ja võimalikult miinimumlangust suurema), kusjuures ei saa jätta arvesse võtmata ka turbalasundi tüsedust, mis mõjutab turba ja ka dreenide vajumist pärast kuivendamist. Ebaühtlane vajumine võib vähendada dreenide langu selle määrani, et ehitamise ajal antud väike lang täielikult ära kaob. Erandjuhtudel võib mõni dreen sel põhjusel osaliselt saada isegi vastupidise langu. On arusaadav, et see võib põhjustada dreenide ummistumist. Ummistumisoht on eriti suur sellistes soodes, mis sisaldavad rohkesti raua- ja väävliühendeid.

Dreenide suund on tavaliselt risti lahtise kogujakraaviga ja omavahel muidugi paralleelne. Suudmeid freestorudele ei tehta, suudmerestid tuleb aga siiski teha, parema materjali puudumisel kas või ainult suudme otsast läbilöödud naeltest. Laudtorud vajavad igal juhul suudmeosa tugevamat väljaehitamist, et teha seda vastupidavamaks vigastuste ja kõdunemise vastu. Suudme tugevdamine võib toimuda lihtsalt sel teel, et dreeni suudmeosa tehakse ca 2 meetri pikkuselt paksematest (40 mm) laudadest. Suudmerestiga on soovitatav varustada laud- kui ka freestoru.

On väga oluline, et lahtised kogujad saaksid küllaldase sügavuse ja ka küllaldase langu. Üldiselt on olemas oht, et lahtistel kogujatel nagu dreenidelgi võib pärast soo kuivendamist olla väiksem lang, kui neile oli esialgu antud. Kui lang nii väikseks jääb, et vesi enam ei jõua uhtaineid kraavist välja kanda, siis koguneb kogujakraavi põhja muda, mis aja jooksul võib ulatuda kuivendusdreenide suudmeteni ja halvemal juhul need koguni enda alla matta. Igal juhul suurendab liiga väike lang kraavide korrashoiu kulusid.

Nende soode kuivendamisel, mis sageli suuremas või väiksemas osas toituvad surve all oleva põhjaveega, on suure tähtsusega piirdekraavid ja piirdedreenid. Nende ülesanne on kõrvalt peale-valguvat vett ära lõigata ja seda ära juhtida, takistades selle valgumist kuivendatavale alale. Selleks peab need tegema tarvilikult sügavad, et vett juhtivaid kihte võimalikult täielikult läbi lõigata.

Väga väikese languga või peaaegu ilma languta soodel, samuti ka sellisel juhul, kui puudub võimalus saavutada lahtistes kogujates küllalt madalat vee seisu kuivendusdreenide vee vastuvõtmiseks, osutub paratamatuks detailkuivendus lahtiste kraavide abil.

Turbamaade kuivendamisel on kaua aega tarvilikuks peetud koos kuivendussüsteemiga projekteerida ka paisutusseadmeid, mis võimaldaksid tõkestada vee äravoolu kuivendatavalt maalt. Sellega on tahetud vältida oletatavaid põuakahjusid kuivendatud soodel. Paisude ehitamisega lahtistele pea- ja kogujakraavidele suletakse vee äravool. Veepind kraavides tõuseb ja täidab need. Lahtistest kogujatest pääseb vesi kuivendajatesse ja imbub neist pinnasesse.

Niisutamisvajadus arvati tekkivat suvel, pärast seda, kui põhjavee pind juba on langenud sügavamale soovitavaks peetud kuivendusnormist. Et sel ajal aga drenaaž tavaliselt enam vett ei anna, siis ei kogunenud ka lahtistesse pea- ja kogujakraavidesse enam nii palju vett, et paisniisutus oleks võimalik olnud. Seepärast peeti tarvilikuks hakata juba kevadel suurvee alanemise järel pidurdama vee äravoolu kuivendatud maa-alalt arvestusega, et sel teel õnnestub suvekuudeks lahtistesse kraavidesse küllaldaselt vett varuda. Ka Eestis ehitati omal ajal soode kuivenduse süsteemidele paisutusseadmeid, kuid sedamööda, kuidas selgus nende tarbetus tegelikkuses, loobuti hiljem nende tegemisest ja olemasolevad likvideeriti. Praegu meil neid enam ei ehitata.

Katsed on näidanud, et kevadine ja varasuvine kõrge põhjavesi kahjustab taimekasvu. Taimed ei talu liigvett juurte piirkonnas ja lämbuvad enne, kui saabub see periood, millal nad kogutud veevarusid vajada võiksid.

Mineraalmaadel, eriti kui need on väikse veemahutavusega, võib pinnase niiskuse suurendamine teatavatel kasvuperioodidel küll kasulik olla ja saake tunduvalt tõsta, aga siingi on otstarbekohane teha seda ainult värske, hapnikurikka veega pealtkastmise, s. o. vihmutamise teel. Turbamaadel aga, mis juba looduslikult on suure veemahutavusega, ei kannata kultuurtaimed praktiliselt veepuuduse all ka mitte suvel, põuaperioodidel. Pikaajaline sookultuuri praktika Tooma katsebaasis ja mujal on näidanud, et küllaldaselt kuivendatud soodel saadakse suuri saake ka kõige kuivematel aastatel, samal ajal kui keskmistel mineraalmaadel samad kultuurid võivad tugevasti põua all kannatada. Ainult sellistel soodel, kus kuivendus on nõrk ja põhjavee pind selle tagajärjel kevadisel ning varasuvisel kasvuperioodil kõrgel püsib, on põuakahjud võimalikud. See ongi täiesti arusaadav, sest sellises pinnases, kus põhjavesi on suurema osa kasvuajast, eriti aga ka kasvuperioodi algul, maapinna lähedal, ei saa taimede juured kuigi sügavale tungida; need jäävad pealmisse õhukesse pinnakihti ja peavad leppima nende toidu- ja veevarudega, mida nad selles kihis leiavad. Kui siis põhjavee pind suve kestel intensiivse aurumise toimel mõneks ajaks sügavamale langeb, hakkavad taimed kannatama mitte ainult toidu-, vaid ka veepuuduse all, sest juurestik ei jõua sel ajal enam järele minna allapoole langevale veepinnale.

Teisiti on aga lugu intensiivselt kuivendatud soos. Siin on põhjavee pind ka kevadel küllalt sügaval, nii et taimedel on võimalik oma juuri hoopis sügavamale ajada. Hõlmates aga sügava kihi pinnasest, on taimejuurtel kasutada palju suuremad toitainete ja veevarud kogu taimekasvuperioodil. Turba suur veemahutavus annab taimedele võimaluse saada sellistes tingimustes küllaldaselt vett kauemat aega ja elada hästi üle ka põuaperioodi. Seega on aluseta kartus, et intensiivne kuivendus turbamaadel võiks põhjustada ülekuivendust.

Seda kinnitab ka A. I. Ivitski oma uurimiste põhjal Valgevenes,[1] kui ta ütleb, et soodel, mille turbakihi tüsedus on vähemalt 0,8—1 meeter ja kus kuivendusega on saavutatud püsivalt sügav väikese amplituudiga kõikuv põhjavee alanemine ning kus pinnas on hästi haritud ja õhustatud, on võimalik saada suuri juurvilja-, silokultuuride, teravilja- ja tehniliste kultuuride saake ilma nn. vastassuunalise veerežiimi reguleerimiseta, s. o. ilma vee äravoolu tõkestamiseta ja paisutamiseta.

Turbapinnasele rajatavatel rohumaadel soovitab Ivitski põhjavee seisu alandamisel piirduda sügavusega, mis kuivadel aastatel ei viiks põhjavee pinda sügavamale kui 1,2—1,4 meetrit soo pinnast.

Ainult soodes, mille turbakihi tüsedus on alla 0,7 m, polevat turbas akumuleerunud veevarud Ivitski andmetel küllaldased suure saagi saamiseks juurviljalt, silokultuuridelt, tehnilistelt kultuuridelt ja ka suviteraviljalt ning siin mõjuvat paisutamine hea veeläbilaskvusega aluspõhja tingimustes saake tõstvalt.

---

[1] А. И. Ивицкий. Основы проектирования и расчетов осушительных систем Полесья. Москва, 1957.

XII. AGROMELIORATIIVSED ABINÕUD JA NENDE KASUTAMINE DRENAAŽI TÄIENDUSENA

Drenaaž on vaieldamatult üks efektiivsemaid abinõusid maa tootmisvõime tõstmiseks ja säilitamiseks. Kuid suhteliselt suured kulud, mis on seotud drenaaži ehitamisega, on olnud takistuseks selle progressiivse maaparandusviisi levikule.

Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituut on rea aastate kestel uurinud võimalusi kuivendustööde maksumuse vähendamiseks nn. agromelioratiivsete abinõude abil.

Uurimine on näidanud, et veerežiimi reguleerimine liigniiskuse all kannatavatel raskesti vett läbilaskvatel maadel võib mõjusamalt toimuda, kui lisaks hüdromelioratiivsetele abinõudele rakendada veel agromelioratiivseid abinõusid. Mõnikord polegi võimalik ilma agromelioratiivseid abinõusid abiks võtmata saavutada soovitud kuivendusefekti.

Hüdromelioratsiooni eesmärgiks on luua mullas selline veerežiim, mis rahuldaks põllumajanduskultuuride nõudeid, kuid ei takistaks põllutööde mehhaniseerimist. Et aga hüdromelioratiivsete abinõude mõju on efektiivsem struktuurse mulla korral, siis peavad kõik projekteeritud kuivendusabinõud olema kompleksis agrotehniliste võtetega ja nendega koos soodustama tüseda struktuurse künnikihi kujunemist. Selle ülesande täitmiseks tuleb koos drenaažiga rakendada agromelioratiivseid ja agrotehnilisi abinõusid pinnase veeolude reguleerimiseks kahes suunas: a) vee akumuleerimiseks sügavamatesse pinnasekihtidesse ja b) liigse vee kõrvaldamiseks.

Agromelioratiivseid abinõusid kasutatakse kuivendataval maaalal (peamiselt mineraalmuldadel) üldiselt järgmistel eesmärkidel: a) mulla aeratsiooni suurendamiseks, b) vee akumulatsiooni suurendamiseks künnialuses kihis, c) liigse pinnavee ärajuhtimiseks ja d) tüseda struktuurse künnikihi loomiseks.

Abinõud, millega neid eesmärke võib saavutada, on: 1) sügavkünd koos vajalike orgaaniliste väetiste ja lubjaannuste mulda viimisega, 2) põhjakobestamine, 3) muttimine, 4) vesivaod, 5) nõgude ja lohukohtade tasandamine, 6) kuivendatava maapinna profileerimine, 7) peenardamine ja 8) kitsaeeline künd.

Agromelioratiivsete võtete rakendamisel on võimalik dreenide vahekaugust mõnevõrra suurendada.

Agromelioratiivsed võtted jagunevad veerežiimi mõjutamise järgi kolme rühma:

1) võtted, mis kiirendavad pinnavee äravoolu: kitsaeeline künd, vesivaod, maapinna profileerimine, peenardamine;

2) võtted, mis suurendavad künnialuse pinnasekihi veemahutavust ja tagavad liigse vee nõrgumise künnikihist künnialusesse kihti: sügavkünd, põhjakobestamine, künnikihi ja künnialuse kihi lupjamine, orgaaniliste väetiste rikkalik kasutamine;

3) võtted, mis samaaegselt suurendavad künnialuse kihi veemahutavust ja juhivad ära ka liigvee, mida pinnas ei suuda akumuleerida: muttimine.

Agromelioratiivsete võtete kasutamine on eriti tähtis liigniiskuse all kannatavatel rasketel savi- ja liivsavimaadel.

Agromelioratiivsed võtted on lihtsad ja neid saab suurel määral rakendada mehhaniseeritult. Enamik agromelioratiivseid võtteid on vahetult seotud ühe või teise agrotehnilise võttega.

1. KÜNNIKIHI SÜVENDAMINE

Tüseda struktuurse künnikihi tähtsus seisab selles, et sügava kultuurse künnikihi korral saavad taimejuured tungida sügavamatesse pinnasekihtidesse, mis võimaldab neil kasutada suuremaid vee- ja toitainete varusid.

Künnikihi süvendamise maaparanduslik tähtsus seisab aga selles, et sügavam künnikiht akumuleerib endasse tunduvalt suurema veevaru kui õhuke künnikiht ja seda varu jätkub kultuurtaimedele veel suvise põua ajal.

On tähele pandud, et 30—40 sm paksune struktuurne künnikiht võib endasse ilma liigniiskust tekitamata akumuleerida 30—50% sulamisveest või 50—60 mm valingvihmavett. Õhukese, 18—20-sentimeetrise künnikihiga maa-ala muutub aga sellise veehulga korral veega üleküllastunuks.

Sügava struktuurse künnikihi loomine toimub koos sügavalt juurduvate heintaimede kasvatamisega.

Tugevasti leetunud mullad on tihedad ja vett raskesti läbilaskvad. Seepärast on need mullad sademete perioodil sageli liigniisked. Niisuguste liigniiskuse all kannatavate muldade füüsikaliste omaduste parandamine peab olema suunatud pinnase veeläbilaskvuse suurendamisele, mille tagajärjel tekivad soodsad tingimused orgaanilise aine lagundumiseks ja paranevad ka mulla soojusomadused. Suure tähtsusega on happeliste leetmuldade lupjamine, nende intensiivne õhustamine ja orgaaniliste väetiste rohke kasutamine.

a) Künnikihi süvendamise ja lupjamise mõju veerežiimile ning saakidele

Tiheda leethorisondi kobestamine ja selle ülemise kihi segamine tõstab pinnase poorsust, mille tagajärjel suureneb vee mulda nõrgumise kiirus. Eriti märgatavalt suurenevad raske pinnase poorsus ja veeläbilaskvus lupjamise toimel. E. Talpsepa andmetel[1] suurendas lupjamine mulla veeläbilaskvust 1,5—2-kordselt. Ka põldheina kasvatamine ja orgaanilised väetised suurendavad raskete pinnaste poorsust.

Künnikihi süvendamise teel on võimalik eelkõige reguleerida ajutiselt liigniiskete maade veerežiimi. Alaliselt liigniiskuse all kannatavate alade drenaažkuivendusel suurendab aga künnikihi süvendamine koos orgaaniliste väetiste andmisega tunduvalt drenaažkuivenduse mõju.

Nii saadi Novgorodi oblasti Kalinini-nimelises kolhoosis talinisupõllult kamar-leet-gleimullal 25 ts/ha teri, kui kesa künti uudismaa-adraga 30 sm sügavuselt ja anti 20 t/ha laudasõnnikut. Sügavkünniga põld ei kannatanud liigniiskuse all. Hariliku künni ja sama koguse väetise kasutamisel saadi aga kõigest 16 ts/ha nisu ja pinnas oli liigniiske. Eriti tunduv oli sügavkünni mõju järelviljadele. Nii andis nisu alla külvatud esimese aasta põldhein sügavkünniga alalt 50-protsendilise enamsaagi, võrreldes ilma sügavkünnita ala saagiga.

b) Künnikihi süvendamise viisid

Künnikihi süvendamise viiside valik oleneb looduslikest tingimustest, mulla kultuuristamise astmest, kasvatatavate kultuuride nõudeist jm.

Leetmuldade tsoonis on künnikihi süvendamisel rohkesti kasutatud eri konstruktsiooniga atru, millega küntakse kihtide viisi. Selliste nn. kahekorruseliste atrade paremuseks peetakse seda, et nende kasutamisel ei ole vaja nii suurtes kogustes orgaanilist väetist nagu tavaliste sügavkünniatrade kasutamisel. Niisuguste atrade puudumisel on aga häid tulemusi saadud ka tavaliste uudismaa-atradega (ПКБ-56 jt.) 30—40 sm sügavusel künnil. Künnikihi süvendamisel uudismaa-atradega on tingimata vajalik rohke orgaaniliste väetiste ja lubja andmine. Orgaaniliste väetistena pakuvad meile häid võimalusi madalsoode turbavarud (kompostina, otsese väetisena jne.) ning rabaturba kasutamisega laudas saadav väärtuslik turbasõnnik.

Hästi kultuuristatud 22—23-sentimeetrise tüsedusega künnikihi

[1] Э. Я. Талпсепп. Влияние известкования на физико-химические и физические свойства почв южной части Эстонской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Таллин, 1955.

korral saavutatakse tavaliselt, eriti kergemal pinnasel, ka 4-korpuselise traktoriadraga 30—32 sm tüsedusega künnikiht.

Halvasti kultuuristatud, raskel pinnasel, kui ainult vähesel hulgal on kasutada orgaanilisi ja lubiväetisi, ei tohi pealmist, rohkem kultuuristatud künnikihti vao põhja künda. Seepärast kobestatakse niisugusel korral ainult künnialust kihti (põhjakobestamine), nii et kobestatud kiht jääb endiselt põhja. Hilisema järkjärgulise sügavkünniga muudetakse aastate jooksul künnikiht sügavamaks. Künnialuse kihi kobestamiseks kasutatakse mitmesuguseid põhjakobestajaid kas koos adraga või eraldi. Häid võimalusi pakuvad siin ka T. Maltsevi hõlmadeta ader ja sügavkünniader ПП-50.

Kolmekorpuselised põhjakobestajaga adrad П-3-30ПА ja П-3-30 võimaldavad 35—40 sm sügavust kobestamist 20—25 sm sügavuse künnikihi korral.

Viiekorpuselist põhjakobestajaga atra П-5-35П peetakse soovitatavaks leetmuldadel. See ader künnab 25—27 sm sügavuselt ja kobestab künnialust kihti veel 15—16 sm sügavuselt. Töötab traktori С-80 ja ДТ-54 haakes.

Tähtis koht künnikihi süvendamisel on pinnase mehaanilisel koostisel. Kergetel muldadel võib künnialuse kihi segamine künnikihiga toimuda üldiselt palju kiiremas tempos kui rasketel savimuldadel.

Kesa on külvikorras sobivaim koht künnikihi süvendamiseks. Sel juhul süvendatakse künnikihti juba eelmise aasta sügisel, et alt ülesküntud toores muld saaks talve kestel õhustuda ja et talve jooksul saaks kesale vedada orgaanilist väetist.

Igal juhul on künnikihi süvendamist maaparanduse eesmärgil kõige parem teostada enne teravilja, mille alla külvatakse põldhein. Heintaimedel on siis võimalus sügavamaks juurdumiseks, millega nad aitavad kaasa künnikihi pikemaaegsele kobedaks jäämisele.

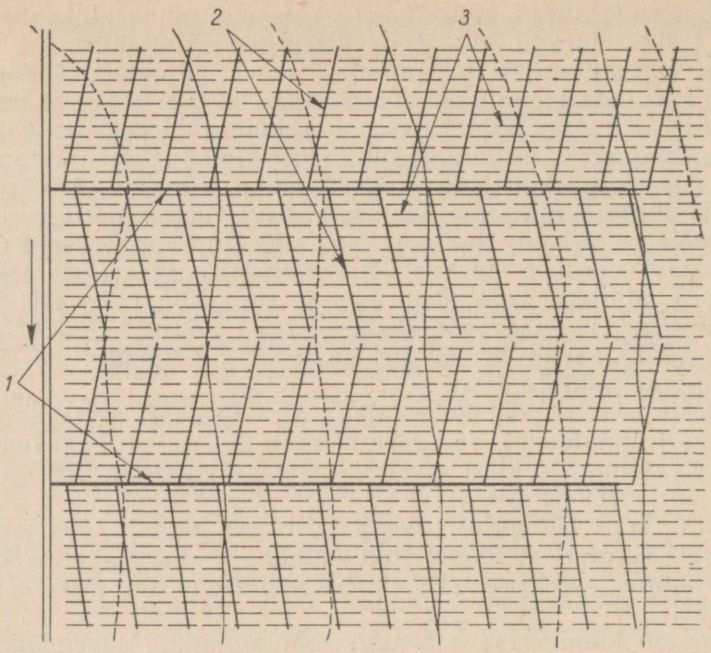
Künnivagude suund peaks olema dreenide suunaga risti.

2. MUTTIMINE

Mulla õhustamisel ja vee akumuleerimise võime suurendamisel künnialuses kihis on oluline tähtsus muldade muttimisel.

Muttimiseks nimetatakse mutiõõnte ajamist vastava agregaadiga tavaliselt 0,35—0,5 meetri sügavusele maapinnast. Muttdrenaažist erineb muttimine põhiliselt selle poolest, et mutiõõned paiknevad tunduvalt väiksemal vahekaugusel ja väiksemas sügavuses ning mutiõõnte ühtlase langu saavutamisele ei pöörata tähelepanu.

Muttimise mõju sarnaneb põhjakobestamise mõjuga. Raskete savipinnaste puhul on soovitatav kasutada seda koos torudrenaažiga (joonis 109). Mutiõõnte vahekauguseks kujuneb tavaliselt



109. Kuivendusvõrgu skeem drenaaži ja muttimisega.
1 — kogujadreenid; *2* — kuivendusdreenid; *3* — muttimise jäljed.

0,75—1,5 m ja sügavuseks 0,35—0,5 m, s. o. 15—20 sm allapoole künnikihti. Mutiõõnte suund langeb ühte künni suunaga. Muttida soovitatakse põllumaal pinnaseliikide puhul kergetest liivsavidest kuni raskete savideni. Seda ei saa aga rakendada rohkesti kive sisaldavas pinnases, vesiliivpinnases ega teistes kergetes pinnastes.

Suviviljade või varajase aedvilja alla minevat maad mutitakse sügisese sügavkünni ajal, talivilja alla minevat maad kesa korduskünni ajal ja rühvelviljade maad kevadise maaharimise ajal.

Kui puudub mutiõõntest vee väljavoolamise võimalus, siis säilivad nad ainult lühikest aega. Üldiselt ei saa muttimise mõju ühelgi juhul arvestada pikemaks kui ainult üheks taimekasvuperioodiks. Seega on muttimine selline võte, mida tuleb perioodiliselt korrata.

Muttimine teeb raske pinnase märksa läbilaskvamaks ja aitab torudrenaaži puhul kaasa liigse vee dreenidesse imbumise kiirendamisele. Selle tagajärjel on võimalikuks peetud suurendada muttimise rakendamise korral mõningal määral kuivendusdreenide vahekaugust.

Pinnase vee- ja õhurežiimi parandamise tõttu suurenevad muttimise tagajärjel saagid. Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni

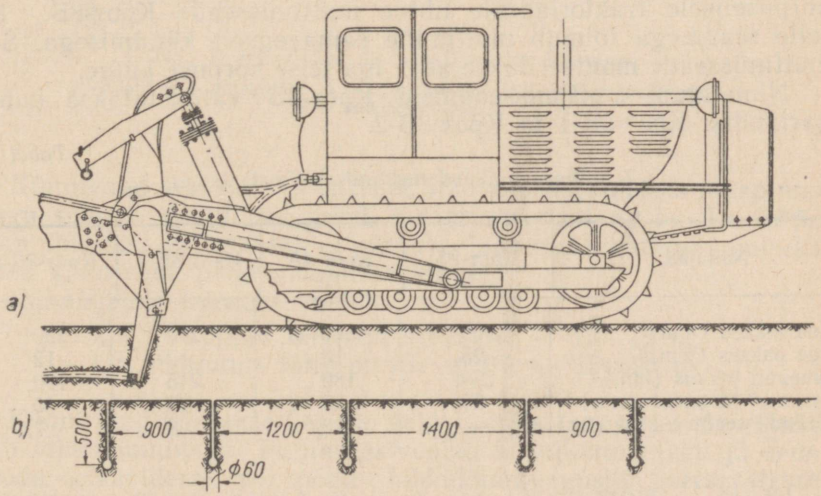
Teadusliku Uurimise Instituudi katsed ja eesrindlike majandite kogemused [1] tõendavad, et liigniiskuse all kannatavate raskete ja keskmise raskusega muldade muttimine suurendab teravilja-, söödavilja- ja köögiviljasaake 10—60% võrra, kõige sagedamini aga 20—30% võrra, võrreldes muttimata maadelt saadavate saakidega.

a) Muttimisviisid

Muttida võib samaaegselt künniga või sellest eraldi, iseseisva võttena.

Muttimine koos kündmisega vajab täiendavat veojõudu, mis võrdub ühe adrakorpuse veoks vajaliku veojõuga. Kui künniks kasutatakse traktorit, mis on arvestatud 5 korpusega adra veoks, siis muttijaga varustatud adraga kündmisel töötatakse ainult 4 adrakorpusega. Kündmine seoses muttimisega vajab ka suuremat aja- ja kütteainekulu kui tavaline kündmine. СНИИГиМ-i andmetel on 1 ha kündmisel ajakulu keskmiselt 25% ja kütteainekulu 20—30% võrra suurem. Aja ja kütteaine lisakulu on väiksem keskmise raskusega niisketel pinnastel, suurim aga rasketel kuivadel pinnastel.

Real juhtudel tuleb muttimist kasutada ka iseseisva võttena (põldheinapõldudel, rohumaadel). Muttimise aeg tuleb valida pinnase sellise niiskusastme järgi, mille puhul mutiõõned säilivad võimalikult kauem.



110. a) УМАС-agregaadi viierealine muttija Крот-Р5. b) agregaadi ühe töökäiguga sisseveetavad mutiõõned ristlõikes (mõõdud mm-tes).

[1] Т. С. Борщов. Кротование избыточно увлажненных почв. «Гидротехника и мелиорации» № 7, 1954 г.

Vee ärajuhtimine mutiõõnest toimub 45—50 sm sügavuste ajutiste kraavide või torudreenide abil, mis mutiõõnte alt risti läbi lähevad. Torudreenid asetsevad sel juhul vähemalt 0,8 m sügavusel.

Mutiõõne vee paremaks nõrgumiseks dreeni kasutatakse dreenikaeviku täidisena läbilaskvat pinnast. Savitorudreeni kasutamisel kogujana on hea kaevata dreenikaevik kraaviadraga. Kaeviku täidiseks (pärast torude paigaldamist) on soovitatav kasutada huumusrikast künnikihti segatult künnialuse kihiga. Alles pärast dreenikaevikute kinniajamist mutitakse.

b) Muttimisabinõud

Viierealine muttimisseade Крот-Р5 (joonis 110) on universaalse maaparandusagregaadi УМАС üheks vahetatavaks osaks. Selle muttimisseadmega toimub muttimine kündmisest lahus. Ühe töökäiguga tõmbab see seade korraga 0,4—0,5 m sügavusele maa sisse viis 5,5-sentimeetrise läbimõõduga mutiõõnt. Mutiõõnte vahekaugus on 1—1,5 m. Seadme tööjõudlus on kuni 8 ha vahetuses.

Põhja Hüdrotehnika ja Melioratsiooni Teadusliku Uurimise Instituudi poolt konstrueeriti 1951. aastal muttimisseade Крот-4А, mis monteeritakse adra П-5-35 külge. Muttimine toimub selle seadmega samaaegselt kündmisega. Mutiõõned tõmmatakse vaopõhjast 0,2—0,25 m võrra sügavamale.

1953. aastal konstrueeriti СНИИГиМ-i poolt kolme- kuni viiekorpuselisele traktoriadrale lihtne muttimisseade Крот-8Б. Ka selle seadmega toimub muttimine samaaegselt kündmisega. See muttimisseade monteeritakse adra iga teise korpuse külge.

Nimetatud muttimisseadmeid Крот-8Б valmistatakse kahes variandis: Крот-8Б-1 ja Крот-8Б-2.

Tabel 57

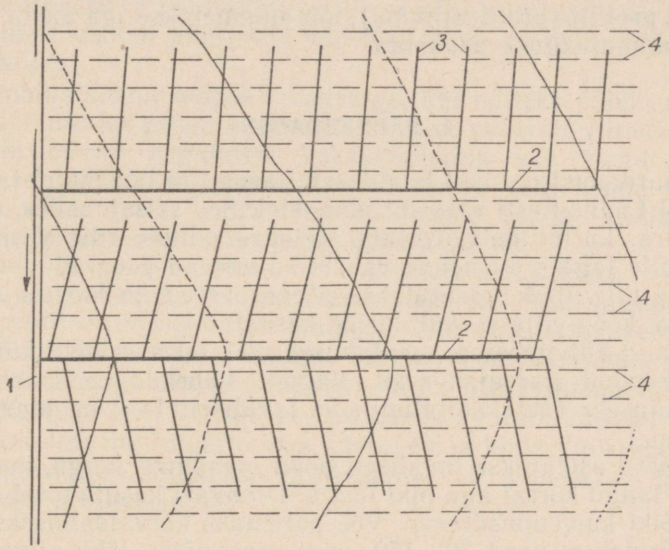
Tehnilised andmed muttimisseadmete kohta

Näitajad	Крот-Р5	Крот-4А	Крот-8Б-1	Крот-8Б-2
Noa pikkus (mm)	900	570	280	280
Noa paksus (mm)	25	13	12	12
Dreeneri pikkus (mm)	250	180	215	190
Dreeneri läbimõõt (mm)	55	55	60	60
Muttimisseadme kaal (kg)	—	16,5	8	7,5

Ukraina NSV-s on konstrueeritud mitmerealine muttija 5-КДМ-2. Selle muttijaga on võimalik tõmmata pinnasesse ühe töökäiguga: 1-meetrise vahekaugusega 5 dreeni, 2-meetrise vahekaugusega 3 dreeni või 4-meetrise vahekaugusega 2 dreeni. Masina tööjõudlus on 1,2 ha tunnis.

Kitsaeelist kündi kasutatakse pinnavee äravoolu kiirendamiseks.

Kitsaeeline künd teostatakse mitmekorpuseliste kultuuratradega taliviljadel kesa korduskünnil, suviviljadel sügisesel sügavkünnil ja rühvelviljadel kevadisel korduskünnil.



111. Drenaaživõrk koos kitsaeelise künniga.

1 — lahtine kogujakraav; *2* — kogujadreen; *3* — kuivendusdreenid; *4* — lahkukünnivaod.

Künnivaod aetakse vee parema äravoolu tagamiseks maapinna langu suunas. Ainult sel juhul, kui maapinna lang on üle 0,8%, tuleb uhtumise vältimiseks ja pinnavee paremaks kinnipüüdmiseks ajada künnivaod põiki maapinna langu.

Künniribade laiuseks võetakse:

kui maapinna lang on all 0,2% — 12—15 m,
kui maapinna lang on üle 0,2% — 15—20 m.

Künniribad küntakse keskele kokku, mille tagajärjel ete vahele jääb lahkukünnivagu. Pinnavesi voolab lahkukünnivakku ja seda mööda kraavidesse või põiki lahkukünnivagusid asetsevatesse dreenidesse (joonis 111).

Vee ärajuhtimiseks lahkukünnivagudest kasutatakse ka põikvagusid, mis aetakse iga 70—160 m tagant põiki künniesi. Põikvagude ajamiseks kasutatakse uudismaa-atra ПКБ-56. Põikvaod juhitakse lahtisesse kraavi.

Drenaaži projekteerimisel tuleb arvestada ka künniete ja künnivagude suunda: kuivendusdreenid tuleb asetada põiki või risti põllu künnivagusid.

Kitsaeeliseks künniks jaotatakse kõigepealt põld laiuti vajalikuks arvuks künniribadeks. Nende laiuse määramisel arvestatakse pinnase omadusi, maapinna langu jt. tegureid. Iga künniriba jagatakse pikuti omakorda kaheks pooleks, mille keskele tuleb kokkukünnivagu. Kui künnietega ei taheta kujundada maaribale keskelt kumerat profiili (profileerimine), siis muudetakse iga aasta kokkuja lahkukünnivagude asukohta.

4. PEENARDAMINE

Peenardamist on meil laialdaselt kasutatud lausikutel taliviljapõldudel Lääne-Eesti rasketel pinnastel. See seisab selles, et adra (harkadra, kartulimuti jt.) abil aetakse põllule tihe vesivagude võrk, mille tagajärjel nende vahele kujunevad peenrad.

Peale taliviljade kasutatakse peenardamist ka kartuli (vaod), juurvilja, köögivilja jt. kultuuride kasvatamisel.

Traktori-külvimasina kasutamisel asetatakse sellele külge eriseade vagude sisseajamiseks. Vagude vahekauguseks ehk peenarde laiuseks võetakse taliviljadel tavaliselt 1—3 m, juurviljadel 0,5—1 m.

Peenrad asetatakse tavaliselt põiki maapinna langu, maapinna väikese langu korral aga piki langu. Drenaaži kasutamisel aetakse vaod põiki kuivendusdreene. Vee paremaks kõrvaldamiseks vagudest lõigatakse vaod 70—150 m tagant põiki läbi sügavamate kogujavagudega. Kogujavagude ajamiseks kasutatakse uudismaaatra ПКБ-56. Kogujavao põhi peab olema peenravaheliste vagude põhjast 5—10 sm võrra sügavam. Kogujavaod juhitakse lahtisesse kraavi. Kogujavaod aetakse kohe pärast talivilja külvi.

5. VESIVAGUDE VÕRK

Vesivagude ülesandeks on madalamatesse kohtadesse ja lohkudesse koguneva pinnavee ärajuhtimine. Pinnavee kiireks kõrvaldamiseks kasutatakse vesivagude võrku talivilja- ja põldheinaväljadel ning kultuurrohumaadel.

Vesivagude sisseajamiseks kasutatakse spetsiaalseid vesivaoatru, kartulimutti, harkatru, tavalisi hõlmatru ja sügavamate kogujavagude ajamiseks ühekorpuselisi traktori-uudismaa-atru. Vagude pervelt tuleb muld tasandada, et see ei takistaks vee valgumist maapinnalt vesivagudesse.

Vesivaod aetakse sisse kohe pärast talivilja või kultuurrohumaa heinaseemne külvi.

Uudismaa puhul on vesivagude sisseajamine tunduvalt raskem, seepärast on seal parem kasutada kitsaeelist kündi.

6. MAAPINNA PROFILEERIMINE

Maapinna profileerimine seisab selles, et lahtiste kraavide vahelised maaribad kujundatakse keskelt kõrgemaks ja äärtelt madalamaks, nn. seljakuteks. Seljakute harjade vahekaugused kooskõlastatakse kuivenduskraavide vahekaugusega. Kui kitsaeelisel künnil peetakse silmas, et lahku- ja kokkukünnivagu jääks alati samale kohale, siis kujuneb aastatepikkuse kitsaeelise künni järel profileeritud põld vahevagudega seljakutevahelistes nõgudes. Seljakutelt voolab pinnavesi vahevagudesse ja neid mööda lahtisesse kraavi.

Kombinatsiooni korral drenaažiga, kui näiteks põiki profileeritud seljakuid kulgevad kuivendusdreenid, võtavad viimased seljakutevahelistesse vagudesse kokkuvoolanud vee vastu. Dreenid tuleb asetada küllalt sügavale, sest muidu võib nende kattekihi paksus vahevagude kohal liiga õhukeseks jääda; minimaalseks sügavuseks vahevao kohal peaks jääma 0,8 m.

Maapinna profileerimisel on paratamatuks paheks, et künnikiht kujuneb seljaku keskel tüsedamaks kui vahevagude ääres. Kuid profileerimisega saavutatakse pinnavee tunduvalt parem äravool kui kitsaeelise künniga. Seepärast on maapinna profileerimine tõhusaks abiks raskete savi- ja ka liivsavimaade kuivendamisel. Ka tugevasti liigniiskuse all kannatavatel tolmsetel saviliivpinnastel, kus muttimist ei saa kasutada ja kitsaeeline künd ei ole liigniiskuse kõrvaldamiseks küllaldane, on soovitatav kasutada maapinna profileerimist.

7. DRENAAŽIGA KOOS KASUTATAVAD AGROMELIORATIIVSED ABINÕUD

Agromelioratiivsete abinõude süsteem, mis sageli kujutab endast kombinatsiooni mitmest eri abinõust, nagu kitsaeeline künd koos muttimise või põhjakobestamisega, peenardamine koos muttimisega, põhjakobestamine koos profileerimisega jne., on põhiliselt mõeldud kasutamiseks maade kuivendamisel lahtiste kraavide abil, sest nende abinõude rakendamine võimaldab tunduvalt suurendada lahtiste kraavide vahekaugust ja sel teel hõlbustada maa mehhaniseeritud harimist ning saagi koristamist. Need abinõud on selles osas teatavas mõttes drenaaži aseaineks, kuid teostatavad suhteliselt väikeste kuludega ja peaaegu täielikult mehhaniseeritult. Nõrgaks küljeks on nende sagedase uuendamise vajadus, mis sellise kuivendussüsteemi korraspidamise kulukaks muudab.

Rasketel savimaadel võib agromelioratiivsetelt abinõudelt täit efekti loota ainult koos piisavalt tiheda kuivendusvõrguga. Keskmise ja keskmisest parema läbilaskvusega pinnastes on agromelioratiivsete abinõude kasutamine drenaaži täiendusena üldiselt

vähem efektiivne, välja arvatud künnikihi süvendamine, mis igas pinnases on soovitatav.

Drenaaži täiendusena võivad rasketes pinnastes agromelioratiivsetest abinõudest kasutusele tulla künnikihi süvendamine, kitsaeeline künd ja muttimine. Kõige tähtsam neist on künnikihi süvendamine ja sellele hea sõmeralise struktuuri andmine. Eelduseks seejuures on muidugi dreenikaevikute täitepinnase küllaldane veeläbilaskvus. Kitsaeeline künd, mida on otstarbekohane kasutada koos künnikihi süvendamisega, osutub kasulikuks niikaua, kuni pole veel suudetud luua sügavat ja struktuurset künnikihti; hiljem jääb selle tähtsus väikeseks. Muttimine peab soodustama künnikihi kiiremat vabanemist liigniiskusest. Et vesi mutiõõntest kiiresti dreenidesse võiks kanduda, peab dreenikaevikute täitepinnas olema küllaldase veeläbilaskevõimega. Ka muttimine on teatavas mõttes esialgne abinõu, mis künnikihi vabanemist liigveest peab kiirendama niikaua, kuni pole veel suudetud kujundada sügavat struktuurset künnikihti. Hiljem võib muttimise vajadus hoopis ära langeda.

Mainitud agromelioratiivsete vahendite rakendamine, tavaliselt kombinatsioonina kahe abinõu üheaegse kasutamise teel, võimaldab СНИИГиМ-i andmete kohaselt suurendada dreenide vahekaugust umbes kahekordseks.

Agromelioratiivsed abinõud võivad aga soovitud mõju avaldada ainult sel juhul, kui neid abinõusid korrapäraselt ja järjekindlalt aastast aastasse kasutatakse. Kuid asendades drenaaži sagedast uuendamist vajavate agromelioratiivsete abinõudega, ei saavutata tegelikult kokkuhoidu maaparanduse kuludes, vaid need kulud lükatakse ainult ühelt aastalt paljudele aastatele. Seejuures jääb kogu kuivendussüsteemi toimimise kindlus kahtlemata nõrgemaks kui korralikult tehtud drenaažil. Seepärast tuleb neis tingimustes, kus drenaaži abil kuivendamiseks tehnilisi ega majanduslikke takistusi ei ole, drenaaži asendamist agromelioratiivsete abinõudega, olgugi kas või ainult osalist asendamist, pidada ajutiseks hädalahenduseks, mitte aga samaväärseks drenaažiga või koguni sellest paremaks. Samal arvamusel näib olevat ka tehniliste teaduste kandidaat V. A. Rosin [1], kui ta oma kokkuvõttes agromelioratiivsete abinõude rakendamise kohta maade kuivendamisel ütleb: «Esitatud kuivendussüsteem on teostatav 90-protsendiliselt mehhaniseeritult ega nõua teostamiseks suuri rahalisi kulusid, mille tõttu seda võib melioratsioonipraktikas kuni ülemineku kuivendusele drenaaži abil eduga laialdaselt rakendada kõikidel ajutise liigniiskusega maadel, pidades seejuures silmas konkreetseid kohalikke tingimusi.»

---

[1] В. А. Розин. Осушение минеральных избыточно увлажненных почв разреженной сетью постоянных канав в сочетании с агромелиоративными мероприятиями. Бюллетень Научно-технической информации по сельскохозяйственной мелиорации в нечерноземной полосе. Ленинград, 1956.

XIII. DRENAAŽI PROJEKTEERIMINE

1. PROJEKTEERIMISE FAASID

Nagu iga suurem ja kulukam töö, nii vajab ka drenaaž eelnevat kavandamist ja projekteerimist. Ilma projektita ei saa korralikku drenaaži. Olles pika kestusega ja ehituskulude poolest suhteliselt kallis, kohustabki drenaaž teostama end ainult asjatundlikult koostatud projekti järgi. Miski ei ole kuivendamisel halvem kui ebaõigesti ja halvasti teostatud drenaaž. See tekitab majandile kestvalt kahju ja hävitab usu maaparandustööde efektiivsusesse. Seda silmas pidades ongi kogu NSV Liidus kehtestatud kord, millè kohaselt maaparandustöid ilma projektita ei finantseerita. Projektide asjatundlikkuse peab aga garanteerima see, et kogu maaparanduslik projekteerimine on koondatud suurte riiklike projekteerimisorganisatsioonide kätte, kus töötavad kvalifitseeritud projekteerijad.

