

EESTI PÖLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

M. SEPP

KUIVENDUSSÜSTEEMIDE  
EKSPLUATATSIOON

TARTU 1963

A-113649

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA  
MAAPARANDUSE KATEEDER

M. SEPP

# KUIVENDUSSÜSTEEMIDE EKSPLUATATSIOON

TARTU 1963

KVAMATUKOGU  
TARTU ÜLKOOLI

Эстонская сельскохозяйственная академия  
г. Тарту, пл. Ленина 1

М. С е п п

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

На эстонском языке

TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

## E e s s ö n a

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXIII kongressil ja NLKP Keskkomitee märtsipleenumil kavandatud põllumajandusliku toodangu suurendamise ülesanded nõuavad maa paremat kasutamist ja maaviljeluse intensiivistamist. Tähtis koht nende ülesannete täitmisel Eesti NSV-s on maaparandusel. Maaparanduseks tehtud kulutused on õigustatud vaid sel korral, kui kuivendatud maid intensiivselt kasutatakse. Eelduse selleks loovad heas tehnilises seisukorras kuivendussüsteemid. Seepärast on kuivendussüsteemide ekspluatatsioon põllumajandussaaduste külluse loomise ja olemasolevate reservide ratsionaalse kasutamise tähtsaks koostisosaks ning väärib senisest suuremat tähelepanu.

Käesolevas brošüüris käsitletakse kuivendussüsteemide ekspluatatsiooni kõrval ka sellega väga lähedalt seotud kraavisängide kindlustamist. Töö on mõeldud eeskätt õppematerjalina maaparandust õppivatele üliõpilastele, kuid peaks huvi pakkuma ka kõigile teistele, kes maaparandusega tegelevad. Esitatu ei pretendeeri täielikkusele. Seepärast on lugejate märkused töös esinevate võimalike lünkade ja puuduste kohta teretulnud.

A u t o r

# I. KUIVENDUSSÜSTEEMIDE EKSPLUATATSIOONI OLEMUS JA ÜLESANDED

## 1. Kuivendussüsteemi mõiste

K u i v e n d u s s ü s t e e m on kanalite, kraavide, dreenide ja hüdrotehniliste ning abiehitiste kogum, mille ülesandeks on teatava territooriumi kuivendamine selle põllumajandusliku kasutamise eesmärgil.

Kuivendussüsteem koosneb järgmistest elementidest:

- 1) reguleeritud eelvool;
- 2) ärajuhtiv ja reguleeriv kuivendusvõrk: pea-, koguja-, piirde-, nõva- ja kuivenduskraavid ning kuivendus- ja koguja-dreenid (kollektorid);
- 3) ajutine kuivendusvõrk: vesivaod ja muttdreenid;
- 4) hüdrotehnilised ehitised: kaskaadid, kiirvoolud, lüüsregulaatorid, voolusängide kindlustised, kaitsetammid, pumbajamad, düükrid jne.;
- 5) dreenaži armatuur: suudmetorud, sette- ja kontrollkaevud, imbkaevud;
- 6) hüdromeetrilised postid eelvooludel ja peakraavidel;
- 7) kuivendatud maade põllumajandusliku kasutamise eesmärgil ehitatud teed ja nende juurde kuuluvad ehitised: sillad, truubid ja purded;
- 8) muud kuivendussüsteemi päraldised, nagu peaveejuhtmete kilomeetritulbad, armeerimisvaidad, reeperid jne.;
- 9) metsaribad kuivendatud territooriumil ning kanalite ja kaitsetammide ääres.

Eeltoodust järeldub, et kuivendussüsteemi mõistes sisaldub terve ehitiste kompleks.

K u i v e n d u s v ò r k on kuivendussüsteemi osa, mis hõlmab vaid kanaleid, kraave ja dreene ilma ehitisteta.

## 2. Põllumajandusliku tootmise nõuded

### kuivendussüsteemidele

Peamine nõue kuivendussüsteemidele seisneb selles, et ta peab tagama liigvee õigeaegse ärajuhtimise. Seda kuivendussüsteemi ülesannet ei saa lugeda ainsaks ja lõplikuks. Teadus ja praktika on tõestanud, et taimede niiskusevajadus on muutuv ja oleneb nende arengustaadiumist. Seepärast peab täiuslik kuivendussüsteem tagama mitte ainult liigvee ärajuhtimise, vaid veerežiimi kahepoolse reguleerimise. Viimase ülesandeks on luua mullas võimalikult soodne vee- ja õhurežiim, mis vastab põllumajanduslike kultuuride arengustaadiumile.

Kuivendussüsteem kui veerežiimi reguleerija peab looma eeldused maaharimise ja külvitööde õigeaegseks teostamiseks kõrgel agrotehnilisel tasemel. Liigniiskus ei tohi takistada külvide hooldamist ja saagi koristamist. Kuivendussüsteem ei tohi mingil juhul lubada põldude üleujutust. Rohumaadel võib lubada lühiajalisi üleujutusi ainult kevadise suurvee perioodil. Suvised üleujutused on kahjulikud ka looduslikele rohumaadele, rääkimata kultuurrohumaadest.

Kuivendussüsteemid peavad tagama kuivendatud maade täieliku kasutamise, looma soodsad tingimused traktorite ja põllumajandusmasinate tööks ning võimaldama madala omahinnaga saakide saamise. Kuivendussüsteemide korrashoiu kulud peavad olema võimalikult väikesed.

## 3. Tehnilised nõuded kuivendussüsteemidele

Kuivendatud maade normaalne põllumajanduslik kasutamine on võimalik vaid sel korral, kui kuivendussüsteem on tehniliselt korras. Kõik süsteemi elemendid peavad pidevalt täitma

oma ülesannet. Tehniliselt korras kuivendussüsteem peab vastama järgmistele nõuetele:

- a) veeseis eelvoolus ja kraavides ei tohi takistada vee äravoolu nendesse suubuvatest kraavidest ja dreenidest;
- b) eelvoolude ja kraavide sängid olgu vabad veetaimes- tikust, setetest, kividest, puunottidest ja teistest voolu- takistustest;
- c) kraavide nõlvadel ja pervedel ei tohi kasvada umbroh- tu ega võsa;
- d) eelvoolude ja kraavide nõlvad olgu stabiilsed;
- e) kõikidesse vajalikesse kohtadesse olgu ehitatud sil- lad, truubid ja purded;
- f) eelvoolude ja kraavide kallastelt olgu mullavallid laiiali aetud ning vastav maariba põllumajanduslikult kasutu- sele võetud;
- g) pinnavee sissepääsu hõlbustamiseks olgu reljeefi mada- lamatesse kohtadesse ehitatud mätastega ja vajaduse korral kivide või betoonplaatidega kindlustatud pinnavee sissevoolu- rennid;
- h) kõik kuivendussüsteemi ehitised ja dreanaži armatuur olgu tehniliselt korras;
- i) kaitsetammide harjad ja nõlvad olgu tasaseks planeer- ritud ja kindlustatud;
- j) teed olgu kuivendatud territooriumil heas seisukorras, võimaldagu põllumajandusmasinate liikumist ja saagi äravedu autodel;
- k) kanalite kaldamärgid olgu korras.

#### 4. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni ülesanded

Eeltoodu taustal saavad mõistetavaks kuivendussüsteemide eksploatatsiooni olemus ja ülesanded.

Kuivendussüsteemide eksploatatsioon on tehniliste, orga- nisatsiooniliste ja majanduslike abinõude kompleks, mille ülesandeks on: 1) tagada kuivendatud maadel optimaalne vee- ja õhurežiim; 2) hoida kuivendussüsteemid töökorras; 3) pa- randada kuivendussüsteemide tehnilist seisukorda.

Peamiseks eksploatatsiooniliseks tööks kuivendatud maadel on kahepoolse reguleerimise korral veerežiimi jälgimine ja re- guleerimine.

Reguleeritud eelvoolude, kraavide, drenide ja ehitiste pikk iga on tagatav vaid pideva korrashoiuga. Seepärast on eksploatatsiooni tähtsaks ülesandeks süsteemide korrashoid ja remont.

Põllumajandusliku tootmise pidev kasv ja areng esitavad kuivendussüsteemidele üha uusi nõudeid. Aja jooksul kuluvad kuivendussüsteemid n.-ö. moraalselt. Sellest tuleneb kuivendussüsteemide eksploatatsiooni kolmas põhiülesanne - kuivendatud maade maaparandusliku seisundi ja kuivendussüsteemide tehnilise olukorra süstemaatiline parandamine ning süsteemide tehniline täiustamine.

Maaparandustöö ei lõpe kuivendussüsteemide ehitamisega ja uudismaa ülesharimisega. Eksploatatsioon on selline maaparanduse etapp, mis jätkub kuni kuivendussüsteemi amortiseerumiseni. Sealjuures on tarvis taotleda kuivendussüsteemi võimalikult pikka iga. Seda saavutatakse korrapärase eksploatatsiooniga. Kuivendussüsteemi põhielemendid (eelvool, kanalid, kraavid) ei amortiseeru pideva korrashoiu korral praktiliselt üldse. Mida paremini on organiseeritud kuivendussüsteemide eksploatatsioon, seda tulemusrikkam on kuivendatud maade põllumajanduslik kasutamine. Eksploatatsioon peab õigustama süsteemide ehitamise kulusid.

Kuivendussüsteemide eksploatatsioon pole seega vähem vastutusriikas nende projekteerimisest ja ehitamisest. Peab märkima, et kuivendussüsteemi töökorras hoidmine on märksa raskem mis tahes ehitise või masina töökorras hoidmisest, sest kuivendussüsteemid paiknevad suurtel pindadel, on tunduvalt vähem püsivad ja alluvad teistest ehitistest sagedamini mitmesugustele purustavatele mõjudele.

Korrashoiukulud olenevad suurel määral kuivendussüsteemi kapitaalsuse astmest. Kapitaalselt väljaehitatud süsteem nõuab väiksemaid korrashoiukulusid. Seega on eksploatatsiooni probleemid orgaaniliselt seotud projekteerimisega ja tööde teostamisega. Siit järeldub, et maaparanduse üheks sõlmprobleemiks on selliste ratsionaalsete kuivendussüsteemi elementide valik, mille juures väikeste ehituskuludega kaasnevad minimaalsed eksploatatsioonikulud.

## 5. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni arengust

Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni ajalooline areng on seotud üldise maaparanduse arenguga. Süvenemata siinjuures maaparanduse ajaloo üksikasjadesse, piirdume vaid mõningate tähtsamate momentidega, mis iseloomustavad just kuivendussüsteemide eksploatatsiooni arengut.

Kuigi kuivendustööd arenesid Suure Oktoobrirevolutsiooni eelsel Venemaal ekstensiivse põllumajanduse tõttu tagasihoidlikult, oli 1917. aastaks kuivendusvõrguga maade üldpindala umbes 1,2 milj. ha (Kostjakov, 1960). Kuivendussüsteemide korrashoiule aga vajalikku tähelepanu ei pööratud. Maaparandusalases kirjanduses leidub vaid üksikuid allikaid, milles käsitletakse kuivendussüsteemide remondi ja korrashoiu küsimusi. Üheks esimeseks sedalaadi kirjutiseks on A. Dubachi artikkel "Что необходимо для развития мелиоративных работ" ("Мелиорационный журнал" № 1, 1915). Autor juhib muuhulgas tähelepanu vajadusele luua kuivendussüsteemide valvurite-remontijate ametikohad. Seoses kohalike elanike hoolimatu suhtumisega riigi kulul ehitatud kraavidesse peab A. Dubach vajalikuks võtta kuivendussüsteemide rikkujad vastutusele.

Pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni hakati maaparandusele üha rohkem tähelepanu pöörama. Esimestel nõukogude võimu aastatel avaldasid kuivendustööde arengule suurt mõju maaparanduse ühistud (мелиоративные товарищества). Neisse ühinesid talupojad maaparandussüsteemide, eriti peakraavide kollektiivseks ehitamiseks. Ühistute tööpraktika aga näitas, et peaveejuhtmed ehitati küll valmis, kuid nende korrashoiuga tegeldi kahjuks vähe.

Intensiivsemalt arenes maaparandus pärast kolhoosikorra võitu. See võimaldas töid teha plaanipärasemalt ja suurematel massiividel. Maaparandusalases kirjanduses hakati üha enam tähelepanu pöörama kuivendussüsteemide eksploatatsioonile. Kolmekümnendate aastate algul avaldati mitmeid artikleid ja brošüüre, kus käsitleti peamiselt lahtise kuivendusvõrgu korrashoidu ja remonti (Getmanov, 1930; Grammatin, 1931; Geitman, 1932 jt.). Tehti ka vastavasisuliselt teaduslikke uurimusi (Brudastov, 1928, 1934; Dubach, 1926; Rozin, 1934 jt.).