Drenaažiprojekt ei ole õieti kunagi puhtal kujul ainult dreenimist käsitlev projekt, vaid see sisaldab ka lahtiste kogujakraavide ja eelvoolu korrastamise töid. Suuremates maaparandusobjektides võib drenaaži kõrval esineda ka detailkuivendust lahtiste kraavide abil. Projekteerimine koosneb kahest faasist: a) väliuurimisest ja b) projekteerimisest.

a) Väliuurimine

Liigniiskus põllumajanduslikult kasutataval maal on nagu mingi haigus maa organismis, mille väljaravimiseks tuleb kõigepealt selgitada selle tekkimise põhjused ja arenemisjärk. See selgitamine toimubki väliuurimise kaudu. Väliuurimistööd seisavad kuivendatava maa-alaga tutvumises ja kõigi nende andmete kogumises, mis on vajalikud kuivendusprojekti koostamiseks. Kõigepealt tuleb kuivendatava maa-ala kohta soetada sobivas mõõtkavas plaan (drenaažiprojekti jaoks harilikult mõõtkavas 1 : 2000). Kui ei ole kasutada juba varem valmistatud plaani kas nimetatud mõõtkavas või mõnes teises, mida ilma suurema veata saaks transformeerida soovitavasse mõõtkavasse, siis on vaja plaani valmistamiseks maa-ala mõõdistada. Mõõdistamisel tuleb erilist rõhku panna kõigile neile situatsioonielementidele ja kontuuridele, mis

maaparandusprojekti koostamisel tähtsust omavad, nagu kõik veejuhtmed ja veekogud, allikad, keetekohad, truubid, sillad, kuristikud, teed, kõlvikute piirid, hooned, hekid, metsaalad jne. Peale horisontaalmõõdistamise on vajalik ka vertikaalmõõdistamine ehk loodimine, mis peab andma täieliku kujutluse maastiku kõrgussuhete ehk reljeefi kohta. Niihästi horisontaal- kui ka vertikaalmõõdistamine peab toimuma kehtivate eeskirjade ja tehniliste nõuete kohaselt. Üheaegselt kuivendatava ala uurimisega selgitatakse eelvooluolusid liigvee ärajuhtimiseks kuivendatavalt maalt ja neid põhjusi, mis liigniiskuse on loonud. Liigniiskuse astme ja iseloomu selgitamiseks pakub head abi antud maa-ala mullastiku geneetiline kaart. Kui seda varem koostatud ei ole, siis kuulub ka mullastiku uurimine ja kaardistamine drenaaži projekteerimise väliuurimistööde hulka. Lisaks sellele on vaja sondeerida pinnast ja seda nii palju hüdrogeoloogiliselt uurida, et selguks veega toitumise režiim kuivendataval maa-alal. Sondeerimise sügavus on mineraalmaadel keskmiselt kuni 2 meetrit, turbamaadel aga kuni mineraalse aluspõhjani.

Pinnase lõimise määramiseks võetakse väliuurimise ajal proove, mida hiljem laboratoorselt analüüsitakse. Peale lõimise määratakse laboratoorsel teel pinnase reaktsioon ja mõnede tähtsamate taimetoitainete sisaldus. Turbapinnasel määratakse ka tuhasisaldus.

Looduses tuleb veel määrata valdavamate pinnaseerimite filtratsioonikoefitsient uuritaval maa-alal.

Kultuurtehniliste tööde (juurimine, võsa kõrvaldamine, kivide koristamine, maapinna tasandamine, vanade kraavide ja aukude täitmine ning uudismaa künd) mahu arvutamiseks tuleb uuritaval maa-alal selgitada välja kõik võsa-, metsa- ja kännustikualad, kindlaks määrata nende tihedus, koostis, puude ja kändude läbimõõt, hinnata koristamisele kuuluvate kivide esinemise tihedus ja maht, kindlaks teha kinniajamisele kuuluvate vanade kraavide ja aukude mõõtmed ning tasandamisele kuuluvad mättalised alad.

Ehitiste osas on vaja välja uurida kõik olemasolevad sillad, truubid, paisud ja muud ehitised uuritaval maa-alal, millel võib olla mingi seos maaparandustöödega. Need ehitised tuleb skitseerida, mõõta ja võimaluse korral ka pildistada. Erilist tähelepanu on vaja omistada kõikidele gabariitmõõtmetele, tugisammaste või muude alustugede konstruktsioonile ja mõõtmetele ning tugisammaste ehituse sügavusele.

Kõigi väliuurimistööde kohta on projekteerimisorganisatsioonidel olemas detailsed tehnilised instruktsioonid, millest tööde teostamisel tuleb kinni pidada.

Kõik vanad kuivendussüsteemid on vaja üles otsida ja plaanile kanda; nende seisukorra kirjeldus märgitakse väliraamatusse.

Tehniliste andmete kõrval kogutakse väliuurimise käigus ka agroökonoomilisi andmeid, muu hulgas ka varem teostatud drenaaži efektiivsuse kohta.

b) Projekteerimine

Projekteerimine võib toimuda kas ühes või kahes staadiumis. Ühes staadiumis projekteerimisel on töö käik üldjoontes järgmine. Väliuurimise materjalide alusel koostatud reljeefiplaan, millele peale situatsiooni ja kõrgusjoonte on peale kantud ka kõik loodi-tud punktid ühes kõrgusarvudega ja pinnase sondeerimise andmed, võetakse põhialuseks drenaažiprojekti koostamisel. Mullastiku-kaardi andmetel märgitakse projekteerimisele asudes reljeefiplaani kõigepealt ära alad, mis on normaalse niiskusrežiimiga ja kuiven-dust ei vaja. Maad, mis pinnase poolest või rohke kivisuse tõttu pole sobivad põllumajanduslikuks maaks või mis on määratud metsamaaks, eraldatakse samuti. Ülejäänud osal alustatakse kui-vendusvõrgu projekteerimist, arvestades liigniiskuse astet.

Kõigepealt projekteeritakse eelvoolud, lahtiste kogujate võrk ja piirdekraavid kõrvalt valguva vee äralõikamiseks. Seejärel määratakse maa kasutamise viisi, pinnase iseloomu ja veeläbi-laskvust arvestades drenaaži sügavus ning kuivendajate vahe-kaugus maa-ala üksikutes osades, samuti ka drenaaživiis. Kui see on kindlaks tehtud, paigutatakse drenaaživõrk plaanile (võimalust mööda vastavalt põikdrenaaži põhimõttele), pidades silmas kõiki nõudeid, mis on maksvad dreenide paiknemise kohta kraavide, teede ja istandike suhtes, samuti ka üksteise suhtes. Niipalju kui reljeef seda võimaldab, püütakse kujundada suuri süsteeme, kus-juures on soovitatav drenaaži kogujad asetada võimalust mööda risti lahtiste kogujakraavidega ja kuivendusdreenid risti koguja-tega. Kuivendusdreenide pikkus valitakse lubatavates piirides ja nende üldine paigutus kuivendataval alal määratakse selline, mis hõlbustab drenaažitööde mehhaniseeritud teostamist.

Edasi järgneb dreenide põhja kõrguste arvutamine. Lähtudes nõutavast kuivenduse sügavusest (väga väikese maapinna langu puhul aga dreenide lubatud minimaalsest langust), arvutatakse nn. kriitilistes kohtades, s. o. neis kohtades, kus dreeni pikkus kõige suurem tuleb, algul kuivendusdreeni põhja kõrgus ja see-järel koguja põhja kõrgus ning lang. Seejuures tuleb kogujal või-malust mööda säilitada ühtlane või allavoolu suurenev lang. Kus see reljeefi tõttu võimatuks osutub, tuleb langu murdekohta pro-jekteerida settekaev. Peab aga meeles pidama, et üldiselt on soovitatav püüda selliste kaevude ehitamist vältida. Langu väikese vähenemise puhul voolu suunas võivad kaevud tegemata jääda, kui voolu kiirus väiksema languga osasse üleminekul kas üldse ei vähene või väheneb, aga on siiski veel küllaldane uhtainete edasi-viimiseks maksimaalse kiiruse juures, mida vesi kogujas antud langu ja toru läbimõõdu juures võib omada. Lahtiste koguja-kraavide ja vajaduse korral ka magistraalkraavi projekteeritavad põhja kõrgused ja langud täpsustatakse lõplikult kogujadreenide suudmekõrguste järgi.

Seejärel on võimalik asuda tööde mahu arvutamisele. Arvuta-

takse lahtiste pea- ja kogujakraavide mullatööd, dreenide mullatööd, tööd, mis on seotud drenaaži armatuuri, truupide ja sildade ehitamisega, jm. Drenaažisüsteemide hüdraulilise arvutusega määratakse eri läbimõõduga torude tarve.

Kui tööde maht on selgunud, tehakse eelarve tööde maksumuse kohta ja lõpuks projekti seletuskiri. Pärast seda projekt vormistatakse. Vormistamine seisab projekti materjalide (plaanide, profiilide, erijooniste, tööde mahu, eelarve ja seletuskirja) paljundamises, allakirjutamises ja kaustadesse köitmises. Seejärel kooskõlastatakse projekt asjaomaste asutustega ja kinnitatakse. Enne kinnitamist vaatab projekti tavaliselt veel läbi ekspertiisikomisjon.

Suurematel või komplitseeritumatel maaparanduse objektidel toimub projekteerimine tavaliselt mitte ühes, vaid kahes staadiumis. Esimene staadium on eelprojekti ja teine — tööjooniste valmistamine.

Esimeses ehk eelprojekti staadiumis toimub projekteerimine põhiliselt samuti nagu ühes staadiumis projekteeriminegi, kuid selle vahega, et kõik arvutused tehakse vähem üksikasjaliselt. Dreenide põhjakõrgusi üldreeglina ei arvutata ja torude läbimõõt määratakse orienteeruvalt analoogia põhjal, teiste sellelaadiliste projektide alusel. Isegi drenaaživõrgu asendi projekteerimisel plaanile on lubatud piirduda ainult tüüplahenduste andmisega. Nii kaugele ulatuvat lihtsustamist ei saa aga enam otstarbekohaseks pidada, välja arvatud ehk ainult sellised juhtumid, kus eelprojekt hõlmab õige suurt maa-ala (näiteks üle 1000 ha) ja projekteerimiseks kasutada oleva plaani väike mõõtkava ei võimalda kuivendusvõrgu detailsemat projekteerimist või kui maapinna reljeef suuremal alal on ühtlase iseloomuga. Kõik tööde mahud on eelprojekti staadiumis kalkuleeritud ligikaudselt ja eelarvegi on sellele vastavalt vähem täpne. Seda ei nimetatagi õieti eelarveks, vaid finantseelarveliseks arvutuseks. Pearõhk selles projekteerimise staadiumis on pandud kahe põhiküsimuse lahendamisele:

1) näidata, et ettevõtte läbiviimine on tehniliselt võimalik ja juhul, kui tehniline lahendamine on võimalik mitme erineva variandi järgi, näidata, milline neist on soodsaim;

2) tõestada, et ettevõtte teostamine on majanduslikult tasuv ja õigustatud.

Projekteerimise teise staadiumi, s. o. tööjooniste valmistamisele asutakse pärast seda, kui eelprojekt on vastuvõetavaks tunnistatud ja kinnitatud. Tööjooniste tegemisele eelneb tavaliselt täiendav väliuurimine, mille käigus täpsustatakse ja tarbe korral osaliselt ka muudetakse kuivendusvõrgu asendit ning trasseeritakse looduses kõik vajalikud sihid. Nende täiendavate väliuurimiste põhjal täpsustatakse tööde mahtu ja sellele vastavalt koostatakse uus, täpsustatud eelarve. Ka peaaegu kogu graafiline materjal esitatakse uuel, täpsustatud kujul nii, nagu tööd teostamisele tulevad. Erandjuhtudel võib veel tegelike tööde käigus esineda vaja-

dus teha ka tööjoonistest lahkuminevaid muudatusi; neil kordadel teeb täiendavad joonised juba töid teostav organisatsioon.

Projekteerimise praktikas oli varem levinud kaugeleulatuv spetsialiseerumine.

Väliuurimine oli eraldatud omaette tegevusalaks ja jagunes reaks iseseisvateks uurimisteks, nagu topogeodeetiliseks, insenergeoloogiliseks, mullastikuliseks, hüdrotehniliseks ja agroökonoomiliseks. Ühe maaparandusobjekti uurimisrühm koosnes mitmest eriteadlasest, kes igaüks uuris oma osa iseseisvalt ja esitas töö tulemusena eraldi kirjeldused ja aruanded. Projekti koostamise organiseerimiseks määratud projekti peainsener oli projekteeritava objektiga tutvunud enamasti ainult lühiaegse paikliku ülevaatuse ajal objekti valikul või halvemal juhul polnud üldse objektil käinud. Projekti koostamisele rakendati tavaliselt mitu töötajat, kellest igaühel oli ülesandeks läbi töötada teatav osa: ühtedel hüdrotehniline, teistel kultuurtehniline, kolmandatel geoloogiline ja mullastikuline, neljandatel võib-olla veel sildade ja teede ehituse ja viiendatel töö organiseerimise osa projektist. Need spetsialistid tegid oma töö jällegi igaüks enam-vähem omaette ja koostasid ka omaette seletuskirjad.

Sellise spetsialiseerumisega loodeti saada kõrgekvaliteedilisi projekte. Kuid enamasti kujunes niisuguse töö tulemusena projekti tehniline dokumentatsioon väga mahukaks ja raskesti käsitatavaks. Projekti peainseneril oli raske kogu materjali üheks tervikuks sulatada ja pahatihti kujutas projekt endast mosaiiki, mille üksikute osade maht polnud alati kooskõlas nende rakendusliku tähtsusega, vaid sõltus rohkem vastava autori jutustamisosavusest. Seetõttu võis projekti lahendus mõnes osas jääda puudulikult põhjendatuks.

Sellisest projekteerimise praktikast on nüüd loobutud. Väliuurimine on osaliselt lihtsustatud ja paremini kooskõlastatud projekteerimise vajadustega. Uurimistööde eri liigid on suurel määral koondatud sama töötaja kätte ja uurimistööde teostajad rakendatakse ka projekti koostamisele. Suurearvulised uurijate rühmad on muutunud väikeseks, kusjuures põhiosa uurimistöödest koondatakse melioraatori kätte. Selle tulemusena muutub projekteerimine lihtsamaks ja odavamaks, kuid kvaliteedilt senisest paremaks.

Väiksematel maaparandusobjektidel tuleb pidada otstarbekohaseks, et melioraator teostab kogu vajaliku väliuurimise ja koostab selle uurimise andmetel ise ka projekti. Selleks peab melioraator muidugi omama vajalikke teadmisi kõigilt erialadelt, mida projekti koostamiseks vaja läheb.

Projekt peab tagama, et kuivendusvõrk teostataks asjatundlikult, võimalikult vähese tööjõu- ja materjalikuluga ning et see annaks niisuguse majandusliku efekti, mida sellelt loodetakse.

Maaparandusprojekt kujutab endast puhtal kujul drenaažiprojekti ainult neil juhtudel, kus eelvool varem juba on korrastatud ja ka lahtiste kogujakraavide võrk on juba olemas. Tavaliselt neid valmis kujul ei ole, vaid need tuleb rajada alles koos drenaažiga. Enamasti on eelvool küll olemas, kuigi see vajab tavaliselt täiendavat korrastamist, kuid lahtiste kogujakraavide võrk puudub nõutaval kujul peaaegu alati. Seetõttu hõlmab projekt mitte ainult drenaaži-, vaid tavaliselt ka kultuurtehnilisi töid, nagu juurimist, kivide koristamist, uudismaakündi, samuti teede ja sildade ehitamist ning kuivendus-põhivõrgu loomist.

Projekt koosneb põhiliselt kahest osast: 1) graafilisest osast ja 2) tekstilisest osast. Tähtsama osa drenaažiprojektis moodustab selle graafiline osa. Tekstiline osa on määratud graafiliste materjalide selgitamiseks ja täiendamiseks.

a) Projekti graafiline osa

Graafiline materjal esitatakse projektis sellisel kujul, et see hõlpsasti ning arusaadavalt võimaldaks saada tarvilikke andmeid objekti asukoha ja töö sisu kohta. Graafilises osas esitatakse tavaliselt järgmised materjalid: objekti asukoha kaart, eelvoolu veejuhtmete vesikonna kaart, maaparandusobjekti ülevaateplaan, mullastikukaart, kuivendusvõrgu plaan, kultuurtehniliste tööde plaan, profiilid ja erijoonised.

Asukohakaart. Esimesena esitatakse tavaliselt objekti geograafilise asukoha kaart mõõtkavas 1 : 100 000 või 1 : 200 000. See näitab maaparanduse objekti paiknemist lähemate asulate, maanteede, raudteejaamade, sadamate jm. suhtes.

Vesikonnakaart. Järgmisena esitatakse vesikonnakaart. Selle mõõtkava on tavaliselt 1 : 50 000 või 1 : 42 000. Vesikonnakaardil näidatakse olemasolevad looduslikud veejuhtmed, kuhu tuleb juhtida vesi kuivendatavalt maa-alalt, samuti ka need üle 2 km^2 suuruse vesikonnaga magistraalkraavid, mis vajavad korrastamist või tuleb alles kaevata. Korrastatavatel ja kaevatavatel magistraalkraavidel märgitakse ka veelahkmejooned ning näidatakse vesikondade ja alavesikondade suurus ruutkilomeetrites. Soovitatav on vesikonnakaardil ära näidata ka maavalduste piirid ja antud projektiga hõlmatava maa-ala piirjoon. Orienteerumiseks tuleb vesikonnakaardil ühtlasi ära näidata ka lähimad asulad, hoonete grupid, teed ja muud objekti looduses lähemaks määramiseks vajalikud situatsioonielemendid. Topograafiliste tingmärkide abil tuleb ära märkida soostunud alad ja metsad, mis võivad arvesse tulla hüdroloogiliste arvutuste tegemisel.

Vesikonnakaart on vajalik hüdroloogiliste ja hüdrauliliste arvutuste tegemiseks eelvoolu kaevamise või korrastamise kava koostamisel. Kus eelvool juba rahuldavas seisukorras on olemas ja uusi magistraalkraave, mille vesikond ületaks 2 km², ei ole vaja kaevata, võib vesikonnakaart ära jääda.

Maaparandusobjekti ülevaateplaan on kõikide maaparandusprojektide vajalik osa ja see koostatakse harilikult mõõtkavas 1 : 10 000. Ülevaateplaan peab näitama kuivendatava maa-ala asendit majandi maade massiivis ja majandi keskuse suhtes. Plaanile kantakse täielikult kogu lahtiste pea- ja kogujakraavide võrk ühes nende nimetustega, märgitakse ära kujunevate maatükkide (väljakute) suurus ja numeratsioon, näidatakse maa peamised kõlvikuliigid ja metsatükid, olemasolevad ja projekteeritud vesiehitised, sillad ja truubid ning rajatavad uued majandisisesed teed. Soovitatav on ära näidata ka kõik alalised loodimisreeperid. Kõik hoonestatud alad ühes suuremate hoonete paigutusega peavad samuti ülevaateplaanil näha olema. Maanteedel ja raudteel märgitakse plaanist väljaulatuvate otste juurde lähema tähtsama sihtkoha nimetus.

Mullastikukaart annab ülevaate kuivendatava maa-ala mullastiku kohta keskmiselt 1,5 m sügavuseni ja turbamaadel tavaliselt kuni mineraalse aluspõhjani. Mullastikukaart koostatakse mõõtkavas 1 : 10 000 * geoloogiliste ja mullastiku uurimise andmete põhjal, mis väliuurimise ajal on kogutud. Eri värvidega ja tingmärkidega märgitakse kaardil ära kõik põhilised mullaerimid ja lõimis ning näidatakse ka kohad, kus kaeved ja puurimised on tehtud. Tüüpilistest kaevetest ja puuraukudest joonestatakse profiilid, millel peale mullaerimite ja lõimise märgitakse mõnikord ka põhjavee seisu kõrgus ja selle mõõtmise aeg. Mullastiku geneetiline kaart sisaldab sellisel kujul, nagu see meil maaparandusprojektide juurde tavaliselt koostatakse, niisiis andmeid ka pinnase lõimise kohta ja näitab, millistes osades ja mil määral maa kannatab liigniiskuse all. Samal kaardilehel antakse tavaliselt tabeli kujul ka kokkuvõte maatükkide pindala kohta mullaerimite viisi, kuivendusvajadus pinnase veerežiimi järgi ja näidatakse ära maatükkide otstarbekohaseim kasutusviis. Situatsiooni kantakse mullastikukaardile ainult sel määral, kui see on hädavajalik orienteerumiseks. Mullastikukaart on põhidokumendiks, mille järgi määratakse maa kuivenduse vajadus.

Kuivendusvõrgu plaan on detailkuivenduse projekti peamine osa (vt. lisa 9). Tavaliselt koostatakse see mõõtkavas 1 : 2000, harvemini mõõtkavas 1 : 5000. Viimast mõõtkava kasutatakse enamasti eelprojekti koostamisel, kui projekteerimine toimub kahes staadiumis.

Ühestaadiumilisel projekteerimisel mõõtkavas 1 : 2000 valmis-

---

* Viimasel ajal on hakatud koostama mullastikukaarte ka suuremas mõõtkavas, näiteks 1 : 5000.

tatav plaan peab peale situatsiooni sisaldama veel andmeid maapinna reljeefi ja pinnase koostise kohta. Situatsiooni osas on eriti oluline kõigi nende elementide äratoomine plaanil, mis otseselt on seotud maaparandustöödega, nagu kõik olemasolevad kraavid, veekogud, augud, kuristikud, allikad, teed, sillad, truubid ja muud vesiehitised. Reljeef kujutatakse samakõrgusjoonte (horisontaalide ehk isohüpside) abil kõrgusvahedega 0,50 m, kusjuures lamedama reljeefi kohal tõmmatakse neile kõrgusjoontele lisaks veel veerand ja kolmveerand meetri kõrgusjooned. Lisaks sellele märgitakse ära kõik looditud punktid maapinnal ühes kõrgustega (sentimeetrise täpsusega) ja muidugi ka kõik loodimise kindlad, muutumatu kõrgusega punktid (reeperid) koos numbri ja kõrgusega. Pinnase koostis märgitakse plaanile sondeerimisandmete järgi, mis lühendatult, leppemärkidega plaanile kirjutatakse. Maapinna kõrgustele lisaks tuleb plaanil näidata ka eelvooluks kasutatavate veejuhtmete või veekogude veepinna kõrgus ühes kuupäeva ja aasta juurdetähendamisega.

Niisuguste andmetega varustatud plaanile projekteeritakse kuivendusvõrk: esmalt lahtised magistraal- ja kogujakraavid, siis piirdekraavid ja teekraavid ning lõpuks kogu detailkuivenduse võrk. Magistraalkraavide asendi, kui neid juba enne olemas ei ole, määrab maapinna ja turbamaades lisaks ka aluspõhja reljeef. Need paigutatakse nimelt kõige madalamasse kohta. Sama on üldiselt kehtiv ka lahtiste kogujakraavide kohta, kuid nende puhul tuleb ühtlasi silmas pidada nõuet, et kujunevad maatükid jääksid võimalikult korrapärase kujuga ja mitte liiga väikesed. Piirdekraavide asukoha määrab nende ülesanne.

Juba enne kuivendusvõrgu paigutuse projekteerimisele asumist tuleb mullastikukaardi abil plaanil eraldada need alad, kus on normaalne niiskusrežiim ja mis kuivendamist ei vaja; samuti tuleb eraldada sellised alad, mida pinnase poolest või sellel leiduvate kivide rohkuse või antud alal kasvava tarbemetsa tõttu ei ole otstarbekohane põllumajanduslikule kasutusele võtta. Ülejäänud osal uuritud maast projekteeritakse detailkuivendusvõrk eespool kirjeldatud põhimõtetele vastavalt, pidades seejuures looduslike tegurite kõrval muidugi silmas ka maa edaspidist planeeritud kasutusviisi.

Projekteeritud kuivendussüsteemid kantakse plaanile kehtivate tingmärkide abil. Drenaaži kogujaile kirjutatakse juurde põhja kõrgus suudmes ja langu murdepunktides, samuti torude läbimõõt ja langud. Iseloomulikes kohtades märgitakse ka kuivendusdreenide langud. Kogujadreeni suudme kohal näidatakse ka lahtise kogujakraavi põhja kõrgus. Üksikdreenidel kõiki põhja kõrgusi ja langusid ei märgita, vaid ainult osal neist üldiseks iseloomustuseks.

Kõik kraavid ja kuivendussüsteemid nummerdatakse projekteerimisjuhendis ettenähtud märkimisviisi kohaselt. Dreenide vahekaugused kirjutatakse plaanile ainult iseloomustavates paikades.

Varem joonestati kõik projekteeritud andmed plaanile värvilistega tuššidega. See muudab originaaljoonise küll hästi piltlikuks ja hõlpsasti käsitatavaks, kuid valguskoopiad ei tule sellest kõikides osades selgesti välja. Seepärast on värvilisest esitusest loobutud. Kõik andmed märgitakse plaanile musta tuššiga. Plaan, nagu kogu muugi graafiline materjal, joonestatakse vahapaberile (kalkale), millest hiljem tehakse vajalik arv valguskoopiaid.

Igal plaanil (kui aga plaan koosneb mitmest plaanilehest, siis vähemalt esimesel neist) tuuakse ära ka plaanil kasutatud tingmärkide seletus.

Kahestaadiumilise projekteerimise korral on kuivendusvõrgu plaan eelprojekti staadiumis põhiliselt samasugune kui ühestaadiumilisel projekteerimisel. Erinevus on ainult selles, et andmeid märgitakse plaanile vähem. Näiteks kirjutatakse drenaažisüsteemi suudmekõrgused välja ainult suurematel süsteemidel, kogujate murdepunktide põhja kõrgusi ei kirjutata; samuti jäetakse tavaliselt märkimata langud. Ka lahtistel magistraal- ja kogujakraavidel pole langude ja põhja kõrguste juurdekirjutamine kohustuslik.

Tööjooniste staadiumis on kuivendusvõrgu plaan seevastu detailsem ja täielikum kui ühestaadiumilise projekteerimise korral. See plaan tuleb juba anda sellise täielikkusega, et selles leiduksid kõik andmed, mis on vajalikud töö tegelikuks teostamiseks. Projekteeritud põhja kõrgused ja langud tuleb anda mitte ainult kõigile lahtistele kogujatele, vaid ka kõigile kogujadreenidele ja rühmiti kuivendusdreenidelegi. Iga kogujadreeni suudme juures on vaja ära näidata ka lahtise koguja põhja kõrgus selles kohas. Kõik kogujadreenid märgitakse plaanil tugevama joonega kui kuivendusdreenid. Et enamik kogujadreene tavaliselt on 7,5-sentimeetrise läbimõõduga, ei tarvitse plaanil nende läbimõõtu juurde kirjutada. Läbimõõdud tuleb märkida ainult neile kogujadreeni osadele, mis on jämedamad kui 7,5 sm. Dreenide vahekaugus peab olema märgitud küllaldase tihedusega, et ei saaks tekkida eksitusi dreenide märkimiseks loodusesse. Samuti peab eri tingmärkide abil olema laudtoru- ja freestorudrenaaž eraldatud savitorudrenaažist. Kõik ehitamisele kuuluvad vesiehitised peavad samuti olema plaanile märgitud ühes vajalike kõrgusarvudega.

Kultuurtehniliste tööde plaan on mõõtkavas 1 : 10 000 või ka suuremas mõõtkavas plaan, mis iseloomustab projektiga hõlmatud maa-ala käesolevat seisukorda ja annab andmeid tööde mahu arvutamiseks, mis on vajalik maa viimiseks kultuurseisundisse, s. o. juurimise, kivide koristamise, vanade kraavide ja aukude täisajamise ja maapinna tasandamise kohta. Sellele plaanile ei ole reljeefi peale kantud, samuti pole sellel projekteeritud kuivendussüsteeme, välja arvatud lahtised magistraal- ja kogujakraavid ning piirdekraavid. Selle asemel on aga sinna vastavate tingmärkidega kantud kultuurtehniliste tööde raskust ja mahtu iseloomustavaid andmeid. Kui maaparandusega seoses loetletud kultuur-

tehnilisi töid ei esine, siis langeb loomulikult ära ka kultuurtehniliste tööde plaani valmistamise vajadus.

Profiilid. Kui detailkuivendusvõrgu rajamisega seoses tuleb süvendamisele ka magistraal- või kogujakraav, siis valmistatakse nende kohta pikiprofiilid. Samuti on pikiprofiili joonestamine vajalik uue magistraalkraavi või suurema koguja kaevamise korral.

Pikiprofiil valmistatakse erinevas pikkus-(horisontaal-) ja kõrgus-(vertikaal-) mõõtkavas (vt. lisa 10). Pikkus- ehk horisontaalmõõtkavaks võetakse tavaliselt 1 : 5000 või sama mõõtkava, mis oli kuivendusvõrgu plaanil. Kõrgused kantakse tavaliselt peale mõõtkavas 1 : 50, suurte langude puhul aga 1 : 100.

Pikiprofiilis näidatakse: ülal graafiliselt maapind, projekteeritud ja olemasolev kraavi põhi, vee arvutatud seisud ja sondeerimisandmed, all aga arvuliselt maapinna ja projekteeritud kraavi põhja kõrgused, kraavi sügavus, lang, põhja laius, nõlvus, pealtlaius, vaiade numbrid ja nende vahekaugused ning kaugus algpunktist. Pikiprofiili graafilises osas näidatakse ka kraaviga ristuvad teed. sillad, truubid, paisud, sissesuubuvad lahtised veejuhtmed ja kogujadreenid.

Pikiprofiilid koostatakse algul millimeetripaberile, hiljem aga joonestatakse puhtalt ümber vahapaberile.

Peale magistraal- ja kogujakraavide on vaja joonestada pikiprofiilid ka pikemate ja raskemates reljeefitingimustes asetsevate kogujadreenide kohta.

Kogujadreeni pikiprofiil joonestatakse analoogiliselt magistraalkraavi pikiprofiilile, kuid horisontaalmõõtkavaks võetakse enamasti 1 : 2000. Kogujadreeni pikiprofiilil näidatakse ära kogujadreeni põhi ja tähistatakse temasse suubuvad harukogujad, kuna suubuvaid kuivendusdreene ei näidata. Samuti näidatakse setteja kontrollkaevud, astangud, ristumine teedega jms. Graafilisest osast allpool antakse numbriliselt sentimeetrise täpsusega maapinna kõrgus, projekteeritud dreeni põhja kõrgus, projekteeritud dreeni sügavus, dreeni põhja lang, vaiade vahekaugus ja nende numbrid.

Kogujadreeni pikiprofiili joonestamine kergendab märksa dreeni põhja otstarbekohast projekteerimist. Seepärast tuleb teha pikiprofiilid vähemalt pikemate ja väiksema languga kogujadreenide kohta.

Kui koos drenaaži rajamisega on vaja korrastada olemasolevaid vanu magistraal- või kogujakraave, siis tuleb mullatöö mahu määramiseks mõõta nende ristlõikeid. Ristlõike mõõtmise andmete alusel joonestatakse millimeetripaberile ristprofiilid, tavaliselt mõõtkavas 1 : 50 või 1 : 100. Ristprofiilil näidatakse vana kraavi ristlõige ja projekteeritud kraavi ristlõige, samuti ka erinevad pinnasekihid ja nende ristlõikepindalad. Igale ristprofiilile märgitakse juurde vaia number ja kraavi põhja kõrgus. Ristprofiilid joonestatakse samuti algul millimeetripaberile ja hiljem puhtalt vahapaberile.

Kraavi ristprofiilid on vaja teha kõigi sildade, truupide ja paisude kohalt.

Erijoonised tuleb teha dreenisuudmete, sette- ja imbkaevude, kogujadreeni kindlustatud suudmete, sildade, truupide, paisude, loomade jootmise kohtade jms. kohta. Ka on soovitatav erijoonistega näidata ühenduskohtade tegemist. Märgitud elementide kohta esitatud joonised kergendavad märgatavalt nende tegelikku valmistamist ja aitavad kaasa nende õigele, nõuetele vastavale ehitamisele. Tavaliselt on nende kohta kasutada tüüpjoonised, mistõttu uute tegemise vajadus enamasti ära langeb, valmistatakse ainult valguskoopiad juba olemasolevatest joonistest. Kui aga tüüpjoonist mõnel konkreetsel juhul pole võimalik kasutada, siis tuleb teha uus joonis.

b) Projekti tekstiline osa

Tekstiline osa on täienduseks ja seletuseks projekti graafilise materjali juurde. Projekti tekstiline materjal jaguneb tavaliselt kolme ossa: a) seletuskiri koos lisadega, b) tööde mahu arvutus ja c) tööde eelarve. Suuremate projektide eelarve esitatakse sageli iseseisva osana.

Seletuskiri koostatakse projekteerimisjuhendis antud eeskirjade kohaselt. Seal esitatakse sellised vajalikud andmed, mis otseselt ei selgu projekti graafilisest osast. Seletuskirjas tuleb lühidalt ja asjalikult selgitada kõike olulist ja hoiduda seda pikaks venitamast.

Seletuskirja üldosas kirjeldatakse objekti asukohta, suurust, selle uurimise aega, uurimistööde sisu, mainitakse uurimist teostanud organisatsiooni nimi jne.

Agroökonoomilises kirjelduses antakse ülevaade majandi (või kui neid on mitu, siis kõigi) käesoleva momendi olukorrast, maade kasutamise viisist, kõlvikute jaotusest, puudustest maade kasutamises ja vajadusest olukorra parandamiseks maade parandamise teel, enamasti eriti söödabaasi kindlustamise osas.

Hüdrotehnilises kirjelduses selgitatakse liigniiskuse põhjusi ja neid hüdromelioratiivseid abinõusid, mis on vajalikud maade parandamiseks, samuti põhjendatakse ka valitud mooduleid, norme ja kuivenduse intensiivsust. Selles osas käsitletakse ka vajalikuks peetavaid agromelioratiivseid abinõusid.

Kultuurtehnilisi töid käsitlevas peatükis antakse kokkuvõtlikul kujul ülevaade vajalikest juurimis-, kivide koristamise, maapinna tasandamise ja muudest sellelaadilistest töödest.

Tööde teostamist käsitlevas peatükis antakse juhendeid üksikute tööliikide tehnilise külje kohta ja määratakse nende teostamise tingimused. Peale selle näidatakse ära, kuidas on otstarbekohasem töid organiseerida ja millised mehhanismid ning materjalid on vajalikud tööde läbiviimiseks.

Tööde maksumust käsitlevas peatükis võetakse lühidalt kokku tööde maksumus ja analüüsitakse kulude suurust üksikute tööliikide osas.

Maaparandustööde majanduslikku efektiivsust käsitlevas peatükis analüüsitakse tulemusi, mida maaparandusega saavutatakse, ja esitatakse kalkulatsioonid ettevõtte tasuvuse kohta.

Lõpuks käsitletakse lühidalt maaparanduslike ehitiste ekspluatatsiooniga seoses olevaid küsimusi ja kuivendusvõrgu ning selle ehitiste korrashoidu.

Tähtsamad arvulised näitajad tööde mahu, materjalide, mehhanismide ja tööjõu vajaduse ning maksumuse kohta esitatakse eraldi väljavõttena projektist põhiliste näitajate tabeli kujul.

Projekti juurde seletuskirja ette lisatakse tavaliselt ka korraldus projekteerimiseks, mille põhjal projekt on koostatud, ja protokoll projekti kooskõlastamise kohta.

Peale selle lisatakse seletuskirjale loodimisreeperite nimekiri koos reeperite kirjelduse ja kõrgusega, hüdrauliliste arvutuste kokkuvõte ning parandatavate pindalade koondtabel, milles kokkuvõtlikult on toodud parandataval maal tehtavate tööde maht ja parandatav pindala.

Tööde mahu arvutus esitatakse projekti juurde kokkuvõtetena tabelite kujul. Selliseid tabeleid esitatakse tavaliselt lahtiste kraavide kaevamise tööde kohta, drenaaži mullatööde ja materjalide kohta, hüdrotehniliste ehitiste — sildade, truupide, settekaevude jm. kohta. Kõik tööde mahu tabelid koostatakse sellisel kujul, et neis leiduksid kõik andmed, mis on vajalikud eelarve koostamiseks.

Lahtiste kraavide mullatööde mahu arvutamine toimub teatavasti prismatoidi valemi alusel ja selliste (tavaliselt 50—100 m pikkuste) osade viisi, mida ilma suurema veata võib lugeda geomeetrilise prismatoidiga sarnanevaks kehaks. Kahe naabervaia vahelise kraaviosa mullatöö maht oleks selle järgi:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l - \frac{(h_1 - h_2)^2 \cdot m \cdot l}{6},$$

kus V — mullatööde maht kahe lähisvaia 1 ja 2 vahel (m^3);
F_1 — kraavi ristlõikepind vaia 1 juures (m^2);
F_2 — kraavi ristlõikepind vaia 2 juures (m^2);
h_1 — kraavi sügavus vaia 1 juures (m);
h_2 — kraavi sügavus vaia 2 juures (m);
m — kraavi nõlvuse tegur; (nõlvuskoefitsient);
l — vaiade 1 ja 2 vahekaugus (m).

Arvutustööde lihtsustamise mõttes kasutatakse aga seda valemit tavaliselt lihtsustatud kujul:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l.$$

Viga, mis mullatööde mahus selle lihtsustatud valemi kasutamisel tehakse, on tavaliselt nii väike, et see võib jääda arvesse võtmata, sest tavaliselt kasutatavate nõlvuste juures jääb see viga isegi 0,3-meetrise sügavuste vahe puhul kahe naabervaia vahel 2% piiridesse. Viga kasvab küll võrdeliselt sügavuste vahe ruuduga, kuid ka sügavuste vahe korral 0,45 m (kraavil, mille nõlvus on $1 : 1^1/_2$) pole see suurem kui 5%. Selline viga on aga mullatööde arvutamisel veel täiesti lubatav.

Mullatööde arvutamise hõlbustamiseks on koostatud vastavad tabelid. Kui küsimuses on olemasoleva kraavi laiendamine ja süvendamine, siis tuleb mullatööde arvutamisel uue kraavi ristlõikepindalast vana maha arvata. Väiksematel vanadel kraavidel, mille põhja laius on kuni 1 m, võib ilma suurema veata arvutada vana kraavi ristlõikepindala suurust valemi $F=0{,}67\ bt$ abil (kui on tegemist parabooli segmendiga sarnaneva ristlõikega) või valemi $F=0{,}79\ bt$ abil (kui vana kraavi ristlõige on lamedam, sarnanedes rohkem ellipsi segmendiga). Neis valemeis on b vana kraavi laius pealt ja t vana kraavi sügavus (keskelt mõõdetuna).

Samu valemeid võib kasutada mullatööde mahu arvutamiseks vanade kraavide kinniajamisel.

Drenaažikaevikute mullatööde mahu arvutamine oleneb kaevikute kaevamise viisist. Kui kaevikud kaevatakse ekskavaatoriga, siis saavad nad tavaliselt konstantse laiusega püstkülikukujulise ristlõike. Kaeviku keskmine ristlõikepindala on siis:

$$F_k = t_k \cdot b,$$

kus F_k — kaeviku ristlõike keskmine pindala (m^2);
t_k — kaeviku keskmine sügavus (m);
b — kaeviku laius (m).

Kaeviku mullatööde maht on järelikult:

$$V = F_k \cdot l,$$

kus V — kogu kaeviku mullatööde maht (m^3);
F_k — kaeviku keskmine ristlõike pindala (m^2);
l — kaeviku pikkus (m).

Kaeviku keskmine sügavus t_k arvutatakse aritmeetilise keskmisena kaeviku eri kohtades määratud sügavustest.

Pisut teistsuguseks kujuneb mullatööde mahu arvutamine siis, kui kaevikud kaevatakse kraaviadra abil ja süvendatakse ning viimistletakse käsitsi. Sel juhul kaevab kraaviader praktiliselt konstantse sügavuse ja ristlõikega kraavi, kuid käsitsi teha jääva süvendamise ja viimistluse maht on muutuv, olenedes dreeni projekteeritud sügavusest. Kraaviadrad, mida dreenikaeviku tegemiseks kasutatakse, võivad teoreetiliselt kaevata kraavi sügavusega 0,8 m ja ristlõikepindalaga 0,8 m^2. Tegelik sügavus jääb aga paiguti väiksemaks ja teataval määral esineb ka väljaküntud maa tagasivarisemist kraavi. Selle tõttu arvestatakse kraaviadra kasutamise

puhul kraavi ristlõikepindalaks mitte 0,8 m², vaid 0,75 m². Käsitsi täiendavalt kaevatava osa maht oleneb nõutavast dreenikaeviku sügavusest ja suureneb sügavuse suurenemisega, nagu on näidatud tabelis 58.

Tabel 58

Mullatööde maht sõltuvalt kaeviku sügavusest

Dreenikaeviku sügavus (m)	Kaeviku maht (m³/jm)		
	Kraaviadraga	Käsitsi	Kokku
0,80	0,75	0,05	0,80
0,85	„	0,07	0,82
0,90	„	0,09	0,84
0,95	„	0,11	0,86
1,00	„	0,13	0,88
1,05	„	0,15	0,90
1,10	„	0,17	0,92
1,15	„	0,20	0,95
1,20	„	0,22	0,97
1,25	„	0,25	1,00
1,30	„	0,27	1,02
1,35	„	0,31	1,06
1,40	„	0,34	1,09
1,45	„	0,37	1,12
1,50	„	0,41	1,16
1,55	„	0,44	1,19
1,60	„	0,47	1,22

Selliseid dreenikaevikuid, mida tuleb kaevata käsitsi, ei tehta päris püstseinalistena ega ka lamedanõlvalistena. Töömahu kokkuhoiu mõttes püütakse kaevik teha minimaalse laiusega. Siiski tuleks kaeviku põhja laiuseks arvestada vähemalt 0,2 m ja nõlvuseks 1 : 0,25 või isegi 1 : 0,5. Viimast tuleks kasutada juhul, kui kaevamine toimub varisevas pinnases või kui kaeviku suurem laius on soovitav vee kiirema äravoolu soodustamiseks künnikihist.

Ristlõike kujult on sellised kaevikud igal juhul trapetsid ja nende mullatööde mahu arvutamine toimub analoogiliselt samasuguse ristlõikega lahtiste kraavide mahu arvutamisele.

Mullatööde arvutused moodustavadki suurema osa kõigist tööde mahu arvutustest. Muus osas, nagu sildade, torutruupide või muude ehitiste osas on arvutust vähe, pealegi kasutatakse maaparanduses enamasti tüüpehitisi, mille tegemise tööde maht on juba varem valmis arvutatud.

Materjalide tarbe tabelitest on tähtsamad: savitorude tarbe tabel, puitmaterjali tarbe tabel, samuti tsemendi, ehitusnaelte ja muude fondeeritud materjalide tarbe tabelid.

Eelarve tööde maksumuse kohta koostatakse kehtivate normatiivide alusel, pidades silmas tööde maksimaalset mehhaniseerimist ning võimalikult suurt kokkuhoidu tööjõu ja materjalide kulus.

On otstarbekohane koostada eelarve üksikute tööliikide viisi:

1) magistraal- ja kogujakraavide kaevamine, 2) detailkuivendustööd, 3) teede, sildade ja truupide ehitamine, 4) kultuurtehnilised tööd ja maade ülesharimine ning 5) muud kulud, kuhu kuuluvad ettenägemata kulud ja progressiiv-premiaalne töötasu.

Kui objekt jaguneb sellisteks osadeks, mis kujutavad endast omaette, iseseisvalt teostatavaid osi, siis on otstarbekohane koostada eelarve selliste osade kaupa.

Kogu objekti kohta tehakse kõikide tööde ja osade kokkuvõttena lõpuks üks ühine koondeelarve. Suurematel objektidel tehakse mõnikord eelarve juurde ka eraldi seletuskiri.

XIV. DRENAAŽI EHITAMINE

1. ÜLDISED NÕUDED

Drenaaži ehitamine on üks vastutusrikkamaid etappe maa kuivendamisel, sest selles osas tehtavaid vigu on hiljem väga raske parandada. Heast projektist on vähe kasu, kui tööd selle järgi tehakse halvasti. Kogemused on näidanud, et drenaaži ebarahuldava toimimise põhjuseks on enamasti olnud just drenaaži ehitamise töödes tehtud vead. Seepärast tuleb drenaaži ehitamisel olla väga nõudlik töö kvaliteedi suhtes.

Esimeseks tingimuseks on tööde asjatundlik juhtimine. Drenaažitööde juhataja peab olema suuteline mitte ainult projekti ellu rakendama, vaid seda ka analüüsima ja tarbe korral mõnes üksikosas isegi muutma. Üldiselt ei saa küll soovitada projektis mingit muudatust ette võtta ilma projekti koostajaga konsulteerimata. Pahatihti juhtub nimelt, et puudulikult läbikaalutud või koguni asjatundmatu muudatus projektis võib kasu asemel kahju tuua, seda eriti neil juhtudel, kui muudatust tahetakse läbi viia ainult selleks, et tööd kergendada või töömahtu vähendada.

Kuid võib esineda ka selliseid juhtusid, et muudatusega on võimalik tööd hõlbustada, drenaaži kuivendustoimet seejuures vähendamata. Samuti võib tööde käigus tekkida tarvidus asetada mõni lisadreen allikalisse (keete-) kohta süsteemi maa-alal või võtta ette muudatus kuivendajate tiheduses või mõni muu selletaoline väiksema ulatusega muudatus. Suuremate kogemustega tööde juhataja on enamasti suuteline sellist muudatust otstarbekohaselt tegema, konsulteerides eelnevalt projekti koostajaga.

Kuid mitte ainult tööde juhataja, vaid ka töö tegijad — ekskavaatorijuht, drenaažitöölised jt. — peavad olema oma ala asjatundjad ja kohusetundlikud inimesed. Drenaažitöödel on palju sellist, mida hiljem pole võimalik küllaldaselt kontrollida; siin tuleb tööandjal suurel määral jääda lootma töö tegija aususele ja kohusetundele.

Teine asjaolu, mida tuleb arvestada, on sobiva aja valik drenaažitöödeks. Lubamatu on planeerida drenaaži ehitamine hilissügisele või talvele — ajale, millal pinnas on külmunud või selles on väga palju vett. Kõige sobivamaks drenaažitööde tegemise ajaks on suvekuud. Kui drenaaži hakatakse ehitama kasutusel olevatel maadel, eriti põllumaal, tuleb arvestada ka seda, et

majandi tootmistegevust võimalikult vähe häiritaks, ja sellest lähtudes on vaja drenaaži ehitamiseks valida selline aeg, millal põld on vaba. Selles mõttes on näiteks väga sobiv kuivendada põllumaad sellel aastal, millal küsimuses olev väli on kesa all. Rohumaid on otstarbekohane drenaaži alla võtta sellel aastal, millal need kuuluvad kündmisele. Teraviljapõldudel on enamasti võimalik drenaažitöid teha veel vahetult pärast viljakoristamist. Pole aga soovitatav ehitada drenaaži sellisel põlluosal, mis järgmisel aastal läheb juurvilja või muude sügavalt juurduvate kultuuride alla. On nimelt tähele pandud, et sügavalt juurduvad taimed kasutavad ära kobedamat pinnast dreenikaevikus ja ajavad seal oma juured sügavamale kui mujal; nii võivad need ulatuda ka dreenidesse ja põhjustada seal ummistumist.

Hea organiseerimise ja ettevalmistuse korral on võimalik tööd korraldada niiviisi, et drenaaži ehitamine langeks suvekuudele, kõik ettevalmistustööd aga teha juba varem. Nii võib näiteks kive koristada, kände juurida ja võsa raiuda juba eelmisel sügisel või hiljemalt kevadel. Talv sobib metsa ülestöötamiseks, drenaažitorude kohaleveoks jms.

Maaparandustööde teostamise kohta on välja töötatud ja Eesti NSV Ministrite Nõukogu määrusega nr. 175 25. V 1957 kehtestatud tehnilised tingimused, milles käsitletakse tähtsamaid maaparandustööde teostamise nõudeid. Drenaažisse puutuvas osas on need tingimused järgmised.

Väljavõte «Maaparandustööde tehnilistest tingimustest Eesti NSV-s» drenaaži ehitamise osas

25. Drenaaži ehitamine peab toimuma pideva tehnilise järelevalve ja kontrolli all. Drenaažitööde juhatajaks peab olema isik, kellel on küllaldaselt teadmisi drenaaži konstruktsioonide ja tööde teostamise kohta ning kes töö käigus on võimelinę seoses konkreetsete ehitustingimustega tegema põhjendatud ettepanekuid drenaažkuivenduse projekti võimaliku muutmise kohta (vastavalt pinnase-, maapinna reljeefi või situatsioonitingimustele).

26. Projekti muutmist võivad tingida:

a) maapinna reljeefi detailid, mida ei ole arvestatud projekti koostamisel;

b) pinnase iseloomu lahkuminekud projektis näidatust;

c) eriti veerohkete allikate avastamine tööde käigus;

d) situatsiooni detailide erinevus looduses, võrreldes projektiga;

e) projektis ettenähtud ehitusmaterjalide puudumine;

f) ratsionaalsemate lahenduste leidmine, võrreldes projektis ettenähtuga.

27. Dreenikaevikute kaevamisel peab olema alati tagatud vee äravool kaeviku põhjast.

28. Dreenikaevikut ei tohi kaevata sügavamaks, kui see on

projektis ette nähtud. Kaeviku põhja täitmiseks selle sügavamaks kaevamise esinemisel on soovitatav kasutada kruusa. Kruusa puudumisel on lubatud täitematerjalina kasutada ka mulda, kuid siis tuleb dreenitoru alla asetada laud. Dreeni sügavuseks loetakse vahekaugust maapinnast kaeviku põhjani.

29. Dreeni lang ei tohi projektis ettenähtud dreeni teoreetilisest langust (ükskõik kui pikkades dreenilõikudes) erineda rohkem kui:

Projektis ettenähtud lang (‰)	Lubatud kõrvalekaldumine projekteeritud langust (‰)
väiksem kui 3	0,5
3—6	1,5
suurem kui 6	2,0

30. Kui dreenikaeviku põhjaks on turvas ja dreeni materjaliks kasutatakse keraamilisi või muust materjalist lühikesi torusid, tuleb tagada torude ühtlane vajumine kogu dreeni ulatuses. Selleks peab torud asetama kindlale (kunstlikule) alusele. Aluse materjalina on lubatud kasutada laudu või sirgeid latte. Kui dreeni põhja ja mineraalaluspõhja vahele jääb ainult õhuke turbakiht, on soovitatav see eemaldada ja kaeviku põhi täita kinnitambitava kruusa või liivaga.

31. Vesiliiva esinemisel tuleb võimalust mööda vältida dreeni asetamist sellesse. Sel juhul on koos dreenide vahekauguste vähendamisega lubatud vähendada ka dreeni sügavust kuni 0,75 meetrini. Vesiliivpinnasesse asetatud drenaažitorude liitekohad tuleb kogu perimeetri ulatuses vähemalt 5 sm paksuselt filtreeriva materjaliga kindlalt isoleerida. Filtreerivaks materjaliks kasutada kruusa, jämedat liiva, rohelisi samblaid, turbasammalt (sfagnumit) ja rohumättaid (rohukamar allapoole).

Dreenide liitekohtade katmine filtreeriva materjaliga on kohustuslik veel järgmistel juhtudel:

a) kui dreen läbib rauaühenditerikast pinnast;
b) kui dreeni lang on alla 0,002, s. o. alla 0,2%;
c) kui dreen asetatakse raskesse savimaasse.

32. Dreenide läbiviimine kivide, kändude või puude alt ei ole lubatud.

33. Dreeni trassidel esinevail kõverikel peab olema kõverusraadius, mille juures üksikute torude liitekohtade pilud jäävad lubatavatesse piiridesse.

Dreeni telgjoone minimaalselt lubatud kõverusraadiust määratakse sirgete torude puhul valemiga

$$R = l \cdot \frac{d+t}{s},$$

kus R — dreeni telgjoone kõverusraadius (sm);
d — toru siseläbimõõt (sm);
t — toru seina paksus (sm);
l — üksiku toru pikkus (33 sm);
s — torude liitepilu lubatud laius (sm).

34. Üksikute torude liitekohad peavad olema küllalt tihedad. Liidete pilu kõige suurem laius naabertorude otste sisemiste perimeetrite vahel mõõdetult ei tohi ületada dreeni sirgetel osadel 2 mm ja kõverikel 3 mm. Torud tuleb paigaldada nii tihedalt, et neid ei saaks üksikult välja tõsta.

35. Keraamilised (savist) drenaažitorud tuleb enne nende paigaldamist sorteerida. Standardile mittevastavaid torusid ei ole lubatud drenaaži ehitamisel kasutada. Kollektorite ehitamiseks on lubatud kasutada ainult kvaliteetseid torusid. Madalamat sorti torusid on lubatud kasutada kuivendusdreenide ülemises osas, kuid mitte üle $^1/_3$ dreeni pikkuse ulatuses.

36. Puidust drenaažitorude valmistamiseks on lubatud kasutada järgmisi puuliike: mändi, kuuske, nulgu, lehist, tamme, saart, haaba, leppa. Pehkimistunnustega puidu kasutamine ei ole lubatud.

Laudtorudreenide valmistamiseks kasutatavate laudade minimaalne lubatud paksus on 12 mm. Freestorudreeni seina minimaalne lubatud paksus on 20 mm (ilma kooreta) või erandjuhtumitel (tingitult puidu kõverusest) 10 mm.

37. Puitdreenidesse tuleb vee vaba pääsemine tagada vastavate pilude jätmisega. Pilude maksimaalseks laiuseks võib olla 2 mm.

38. Dreenide paigutamine puudele või põõsastele ligemale kui 10 m on lubatud ainult kaitseabinõude tarvituselevõtmisel, mis väldivad juurte tungimise dreenidesse.

39. Dreenide ülemised otsad tuleb sulgeda nii, et dreenidesse ei satuks mulda. Keraamiliste torude sulgemine puitpunnidega ei ole lubatud.

40. Külgdreenide ühendamine kogujatega peab olema stabiilne ja tihe. Ühendusviis peab olema projektis ette nähtud. Pealtühenduse korral ei tohi külgneva dreeni esimene toru ulatuda rohkem kui $^1/_3$ võrra oma pikkusest üle kogujadreeni ja ta peab olema mõlemast otsast hästi toetatud. Külgneva toru vaba ots peab olema kindlalt suletud. Ühendus tuleb teha kogujadreeni ühe toru keskpaika. Kahe kuivendajadreeni ühendamine ühte ja samasse kogujadreeni torusse ei ole lubatud. Ühenduskoht tuleb hästi katta torukildudega ja filtreeriva materjaliga või tsementmördiga.

41. Dreenisuudmeteks tuleb kasutada spetsiaalseid suudmetorusid. Suudmetoru on vaja paigaldada nii, et see ei nihkuks ei horisontaal- ega vertikaalsuunas.

42. Dreenisuudmed tuleb juhtida lahtisesse kogujasse vee

voolamise suunas, kusjuures nendevaheline nurk peab olema 60—90°.

43. Lahtise kogujakraavi nõlv dreeni suudme juures peab olema uhtumise vastu kindlustatud.

44. Drenaažisüsteemis olevad kontrollkaevud võivad olla oma ülemise servaga maapinnal või allpool seda. Kaevud peavad olema kindlalt suletud ja kaitstud mulla või prahi sattumise eest kaevu. Maapinnani mitteulatuvate kaevude ülemine serv peab olema vähemalt 0,40 m maapinnast sügavamal.

45. Turbamaade kuivendamisel drenaažiga on soovitatav neid eelkuivendada.

46. Enne dreenikaeviku kinniajamist tuleb kontrollida dreeni langu (nivelleerimisega), drenaažitorude paiknemise sügavust ja paigaldamise vastavust tehnilistele tingimustele. Töö vastavuse korral koostatakse varjatud tööde akt ja antakse luba drenaažikaeviku kinniajamiseks.

47. Dreenikaeviku kinniajamine peab toimuma kahes järgus. Algul tuleb dreenitorud ettevaatlikult katta peenestatud mullaga, mille paksus torude peal peab olema 20—30 sm. Dreenikaevikute täielik kinniajamine on lubatud alles pärast seda, kui kõik ühte süsteemi kuuluvad dreenid on paigaldatud.

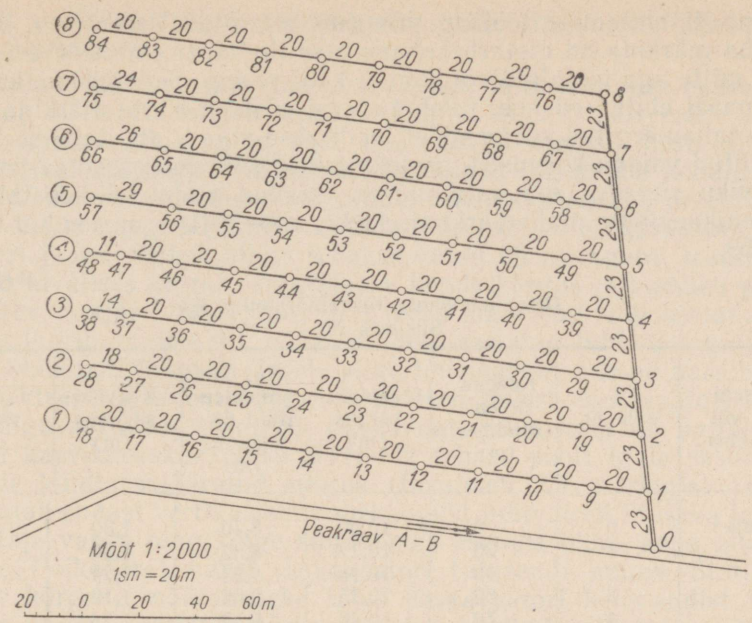
48. Dreenikaeviku kaevamisel väljavõetud kive, mis on suurema mahuga kui 1 dm^3, ei ole lubatud kasutada kaeviku täitmiseks.

Savistes pinnastes tuleb dreenikaeviku täitematerjal veeläbilaskvuse suurendamiseks segada kõdumullaga.

Loetletud nõuded on kohustuslikud kõigile maaparandustöid teostavatele organisatsioonidele, asutustele ja ettevõtetele.

2. DRENAAŽISÜSTEEMIDE MAHAMÄRKIMINE

Esimene ülesanne drenaažitööde teostamisele asudes on süsteemide mahamärkimine, s. o. projektilt loodusesse ülekandmine. Drenaažiprojekti (kuivendussüsteemide plaani) järgi mõõdetakse kõigepealt välja kogujate suudmekohad, nende lõpp-punktid ja kõik vahepealsed suuna käändepunktid ning tähistatakse väljamõõdetud punktid sihikeppidega. Edasi mõõdetakse projekti andmetel välja kuivendusdreenide suubumise kohad kogujaisse; need punktid koguja sihil tähistatakse samuti sihikeppidega, kusjuures selguse mõttes on soovitatav lõigata neile sihikeppidele laba sisse ja kirjutada sellele pliiatsiga või metsakriidiga sissesuubuva dreeni number. Kuivendusdreenide suubumiskohta tähistavad tähised tuleb täpselt koguja sihile asetada. Kui see on tehtud, tähistatakse ühe või, veel parem, kahe tähisega ka kuivendusdreenide sihid. Tavaliselt on kuivendusdreenide sihid üksteisega paralleelsed; seetõttu on otstarbekohane märkida algul maha ühe, äärmise kuivendusdreeni siht, siis selle ristsiht ja ristsihil mõõta projektis



112. Drenaažisüsteemi mahamärkimise skeem (vähendatud).

ettenähtud dreenide vahekaugused. Neisse väljamõõdetud punktidesse tuleb paigutada tähised ja selle järel ristsihi enda tähistamiseks asetatud tähised kõrvaldada, sest need võivad edaspidist märkimist segada. Ülejäänud, dreenide vahekaugust tähistavate tähiste ja kuivendusdreenide suubumispunkte kogujadreeni sihil tähistavate tähiste järgi on hõlpus välja märkida kõikide samasuunaliste kuivendusdreenide sihte. Seda tehakse vaiade abil, mis asetatakse tavaliselt 20-meetriste vahemaadega, kui maapind on enam-vähem tasane või ühtlase languga. Muutliku reljeefi korral tuleb vaiade vahe valida nii, et vaiad satuksid reljeefi murdepunktidesse. Asetatud vaiad nummerdatakse järjekorras ja nende kõrvale lüüakse loodimisvaiad, jättes need maapinnaga tasa või, veel parem, umbes 1 sm võrra maapinnast kõrgemale. Üheaegselt dreenisihtide tähistamisega ja vaiatamisega peetakse väliraamatut või koostatakse skits, millele mõõtkavas 1:1000 kantakse peale mahamärgitava süsteemi asend kõikide dreenisihtidega sedamööda, kuidas need vaiatatakse. Ka vaiade numbrid ja vahekaugused märgitakse skitsile. Vahekauguste asemel võib märkida ka kaugused dreeni suudmest.

Mahamärkimise skitsid valmistatakse tavaliselt eraldi iga drenaažisüsteemi kohta. Üsna väikeste süsteemide märkimisel võib olla ka üks ühine skits mitme süsteemi kohta.

Ei ole soovitatav teostada mahamärkimist korraga suurel maa-alal, sest tähised ja loodimisvaiad võivad enne ära kaduda, kui

drenaaži ehitamise tööjärg viimaste märgitud dreenideni jõuab. Maha märkida on otstarbekohane otse drenaaži ehitusele asumise eel, mitte aga nädalaid või koguni kuid varem. Sedamööda, kuidas drenaaži ehitus edeneb, tuleb ka uusi süsteeme ette märkida.

Mahamärgitud süsteemidel looditakse vaiad, arvutatakse välja looditud vaiade kõrgused, projekteeritud põhjakõrgused ja dreenikaeviku sügavus iga vaia juures. Saadud andmetel koostatakse dreenikaevikute mahamärkimise leht, mille näidis on toodud tabelis 59.

Tabel 59

Dreenikaevikute mahamärkimise leht
Süsteem nr. 3

Dreeni nr. või nimetus	Vaia nr.	Kaugus dreeni suudmest (m)	Maapinna kõrgus (m)	Kaeviku projekteeritud põhjakõrgus (m)	Kaeviku sügavus (m)	Lang %
Koguja	0	0	10,00	8,70	1,30	0,6
	1	20	10,12	8,82	1,30	
	2	40	10,18	8,94	1,24	
	3	60	10,25	9,06	1,19	
	4	70	10,40	9,12	1,28	
	5	80	10,55	9,18	1,37	
	6	100	10,65	9,30	1,35	
	7	115	10,69	9,39	1,30	
1	1	0	10,12	8,86	1,26	0,5
	8	20	10,20	8,96	1,24	
	9	40	10,30	9,06	1,24	
	10	60	10,35	9,16	1,19	

Dreenikaevikute mahamärkimise lehelt kirjutatakse kaeviku sügavused vastavatele vaiadele, aga väljavõte lehest sügavuse andmetega iga vaia juures ja mullatööde mahuga iga dreeni kohta, mis arvutatakse dreeni pikkuse ja keskmise sügavuse järgi, antakse brigadirile või lülivanemale.

Kui dreenikaevik kaevatakse kraaviadraga ja täiendav süvendamine ning põhja tasandamine tehakse käsitsi, siis märgitakse algul loodusesse ainult dreenikaevikute sihid väheste, ca 2 m pikkuste sihikeppide abil. Nende sihtide järgi kaevatakse kraaviadraga kraavid, mille sügavus tavaliselt on 0,7—0,8 m. Seejärel vaiatatakse kraavid, kusjuures numbri- ja maapinnavaiad asetatakse kraavi pervele. Mahamärkimise skitsi koostamine, vaiade loodimine ja dreenikaevikute mahamärkimise lehe koostamine ning kõik muud tööd toimuvad eespool kirjeldatud viisil, samuti nagu kaevikute käsitsi kaevamise puhul.

Mahamärkimisel tuleb kinni pidada kinnitatud projektist ja seda niihästi süsteemide asendi kui ka dreenide põhjakõrguste ja ühendusviisi osas. Kui tekib põhjusi mõnesugusteks muudatusteks, siis tuleb enne selles asjas konsulteerida projekti koostajaga.

Kõik projektis tehtud muudatused tuleb tingimata tööjoonistel ära märkida.

Juhul, kui dreenikaevikud kaevatakse mitmekopalise ekskavaatoriga ЭТН-142, toimub mahamärkimine teistviisi. Dreenide asend tähistatakse sihikeppide abil, mis peavad olema täiesti sirged, maastikul hõlpsasti eraldatavad ja täpselt püstloodis kohale asetatud. Dreeni parempoolsel (voolu suunas) kaldal* dreenisihist 1,2—1,4 m kaugusel tuleb vaiatada teine siht — ekskavaatori juhtvaieri jaoks. Sellele sihile lüüakse vaiad 20 m tagant, looditakse need tavalises korras, arvutatakse nende kõrgus ja kaeviku põhja kõrgus. Seejärel tuleb juhtvaieri jaoks määratud sihil asetada iga vaia juurde statiiv nii, et statiividele asetatav juhtvaier pingutatud olukorras langeks sirgele viseerimisjoonele, mis on paralleelne projekteeritud dreenipõhjaga ja asetseb sellest ekskavaatori konstandiga võrduval kõrgusel. Ekskavaatori konstant on paljukopalisel kaevikuekskavaatoril ЭТН-142 tehase poolt igale ekskavaatorile kindlaksmääratud suurus (tavaliselt 2,5 m ringis) ja see kujutab endast vertikaalset vahekaugust juhtvaieril libiseva langunäitaja varda ning kõige sügavamas asendis oleva kopa alumise ääre (lõikeääre) vahel ekskavaatori tööasendi juures. Statiivide õige kõrguse määramiseks tuleb ekskavaatori konstandist lahutada dreeni arvutatud sügavus antud loodimisvaia juures. Nende arvude vahe näitabki, kui kõrgel üle looditud vaia peab juhtvaier antud vaia juures olema. Sellele vastavalt tuleb statiiv asetada nii, et sellele toetuv juhtvaier jääks arvutatud kõrgusele. Drenaaži mahamärkimislehe näidis kaevikute kaevamise puhul paljukopalise ekskavaatoriga on toodud lk. 281. Kui konstandi suurust mõnesugusel põhjusel pole teada, siis tuleb see enne ekskavaatori töö algust proovimise teel kindlaks määrata. Juhtvaier ei tohi jääda lõdvalt rippuma, vaid pingutatuna statiividele peab see moodustama sirgjoone. Vaieri õiget asendit tuleb dreenikaeviku kaevamise kestel kontrollida. Vaier peab olema venimatust materjalist ja kaalult võimalikult kerge. Soovitatav on vaier asetada kohale korraga terve dreeni pikkuselt.

L. Vassiljev[1] esitas teistsuguse viisi dreenikaevikute märkimiseks. Tema poolt soovitatud kaldkiirega trasseerimise meetodit kasutades jäävad ära dreenisihtide vaiatamine, loodimine ja juhtvaieri ülesseadmine. Selle asemel asetatakse dreenikaeviku sihi alumisse otsa sihi pikendusele loodimisaparaat ja seatakse selle viseerimisjoon paralleelseks kaevatava dreeni projekteeritud põhjaga. Ekskavaator asub dreeni trassile ja selle koparaam lastakse alla projekteeritud sügavusele. Koparaami peale püstloodis asetatud ca 0,7 m pikkusel sentimeetrijaotustega latil märgitakse kas pliiatsijoonega, peene traadiga, värvilise lõngaga või lati külge

* Ekskavaatori liikumise suuna järgi sellest vasakul pool.

[1] L. Vassiljev. Nivelliiri kasutamine kaldjoonte trasseerimiseks. «Tehnika ja Tootmine» nr. 9, 1957.

kinnitatud osuti abil (mida on võimalik vajaduse järgi seada ülesvõi allapoole) ära see koht, millele langeb ülesseatud loodimisaparaadi niitristiku keskmine horisontaalniit, kui viseerimisjoon on paralleelne dreeni projekteeritud põhjaga. Langu pidev kontrollimine toimub sel teel, et loodimisaparaadi juures seisja pidevalt jälgib, kas märgitud koht ekskavaatori koparaamile kinnitatud mõõdulatil püsib ekskavaatori edasi liikudes alaliselt viseerimisjoonel, ja märguannetega ekskavaatorijuhile signaliseerib, kui kaevamise sügavus hakkab lahku minema viseerimisjoonest.

Viseerimisjoone seadmine paralleelseks dreenikaeviku projekteeritud põhjaga toimub järgmiselt. Loodimislatt asetatakse püstloodis dreeni sihi ülemisse otsa. Loodimisaparaadiga, mis paigutatakse dreeni sihi alumise otsa pikendusele, määratakse optilise kaugusmõõtja abil lati kaugus aparaadist ja tehakse ka lugem latilt. Siis arvutatakse valemist

$$b = a + D \cdot I$$

see lugem (b), millele tuleb suunata viseerimisjoon, et see joon oleks paralleelne dreenikaeviku projekteeritud põhjaga.

Valemis on:

a — lugem dreeni ülemises otsas asuval latil (m);
D — kaugus aparaadist latini (m);
I — dreenikaeviku projekteeritud lang (absoluutarvuna).

Kui nüüd elevatsioonikruviga või aparaadi aluse tõstekruviga, mis paikneb viseerimise suunas pikksilma all, suunata niitristiku keskmine horisontaalniit lugemile b, siis on sellega viseerimisjoon asetatud paralleelseks dreenikaeviku projekteeritud põhjaga. L. Vassiljevi andmete järgi (1957. a. suvel Tartu masina-traktorijaamas teostatud katsed) on kraavi põhja õigest (sirgjoonelisest) langust kõrvalekaldumise viga olnud tema meetodi kasutamise korral keskmiselt $\pm 1{,}7$ sm, juhtvaierit ja langunäitajat kasutades aga $\pm 4{,}4$ sm. Peab aga tähendama, et kuigi Vassiljevi meetod mainitud katses võimaldas suuremat täpsust kaevamise sügavuses kui tavaline, juhtvaieri meetod, võimaldab ka viimane keskmistes töötingimustes ja hoolsa töö korral tavaliselt tunduvalt paremat täpsust, kui saavutati kõnesolevas katses.

L. Vassiljevi meetodi nõrgaks küljeks on asjaolu, et üks inimene seotakse kogu kaevamise ajaks pidevalt aparaadi abil õiget kaevamise sügavust jälgima, ilma et ekskavaatorijuht seejuures siiski vabaneks signaalide jälgimisest. Radikaalset paranemist kaevamisel sügavuse täpsuse suurendamises, s. o. õige langu pidamises kaevetöös, võib loota alles siis, kui õnnestub täielikult automatiseerida ja küllalt tundlikuks muuta kaevamise sügavuse reguleerimise seadeldis ekskavaatori kaevemehhanismi juures.

Mahamärkimisleht nr. _____

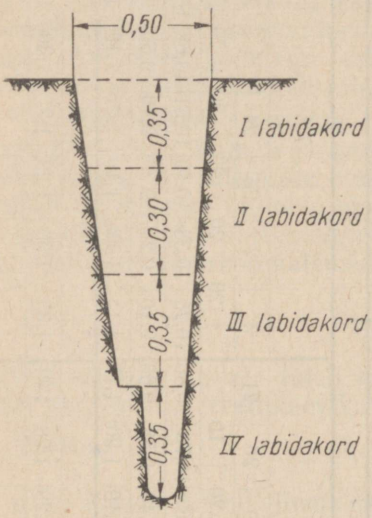
EKSKAVAATORI KONSTANT 2,48 m _____ rajoon _____ kolhoos

Süsteemi nr. / Dreeni nr.	7/koguja								7/1							
Vaia nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	1	8	9	10	11	12	13	14
Vaiade vahekaugus	20	20	20	10	10	20	15		20	20	20	20	20	20	10	
Kõrgusmärgid	10,00	10,12	10,18	10,25	10,40	10,55	10,65	10,69	10,12	10,20	10,30	10,35	10,53	10,66	10,72	10,76
Projekteeritud põhja kõrgus	8,70	8,82	8,94	9,06	9,12	9,18	9,30	9,39	8,86	8,96	9,06	9,16	9,26	9,36	9,46	9,51
Projekteeritud sügavus	1,30	1,30	1,24	1,19	1,28	1,37	1,35	1,30	1,26	1,24	1,24	1,19	1,27	1,30	1,26	1,25
Projekteeritud lang	0,6%								0,5%							
Juhtvaieri kõrgus vaiast	1,18	1,18	1,24	1,29	1,20	1,11	1,13	1,18	1,22	1,24	1,24	1,29	1,21	1,18	1,22	1,23

Süsteemi nr. / Dreeni nr.	7/2								7/3							
Vaia nr.	2	15	16	17	18	19	20	21	3	22	23	24	25	26	27	
Vaiade vahekaugus	20	20	20	20	20	20	10		20	20	20	20	20	25		
Kõrgusmärgid	10,18	10,26	10,39	10,51	10,58	10,67	10,78	10,80	10,25	10,38	10,49	10,61	10,68	10,78	10,91	
Projekteeritud põhja kõrgus	8,98	9,08	9,18	9,28	9,38	9,48	9,58	9,63	9,10	9,20	9,30	9,40	9,50	9,60	9,75	
Projekteeritud sügavus	1,20	1,18	1,21	1,23	1,20	1,19	1,20	1,17	1,15	1,18	1,19	1,21	1,18	1,18	1,16	
Projekteeritud lang	0,5%								0,5%							
Juhtvaieri kõrgus vaiast	1,28	1,30	1,27	1,25	1,28	1,29	1,28	1,31	1,33	1,30	1,29	1,27	1,30	1,30	1,32	

Märkus. Vahekaugused, kõrgused ja sügavused on meetrites.

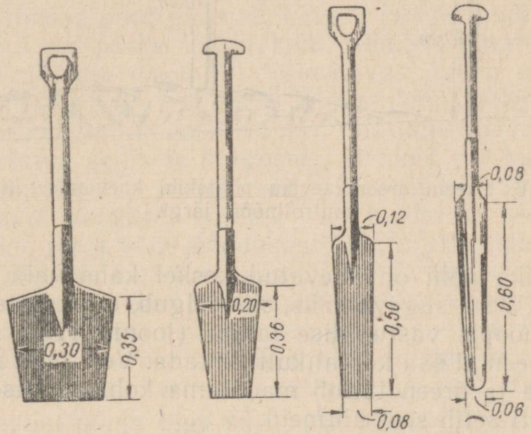
Dreenide kaevikuid saab kaevama hakata pärast seda, kui lahtised kogujakraavid, millesse drenaažisüsteemid suubuvad, on kaevatud, drenaaži materjalid töökohale veetud ja drenaažisüsteemide mahamärkimine loodusesse vajalikus ulatuses tehtud. Kaevikute kaevamist alustatakse süsteemi peakoguja kaevamisest, kusjuures kaevamine toimub vastuvoolu, suubumiskohast ülespoole. Tööd tuleb läbi viia kiires tempos, sest dreenikaevikud kaevatakse tavaliselt järsu nõlvusega, mistõttu need kauemaks ajaks seisma jäädes võivad mulda täis variseda või vihmasadude läbi deformeeruda enne, kui torud sisse saavad.



113. Dreenikaeviku kaevamine käsitsi labidakordade viisi.

Dreenikaevikud kaevatakse ainult nii laiad, kui just hädavajalik on. Vilunud drenaažitööline kaevab põhja tavaliselt ainult veidi laiemaks sisseasetatava toru välisest läbimõõdust, kuid siiski mitte alla torulabida laiust, s. o. 9 sm, kuna pealtlaiuseks kujuneb sügavusest ja pinnasest olenevalt 0,4—0,6 m. Ainult sel juhul, kui dreeni täitematerjaliks on mõeldud kivid või haod, tuleb kaevik teha laiem. Hagu- ja lattdreenide põhja laius on vaja teha 0,30—0,35 m. Otstarbekohane on kaevata kihtide viisi, kasutades selleks spetsiaalseid drenaažilabidaid. Pealmised 2—3 labidakorda võib kaevata ka hariliku labidaga, kuid viimase põhjakorra väljakaevamiseks on kitsas dreenilabidas märksa kohasem. Kaevamisel paigutatakse pealmine kamarakord ja künnikiht eraldi ühele poole kaldale ja sügavamalt väljakaevatav pinnas teisele poole kaldale. Nii talitatakse sellepärast, et hiljem oleks torude katteks võimalik saada kaeviku kaldalt nn. «hingemulda» (s. o. mättaid ja huumusmulda) esimeseks, filtreerivaks kattematerjaliks. Kaevikust väljakaevatud pinnas tuleb asetada 0,4—0,5 meetri kaugusele kaeviku äärest, sest ligemale asetamise korral võib ta hõlpsasti kaevikusse tagasi variseda, pealegi peab kaeviku äärele jääma vaba maariba töötamiseks. Kaevamisel tuleb juba kahe pealmise labidakorraga anda kaevikule enam-vähem ühtlane lang, et järgmisi, sügavamaid labidakordasid saaks kaevata täite labidakordadena. Seejuures peab kaeviku põhjal juba eelviimase labidakorra väljakaevamise järel olema projekteeritud lang. Erilist tähelepanu nõuab viimase labidakorra väljakaevamine, sest tuleb tingimata vältida kaeviku

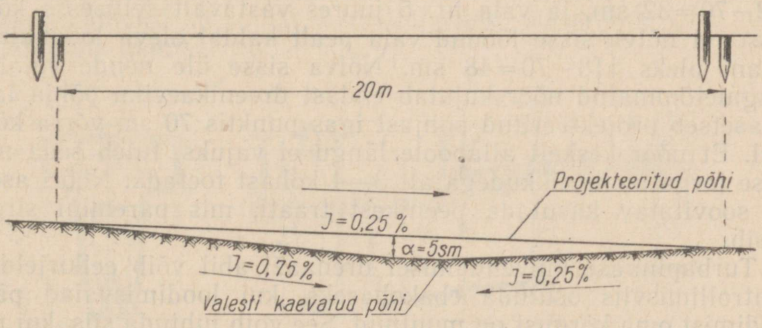
vajalikust sügavamaks kaevamist, kuna see on raskemini parandatav viga kui puudulik sügavus. Sügavamaks kaevatud koht tuleb kuni projekteeritud kõrguseni pinnasega uuesti täita. Kuid täidetud koht ei ole enam küllalt tiheda põhjaga ja võib hiljem vajuda, millega toru ühtlane lang ja järelikult ka vee ühtlane



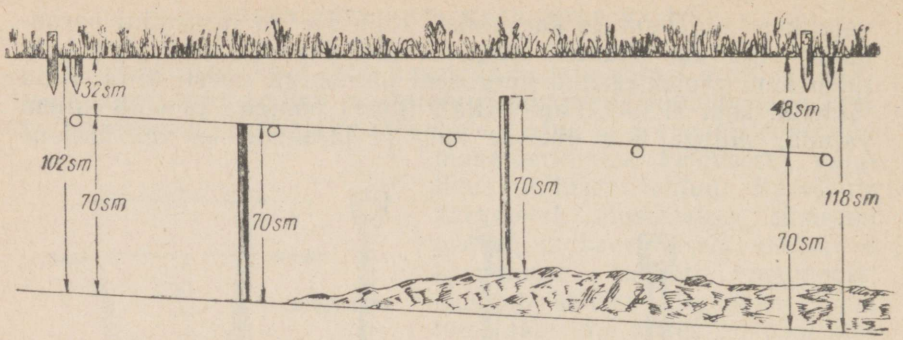
114. Drenaažilabidaid.

voolamine torus on rikutud. Sügavamaks võetud põhja võib vajaliku kõrguseni tõstmiseks täita ainult kruusaga, seda põhjale kinni tampides, mis on küllalt tülikas. Tegelikel drenaažitöödel tuleb sageli ette, et isegi vilunud töölised eksivad dreenikaeviku põhja õiges väljakaevamises. Tavaliselt kaldutaksegi kaeviku põhja vaiade vahel kaevama ettenähtust sügavamaks. Kõrvalekaldumine sirgjoonest on sageli kuni 10 sm, mida silmaga on raske märgata. See on aga suur pahe, nagu selgub järgnevast näitest.

Olgu dreeni lang $I=0{,}25\%$, s. t. 20-meetrise vaiade vahekauguse kohta 5 sm. Kui dreenikaeviku sügavuse kaevamises on eksi-



115. Dreenikaeviku põhja langu moondumine ebaõigel kaevamisel.



116. Skeem dreenikaeviku põhjakihi kaevamise kohta kontrollnööri järgi.

tud ja kaeviku põhi on kaevatud keskel kahe vaia vahel õigest põhjajoonest 5 sm sügavamaks, siis selgub, et üks dreeni osa saab selle tõttu hoopis vastupidise langu (joonis 115). On selge, et niisugune dreen ei saa korralikult töötada. Vesi jääb madalamasse kohta seisma ja dreen täitub madalama koha ulatuses täistäiteni veega; samuti setib seal uhtmeid.

Langu ühtluse tagamiseks toimetatakse viimase labidakorra kaevamist kas pingutatud kontrollnööri järgi või visiirkeppide abil. Kontrollnööri kasutamise korral asetatakse see kaeviku nõlva sisse löödud tikkude külge sellisele kõrgusele, et nöörist projekteeritud põhjani jääks igas kohas ühesuurune sügavus, näiteks 70 sm. Vastava pikkusega mõõdupulga abil on siis hõlpus kontrollida sügavust igas soovitud kohas dreeni põhjas.

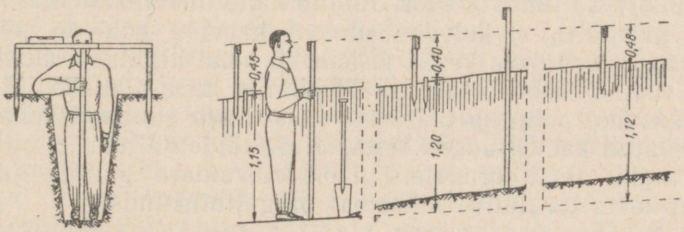
Joonisel 116 toodud skemaatiline dreenikaeviku pikilõige selgitab lähemalt kontrollnööri-meetodi kasutamist dreenikaeviku õige sügavuse väljakaevamisel. Siin on projekteeritud dreeni sügavus vaia nr. 4 juures 102 sm ja vaia nr. 5 juures 118 sm. Kasutades 70 sm pikkust mõõdupulka tuleb, nagu joonisel nähtub, vaia nr. 4 juures lüüa kaeviku nõlva sisse väike vai sellisesse kõrgusesse, et vaia pealt mõõdetud kõrguse vahe kuni loodimisvaiani oleks 102—70=32 sm, ja vaia nr. 5 juures vastavalt sellisesse kõrgusesse, et nõlva sisse löödud vaia pealt kaldal oleva loodimisvaia otsani oleks 118—70=48 sm. Nõlva sisse üle nende vaiakeste pinguletõmmatud nöör kujutab endast dreenikaeviku põhja langu ja asetseb projekteeritud põhjast igas punktis 70 sm võrra kõrgemal. Et nöör keskelt allapoole längu ei vajuks, tuleb seda nõlva sisse torgatavate tikkudega alt 3—4 kohast toetada. Nööri asemel on soovitatav kasutada peenikest traati, mis paremini sirgena püsib.