1936. aastal anti välja esimene instruksioon kuivendussüsteemide eksploatatsioonile kohta.

Maaparanduse kui teaduse edasist arengut jälgides näeme, et kuivendussüsteemide eksploatatsiooniga seotud probleemid leiavad üha enam teaduslikku käsitlemist. Siinjuures märkimisväärt eelkõige selliseid nõukogude teadlasi, nagu A. D. Dubach, A. D. Brudastov, H. A. Pissarkov, A. D. Panadiadi, D. P. Junevitš jt. Viimastel aastatel on kuivendussüsteemide eksploatatsioonile puutuvates küsimustes arendanud tähelepanuväärset teaduslikku tegevust A. F. Petškurov, V. M. Zubets ja N. K. Bessrebrennikov Valgevene NSV-s, V. Šileika Leedu NSV-s jt.

Kodanlikus Eestis takistas maaparanduse arengut maa eramandus ja killustatus. Kuivenduse alal ei suudetud saavutada isegi Esimese maailmasõja eelset tempot. Ulatuslikumaid maaparandustöid alustati alles 1935. aastal. Sellele järgneval neljal aastal hariti üles küll hulgaliselt uudismaid, kuid nende kuivendamine oli sageli väga puudulik. Teatud edu, mis tänu kuivadele aastatele (1937-1940) saavutati, hajus niipea, kui aastad muutusid sademeterikkamaks. Puuduliku kuivenduse üheks peamiseks põhjuseks oli asjaolu, et eelvoolude nõuetekohaseks reguleerimiseks puudusid raha ja tehnika. Ühised peakraavid rajati nn. veeühingute kaudu, kusjuures kaevamiskulusid kandsid veeühingu liikmed vastavalt peakraavi otsest või kaudset mõjupiirkonnas oleva maa suurusele ja väärtusele. Peakraavi jooksev korrashoid jäi iga talupoja ülesandeks selles kraavilõiguses, mis läbis temale kuuluvaid maid. Peakraavi kapitaalremondi tegemiseks kutsuti veeühing uuesti ellu.

Sõja- ja okupatsiooniaastail soikusid maaparandustööd täielikult. Korrashoidu puudumise tõttu ummistusid olemasolevad kuivendussüsteemid. Ka aastatel 1945-1949, s. o. enne põllumajanduse kollektiviseerimist Eesti NSV-s, ei suudetud maaparanduse alal midagi märkimisväärt ära teha. Sellele perioodile on iseloomustav nn. ühis- ehk rahvatöö meetod. Maaparanduslike talgutega korrastati ka olemasolevaid kuivendussüsteeme: puhastati kraave võsast ja setetest. Kuivendussüsteemide korrashoidutöid organiseerisid valdade täitevkomiteed ja juhendas maakonna insener-melioraator.

1949. aasta oli meie vabariigi põllumajanduses murrangu-  
line. Sel aastal viidi põhiliselt lõpule põllumajanduse kollek-  
tiviseerimine. Murranguliseks aastaks oli see ka maaparandusele.  
Eesti NSV Ülemnõukogu seadlusega 2. augustist 1949 nähti ette  
lailaldane maaparandustööde areng Eesti NSV-s. Sama seadluse  
alusel loodi esimesed maaparandusjaamad ja kuivendussüsteemide  
ekspluatatsiooni territoriaalvalitsused. Alates 1958. aastast  
juhivad kuivendussüsteemide ekspluatatsiooni territoriaalvalit-  
suste baasil loodud maaparanduse valitsused.

## II. KUIVENDUSSÜSTEEMIDE RIKKED JA NENDE ÄRAHOIDMISE ABINÕUD

### 1. Lahtise kuivendusvõrgu deformatsioonide

#### põhjused ja liigid

Eelvoolude ja kraavide deformatsioonide all mõistame  
nende piki- ja ristprofiilide kuju ja mõõtmete muutumist.

Deformatsioonide põhjused liigi-  
tatakse looduslikeks ja kunstlikeks. Looduslikud põhjused  
võivad omakorda olla järgmised:

- 1) ebasoodsad pinnase füüsikalised-mehhaanilised omadused,
- 2) turba kuivendusjärgne vajumine,
- 3) hüdroloogilised tegurid (veevool kraavis, pinnavee  
sissevool),
- 4) hüdrogeoloogilised tegurid (põhjavee mõju, pinnaste  
kihilisus),
- 5) bioloogilised tegurid (vetikate ja rohttaimede kasv  
kraavis),
- 6) kliimategurid (temperatuur, sademed, tuul).

Kunstlikud põhjused on jagatavad kahte rühma:

- 1) projekteerimise ja tööde teostamise vead ning
- 2) ebaõige ekspluatatsioon.

Deformatsioone põhjustavad tegurid toimivad tihedas oma-  
vahelises seoses. Tavaliselt on kraavisängi deformatsioonid  
põhjustatud paljudest teguritest, kusjuures üks või teine

tegur on domineeriv. Üksikud tegurid mõjustavad ka üksteist. Seega kutsub kraavisängide deformatsioone esile vastastikusel mõjustuses olevate tegurite kogum.

Olenevalt deformatsioone põhjustavate tegurite iseloomust võib deformeerumise kiirus olla erinev. Kraav deformeerub mõnikord kohe pärast kaevamist. Selline nähtus esineb eba-püsivais vesiliivapinnastes, samuti survelelise põhjavee välju-mise korral kraavinõlvast. Ulatuslikke nõlvade varisemisi põhjustab näiteks pinnase füüsikalise-mehaaniliste omaduste mitteametamine, mille tagajärjel antakse kraavile lubata-vast suurem nõlva kalle. Kraavisäng võib deformeeruda ka pea-aegu märkamatuks. Siis on olulised muutused sängi kujus ja mõõtmetes täheldatavad alles pärast mitmeaastast ekspluatat-siooni.

Kuivendussüsteemidel esinevaid deformatsioone võib jaga-da järgmistesse p õ h i l i i k i d e s s e :

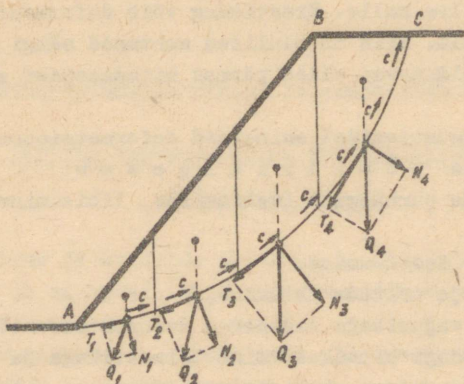
- 1) nõlvade purunemine (varisemine, libisemine või voola-mine),
- 2) setete ladestumine,
- 3) põhja ja nõlvade uhtumine,
- 4) turba vajumisega kaasnevad deformatsioonid,
- 5) voolusängi kinnikasvamine taimestikuga ja
- 6) kuivendusvõrgu ehitiste purunemine.

Tavaliselt ei esine üks deformatsiooniliik üksi, vaid koos teiste liikidega. Nõlvade purunemisega kaasneb sageli nõlvadelt varisenud või voolanud pinnase settimine kraavi põh-ja. Seejuures võib ühest deformatsioonist olla põhjustatud teine: kraavi põhja ja nõlva aluse uhtumine kutsub esile nõlvade varisemise; setete ladestumine soodustab taimestiku kasvu kraavipõhjas; taimestik omakorda loob paremad tingi-mused uhtainete settimiseks jne. Näeme, et põhjuse ja taga-järje dialektiline seos eksisteerib ka kraavisängide defor-meerumise protsessis.

Allpool käsitletakse lahtise kraavivõrgu deformatsioone vastavalt neid esilekutsunud teguritele.

## 2. Pinnase füüsikalise-mehaanilistest omadustest tingitud deformatsioonid ja nende vältimine

Jõesängide reguleerimisega ja kraavide kaevamisega rikutakse pinnasemasside looduslikke tasakaalutingimusi. Tekivad deformatsioonid esilekutsuvad jõud. Nõlv püsib tasakaalus pinnaseosakeste vahel esinevate hõõrde- ja nakkejõudude tõttu. Nõlva püsivus on tagatud ainult selle kaldenurga teatava suurusega. Kui nõlva kaldenurk ületab antud pinnasele lubatava,



Joon. 1. Nõlva libisemine ringsilindrilisel pinnal.

siis nõlv deformeerub. Nõlva püsivuse arvutamisel eeldatakse, et libisemine toimub ringsilindrilist pinda mööda (joon. 1). Nõlva püsimiseks on vaja, et nõlva libisemist esilekutsuvad nihkejõud ja nendele vastutõttavad jõud oleksid tasakaalus:

$$\sum \tau \leq \sum N \operatorname{tg} \varphi + cL, \quad (1)$$

kus  $\tau$  on nihkejõud,  
 $N$  - libisemispinnale risti suunatud jõud,  
 $\varphi$  - pinnase sisehõõrdenurk,

- $tg \varphi$  - pinnase sisehõrdekoefitsient  $f$ ,  
 $N\varphi$  - sisehõrdejõud,  
 $c$  - nakkejõud pinnaühikule ehk erinake ja  
 $L$  - libisemiskõvera pikkus.

Eeltoodust on tuletatav pinnasemassi püsivuse tegur

$$\eta = \frac{\sum N tg \varphi + cL}{\sum \tau} \quad (2)$$

Nõlva püsivus on tagatud, kui  $\eta > 1$ . Arvutustes võetakse  $\eta = 1,1-1,5$  ja rohkem.

Olenevalt pinnase mehhaanilisest koostisest ja niiskusest võib nõlv püsida kas peamiselt hõrde- või nakkejõudude arvel.

Täiesti puhtas kuivas liivas puuduvad pinnaseosakeste vahel nakkejõud. Niiskuse suurenemisel tekivad nakkejõud pinnaseosakeste vahel ja sisehõrdejõud vähenevad. Nakkejõud on maksimaalsed teatava niiskustaseme juures ja vähenevad niiskuse edasisel suurenemisel. Liiva sisehõrdenurk niiskuse suurenedes väheneb, seejuures peeneteralise liiva korral rohkem kui jämedateralise puhul. Veega üleküllastunud peeneteralises liivas on nii hõrde- kui ka nakkejõud äärmiselt väikesed ja nõlv püsib vaid väga väikese kaldenurga puhul.

Savil on liivaga võrreldes väiksem sisehõrdekoefitsient, mis sõltub vähe pinnase niiskusesisaldusest. Väga peeneteralistes, nn. rasvastes savides puudub pinnaseosakeste vahel hüdraatkilede olemasolu tõttu vahetu kontakt ja seetõttu puudub praktiliselt ka sisehõrdumine ( $\varphi = 0$ ). Sisehõrdumine esineb siis, kui osakesi diameetriga üle 0,005 mm on vähemalt 30%. Osakestevaheline nake on savis väga suur. Nakkejõud kasvab pinnase niiskuse suurenemisel seni, kuni savi hakkab muutuma plastiliseks. Niiskuse edasisel suurenemisel nakkejõud väheneb. See toimub algul aeglaselt ja ühtlaselt, hiljem väga järsku. Tugevasti veega üleküllastunud savi võib muutuda voolavaks nagu peeneteraline liivgi.

Eeltoodust järeldub, et pinnaseosakestevaheline hõrdumine ja nake olenevad pinnase niiskusest ja mehhaanilisest koostisest.

Nõlva püsivus oleneb peale kolme põhiteguri, s. o. mahukaalu, sisehõrdumise ja nakke, veel reast pinnase füüsikalise-mehhaanilistest omadustest.

Liivapinnase kohta on tarvis teada veel järgmisi omadusi: mehhaanilist koostist, pinnase loomulikku kaldenurka ja filtratsioonikoefitsienti.

Savipinnase puhul on olulised järgmised omadused: mehhaaniline koostis, looduslik niiskus, plastilisuse piir, plastilisuse arv, voolavuse piir, paisumine märgumisel ja veeloovutus.

Maaparanduse praktikas lähtutakse nõlvuse määramisel peamiselt pinnase mehhaanilisest koostisest. See ei iseloomusta aga täielikult pinnase olemust ja pinnase muudele omadustele mittevastavad kraavinõlvvad deformeeruvad. Pinnase füüsikalise-mehhaanilistest omadustest tingitud deformatsioonide ärahoidmiseks on tarvis, et kuivendussüsteemide projekteerija õpiks tundma võimalikult üksikasjaliselt pinnase omadusi. Sel korral on võimalik valida õiget nõlvakaldenurka ja ette näha nõlva kindlustamise vajadust.

### 3. Turba vajumine lahtise kuivendusvõrgu deformatsiooni tegurina

Turba vajumine kuivenduse mõjul on tingitud mitmesugustest põhjustest.