Turbapinnase kuivendamisel drenaaži abil võib eelkirjeldatud kontrollimisviis osutuda ebakohaseks, kui loodimisvaiad pärast loodimist oma kõrgust on muutnud. See võib juhtuda siis, kui maapind kaeviku ääres koos vaiadega on pärast dreenikaeviku sisse-

kaevamist vajunud ja seda eri vaiade kohal erineval määral. Vajunud vaiade järgi ei saa muidugi nööri seada paralleelseks projekteeritud põhjaga ja kaeviku põhi ei saaks nende järgi järelikult ka mitte õiget langu. Viga saab vältida sel teel, et kogu sihil looditakse vaiad uuesti üle ja alles uue loodimise andmetel asetatakse kohale kontrollnöör. Võib aga ka juhtuda, et kogu töö teostamise kestel turbapinnase pind pidevalt langeb ja igal pool mitte ühtlaselt. Sel juhul on põhja langu kontrollimiseks parem kasutada visiiride ehk sihikute meetodit. Kaevatavas dreeni osas paigutatakse vähemalt 4 või 5 vaia juurde sihtimislauakestega varustatud kepid, nagu on näidatud joonisel 117. Sihtimislauakeste ülemised ääred on asetatud sellisele kõrgusele, et neist üle kulgev viseerimisjoon on paralleelne projekteeritud dreeni põhjaga ja viseerimiseks mugaval kõrgusel (näiteks 1,6 m dreeni põhjast). Selle viseerimisjoone järgi võib mõõdukepi abil, mille pikkus kuni tema sihtimislaua ülemise ääreni on samuti 1,6 m, hõlpsasti kontrollida dreeni õiget sügavust igas soovitavas punktis. Et siin viseeritakse üheaegselt paljude sihtimislauakeste järgi, siis on eksimisvõimalusi vähem. Juhul, kui üksik sihik peakski olema kohalt ära vajunud, on see teiste abil kergesti avastatav ja parandatav.

Dreenikaeviku põhja õige sügavuse kontrollimiseks asetatakse sihtimislauaga mõõdukepp (pikkusega 1,6 m) püstloodis kraavi põhjale. Kui kaeviku sügavus on õige, siis langeb püstloodis asetatud sihikepi sihtimislaua ülemine äär horisontaalsihil kokku loodimisvaiade juurde asetatud sihikeppide sihtimislaudade ülemiste äärtega. Neis kohtades, kus tarvilikku sügavust veel pole, jääb mõõdukepi sihtimislaud teistest sihtimislaudadest kõrgemale; seal aga, kus põhi on kaevatud sügavamaks kui vaja, asetub mõõdukepi sihtimislaua ülemine äär allapoole teiste sihtimislaudadega määratud viseerimisjoonest.

Ühel pool kaldal asetsevate sihikute järgi on sihtimine mõnevõrra ebamugav, sest sihtimislauad vaiade juurde löödud sihikeppidel on lühikesed ega ulatu otsaga kaeviku keskjoone kohale. Mõõdukeppi tuleb aga kaeviku sügavuse kontrollimisel hoida kaeviku keskjoonel, mis on kaldavaiade sihist kõrval. Seepärast kasutatakse mõnikord ka sellist viseerimisjoone märkimise viisi, nagu on näidatud joonisel 117.



117. Dreenikaeviku põhja kaevamine sihikute abil.



118. Kraaviadraga kaevatud dreenikaeviku täiendav süvendamine käsitsi.

Dreenikaevikuid ei tuleks kaevata sel ajal, kui vett on pinnases nii palju, et see kaeviku kaevamisel kohe pinnasest kaeviku põhja valgub, muutes selle poriseks. Vee all ja porise põhja juures pole võimalik saavutada rahuldava täpsusega sügavust ega kindlat aluspõhja torudele. See on eriti kehtiv savitorudrenaaži puhul.

Kõikidel juhtudel tuleb viseerides kasutada rohkem kui 2 sihtimislauda. See on nimelt heaks langu ühtluse kontrolliks.

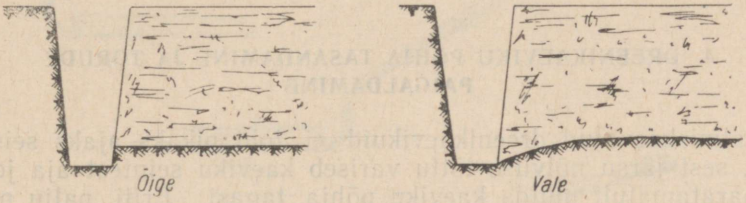
Kuivendusdreenide kaevikut kaevates tuleb silmas pidada, et neis kohtades, kus on projekteeritud pealtühendus, peab kuivendusdreeni põhi kogujasse suubumise kohal kogujadreeni kaeviku põhjast koguja sisemise läbimõõdu võrra kõrgemale jääma.

Mõnikord see unustatakse. Juhtub ka, et dreenikaevikut kaevav tööline, märgates, et kuivendusdreeni kaeviku põhi on märgitud kõrgemana, peab seda veaks ja kaevab omal algatusel kuivendusdreeni suubumiskohas nähtavale tulnud astme maha, kogujadreeni kaeviku põhjaga tasaseks. Siis tuleb suubumiskohas liigselt kaevatud kaevik uuesti täita. Kuid täidetud põhi ei paku niisama kindlat alust torudele, kui oli kaevamata pinnas, ja selle tõttu on karta torulülide hilisemat paigaltnihkumist.

Külgühenduse korral tuleb kuivendusdreeni kaeviku põhi jätta koguja kaeviku põhjast kõrgemale nii palju, kui palju kogujatoru

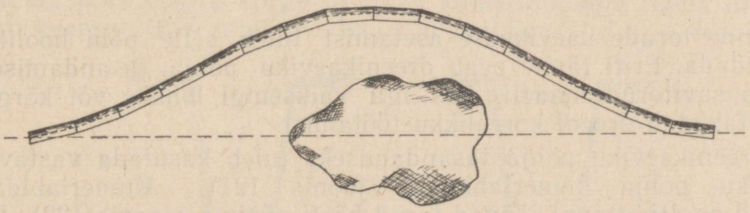
väline läbimõõt on suurem kogujasse suubuva kuivendusdreeni toru välisest läbimõõdust.

Neis kohtades, kus savitorudrenaaži kuivendusdreenid on plaanil suunatud kogujasse terava nurga all, tuleb tööde teostamisel suunata kuivendusdreenide suubumispoolsed otsad 5—10 m pikkuselt (olenevalt suubumisnurgast) kaarjalt kogujasse, nii et



119. Kuivendusdreeni kaeviku põhja kaevamine kuivendusdreeni ja kogujadreeni ühinemise kohas pealtühenduse korral.

suubumispunktis oleks kuivendusdreeni suund perpendikulaarne kogujadreeni suunaga. See on tarvilik neil kordadel, kui ei ole kasutada valmis ühendusosi. Laudtorudrenaažil võivad kuivendajad suubuda niihästi terav- kui ka täisnurga all, nii et siin kuivendusdreenide suuna muutmiseks vajadust ei ole. Käänukohad tuleb kujundada kaarjalt, millele vastavalt tuleb kaevata kaares ka dreenikaevikud.



120. Dreeni suunamine kivist mööda.

Kui dreenikaeviku kaevamisel satutakse maa sees suurele kivile, mille kõrvaldamine osutub raskeks, tuleb kivist möödapääsemiseks kaevata dreen kaares ümber kivi, mitte aga püüda kivi alt dreeni läbi viia. Kivi võib nimelt pinnase õõnestamise puhul hiljem vajuda ja all olevat toru vigastada.

Neis kohtades, kus dreenikaeviku sügavus on suurem kui 1,3—1,4 m ja pinnas kaldub varisemisele, tuleb varisemise vältimiseks kaeviku seinu toestada. Ühtlasi on vaja kaevik paratamatult ka laiem kaevata. Vesiliivapinnases peab kaevamiseks valima võimalikult kuiva aastaaja. Kui kaldad sellest hoolimata kipuvad varisema, siis tuleb kaevamisel kasutada tihedat laud-

toestust, mis jääb kaevikusse nii kauaks, kuni torud on paigale asetatud ja kaevik uuesti mullaga täidetud. Suuri raskusi tekitab mõnikord ka dreenikaeviku kaevamine pehmes savipinnases; siin osutub samuti tarvilikuks toestada kaeviku seinu ebapüsiva pinnasekihi osas.

Tööjõudlus dreenikaevikute käsitsi kaevamisel oleneb kaeviku sügavusest ja pinnase kaevamise raskusest ning on normeeritud vastavates ametlikes normatiivides.

4. DREENIKAEVIKU PÕHJA TASANDAMINE JA TORUDE PAIGALDAMINE

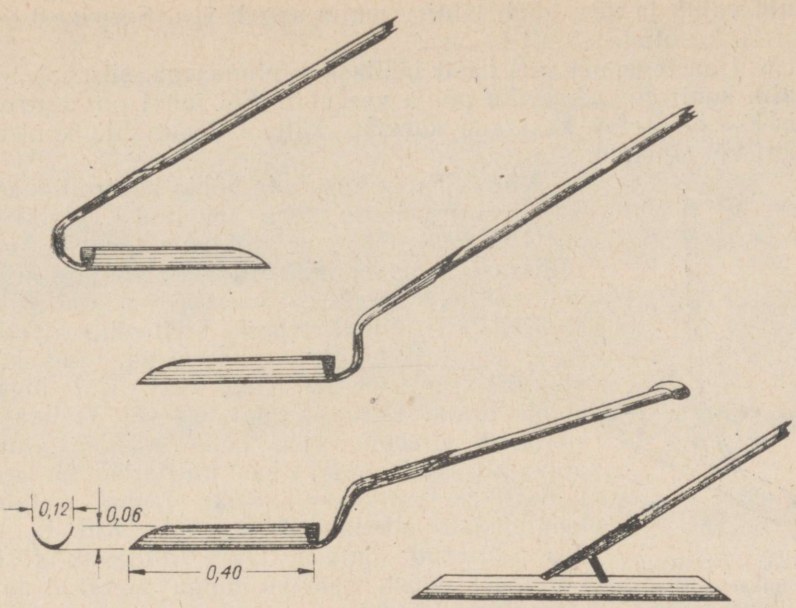
Valmiskaevatud dreenikaevikuid ei tohi pikaks ajaks seisma jätta, sest järsu nõlvuse tõttu variseb kaeviku seintest aja jooksul paratamatult mulda kaeviku põhja tagasi. Eriti palju paha võib teha vihmasadu, uhtes kaevikusse mulda ja leotades kaeviku põhja pehmeks. Deformeerunud kaevikut on sageli üldse raske viia sellisesse seisukorda, et seda kasutada saab. Igal juhul aga põhjustab pikemaajaline kaevikute seismine tunduvat lisatööd, enne kui kaevikut saab kasutada. Seepärast tuleb võtta kindlaks reegliks, et niipea, kui dreenikaevik on valmis kaevatud, on vaja viivitamatult asuda torude kohaleasetamisele. Kõik vajalikud eeltööd, nagu torude ja muu materjali kohalevedu, peavad olema tehtud juba varem.

a) Põhja tasandamine

Enne torude kaevikusse asetamist tuleb selle põhi hoolikalt tasandada. Eriti täpne peab dreenikaeviku põhja tasandamisega olema savitorudrenaažil, kus iga väiksemgi lohuke või kõrgem koht takistab dreeni korralikku töötamist.

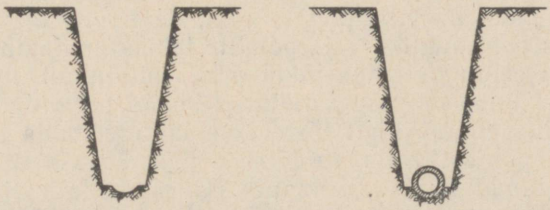
Dreenikaeviku põhja tasandamiseks tuleb kasutada vastavaid kaeviku põhja kumerlabidaid (joonis 121). Kumerlabidaga tehtud poolringrenni jäävad torud hästi püsima (joonis 122). Esialgu tõstetakse kumerlabida abil kaeviku põhjast välja sinna varisenud lahtine muld ja seejärel lõigatakse silma järgi maha nähtavad kõrgemad kohad. Lõpuks on soovitatav kaeviku põhja sügavust täiendavalt kontrollida vee, sihikute või nivelliiri abil.

Kui kaeviku põhjale on valgunud õhuke veekiht, siis pakub see head põhja kontrollimise võimalust. Kui aga pinnas on kuiv ja kaeviku põhjale ei nõrgu vajalikul hulgal vett, siis võib dreenikaeviku põhja kontrollimiseks viia valmiskaevatud dreenikaeviku ülemisse otsa vaadiga vett ja lasta seda ettevaatlikult nõrga joana vooliku kaudu kaeviku põhjale voolata. Seejuures tuleb jälgida, et vesi ei põhjustaks uhtumist. Dreenikaeviku põhjal voolaval veenirel on ühtlase languga põhja korral igal pool ühesugune laius. Nüüd tulebki kumerlabidaga süvendamise teel saavutada,



121. Kumerlabidaid dreenikaeviku põhja tasandamiseks.

et veenirel oleks igal pool ühtlane laius. Kus veenire jääb kitsaks, seal on põhi ülearu kõrge ja tuleb kumerlabidaga maha lõigata, kuni veenire saab sama laiuse nagu mujalgi. Kui aga veenire on

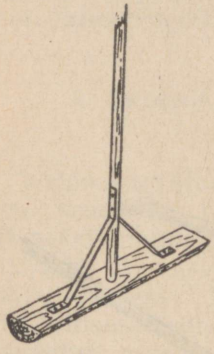


122. Kumerlabidaga dreenikaeviku põhja kujundatud renn ja toru asend kaevikus.

keskmisest laiem, siis on see tunnuseks, et sellel kohal on dreenikaevik vajalikust sügavam. Sügavamaks kaevatud kohti parandatakse kruusaga täitmise teel. Selleks pannakse kaeviku põhjale vajaliku paksusega kruusakiht ja tambitakse see vastava tambi abil kergelt kinni (joonis 123). Dreenikaeviku põhja täitmise kruusa ei tohi liiga tugevasti tampida, sest selle tagajärjel võib põhi muutuda pehmeks ja vesiseks. Lahtise mulla kasutamine dreenikaeviku põhja täiteks on täiesti lubamatu, sest lahtine

muld vajub ja vesi uhub lahtise mulla sageli ära. Seepärast võib täiteks kasutada ainult kruusa.

Kui on tegemist vett hästi läbilaskva pinnasega, siis pole võimalik kontrollida kaeviku põhja vee abil. Sel juhul on kontrollimiseks soovitatav kasutada kaeviku küljele tõmmatud kontrollnööri või sihikuid.



123. Põhjatamp dreenikaeviku põhja tihendamiseks.

Väga hea on kasutada põhja kontrollimiseks ka nivelliiri, nagu seda soovitas L. Vassiljev (vt. lk. 279). Dreeni põhja sügavust kontrollitakse kahe loodimislati abil. Tööline hoiab kontrollitavas kohas kaeviku põhjal ühte loodimislatti, kuna tehnik kontrollib nivelliiriga, kas lati lugem on seesama, mis kaeviku lõpul ülesseatud teisel latil. Kui lugem ei ole sama, siis süvendatakse või tõstetakse vastavalt dreenikaeviku põhja. Tuleb ainult aeg-ajalt kontrollida, kas niitristiku horisontaalniit asetseb dreenikaeviku lõppu asetatud loodimislati ettenähtud lugemil. Kui ta on ära nihkunud, siis seatakse niitristik tõstekruvidest uuesti kaeviku lõppu asetatud latil ettenähtud lugemile.

Kruusase pinnase puhul jääb dreenikaeviku põhjale rohkesti lahtisi kivikesi, mis takistavad torude kohaleasetamist. Need lahtised kivikesed tuleb põhjatambiga kergelt kraavi põhja sisse vajutada.

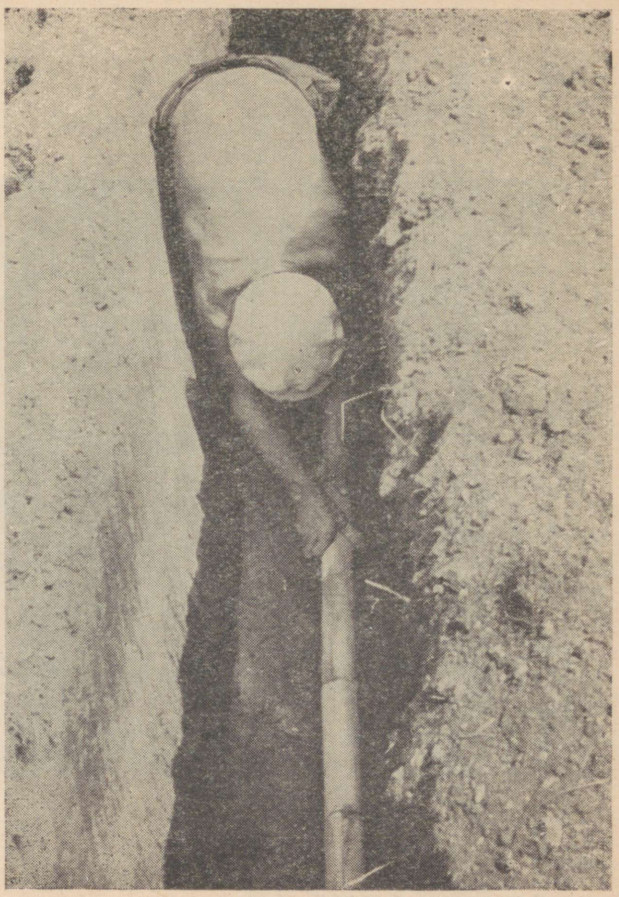
Märjas pinnases võib kaeviku põhi kergesti muutuda pehmeks ja mudaseks. Seepärast on sellises pinnases soovitatav liigutada (puudutada) kaeviku põhja ainult hädatarvilikul määral. Ka ei tohi sellisel juhul kaeviku põhjas käia, sest selle tagajärjel muutuks kaeviku põhi auklikuks ja põhjale tekiks mudakiht. Kui taliamise tagajärjel on dreenikaeviku põhi muutunud mudaseks ja pehmeks, siis tuleb mudaseks tallatud kohad parandada kruusaga täitmise teel. Sellisel juhul tõstetakse lahtine muda kumerlabida abil kaeviku põhjast välja, täidetakse põhi kruusaga ning vajutatakse see tambiga põhjale kinni. (Ühes muda väljatõstmisega on soovitatav kaeviku põhjast välja võtta ka õhuke kord kindlat põhjapinnast.) Kui kaeviku põhjas tuleb esile pehme mergel, tolmjas liiv või pehme turbamuda, siis on sellises kohas paratamatu teha torudele laudalus.

b) Torude paigaldamine

Kui dreenikaeviku põhi on vajalikult tasandatud ja põhjale on kumerlabidaga tehtud poolringikujulise ristlõikega renn, siis peab kiiresti asuma torude kohalepanemisele, sest vastasel korral võib vahepeal kaeviku põhjale variseda mulda, mida tuleks jälle



a

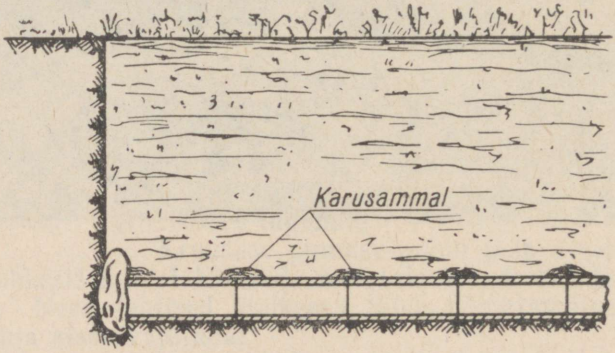


b

124. Torude käsitsi paigaldamine dreenikaevikusse.

a — toru võtmine pervelt; *b* — toru paigaldamine kaeviku põhjale.

uuesti hakata välja puhastama. Küllalt tülikaks kujuneb põhja puhastamine sel juhul, kui enne torude sissepanemist tuleb tugev vihmahoog, mis kannab mulda kaevikusse ja teeb põhja jälle ebatasaseks. Seepärast on soovitavam seada dreenid torude panemiseks lõplikult korda osade viisi, näiteks 50 või 100 m korraga. Alles siis, kui selle osa ulatusel on torud sisse pandud ja mullaga kergelt kaetud, võib ette võtta järgmise osa. Et dreenikaevikute valmimise ja torude sissepanemise vaheline vaheaeg oleks lühem, tuleb torud juba aegsasti töökohale vedada ja kaeviku pervele laiali asetada, kusjuures veel kord praaktorusid kõrvaldatakse. Väiksemate vigadega torusid võib kasutada hädakorral ainult dreenide ülemiste otste tegemiseks. Kõveraid torusid kasutatakse kaarja dreeniosa valmistamiseks ühendus- ja käänukohtadel.



125. Kuivendusdreeni ülemine ots (suletud lapiku kiviga).

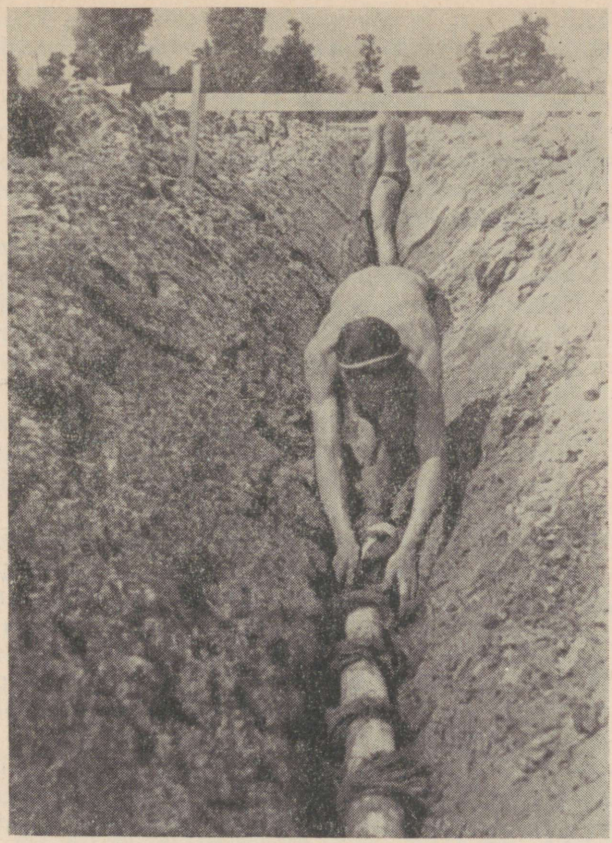
Ei ole soovitatav kasutada äsja tehase põletusahjust toodud savitorusid, vaid need peaksid enne kaevikusse asetamist olema vähemalt pool aastat väljas ilmastiku mõju käes seisnud. Soovitatav on isegi, et nad oleksid väljas olnud ühe talve. Selle aja kestel purunevad materjali poolest alaväärtuslikud torud ja hiljem jääb praakida ainult veel kuju poolest alaväärtuslikud torud.

Savitorude paigaldamine nõuab suurt hoolt ja vilumust. Seepärast antakse see töö vilunud torupanijale. Ei ole soovitatav anda see töö teha tükitööna; ajatöö tagab paremini korraliku töö.

Torude panekut alustatakse dreenikaeviku ülemisest otsast ja liigutakse pärivoolu allapoole. Kui alustaksime torude panekut altpoolt, siis voolaks vesi juba kaevatud kaevikust kohaleasetatud dreenitorudesse ning kannaks sellesse mulda ja uhtmeid.

Algul pannakse kohale kõik süsteemi kuivendusdreenid ja alles siis, kui need on juba kohale pandud ja õhukese mullakorraga kaetud, alustatakse kogujadreenide panekut.

Savitorude otsi tuleb vajaduse korral väikese torukirkaga enne paigaldamist tasandada, et torud võimalikult hästi üksteisega lii-



126. Sambla panemine paigaldatud torudele.

tuksid. Raspli abil on vaja kõrvaldada ka kõik torude sisepinna ebatasasused. Otspindade tasandamiseks on otstarbekohane kasutada ka spetsiaalset smirgelkäia.

Esimene savitoru seatakse korralikult vastu lapikut kivi, nii et muld torusse ei pääseks (joonis 125). Puupunni kasutamine toru otsa sulgemiseks pole lubatud, sest niiskes pinnases puu paisub ja võib toru lõhki ajada. Ka toruotsa täitmine saviga pole soovitatav, sest vesi võib savi kergesti ära uhta. Kui esimene toru on kohale asetatud, pannakse tihedalt vastu seda järgmine toru ja nii edasi. Tuleb hoolega jälgida, et torude vahe jääks võimalikult väike, millega välditakse uhtmete tungimine dreeni. Torude otste vahele jääv liiduse pilu ei tohi olla laiem kui 2—3 mm. Torud loetakse korralikult asetatuks, kui paigaldatud torude rivist (dreenist) ühtegi toru üksikult ei saa välja tõsta, vaid kui ühte toru üles tõstes kerkivad temaga koos kummaltki poolt veel 3—4 naabertoru. Torude üksteisele lähemale surumine

kangi või lauatüki abil ei ole vajalik ja toob edaga kaasa enam kahju kui kasu. Kui torud asetatakse kaevikusse hoolikalt, siis jäävad nad küllalt tihedalt.

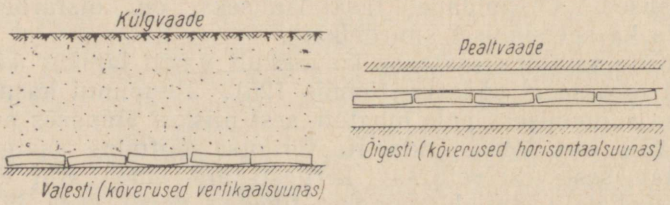
Samaaegselt torude kaevikusse asetamisega on soovitatav järjest katta juba kaevikusse pandud torude jätkukohti samblaga. Enamasti kasutatakse selleks karusammalt (*Polytrichum commune*), mis on heaks filtriks (joonis 126). Eestis on toruliiduste katmine karusamblaga kõigiti sobivaks osutunud, sest karusammal on vastupidav kõdunemisele. Sambla panemine torude jätkukohtadele ei tee kunagi halba. See võib aga ka ilma kahjuta ära jääda, kui torude ja töö kvaliteet on hea ja pinnas dreenide sügavusel pole tolmjas liiv ega mergel.



127. Torude paigaldamise konks.

Torud paigaldatakse kaevikusse kas käega või konksu abil. Esimesel juhul asub torude paigaldaja kaevikus ja seab iga toru käega kohale, teisel juhul aga seisab torude paigaldaja kaeviku pervel ja asetab torud kohale pikavarrelise konksu abil. Meil on asetatud savitorusid dreenikaevikusse peamiselt käega. See on olnud tingitud savitorude madalast kvaliteedist. Üldiselt tuleb aga eelistada konksu abil paigaldamist, sest nii ei rikuta tallamisega kaeviku põhja. Eriti vajalik on konksuga paigaldamine siis, kui on tegemist väga pehme pinnasega kaeviku põhjas.

Konksuga saab torusid paigaldada kiiremini kui käega. Konksu raudots, mille otsa asetatakse savitoru, on umbes 1,5 sm jäme ja 28 sm pikk. On tähtis, et konksu ots oleks torust lühem. Vastasel korral võib toru sissepanekuga teise, juba varem sisseasetatud toru kohalt ära liigutada.



128. Kõverate torude paigaldamine.

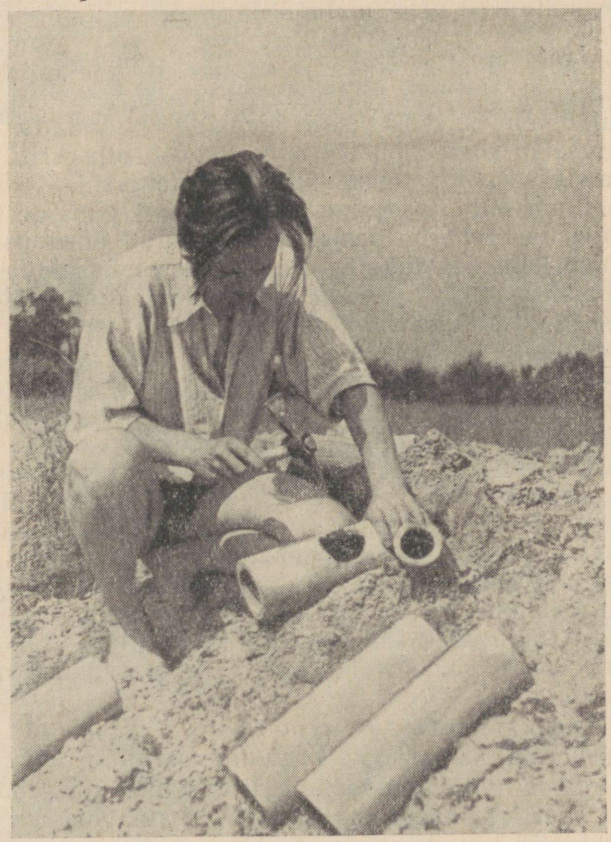
Kõverate torude puhul tuleb silmas pidada, et kõverus asuks horisontaaltasapinnas, vaheldumisi kord ühel, kord teisel pool. Ühelgi juhul ei tohi aga toru kõverus asuda vertikaaltasapinnas.

Kui torude panemise ajal variseb kaevikusse mulda või kukub sisse kive, tuleb need enne torude kaevikusse asetamist välja tõsta ja dreeni põhi hoolikalt puhastada.

Söögivaheaegadeks või torude sissepanekut mõnel muul põhjusel katkestades tuleb viimase kohaleasetatud toru lahtine ots sulgeda teravaks tehtud lauatükikesega või plekiga, mis vajutatakse kaeviku põhja sisse. See on vajalik selleks, et takistada hiirte või teiste loomade pääsu torusse, ühtlasi aga hoida paigaldatud torusid tihedalt üksteise vastas.

Kui torud asetatakse pehmele kaeviku põhjale (vesiliiv, pehme savi, turvas jms.), siis tuleb teha kaeviku põhjale torude alla alus. Alusena kasutatakse pindlaudu, latte või kruusa.

Kui torud on juba ühe kuivendusdreeni ulatuses kaevikusse asetatud, siis tuleb nad võimalikult kiiresti vähemalt 15—20 sm paksuse mullakihiga katta. Seda kihti nimetatakse meil «hingemullaks» ja selle ülesanne seisab pinnase veeläbilaskvuse suuren-



129. Toruühenduse tegemine toruhaamri abil.

damises dreenitoru vahetus läheduses, millega soodustatakse vee sissepääsu dreenitorudesse. Niisuguse poorse kihi puudumise korral, kui dreenikaevikute täitmisel asetataks peen liiv või raske savi vahetult torude peale, ummistuksid torude liitekohad hõlpsasti. Enne mullaga katmist kontrollitakse dreeni lõplikult. Loodimise teel või mõõdukepi või sihiku abil kontrollitakse langu ühtlust ja vastavust projektile. Kontrollitakse, kas torud on hoolikalt asetatud ja kas pole kasutatud halvakvaliteedilisi torusid. Kontroll peab toimuma kohe pärast torude kohaleasetamist. Enne kontrolli teostamist ei ole lubatud dreene mullaga katta.

Veel parem torude kate kui «hingemullana» tavaliselt kasutatav põllumuld on 10—15 sm paksune kruusakiht, eriti savipinnase puhul. «Hingemullakiht» asetatakse torudele käsitsi, kusjuures seda tuleb teha suure ettevaatusega, et torud kohalt ära ei nihkuks ja et nendele ei kukuks kive. Kui torud on «hingemullaga» juba kaetud, võib kaeviku edasine täitmine toimuda mehhaniseeritult. Kauaks ei ole soovitatav kaevikut täitmata jätta.

Kui kuivendusdreenid on valmis, järgneb kogujadreeni torude paigaldamine.

Ka kogujadreenidel alustatakse torude paigaldamist ülevalt otsast ja liigutakse tööga allapoole. Enne torude paigaldamist tuleb kogujadreeni kaeviku põhi hoolikalt tasandada. Koguja põhja tasasuse ja kogu muu töö suhtes tuleb olla eriti nõudlik, sest koguja rikked põhjustavad juba suuri kahjusid.

Kui kogujadreeni sissepanekuga jõutakse temasse suubuva kuivendusdreenini, tehakse projektis ettenähtud ühendus. Torude ühendus tuleb teha korralikult. Kui ei ole kasutada valmis ühendusosi, siis tuleks toruühendused tihendada väljastpoolt tõrvalubjakitiga, asfaldiga, bituumeniga või tõrvasse kastetud karusamblaga.

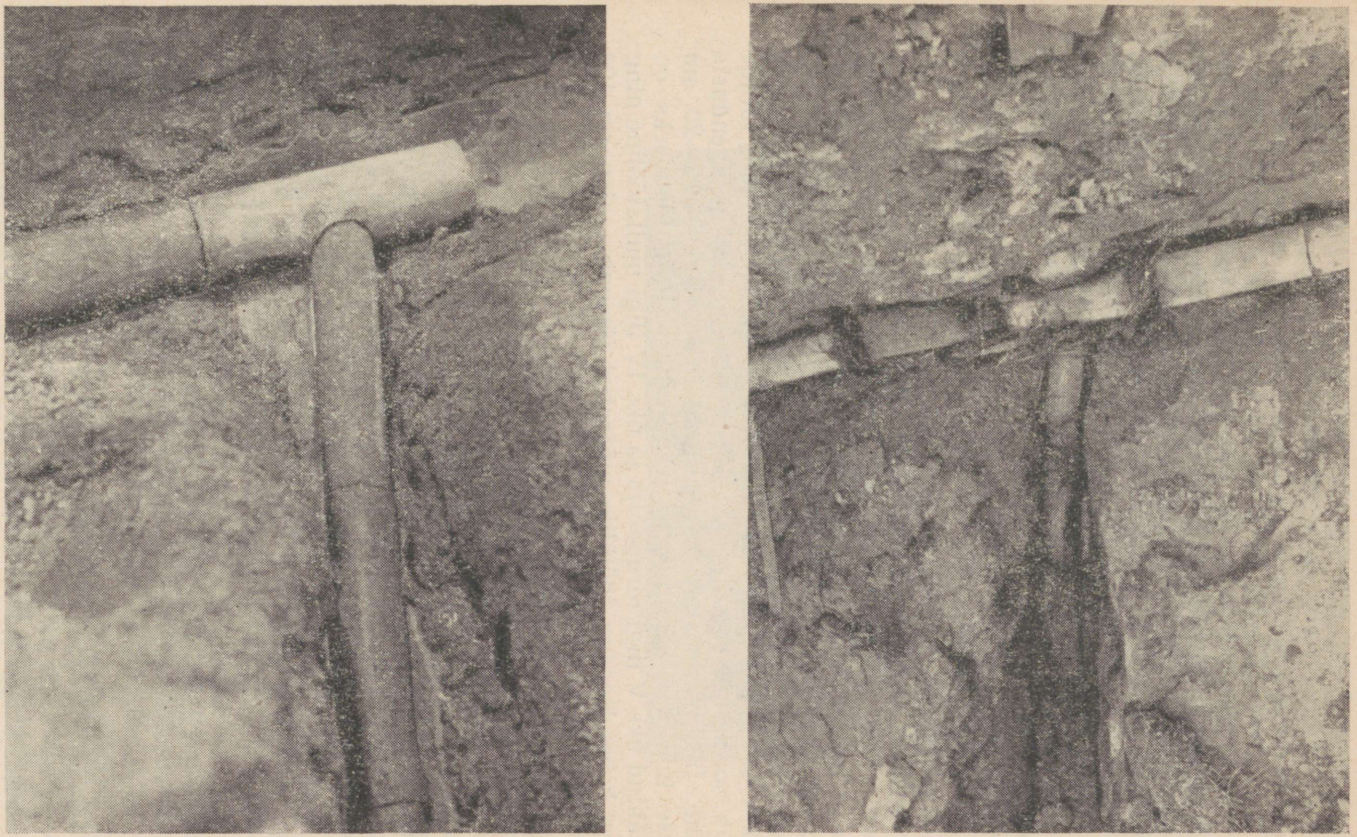
Külgühenduse korral on vaja jälgida, et ühenduskoht jääks küllalt tihe ja et kuivendusdreeni toru ei ulatuks sügavamalt kogujadreeni sisse, mis takistaks vee voolamist kogujas. Külgühenduse korral on kogujatoru paigaltnihkumise vältimiseks tarvis toetada lapiku kiviga (joonis 130). Kogujadreeni läbimõõdu suurenemise kohas on üleminekul väiksemalt suuremale läbimõõdule soovitatav kasutada spetsiaalseid siirdetorusid.

Kui kogujadreeniga jõutakse suudmeni, asetatakse viimasena suudmetoru. Suudmetoru ots ei tohi üle 25 sm koguja või eelvoolu nõlvast välja ulatuda. Suudmetoru kraavipoolse otsa alla on soovitatav asetada toetuskivi, kui ei ole tegemist turbapinnasega.

Nüüd järgneb kogujadreeni torude ja ühenduskohtade kontroll. Kui kõik on korras, kaetakse ka kogujadreen «hingemullaga».

Ülejäänud mulla kaevikusse ajamine võib toimuda mehhaaniseeritult angldooseri (põikhõlmalise buldooseri), buldooseri, greideri, raske libistaja või muu sobiva riista abil.

Kirjanduses soovitatakse mõnikord katta kogu drenaaži-



a *b*

130. Külgühenduse tegemine.

a — toruühendus, samblaga katmata; *b* — toruühendus, varustatud tugikiviga ja kaetud samblaga.

süsteemi dreenid algul ainult «hingemullaga» ja jätta need siis niiviisi poollahtiselt seisma kuni lähema vihmani, et siis pärast vihma veenduda, kas dreeni suudmest tuleb vett või ei, s. o., kas nad toimivad. Peab aga märkima, et kui torud on kõigiti nõuetele vastavalt sisse pandud ja ühenduskohad korralikult tehtud, siis on parem dreenid katta lõplikult mullaga kohe, vihmasadu ära ootamata. Tugev vihmasadu võib nimelt poollahtises süsteemis õhukese mullakihi vedelaks leotada ja torude vahekohalt muda dreenidesse viia. Ainult sel juhul, kui drenaaži korralikus töötamises on põhjust kahelda, on parem ära oodata lähim vihmasadu. Kui selgub mingi viga, siis tuleb vigased kohad üles otsida ja kõrvaldada.

Arvestades seda, et kaevikusse asetatud lahtine täitemuld vajub ja dreeni kohale maapinnale võib tekkida nõgu, on soovitatav dreenikaevik algul väikese kuhjaga täita.

Dreenikaevikute kinniajamine on üldiselt kergesti mehhaniseeritav. Kaevikute täitmisel on osutunud otstarbekaks universaalse ja põikhõlmaga buldooseri kasutamine.

Ametlike normatiivide kohaselt [1] on savitorudrenaaži paigaldamise tööde hulka arvatud kaeviku põhja tasandamine, soone tegemine kaeviku põhjale, torude käsitsi paigaldamine koos torude eelneva sorteerimisega, toruühenduste tegemine ning ühenduste katmine filtermaterjaliga ja paigaldatud torudele 15—20 sm paksuse kihi «hingemulla» pealepanemine. Paigaldamiseks on ette nähtud üks V liigi torupanija ja üks IV liigi mullatööline ning sellises koosseisus on töölülile määratud järgmine ajanorm 100 jooksva meetri torude paigaldamiseks:

torud	ø 40— 50 mm	— 32	tundi
„	ø 75—100 mm	— 33,5	„
„	ø 125—200 mm	— 36,0	„

Laudtorudrenaažil on ruudukujulise ristlõikega toru valmistamiseks, karboliineumiga antiseptimiseks, torude 10 m kaugusele kohalekandmiseks ja torude paigaldamiseks kaevikusse ette nähtud (eelmainitud normatiivi № 35-B-59 järgi) töölüli koosseisus üks V liigi puusepp ja kaks III liigi puuseppa. Sellise koosseisuga lülile on 100 jm torude pigaldamise ajanormiks määratud:

torud	50×50 kuni	80×80 mm	— 56	tundi
„	100×100 „	130×130 mm	— 60	„
„	150×150 „	200×200 mm	— 68	„

Need tööjõudluse normid on kehtestatud 1956. aastal.

[1] Сборник № 35-В норм и расценок на земляные и культуртехнические работы в системе Министерства Сельского Хозяйства СССР. Москва, 1956.

5. DREENIKAEVIKUTE KAEVAMINE KRAAVIADRA ABIL

Kuni viimaste aastateni on drenaažitööd põhiliselt toimunud käsitsi. Isegi neis maades, kus drenaaži juba ammu ja suures ulatuses on tehtud, nagu näiteks praeguse Saksa Demokraatliku Vabariigi territooriumil, toimuvad need tööd praegu veel suuremalt osalt käsitsi. Samasugune on üldiselt olukord ka Tšehhoslovakkias ja Rootsis, nagu ilmneb NSV Liidu põllumajanduslike delegatsioonide aruannetest 1955. aastal Tšehhoslovakkiasse ja Rootsi sooritatud õppereiside kohta.



131. Kraaviader ЛКА-2.

Senini ei ole veel ehitatud sellist masinat, mis kõiki drenaažitöid komplekselt võimaldaks mehhaniseerida. Kõige suuremas ulatuses on seni võidud mehhaniseerida dreenikaevikute kaevamist. Selleks on võimalik kasutada paljukopalisi ja ka ühekopalisi kaevikuekskavaatoreid. Meie vabariigis kuni 1957. aastani paljukopalisi kaevikuekskavaatoreid maaparandustöödeks kasutada polnud. Küll on aga meil kasutatud kraaviatru ja neid mitte ainult lahtiste kuivenduskraavide, vaid ka dreenikaevikute kaevamiseks. Kraaviader on suure tööjõudlusega. Meie vabariigis kasutusel olevad kraaviadrad (peamiselt KM-800M, KM-1400 ja ЛКА-2) künnavad mineraalmaasse kraavi, mille sügavus on ca 0,75—0,8 m, põhja laius 0,2 m ja pealtlaius 1,8 m. Selline adrakraav ei ole veel kõlblik drenaažikaevikuks, sest see on liiga madal ja pole ühtlase languga. Kuid kraaviader teeb siiski suure osa mullatööst ära, nii et käsitsi teha jääb veel ainult täiendav süvendamine ja põhjale õige langu andmine.

Selline dreenikaevik kujuneb küll ristlõikelt suuremaks kui vaja, eriti kaeviku pealmises osas, kuid kraaviadra töö madala maksumuse tõttu tuleb töö koos suuremast ristlõikest tingitud lisakuludega siiski tunduvalt odavam kui käsitsi töö. Raskes savi-

pinnases tuleb suurem ristlõige koguni kasuks, sest kaeviku täidist, millel on parem veeläbilaskvus kui muul pinnasel ja mis soodustab infiltratsiooni sügavamatesse pinnasekihtidesse ning dreenidesse, on sellisel juhul rohkem.

Kraaviadra järel tuleb kaevikut käsitsi süvendada projekteeritud sügavusest olenevalt 0,2—0,5 meetrit. Kogusummas jääb käsitsi töö maht sügavusest olenevalt tavaliselt 5—15% piiridesse kogu kaevetöö mahust. Keskmistes ja kergetes pinnastes kulub pinnase paraja niiskusastme juures kraaviadra veoks kahe traktori C-80 jõud; raskes pinnases on neid vaja koguni kolm. Pehmel turbapinnasel tuleb kraaviadra ratastele jalased alla panna, sest muidu vajuvad rattad sügavale pinnasesse.

Kraaviadra tööjõudlus oleneb tunduval määral dreenide pikkusest — lühikeste kaevikute kaevamine on aegaviitvam kui pikkade kaevikute kaevamine. Seda asjaolu tuleb arvestada juba drenaaži projekteerimisel. Kui maapinna reljeef lubab, siis on soovitatav projekteerida süsteemid nii, et naabersüsteemide kuivendusdreenid asetseksid kohakuti, ühel sirgel.

Kraavjader pole aga päris kohane drenaažitööde mehhaniseerimiseks; parimalgi juhul võimaldab see ikkagi mehhaniseerida ainult osa mullatöödest, kusjuures küllalt suur protsent jääb veel teha käsitsi. Täiuslikumate mehhanismide puudumisel seda siiski kasutati kuni viimase ajani. Alles 1957. aastal sai Eesti NSV esimesed paljukopalised ekskavaatorid drenaažitööde jaoks.

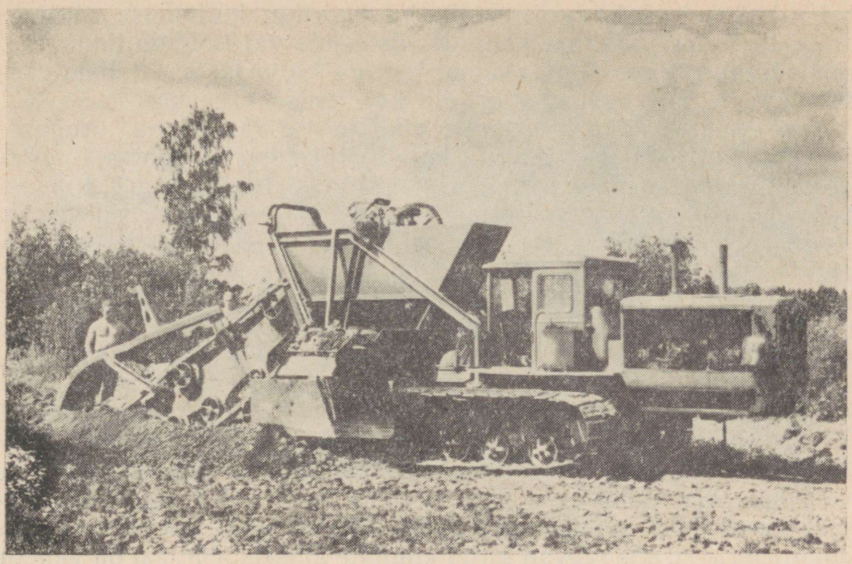
6. DREENIKAEVIKUTE KAEVAMINE PALJUKOPALISE EKSKAVAATORI ABIL

Paljukopalise kaevikuekskavaatori näol on meil kasutada juba hoopis täiuslikum mehhanism dreenikaevikute kaevamiseks. Tallinna Riiklikus Ekskavaatoritehases valmistatav paljukopaline drenaažiekskavaator ЭТН-142 on kujunenud kõige tähtsamaks drenaažimasinaks.

Selle ekskavaatori prototüübiks on Kiievi ekskavaatoritehases valmistatud paljukopaline ekskavaator ЭТ-141, mida on täiendatud Läti Jelgava masina-maaparandusjaamas ja mille konstruktsioonis selle järel Tallinna Riiklikus Ekskavaatoritehases on tehtud veel terve rida täiendusi ning parandusi.

Ekskavaatori ЭТН-142 põhilised näitajad on järgmised:

Jõumasin	traktor ДТ-54
Maksimaalne kaevesügavus	1,41 m
Kaeviku laius	0,43 m
Ekskavaatori kaal	12,5 t
Koppade arv	13 tk.
Kopa maht	16 l



132. Drenaažiekskavaator ЭТН-142 töös.

Töökiirused:

I	käik	56	m/h	VI	käik	83	m/h
II	„	73	„	VII	„	117	„
III	„	86	„	VIII	„	126	„
IV	„	98	„	IX	„	145	„
V	„	124	„	X	„	182	„

Keskmine tööjõudlus 75 jm/h ehk 31 m^3/h
Kütteaine kulu 93,1 kg/km ehk 0,226 kg/m^3

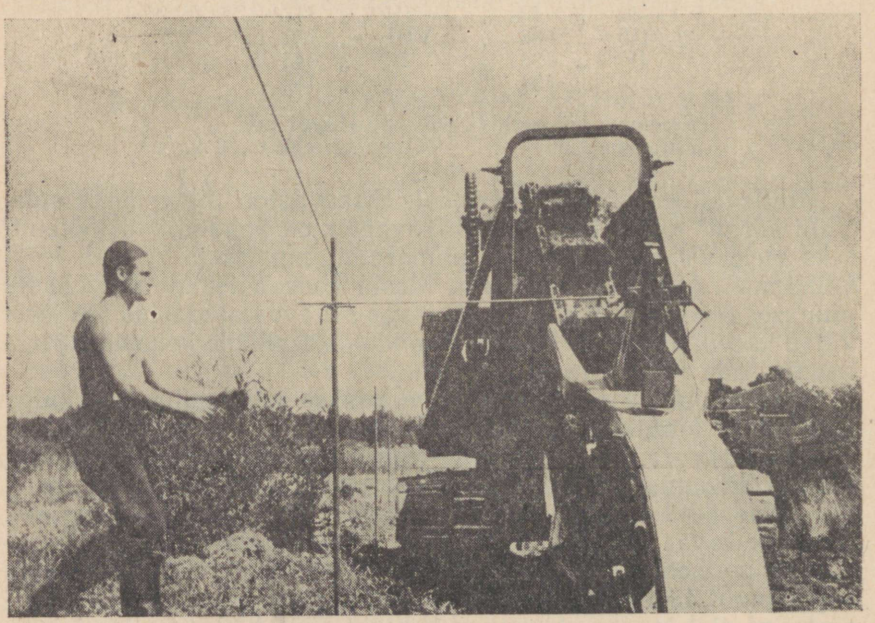
Mullavall asetub paremale poole ekskavaatori liikumise suunda. Valli kõrgus on ca 0,54 sm. Ekskavaator on kohandatud töötamiseks meie vabariigi rasketes pinnasetingimustes ja suudab isegi väiksemaid kive välja kaevata. Masin kaevab temale jõukohases pinnases dreenikaeviku kogu nõutavas sügavuses; masina töö järel vajab kaevik ainult veel põhja tasandamist, millele kohe võib järgneda torude paigaldamine.

Kaeviku põhja õige lang saavutatakse põhjapuhastaja külge kinnitatud langunäitaja abil. Ekskavaatori töötamisel libiseb langunäitaja varras pingutatud vaieril, mis on asetatud ekskavaatori liikumise suunas sellest vasakul pool 1,38 m kaugusel dreenikaeviku teljest ekskavaatori konstandiga määratud kõrgusel. Kuni ekskavaator kaevab kaevikut õige languga, püsib langunäitaja horisontaalasendis. Kui aga ekskavaator hakkab kaevama sügavamalt, läheb langunäitaja horisontaalasendist välja ja kangisüsteemi abil loodav elektriline kontakt süütab ekskavaatori juhiruumis põlema värvilise signaallambi kirjaga «Tõsta». Vastupidi-

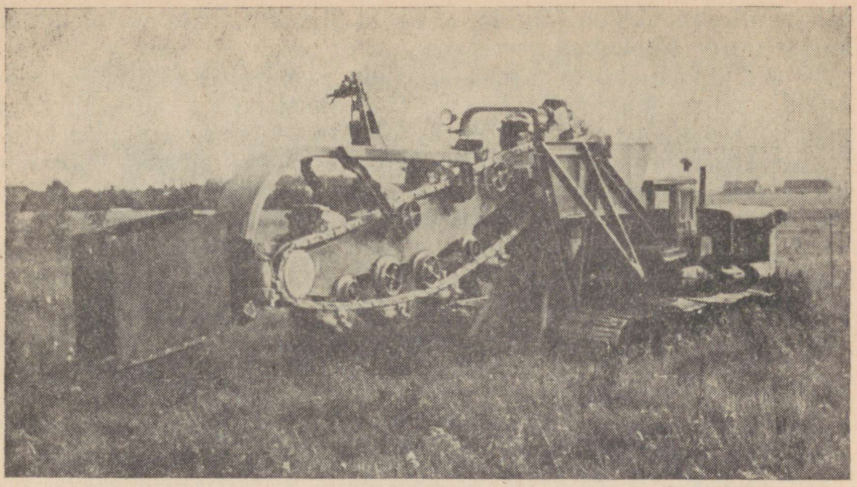
sel juhul, kui ekskavaator ei kaeva kaevikut küllaldase sügavusega, tekib langunäitaja kangide süsteemis vastupidine liikumine, mis süütab põlema signaallambi kirjaga «Alla lasta». Sellele vastavalt reguleerib ekskavaatorijuht kaevamise sügavust.

Vahetult ekskavaatori järele võib töösse rakendada torupanijate lüli, kes tööülesandeid üksikute töötajate vahel sobivalt jaotades tasandab kaeviku põhja, asetab kohale torud, paneb liidusekohtadele filtreeriva materjali ja katab torud «hingemullaga». Kogu aeg peab töö juures viibima ka melioraator (brigadir), kes pidevalt kontrollib tehtavat tööd, jälgib juhtvaieri asendit ja valmistab kaevamiseks ette uut dreenitrassi. Niisuguse töötamise juures peaks drenaaži ehitamise kvaliteet kujunema paremaks, kui see on olnud seni, sest torud asetatakse värskelt kaevatud, deformeerumata ja mudaseks muutumata kindlale põhjale ega jää kauaks lahtiselt seisma. Teatavasti hakkab veega üleküllastunud pinnases vesi kohe pärast kaeviku sissekaevamist kaevikusse sisse valguma. Kogunedes kaeviku põhja, leotab vesi selle pehmeks ja võib halvemal juhul seda isegi uhtuma hakata. Kui aga õnnestub torud asetada värskelt kaevatud kaevikusse enne, kui sinna jõuab koguneda vett, siis jäävad torud kindlale alusele. Ühtlasi on vahetu paigaldamise korral muidugi ka kaeviku seinte varisemise oht väiksem.

Veega tugevasti üleküllastunud pinnases, eriti aga liivases



133. Drenaažiekskavaatori juhtvaier ja langunäitaja.



134. Drenaažiekskavaator ЭТН-142 kaevikunõlvade toetamise kastiga.

pinnases, ei jää kaeviku vertikaalsed seinad kuigi kauaks püsima, vaid varisevad osaliselt sisse sageli vahetult kaevamise järel. Selle ärahoidmiseks on Viljandi masina-maaparandusjaamas 1957. a. kasutusele võetud raudplekist kaevikulaiune ilma põhjata kast, mille külgseinad kilpidena takistavad pinnase varisemist kaevikusse (joonis 134). Selliste kaitsekilpide varjus asetab torupanija torud kaeviku põhja ja katab need ka «hingemullaga». Enne torude paigaldamist kontrollitakse mõõdukepi abil pingutatud juhtvaierist allapoole mõõtes kaeviku sügavust ja silutakse väikese lühikesevarrelise põhjakühvli abil põhja. Kast on kinnitatud ekskavaatori koparaami taha ja liigub ühes ekskavaatoriga edasi.

Selle täienduse läbi paraneb ekskavaatori töö, kuid masinal on veel mõningaid puudusi, mis vajavad kõrvaldamist.

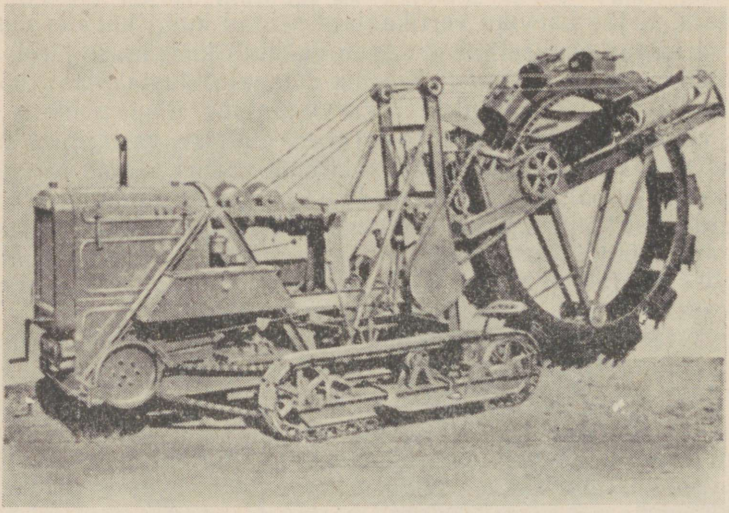
Aastal 1958 ehitati Tallinna Riiklikus Ekskavaatoritehases juba masin, millel kaevamise sügavust oli senisega võrreldes suurendatud ja nõlvade toetamise kasti ehitust parandatud. Täiustatud ekskavaatoril on nõlva toetuse kast tehtud kõrgemate seintega, kui see oli Viljandi masina-maaparandusjaama kastil, ning see on varustatud istmega töölise jaoks. Ühtlasi on kast kujundatud punkriks kahe juhtrenniga, milledest alumine on määratud dreenitorude ja pealmine dreenitorude kattematerjali suunamiseks kaevikusse. Torude renni põhi on teravaservaline ja see vajutab oma alumise otsaga soone kaeviku põhja. Sellesse soonde asetuvad paigaldatavad torud. Torurenni alumise otsa taha on seatud väike rull, mille ülesandeks on paigaleasetatud dreenitorusid kergelt pinnasesse vajutada. Kasti sees seljaga ekskavaatori liikumise suunas istuva

töölise ülesandeks on jälgida, et torud õigesti kohale asetuksid, ja katta torude liitekohad samblaga.

Mainitud täiendusega on tehtud uus samm drenaažitööde mehhaniseerimise suunas, kuid sellel täiendusel on see nõrk külg, et neis kohtades, kus pinnas kaeviku põhjas on kõva, ei vajuta torurenn sinna soont sisse, mistõttu dreenitorud jäävad neis kohtades kõrgemale ja dreen ei saa temale määratud ühtlast langu. Sellistes kohtades tuleb torude paigaldust hiljem käsitsi parandada.

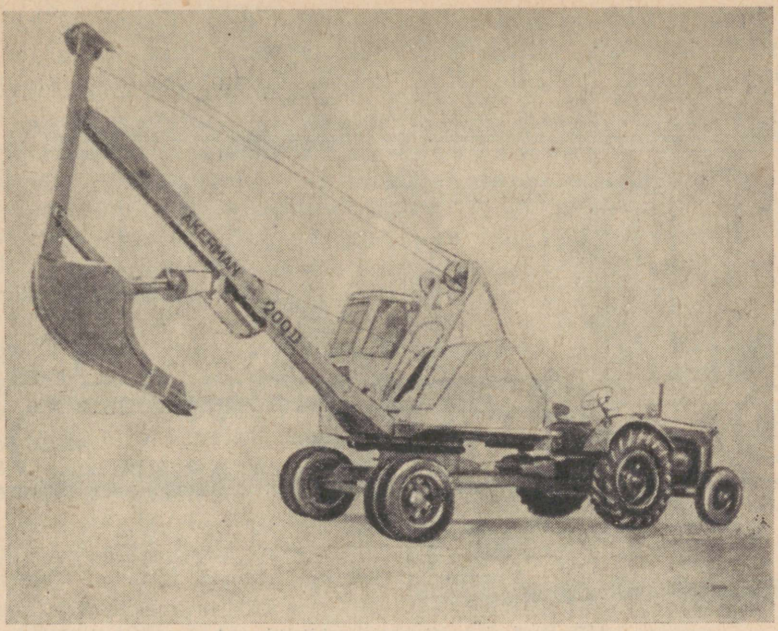
Kuid ka selle uuendusega ei saa veel lugeda ekskavaatori konstruktsiooni parandamist lõppenuks. Töötamine masina täiustamisel peab kestma niikaua, kuni on ehitatud masin, mis hea töökvaliteedi juures võimaldab mehhaniseerida drenaažitööde kõiki operatsioone, nimelt: kaeviku kaevamist, kaeviku põhja tasandamist projekteeritud langu kohaselt, torude paigaldamist kaevikusse, nende katmist filtermaterjaliga ja «hingemullaga» ning kaeviku kinniajamist.*

Eestis valmistatav ekskavaator kuulub kettkopaliste ekskavaatorite tüüpi. Seda tüüpi ekskavaatorid sobivad oma ehituselt dreenikaevikute kaevamiseks keskmistes pinnastes. Püstseinaliste kae-



135. Rataskopaline ekskavaator «Cleveland» dreenikaevikute kaevamiseks.

* Tallinna ekskavaatoritehas konstrueeris ja valmistas 1959. aastal uue ekskavaatori ЭТН-171, mida 1960. aastast alates hakatakse seeriaviisiliselt tootma. Uus ekskavaator on üle 3 tonni kergem kui ekskavaator ЭТН-142. Mootori võimsus on tal ainult 40 HJ, aga tootlikkus 1,5 korda suurem kui ekskavaatoril ЭТН-142. Kaevamise sügavuse reguleerimine on automatiseeritud ja ekskavaator on varustatud toru ladumise seadeldisega. Kaevamise sügavus kuni 1,7 m.

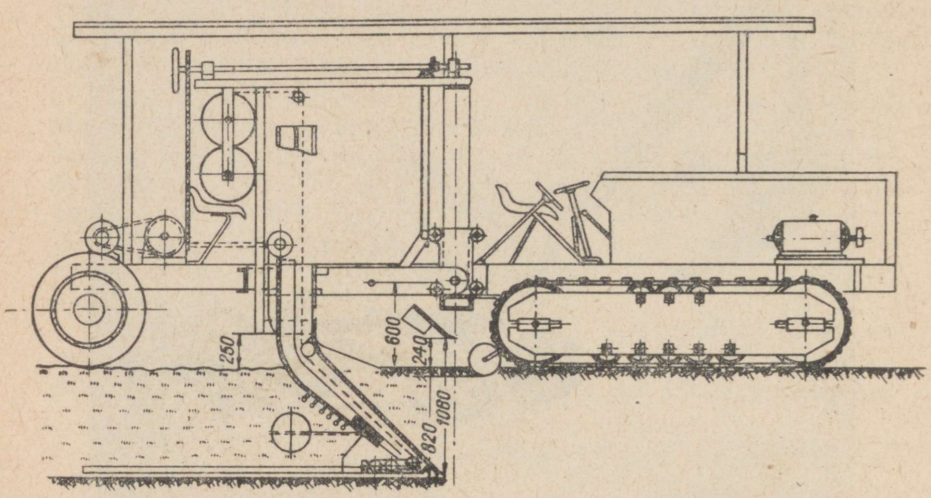


136. Profiilkopaga ühekopaline ekskavaator dreenikaevikute kaevamiseks raskes pinnases.

vikute kaevamiseks on konstrueeritud veel nn. rataskopaline ehk rootorekskavaator. Sellel ekskavaatoril pole kaevekopad kinnitatud lõpmatule ketile nagu kettkopalisel ekskavaatoril, vaid suure läbimõõduga pöörlevale rattale. Seda tüüpi masinaid valmistatakse Ameerika Ühendriikides, Inglismaal ja mujal. Soome kogemuste järgi peetakse seda tüüpi ekskavaatoreid paremaks kui kettkopalisi, sest need võimaldavad suuremat täpsust kaevamise sügavuses. Rataskopaliste ehk rootorekskavaatorite iga on Rootsis drenaaži küsimusi uurinud erikomitee hinnangu järgi keskmiselt 1000 tööpäeva. Nende masinate tööjõudlus on sama komitee andmetel keskmiselt: kändudeta turbapinnases 75, liiva- ja kruusapinnases 68, savis 56 ja kivises moreenis 23 meetrit tunnis.

Ei kettkopaline ega ka rataskopaline ekskavaator saa kaevata rähkset pinnast. Sellises pinnases töötamiseks on ehitatud spetsiaalne pöördkopaline ekskavaator (ühe kopaga, vt. joonist 136), mis kaevab püstseinalise kaeviku laiusega 0,3—0,5 m ja sügavusega kuni 3 m. Sellise ekskavaatoriga kaevamisel jääb kaeviku põhi muidugi ebatasaseks ja seda tuleb käsitsi viimistleda.

Drenaažitöid on seni mehhaniseeritud dreenikaevikute kaevamise ja kaevikute täisajamise osas. Dreenikaeviku põhja tasandamine, torude paigaldamine, nende ühenduskohtade katmine



137. Prof. Janerti greifsvaldi adra skeem.

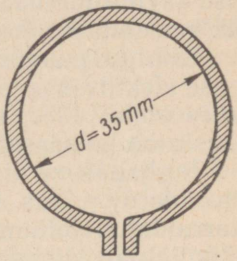
sambla või kruusaga ja ka «hingemulla» pealepanek peab toimuma käsitsi.

On tehtud mitmeid katseid konstrueerida masin, mis võimaldaks täielikult mehhaniseerida kõiki drenaaži ehitamise protsesse.

Ka Eestis on selle probleemi kallal töötatud. Nimelt valmistas Tartu Riikliku Ülikooli maaparanduse ja sookultuuri kateedri juhataja R. Tiitso 1946. aastal joonised ja mudeli drenaažikombaini kohta, mis üheainsa töökäiguga, täiesti mehhaniseeritult pidi teostama savitorudrenaaži ehituse kõik tööprotsessid — kaevama dreenikaevikud, tasandama põhja projektis ettenähtud langu kohaselt, asetama kaevikusse torud ja täitma kaeviku uuesti mullaga. R. Tiitso drenaažimasina idee uudsus seisab selles, et see drenaažimasin pidi liikuma rööbastel, mis asetatakse dreenikaeviku trassile täpselt samasuguse languga, mis on projekteeritud dreenile. Liikudes rööbastel, freesib masina lõikeketas maa sisse kitsa kaeviku, mille põhi kujuneb paralleelseks trassile asetatud rööbastega. Selle tõttu saab dreenikaeviku põhi tasase ja ühtlase langu. Valmiskaevatud dreenikaeviku põhjale vajuvad masinalt sellekohast renni mööda savitorud. Et torud kaeviku põhjal üksteisega hästi liituksid, peavad nad olema kvaliteetsed ja sirged; soovitatav on kasutada koonilise otsaga torusid. Dreenikaevikust väljakaevatud mulda ei panda kaeviku kõrvale maha, vaid linttransportöör kannab selle masina taha ja puistab kohaleasetatud torudele peale. Masin on mõeldud töötamiseks kivivabal mineraalpinnasel ja eel-

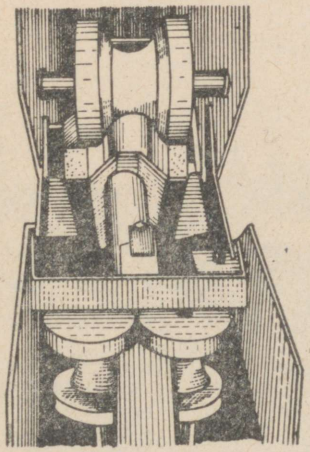
kuivendatud turbapinnasel. Kirjeldatud R. Tiitso idee pole tegelikult rakendamist leidnud.

Pärast Teist maailmasõda püütakse välismaal konstrueerida masinaid, millega saavutataks võimalikult kõikide drenaaži ehitamise tööoperatsioonide mehhaniseerimine. Sellistest masinatest on üks omapärasemaid Greifswaldi (Saksa Demokraatlikus Vabariigis) ülikooli professori G. Janerti konstrueeritud drenaažimasin. See masin kaevab dreenikaeviku projekteeritud langu järgi, kujundab ja asetab paigale dreenitoru ning täidab uuesti kaeviku. Seega mehhaniseerib see täielikult kõik drenaaži ehitamise protsessid.



138. Prof. Janerti dreenitoru ristlõike kuju (pilu on suunatud allapoole).

Toru, mille professor Janerti konstrueeritud nn. greifsvaldi ader maa sisse asetab, kujundatakse otse maa sees. Materjaliks, millest toru valmistatakse, on kas eriline plastmass (viniduur) või tõrvapapp. See on 200 meetri pikkuse lindina keritud masinal olevale trumlile, kust ta masina tagant otsapidi alla, dreenikaeviku põhja suundub ja seal erilise valtside süsteemi abil üheks pidevaks toruks vormitakse, millel pilu vee sissepääsuks jääb alumisele küljele (joonis 138). Materjal, millest toru vormitakse, on õhuke — ca 1 mm —, mistõttu pilu tuleb kujundada kreekakeelse tähe oomega kujuliselt, nagu on näidatud joonisel 138. Lindi serva külge liimitud liivasõmerad hoiavad pilu vee sissepääsuks parajal laiusel. Ader ei kaeva pinnast välja, vaid tõstab seda ainult mõningal määral ülespoole, kuna toru kohaleasetumise järel langeb muld tagasi ja katab paigaldatud toru. Masinat teenindavad kaks inimest — juht ja abitööline. Masina tööjõudlus on 300 meetrit tunnis, kuid seda loodetakse mõningate täienduste järel tõsta kuni 400-ni. Masina kaal on 5,6 t, mootori võimus 35 HJ ja roomikute erisurve maapinnale 0,28 kg/sm². Torude asetamise sügavus on 0,8 m, dreenide vahekaugus ca 5 m. Ader teeb aga ainult dreene siseläbimõõduga 35 mm. Kogujad tuleb teha savitorudest. Kuivendusdreenide ühendamine kogujatega toimub spetsiaalsete ühendusosade abil.

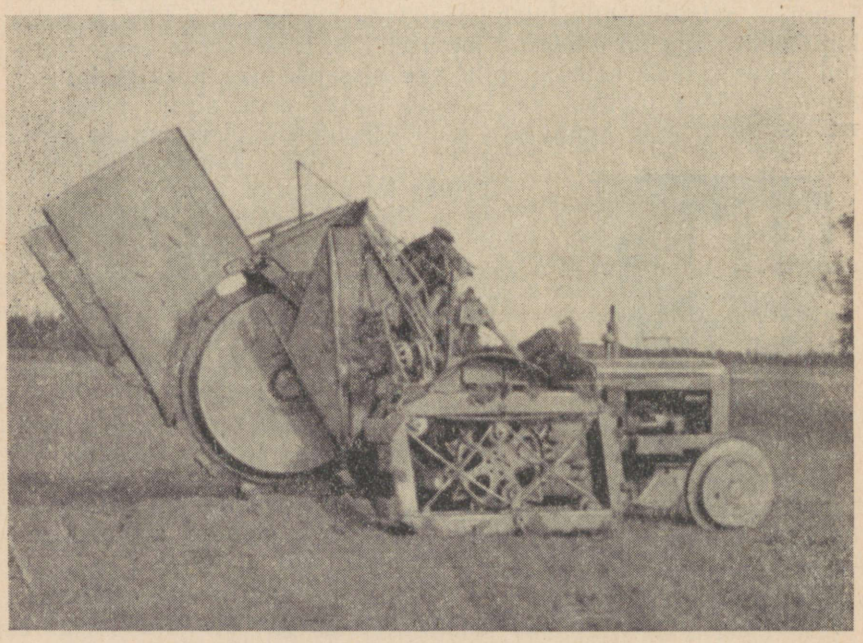

139. Toru vormimise seade greifsvaldi adral.

Professor Janert peab greifsvaldi adra headeks külgedeks seda, et: 1) drenaaži ehitus on täielikult mehhaniseeritav, 2) taimejuurte sissetungi-

mise oht torudesse puudub, sest taimejuured ei tungivat torusse selle allküljel oleva pilu kaudu, 3) kasvavate kultuuride vigastamine masina poolt on minimaalne, 4) adra töö järel ei tule teha mingisuguseid viimistlemistöid; seetõttu selle masinaga on võimalik ehitada drenaaži ka kultuuride all olevatel põllumaadel, 5) drenaaži ehitamise kulud on tunduvalt väiksemad tavalise savitorudrenaaži maksumusest, 6) sama torustikku on võimalik kasutada ka maa niisutamiseks.

Esialgu puuduvad alles kogemused selle drenaaživiisi toimimise efektiivsuse ja kestuse kohta. Ka Saksamaal kasutatakse seda alles alates 1954. aastast vaid katseks ja väikesel pindalal. Kuid masin on katseasutuste poolt hea hinnangu osaliseks saanud.

Inglise firma «Howard Trench Digger» (Rotary Hoes Ltd, West Horndorn) esitas 1956. aasta oktoobris Inglismaal Shillingfordis korraldatud põllumajanduslike masinate näitusel uue rataskopalist tüüpi drenaažiekskavaatori, mis kaevab dreenikaeviku ja asetab ka dreenitorud kohale. Üks seda tüüpi ekskavaator on katsetamiseks toodud ka Eesti NSV-sse. Olulisemaks uuenduseks ekskavaatoril on see, et kaevemehhanismi taha on kinnitatud kaks paralleelset terasplaati, mis takistavad kaeviku seinte varisemist. Kaevemehhanismi taha paigutatud renni mööda, mille ülemine ots on suunatud peaaegu vertikaalselt üles, alumine kaeviku põhja ulatuv ots aga käändub põhjaga horisontaalseks, paigaldatakse torud.



140. Drenaažimasin «Howard Trench Digger».

Ülevalt otsapidi renni pandud torud vajuvad oma raskuse jõul alla ja asetuvad dreenikaeviku põhjas otsakuti tihedalt üksteise vastu. Torud asetuvad puhtale kaeviku põhjale, kuna toeplaadid kaitsevad mulla enneaegset varisemist kaevikusse. Torud asetatakse varem trassi kõrvale valmis, kusjuures need on enne hoolikalt sorteeritud. Ainult heakvaliteedilised torud leiavad kasutamist.

Torude paigaldamise seadeldise osas sarnaneb see masin põhimõttelt Tallinna Ekskavaatoritehase poolt 1958. aastal ehitatud ekskavaatoriga ЭТН-142.

Ameerika Ühendriikides kasutatavatest drenaažimasinatest väärib tähelepanu Samner Margetsi rootor- ehk rataskopaline ekskavaator [1]. Rootori läbimõõt on 3,66 m. Vahetult rootori taga liigub kaevikus rootori raami külge kinnitatuna terasplekist kast, mille laius on võrdne kaeviku laiusega. Kasti seinad kaitsevad kaeviku seinte varisemist enne torude paigaldamist. Kasti sees asub torude paigaldamise mehhanism, mis kujutab endast hüdrauliliselt juhitavat plunžerit. Torud, mis juba varem on kaeviku trassi äärde valmis seatud, asetatakse käsitsi kasti ja plunžer tõukab torud järjekorras kaeviku põhja, kusjuures torude väljatõukamise sagedust reguleeritakse vastavalt masina liikumise kiirusele. Torude paigaldamisel plunžeriga on tagatud, et torud satuvad õigesti otsapidi üksteise vastu, ilma kõrvalenihkumiseta teljest.

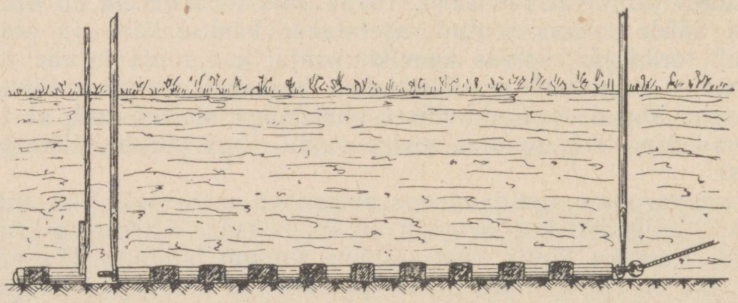
Koos torude paigaldamisega ümbritseb masin torud ka niihästi põhjast, külgedelt kui ka pealt 10 sm paksuse filtreeriva kruusakihiga. Kaeviku lõplik kinniajamine toimub buldooseriga pärast seda, kui on kontrollitud torude ja filterkihi korralikku paigutust. Masin võib ehitada drenaaži sügavusega kuni 1,5 m, kusjuures masina tööjõudlus on kuni 300 meetrit vahetuses.

[1] «Гидротехника и Мелиорация» № 8, 1957.

XV. ERIJUHUD DRENAAŽI EHITAMISEL

1. DRENAAŽI EHITAMINE VESILIIVAPINNASES

On sagedane nähtus, et dreenid, mis paiknevad vesiliivas, ei tööta korralikult ja neis esineb rohkesti ummistusi. Tavaliselt on sellised nähtused tingitud drenaaži halvakvaliteedilisest ehitamisest, kuid juhtub ka, et vesiliiva on projekteerimisel peetud teistsuguseks pinnaseks, näiteks saviks.



141. Dreenitorude paigaldamine kümne toru kaupa korraga (toruliidused on ümbritsetud tõrvapapiribadega).

Vesiliiva all mõistetakse peent, tolmjat liiva, mis veega küllastunud olekus dünaamiliste mõjutuste toimel (kaevamisel, tallamisel jne.) vedeldub ja muutub voolavaks. Peenikeste liivaterakeste kaal muutub vees nii väikeseks, et liiv on voolava veega kergesti uhutav ja satub toruliiduste kaudu kergesti ka dreenitorudesse, põhjustades siin ummistumist.

Seepärast on tarvis vesiliivapinnases kaitsta drenaažitorusid liiva sissetungimise vastu, ümbritsedes neid sobiva filterkihiga, kui sobiva sügavuse projekteerimisega ei õnnestu üldse vältida dreenitorude sattumist vesiliivakihti. Parimaks filteraineks on kruus; hoopis vähem kindel on toruliiduste ümbritsemine liivaga kaetud tõrvapapi ribadega. Muudest kaitsevahenditest tuleks mainida võimalikult lihtsate ja üldiselt väikeste süsteemide projekteerimist, mitte üle 100 m pikkuste kuivendusdreenidega, kusjuures dreenidele tuleb anda hea lang lubatavuse piirides. Ka on oluline, et vesiliivases pinnases viidaks ehitustööd läbi kuival perioodil ja

võimalikult lühikese aja jooksul. Veega väga üleküllastunud vesiliivas võib osutuda vajalikuks kaevata dreenikaevik mitte korraga täie nõutava sügavuseni, vaid järk-järgult, andes põhjaveele võimaluse alaneda ning vesiliivapinnasele tiheneda. Kui dreenikaeviku põhi siiski pehmeks jääb, siis tuleb torudele teha laudalus. Torude paigaldamine peab toimuma kiiresti ja kaevik tuleb toru de paigaldamise järel võimalikult ruttu kinni ajada.

Sageli osutub vesiliivapinnases vajalikuks toestada kaeviku kaevamisel selle nõlvu kokkuvarisemise vältimiseks tugilaudadega.

L. Keso [1] soovitab neil juhtudel, kui vesiliivakihti ei ole kaeviku põhjas üle 40 sm, kasutada torude paigaldamisel spetsiaalset terasplekist valmistatud kaevikuseinte toestamise seadeldist. See asetatakse kaevikusse ja surutakse või lüüakse selle teravaservalised küljeplekid pinnasesse kuni kaeviku projekteeritud sügavuseni. Seejärel kaevatakse pinnas vajaliku sügavuseni (mõne sm võrra rohkem) toestuse vahelt välja, pannakse kaeviku põhja kiht kruusa, vajutatakse see ettevaatlikult tihedaks, asetatakse toestuse ulatuses kohale dreenitorud, kaetakse need kõrvalt ja pealt kruusakihiga ning täidetakse toestatud osa kaevikust kuni toestuse kõrguseni. Alles pärast seda võib toestuse välja võtta ja edasi asetada. Niiviisi kahemeetriste osade kaupa saab dreene paigaldada ka kõige halvemates kohtades. Muidugi on töö sellistes tingimustes aegaviitev ja kulukas.

2. DRENAAŽI EHITAMINE RAUARIKASTES PINNASTES

Rauaühendite rikkaliku esinemise korral pinnases on olemas oht, et rauaookri sadestumisel dreenitorudesse dreen ummistub. Nii näiteks annab dreeni vees lahustunud rauabikarbonaat dreenides õhuhapnikuga kokku puutudes raudhüdroksüüdi ehk rauaookri:

$$2Fe(HCO_3)_2 + O + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 4CO_2.$$

Tekkinud raudhüdroksüüd (rauaooker) sadestub välja pruuni sültja massina ning põhjustab torudes ummistumist. Seda protsessi täiesti vältida ei saa. On tähele pandud, et see protsess on algul pärast kuivendamist väga intensiivne, muutub aga aja jooksul nõrgemaks.

Ka rauabakterid põhjustavad torude ummistumist sellega, et nad muudavad dreeni vees lahustunud kahevalentse raua ühendeid kolmevalentse raua ühendiks — rauaookriks.

See protsess kulgeb järgmiselt:

$$2FeO + 3H_2O + O \rightarrow Fe_2O_3 \cdot 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3.$$

Selle protsessi tagajärjel tekib esmalt veepinnale õhuke vikerkaarevärviline helkiv kelme ja hiljem sülditaoline mass. Raua-

[1] Lauri Keso. Salaojitustyöt. Helsinki, 1951.

bakterite tegevust on püütud tõkestada sel teel, et torust tõmmatakse pikuti läbi vasktraat. Katsed on näidanud, et sellisest traadist vette lahustuv vask mõjub rauabakteritele surmavalt. Praktikas pole see viis veel kasutamist leidnud. Selle asemel on kasutatud rauarikaste maade lupjamist, mis soodustab raua sidumist pinnasesse ja vähendab rauaühendite sattumist dreeni vette.

Rauaühendite kahjuliku mõju vältimiseks drenaažis kasutatakse üldiselt samu võtteid nagu vesiliivapinnase puhulgi. Rauarikaste alade kuivendamiseks tuleb kasutada väikesi lühikeste kogujatega drenaažisüsteeme. Eriti tähtis on dreenidele suurema langu andmine, sest siis hoitakse dreenid suurema voolukiiruse tõttu puhtad. Torude liitekohti on soovitatav ümbritseda filteriainega. Rauarikaste allikate ja rauarikaste surve all oleva põhjaveega alade kuivendamiseks tuleb võimalust mööda kasutada omaette drenaažisüsteeme või dreene, mis juhitakse otse eelvoolu, ilma et neid üldise drenaažisüsteemiga ühendataks. Mida siledam on torude siseseina pind, seda vähem tekib sinna rauaookrit. Dreenikaevikud tuleb kohe pärast torude paigaldamist mullaga täita, et vältida ookri tekkimist liidustes.

On soovitatud juhtida kogujadreenide suudmed allapoole äravoolukraavi keskmist veepinda või ehitada toru suudmesse metallklapp, mis takistaks õhu sissepääsu dreenitorusse. Tegelikult on seda aga väga vähe kasutatud. On märgatud, et sügavam drenaaž ja külgühenduste kasutamine kuivendusdreenide ühendamisel kogujaga on vähendanud rauaookri tekkimist. Pealtühenduse korral puutub kuivendajast kogujasse langev vesi hästi õhuga kokku, mille tagajärjel just ühenduskoha ümbruses tekib rauaookriummistus. Seepärast on soovitatav rauarikaste pinnaste korral kasutada peamiselt külgühendust. On avaldatud arvamust, et niisugusel korral tuleks jätta tegemata ka rest suudmetoru otsa.

Flahulti katsejaamas Rootsis on professor G. Hallgren ja agronoom O. Östholm [1] rea aastate kestel uurinud vahendeid rauaühendite sadestumise ärahoidmiseks drenaažitorudes. Mainitud uurijad jõuavad järeldusele, et ei vask ega hõbe pole kindlad vahendid rauaühendite sadestumise ärahoidmiseks rauarikkasse pinnasesse asetatud drenaažitorudes. Ummistuste vähendamiseks soovitavad autorid järgmisi abinõusid: 1) ehitada dreenid lühikesed ja hea languga, 2) teha rohkesti settekaevusid ja 3) dimensioneerida dreenitorud suurema ristlõikega, kui seda nõuab hüdrauliline arvutus.

3. DRENAAŽI EHITAMINE TURBAPINNASES

Turbapinnas erineb oma omaduste poolest tunduvalt mineraalpinnasest. Seetõttu tuleb ka drenaaži ehitamisel arvestada mõningaid turbapinnase iseärasusi.

[1] G. Hallgren och O. Östholm. «Om utfällning av järn i dräneringsledningar. «Grundförbättring» nr. 2, 1957.

Turbapinnas on organogeenne pinnas, mis pärast kuivendamist tugevasti vajub. Mida sügavam, veerikkam ja vähem lagundunud on turbakiht, seda suurem on pärast kuivendamist selle vajumine.

Turbakihi vajumist tuleb arvestada niihästi magistraalkraavide, kogujakraavide kui ka dreenide sügavuse määramisel. Soos ei saa drenaaži projekteerida ainult maapinna reljeefi alusel, vaid tuleb arvestada ka mineraalse aluspõhja reljeefi ja ette näha turba vajumist.

Soode kuivendamisel kasutatakse peamiselt laud- ja freestorudrenaaži üksikdreenide näol, kus kuivendusdreenid on üksikult juhitud lahtisesse kogujakraavi. Üksikdreenide kasutamine on soos õigustatud, sest maapinna lang on siin üldiselt väike ja üksikdreenidele saame kergemini anda kunstliku langu. Rohke torusuudmete hulk pole laud- ja freestorudel pahe, mida see on savitorudrenaažil, sest et siin tavaliselt erilist suudmetoru ei tehta või see tehakse päris lihtne (laudtorudrenaažil).