Üheks turba vajumise põhjuseks loetakse kapillaarjõudude tekkimist kuivendatud kihis. Kapillaarjõudude mõjul tõmbub turvas kokku igas suunas, sealhulgas ka vertikaalsuunas (Brudastov, 1955). Eeltooduga on võimalik seletada vaid ülemise turbakihi vajumist. Kogemused näitavad, et tegelikult vajub ka kraavi põhi. Mõned uurijad (Svadkovski, 1939; Zubets, 1954) väidavad, et vajub vaid perioodiliselt töötava kraavi põhi, kuna aastaringselt allapoole põhjaveeseisu jääva kraavi põhi ei vaju. Enamik autoreist (Dubach, 1912; Brudastov, 1955 jt.) aga ei toeta ülaltoodud väidet ja kindlitavad, et kraavipõhja vajumine on tähtsusetult väike ainult mineraalaineterohkes lammiturbas. Kraavipõhja vajumist allpool põhjavee tasapinda on tõestanud ka meie vabariigis tehtud mõõtmised (Tomingas, 1949).

Millega seletada põhjaveepinnast allpool asuvate turba kihtide vajumist? Dubach (1912) väidab, et kuivendamata,

veega üleküllastunud soos on turvas analoogiliselt vette-asetatud kehale kaotanud oma kaalust nii palju, kui palju kaalub tema poolt väljatõrjutud vee hulk. Seetõttu avaldab vee- ga üleküllastunud turvas alumistele kihtidele omakaalust väiksemat survet. Pärast kuivendust olukord muutub: põhjavee- pinna alanemise tõttu pole pealne turbakiht enam "vette-asetatud keha" ning seetõttu surub alumistele turbakihtide- le kogu oma raskusega. Turba omakaalule lisandub pärast kui- vendamist turbasse jääva hügrokoopse, kirmelise ja kapil- laarvee kaal. Pealmiste kihtide suurema surve tagajärjel su- rutakse alumised "ujuvad" turbakihid kokku.

Aeglast, kuid püsivat soopinna vajumist põhjustab üle- mise turbakihi lagundumine.

Seega on turbalasuundi vajumise üldvalem:

$$S = S_p + S_k + S_b, \quad (5)$$

kus  $S_p$  on põhjaveeseisu alanemisega kaasnevast välisjõudude muutumisest tingitud turba kompressioon;

$S_k$  - kapillaarjõudude suurenemisest tingitud kokkutõmbumine ja

$S_b$  - turba lagundumisest tingitud mahuvähene- mine.

Turba vajumise suurus oleneb turba veesisaldusest, kraavi sügavusest, turbalasuundi sügavusest, turba omadus- test, kuivendamisest möödunud ajast ja biokeemiliste (s. o. lagundumis-) protsesside intensiivsusest turbas pärast kui- vendamist.

Mida suurem on turba veesisaldus, seda suurem on kui- vendusjärgne vajumine.

Soopinna vajumine oleneb mitte niivõrd turba, kui võrd kuivendusvõrgu sügavusest. Sügavas turbas on sama kuivendus- sügavuse korral vajumine mõnevõrra suurem kui õhukese turba- kihi korral.

Vajumise ja turba omaduste vahelist seost pole üksik- asjaliselt selgitatud. Üldtunnustatud on seisukoht, et tur- ba lagundumisastme suurenedes vajumine väheneb (teiste võrd- sete tingimuste juures), sest lagundumisprotsessis turba ti- hedus ja mahukaal suurenevad. Õrnadest ja peentest samblajää- nustest koosnev suure veemahutavusega rabaturvas vajub roh-

kem kui jämedamatest taimejäänustest koosnev madalsooturvas. Turba tiheduse, mahukaalu ja tuhasisaldusega on vajumine pöördvõrdelises sõltuvuses. Kõige intensiivsem on turba vajumine 2-5 aasta jooksul pärast kuivendamist. Hiljem vajumine aeglustub.

Turba esialgse vajumise peamiseks põhjuseks on põhja-veepinna alandamine. Soopinna edasine vajumine on tingitud turba lagundumisest. See vajumine vältab kuni 20 aastat ja isegi rohkem, kusjuures aastane vajumine on keskmiselt 1-2 sm.

Soopinna vajumine on prognoositav P a n a d i a d i v a l e m i t e abil:

$$\text{madalsoos } h = 0,18 \text{ KH } 0,35 \quad t \quad 0,64 \quad (4)$$

$$\text{ja kõrgsoos } h = 0,16 \text{ KH } 0,59 \quad t \quad 0,63 \quad (5)$$

kus  $h$  on soopinna vajumine (m),  $H$  - turba sügavuse (m),  $t$  - kraavi sügavus (m) ja  $K$  - turba tihedusest sõltuv tegur (vt. tabel 1).

T a b e l 1

Turba tihedus	K
Tihe	1,0
Keskmise tihedusega	1,4
Kohev	2,0-2,7
Peaaegu ujuv	3,8

Valgevene NSV madalsoode kuivendusjärgse vajumise uurimise alusel soovitab Zubets (1954) valemit:

$$z = 0,01 A \sqrt[3]{x} \sqrt{y} \quad , \quad (6)$$

kus  $z$  on turba vajumine (m),

$x$  - turba sügavus enne kuivendamist (cm);

$y$  - kuivendatud kihi sügavus (cm) ja

$A = 1,0 \div 2,3$  - turba tihedusest sõltuv tegur.

Turba vajumine põhjustab lahtise kuivendusvõrgu rikkeid.  
Turba vajumise tagajärjel

- 1) väheneb kraavi sügavus,
- 2) muutub ebaühtlaseks põhjalang ja
- 3) deformeerub kraavi ristprofiil.

Kraavi sügavuse vähenemine on tingitud maapinna ja kraavi põhja vahelise turbakihi tihemisest. Mõningal määral vajub ka kraavi põhi, kuid see ei suuda kompenseerida maapinna vajumist.

Soopinna vajumist tuleb kuivendussüsteemide projekteerimisel arvestada. Et tagada vajalikku kraavi sügavust ka pärast turba vajumist, tuleb esialgselt kaevata sügavam kraav. Kraavi projekteeritav sügavus on määratav Pissarkovi valemiga (Geitman, Pissarkov, 1955):

$$T_{pr} = K_o T_o, \quad (7)$$

kus  $T_{pr}$  - kraavi projekteeritav sügavus,  
 $T_o$  - vajalik sügavus pärast vajumist,  
 $K_o$  - turba omadustest sõltuv tegur (tabel 3).

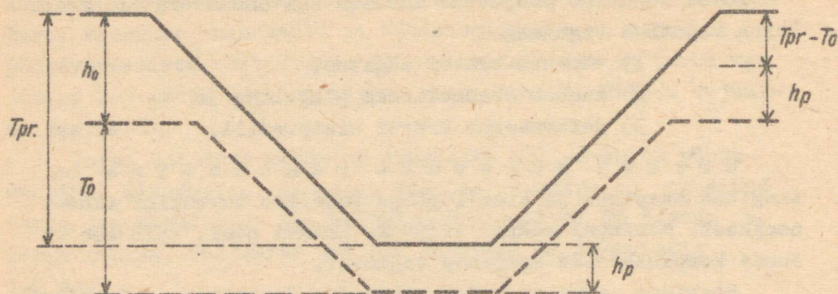
T a b e l 2

Turba tihedus	Madalsoo	Kõrgsoo
Tihe	1,20	1,30
Keskmise tihedusega	1,25	1,40
Keskmiselt kohev	1,35	1,50
Kohev	1,50	1,65

Nagu nähtub jooniselt 2, võib valemist (7) kasutada ka kraavi põhja vajumise määramiseks. Põhja vajumine on määratav seosest:

$$h_p = h_o - (T_{pr} - T_o) \quad (8)$$

Soopinna vajumine  $h_o$  on määratav Panadiadi valemitega (4, 5).



Joon. 2.

Kraavipõhja vajumine ja sügavuse vähenemine turba vajumise tagajärjel.

Valemite (4, 5, 6 ja 7) puuduseks on see, et neis sisaldub subjektiivselt määratav suurus - turba tihedustegur.

Madalsooturba lagundumisastme, mille määramise täpsus on küllaldase vilumuse korral 5%, ja vajumise vahelist seost uuris U. Tomberg (1957). Dreenide projekteeritava sügavuse määramiseks soovitab Tomberg valemit:

$$h_{pr} = c (h + D), \quad (9)$$

kus  $h_{pr}$  - kuivendajate projekteeritav sügavus (m),

$c$  - turba lagundumisastmest sõltuv tegur (tabel 3),

$h$  - kuivendajate vajalik sügavus pärast turba vajumist (m),

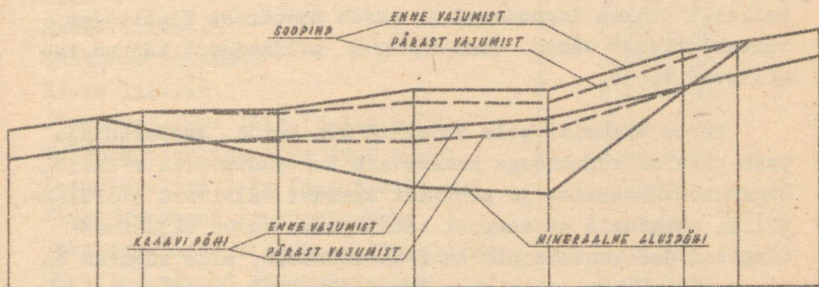
$D$  - turba lagundumisprotsessist tingitud kuivendajate sügavuse vähenemine: puitdrenaažil  $D = 0,15$  m, savitorudrenaažil  $D = 0,25$  m.

T a b e l 3

Madalsooturba lagundumisaste %-des	C
50	1,20
40	1,25
30	1,30
20	1,35

Kuivendussüsteemi tehnilist seisukorda kahjustab tõsiselt kraavi põhja vajumine.

Turba sügavuse ja omaduste muutumine kraavi trassil põhjustab kraavi pikiprofiili moonustumist (joon. 3).



Joon. 3.

Kraavi pikiprofiili muutumine turba vajumise tagajärjel.

Ebaühtlase vajumise tagajärjel võib moodustuda negatiivse põhjalanguga kraavilõikusid, kus vesi jääb seisma ja tekiavad soodsad tingimused taimestiku kasvuks kraavipõhjas. Selliste rikete ärahoidmiseks on tarvis õhematesse turbakihtidesse ja mineraalpinnasesse rajatavad kraaviosad kaevata sügavamatenä.

Kraavi ristprofili deformatsioon avaldub sügavuse vähenemise, pealtlaiuse, nõlvuse, põhjalaiuse suurenemise ning põhja kummumisenä.

Pealtlaiuse ja nõlvuse suurenemine on tingitud turba horisontaalsuunalisest kokkutõmbumisest. Põhja kummumine on tingitud sellest, et kraavipõhjal puudub ülemiste kihtide surve. Veega üleküllastunud mudases turbas võib kraavisäng deformeeruda voolamise tagajärjel.

Kui põhjavee juurdevool kraavi toimub vaid ühest nõlvast (näit. piirdekraav), siis muutub kraavi ristlõige ebasümmeetriliseks: kuiv nõlv muutub lamedamaks, märg nõlv jääb järsemaks.

Põhja vajumise tõttu võib mõnikord kraavipõhjas paljanduda turbas sisalduv kändude kiht. Selles kihis on turvas tavaliselt rohkem lagundunud ja vajub seepärast ülemistest turbakihtidest vähem. Kraavipõhjas paljandunud kändud takistavad voolu.

Turba vajumist pole võimalik ära hoida. Maaparandaja peab vältima vajumisega kaasnevaid kuivendusvõrgu rikkeid. Sügavuse vähenemist ja profiili muutust vältivaid profülaktilisi abinõusid on eespool käsitletud. Turba vajumisest tingitud deformatsioonid on seda suuremad, mida sügavam on kraav. Seepärast on ulatuslike deformatsioonide ärahoidmiseks otstarbekas kaevata kraav kahes-kolmes järgus. Eriti vajalik on see sügavate peakraavide kaevamisel suure veesaldusega mudases turbas.

#### 4. Kraavide hüdrooloogilistest teguritest tingitud deformatsioonid ja nende ärahoidmise abinõud

Hüdrooloogilisteks deformatsiooniteguriteks on veevool kraavis ja pinnavee sissevool kraavi. Kraavis voolav vesi võib põhjustada uhtumist ja uhtainete settimist.

Uhtumise vältimiseks on antud pinnaseliigile lubatava maksimaalse voolukiiruse ületamine. Maksimaalne lubatav kiirus sõltub peamiselt pinnase mehhaanilisest koostisest ja geoloogilisest seisundist. Viimane iseloomustab pinnase struktuuri (kohev, tihe, tsementeerunud). Lubatavad kiirused on toodud tabelis 4.

Pinnase nimetus	Maksimaalne lubatav voolukiirus m/sek.
Savi	0,75-1,25
Raske liivsavi	0,70-1,20
Keskmine liivsavi	0,65-1,00
Kerge liivsavi	0,60-0,90
Jämedateraline liiv (d=1-2 mm)	0,60-0,75
Keskmiseteraline liiv (d=0,5 mm)	0,40-0,60
Peeneteraline liiv (d=0,5-0,01 mm)	0,25
Vähelagundunud sfagnumiturvas	1,20
Vähelagundunud sfagnum-villpeaturvas	1,50
Hästilagundunud sfagnumiturvas	0,50-0,80
Vähelagundunud tarna-lehtsamblaturvas	0,80-1,00
Hästilagundunud tarna-lehtsamblaturvas	0,40-0,70
Metsaturvas	0,30-0,50
Osjaturvas	0,70-0,90

Tabelis esitatud lubatavad kiirused vastavad hüdrauli-  
lisele raadiusele 1,0 m. Muudel juhtumitel tuleb tabelis  
toodud lubatavad kiirused korrutada  $R^{0,3}$ -ga.

Uhtumise oht on kõige suurem kevadise suurvee perioodil, mil voolukiirused on maksimaalsed.

Uhtumise ärahoidmiseks tuleb voolusäng kindlustada (vt. pt. III). Kindlustustööde ulatuse vähendamiseks on mõnikord otstarbekas kanali langu üldiselt vähendada, väiksema languga osad aga ühendada kiirvoolude, astangute või kaskaadidega. Need kindlustatakse kapitaalselt - kivisillutise või raudbetoondetailidega. Kogemused on näidanud, et otstarbekamaiks on osutunud kiirvoolud.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata veejuhtmete käänakute pöörkõlvade kindlustamisele, sest neis kohtades esineb kohaliku uhtumise oht.

## U h t a i n e t e s e t t i m i n e

Kuivendusvõrgus on hõljuvaid uhtaineid tavaliselt vähe, need esinevad peamiselt ainult kevadise suurvee ja valingvihmade puhul. Kanalites ja kraavides esinevad setted tekitavad enamasti sāngi uhtumise ja nõlvade purunemise tagajärjel ja on seega n.-õ. kohaliku päritoluga.

Setete ladestumine põhjustab olulisi muutusi veejuhtmete piki- ja ristprofiilis. Väheneb kraavi sügavus. Setete ebaühtlane ladestumine tekitab negatiivse põhjalanguga kraavilõikusi. Tagajärjeks on kõrge veeseis kraavis.

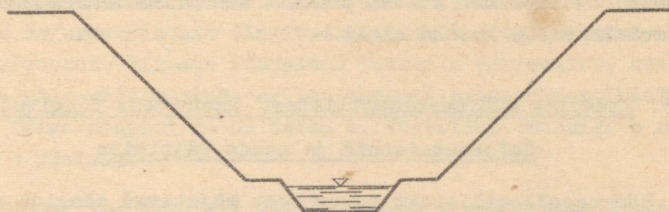
Uhtainete settimise intensiivsus oleneb voolukiirusest. Voolukiiruse vähenemine ja sellega kaasnev settimine võivad olla tingitud põhjalangu tunduvalt vähenemisest, ristlõike järsust suurenemisest (eriti määrava tähtsusega on põhjalaiuse suurenemine) ja veepaisutusest veejuhtmes. Kevadise suurvee perioodil võib harukraavides vett paisutada kõrge veeseis peaveejuhtmes. Peakraavis liikuva uhtained settivad paisutatud harukraavide suudmes. Selline nähtus on iseloomulik just reguleeritud eelvooludele, milledesse suubuvad väikese põhjalangu ja vooluhulgaga pea- ja kogujakraavid (näit. Väike-Emajõgi Korva luhas, Piusa jõgi jt.).

Kõige enam ladestub setteid esimesel aastal pärast veejuhtme kaevamist. Kõige rohkem uhtaineid kannab esimene suurvesi.

Uhtainete settimise ärahoidmiseks on tarvis juba veejuhtme projekteerimisel taotleda, et voolukiirus suudme suunas suureneks või vähemalt jääks samaks. Mudaosakeste settimise ärahoidmiseks on tarvis, et voolukiirus ei langeks alla 0,25 m/sek., liivaosakeste puhul on see piir umbes 0,4 m/sek. Madalveeperioodil pole need nõuded enamikul juhtudel tagatud. Seepärast lähtutakse projekteerimise praktikas minimaalsest voolukiirusest 0,20 m/sek. Parimaks võtteks settimist

mittevõimaldava voolukiiruse tagamiseks ka madalveeperioodil on liitprofiili ehitamine (joon. 4). Sellisel juhul koondatakse väike vooluhulk kitsasse süngi. Põhja kujundatud renni nõlvu on tingimata tarvis kindlustada.

Et kuivendusvõrgus esinevad setted on peamiselt kohaliku päritoluga, siis hoiavad uhtainete settimist ära ka igasugused nõlva deformatsioone vältivad abinõud.



Joon. 4.  
Liitprofiil.

Pinnavee sissevool põhjustab kraavinõlvade erosiooni ja setete ladestumist kraavi põhjas.

Nõlvu rikub peamiselt lume sulamisel tekkiva, samuti ka valingvihmade vee valgumine kraavi mööda kraavinõlvu.

Pinnavee erodeeriv toime on kõige suurem kerges mineraalpinnases. Olulise tähtsusega on ka maapinna lang, kraavi ümbritseval territooriumil. Pinnavesi uuristab nõlvadesse nn. erosioonirenne. Suuremad pinnaveehulgad (lohukohtades, vana-de kraavide suudmetes jne.) põhjustavad sageli ulatuslikku nõlvade purunemist. Pinnavesi kahjustab kõige rohkem esimestel aastatel pärast kraavi rajamist. Pärast rohukamara moodustumist erosioon lakkab. Looduslik rohukamara teke nõlvadele on väga aeglane, seepärast on vaja seda kujundada kunstlikult mätastamise või heinaseemnekülvi teel. Pinnaveekahjustusi vähendab ka kraavi kaldaäärse riba planeerimine ja sellele rohukamara kujundamine. Pinnavee sissevoolu hõlbustamiseks on lohukohtadesse tingimata tarvis ehitada mätastega või kividega kindlustatud sissevoolurenne.

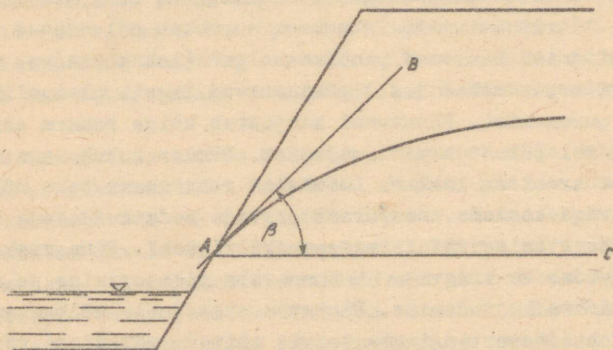
Pinnaveed kannavad setteid kraavi ka ümbritsevalt territooriumilt. Pinnaveega kraavi kantud uhtainete hulk oleneb

kraavi vesikonna pindalast, selle langust, pinnasest, maapinna kattuvusest taimkattega ja sademete intensiivsusest või lume sulamisel tekkiiva pinnavee hulga. Mida suuremad on vesikonna pindala ja lang, seda enam kantakse pinnaveega setteid kraavi. Kerged pinnased alluvad erosioonile kergemini kui savikad lubja- ja rauaühenditerikkad pinnased. Huumushorisoni vastupidavus uhtumisele oleneb selle struktuurist. Oluline tähtsus on ka taimestikul. Brudastovi (1955) andmetel on erosioon künatud pinnalt 400 korda intensiivsem kui rohukamaraga kaetud alalt.

5. Kraavide hüdrogeoloogilistest teguritest tingitud deformatsioonid ja nende vältimine

Hüdrogeoloogilistest teguritest mõjutavad sängide deformatsioonid põhjavesi ja pinnasekihtide iseloom ning lasumine.

Põhja ve e s i tungib kraavi nii nõlva (peamiselt alumise osa) kui ka põhja kaudu. Intensiivne põhjavee juurdevool põhjustab peenemate osakeste väljakandmist pinnasest (sufosiooni). Kõige ohtlikum on põhjavee toime peeneteralises liivapinnases. Põhjavee filtratsioonirõhk oleneb hüdraulilisest gradiendist  $tg\beta$  (joon. 5, kus nurk  $\beta$  on depressioonijoone puutuja AB ja horisontaaljoone AC vaheline nurk).



Joon. 5.  
Põhjavee kiildumine nõlvast.

Gradient on maksimaalne depressioonikõvera väljumisel nõlvast. Filtratsioonirõhk avaldab pinnaseosakestele täiendavat nihkejõudu, soodustades nende väljakandmist ja nõlva deformeerumist. Pinnaseosakeste väljakandmise tulemusena muutub nõlv põhjavee väljakiildumise tsoonis voolavaks. Olenevalt põhjavee mõjust nõlva erinevatele osadele jaotub nõlv kolme tsooni: a) õhukiv ja kapillaarvee tsoon, b) põhjavee väljakiildumise tsoon, c) veepinna ja põhja vaheline tsoon. Nende tsoonide püsivus on erinev. Püsivaim on tsoon a. Selles tsoonis on deformatsioonid tingitud peamiselt nõlva alumise osa ebapüsivusest. Viimane põhjustab tsooni a varisemist, kusjuures nõlv võib muutuda selles tsoonis peaaegu vertikaalseks. Kõige ebapüsivam on tsoon b. Võrreldes tsooniga b on tsoon c püsivam.

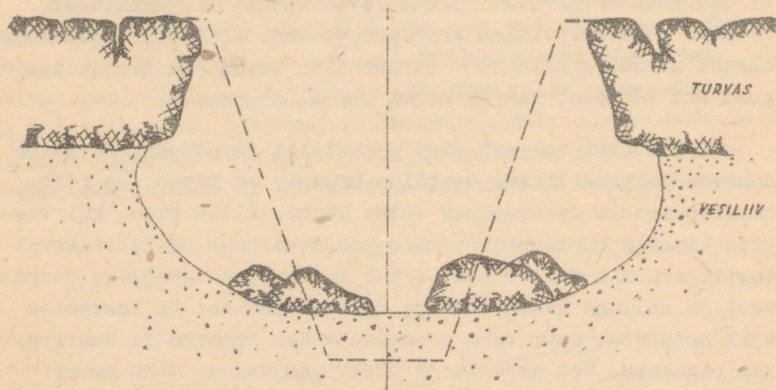
Kriitiline gradient (mille juures algab pinnaseosakeste väljakandmine nõlvast) on minimaalne filtratsiooni puhul pikki depressioonikõverat. See seletab tsooni b ebapüsivust. Tsoonis c on kriitiline gradient suurem. Kriitiline gradient oleneb ka nõlva kaldest - järsu nõlva korral on kriitiline gradient väiksem, lameda nõlva korral suurem.

Eeltoodust tuleneb rida praktilisi järeldusi. Kevadise suurvee perioodil, kui veetäide kraavis on kõrge, on filtratsioonivoolu deformeeruv toime väike. Alles siis, kui veepind kraavis on langenud, kuid põhjavee tase on ümbritseval territooriumil veel kõrge, algab intensiivne põhjavee juurdvool ja sellega kaasnev nõlva deformeerumine. Ka kaevamise ajal moodustub suur vahe veeseisu vahel kraavis ja ümbritsevas pinnases. See asjaolu on üheks põhjuseks, miks kraavi deformeerumine toimub algal intensiivsemalt ja hiljem vaibub.

Põhjavee väljakiildumine võib mõnikord olla lokaalse iseloomuga: sõltuvalt hüdrogeoloogilistest tingimustest võib pinnases esineda üksikuid veesooni või veega üleküllastunud pinnasekihte. Deformatsioonid on eriti katastroofilise iseloomuga sel korral, kui põhjavesi nendes soontes või kihtides on surveline.

Nõlvade püsivust mõjustab p i n n a s t e k i h i l i -

s u s, s. t. et üksikud pinnasekihid on erinevate füüsikalismehhaaniliste omadustega. Eriti nõõduandvad on erinevused veeläbilaskvuses. Ühtlastes pinnastes säilivad nõlvad paremini kui kihilistes. Suhteliselt hästi säilivad nõlvad ka sel korral, kui parema veeläbilaskvusega kihid on peal ja halvemini läbilaskvad kihid all. Nõlvade jalamil lasuv hea veeläbilaskvusega kiht soodustab põhjavee väljakiildumist. Kui see kiht koosneb peeneteralisest või tolmjast liivast, siis hakkab nõlv voolama. Veeläbilaskvus pole loomulikult ainus kriteerium. Pinnasekihid erinevad ka teiste füüsikalismehhaaniliste omaduste poolest. Ülatuslikumad deformatsioonid esinevad sel korral, kui nõlva alumist osa moodustav pinnasekiht on ebasoodsemate füüsikalismehhaaniliste omadustega kui ülemine. Alumiste pinnasekihtide voolamise tulemusena jääb ülemine püsiv pinnasekiht rippuma ja variseb (joon. 6). Analooiline varisemine toimub alumise pinnasekihi ärauhumise korral.