Et soos on sageli rohkesti raua- ja väävliühendeid, siis on üksikdreenid ka ummistuste vältimiseks soovitatavad. Väikese langu puhul ja neil juhtudel, kui on karta dreenide ummistumist, projekteeritakse dreenid lühikesed. On aga lang küllaldane ja pinnases pole palju väävli- ja rauaühendeid, võib võtta laudtorudreenide pikkuseks kuni 200 m ja erandjuhtudel isegi rohkem.

Kuigi tavaliselt kasutatakse meil soomaade kuivendamisel laudtoru- ja freestorudrenaaži, on võimalik siiski rakendada ka savitorudrenaaži. Turbapinnaste savitorudrenaažiga kuivendamisel tuleb aga torud ebaühtlase vajumise mõju vältimiseks asetada latt- või laudalusele.

Saksa drenaaži instruktsioonis (DIN-1185—1950) soovitatakse savitorude paigaldamisel pehmele turbaalusele kasutada järgmist viisi. Kaeviku põhi kaetakse ca 15 sm paksuse ühtlase kanarbiku- või pillirookihiga ja tambitakse see tihedaks. Niiviisi tihendatud põhjale ei asetata torusid üksikult, vaid 10 toru kaupa. Kümmekond toru lükitakse selleks umbes 3,5 m pikkusele terastorule, mille väline läbimõõt on pisut väiksem dreenitorude siseläbimõõdust. Kahe mehe jõul lastakse terastorule lükitud savitorud dreenikaeviku tihendatud põhjale, lükatakse torud otsapidi hästi üksteise ligi, kaetakse nad filtreeriva kanarbiku või pillirookihiga, täidetakse siis ka kaevik poole sügavuseni ja alles selle järel tõmmatakse ettevaatlikult välja terastoru, millega savitorud kaevikusse lasti. Järgmised 10 toru paigaldatakse samal viisil ja nii edasi.

Kümnekaupa paigaldatakse torusid ka tolmja liiva ja merglipinnase puhul; neil juhtudel ei tehta aga kanarbikalust ja toruliidused ümbritsetakse tõrvapapiga.

Tiheda turba puhul peetakse Saksa instruktsioonis võimalikuks asetada savitorud dreenikaevikutesse ka ilma igasuguse aluseta. V. J. Šileika andmetel tehtavat nii ka Leedus, kusjuures torude paigaldamine toimub konksu abil.



142. Savitorudreeni ehitamine soos lattalusele.

Eesti NSV territooriumil on savitorudrenaaži lattalusel turbapinnasesse ehitatud katsetamise korras Tooma katsebaasis, kuid tootmises kasutatakse peaaegu eranditult laud- ja freestorudrenaaži. Mitme aastakümne pikkune kogemus on näidanud, et need kuivendusviisid on meie oludes turbamaadel otstarbekohased. Kuigi nii laud- kui ka freestorudrenaaž on maksumuselt suhteliselt vähe odavamad savitorudrenaažist, on nende ehitamine tunduvalt lihtsam, oleneb vähem ilmastikust ja on jõudsam kui savitorudrenaaži ehitamine. Selle tõttu, et need dreenid koosnevad pikematest (2—3 m pikkustest) lülidest ja lülid on omavahel selliselt ühendatud, et nende paigaltnihkumine pole võimalik, annavad need dreenid praktiliselt hea ühtlusega langu ja on suure toimimiskindlusega isegi sellest hoolimata, et siin kaeviku põhja tasandamine toimub tavaliselt väiksema täpsusega kui mineraalpinnases savitorudrenaaži puhul.

Toru paigaldamine kaevikusse toimub tavaliselt nii, et see naelutatakse kaeviku kaldal kokku, lükatakse kaigastel dreenikaeviku kohale ja asetatakse siis kogu dreeni pikkuses korraga kaevikusse. Seda tehakse mitme mehe ühisel jõul, tõmmates järk-järgult toru alt kaeviku kohal ära aluskaikad, millede peal toru asetseb. Toomal laskis üks vilunud drenaažitöö meister (Prost) hea eduga laudtoru dreenikaevikusse ka üksinda, kasutades selleks omapärast võtet. Ta asetas valmisnaelutatud toru kogu dreeni pikkuses päris kaeviku äärele, läks siis ise dreeni ülemisse otsa, võttis mõlema käega toru otsast kinni, tõstis selle umbes meetri kõrgusele maapinnast ja, asetudes ise kaeviku keskjoonele ning hoides toru otsast kinni, tegi äkilise liigutuse allapoole. Sündiv laine läbis kogu pikkuses toru ja tõstis selle pika maona lainetavalt umbes 0,4—0,6 m kõrgusele maapinnast, mille järel toru langes kogu pikkuses kaeviku põhja. Meister hoidis toru otsast kinni seni, kuni see kogu ulatuses oli dreenikaevikusse langenud, ja laskis alles siis toru otsa käest kaeviku põhja. Naelutusest lahtirebenemist ei esinenud ja ka toru asend kaeviku põhjas vajas tavaliselt ainult vähe parandamist.

Dreenikaeviku täitmisel turbapinnases «hingemulda» tavaliselt ei kasutata, vaid kogu täitmine toimub mehhaniseeritult buldooseri või adra abil.

Freestorud paigaldatakse põhiliselt samuti nagu laudtorud. Nende kokkulöömine on mõningal määral lihtsam kui laudtorude kokkulöömine.

Laud- ja freestorudrenaaži kõrval, mis Eestis on olnud ja tõenäoliselt ka ettenähtavas tulevikus jäävad peamisteks drenaažiliikideks turbamaades, on viimasel ajal mõningal määral kasutamist leidnud ka klaastorudrenaaž. Klaastorude kasutuselevõtmine drenaažiks on aga meil toimunud ilma eelneva põhjalikuma katsetamiseta ja selle kasutamise otstarbekohasuse kohta puudub esialgu alles täis kindlus.

Turbapinnases saab drenaaži ehitada alles pärast teatavat eelkuivendust. Eelkuivendus toimub soos magistraal- ja kogujakraavide võrgu abil. Pärast magistraal- ja kogujakraavide võrgu rajamist tuleb lasta turvast vajuda ja taheneda ning alles siis alustatakse drenaaži ehitamist. Kui dreenikaevikud kaevatakse veerikkasse, veel vajumata turbakihti, siis võib esineda dreenikaevikute kokkulangemist, eriti juhul, kui väljakaevatud pinnas on jäetud liiga lähedale dreenikaeviku äärele. Seepärast tuleb veega tugevasti üleküllastunud turbasse kaevata dreenikaevikuid turba järkjärgulise väljavõtmise teel, kusjuures väljakaevatud turvas asetatakse kaevikust kaugemale.

Aiamaa kuivendamine drenaažiga toimub üldiselt samuti nagu põllumaagi kuivendamine, kuid siiski mõningate iseärasustega. Aiamaad tuleb kuivendada tavaliselt intensiivsemalt, mispärast jäetakse kuivendusdreenidele umbes 25—30% võrra väiksem vahekaugus ja suurem sügavus (1,30—1,50 m) kui samades tingimustes oleva põllu puhul.

Kõige suuremat tähelepanu tuleb aiamaa drenaažiga kuivendamisel pöörata dreenide kaitsmisele taimede sügavate juurte sissetungimise eest. Torusse tunginud taimejuured tekitavad dreenis korgi, mille taha setivad uhtmed, põhjustades ummistumist. Üldiselt on juurte dreenidesse tungimise oht seda suurem, mida madalam, s. o. mida väiksema sügavusega on drenaaž. Seepärast tuleb madalast drenaažist aias loobuda.

Kõige kindlam abinõu juurte sissetungimise vastu on dreenide, eriti kogujadreenide asetamine puudest vähemalt 20 m kaugusele ja põõsastest vähemalt 10 m kaugusele. Kui ka vahepealset ala on vaja kuivendada, siis on seda soovitatav teha lühikeste kuivendusdreenide abil, mille ülemised otsad suunatakse puude rea poole. Dreeni ülemiste otste ummistumine ei halva kogu dreeni. Kui aga puid ja põõsaid kasvab kogu kuivendataval alal, siis tuleb kasutada teisi abinõusid.

Rohkesti kasutatav võte on dreenitorude immutamine karboliineumiga, mis peab sisaldama vähemalt 8% karbolhapet (fenoole). Selleks asetatakse toruotsad umbes 20 minutiks nõusse, mis on 5 sm sügavuselt karboliineumiga täidetud. Karboliineumiga immutatud torust hoiduvad juured esimesel aastal kaugemale, kuid aja jooksul see mõju nõrgeneb ja lõpuks tungivad juured ikkagi dreenidesse.

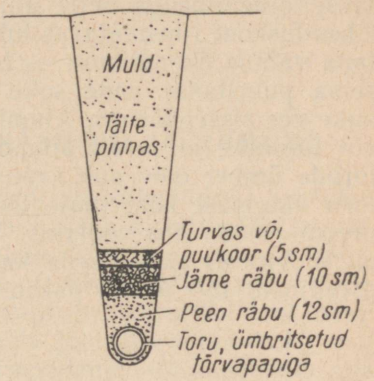
Kasutatakse ka torude ümbritsemist taimedele kahjulike või toitainetevabade materjalidega, näiteks mineraalpinnasega või räbuga (šlakiga), mis on tugevasti segatud karboliineumiga. Selleks võetakse 12 liitrit karboliineumi 1 m^3 kuiva mulla kohta. Räbu võib juuri tõrjuda ka ilma karboliineumiga immutamata.

Lihtne, kuid vähem tõhus võte on toruliiduste ümbritsemine muhvidega. Selleks on kõige kättesaadavam liivaga tõrvapapp, millest lõigatakse 10 sm laiused ribad, mis liiduste kohtades torude ümber seotakse (joonis 141). Soovitatav on tõrvapaperibadega ümbritsetud torude katteks panna veel 15—20 sm paksuse kihina koksiräbu, kusjuures allapoole asetatakse peenem ja pealepoole jämedam räbu. Räbukiht kaetakse puukoorega või mättakihiga; ülejäänud osas täidetakse kaevik väljakaevatud pinnasega (joonis 143). Kui koksiräbu pole saada, võib selle asemel kasutada rabaturvast või kruusa.

V. Šileika tähelepanekute järgi soodustab dreenivee rohke taimetoitainete sisaldus taimejuurte tungimist dreenitorudesse. Sel-

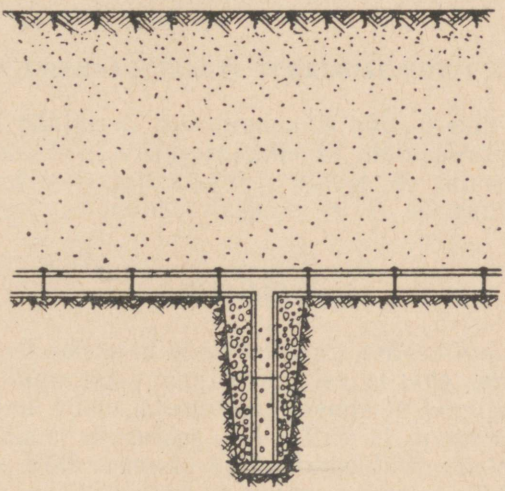
lepärast pole soovitatav juhtida põldudelt tulevat vett viljapuuaia drenaažisüsteemidesse.

Kuivendusdreenidesse taimejuured ei pidavat tungima, küll aga kogujaisse. Sellepärast loeb V. Šileika küllaldaseks kaitsta ainult kogujaid juurteummistuse ohu eest, ja soovitab seda teha järgmiselt. Iga süsteemi kogujadreeni ülemisse otsa tuleb ehitada kontrollkaev. Sellesse kaevu valatakse keskmiselt 1 kord iga 2—3 aasta tagant mingit antiseptikut, näiteks karboliineumi ja tõrva segu või naftasaadusi, 3—5 l kogujadreeni iga 100 jm. kohta. Kogujatorust läbi voolates tapab antiseptik torusse tunginud taimejuured, kuna surnud juurejäätmed kantakse lähema kõrgvee ajal torudest välja.



143. Aiamaadreeni ristlõige.

Väga hea ja kindel võte juurte sissetungimise vastu on eriliste veekogumiskaevude süsteemi kasutamine ehk nn. Rèrolle'i drenaaž. Savitorude liidused dreenis suletakse Rèrolle'i drenaažis lubjatõrvakitiga, asfaldiga või ümbritsetakse vastupidavate, vett mitteläbilaskvate muhvidega. Sellisel juhul


144. Rèrolle'i drenaaž pikilõikes.

ei pääse vesi dreeni enam läbi toruliiduste, nagu see tavaliselt toimub. Torud on siin küll vee ärajuhtijaiks, mitte aga vee vastuvõtjaiks pinnasest. Pinnasevee vastuvõtjatena kasutatakse sel

juhul torude alla tehtud veekogumiskaeve, mis on ühendatud dreeniga (joonis 144). Niisugused kaevud asetatakse dreenidele iga 10—15 m tagant. Kaevud tehakse umbes 0,7—0,8 m allapoole dreeni põhja ja vähemalt poolemeetrise läbimõõduga. Kaevu keskele asetatakse ülestikku kaks savitoru. Ülemise toru ots ühendatakse dreenitoruga selle alumisele küljele raiutud augu kaudu. Ühenduskont tihendatakse lubjatõrvakitiga. Veelgi parem on kasutada valmis ühendusosa — torukolmikut. Kaevu alumise püsttoru seina puuritakse enne selle kohaleasetamist peene rauapuuriga auke vee sissepääsuks. Alumise otsa alla seatakse tihedalt kruusa või tugikivi, et torud allapoole ei vajuks. Siis täidetakse kogu torude ümber olev auk kruusaga. Kui vesi kaevus ülemise püsttoru ülaotsast kõrgemale tõuseb, hakkab ta kaevu kohal olevat dreeni mööda ära voolama. Vee kaevu imbumise soodustamiseks on soovitatav ümbritseda ka dreenid kruusaga, mida asetatakse dreenidele 15—20 sm paksuse kihina.

XVI. DRENAAŽIVÕRGU KORRASHOID JA REMONT

Drenaaži korrashoidmine nõuab üldiselt vähe tööd, igatahes vähem kui lahtine kuivendusvõrk. Kuid oleks täiesti väär arvata, nagu ei vajaks drenaaž pärast valmimist enam mingit tööd. Kuigi korrashoiutöö drenaaži juures on väike, tuleb seda siiski järjekindlalt teha, sest ka kõige paremini projekteeritud ja hästi ehitatud drenaaž võib juba mõne aasta jooksul ummistuda, kui korrashoiule ei omistata vajalikku tähelepanu; drenaaž võib aga püsida toimimisvõimelisena 40—50 aastat ja kauemgi, kui selle pideva korrashoiu eest hoolt kantakse.

Ulatuslikud suurte kuludega seotud taastamistööd, mida meil on tulnud teha ja veelgi tuleb teha selleks, et muuta jälle toimimisvõimeliseks ummistunud drenaažisüsteeme, on hoiatavaks näiteks selle kohta, kui tähtis on drenaaži korrashoid.

1. DRENAAŽI RIKETE TEKKIMISE PÕHJUSI

Tähtsamad põhjused, mis drenaažis võivad esile kutsuda rikkeid, on järgmised: a) vead projektis, b) ehitustööde madal kvaliteet, c) drenaažimaterjali madal kvaliteet, d) taimejuurte tungimine dreenidesse, e) pinnase iseloom ja f) süsteemide puudulik korrashoid.

a) Projekti vead

Projekti vead seisavad enamasti kas selles, et dreenidele on projekteeritud liiga väike lang, või selles, et pole omistatud vajalikku tähelepanu voolu kiiruse kujunemisele kogujais, mis toob kaasa ummistumist dreenides, või selles, et drenaaži sügavus ei ole küllaldane. Võib esineda ka juhtumeid, et tee alt läbiviidud kogujaile pole projekteeritud vajalikku kaitset läbikülmumise või taimejuurte sissetungimise vastu.

Võib esineda üksikuid muidki eksitusi. Kõik projekteerimise vead on ärahoitavad, kui projekti koostajal on vajalikku asjatundmist ja vilumust.

b) Ehitustööde madal kvaliteet

Ehitustööde halb kvaliteet on kahjuks hoopis sagedamini esinev rikete põhjus. Halb töö võib olla põhjustatud asjatundmatusest, kuid enamasti on see tingitud töö tegijate hooletusest ja vastutustunde puudumisest ning tööde juhataja puudulikust järelevalvest. Tavalised vead on dreenikaevikute põhja puudulik tasandamine, kaeviku sügavamaks kaevamine, kui projektis on ette nähtud, torude paigaldamine pehmeks tallatud, porisele põhjale, liiga suurte vahede jätmine torude liitekohtadesse, halvasti tehtud toruühendused ja süsteemi suudmeosad, filterkihi või «hingemulla» panemata jätmine jt.



145. Dreenitoru ummistumine puuduliku korrashoiu tõttu.

Vigade tekkimist tööde teostamisel soodustab suurel määral tükitöö rakendamine drenaaži ehitamise sellistelgi operatsioonidel nagu kaeviku põhja tasandamine, torude paigaldamine ja filtermaterjali ning esmase kattekihi panemine. Kus puudub küllalt range kontrolli võimalus nende tööoperatsioonide üle, seal on soovitatav lasta neid töid teha ajatööna, mis paremini tagab töö rahuldava kvaliteedi. Igal juhul aga oleks suur viga usaldada need tööd vilumata töötajate hooleks.

Tööde vead on välditavad, kui töö tegijad omavad vajalikku asjatundlikkust, kogemusi ja vastutustunnet ning kui ei puudu tööde täitmise hea ja nõudlik järelevalve. Drenaažitööde kõigi tööoperatsioonide mehhaniseerimine võib samuti tunduvalt kaasa aidata tööde kvaliteedi paranemisele.

tööstus sageli veel müügile alaväärtuslikke — liiga vähe põletatud, ebakorrapärase kujuga, kõveraid, seest karedaid või muude defektidega dreenitorusid. Kuigi võib-olla pole võimalik absoluutselt ära hoida praaki savitorude tootmisel, siis mõnesuguseid parandamisvõimalusi tootmise tehnoloogias siiski veel on. Kuid alati on võimalik kõlbmatuid ja alaväärtuslikke torusid välja praakida ning neid drenaaži ehitamiseks mitte kasutada.

Puitmaterjali osas on oluline, et ei kasutataks mädanemise tunnustega puitu ja et freestorude sisepind ei jääks halva freesimise tõttu karedaks või järguliseks. Savitorudelt tuleb nõuda, et need vastaksid riikliku standardi nõuetele ja puitfreestorud tehnilistele tingimustele, mis on kinnitatud Eesti NSV põllumajanduse ministri poolt.

Vead, mis on tingitud halvast ehitusmaterjalist, on samuti ärahoitavad; selleks on vaja ainult tööde juhataja küllaldast hoolt ja nõudlikkust ning drenaažitorusid tootvate ettevõtete vastutustunnet.

d) Taimejuurte tungimine dreenidesse

Taimejuurte tungimine dreenidesse võib põhjustada drenaaži rikkeid siis, kui drenaaž on madal või kui värskelt drenaaži abil kuivendatud maal hakatakse kohe kasvatama sügavajuurelisi kultuure. Mõnedel juhtudel põhjustavad dreenide ummistumist ka sügavalt juurduvad umbrohud, eriti põldosi. Kui dreenid ulatuvad liiga lähedale puudele või põõsastele, on ka puude ja põõsaste juured paljudel juhtudel dreene ummistanud. Selliste ummistuste vältimiseks on soovitatav hoiduda kuivendatud maal esimestel aastatel pärast drenaaži ehitamist sügavalt juurduvate taimede, nagu juurvilja, lutserni jt. kasvatamisest ja muidugi ka liiga madala drenaaži ehitamisest ning dreenide projekteerimisest puude ja põõsaste juurte levimispiirkonda.

V. Šileika uurimisandmete järgi Leedu NSV-s on puudest paju, pappel ja kastan ajanud väga intensiivselt juuri dreenitorudesse, seevastu on aga pärnal, kuusel, kasel, saarel ja tammel vähem sellist kalduvust.

Viljapuudest on õunapuud ajanud intensiivselt juuri dreenitorudesse, pirn, ploom ja kirss aga hoopis vähem.

Marjapõõsastest on must ja punane sõstar ajanud tugevasti juuri dreenitorudesse, karusmarjapõõsad aga tunduvalt vähem.

Juurviljadest on suhkrupeedi ja söödapeedi juured intensiivselt tunginud dreenidesse niikaua, kuni kaevikutäide on olnud veel kobe. Mitmeaastaste heintaimede ja kaunvilja juured pole tavaliselt dreenitorudesse tunginud. Üheaastaste taimede juured, kui need dreenitorudesse tungivadki, mädanevad seal sügise ja talve jooksul, ja nende jäätmed kantakse tavaliselt juba kevadise suurveega dreenitorudest jälle välja. Väga ohtlikud dreenide

ummistumise põhjustajad on sügavalt juurduvad umbrohud, nagu oblikas, soo-osi, ohakas jt.

V. Šileika tähelepanekute järgi tekivad aga juurteummistused enamasti alles 10—20 aastat pärast drenaaži ehitamist.

e) Pinnasest tingitud rikked

Pinnasest tingitud rikked võivad esineda neil kordadel, kui dreenid tuleb paigutada vesiliiva-, väga pehme lubjamergli või savikihti. Kõigil neil pinnastel on omadus tungida torulülide liiduste kaudu torusse, tekitades seal ummistumist. Rohkesti rauaühendeid sisaldavates pinnastes võib ummistumist põhjustada rauaookri tekkimine dreenitorudes.

Rauaookriga ummistumist võib ära tunda sellest, et suudmeresti taga tekib pruuni või kollakat sodi. Seevastu on vesiliivaga ummistumise puhul väljavoolav vesi selge ja suudmetoru juures pole tavaliselt märgata mingit viga.

Pinnasest tingitud rikete vältimine on sageli õige raske ja nõuab kulukaid lisatöid. Peamise tähtsusega on siin dreenitorude ümbritsemine korraliku filterkihiga ja dreenidele sellise langu andmine, mille puhul vesi suudaks torudesse sattunud uhtained edasi kanda. Kõige parem on üldse hoiduda dreene sellisesse pinnasesse paigutamast. Rauaookri põhjustatud rikkeid on võimalik osaliselt ära hoida tugeva lubiväetise andmisega.

f) Süsteemide puudulik korrashoid

Süsteemide puudulik korrashoid on kahtlemata kõige sagedamini esinev rikete põhjus, olgugi et need rikked on kõige kergemini välditavad.

Korralikuks toimimiseks peab vesi drenaažisüsteemidest võima suudme kaudu vabalt voolata lahtisesse kogujasse või peakraavi. Kui aga lahtised kogujad ja peakraavid jäetakse puhastamata, siis koguneb neile aja jooksul põhja muda- ja liivakiht. Sellel arenevad mitmesugused veetaimed, mis vee voolutakistust suurendades omakorda soodustavad setete kuhjumist kraavidesse. Kui lahtiste kogujate ja peakraavide rohtumise, võsastumise ja setete kuhjumise protsess takistamatult saab areneda — kui kraavidesse sattunud mättaid, oksi, kive ja muud prahti ei kõrvaldata —, siis mattuvad drenaažisüsteemide suudmed peagi mudakihi alla ja vee väljavool drenaažisüsteemidest on takistatud. Ka drenaaži suudmetorud, eriti kaitserestid suudmete otsas, vajavad perioodilist parandamist ja uuendamist.

Väga tavaline nähtus on drenaažisüsteemidesse ehitatud settekaevude puhastamata jätmine. Selle tagajärjel koguneb kaevude põhja muda- ja liivakiht, mis täidab lõpuks kogu alumise osa sette-

kaevust ja ulatub väljavoolutoruni. Siis hakkab vesi kandma muda ja liiva settekaevust väljuvasse dreeni. Kui selline olukord kestab pikemat aega, tõuseb setteainete kiht kaevus viimaks nii kõrgele, et matab esiteks väljavoolutoru otsa ja hiljem ka sissevoolutoru otsa täielikult. Ummistumine võib tekkida ka selle tagajärjel, kui ei parandata õigeaegselt settekaevu kattekaant, mille läbi mulda ja prahti kaevu pääseb.

Leedu NSV-s on drenaaži rikete esinemise sagedus rikete põhjuste järgi V. Šileika uurimise andmetel (37 objektil kogupindalaga 3000 ha) olnud järgmine:

1) Juurteummistused torudes	67,6%
2) Suudmete vigastused	13,0 „
3) Rikked filtrites	6,8 „
4) Torude vigastused	6,3 „
5) Rikked settekaevudes	2,6 „
6) Torude ummistumine muda- ja liivasetete tõttu	2,1 „
7) Torude ummistumine lubisetete tõttu	1,6 „
Kokku	100,0%

Kõik rikked, mida põhjustab kuivendussüsteemide puudulik korrashoid, on välditavad ja neid ei tohiks esineda.

2. DRENAAŽI KORRASHOID JA RIKETE KÕRVALDAMINE

Eelöeldust ilmneb, et peaaegu kõiki drenaaži rikkeid on võimalik ära hoida. Töötajate kvalifikatsiooni ja vastutustunde tõstmisega, kehtivatest tehnilistest tingimustest kinnipidamisega ja tõhusa kontrolliga on võimalik ära hoida kõiki drenaaži projekteerimisest, ehitamisest ja ehitusmaterjalidest ning suurel määral ka pinnasest tingitud rikkeid. Kõige tavalisem rikete põhjus peitub ikkagi puudulikus korrashoius. Seepärast tuleb korrashoiule kõige tõsisemat tähelepanu pühendada.

Drenaaži korrashoiu põhiülesanded on järgmised.

1) Drenaažiga kuivendatud maa-alal tuleb perioodiliselt kontrollida lahtiste koguja- ja peakraavide seisukorda, neisse suubuvate dreenisuudmete toimimist ja seisundit ning pinnase niiskusolusid. Ühtlasi tuleb jälgida, kas veevool dreenisuudmest on normaalne või on see liiga väike. Igal pool, kus pinnas pärast kevadist sulamist või suvel ja sügisel pärast vihmasadusid muutub kahtlaselt märjaks või kus maapinnale tekib koguni veeloike, tuleb selgitada nende tekkimise põhjus. Neil juhtudel on vaja selgitada, kas drenaažisüsteemis pole tekkinud riket.

2) Igal kevadel pärast suurvee alanemist ja vähemalt üks kord suve kestel tuleb lahti võtta ja puhastada kõik settekaevud, parandada nende kaaned ja uuendada tarbe korral märgid, mis on mää-

ratud kaevude asukoha hõlpsamaks leidmiseks. Samuti tuleb parandada ja uuendada rikutud dreenisuudmed.

3) Kõik lahtised kogujad tuleb pärast kevadist suurvett üle vaadata ja neisse sattunud mättad, kivid, oksad või muud veevoolu takistused kõrvaldada. Suve esimese poole jooksul tuleb kõik lahtised kogujad ja tarbe korral ka peakraavid puhastada ning nende nõlvadelt ja pervedelt rohi ära niita. Kus kraavide nõlvad on kindlustatud, tuleb nõlvade kindlustuses tekkinud rikked parandada.

Korrashoiutööde hõlbustamiseks soovitatakse mõnikord varustada lahtisi pea- ja kogujakraave nn. märkliipritega või märkvaiadega. Need asetatakse 100—200 m tagant kraavi põhja nii, et liipri ülemine pind või märkvaia ülemine ots näitaks projekteeritud põhja kõrgust antud punktis. Nende järgi on kerge visiirlattide abil kontrollida põhja kõrgust vahepealsetes punktides. Drenaažisüsteemide suudmekohad on soovitatav vastava kaldavaia abil süsteemi numbriga ära märkida, mis kergendab nende ülesleidmist ja asukoha kindlaksmääramist plaanil.

Suur tähtsus lahtiste kraavide korrashoiu seisukohalt on kõigi sildade, truupide ja purrete korrashoidmisel. Tuleb eriti rõhutada purrete hädavajalikkust, sest nende puudumisel kasutatakse kraavist ülepääsemiseks sageli abinõusid, mis kraavi rikuvad.

Kuivendussüsteemide ja maaparanduse ehitiste korrashoidmine tuleb lülitada majandi põllumajanduslike tööde plaani võrdselt muude töödega, nagu seda on väetamine, maaharimine, saagi koristamine ja teised tööd, mille tegemata jätmine ei ole mõeldav. Drenaaži korrashoid ei vaja palju tööd, kuid nõuab siiski alalist peremehelikku hoolt. Kus see olemas on, seal on ka drenaaži häireteta töötamine tagatud ja sellega loodud eeldused mulla viljakuse tõusuks ning põllutööde paremaks mehhaniseerimiseks.

On tuntud tõsiasi, et hea korrashoiuga võib vältida kulukat taastamist ja remonti. Kuid rikkeid esineb siiski mõnikord ka hoolsa korrashoiu puhul. Nähtavad on ainult need drenaaži rikked, mis tekivad suudmeosas, settekaevudes või lahtistes kogujaja peakraavides. Rikked süsteemi muus osas jäävad otseselt nägematuks. Nende mõju tuleb ilmsiks selle kaudu, et rikkest ülalpool on maa dreeni kohal tunduvalt märjem kui sama dreeni kohal allpool riket. Eriti ilmekalt paistab see välja küntud maal kevadel maa tahenemise ajal: kui mujalt on maa pinnalt juba kuivanud ja omandanud halli värvuse, jääb maa drenaaži rikke kohal, kus liigvee äravool on takistatud, mõneks ajaks veel märjaks ja värvuselt tumedaks (mustaks). Rohumaadel arenevad sellistes rikkekohtades niiskuslembesed umbrohud (tulikas, osi, luhakastevars jt.). Tavaliselt on ummistunud drenaažisüsteemil ka vee väljavool suudme kaudu väike.

Rikke kõrvaldamiseks tuleb kõigepealt looduses täpselt ära tähistada see dreen, kus rike esineb. Kui küsimuses oleva drenaažisüsteemi kohta on olemas tööjoonis, mille järgi süsteem

ehitati, siis ei tekita dreeni sihi loodusesse kandmine raskusi. Raskem on dreeni leidmine sel juhul, kui tööjooniseid ega ka projekti pole säilinud. Niisugusel korral tuleb risti arvatava dreeni suunaga kaevata märja paiga alumisele piirile labidalaiune ja ca 0,5—0,7 m sügavune kaevik, sellise arvestusega, et kaevatav kaevik ristuks otsitava dreeniga. Kui otsimiseks kaevatud kaevik tõepoolest ristub otsitava dreeniga, siis on ristumiskoht kaeviku seintel äratuntav selle poolest, et pinnase kihistus künnikihist allpool on katkestatud ja segi ning sügavamates kihtides leidub pinnalähedasi mullaosi. Kui selles kohas raudvardaga kaeviku põhja torgata, siis õnnestub tavaliselt juba mõne proovimise järel dreen üles leida. See koht kaevatakse lahti kuni dreenini. Kui dreeni ümbrus on kuiv ja torude liitekohtadest ei immitse vett, siis ei ole dreen selles kohas veel veega täidetud, vaid omab veel äravoolu. Järelikult peab ummistus olema kõrgemal. Dreenikaevik kaevatakse siis lahti ülalpool ja vaadeldakse samal viisil, kas vesi tungib toru ühenduskohtadest kaevikusse või mitte. Kui vesi kaevikusse tungib, siis näitab see, et ummistus on kaevekohast allpool. Katsekaevamiste teel leitakse niiviisi lõpuks rikkekoht, kaevatakse dreen lahti, võetakse torud ummistunud kohast välja, puhastatakse ära ja paigutatakse siis uuesti tagasi. Katkised torud asendatakse uutega. Ummistuskohast torude väljavõtmisel täitub tavaliselt kaevekoht kiiresti veega ja voolab ummistumata dreeni. Et vesi ei saaks dreeni alumisse ossa kaasa viia muda ja liiva, selleks tuleb lasta veel voolata läbi sambla või põhukihi. Kui



146. Puhastamiseks väljavõetud drenaažitorud

vesi siiski on jõudnud mulda torusse sisse viia, siis tuleb vajalikus ulatuses torusid välja võtta ka ummistuskohast allpool ning need mudast ja liivast puhastada. Enne torude tagasiasetamist kaevikusse tuleb kaeviku põhi tasandada ja tarbe korral augukohad kruusaga täita või pehmetes paikades laudalus teha. Torude paigaldamise järel kaetakse nende ühenduskohad samblaga, siis kaetakse torud ca 25 sm paksuselt «hingemullaga» ja lõpuks täidetakse kaevik väljakaevatud pinnasega.

Mõningal määral kergem on rikete leidmine drenaažisüsteemide suudmelähedastes osades, eriti kui lahtine kogujakraav, millesse süsteemid suubuvad, pole täiesti ummistunud, olgugi et dreenisuudmed võivad juba olla mattunud mõnekümne sentimeetri paksuse mudakihi alla. Kevaditi tungib vesi läbi mudakihi siiski dreenisuudmest välja ja selliste allikataoliste kohtade järgi on võimalik vähemalt suuremate süsteemide suudmed üles leida. Suudmest võib aga juba hakata süsteemi lahti kaevama ja kaevata nii kaugele, kui on vaja puhastada. Sel teel ongi meie vabariigis mitmel pool, eriti Lõuna-Eestis, kaunis suurtel aladel üles otsitud ja korda seatud vanu, aastakümnete eest ehitatud drenaažisüsteeme ning sel teel taastatud nende maade tootmisvõime.

LISAD

Lisa 1

TORUDE HÜDRAULILISED ELEMENDID OSALISE VEETÄITE PUHUL

Savitorude töötava ristlõike pindala F, hüdrauliline raadius R, suhteline vooluhulk $A=\frac{Q}{Q_0}$ ja suhteline voolu kiirus $B=\frac{v}{v_0}$ osalise täite $a=\frac{t}{d}$ puhul, kui $c=\frac{1}{n}R^{1/6}$ ja $n=0{,}013$.

(Q_0 ja v_0 — täistäite puhul, Q ja v — osalise täite puhul)

Täiteaste $a=\frac{t}{d}$	Töötava ristlõike pindala $F(m^2)$ funktsioonina toru läbimõõdust	Hüdrauliline raadius R (m) funktsioonina toru läbimõõdust	Suhteline vooluhulk A	Suhteline voolu kiirus B
0,05	0,015 d^2	0,032 d	0,0048	0,257
0,10	0,041 „	0,063 „	0,0208	0,402
0,15	0,074 „	0,093 „	0,0483	0,517
0,20	0,112 „	0,121 „	0,0875	0,582
0,25	0,153 „	0,147 „	0,1369	0,700
0,30	0,198 „	0,171 „	0,1960	0,777
0,35	0,245 „	0,193 „	0,2626	0,842
0,40	0,293 „	0,214 „	0,3100	0,903
0,45	0,343 „	0,233 „	0,4165	0,955
0,50	0,392 „	0,250 „	0,5000	1,000
0,55	0,455 „	0,268 „	0,5850	1,040
0,60	0,498 „	0,278 „	0,6715	1,070
0,65	0,540 „	0,288 „	0,7560	1,100
0,70	0,587 „	0,296 „	0,8380	1,120
0,75	0,631 „	0,302 „	0,9130	1,133
0,80	0,673 „	0,304 „	0,9800	1,140
0,85	0,711 „	0,303 „	1,0300	1,138
0,90	0,744 „	0,298 „	1,0650	1,123
0,95	0,770 „	0,286 „	1,0780	1,099
1,00	0,785 „	0,250 „	1,0000	1,000

V_{max} on kui $t \approx 0{,}81\ d$

Q_{max} „ „ $t \approx 0{,}95\ d$

DREENIDE KOGUPIKKUS 1 ha KOHTA SÕLTUVALT DREENIDE VAHEKAUGUSEST

Dreenide vahekaugus E (m)	Kuivendusdreenide pikkus $\frac{10\,000}{E}$ (m)	Kuivendajate ja kogujate pikkus kokku (m) $\left(\frac{10\,000}{E}+\frac{10\,000}{l}\right)$					
		kuivendajate keskmise pikkuse juures l (m)					
		100	120	140	160	180	200
		ja kogujate pikkuse juures $\frac{10\,000}{l}$ (m)					
		100	84	72	63	56	50
10	1000	1100	1084	1072	1063	1056	1050
11	910	1010	994	982	973	966	960
12	835	935	919	907	898	891	885
13	770	870	854	842	833	826	820
14	715	815	799	787	778	771	765
15	667	767	751	739	730	723	717
16	625	725	709	697	688	681	675
17	588	688	672	660	651	644	638
18	555	655	639	627	618	611	605
19	526	626	610	598	589	582	576
20	500	600	584	572	563	556	550
21	477	577	561	549	540	533	527
22	455	555	539	527	518	511	505
23	435	535	519	507	498	491	485
24	417	517	501	489	480	473	467
25	400	500	484	472	463	456	450
26	385	485	469	457	448	441	435
27	370	470	454	442	433	426	420
28	357	457	441	429	420	413	407
29	345	445	429	417	408	401	395
30	333	433	417	405	396	389	383
32	313	413	397	385	376	369	363
34	294	394	378	366	357	350	344
36	278	378	362	350	341	334	328
38	263	363	347	335	326	319	313
40	250	350	334	322	313	306	300

Märkus: Torude hulga leidmiseks tuleb tabelist saadavat arvu korrutada 3,15-ga.

SAVIST DRENAAŽITORUDE KVALITEEDINÕUDED

Riikliku standardi GOST 8411-57 grupp Ž-21 alusel on SAVITORUDE kohta kehtestatud alljärgnevad tingimused.

I. STANDARDI KASUTAMISE VALDKOND

1. Standard on kehtiv drenaažitorude kohta, mis on valmistatud savist või lisanditega savist ja on põletatud.
2. Savitorusid kasutatakse maaparandustöödel ilma ühendusmuhvideta.

II. TEHNILISED TINGIMUSED

3. Torude kuju, mõõtmed ja lubatud kõrvalekaldumised nendest peavad vastama tabelis 1 näidatuile.

Tabel 1

Toru siseläbimõõt (mm)	Toru pikkus (mm)	Toru seina paksus (mm)
40, 50, 75 ± 4	333 +5 −10	10, 11, 13 ± 3
100, 125, 150, 175, 200 ± 7		15, 18, 20 ± 4
		22, 23 ± 5

Märkused: 1. Torusid läbimõõduga 175 ja 200 mm valmistatakse vastavalt tarbija ja tootja vahelisele kokkuleppele.
2. Väikese plastilisusega savidest valmistatud torudel läbimõõduga 40 kuni 75 mm lubatakse kõrvalekaldumist seina paksusest ± 4 mm.

4. Toru ristlõige peab olema ringi kujuga. Kui mõõta toru ühel otsal kahte perpendikulaarset diameetrit, ei tohi nende pikkuste vahe (toru ovaalsus) olla torudel läbimõõduga kuni 75 mm suurem kui 4 mm ja torudel läbimõõduga 100—200 mm suurem kui 7 mm.
5. Torudel peab olema kogu pikkuses silindri kuju. Toru kõverus, mõõdetuna silindri välispinnalt, ei tohi torudel siseläbimõõduga 40—100 mm ületada 5 millimeetrit ja torudel siseläbimõõduga 100 mm ning rohkem — 8 millimeetrit.
6. Toru otspinnad peavad olema perpendikulaarsed toru pikiteljega. Kõrvalekaldumine perpendikulaarsest pinnast ei tohi torudel siseläbimõõduga 40 kuni 100 mm ületada 3 mm ja torudel

siseläbimõõduga 100 mm ja rohkem — 5 mm. Toru otste vigastuste sügavus ei tohi ületada $^1/_3$ toru seina paksusest. Seina läbivaid vigastusi toru otstel ei tohi olla.

7. Toru sisepind peab olema sile. Seal võib leiduda üksikuid põletuskerkeid, mulle, löökemõrasid ja võõrkehasid suurusega mitte üle 3 mm.

8. Torul võib esineda mitte rohkem kui üks seina läbiv pikipragu pikkusega kuni 80 mm tingimusel, et toru ise vastaks mehaanilise vastupidavuse nõudele.

9. Lubjalisandeid, mis kutsuvad esile toru purunemise, toru seintes ei tohi olla.

Märkus: Võivad esineda üksikud lubjatükid, mis ei kutsu esile toru pinna purunemist, samuti kuni 8 üksikut lisandit torus, mis võivad põhjustada tükkide väljamurdumist toru pinnalt sügavusega kuni $^1/_4$ toru seina paksusest. Lubjalisanditega torusid tuleb tehase laos vähemalt kolm päeva laagerdada, kusjuures nende kastmine veega on kohustuslik.

10. Torude murdepind peab olema ühtlase struktuuriga.

11. Alapõletatud torud tuleb lugeda praagiks.

12. Purustava koormuse suurused ei tohi torude tugevuse proovimisel olla väiksemad, kui on näidatud tabelis 2.

Tabel 2

Toru siseläbimõõt (mm)	Purustava koormuse suurus (kg) ühele torule pikkusega 333 mm
40	175
50	175
75	200
100	250
125	300
150	330
175	370
200	420

13. Veega küllastatud torude külmakindlus peab olema selline, et torud ilma vähimagi purunemise tunnuseta (kihistumine, murenemine, mõranemine) kannatavad välja vähemalt 15-kordse vahelduva tsükli külmutamisega kuni —15° C ja madalamale ning sellele järgneva ülessulatamisega vees temperatuurini 15 ± 5° C.

Märkus: Külmakindluse katsetamise nõuet ei esitata torude suhtes, mis eelmiste ehituste kogemuste põhjal näitasid küllaldast külmakindlust analoogilistes töötamistingimustes.