Joon. 6.  
Nõlvade varisemine.

Ebasoodsad hüdrogeoloogilised tingimused põhjustavad tavaliselt väga ülatuslikke, sageli katastroofilise iseloomuga kuivendussüsteemide deformatsioone. Seepärast on pinnasekihtide üksikasjaline tundmaõppimine püsiva sängiga eelvoolu või kraavi projekteerimise esimeseks eeltingimuseks.

Eriti tähtis on juba uurimistöödel avastada survelelise põhjavee olemasolu. Nõlvade stabiilsust pole ebasoodsates hüdrogeoloogilistes tingimustes ilma kindlustamiseta tavaliselt võimalik tagada. Sageli osutuvad vajalikuks kapitaalsed kindlustusviisid (kivi- ja raudbetoonkindlustis). Põhjavee taseme alandamiseks nõlva lähedal on otstarbekas ka nn. nõlvadrenaaži kasutamine.

Põhjavee kahjustavat mõju saab mõnevõrra vähendada mullavallide laialiajamisega ja pinnavee sissevoolurennide ehitamisega. Laialiajamata mullavalli taha koguneb pinnavesi. Kraavi pääseb see vaid läbi nõlva. Paraku jääb ka pärast mullavallide laialiajamist kaldaäärne maariba 20-30 sm võrra ümbritsevast maapinnast kõrgemaks. Seepärast tuleb hoolitseta pinnavee ärajuhtimise eest.

Põhjavee väljakiildumine pea- ja kogujakraavide nõlvadest on eriti intensiivne enne detailkuivendusvõrgu ehitamist. Drenaaži ehitamise ja põhjaveepinna alanemisega kaasneb nõlva deformatsioonide vaibumine. Seda asjaolu tuleb arvestada kuivendussüsteemide projekteerimisel ja ehitamisel. Tavaliselt projekteeritakse koguja- või piirdekraaviga paralleelne dren kuni 1,5 kordse drenide vahekaugusele kraavist. Sellist kokkuhoidu põhjendatakse põhivõrgu kraavi kuivendava toimega. Nõlvade püsivuse huvides tuleb põhjaveelise toitumisega aladel ehitada esimene dren põhivõrgu kraavile võimalikult ligidale (5-10 m).

## 6. Kraavisängide rohtumine ja selle

### vältimine

Kraavisängide rohtumist tuleb käsitleda kahest aspektist: 1) rohukamara moodustamine nõlvadel ülalpool vegetatsiooniperioodi keskmist veepinda; 2) niiskuselembeste ja veetaimede kasv kraavi põhjas ning umbrohtude levik nõlval.

Rohukamar muudab nõlva püsivaks. Seepärast on tarvis selle kujunemist nõlvadel soodustada. Allpool keskmist veepinda olev taimestik ja umbrohud nõlvadel on aga kahjulikud.

Kraavi ristlõike ulatuses on taimestik ökoloogiliselt ja liigiliselt võrdlemisi mitmekesine: põõsad, kõrrelised

ja liblikõielised heintaimed, rohundid, veetaimed ja vetikad.

Taimestiku kasv kraavis oleneb taimetoiteelementide sisaldusest pinnases, voolukiirusest ja -hulgast ning valgustusest. Viljakal lammiturbal ja liivsavipinnasel areneb taimkasv tavaliselt kiiresti. Kõrgsooturbal ja liivamaal on rohukasv nõrk. Väike täide ja voolukiirus (alla 0,25-0,30 m/sek.) soodustavad veetaimestiku kasvu kraavi põhjas. Seda takistab põhjasetete liikumine. Perioodiliselt töötavate kraavide põhjas leiab soodsa kasvukoha niiskuselembene taimestik. Kraavikaldal kasvavate puude ja põõsaste võrad varjavad valgust ja vähendavad seetõttu taimekasvu kraavis. Kui võrade liitus on 0,8-1,0, siis kraavisäng märkimisväärselt ei rohtu (Timofejev, 1959).

Taimestik alandab voolusängi läbilaskevõimet, sest ta vähendab elavat ristlõiget ja suurendab sängi karedust. Karedusarv võib ulatuda 0,10-0,20-ni ja isegi üle selle (Kostjakov, 1960). Selle tagajärjel voolukiirus langeb ja veepind tõuseb. Voolukiiruse vähenemine soodustab uhtainete settimist, settinud muda aga omakorda veetaimede levikut. Kraavinõlvadel ülalpool vegetatsiooniperioodi keskmist veeseisu olev heintaimede kamar peab olema võimalikult tihe, madal- ja kesk- ja umbrohupuhas. Taimestik ei tohi takistada vegetatsiooniperioodi maksimaalset äravoolu. Nõlvadele saab soovitatavat rohukamarat moodustada mätastamise või heinaseemne külvi. Taimestiku kasv kraavi põhjas on välditav rohtumist mitteväimaldava voolukiiruse tagamisega kogu vegetatsiooniperioodi jooksul. See kiirus on eri autorite järgi erinev ja kõigub piires 0,25-0,6 m/sek. Terve rea kõrvaltegurite olemasolu tõttu on voolusängi rohtumise sõltuvust voolukiirusest raske selgitada.

Eespool nägime, et madalveeaegset voolukiirust on võimalik hoida lubatavais piires liitprofiili kasutamisega.

Taimekasvu ärahoidva abinõuna on soovitatud kraavi varjata puude ja põõsastega (Brudastov, 1955 jt.). Varjamiseks soovitatakse istutada tihedavõralisi puid kraavi mõlemale kaldale. Ida-läänesuunalise kraavi korral piisab lõunapoolsel kaldal täisistutamisest. Varjamist peetakse otstarbe-

kaks vaid püsivatel ja taimetoitaineterikastel pinnastel.

Kraaviäärseid puude ja põõsaste read takistavad aga kraavide mehhaniseeritud remonti. Pealegi hakkavad puude võrad kraavi oluliselt varjama alles 20-30 aastat pärast istutamist, s. o. vähemalt pärast teist või kolmandat kapitaalremonti. Seepärast tuleb seda meetodit lugeda vastuvõtmatuks.

Taimestiku hävitamise võtteid käsitletakse edaspidi (vt. pt. IV).

## 7. Kraavinõlvade kliimateguritest põhjustatud deformatsioonid ja nende vältimine

Kliimateguritest mõjutavad nõlvade püsivust temperatuur, sademed ja tuul.

Kliimategurid põhjustavad peamiselt pinnase vahelduva külmumise ja sulamise ning läbikuivamise tõttu nõlva pealispinna murenemist. Kõige intensiivsem on nõlva murenemine hästilagundunud turbapinnases.

Nõlva külmumise sügavus on nõlva eri osades erinev. Kõige sügavamalt külmub nõlva ülemine osa. Nõlva jalam sagedasi ei külmugi. Külmumise ja sulamise tagajärjel nõlva pindmine kiht kobestub ja uhutakse kevadise suurveega ära. Ülespoole kevadist suurveeseisu jääv kobestatud turbapinnas kuivab. Selle tagajärjel tõmbub turba pinnakiht kokku ja koorub ning võib küllalt suure nõlvakalde puhul kraavi põhja variseda. Nõlva pealispinna külmumine ja sulamine ning sellega kaasnev nõlva deformeerumine võivad olla tingitud ka ööpäevasest temperatuurikõikumisest. Vastavad uurimused (Sokolovski, 1958) näitavad, et vastu lõunapäikest olevate nõlvade pealispinna vahelduv külmumine ja sulamine on kõige intensiivsem varakevadel, siis kui päevane õhutemperatuur on veel negatiivne. Külmedes tekib nõlvale koorik, mis päevase sulamise tagajärjel variseb kraavi põhja. Selline nõlva koorumine toimub mitte ainult hästilagundunud turbas, vaid ka liivases pinnases.

Liivamaas ja hästilagundunud turbapinnases kuivab põua-

sel ajal nõlva ülemise osa pealispind kohevaks, mis kergesti variseb kraavi põhja.

Nõlva vahelduvast külmumisest ja sulamisest ning läbikuivamisest tingitud deformatsioonid on eriti märgatavad vastu lõunapäikest olevatel nõlvadel. Kui teised deformatsioone esilekutsuvad tegurid (hüdrokeoloogilised, hüdroloogilised tegurid jt.) on tähtsusetud ja mõjuvad mõlemale nõlvale sümmeetriliselt, siis kliimategurite mõjul muutub päikesepoolne nõlv üha lamedamaks. Petškurovi (1950) andmetel on päikesepoolne nõlv turbamaas varjunõlvast 15-30% lamedam. Ristlõike muutumine ebasümmeetriliseks on täheldatav ka liivapinnases.

Mõningal määral mõjutab pinnase läbikuivamine nõlvade püsivust ka savipinnases. Kuivamise tõttu savi praguneb ja lõheneb. Pinnase märgumisel praod küll sulguvad, kuid pinnase siduvus on rikutud. Selle tagajärjel nõlv tavaliselt ei purune, kuid allub kergemini põhjavee jt. tegurite toimele.

Tuule toime kraavisängi deformeerumisel on tavaliselt tühine. Suurematesse veekogudesse suubumise kohtades võib tuulest esilekutsutud lainetus purustada kraavisuundeid.

Sademetega vahetu mõju seisneb suurte valingvihmade valgumises kraavi mööda selle nõlvu (vt. p. 4).

Kliimategurid murendavad nõlvu põhiliselt esimestel aastatel pärast kuivendusvõrgu rajamist. Nõlvade rohukamara moodustumise tulemusena hääbub kliimategurite toime. Kuigi nõlvade murenemine on suhteliselt väiksema ulatusega kahjustus, võib see mõne aasta jooksul põhjustada kraavi sügavuse märgatavat vähenemist. Seepärast on vaja rohukamarat nõlvadele moodustada kunstlikult kas mätastamise või heinaseemne külvi teel.

On püütud selgitada isegi õhurõhu muutumise ja kraavinõlvade püsivuse vahelist seost (Sobolevski, 1956). Õhurõhu suurenemisel põhjaveepind teatavasti langeb ja vastupidi. Põhjaveepinna muutumist seletatakse kapillaarvee üleminekuga vabaks veeks (õhurõhu alanemisel), ja vastupidi. Õhurõhu mõju põhjaveeseisule on märgatavam baromeetrilise rõhu kiire muutumise korral. Vabaks veeks muutunud kapillaarvesi imbub nõlvast välja, millega kaasneb nõlva sufosioon (vt. p. 5). Käsitletud teguri osatähtsus on siiski mõnevõrra problemaatiline.

## 8. Kunstlikud tegurid lahtise kuivendusvõrgu

### deformatsioonide põhjustajatena

Deformeerumist põhjustavate kunstlike teguritena mõistame projekteerimise ja tööde teostamise vigu ning ebaõiget eksploatatsiooni.

Kunstlikud tegurid esinevad alati koos looduslike teguritega. Kunstlike tegurite osatähtsus seisneb peamiselt selles, et nad soodustavad looduslike tegurite mõjulepääsemist. Kui kuivendussüsteem on õigesti projekteeritud ja defektideta ehitatud, siis ei pääse hoolika eksploatatsiooni korral ka looduslikud tegurid mõjule. Seega on kunstlikud tegurid primaarsed ja looduslikud põhiliselt neist tulenevad.

Igasugust looduslike deformatsioonitegurite mittearvestamist kuivendussüsteemide projekteerimisel ja ehitamisel võib käsitleda kunstliku deformatsioonitegurina.

Tähtsamad projekteerimise ja tööde teostamise vead on järgmised: a) liiga suured või väikesed põhjalangud, b) kraavivõlvuse mittevastavus pinnaseomadustele, c) pinnavee sissevoolurennide puudumine või nende vähesus, d) liiga järsud peaveejuhtmete käänakud, e) harukraavide suubumine peaveejuhtmesse ebaõige nurga ja põhjakõrguste vahekorraga, f) ebaõige põhjalaius ja g) sāngi kindlustamata jätmine ebapüsisvas pinnases.

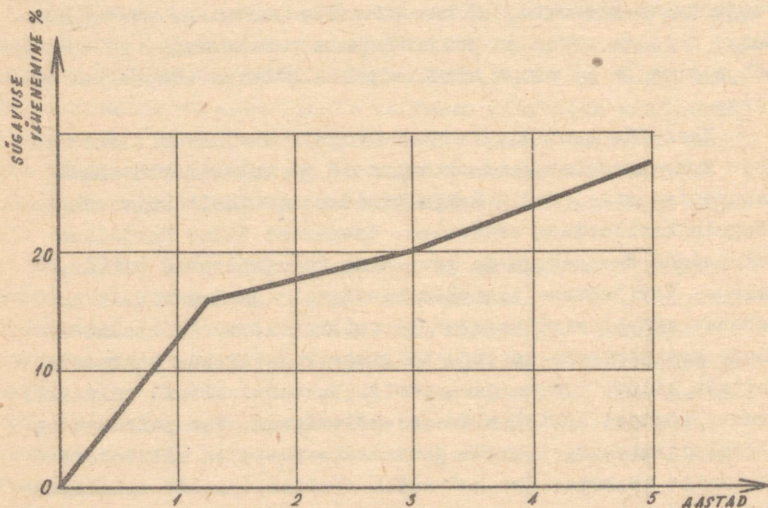
Kraavide tehnilisele seisukorrale avaldavad otsustavat mõju kuivendussüsteemide korrashoid ja kuivendatud maade kasutamise viis. Suurt kahju tekitab lahtisele kuivendusvõrgule kariloomade sõtkumine. Seepärast tuleb karjamaad kuivendada drenaažiga ja peaning kogujakraavid piirata taraga. Kariloomade ligipääs kanalitele ja kraavidele on lubatav ainult kindlustatud jootmiskohtades. Kuivendatud maade kasutamiseks on vaja kõigisse vajalikesse kohtadesse ehitada sildu, truupe ja purdeid. Vastasel korral rikutakse kraave nendest läbikäimise ja sõitmisega. Vee paisutamine (linalectamiseks, loomade jootmiseks jne.) ja kalatõkete ehitamine peakraavides halvendab oluliselt nende tehnilist seisukorda.

Ebaõige eksploatatsiooni all tuleb mõista mitte üksnes kuivendussüsteemide järelevaatuse, hooldamise ja remondi puudumist, vaid ka nende tööde ebareeglipärasest tegemist.

## 9. Lahtise kuivendusvõrgu deformatsioonide

### dünaamika

Nagu eespool selgus, deformeerub lahtine kuivendusvõrk kõige enam esimesel aastal pärast kaevamist. Järgneva kahekolme aasta jooksul deformatsioonid tavaliselt vaibuvad. Selle aja jooksul muutub trapetsikujuline kraaviristlõige tavaliselt paraboolseks või sellele lähedaseks. Kanali- ja kraavinõlvade stabiliseerumist soodustab taimekasv nõlvadel. Taimestiku kasv veejuhtme põhjas aga muutub edaspidi peamiseks deformatsioonide põhjuseks. Seepärast põhjataimestiku olemasolu korral deformeerumisprotsess kolmandal-neljandal aastal intensiivistub. Deformatsiooni kvantitatiivseks näitajaks on veejuhtme ristprofiili elementide muutumine. Kui puudub põhja uhtumine ja setete liikumine põhjas, siis iseloomustab sängi deformeerumist kõige paremini sügavuse vähenemine (joon. 7). Kui taimestikku veejuhtme põhjas ei kasva,



Joon. 7.

Kraavisängide deformatsiooni dünaamika.

siis alates kolmandast-neljandast aastast sügavus enam oluliselt ei vähene.

## 10. Drenaažisüsteemide rikete põhjused

Drenaažisüsteemide rikkeid võivad põhjustada kunstlikud ja looduslikud tegurid. Kunstlikud tegurid on projekteerimise ja tööde teostamise vead, alaväärtuslik materjal, puudulik korrashoid. Looduslikest on tähtsamad pinnasetingimused ja taimejuurte sissetungimine dreeni.

Et projekti ja tööde teostamise vigadest ning alaväärtuslikust materjalist tingitud drenaažirikete üksikasjaline käsitlemine kujuneks üldtuntud nõuete ja tehniliste tingimuste kordamiseks, siis vaadeldakse allpool vaid looduslikest teguritest tingitud rikkeid ja nende ärahoidmist.

## 11. Pinnaseomadustest tingitud drenaažiriked ja nende vältimine

Pinnaseomadused põhjustavad drenaažirikkeid peamiselt dreenide ja dreeni-liiduste ummistumise näol.

Pinnaseosakeste kandmist dreeni põhjustab lokaalne sufosioon dreeni-liiduste vahetus läheduses.

Savipinnases sufosioonicht praktiliselt puudub. Dreeni-de ummistumist pole karta ka liivsavi- ja jämedateralises liivapinnases. K. Alekand (1959) selgitas laboratoorse katsetega, et kui liidusepilu laiusest suuremaid osakesi on liidust ümbritsevas pinnases vähemalt 30%, siis tekib liidusepilu ümber nn. ümberpööratud filter ja pinnaseosakeste sissekandmine dreeni lakkab. Kui selliseid osakesi, mis pilust läbi ei mahu, on pinnases liiga vähe (alla 30%), siis sufosioon ei kahane, vaid dreeni pikapeale ummistub. Seega oleneb sissekantava pinnase hulka dreeni-liiduse pilu laiusest ja dreenikaeviku puiste tihedusest. Mida suurem on pilu laius ja mida väiksem on puiste tihedus, seda suurem on sissekantava pinnase hulk.

Peenliivases pinnases, kus valdavaks fraktsiooniks on

osakesed läbimõõduga 0,25–0,05 mm, on ummistused kõige suuremad. Seega tuleb liiduste katmisele tähelepanu pöörata peamiselt peenliivases pinnases. Mis puhtub toruliiduste katmisest samblaga, siis paljud uurimused (Pissarkov, 1938; Ignatjonov, 1955; Alekand, 1959 jt.) ja tähelepanekud näitavad, et sammal üksi ei väldi pinnaseosakeste tungimist dreeni. Ka tõrvapapiga katmine pole otstarbekas. EPA maaparanduse kateedris korraldatud laboratoorsetest katsetest võib järeldada, et peeneteralistes liivades tõrvapapp ei väldi pinnaseosakeste tungimist dreeni. Tõrvapapi ja toru välispinna vaheline pilu võib aja jooksul ummistuda ning sellega väheneb dreeni kuivendusvõime.

Et pinnaseosakesed tungivad dreeni nii ülevalt kui ka altpoolt, siis on tarvis peeneteralistes liivapinnases dreeniliidused ümbritseda samblaga ja kogu dreen katta 10–15 cm paksuse huumusmullakihi. Savi-, liivsavi- ja jämedateralistes liivapinnastes on dreeniliiduste samblaga katmine ülearune. Dreenide ummistumine setetega nendes pinnastes on põhjustatud töö teostamise vigadest (liiga laiad liidusepilud), puudulikust korrashoiust (suudmete ummistumine) või muudest põhjustest (torude purunemine, juurte tungimine dreeni). Dreenide katmine huumusliku künnikihimullaga on vajalik ja seda tuleb igal juhul teha.

Turbamaas dreenide ummistumist setetega praktiliselt ei ole. Koos veega dreeni tunginud turbaosakesed jäävad sinna orgaanilise aine väikese erikaalu (1,05–1,25) tõttu hõljuvasse olekusse ning kantakse ka väga väikese voolukiiruse korral suudmest välja.

Sügavaturbalises soos põhjustab dreenažirikkeid ka t u r b a k u i v e n d u s j ä r g n e v a j u m i n e. Dreenide sügavuse vähenemise kõrval (vt. p. 3) on oluline dreenide vajumine. Olenevalt turba sügavusest, veesisaldusest, lagundumisastmest ja teistest teguritest võib dreen vajuda ebaühtlaselt ning selle tagajärjel moodustuda negatiivse languga dreenilõikusid. Savitorudreenaži korral, võrreldes puittorudreenažiga, on see oht suurem. Valgevene NSV-s teostatud uurimised (Zubets, 1960) näitasid, et savitorude paigaldamine laud- või lattalusele ei väldi turba

vajumisest tingitud langumuutusi. Teiselt poolt ei põhjusta turba vajumine ka üksikute savitorude nihkumist. Seega ei olene drenide vajumine sellest, kas savitorud on paigaldatud alusele või vahetult kaeviku põhja. Eeltoodut kinnitavad ka Leeðu NSV kogemused (Šileika, 1959). Savitorude paigaldamine alusele on vältimatu vaid sel korral, kui kaeviku põhi on väga pehme ning torude paigaldamine on seepärast raskendatud.

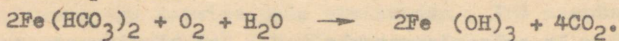
Järelikult pole sügavaturbalistel eelkuivenduseeta soodel savitorudrenaaži ehitamine isegi laud- või lattaluse kasutamisel otstarbekas. Eelkuivenduse korral on alus savitorudele tavaliselt üleaarune.

Seoses turba vajumisega soovitatakse (Tomberg, 1957) anda turbapinnases drenidele nende suudmepoolsetes otstes (vähemalt paarikümne meetri ulatuses) mõningal määral suuremat langu kui ülalpool. Seda tingib asjaolu, et drenaaži ehitamise ajaks, tavaliselt 1-2 aastat pärast põhivõrgukraavide kaevamist, on kraavide kaldariba jõudnud märksa rohkem vajuda kui kraavist kaugemal olev soo. Selle tagajärjel võib drenide suudmepoolse otsa lang jääda väiksemaks kui ülalpool, halvemal juhul isegi muutuda negatiivseks.

Turba vajumisest tingitud drenaažirikete ärahoidmise põhiliseks võtteks tuleb lugeda korralikku eelkuivendust.

Oluline probleem on drenide liiduspilude ummistumise peente kolloidsete mullaosakestega. See takistab vee sissevoolu dreeni. Arvutuste kohaselt peaks isegi 0,5 mm laiuse pilu korral sissevoolupind 50-millimeetrisel siseläbimõõduga dreeni olema täiesti piisav, ületades vajaliku 2,4 korda. Katsed näitavad, et juurdevoolava vee poolt vastu pilu kantud pinnaseosakesed vähendavad kitsaste pilude (kuni 1,5 mm) puhul liiduste läbilaskevõimet 60-90% (Aleksand, 1959). Selle tõttu võib rasketes savi- ja liivsavimaades ning hästilagundunud turbas drenide sissevoolupind osutada mitteküllaldaseks. Liiduste ummistumise ärahoidmiseks ning sissevoolupinna suurendamiseks savimaas on tarvis drenid katta hästifiltreeruva materjaliga (kruus, huumusmuld, mättad). Hästilagundunud turbapinnases on samaks otstarbeks sobiv kasutada kanarbikku, kuuseoksi või karusammalt.

Rauarikastes pinnastes võivad dreened u m m i s t u -  
 d a r a u a o o k r i g a. Et rauaookri tekkimise põhjused  
 on keemilised, on neid ummistusi raske vältida. Puuduliku  
 aeratsiooniga keskkonnas püsivad pinnases leiduvad rauaühen-  
 did vees lahustunud olekus. Kuivendamise tagajärjel paraneb  
 pinnase aeratsioon. Hapniku juurdepääsu tõttu toimub oksü-  
 deerumisprotsess:



Selle tulemusena tekib punakaspruun rauahüdroksüüdi  
 sültjas mass, mis põhjustabki dreenede ummistumist. Algul,  
 kuivendamise järel toimub see protsess väga intensiivselt  
 ning nõrgeneb aja jooksul. Rauaooker võib tekkida ka raua-  
 bakterite toimel. Rauabakterite tegevust on püütud tõkesta-  
 da sel teel, et torust tõmmatakse läbi vasktraat. Katsed on  
 näidanud, et vask mõjub rauabakteritele surmavalt. Vaatama-  
 ta vase väga vähesele lahustumisele vees on selle mõju sur-  
 mav. Praktikas pole see viis oma kalliduse ja vasktraadi  
 defitsiitsuse tõttu laialdaselt kasutatav.

Rauaookrist põhjustatud rikkeid on võimalik osaliselt  
 ära hoida pinnasele tugeva lubiväetise andmisega. Ulatusli-  
 ke kahjustuste ärahoidmiseks ja rikete kergemaks leidmiseks  
 on peenliivastes ja rauarikastes pinnastes otstarbekas pro-  
 jekteerida väiksemaid dreenaarisisüsteeme.

## 12. Taimejuurte tungimine dreenedesse ja selle vältimine

Taimejuured võivad põhjustada dreenedes ulatuslikke  
 ummistusi, mille tõttu dreenaarisisüsteemi tegevus kas osali-  
 selt või täielikult lakkab. Juurtega ummistunud dreene on  
 raske või peaaegu võimatu puhastada. Seepärast tuleb peamine  
 tähelepanu pöörata juurteummistusi ärahoidvatele abinõudele.