III. VASTUVÕTU TINGIMUSED

14. Tarbijale ärasaadetavad torud peavad olema vastu võetud tehase tehnilise kontrolli osakonna (TKO) poolt.

15. Torude partiiks on ca 50 000 toru. Ka saadetised alla 50 000 toru loetakse partiiks.

16. Torud tuleb saata komplektselt tellija spetsifikatsiooni järgi.

17. Tehas peab garanteerima kõigi väljalastavate torude vastavuse kõigile kehtiva standardi nõuetele ning lisama igale ärasaadetavale torupartiile passi, milles on näidatud: tehase nimetus ja aadress, passi number ja selle väljaandmise kuupäev, partii number, torude arv ja diameeter, tugevuse katsetamise tulemused ja standardi number.

18. Tarbijal on õigus teha kontrollkatseid, et selgitada torude vastavust standardile, kui ta sealjuures kasutab allpool esitatud korda katsetatavate torude väljavalimisel ja toodud meetodeid nende katsetamisel.

19. Kontrollkatsetusel valitakse igast partiist välja 0,5% torude arvust, kuid mitte vähem kui 15 toru igast läbimõõdugrupist. Katsetatavad torud valitakse välja igast partiis esinevast läbimõõdugrupist torude vastuvõtja poolt enne kindlaksmääratud järjestuses. Katsetatavad torud mõõdetakse ja vaadatakse üle üksikult.

20. Purustava koormuse kindlaksmääramiseks võetakse torud, mis vastavad standardi punktidele 3—10; vastuvõtja poolt enne kindlaksmääratud järjestuses valitakse 5 toru igast läbimõõdugrupist.

Torude külmakindluse kontrollimise vajadusel valmistatakse ette 5 katset (iga katse kohta võetakse 5 toru igast läbimõõdugrupist).

21. Igas üksikus torupartiis võib olla kuni 7 protsendil torudest kõrvalekaldumisi, mis ületavad 2—3 mm võrra punktides 3—7 näidatud lubatud kõrvalekaldumisi.

22. Kui torude kontrollimisel ja katsetamisel on saadud ebarahuldavaid tulemusi kas või üheainsa näitaja kohta, katsetatakse teist korda, milleks valitakse välja kahekordne arv torusid.

Kui ka teistkordsel kontrollimisel ja katsetamisel saadi ebarahuldavaid tulemusi, siis torude partii või selle osa, mis koosneb ühesuguse läbimõõduga torudest, vastuvõtmisele ei kuulu.

IV. KATSETAMISE METOODIKA

23. Torude vastavust standardi punktidele 7—11 kontrollitakse välise ülevaatusega, vastavate katsete ja mõõtmisega.

24. Torude mõõtmeid kontrollitakse eraldi igal kontrollitaval torul metallmõõduriistaga (joonlaud, kolmnurk, varbsirkel) ning pärast seda määratakse iga näitaja keskmine väärtus ja suurim kõrvalekaldumine:

a) toru siseläbimõõt määratakse varbsirkliga nelja mõõt-

mise aritmeetilise keskmisena, mis on saadud kõige suurema ja kõige väiksema läbimõõdu mõõtmisel toru mõlemast otsast;

b) ristlõike kõrvalekaldumist ringi kujust (ovaalsust) määratakse toru mõlemast otsast mõõdetud kõige suurema ja kõige väiksema siseläbimõõdu vahena;

c) toru pikkus määratakse aritmeetilise keskmisena toru kõige pikema ja kõige lühema moodustaja vahel;

d) toru kõverus määratakse toru pinna ja selle vastu asetatud metalljoonlaua serva vahele jääva pilu laiuse mõõtmisega;

e) toru otspinna kõrvalekaldumine perpendikulaarasendist määratakse toru otsa ja kolmnurga perpendikulaarse külje vahele tekkinud kõige suurema pilu laiuse mõõtmisega;

f) toru seinte paksust mõõdetakse varbsirkliga vahetult toru mõlemal otsal.

25. Toru alapõletamist määratakse värvuse järgi, võrreldes kontrollitavat toru normaalselt põletatud toru etalooniga, või heli järgi, mis tekib metallhaamri kergel löögil vastu kontrollitavat toru.

Normaalselt põletatud toru annab metallhaamriga sooritatud kerge löögi puhul puhta heleda kõla.

Normaalselt põletatud toru etalooni tuleb säilitada torusid tootva tehase tehnilise kontrolli osakonnas (TKO).

26. Õhukuivas seisundis oleva toru purustava koormuse määramiseks kinnitatakse toru kahe horisontaalselt asetatud 10×10 sm ristlõikega puust prussi vahele, millede pikkus ei tohi olla väiksem katsetatava toru pikkusest. Ülemisele prussile kogu tema pikkuses asetatakse raudlatt, surve ühtlasemaks jaotamiseks pannakse prusside ja toru vahele kummist vahekiht. Koormust rakendatakse katsetatava toru ulatusel ühtlaselt ja küllalt aeglaselt (hüdraulilise pressi abil).

Purustav koormus, mis iseloomustab antud partii torusid, arvutatakse välja viie katsetustoru katsete tulemuste aritmeetilise keskmisena.

27. Külmakindluse määramine toimub GOST 7025-34 («Seina ja seinakatte materjalid. Niiskuse imavuse ja külmakindluse määramise meetodid») alusel.

V. SÄILITAMINE JA TRANSPORT

28. Erineva läbimõõduga torusid tuleb säilitada horisontaalselt paigutatult eraldi asetsevates virnades. Virnaridade vahel peavad olema vahekäigud.

Transportimisel on vaja torud asetada otstega transpordivahendi liikumise suunas. Peavad olema kasutusele võetud abinõud, mis tagavad torude kaitse mehaaniliste rikete vastu.

O. VALING,
Maaparanduse Peavalitsuse juhataja

PUITFREESTORUDE KVALITEEDINÕUDED[1]

(ENSV PM TT nr. 11—57)

Käesolevad tehnilised tingimused kehtivad puit-freestorupoolikute kohta, mida kokkulöödult torudeks kasutatakse kuivendusdrenaaži ehitamiseks.

I. JAOTUS SORTIDE JA LIIKIDE JÄRGI

1. Puit-freestorupoolikuid sortide järgi ei jaotata. Liikide järgi jaotatakse neid normaal- ja suudmetorupoolikuiks.

II. TEHNILISED TINGIMUSED

2. Puit-freestorupoolikud valmistatakse toorest männi-, kuuse-, lehise-, haava- ja musta lepa puust. Selleks valitud puulõigud peavad olema sirged, terved ja pragudeta; neil ei tohi olla pehkimise tunnuseid. Puulõigu pikkus olgu 2 m, kusjuures on lubatud kõikumine ± 10 sm ulatuses. Puulõigu ladvapoolse otsa läbimõõt normaaltorude puhul on 11—14 sm, suudmetorude puhul 17—19 sm.

Täiesti sirgete lõikude korral võib ladvapoolse otsa läbimõõt olla normaaltorudel 10 sm ja suudmetorudel 16 sm.

3. Puit-freestorupoolikud valmistatakse eelmises punktis näidatud mõõtmetega puulõikude pikuti pooleks saagimise ja saadud poolikuisse pikuti poolringikujulise õõnsuse (soone) freesimise teel. Avause (soone) sügavus 3 sm.

Poolikute kokkulöömine torudeks toimub viimaste kaevikusse asetamisel.

Kokkulöödult peab torude õõnsuse läbimõõduks jääma nii normaal- kui ka suudmetorudel 6 sm, kusjuures õõnsus peab läbima puulõiku sirgelt.

4. Seina läbimõõt peab normaaltorupoolikuil olema vähemalt 2 sm ja suudmetorudel vähemalt 5 sm. Erandjuhtudel, tingitult puidu kõverusest, on kohati lubatud ka õhemad torupoolikute seinad, normaaltorude puhul vähemalt 1 sm ja suudmetorude puhul vähemalt 4 sm, kusjuures puukoort ei arvestata.

5. Freestoru õõnsuse sisepind peab olema võimalikult sile. Puu narmendamine toruõõne sisepinnal ei ole lubatud.

6. Puuokste esinemist torupoolikuis ei normeerita. Oksad peavad olema ära lõigatud siledalt, puupinnaga tasa. Puulõigu otspind peab olema perpendikulaarne lõigu teljega. Välisküljed jäetakse koorimata.

---

[1] Kinnitatud Eesti NSV sovhooside ministri ja Eesti NSV põllumajanduse ministri poolt 13. veebr. 1957. a.

7. Kokkuleppel tellijaga võidakse freestorupoolikuid valmistada ka teistes mõõtmetes, kui need käesolevais tehnilistes tingimustes on tähendatud.

III. VASTUVÕTU TINGIMUSED

8. Puit-freestorupoolikud esitatakse vastuvõtuks partiide kaupa, puuliikide järgi eraldi, kusjuures partiis ja puuliikide grupis peab esinema paarisarv poolikuid.

Igas üleantavas partiis peab olema suudmetorusid vähemalt 2% üldkogusest. Partii suurus määratakse kindlaks poolte kokkuleppel.

9. Freestorupoolikute vastavus käesolevate tehniliste tingimuste nõuetele tehakse kindlaks kontrollimisega. Selleks võetakse vastuvõtmiseks esitatud partiist ostja valikul mitmest kohast 5% torupoolikuid prooviks.

10. Kui võetud proovist ei vasta käesolevaile tehnilistele tingimustele kuni 3% torupoolikuist, siis võetakse esitatud partii vastu, kuid mittekonditsiooniliste torupoolikute arvu ega maksumust partii üldarvu ega maksumusse ei arvata.

Kui proovis esineb üle 3% mittekonditsioonilisi torupoolikuid, siis partiid vastu ei võeta ja valmistajale jäetakse õigus neid uueks esitamiseks sorteerida.

Märkus: Proovis esinev praagi % laiendatakse kogu partiile.

11. Freestorupoolikute kvaliteet tehakse kindlaks suurendusvahendeid kasutamata.

12. Freestorupoolikute mõõtmete kontroll toimub lihtsate mõõteriistadega.

13. Iga freestorupoolikute partii juures peab olema kvaliteedi tõend, kus on esitatud järgmised andmed:

a) ministeeriumi nimetus;
b) metsamajandi nimetus ja aadress;
c) toote nimetus;
d) puidu liik;
e) normaal- ja suudmetorupoolikute arv partiis;
f) valmistamise kuupäev;
g) märge: «Freestorupoolikud kontrollitud ja vastavad ENSV PM TT nr. 11—57 nõuetele».

IV. PAKKIMINE, MARKEERIMINE JA TRANSPORTIMINE

14. Freestorupoolikuid tootja kimpudesse ei seo.

15. Umbes 10% üleantavatest torupoolikutest kuulub markeerimisele vastava templijäljendi löömisega torupooliku tüvepoolsele ristlõikele.

16. Freestorupoolikuid transporditakse lahtiselt autode ja

hobuveokitega, kusjuures peale- ja mahalaadimine peab toimuma liigse loopimiseta, et ei tekiks torupoolikute lõhenemist ega muid vigastusi.

V. SÄILITAMISE TINGIMUSED

17. Freestorupoolikud sorteeritakse puuliikide järgi, normaal- ja suudmetorupoolikud eraldi, ning laotakse virnadesse tervest puidust alustele. Virna kõrgus on 1 m.

18. Kuivamise vältimiseks tuleb virna asukoht valida varjulisse kohta, eemale päikese ning tuule mõjust. Vajaduse korral tuleb virnad katta kuuseokstega ja neid aeg-ajalt veega niisutada.

On tarvis vältida suurte torupoolikukoguste valmistamist tagavaraks ja piirduda enam-vähem kogustega, mis võetakse kiiresti kasutusele.

ENSV Põllumajanduse Ministeeriumi
Metsamajanduse Peavalitsuse
isemajandavate ettevõtete
osakonna juhataja
(J. KAUS)

ÜMMARGUSTE DRENAAŽITORUDE KUIVENDUSVÕIME *S* (ha) JA VEE KIIRUS *v* (m/sek.) ÄRAVOOLUMOODULI *q*=0,65 l/sek.ha PUHUL

(torude töötades täie ristlõikega, kuid ülesurveta)

$$Q=S\cdot q=\frac{\pi d^2}{4}v;\quad v=c\sqrt{RI}=\frac{50d\sqrt{I}}{0{,}6+\sqrt{d}};\quad c=\frac{100\sqrt{R}}{m+\sqrt{R}};\quad m=0{,}3$$

(Arvutanud L. Saulep)

Lang %	Torude läbimõõt sm-tes									
	5		7,5		10		12,5		15	
	S ha	*v* m/sek.	*S* ha	*v* m/sek.	*S* ha	*v* m/sek.	*S* ha	*v* m/sek.	*S* ha	*v* m/sek.
0,1	0,29	0,10	0,93	0,14	2,11	0,17	3,94	0,21	6,56	0,24
0,15	0,36	0,12	1,14	0,17	2,57	0,21	4,84	0,25	8,05	0,29
0,2	0,41	0,14	1,32	0,19	2,97	0,24	5,59	0,29	9,30	0,34
0,25	0,46	0,15	1,47	0,22	3,32	0,27	6,25	0,33	10,40	0,38
0,3	0,51	0,17	1,62	0,24	3,65	0,30	6,85	0,36	11,40	0,42
0,35	0,55	0,18	1,74	0,26	3,94	0,32	7,56	0,39	12,31	0,45
0,4	0,59	0,19	1,86	0,27	4,22	0,35	7,92	0,42	13,16	0,48
0,45	0,62	0,20	1,98	0,29	4,46	0,37	8,40	0,44	13,94	0,51
0,5	0,66	0,22	2,08	0,31	4,71	0,39	8,85	0,46	14,71	0,54
0,55	0,69	0,23	2,18	0,32	4,94	0,41	9,30	0,49	15,55	0,56
0,6	0,72	0,24	2,28	0,33	5,17	0,42	9,70	0,51	16,11	0,59
0,65	0,75	0,25	2,38	0,35	5,36	0,44	10,01	0,53	16,79	0,61
0,7	0,78	0,26	2,47	0,36	5,57	0,46	10,48	0,55	17,41	0,64
0,75	0,80	0,26	2,57	0,37	5,76	0,47	10,82	0,57	18,00	0,66
0,8	0,83	0 27	2,64	0,39	5,96	0,49	11,18	0,59	18,60	0,68
0,85	0,86	0,28	2,72	0,40	6,14	0,50	11,51	0,61	19,20	0,70
0,9	0,88	0,29	2,80	0,41	6,32	0,52	11,85	0,62	19,72	0,72
0,95	0,91	0,30	2,88	0,42	6,50	0,53	12,18	0,64	20,28	0,74
1,0	0,93	0,31	2,96	0,43	6,66	0,55	12,50	0,66	20,80	0,76
1,1	0,97	0,32	3,12	0,45	7,00	0,57	13,10	0,69	21,80	0,80
1,2	1,02	0,34	3,24	0,47	7,30	0,60	13,70	0,72	22,79	0,83
1,3	1,06	0,35	3,36	0,49	7,60	0,62	14,24	0,75	23,70	0,87
1,4	1,09	0,36	3,48	0,51	7,86	0,65	14,78	0,78	24,60	0,90
1,5	1,14	0,37	3,60	0,53	8,15	0,67	15,31	0,80	25,50	0,93
1,6	1,17	0,39	3,72	0,55	8,44	0,69	15,81	0,83	26,30	0,96
1,7	1,21	0,40	3,84	0,56	8,68	0,71	16,31	0,86	27.23	0,99
1,8	1,25	0,41	3,96	0,58	8,95	0,73	16,80	0,88	27,94	1,02
1,9	1,27	0,42	4,07	0,60	9,24	0,75	17,22	0,90	28,61	1,05
2,0	1,31	0,43	4,17	0,61	9,42	0,78	17,70	0,93	29,40	1,08
2,2	1,38	0,45	4,37	0,64	9,86	0,81	18,59	0,97	30,86	1,13
2,4	1,44	0,47	4,56	0,67	10,31	0,84	19,40	1,02	32,20	1,18
2,6	1,50	0,49	4,75	0,70	10,75	0,88	20,20	1,06	33,60	1,23
2,8	1,56	0,51	4,94	0,72	11,16	0,91	20,95	1,10	34,80	1,27
3,0	1,61	0,53	5,12	0,75	11,52	0,95	21,60	1,14	36,00	1,32
3,2	1,66	0,55	5,26	0,77	11,90	0,98	22,38	1,17	37,13	1,36
3,4	1,71	0,56	5,43	0,80	12,30	1,01	23,08	1,21	38,40	1,40
3,6	1,76	0,58	5,59	0,82	12,61	1,03	23,74	1,24	39,50	1,44
3,8	1,81	0,59	5,74	0,84	12,98	1,06	24,38	1,28	40,60	1,48

Lang %	Torude läbimõõt sm-tes									
	5		7,5		10		12,5		15	
	S ha	v m/sek.	S ha	v m/sek.	S ha	v m/sek.	S ha	v m/sek.	S ha	v m/sek.
4,0	1,86	0,61	5,90	0,86	13,30	1,09	25,00	1,31	41,70	1,52
4,2	1,90	0,62	6,05	0,89	13,66	1,12	25,61	1,35	42,60	1,56
4,4	1,94	0,64	6,18	0,91	13,97	1,15	26,20	1,38	43,60	1,60
4,6	1,99	0,66	6,31	0,93	14,20	1,17	26,84	1,41	44,60	1,63
4,8	2,03	0,67	6,46	0,95	14,59	1,20	27,43	1,44	45,60	1,67
5,0	2,07	0,68	6,58	0,96	14,87	1,22	27,90	1,47	46,50	1,70

Märkus. Teistsuguse äravoolumooduli juures on kuivendusvõime $S_0 = S\frac{q}{q_0}$.

Näide: Leida kuivendusvõime torule ø 75 mm langu juures 0,5%, kui äravoolumoodul $q_0 = 0{,}55$ l/sek.ha.

Lahendus: $S_0 = 2{,}08\frac{0{,}65}{0{,}55} = 2{,}46$ ha.

NELINURKSETE LAUDTORUDREENIDE KUIVENDUSVÕIME JA VEE KIIRUS NENDES

(Arvutatud valemite alusel: $Q=S\cdot q$; $v=c\sqrt{RI}$; $c=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{7}}$; $n=0{,}015$; $q=0{,}65$ l/sek.ha)

S=kuivendatav pindala (ha)
v=vee keskmine kiirus (m/sek, täistäitega, kuid ilma ülesurveta töötamisel)

Lang I %	Laudtorul, sisemiste mõõtmetega mm-tes											
	50×50		60×62		62×80		72×75		75×75		100×100	
	S	v	S	v	S	v	S	v	S	v	S	v
0,10	0,48	0,13	0,82	0,14	1,17	0,15	1,33	0,16	1,41	0,16	3,11	0,20
0,15	0,59	0,15	1,00	0,17	1,43	0,19	1,64	0,20	1,73	0,20	3,71	0,24
0,20	0,68	0,18	1,16	0,20	1,65	0,22	1,89	0,23	2,00	0,23	4,28	0,28
0,25	0,76	0,20	1,29	0,23	1,85	0,24	2,11	0,25	2,24	0,26	4,78	0,31
0,30	0,83	0,22	1,42	0,25	2,03	0,27	2,31	0,28	2,45	0,28	5,24	0,34
0,35	0,90	0,23	1,53	0,27	2,17	0,29	2,50	0,30	2,65	0,31	5,65	0,37
0,40	0,96	0,25	1,64	0,29	2,33	0,31	2,67	0,32	2,83	0,33	6,05	0,39
0,45	1,02	0,27	1,74	0,30	2,48	0,33	2,83	0,34	3,00	0,35	6,42	0,42
0,50	1,08	0,28	1,83	0,32	2,61	0,34	2,98	0,36	3,16	0,37	6,77	0,44
0,55	1,13	0,29	1,92	0,34	2,74	0,36	3,09	0,38	3,32	0,38	7,10	0,46
0,60	1,18	0,31	2,00	0,35	2,85	0,37	3,26	0,39	3,46	0,40	7,41	0,48
0,65	1,23	0,32	2,09	0,37	2,97	0,39	3,40	0,41	3,60	0,42	7,71	0,50
0,70	1,27	0,33	2,17	0,38	3,10	0,40	3,52	0,42	3,74	0,43	8,01	0,52
0,75	1,32	0,34	2,24	0,39	3,20	0,42	3,65	0,44	3,87	0,45	8,28	0,54
0,80	1,36	0,35	2,32	0,40	3,30	0,43	3,77	0,45	4,00	0,46	8,55	0,56
0,85	1,41	0,37	2,40	0,42	3,42	0,45	3,90	0,47	4,13	0,48	8,82	0,57
0,90	1,44	0,38	2,47	0,43	3,50	0,46	4,00	0,48	4,25	0,49	9,09	0,59
0,95	1,49	0,39	2,54	0,44	3,60	0,47	4,12	0,49	4,36	0,50	9,33	0,60
1,00	1,53	0,40	2,59	0,45	3,70	0,49	4,22	0,51	4,48	0,52	9,56	0,62
1,10	1,60	0,42	2,72	0,47	3,87	0,51	4,38	0,53	4,70	0,54	10,02	0,65
1,20	1,67	0,43	2,84	0,50	4,03	0,53	4,62	0,55	4,90	0,57	10,49	0,68
1,30	1,74	0,45	2,96	0,52	4,22	0,55	4,80	0,58	5,11	0,59	10,91	0,71
1,40	1,80	0,47	3,06	0,54	4,37	0,57	4,98	0,60	5,30	0,61	11,30	0,74
1,50	1,86	0,49	3,19	0,56	4,53	0,59	5,17	0,62	5,48	0,63	11,71	0,76
1,60	1,93	0,50	3,30	0,58	4,67	0,61	5,34	0,64	5,67	0,65	12,10	0,79
1,70	1,99	0,52	3,40	0,60	4,82	0,63	5,50	0,66	5,83	0,67	12,49	0,81
1,80	2,04	0,53	3,50	0,61	4,95	0,65	5,65	0,68	6,00	0,69	12,83	0,83
1,90	2,10	0,55	3,59	0,63	5,08	0,67	5,80	0,70	6,17	0,71	13,18	0,86
2,00	2,16	0,56	3,70	0,65	5,22	0,69	5,95	0,72	6,33	0,73	13,51	0,88
2,10	2,21	0,57	3 78	0,66	5,36	0,70	6,12	0,73	6,48	0,75	13,85	0,90
2,20	2,26	0,59	3,86	0,67	5,48	0,72	6,25	0,75	6,62	0,77	14,19	0,92
2,30	2,31	0,60	3,96	0,69	5,61	0,73	6,40	0,77	6,79	0,78	14,50	0,94
2,40	2,36	0,61	4,03	0,70	5,72	0,75	6,53	0,79	6,93	0,80	14,80	0,96
2,50	2,41	0,63	4,12	0,72	5,84	0,77	6,68	0,80	7,09	0,82	15,11	0,98
2,60	2,46	0,64	4,20	0,73	5,96	0,78	6,80	0,82	7,22	0,83	15,43	1,00
2,70	2,50	0,65	4,28	0,75	6,07	0,79	6,92	0,83	7,36	0,85	15,72	1,02
2,80	2,55	0,66	4,36	0,76	6,17	0,81	7,06	0,85	7,48	0,86	16,01	1,04
2,90	2,60	0,68	4,43	0,77	6,31	0,83	7,20	0,87	7,65	0,88	16,35	1,06
3,00	2,65	0,69	4,50	0,79	6,42	0,84	7,30	0,88	7,75	0,90	16,59	1,08

Märkus: Teistsuguse äravoolumooduli g_0 jaoks on kuivendatav pindala: $S_0 = \frac{S \cdot q}{q_0}$. Näiteks äravoolumooduli $q_0 = 0{,}55$ l/sek.ha ja toru sisemõõtmete 60×62 mm kohaselt langu juures $I = 0{,}40\%$ on kuivendatav pindala $S_0 = \frac{1{,}64 \cdot 0{,}65}{0{,}55} = 1{,}94$ ha.

Lisa 7

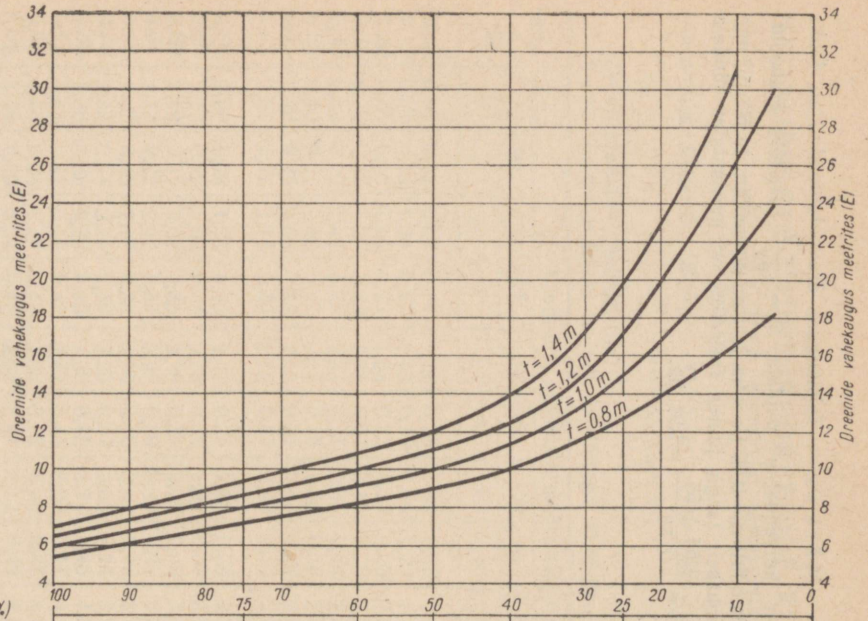
DREENIDE VAHEKAUGUSE MÄÄRAMISE GRAAFIK

(Saksa DIN 1185-50 järgi)

põllumaade kuivendamisel põikdrenaaži meetodil

mineraalmaades maapinna languga alla 2% ja aastase sademete hulgaga 600 mm

Märkus: teistsuguse sademete hulga juures (N mm) on dreenide vahekaugus $E_N = \sqrt{\frac{600}{N}} \cdot E$



Saviosakesi (%)	100	90	80	75	70	60	50	40	30	25	20	10	0
Terakesi suurusega alla 0,02 mm (%)				46		33	27	21		13		5	0
Terakesi suurusega alla 0,002 mm (%)													
Pinnase liik	Raske savi			Savi		Raske liivsavi	Liivsavi	Kerge liivsavi		Saviliiv		Liiv	

Korrektiivid			
Vahekaugusi võib suurendada (+)	Koheda ladestuse korral	Kuni +50%	Kuni +30% / Kuni +10%
	Rohke lubjasisalduse korral	Kuni +10%	+10 kuni +15%
	Rohke huumusesisalduse korral	Kuni +5%	
	Maa kasutamisel niiduna	+20 kuni +30%	+30 kuni +50% / +50 kuni +100%
	Maa kasutamisel karjamaana	+10%	+10 kuni +20% / +30 kuni +50%
Vahekaugusi tuleb vähendada (−)	Rohke raua- ja naatriumisisalduse korral	−5 kuni −20%	−5%
	Tiheda ladestuse korral	−10%	−20% / −30%
	Rohke huumusesisalduse korral		−10%
	Pikidrenaaži korral	−10%	

KASUTATUD KIRJANDUS

Академия Наук БССР — Гидротехническая мелиорация торфяных почв. Минск, 1953.

— — Справочник по мелиорации и сельскохозяйственному использованию болот. Минск, 1954.

— — Технические основы мелиорации осушения и освоения болотно-торфяных почв. Минск, 1954.

Академия Наук Латвийской ССР. Под ред. Я. Я. Бергмана — Вопросы осушения избыточно-увлажненных земель и регулирование поверхностного и дренажного стоков. Рига, 1954.

— — Исследования по гончарному дренажу и народнохозяйственной рентабельности мелиоративных мероприятий. Рига, 1955.

Академия Наук СССР — Об улучшении сельскохозяйственного использования земель нечерноземной полосы Европейской части СССР. Москва, 1952.

Anweisung für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von Dränanlagen. Berlin, 1941.

Basse, N. — Grundforbedrings Arbejder samt Mose- og Engkultur. Viborg, 1925.

Брудастов, А. Д. — Осушение минеральных и болотных земель. Москва, 1955.

Brüne, F. — Die Praxis der Moor- und Heidekultur. Berlin, 1948.

Eisen, I. — Põhjavee sügavuse mõju soomulla viljakusele. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. III kd., vihik 2. Tallinn, 1954.

— — Kuivenduse intensiivsuse mõju turvasmulla omadustele ja taimekasvule. Tooma, 1957. (Käsikiri.)

— — Öökülmade sagedus ja tugevus kultuuristatud madalsoos ning mineraalmaal. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. VI kd. Bioloogiline seeria. Vihik nr. 4, 1957.

Fauser, O. — Die Wirkung der Dränung auf das Gefüge des Bodens. Transactions of the Third International Congress of Soil Science. Oxford, 1935. London, 1935.

Feilberg, C. L. — Über die Bewegung von Wasser in Dränsträngen. Kopenhagen, 1937.

— — Kulturteknisk Vandbygning. København, 1921.

Freckmann, W. — Meliorationsmassnahmen. Handbuch der Bodenlehre. Band IX. Berlin, 1931.

Friedrich, A. — Kulturtechnischer Wasserbau. Band I. Berlin, 1912.

Гейтман, Б. Г. и Писарьков, Х. А. — Осушение сельскохозяйственных земель. Москва — Ленинград, 1955.

Главное Управление Водного Хозяйства Министерства Сельского Хозяйства СССР — Технические условия и нормы проектирования осушительных систем. Москва, 1957.

Hallakorpi, I. A. — Maatalouden vesirakennus. Helsinki, 1932.

Hallgren, G. — Maskinell täckdikning. «Lantmannen» № 1. Stockholm, 1954.

Haller, E. — Suviteraviljade külviaegade valikust. Tallinn, 1947.

Hallik, O. — Mullateaduse ja agrokeemia praktikum. Tartu, 1948.

Hommik, K. — Kuivendusvõrgu valiku alustest Eesti NSV oludes. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 11, 1956.
— — Kuivendussüsteemide arvutuse hüdroloogilistest alustest. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. V kd. Bioloogiline seeria. Vihik nr. 2, 1956.
— — Maade kuivendusviisi otstarbekohasest valikust. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 4, 1957.
Hooghoudt, S. B. — Bijdragen tot de kennis van eenige naturerkundige grootheden van den grond. № 43B. Groningen, 1937.
Ионат, В. А. — Формула для определения расстояний между дренами в двухслойном грунте. Рукопись. Таллин, 1957.
— — Расчет дренажной сети в двухслойных грунтах. Рукопись. Таллин, 1957.
Ивицкий, А. И. — Основы проектирования и расчетов осушительных систем Полесья. Автореферат. Москва, 1957.
Jakobson, C. R. — Teadus ja seadus põllul. St. Peterburg, 1869.
Jordbrukstekniska Institutet — Meddelande № 250. Nya rön beträffande maskinell täckdikning. Ultuna-Uppsala, 1953.
Juske, A. — Materjale drenaaži vanema ajaloo kohta. Tartu, 1957. (Käsikiri.)
Karma, O. Jooni maaparanduse arengust Eestis. Tallinn, 1959.
Kask, R. — Eesti NSV muldade määraja. Tallinn, 1957.
Keso, L. — Salaojitustyöt. Helsinki, 1951.
— — Kultuuriteknillisiä maaperätutkimuksia, erikoisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen. Helsinki, 1930.
Kivinen, E. — Suotiede. Helsinki, 1948.
Коковин, И. В. и Незнаев, М. Ф. — Механизация мелиоративных работ. Москва, 1955.
Костяков, А. Н. — Основы мелиорации. Москва, 1951.
Под ред. Костяков, А. Н. и Липатов, К. Г. — Осушение и освоение земель мещерской низменности. Москва, 1955.
Козлов, В. С. — Расчет дренажных сооружений. Москва, 1940.
Kuum, J. — Drenaaži suudmete ehitamisest. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 4, 1950.
— — Soode kuivendamine ja kasutamine põllumajanduses. Tallinn, 1954.
Куум, Ю. — Опыт устройства закрытого дренажа в Эстонской ССР при помощи канавокопателя. «Гидротехника и мелиорация» № 12, 1954.
Кривоносов, И. М. и Селивестров, М. Н. — Сельскохозяйственные мелиорации в нечерноземной полосе. Москва, 1957.
Лавров, А. В. — Осушение болот и заболоченных земель в Германской Демократической Республике. Москва, 1956.
Maanviljelysinsinööriyhdistys — Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1939. Viipuri, 1939.
M. — Põllomehhe nõuandja kuida madest keige suremat kassu wõib sada... Tartu, 1866.
Марков, П. В., Данилова, Г. В. и Алексеев, Н. А. — Сельскохозяйственные мелиорации. Москва, 1956.
Нормативно-исследовательская станция при Главном Управлении Водного хозяйства МХС СССР — Сборник № 35—В норм и расценок на земляные и культуртехнические работы в системе Мин. сельск. хоз-ва СССР. Москва, 1956.
Odiņš, J. — Lauksaimniecibas zemju nosusināšana — Riga 1957.
Оффенгенден, С. Р. — Эксплуатация гидромелиоративных систем. Москва, 1956.
Павловский, Н. Н. — Гидравлический справочник. Москва, 1937.
Писарьков, Х. А. — Причины повреждений и продолжительность действия разных типов дренажей. Ленинград, 1932.
— — Мелиорация как средство повышения урожаев сельскохозяйственных культур в нечерноземной полосе. Ленинград, 1954.

Põllumajanduse Ministeerium — Maaparandustööde tehnilised tingimused Eesti NSV-s. Tallinn, 1957.
Ratt, A. — Maaparanduse tähtsusest ja tasuvusest Eesti NSV-s. Põllumajandusökonoomika küsimusi I. Tallinn, 1957.
Розин, В. А. — Мелиорация с основами сельскохозяйственного водоснабжения, Москва—Ленинград, 1954.
Розов, Л. П. — Мелиоративное почвоведение. Москва, 1956.
Rothe, J. — Die Strangentfernung bei Dränungen im Mineralboden. «Der Kulturtechniker» 1929.
Roe, H. B. and Ayres, Q. C. — Engineering for Agricultural Drainage. New York—Toronto—London, 1954.
Schewior, G. — Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen. Berlin, 1922.
Schroeder, G. — Landwirtschaftlicher Wasserbau. Göttingen-Berlin, 1950.
Šileika, V. Primirkusių plotu melioracija. Vilnius, 1958.
Шилейка В. Ю. — Повреждения закрытого дренажа из гончарных и бетонных труб и мероприятия по их предупреждению и устранению. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Каунас, 1959.
Шилейка, В. Ю. — Гончарный дренаж в Литовской ССР. «Гидротехника и Мелиорация» № 12, 1956.
СНИИГиМ — Бюллетень научно-технической информации по сельскохозяйственной мелиорации в нечерноземной полосе № 1 — 1956 и № 2 — 1957, Ленинград.
— — Труды Института. Выпуск XII и XIII. Ленинград, 1957.
Сборник иностранной сельскохозяйственной информации, 1956 и 1957.
Tohver, V. — Intensiivne kuivendus soodustab mikrobioloogilisi protsesse turvasmullas. «Sotsialistlik Põllumajandus» nr. 6, 1957.
Tomberg, U. — Dreenide vahelaiuse määramine turbapinnaste kuivendamisel. Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi ja Eesti Loomakasvatuse ja Veterinaaria Teadusliku Uurimise Instituudi Teaduslik-Tehnilise Informatsiooni Bülletään nr. 2. Tallinn, 1958.
— — Soomaade drenaažkuivenduse kogemusi Oidremaa sovhoosis. Tallinn, 1958.
Томберг, У. Х. — Осадка торфа при осушении болот. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. VI kd. Bioloogiline seeria. Vihik nr. 2, 1957.
— — Некоторые водно-физические свойства торфяных почв и их изменение при осушении болот в условиях Эстонской ССР. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. VI kd. Bioloogiline seeria. Vihik nr. 3, 1957.
— — Осушение торфяных почв дренажем в условиях ЭССР. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва, 1959.
Tomingas, E. — Maaparanduse õpik. Tallinn, 1949.
Toomre, R., jt. — Pikaajalised kultuurkarjamaad Eesti NSV-s. Tallinn, 1958.
Черкасов, А. А. — Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Четвертое издание. Москва, 1958.
Uiska, J. — Drenaža. Riga, 1958.
ВНИИГиМ — Справочник по мелиорации и гидротехнике. Т. III Москва, 1945.
Zunker, F. — Eignung der mechanischer Verfahren zur Bestimmung der Dränentfernung. «Der Kulturtechniker». XXXI Jg. Breslau, 1928.
— — Dränrohrenprüfungsergebnisse. «Der Kulturtechniker». XXXIII Jg. Breslau, 1930.