Kogemused näitavad, et üheaastaste taimede juured tun-  
 givad dreenedesse väga harva. Kui nad sinna tungivadki, kõ-  
 dunevad nad seal sügise ja talve jooksul ning nende jäätmed  
 kantakse tavaliselt kevadise suurveega välja. Ka mitmeaas-  
 taste heintaimede juured tungivad dreeni harva. Dreenede

ummistumist põhjustavad sügavalt juurdurvate umbrohtude (osjad, oblikad, angervaks, ohakas jt.) juured. Umbrohtude juured võivad tungida väga sügavale. Šileika (1959) andmetel ummistasid hobuoblika (*Rumex confertus*) juured Kaunase botaanikasias 8-sentimeetrise siseläbimõõduga dreeni, mille liidused olid ümbritsetud tõrvapapiga ja mis paiknes 2,15 m sügavusel. Kaliningradi oblastis on põldosja (*Equisetum arvense*) maa-alused varred ja juured ummistanud kuni 2,4 m sügavusel paiknevaid dreene (Sidontsev, 1959). Kõige rohkem ummistavad dreene puude ja põõsaste juured. Leedu NSV-s teostatud uurimised (Šileika, 1959) näitasid, et väga intensiivselt ajavad oma juuri dreentorudesse mitmesugused pajuliigid, sanglepp, pappel ja hobukastan. Pärn, vaher, kuusk, kask, saar, tamm ja sarapuu teevad seda vähem. Kaliningradi oblastis ajas isegi dreenist 12 m kaugusel kasvav saar oma juured dreeni (Sidontsev, 1959). Ünapuude juured tungivad kergemini dreeni kui pirni-, ploomi- ja kirsipuu juured. Musta- ja punasesõstrapõõsad ajavad juuri dreenidesse rohkem kui karusmarjapõõsad.

Leedu NSV-s peetakse dreenaarži peamisteks riketeks dreentorude ummistumist juurtega. Tabelis 5 on esitatud andmeid dreenaaržirikete esinemise sagedusest Leedu NSV-s olenevalt rikete põhjustest (37 objekti, kogupinnaga 3000 ha) (Šileika, 1959).

T a b e l 5

Looduslikud põhjused			Kunstlikud põhjused				
Ummistused juurtega	Ummistumise liiva ja mudasetetega	Ummistumise lubisetetega	Torude purunemine	Filtririkked	Settekaevude rikked	Suudmete vigastused	
							mitmeaastased taimed
126	3	4	Rikete arv				
			3	12	13	5	25
			%-des rikete koguarvust.				
66,0	1,6	2,1	1,6	6,3	6,8	2,6	13,0

Äratab tähelepanu taimejuurtega ummistumine: kokku 67,6% rikete üldarvust. Drenaažisüsteemide taastamise kogemused Eesti NSV-s sellist juurtega ummistumise osatähtsust ei tõestanud. Rikete peamisteks põhjusteks on meil olnud suudmete purunemine ja ummistumine ning setete ladestumine dreniides.

Taimejuurte dreniidesse tungimise üheks põhjuseks on kahtlemata taimetoiteelementide poolest rikka vee olemasolu dreniides. Juurte tungimist sügavale drenide piirkonda soodustab ka drenikaeviku täitepinnase kobedus ja huumusmullasisaldus. Künnikihi all on täitepinnase filtratsioonikoefitsient raskete pinnaste puhul kuni 50 korda ja kergete korral kuni 10 korda suurem kui ümbritsevas pinnases (Sidontsev, 1959). EPA maaparanduse kateedris tehtud uurimised (Alekan, 1961) näitavad, et saviliiv- ja kerges ning keskmises liiv-savipinnases oli kaeviku täitepinnase poorsus pärast kaeviku kinniajamist 40% suurem kui ümbritsevas pinnases. Viis aastat pärast drenaaži ehitamist oli poorsus veel ligikaudu 15% suurem. Samavõrra jäi täitepinnas kobedamaks ka 55 aastat tagasi ehitatud drenaažil. Seepärast püsib juurtega ummistumise oht ka vanema drenaaži puhul. Leedu NSV maaparandajate tähelepanekute järgi tekivadki ummistused taimejuurtega enamasti alles 10-20 aastat pärast drenaaži ehitamist (Šileika, 1959).

Kaliningradi oblastis tehtud uurimised näitavad, et dreeni seintele ja põhja ladestunud õnukeses mudakihis on taimetoitainete kontsentratsioon tavaliselt väga suur. See põhjustab kahtlemata juurte tungimist torudesse (Sidontsev, 1959).

Taimejuurtega ummistumise vältimiseks tuleb hoiduda liiga madala drenaaži ehitamisest ja drenide projekteerimisest puude ja põsaste juurte levikupiirkonda.

Aiamaade kuivendamisel drenaažiga tuleb juurtega ummistumise vältimiseks kasutada mitmesuguseid võtteid: 1) suurendada drenide sügavust (1,3-1,5 m); 2) viia kogujadrenid puudest vähemalt 20 m ja põsastest vähemalt 10 m kaugusele, kusjuures vahepealne ala kuivendada lühikeste kuiven-

dusdreenidega, mille ülemised otsad suunatakse puuderea poole; 3) immutada toruotsad enne paigaldamist karbolineumiga (avaldab mõju vaid esimese aasta jooksul); 4) ümbritseda toruliidused tõrvapapist muhviga (abinõu on lihtne, kuid vähe tõhus); 5) ümbritseda torud räbuga (šlakiga); 6) kasutada veekogumiskaevude süsteemi ehk nn. Rèrolle'i dreanaaži (vt. Kuum ja Tomingas, 1959).

Kogemused näitavad, et puude ja põõsaste juured tungivad kõige rohkem kogujadreenidesse. Seepärast soovitatakse (Šileika, 1959) kogujadreeni kaitsta järgmiselt. Dreeni ülemisse otsa tuleb ehitada kontrollkaev ning sellesse viia iga 2-3 aasta järel mingit antiseptikumi, näiteks karbolineumi ja tõrva segu või naftasaadusi. Antiseptikumide orienteeruvaks hulgaks soovitatakse võtta 3-5 liitrit 100 m dreeni kohta.

Dreanaažisüsteemide korrashoiu ja remondi küsimusi käsitletakse neljandas peatükis.

### III. KRAAVISÄNGIDE KINDLUSTAMINE

#### 1. Kindlustamise vajadus ja otstarbekus

Mitmesugustel põhjustel tekkinud deformatsioonid ja rikked takistavad kuivendussüsteemide normaalset funktsioneerimist. Lahtise kuivendusvõrguga võrreldes tekib dreanaažisüsteemides rikkeid vähem. Seepärast on dreanaaži korrashoiukulud väikesed. Lahtise kuivendusvõrgu korrashoid on märksa kulukam. Nagu näitavad kuivendussüsteemide ekspluatatsiooni kogemused, ei suuda pea- ja kogujakraavid tagada dreanaažisüsteemide normaalset töötamist kuigi pikal perioodil. Tavaliselt on tarvis põhivõrgu kraave kapitaalselt remontida juba 5.-7. aastal pärast rajamist, mõnikord ka märksa varem. Kraavide remontimine on raske ja kulukas töö, pealegi puuduvad selleks sobivad masinad. Seepärast tuleb kuivendusvõrk ehitada nii, et selle korrashoiukulud oleksid minimaalsed.

Korrashoiukulude vähendamiseks on otstarbekas drenaažisüsteemid projekteerida ja ehitada võimalikult suurtena, sest sellega vähendatakse kraavide pikkust. Alati pole see võimalik. Kui tahes suuri drenaažisüsteeme ka ei ehitata, jääb vajadus lahtise võrgu järele peaveejuhtmete ja kogujakraavide näol ikkagi püsima.

Kuivendussüsteemide korrashoiukulude vähendamise kõige radikaalsemaks abinõuks on pea- ja kogujakraavide nõlvade ja vajaduse korral ka põhja kindlustamine. Kindlustamisega kaasnevad küll suuremad ehituskulud, kuid korrashoiukulud vähenevad märgatavalt. Kraavisängide kindlustamise otstarbekust on kinnitanud ka välismaa (eriti Tšehhoslovakkia SV ja Saksa DV) ning vennasvabariikide (eriti Leedu NSV) kogemused. Leedu NSV-s on kraavisängide kindlustamisega laialdaselt tegeldud juba 1930. aastast alates. Seal kasutatakse peamiselt nõlvajalami kindlustamist hagupunutisega ja nõlva lausmätastamist. Selliselt kindlustatakse peaaegu eranditult kõik pea- ja kogujakraavid. Sellega seotud suuremaid ehituskulusid peetakse ökonoomiliselt täiesti põhjendatuks.

Reguleeritud eelvoolude sängide kindlustamine nõuab väga kapitaalsete kindlustusviiside kasutamist. See tõstab tunduvalt tööde maksumust. Eelvoolu sängi püsivust on võimalik saavutada ka paraboolse või kombineeritud (alumine osa paraboolne, ülemine trapetsoidaalne) profiili kasutamisega. Pea- ja kogujakraavidele pole paraboolse ristprofiili projekteerimine otstarbekas, sest trapetsoidaalse ristlõike korral on põhja laius väiksem ning seetõttu madalvee perioodil voolukiirus suurem kui paraboolse ristlõike puhul. Seepärast tuleb peamine tähelepanu pöörata just pea- ja kogujakraavide kindlustamisele. Esimeses järjekorras tuleb kindlustada kõik drenaaži kogujakraavid mineraalpinnases. Väljaspool kuivendusala asuvaid peakraave, milles ajutine veepinnatõus ei ole ohtlik, võib esialgu kindlustada valikuliselt. Kraavisängi on tingimata tarvis kindlustada järgmistel juhtudel:

- 1) kui voolukiirus ületab suure põhjalangu tõttu antud pinnasele lubatava kiiruse;
- 2) kui nõlvad muutuvad ebasoodsate hüdrogeoloogiliste

tingimuste tõttu (pinnaste kihilisus, põhjavee surve jt.) voolavaks;

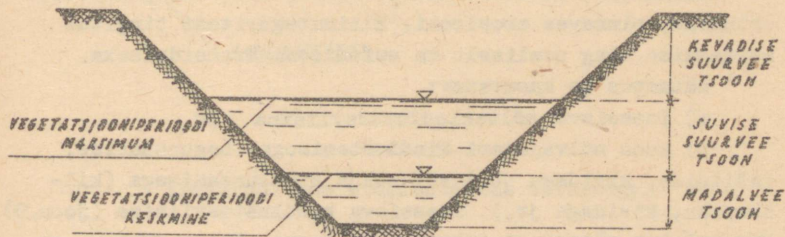
3) kui olemasoleva kraavi põhi on liiga lai.

Kindlustada tuleb kraave mitte n.-õ. avariide likvideerimise korras, vaid deformatsioone ennetades. Deformeerunud kraavide kindlustamine on kallim ja keerukam, sest siis tuleb teha lisatöid põhja süvendamiseks ja varisenud nõlvade täitmiseks, kusjuures seda tehakse enamasti käsitsi. See pärast on niisugune kindlustamine seotud suuremate kulutustega kui töö, mis tehakse kohe pärast kraavi kaevamist. Deformatsioonide tagajärgi ei õnnestu iga kord kohe likvideerida ja vahepeal võib kuivendussüsteemi töö olla häiritud. See võib põhjustada suurt majanduslikku kahju.

Detailkuivenduskraavide kindlustamine ei ole otstarbekas.

## 2. Kindlustusviisi valikust

Kraavide ja kanalite sängides on eraldatavad kolm tsooni (joon. 8):



Joon. 8.

Kraavisängide tsoonid.

1) ülalpool vegetatsiooniperioodi maksimaalset veeseisu olev tsoon ehk kevadise suurvee tsoon;

2) vegetatsiooniperioodi maksimaalse ja keskmise veeseisu vaheline tsoon ehk suvise suurvee tsoon;

3) allpool vegetatsiooniperioodi keskmist veeseisu olev tsoon ehk madalveetsoon.

E s i m e s e s t s o o n i s allub nõlv kevadise suurvee, pinnaveevoolu ja kliimategurite toimele. Seda tsooni on kõige otstarbekam kindlustada rohukamaraga, mis luuakse mätastamise või heinaseemne külvamise teel.

T e i s e t s o o n i nõlvu rikub kevadine ja suvine suurvesi, samuti pinna- ja põhjavesi. Ratsionaalsemaks kindlustusviisiks selles tsoonis on laus- ja erandjuhtumitel ka seinmätastus. Kivisillutist või raudbetoonkindlustist on selles tsoonis tarvis vaid erakordselt rasketes tingimustes. Hagu või muud puitmaterjali ei ole selles tsoonis kiire pehastumise tõttu otstarbekas kasutada, heinaseemne külvist enamasti ei piisa.

K o l m a n d a s s e t s o o n i sobivad puidust, kividest ja vajaduse korral ka raudbetoonist kindlustised. Rohukamaraga kindlustamine ei ole selles tsoonis otstarbekas, sest pidevalt vee all olles ta määndub.