ISIKUNIMEDE REGISTER

Aganov, A. I. 12
Arulaid, A. 57
Atterberg, A. 14, 15
Averjanov, S. F. 159, 238
Ayres, Q. C. 77

Behr, J. 107
Bergmann, J. J. 55, 56, 132
Blaisdell, F. W. 128
Blauth, J. 166
Bonacker, W. 154
Breitenbach, R. 152, 153
Brudastov, A. D. 29, 91, 122, 159, 165

Claus, H. 106
Columella 5
Chézy 121, 193

Darcy 21
Diserens, M. 155
Donat 156

Eisen, I. 132, 134, 224, 229, 234, 235, 236, 237
Erkin, G. E. 156, 157, 162, 163, 238

Fauser, O. 151
Feilberg, A. ja C. L. 154
Filippov, J. G. 71
Flodqvist, H. 179
Fogelman, I. 132
Forchheimer, Ph. 195
Freckman, W. 159

Grammatin, V. N. 229
Gubar, N. S. 163

Haasund, S. 154
Hallakorpi, I. A. 73
Hallgren, G. 312
Heitman, B. G. 143
Hesselman, H. 41
Hommik, K. 53, 148, 149, 155, 169, 191

Ignatjeva, V. M. 134, 135, 136, 236
Ignatjonok, F. V. 76, 77

Ivitski, A. I. 135, 162, 163, 237, 238, 245

Jakobson, C. R. 6, 8
Janert, H. 75, 153, 159, 306, 307
Jangol, A. M. 238
Janota, R. 154
Jonat, V. A. 167
Junevitš, D. P. 235
Juske, A. 182
Jürgen, H. 130

Karus, G. 71
Kask, R. 14, 31
Katšinski, N. A. 14, 15
Keso, L. 81, 114, 154, 311
Kohlschütter 76
Kononova, M. M. 43
Kopecky, J. 28, 151
Kostjakov, A. N. 58, 118, 121, 122, 136, 160, 161, 162, 196, 238
Kozlov, V. S. 238
Krivonossov, I. M. 177
Krüger, E. 132
Kutter 193, 196, 197
Kuum, J. 82, 83, 133

Lavrov, A. V. 147
Lebedev, A. F. 23
Lillema, A. 31, 32

Malts, J. 7
Maltsev, T. 249
Manning 195
Manson, P. W. 128
Melnalksnis, V. A. 73
Mitscherlich, E. 152
Morgunov, I. I. 12

Nefedov, V. D. 61, 137

Ohhotin, V. V. 15
Ovtšinnikov, V. V. 71

Panadiadi, A. D. 226, 227
Panov, V. K. 163

Pant, R. 33, 34, 39
Parkes, J. 5
Pavlovski, N. N. 194, 195, 196, 197
Pennink, J. M. 142
Petškurov, A. F. 227
Pissarkov, H. A. 143, 151, 162, 163, 167, 188, 196, 227, 238
Post, L. v. 224
Prost 315

Ratassepp, E. 12
Ratt, A. 58, 59
Rêrolle 317
Rode, A. A. 29
Roe, H. B. 77
Rosin, V. A. 61, 137, 256
Rothe, J. 142, 154
Rozov, L. P. 17, 22, 24

Sakovitš, F. J. 70
Schrenk, A. 7
Schroeder, G. 22, 241
Siebert 73
Siimuste, J. 82
Sørensen 225
Šileika, V. I. 180, 313, 316, 321, 322

Talpsepp, E. 248
Tarnan, K. 46
Tiitso, R. 99, 306
Tillner 78
Tohver, V. J. 44, 45
Toots, J. 8
Tomberg, U. 57, 71, 229, 232, 238
Tšerkassov, A. A. 19, 22, 44, 58, 122, 131, 196
Tõnisoo, A. 70

Uiska, J. E. 148, 190

Varlõgin, P. 224
Vassiljev, L. 279, 290
Vei, E. 149, 169, 170, 171, 172, 199, 200, 232
Versluys 17
Viljams, V. R. 13, 17

Wöldike, P. R. 8, 9, 105, 106

Östholm, O. 312

Yllõ, L. 56

Zunker, F. 153
Žukovski, N. E. 142

AINEREGISTER

A

A-horisont 13
adrakraav 299
aeg drenaažitöödeks 272
agregaatne struktuur 16
agregaatseisund 152
agrotehnilised abinõud 47
agroökonoomiline uurimine 261
aiamaa kuivendamine drenaažiga 52, 316—318
ajutine liigniiskus 28, 29, 31, 33
alahapendite tekkimine 29
alaline liigniiskus 29, 30, 33
alavesikond 262
alaväärtuslikud torud 320
allikadreen 221, 222
allikakaev 220, 221
alus torudele 274, 290, 295, 311, 313
angldooser 296
ankurpõõn 210
ankurvai 210
armatuur 108, 207
arvutuslik äravoolumoodul 118, 186, 189
arvutuspunkt 201, 204
asbesttsementtoru 212
asfaldiga tihendamine 211, 296, 317
astangukaev 123, 215
asukohakaart 262
atmosfääriline toitumine 29
auruna esinev vesi 23
Averjanovi valem 159

B

B-horisont 14, 29
betoonist kaitse torudele 114
— kaitsmega suudmetoru 211
betoonsuudmetoru 211
betoontorudrenaaž 69
bituumeniga tihendamine 296
bituumenist ja kruusast toru 72
Breitenbachi valem 153
Brudastovi poolkinnine drenaaž 90, 91
Butzi toru 75

C

C-horisont 14
Chézy valem 121, 193

D

Darcy filtratsiooniseadus 21
depressioonijoon 131, 140
depressioonikõvera võrrand 141
depressioonikõverata pinnas 176
depressioonipind 159
Donati valem 156
dreen 108
dreener 92
dreeni alus 242
— kaitsmine külmumise eest 114
— katmine «hingemullaga» 296
— kattekiht 129
— kaugus puudest 113, 115
— kontrollimine 296
— lang 119
— langu lubatud kõrvalekaldumine 274
— — tähistamisviis 119, 120
— — piirid 121
— — ühtlus 284
— lõplik katmine 298
— läbilaskevõime 193, 196, 201
— läbiviimine kraavi (tee) alt 115
— otsimine 325
— pikkus 118, 259
— projekteeritav sügavus turbapinnases 232
— ristumine teedega 113
— sihtide tähistamine 276, 277
— — vaiatamine 277
— suue 207
— suudme tulp 209, 324
— suubumine jõkke 211

dreeni suubumine magistraalkraavi 211
— telgjoone kõverusraadius 274
— ummistumine 117, 119, 122, 210, 217, 243 273, 310, 321
— ummistuste kõrvaldamine 324
— vee kogumise piirkond 201
— ühenduskoht 124
— ülesotsimine 324—326
dreenide asend künnisuuna suhtes 116, 117
— — reljeefi — 110—113
— — teede — 113, 114
— asetus süsteemis 110—117
— kaugus puudest 113, 115
— kogupikkus 328
— vahekauguse graafik 340
— vahekauguse määramine
— — — kihilistes pinnastes 166
— — — kogemuste alusel 153
— — — mulla eripinna — 153
— — — — filtratsiooni — 154
— — — — hügroskoopsuse — 152
— — — — lõimise — 151
— — — — niiskumissoojuse — 154
— — — — mahukaalu — 154
— — — — õhumahutavuse — 154
— — — rabas 241
— — — rasketes savimaades 176, 179
— — — teoreetiliste valemitega 159
— — — turbapinnastes 238—241
dreenikaevik 91
dreenikaeviku kaevamine
— — ekskavaatoriga 300—305
— — kraaviadraga 299—300
— — käsitsi 282—288
— kaevamise aeg 286, 287
— kinniajamine 298
— kokkulangemine 315
— laius 282
— põhi 306
— põhja kontrollimine 279—280, 284, 285, 288, 361
— — kumerlabidas 288, 289
— — tasandamine 288
— toestamine 287, 311
— täitepinnas 178, 179
drenaaži areng 5
— ehitamine
— — aiamaal 316—318
— — rauarikkas pinnases 311, 312
— — turbapinnases 312—315
— — vesiliivapinnases 310, 311
— koguja 208
drenaaži levik 11, 12
— lisaehitised 108
— majanduslik efektiivsus 55—59
— puhastulu 59, 137
— puudused 51
— rikete põhjused 319
— ärahoidmine 323
drenaaži täiendamine 103, 256
— voorused 51
— üledimensioneerimine 200
drenaažiekskavaator 300, 308
drenaažikaeviku kinniajamine 276
— mullatöö maht 269
drenaaži-ketasfreesmasin 96, 97
drenaažikombain 306
drenaažilabidas 282, 283
drenaažiliigid 60
drenaažimasin 306, 307, 309
drenaažimeetodid 100
drenaažiprojekti eelarve 270
— graafiline osa 262
drenaažisüsteem 108, 207, 213, 242
drenaažisüsteemi armatuur 108, 207
drenaažisüsteemi elemendid 108
drenaažitorude läbilaskevõime 193—196
drenaažitööde aeg 272
— järelevalve 273, 320
— kompleksne mehhaniseerimine 305—309
drenaaži-vintfreesmasin 96, 98
drenaaživõrk 100, 102, 103, 122, 259
drenaaživõrgu korrashoid 319
— paigutus 113, 114, 115

E

eelkuivendus 276, 315
eelprojekt 260
eelvool 259, 262
ekskavaatori juhtvaier 279, 301
— juhtvaieri asend 279
— — kõrgus 279
— konstant 279, 301
ekvipotentsiaalid 143
eluviaalhorisont 14
eriehitised drenaažis 219
erikujulised drenaažitorud 73
Erkini valem 156

F

fassongosa 125
fašiin 90
fašiindrenaaž 90
fašiinide valmistamine 90
filteraine 220
filterkaev 219, 220
filterkiht 91, 123, 310, 322
filtratsioon 16, 20, 22
filtratsioonikoefitsiendi määramine 156—158
filtratsioonikoefitsient 21, 22, 144, 156, 258
filtratsiooniseadus 21, 149

filtreeriv materjal 274
finantseelarveline arvutus 260
freesitud ümarpuittoru 82, 83
freespink 84, 85, 86
freestoru 83
freestorude kvaliteedinõuded 333—335
— paigaldamine kaevikusse 84, 86
— seina paksus 275
— valmistamine 86
freestorudreen 84, 86
freestorudreeni lang 86
freestorudrenaaž 82—87
freestorudrenaaži iga 82, 84
funikulaarvesi 19

G

G-horisont 29
geneetilised horisondid 13
gleihorisont 29
gleimullad 32
gleistumine 29
gleistunud kamarmullad 31
gravitatsioonivesi 17, 20

H

hagudreen 90
hagudreeni lang 90
hagudrenaaž 5, 90, 91, 242
hagufašiini sidumine 90
harukoguja 101, 203, 204
heinamaa kuivendamine 53
Heitmani valem 175
«hingemuld» 282, 295, 315
hollandi drenaaž 103
Hommiku valemid 155, 191, 192
horisontaalmõõdistamine 257, 258
huumuselised mullad 15
huumusmullad 15
huumusrikkad mullad 15
huumushapped 211
huumusvaesed mullad 15
hüdrauliline arvutus 182, 193—206, 260, 263
— raadius 193, 198
hüdroloogiline arvutus 183—192, 263
hüdromelioratiivsed abinõud 48, 49
hüdropooniline viljelus 40
hüdrotehniline uurimine 261
hügroskoopsus 145, 152
hügroskoopsusvesi 17, 18

I

ibe 14
Ignatjonoki laudtoru 76—78
illuviaalhorisont 14
imbkaev 101, 103, 217
imbumine pinnasesse 20
imeja 108
infiltratsioonikoefitsient 179
intensiivne kuivendus 52
isohüpsid 264
Ivitski valem 238

J

Janerti greifsvaldi ader 306, 307
Jonati valem 167
juurtekork 316
juurte sissetungimine dreeni 316
järkjärguline drenaaž 102
jääkork 115

K

kaalutud vahekaugus 168, 169
kaevikdrenaaž 60, 99
kaeviku põhja täitmine 274
— süvendamine 300
kaevikuseinte toestusseade 311
kaevkoguja 104
kaheksakandiline toru 7
kaitselaud 214
kaitsemüüriga suue 208
kaitsetoru 114
kaitsmega suudmetoru 211
kamar-alluviaalmullad 32
kamar-gleimullad 31, 32
kamar-leet-gleimullad 31
kanarbik dreeni alusena 313
kapillaarne vee tõus 234
kapillaarvesi 17, 18, 19
kapillaarse tõusu kiirus 19
— — kõrgus 19, 20
— — piirjoon 62, 63
— — tegur 63
karedustegur (karedusarv) 195, 196
karjakoplite kuivendamine 52
keemiliselt seotud vesi 17
keetekoht 101, 221
keetemaa drenaaž 221
keraamiline suudmetoru 211
keraamiline toru 114
ketasfreesmasin 96, 97
kettkopaline ekskavaator 304
kiiruskoefitsient (kiirustegur) 193, 195
kimbukaupa valmistatud savitorud 66
kinnine koguja 180
kirmeline vesi 17, 18
kitsaeeline künd 48, 253
kividreen 91
kividrenaaž 5, 91, 92
klaastoru 70

klaastorudrenaaž 315
klapp 185, 192
klimaatiline äravoolunorm 185, 192
koguja (kollektori) läbilaskevõime 193—200
kogujadreen 108
kogujadreeni läbimõõt 194, 265
— sügavus 138
— pikiprofiil 266
kogujakaev 104
kogujakraav 101, 208
kogujavagu 254
kollektor (koguja) 108, 275
kolmnurksed laudtorud 76
kombineeritud kuivendusviis 95
kondensatsioonivesi 23
kontrollkaev 101, 216, 276, 317
kontrollnöör 284
kooniline toru 73, 74, 306
Kopecky meetod 151
kores 14
Kostjakovi valem 161, 162, 174, 187
kraavi põhja märkliiper 324
— — märkvai 209, 324
kraaviader 116, 299, 300
kruus 14
kruusfilter 113
kuivendatav pindala 183
kuivenduse intensiivsus 103, 129
— intensiivsuse pöördepunkt 135
— vajadus 39, 263
kuivendusdreenid 100, 101, 103, 105, 108
kuivendusdreenide asetus 110
— läbimõõt 182
— pikkus 118
kuivenduskulud 102, 103, 105, 107
kuivendusmõju ala (vesikond) 201
kuivendusnorm 131, 135
kuivenduspindala 202, 203, 204, 205
kuivendusviisid 50
kuivendusviisi valik 34—38, 52—55
kuivendusvõrgu plaan 263, 264
— projekteerimine 264
kuivendusvõrk 101, 118
kuivviljelus 47
kultuurtehnilised tööd 258, 262
kultuurtehniliste tööde plaan 265
kumerlabidas 288, 289
kunstlik eelvool 105
kunstlik lang 122, 313
kurn 217
Kutteri valem 193, 196
kõdu-leet-gleimullad 31
kõrge põhjavee seis 28
kõverate torude paigaldamine 294
külgühendus 126, 312
künnnikihi süvendamine 247—249
künnivagude suund 117, 253, 254

L

lahkukünnivagu 253, 255
lahtine kraavitus 10, 176
— koguja 259
lammi-madalsoomullad 32
lammimullad 32
lang 119, 274, 322
langunäitaja 301
latikimbu paigaldamine 88
lattdreeni lang 88
— suue 89
lattdrenaaž 87, 88, 89
lattide kimpusidumine 87, 88
laudrenn 91
laudsuudmetoru 209
laudtoru lüli 78
laudtorude kestvus 81
— materjalivajadus 80
— valmistamine 78, 79
laudtorudreeni lang 81
laudtorudrenaaž 75—81, 242, 313
laudtorudrenaaži kuivendusvõime 338
laudtorusüsteem 79, 80
laudtorusüsteemi koguja 80
leethorisondi kobestamine 248
leetkiht 29
liidus 60, 65, 310
liiduse pilu laius 275, 293
liiduste katmine 274
— ummistumine 296
liigniisked pinnased 30
liigniiskuse aste 259
— kahjulikkus 33, 40
— põhjused 28, 101, 105, 258
— tunnused 30—33
liigvee kõrvaldamine 47—50, 246
liitekohtade (liiduste) ümbritsemine 123
liiv 14, 15
liivsavi 15
«loodheinamaa» 33
loodimisreeper 263, 264
loodimisvai 277
lupjamine 16, 248, 312, 322
lõimis 14, 144, 151
lõimise määramine 258
läbilaskevõime 195, 197
lähtekivim 14
lühidrenaaž 106, 107

M

maaparanduse kulud 256
maaparandusobjekti ülevaateplaan 263
maapinna profileerimine 48, 254, 265
madal drenaaž 130
madalsoomullad 32
mahamärkimine 276—280

mahamärkimise aeg 278
mahamärkimisleht 278, 281
mahamärkimise skits 277
maksimaalne hügroskoopsusniiskus 17
— veemahutavus 20
malmsuudmetoru 211
Manningi valem 195
mattdrenaaž 91
metsamaa kuivendamine 54
mikrobioloogiline tegevus kuivendatud maas 43—46
minimaalne lang 120, 121, 123
mitmekopaline ekskavaator 300
mitmerealine muttija 252
muhv 316, 317
muld 13
muldade nimestik 30, 34—38
mulla niiskusastme määramine 34—38
— huumusesisaldus 15, 145
— struktuursus 16, 20, 136, 145
— õhustamine 249, 250
mullabakterid 16, 41, 43, 44
mullaerim 263
mullaerimite kuivendusvajadus 39
— liigniiskuse aste 39
mullakolloidid 16, 42
mullastikukaart 258, 259, 263
mullastiku uurimine 261
mullatekkeprotsess 28, 29
mullatöö mahu arvutamine 259, 268
«must toru» 72
mutikäik 92
mutiõõs 249, 250
mutiõõne immutamine 94
mutiõõnte suund 250
— vahekaugus 249, 250
mutt (dreener) 92
muttader 92
muttdreeni kindlustamine 94
— pikkus 93
— sügavus 93
— vahekaugus 93
muttdrenaaž 5, 92, 95, 249
— täiendusena 95
muttdrenaaži kestvus 94
muttimine 48, 96, 249—252
muttimisabinõud 252
muttimisviisid 251
märg perimeeter 193
märjad kamarmullad 31
märkliiper 324
märkvai 209, 324
möll 14
müüritud suue 212

N

nelinurksed laudtorud 75, 78
niisked kamarmullad 31
niiskumissoojus 154
niiskusvaru 135
niisutamine 49, 218, 308
nitrifikatsiooniprotsess 43, 44
nitrifitseerivad mullabakterid 45
nullrõhu pind 21
numbripost 209, 215
nõrgkivikiht 14, 29
«nõiavits» 106
nõlva kindlustamine 276
— toestamine 311
nõlvuskoefitsient (nõlvustegur) 268
nõokoha drenaaž 101, 103, 112, 217
närbumine 17

O

organogeensed mullad 15
ortsteinikiht 14
osaline drenaaž 101
osavahekaugused 170
otsdreen 101

P

paekividrenaaž 92
paigalduskonks 294
paisutamise vajadus 244
paisutusseadmed 218
paljukopaline ekskavaator 300
Panadiadi valem 226
partsiaaldrenaaž 101
Pavlovski valem 195
peakoguja 101, 203, 204
pealtühendus 123, 275
peenardamine 254
pendulaarvesi 19
Petškurovi valem 227
piirdedreen 101, 108, 243
piirdedreeni sügavus 139
piirdekraav 243, 249
pikidrenaaž 110, 146
pikiprofiil 266
pilud 73, 78, 97, 275
piludega torud 73
piludrenaaž 96, 97, 98
pindlaudtoru 89
pinnas 13
pinnase fraktsioonid 151
— füüsikalised omadused 42
— granulomeetriline koostis 14, 151
— klassifikatsioon 14, 15
— kolloididesisaldus 145
— liigniiskus 26, 30
— poorsus 25
— sondeerimine 258
— soojustingimused 33, 42, 223
— veeläbilaskvus 144, 154

pinnase veemahutavus 23, 247
— õhumahutavus 23
— õhusisaldus 28
pinnasesisene äravool 60
pinnasest tingitud rikked drenaažis 322
pinnasevesi 17, 22, 123
pinnavee äravool 247
pinnavesi 217, 253
Pissarkovi valem 162, 163, 188, 227
pjesomeeter 144
plastmassist torud 71—73
polüetüleenist torud 71
poolkinnine drenaaž 90, 91, 217
poorsus 16, 25, 29
Posti skaala 224
prodoriittorud 73
profiilid 265, 266
profileeritud põld 255
projekteerimine kahes staadiumis 260
projekti graafiline osa 262
— kinnitamine 260
— kooskõlastamine 268
— koostaja 261, 319
— muudatused 273, 279
— originaaljoonised 264
— peainsener 260
— seletuskiri 260, 261, 267
— tekstiline osa 267
— vead 319
— vormistamine 260
projekteerimise faasid 257
puidust drenaažitorud 275
puit-freestorud 82
puitmaterjal 75, 222
puurauk 156, 262
puuritud puittorud 86
põhjakobestamine 48, 249
põhja kontrollimine 289, 290
— lang 301
— väljakaevamine 283
põhja kõrgus 264
põhjakõrguste arvutamine 259
põhjakühvel 303
põhjalabidas 288, 289
põhjatamp 289, 290
põhjavee depressioonijoon 144
— liikumine 21
— piir 21
— pind 21, 234
— seis 160
— sügavus 133, 134, 139, 160, 245
— varud 104
põhjavesi 19, 20
põikhõlmaline buldooser (angldooser) 296
põikidrenaaž 8, 110, 119, 123, 146, 259
põletuskerked savitorudel 330
põllukultuuride veetarve 27
põllumaa kuivendamine 12, 52
põuakahjustused 135, 136
põuaohu vähendamine 219
püstkoguja 104

R

rabamuldad 32
raske savimaa 55, 93, 255
— — õhustamine 93
rataskopaline ekskavaator 304, 308, 309
rauabakterid 311
rauahüdroksüüd 80, 311
rauarikas pinnas 119
rauaooker 311
rauaookriummistus 312, 322
rauarikaste maade kuivendamine 311, 312
rauaühendid 109, 313
rauaühendite sisaldus 145, 243
regulaatorpais 49
reguleerimiskaev 218
reljeefiplaan 259
Rèrolle'i drenaaž 317
rikke kõrvaldamine 324
rikked torudes 81
ristlõike korrapärasus 65
ristprofiil 266
rootorekskavaator 304
Rothe valem 142
räbu kasutamine drenaažis 316

S

saagikuse kõver 135
samakõrgusjooned 264
samarõhujooned 143
sammal filtrina 292, 293, 294
savi 15, 16, 61
saviliiv 15
savimaa 30
savimaa kuivendamine 5, 55, 255, 256
saviosakesed 15, 16, 144, 151
savitoru 60, 75
— alapõletamine 332
— põletamine 61
— katsetamise metoodika 331
— kontrollkatsed 331
— kontrollmõõtmed 65
— kuju 329
— kõverus 65, 329
— kvaliteet 61
— kvaliteedinõuded 329—332
— külmakindlus 330
— lubjasisaldus 64, 330
— murdepind 330
— otspind 329

savitoru praod 330
— purustav koormus 330
— ristlõige 329
— sisepind 330
— standardmõõtmed 62, 329
savitorude kaoprotsent 66
— kuivendusvõime 336
— transportimine 332
— vajadus 68, 270
savitorudrenaaž 60
savitorudrenaaži süsteem 209
savi- ja turbasegust torud 71
sau 14
sekundliiter 183
seotud vesi 18
settekaev 101, 108, 122, 213, 214, 259
settekaevu puhastamine 215, 322
— tähistamine 215
settimisbassein 220
Sieberti toru 73, 74, 75
sihikepp 276, 279
sihikute meetod 285
sihtimislauake 285
siksakiline koguja 113, 117, 122
siirdesoomullad 32
siirdetoru (üleminekutoru) 296
siseseina siledus 63
sisseuhtehorisont 14, 29
soode kuivendamine 82, 87, 99
sookultuur 9, 10
soomullad 32, 211
soostumisprotsess 32
soostunud kamarmullad 31
— leetmullad 30
— mullad 30
sondeerimisandmed 259, 266
struktuuritu muld 48, 246, 247
survelise põhjaveega toitumine 30
surveta põhjaveega toitumine 30
survetugevus 66
suudme klapp 210
— kõrgus 259
— rest 209, 210, 243
— tugikivi 209, 211, 296
— tulp 209, 324
— tähistamine 209
suudmekraav 117, 208
suudmenišš 212
suudmetoru 207, 208
— immutamine 210
— paigaldamine 211, 296
suue 207, 312
— turbapinnases 212
sõeltoru 73
sügav drenaaž 129
sügavajuurelised kultuurid 321
— umbrohud 321, 322
sügavkünd 249
sügavkünniader 248
süsteem 103, 108
süsteemi asend 116
— kuivenduspindala (vesikond) 108, 201
— poolitamine 109
— suurus 108, 109, 242
süstemaatiline drenaaž 100, 105

T

taimejuurtega ummistumine 91, 118, 321
tehisvihm 49
telgjoone kõverusraadius 274
Tiitso drenaažimasin 306
— mitmeastmeline sahk 99
tihendatud drenaažiosa 113
Tillneri toru 75, 78
tolm 14
Tombergi valem 232, 238
toortoru 61, 62
toru läbilaskevõime 193, 194, 195
— läbimõõt 196, 265
— murdepínd 62
— mõõtmed 66
— osaline täide 327
— otsa sulgemine 293
— otste tasasus 64
— täistäide 327
— täiteaste 327
— töötava ristlõike pindala 193
— ummistumine 80
torude freesimine 84, 85
— kvaliteet 62
— külmakindlus 66, 330
— liidused 310
— paigaldamine 275, 290—298, 302, 314, 315
— paigaldamise kast 303
— — konks 294
— partii 331
— praakimine 321
— sorteerimine 275, 292
— ummistumine 310, 311
— vajadus 66, 68, 260
torudrenaaž 60, 249
torujätkud 103
toruhaamer (torukirka) 123, 292
torukolmik 318
toruliiduste katmine samblaga 292, 293, 294
— ümbritsemine tõrvapapiga 313
torulülid 78, 80
torupartii pass 331
torupooled 84
torupress 7, 61
transpiratsioonikoefitsient 26
transpiratsioonivesi 26
truubitamine 7, 8

tsementbetoontorud 69
tugikivi 124, 296
tugilaud 311
tugimüür 211
tugiraud 214
turba aktiivsed veevarud 236
— filtratsioonikoefitsient 225
— lagundumisaste 224, 225
— konserveeriv toime 75
— kulumine 229
— mahukaal 223
— reaktsioon 225
— soojusmahutavus 223
— taimetoitainete sisaldus 225
— tihenemine 228
— vajumine 225—228, 313
— veeläbilaskvus 225
— veemahutavus 223
turbadrenaaž 99
turbamaa drenaaž 223
— viljelusväärtus 225
turbapinnas 119
turbapinnase eriomadusi 223
turvas 223, 224
turvastunud kamar-gleimullad 31, 32
— kamarmullad 31
— leetmullad 31
tõrva-lubjakitt 296
täidisdrenaaž 60, 87, 100
täidismaterjal 87
täis-veemahutavus 20
täitematerjal 274
täitepinnas 178
tööde mahu arvutamine 259, 260, 268
tööjoonis 325
tööjooniste staadium 260, 265
— valmistamine 260

U

uhtainete settimine 82, 121, 122, 199, 213, 259, 284, 293, 316
uhtmismeetod 151
ummistumine 117, 119, 122, 210, 217, 243, 273, 310
ummistuse kõrvaldamine 324
ummistuskoht 325
uudismaa-ader 248, 253, 254

V

vaba vesi 18
valgveega toitumine 30
vajuvesi 18, 20
valikdrenaaž 101, 217
valtsiga toru 114
vana kraavi ristlõikepindala 269
varjatud tööde akt 276
Varlõgini skaala 224
Vassiljevi meetod 279, 280
vee absoluutne piirmahutavus 20
— akumuleerimise võime 29, 145
— akumuleerimine 246, 247, 249
— esinemise kuju 17
— hapnikusisaldus 40
— liikumine dreenidesse 143, 144
— nõrgumine mulda 248
— paisutamine 28, 244
— pealevalgumine 28
— piirmahutavus 20, 24
— pinnasesse imbumise kiirus (infiltratsioon) 158
— seis 208, 266
— viskoossus 22
— väli- ehk piirmahutavus 20, 24
— väljaimbumise kiirus 154
— väljapumpamine 105
veeaur pinnases 23
veebilanss 103
veega toitumine 29, 258
veekapatsiteet 23
veekogumiskaev 317
veelahkmejoon 262
veeläbilaskvus 16, 145, 165, 177, 225, 248, 300
veeloovutustegur 160, 161, 162
veemahutavus 16, 23, 24, 48, 223
veeolude reguleerimine 13, 146
veerežiim 16, 186
veerežiimi muutmine 47
veesoon 106
veevoolu keskkiirus 193
ventiildrenaaž 49
vertikaaldrenaaž 103
vesi pinnases 17
vesiehitis 5, 208, 263
vesikond 103, 201
vesikonnakaart 262
vesiliivpinnas 109, 119, 250, 274, 287, 310, 322
vesivagu 48, 176, 217, 254
vineertoru 70
viniduurtoru 307
vintfreesmasin 96, 98
voolu keskkiirus 193
— kiirus 121, 122, 193, 195, 198
— kiiruse valem 193
— minimaalne kiirus 121
vooluhulk 193, 194, 195, 196, 201
voolutakistus 81, 90, 201
vähene lang 109
väliuurimine 257
väliuurimise materjal 103
väljauhtehorisont 14
väävliühendid pinnases 145, 243, 313

Õ

õhupuudus liigniiskes pinnases 40
õhurežiim 16
õhuvahetus pinnases 28
õuemaa kuivendamine 52
õõnespuittoru 82—86
õõnespuittorudrenaaž 84—87, 242
õõsdreen 92
õõsdrenaaž 60, 92—99

Ä

äravool 178, 185, 236
äravoolu kiirendamine 253
äravoolukoefitsient 185
äravoolumoodul 145, 178, 183, 185, 186, 187, 188, 192, 199
äravoolunorm 185

Ö

ökonoomne drenaaž 8, 105
öökülmad kuivendatud soodel 223, 224

Ü

ühenduskoht 124
ühendusosa 307
ühenduste kvaliteet 125
ühendustoru 125
ühes staadiumis projekteerimine 259
ühtlane kuivendus 122
üksikdreen 79, 91, 92, 103, 105, 217, 243, 313
ülekuivendus 100, 136
üleujutusveega toitumine 30
ülevaateplaan 263
ülisügav künd 180, 181
ümarpuittoru 82
ümarpuittorudrenaaž 86

SISUKORD

Eessõna 3

I. Drenaažitööde arengust ja tähtsusest Eesti põllumajanduses . . 5
II. Pinnas ja vesi 13

1. Pinnas 13
   a) Geneetilised horisondid 13
   b) Lõimis 14
   c) Huumusesisaldus 15
   d) Struktuursus 16
   e) Poorsus 16
2. Vesi pinnases 17
   a) Keemiliselt seotud vesi 17
   b) Hügroskoopsusvesi 17
   c) Kirmeline vesi 18
   d) Kapillaarvesi 18
   e) Gravitatsioonivesi 20
   f) Auruna esinev vesi 23
3. Pinnase vee- ja õhumahutavus 23

III. Pinnase liigniiskus 26
1. Vee ja õhu osatähtsus taimede elus 26
2. Liigniiskuse põhjused, tunnused ja kahjustav toime . . . 28
   a) Liigniiskuse põhjused 28
   b) Maa-ala veega toitumise režiim 29
   c) Liigniisked pinnased 30
      Soostunud mullad 30
      Soomullad 32
      Lammimullad 32
   d) Liigniiskuse kahjustav toime 33
3. Kuivenduse ülesanne 42

IV. Veerežiimi muutmine pinnases 47
1. Pinnase veerežiimi mõjutamise vahendid 47
2. Kuivendusviisid 50
3. Kuivendusviisi valik 52
4. Drenaaži majanduslik efektiivsus 55

V. Drenaažiliigid 60
1. Torudrenaaž 60
   a) Savitorudrenaaž 60
   b) Torudrenaaž muudest materjalidest torudega . . . 69
   c) Erikujulised drenaažitorud 73
   d) Laudtorudrenaaž 75
   e) Freestorudrenaaž 82
2. Täidisdrenaaž 87
   a) Lattdrenaaž 87
   b) Hagu- ehk fašiindrenaaž 90
   c) Kividrenaaž 91
3. Õõsdrenaaž 92

a) Muttdrenaaž 92
b) Piludrenaaž 96
c) Turbadrenaaž 99
VI. Drenaažimeetodid 100
1. Süstemaatiline drenaaž 100
2. Valikdrenaaž 101
3. Järkjärguline drenaaž 102
4. Vertikaaldrenaaž 103
5. Ökonoomne drenaaž 105
6. Lühidrenaaž 106
VII. Drenaažisüsteemi elemendid 108
1. Süsteemi mõiste ja suurus 108
2. Dreenide asetus süsteemis 110
a) Asend maapinna reljeefi suhtes 110
b) Asend teede, metsa ja istandike suhtes 113
c) Dreenide omavaheline asend ja asend künnisuuna suhtes 116
d) Dreenide asend, sõltuvalt teistest teguritest . . . 117
3. Dreenide pikkus 118
4. Dreenide lang ja voolu kiirus 119
5. Dreenide ühendamine 123
a) Pealtühendus 123
b) Külgühendus 126
VIII. Drenaažkuivenduse intensiivsus 129
1. Drenaaži sügavus ja kuivendusnorm 129
2. Dreenide vahekaugus 139
a) Drenaaži toimimise põhimõte 139
b) Dreenide vahekaugust mõjutavad tegurid 144
Filtratsioonikoefitsient 144
Drenaaži äravoolumoodul 145
Muid mõjutegureid 146
3. Meetodid dreenide vahekauguse määramiseks 146
a) Kogemustel, katsetulemustel ja analoogial põhinevad viisid 147
b) Pinnase mõnede füüsikaliste omaduste määramisel põhinevad viisid 151
Dreenide vahekauguse määramine pinnase lõimise järgi 151
Dreenide vahekauguse määramine pinnase hügroskoopsuse järgi 152
Dreenide vahekauguse määramine pinnase eripinna alusel 153
Dreenide vahekauguse määramine pinnase muude füüsikaliste omaduste alusel 153
c) Filtratsiooniseadusel ja teoreetiliselt tuletatud valemitel põhinevad viisid dreenide vahekauguse määramiseks 154
Filtratsiooni mõõtmisel põhinevad viisid 154
Teoreetiliselt tuletatud valemitel põhinevad viisid . . 159
d) Eri meetodite rakendatavus 164
4. Dreenide vahekauguse määramine kihilistes pinnastes . . 166
5. Dreenide vahekauguse ja sügavuse koosmõju 174
6. Dreenide vahekaugus rasketes savimaades 176
IX. Drenaaži arvutused 182
1. Hüdroloogiline arvutus 183
2. Kogujate hüdrauliline arvutus 193
a) Arvutuse alused 193
b) Arvutustehnika 201
X. Drenaažisüsteemi armatuur 207
1. Suudmetorud 207
2. Sette- ja kontrollkaevud 213
3. Imbkaevud 217

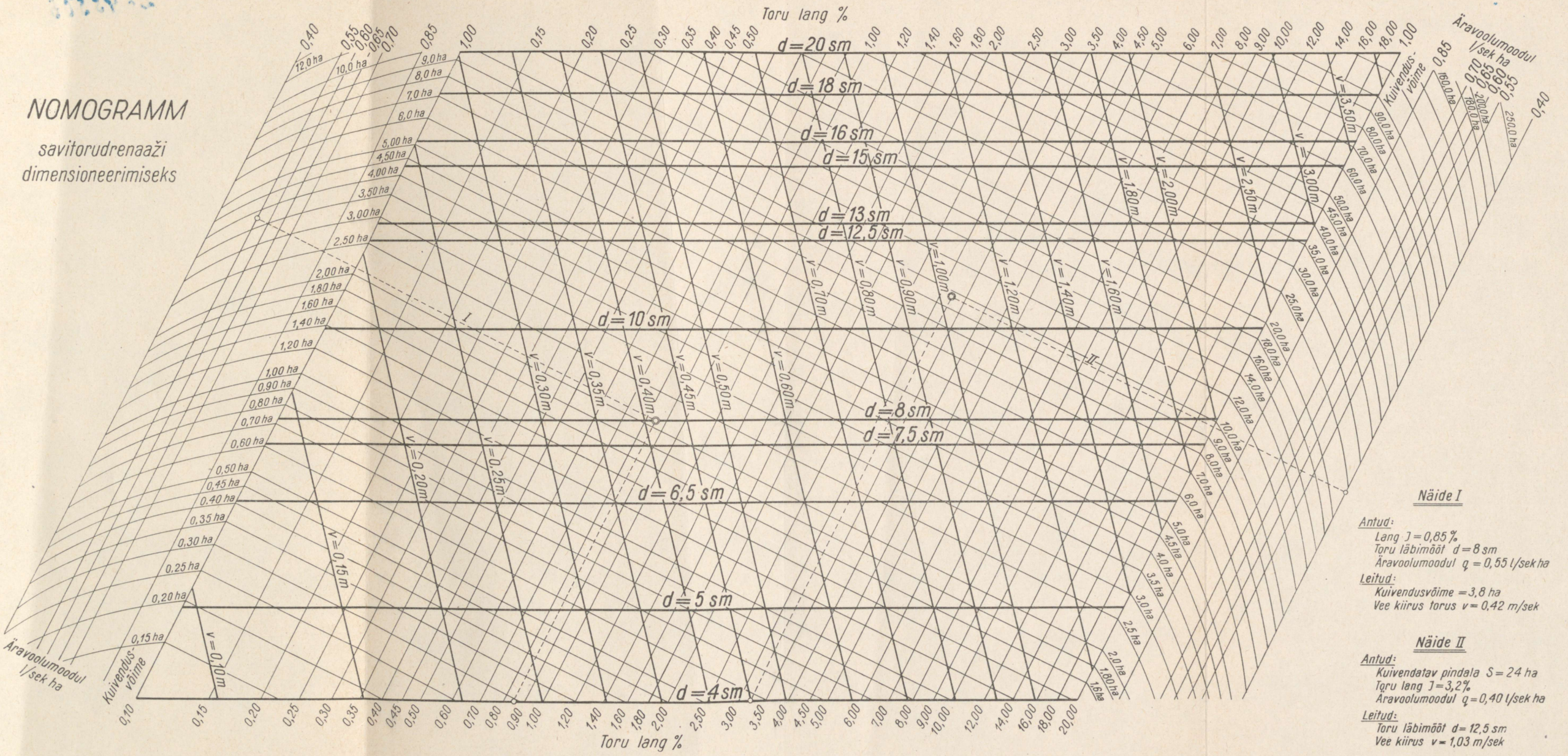
4. Paisutusseadmed 218
5. Eriehitised drenaažis 219
XI. Turbamaade drenaaži iseärasusi 223
1. Turbapinnase eriomadusi 223
2. Turba vajumine ja drenaaži sügavus 226
3. Drenaaži sügavus turbapinnases 232
4. Dreenide vahekaugus turbapinnases 238
5. Drenaaživiise turbamaade kuivendamisel 242
6. Vee paisutamise vajadusest kuivendatud soodel 244
XII. Agromelioratiivsed abinõud ja nende kasutamine drenaaži täiendusena 246
1. Künnikihi süvendamine 247
a) Künnikihi süvendamise ja lupjamise mõju veerežiimile ning saakidele 248
b) Künnikihi süvendamise viisid 248
2. Muttimine 249
a) Muttimisviisid 251
b) Muttimisabinõud 252
3. Kitsaeeline künd 253
4. Peenardamine 254
5. Vesivagude võrk 254
6. Maapinna profileerimine 255
7. Drenaažiga koos kasutatavad agromelioratiivsed abinõud . 255
XIII. Drenaaži projekteerimine 257
1. Projekteerimise faasid 257
a) Väliuurimine 257
b) Projekteerimine 259
2. Projekti osad 262
a) Projekti graafiline osa 262
b) Projekti tekstiline osa 267
XIV. Drenaaži ehitamine 272
1. Üldised nõuded 272
Väljavõte «Maaparandustööde tehnilistest tingimustest Eesti NSV-s» drenaaži ehitamise osas 273
2. Drenaažisüsteemide mahamärkimine 276
3. Dreenikaevikute kaevamine käsitsi 282
4. Dreenikaeviku põhja tasandamine ja torude paigaldamine . 288
a) Põhja tasandamine 288
b) Torude paigaldamine 290
5. Dreenikaevikute kaevamine kraaviadra abil 299
6. Dreenikaevikute kaevamine paljukopalise ekskavaatori abil . 300
7. Drenaažitööde kompleksne mehhaniseerimine 305
XV. Erijuhud drenaaži ehitamisel 310
1. Drenaaži ehitamine vesiliivapinnases 310
2. Drenaaži ehitamine rauarikastes pinnastes 311
3. Drenaaži ehitamine turbapinnases 312
4. Drenaaži ehitamine aiamaal 316
XVI. Drenaaživõrgu korrashoid ja remont 319
1. Drenaaži rikete tekkimise põhjusi 319
a) Projekti vead 319
b) Ehitustööde madal kvaliteet 320
c) Drenaažimaterjali madal kvaliteet 320
d) Taimejuurte tungimine dreenidesse 321
e) Pinnasest tingitud rikked 322
f) Süsteemide puudulik korrashoid 322
2. Drenaaži korrashoid ja rikete kõrvaldamine 323
Lisad 327
Kasutatud kirjandus 341
Isikunimede register 344
Aineregister 346

Trükivigu

Vea asukoht	On trükitud	Peab olema
Lk. 65, alt 1. real	d^{m}	d_{m}
Lk. 168, ülevalt 9. real	$n-\frac{k_2}{k_1}$;	$n=\frac{k_2}{k_1}$;
Lk. 169, ülevalt 3. real	(0,25 m)	(kuni 0,25 m)
Lk. 194, ülevalt 11. real	$v=c\sqrt{RI}=2\frac{50\sqrt{d}}{0{,}6+\sqrt{d}}\sqrt{RJ}=\ldots$	$v=c\sqrt{RI}=2\frac{50\sqrt{d}}{0{,}6+\sqrt{d}}\sqrt{RI}=\ldots$
Lk. 195, alt 7. real	$d=\sqrt[3]{\left(\frac{Q}{25{,}9\cdot I}\right)^8}$ (m)..	$d=\sqrt[3]{\left(\frac{Q}{25{,}9\cdot\sqrt{I}}\right)^8}$ (m).
Lk. 231, ülevalt 19. real	$\Delta h_{\mathrm{p}}=\frac{h+D}{1-0{,}14\ m}$,	$h_0=\frac{h+D}{1-0{,}14\ m}$,
Lk. 231, ülevalt 21. real	$h_{\mathrm{p}}=0{,}046\ mh_0h_{\mathrm{p}}^{0{,}7}$.	$\Delta h_{\mathrm{p}}=0{,}046\ mh_0h_{\mathrm{p}}^{0{,}7}$.
Lk. 307, ülevalt 7. real	G. Janerti	H. Janerti
Lk. 339, ülevalt 1. real	g_0	q_0

NOMOGRAMM

savitorudrenaaži dimensioneerimiseks



Näide I

Antud:
Lang $J = 0{,}85\ \%$
Toru läbimõõt $d = 8$ sm
Äravoolumoodul $q = 0{,}55$ l/sek ha

Leitud:
Kuivendusvõime $= 3{,}8$ ha
Vee kiirus torus $v = 0{,}42$ m/sek

Näide II

Antud:
Kuivendatav pindala $S = 24$ ha
Toru lang $J = 3{,}2\ \%$
Äravoolumoodul $q = 0{,}40$ l/sek ha

Leitud:
Toru läbimõõt $d = 12{,}5$ sm
Vee kiirus $v = 1{,}03$ m/sek

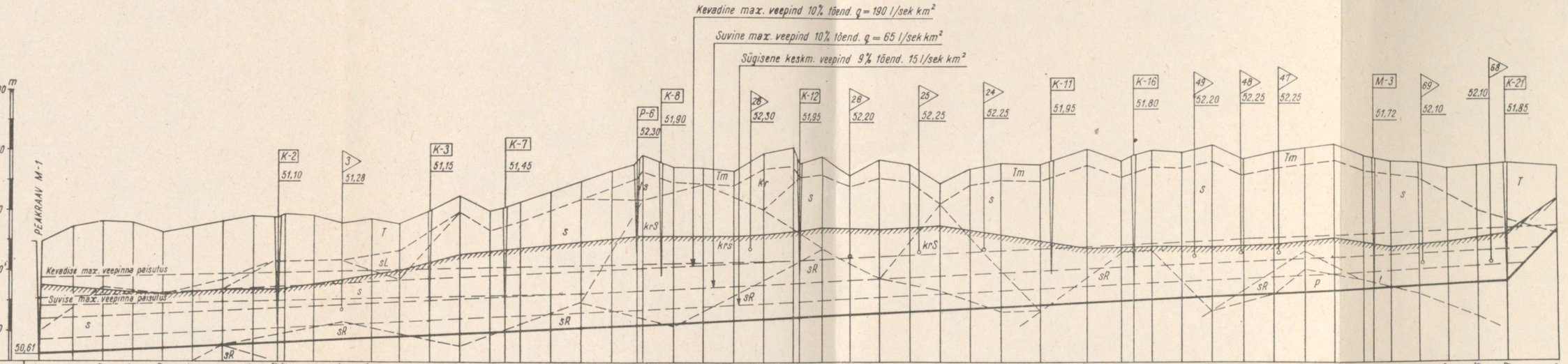
PIKIPROFIILI NÄIDIS

PEAKRAAV M-2

Märkide seletus:

- K-11 / 51,95 — Paremalt suubuv lahtine kraav ja selle põhja kõrgus kraavi suudmes
- K-1 / 51,10 — Vasakult suubuv lahtine kraav ja selle põhja kõrgus kraavi suudmes
- 24 / 52,25 — Paremalt kraavi suubuv dreen ja selle põhja kõrgus suudmes
- 1 / 51,35 — Vasakult kraavi suubuv dreen ja selle põhja kõrgus suudmes
- 43 — Paremalt kraavi suubuv kuivenduskraav
- 82 — Vasakult kraavi suubuv kuivenduskraav
- M — Magistraalkraav (peakraav)
- K — Kogujakraav
- P — Piirdekraav
- Vana kraavi põhi

M-muld, Tm-turbamuld, T-turvas, L-liiv, sL-savine liiv, S-savi, lS-liivane savi, krS-kruusane savi, sR-savine rähk, P-paas, skrL-savikruusane liiv, krsL-kruussavine liiv, krlS-kruuslii-vane savi



| | | |

A-22798

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00357596 8