Allpool käsitletakse üksikuid kindlustusviise.

### 3. Lausmätastus

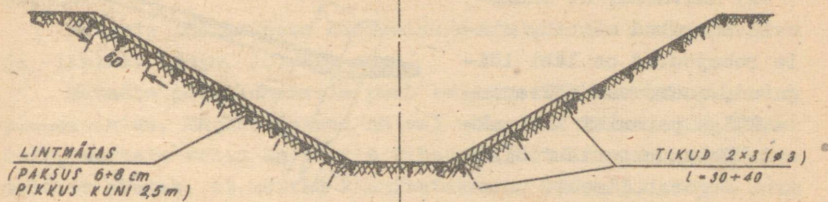
Lausmätastust kasutatakse nõlvade kaitseks peamiselt uhtumise, pinnavee erosiooni, kliimateguritest tingitud murenemise ning osaliselt ka sufosiooni ärahoidmiseks.

Mätastus on kasutatav:

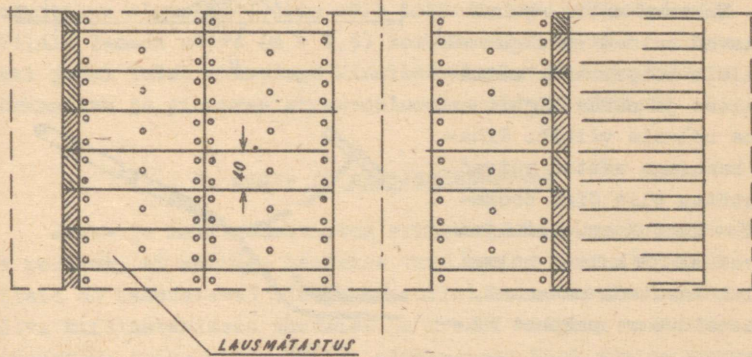
- a) iseseisva nõlvakindlustusviisina ja
  - b) koos nõlvajalami kindlustamisega (hagupunutise, fašiinide, kividega jt.) või põhja kindlustamisega (kildustiku, kividega jt.).
- Iseseisva kindlustusviisina (joon.9) kasutatakse mätastust suhteliselt harva. Kõige rohkem on levinud nõlvade mätastamine koos nõlvajalami kindlustamisega hagupunutisega. Nõlva mätastatakse üleni (s. o. kaldajoone- ni) või osaliselt. Kogu nõlva mätastamine on töö kalliduse ja sobiva mätta defitsiitsuse tõttu raskendatud. Kui kindlustamine toimub uhtumise ärahoidmiseks, siis tuleb mätastamise kõrguse määramisel arvesse võtta kevadisele maksimaalsele äravoolule vastav veeseis. Nõlvad tuleb mätastada sellest vähemalt 10-15 cm võrra kõrgemalt.

Kui nõlva ülemise osa uhtumist pole karta, siis võib mätastus olla madalam, ei tohi aga olla väiksem kui 80 cm.

RISTLÖIGE



PEALTVAADE



Joon. 9.

Kraavinõlvade kindlustamine mätastega.

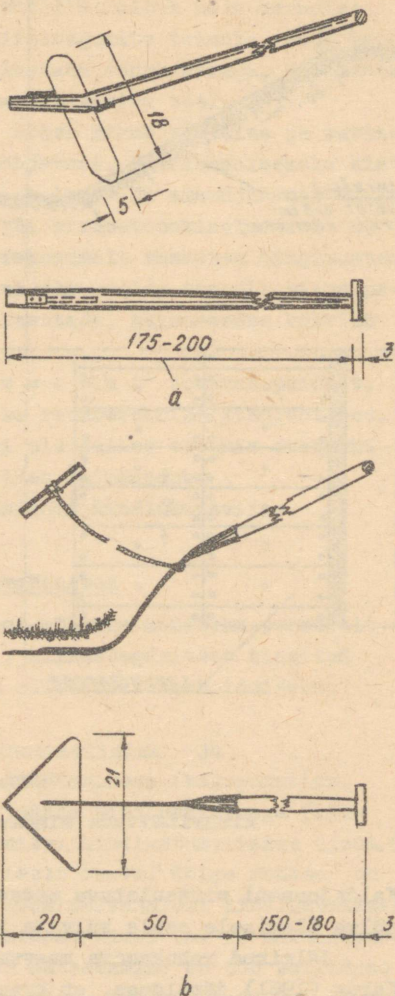
Kaldajooneni mitteulatuva mätastuse korral on otstarbekas nõlva ülemisele osale külvata heinaseemet.

Jälginud rohukamara kasvaminekut kraavinõlvadel, teeb Karus (1961) järelduse, et kraavinõlvadel lähevad kasvama ükskõik millise rohukoostisega mättad. Esialgne taimestik asendub harilikult juba kahe-kolme aasta jooksul uuega, sõltuvalt mätaste asukohast (kõrgusest) nõlval ja veerežiimist.

Mätaste paksus peab, olenevalt kamara iseloomust, olema 5-10 cm. Õhukesti mättaid on kergem transportida ja paigaldada, kuid nende läbikuivamise oht on suurem. Mõningad

velepanekud (Karus, 51) näitavad, et õhukeselt lõigatud mättad, mille rohujuured on läbi lõigatud, juurduvad nõlvapinna külge paremini kui paksud. Rohujuurte läbilõikamine ergutab ilmselt uute juurte arengut ning õhukesest mättast tungivad nad kiiremini nõlva pinnasesse. Paksema mätta puhul leiavad taimed esialgu veel küllalt toitaineid mättamullast ja nende kinnitumine nõlvale viibib. Tihe-  
da kamaraga mättad võivad seetõttu olla õige õhukesed - kuni 3 cm. Toitainetevaesel ja kuival nõlval tuleb kasutada paksemat, vähemalt 6 cm paksust mättast.

Viimasel ajal on üldiselt loobutud väikeste ruudu- (0,5 x 0,5 m) ja ristkülikukujuliste (0,5 x 0,8 m ja veelgi väiksemad) mätaste kasutamisest. Otstarbekamaks peetakse pikkade 0,4-0,5 m laiuste mättaribade lõikamist. Need ribad tükeldatakse 2,5-3 m pikkusteks tükkideks ja keeratakse rulli. Suuremate rullide tõstmiseks keritakse nad teibale. Mätaste transportimi-



Joon. 10.  
Mättanuga ja -labidas.

ne toimub tavaliselt traktori järel veetaval plaadil või kelgul.

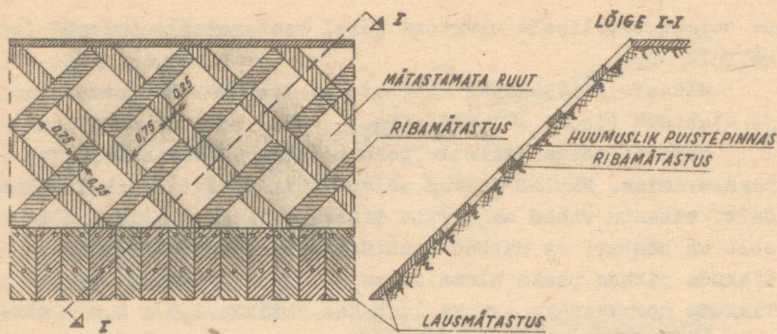
Mätaste lõikamiseks kasutatakse spetsiaalset mättanuga ja -labidat (joon. 10) või atra.

Mätaste paigaldamisele peab eelnema hoolikas nõlvade planeerimine. Mättad peavad nõlval külgnema võimalikult tihedalt, mätaste vahed on tarvis tihedalt kinni tampida. Üldiselt on nõutav, et mättad kinnitatakse nõlvale tikkudega. Tikkuude pikkus peaks olema umbes 30 cm ja läbimõõt 2-3 cm. Tikkuude normaalseks arvuks loetakse 5 tikku 1,5 x 0,4 m mätta kohta. Kui mätastamine toimub suve esimesel poolel (kuni augustikuu alguseni), siis võib tikkude arvu vähendada ja küllalt lameda nõlva ( $m \geq 1,5$ ) korral neist hoopis loobuda. Igal juhul tuleb tikkudega kinnitada kraavide käänukohtade pörkenõlvu ja pinnavee sissevoolureenne katvad mättad.

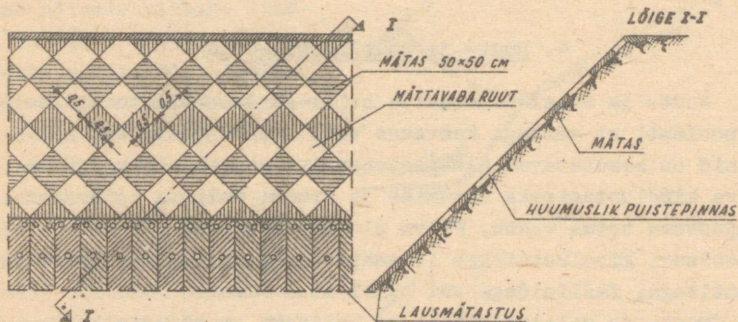
#### 4. Ruut- ja malelaudmätastus

Ruut- ja malelaudmätastus erinevad lausmätastusest selle poolest, et mättaga kaetakse vaid osa nõlvast. Mõlemad viisid on kasutatavad ülespoole suvist suurveeseisu jääva nõlva kindlustamiseks uhtumise ja kraavi valguva pinnavee kahjustava toime vastu. Nõlva alumine osa kuni suvise suurveeseisuni kindlustatakse lausmätastusega ja nõlvajalam hagu-punutisega, fašiinidega või mõnel muul viisil.

Ruut- ja malelaudmätastuse eeliseks on mätaste kokkuvõtted, puuduseks aga mõnevõrra väiksem vastupanu uhtumisele, võrreldes lausmätastusega. Ruutmätastamisel moodustuvad mätтарыbade diagonaalse nõlvale paigutamise mätтарыbade ruudud. Mätтарыbade laiuseks on soovitatav võtta 0,25 m, ruudu suuruseks 0,75 x 0,75 m (joon. 11). Malelaudmätastuseks on soovitatav kasutada 0,5 x 0,5 m mätтарыbaid. Mätтарыbade ruudud kujunevad samade mõõtmetega (joon. 12). Ruutmätastus katab seega 56% ja malelaudmätastus 50% kogu nõlva pinnast. Eelistatavam on kahtlemata ruutmätastus hõlpsama teostamise ja parema püsivuse tõttu. Ruutmätastust on seni kasutatud peamiselt teetammide ja süvendite nõlvade kindlustamiseks. Et mättad jääksid nõlvale paremini püsima, on neid tingimata



Joon. 11.  
Ruutmätastus.



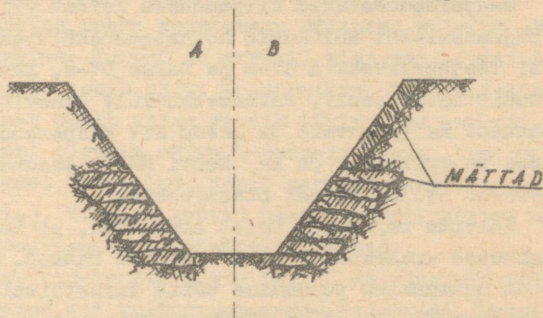
Joon. 12.  
Mätaudmätastus.

tarvis tikkudega kinnitada. Mättavabadesse ruutudesse on otstarbekas puistata huumusmulda ja külvata heinaseemet.

### 5. Seinmätastus

Seinmätastus kujutab endast mätastest tugimüüri. Sein ehitatakse 20-40 m laiustest horisontaalselt asetatud mätas-  
test, mis asetatakse nõlvadele kihtidena, kujundades selle  
juures vajaliku nõlvuse.

Seinmätastust kasutatakse iseseisva kindlustusviisina harva - ainult perioodiliselt töötavate kraavide kindlustamisel (joon. 13). Seinmätastus on vajalik järgmistel juhtumitel: a) kui voolukiirus ületab lausmätastusele lubatava maksimaalse voolukiiruse ( $v \geq 1,2$  m/sek); b) kui nõlva püsivust ohustab pinnase voolamine ja libisemine; c) kui nõlva moodustab varisemisohulik puistepinnas. Mõnikord on nõlva ülemist osa otstarbekas kindlustada lausmätastusega.



Joon. 13.  
Seinmätastus.

Alatiselt töötavatel kraavidel ja eelvooludel on seinmätastus kasutatav vaid ülalpool suvist keskmist veeseisu, sest pidevalt vee all olles mäta määndub. Allpool keskmist veepinda olevat nõlva tuleb kindlustada teiste viisidega (punutis, kivikindlustis jt.).

Seinmätastus on lausmätastusest märksa püsivam. Selle kindlustusviisi puuduseks on väga suur mättakulu. Kui kasutada 40 cm laiusi ja 8 cm paksusi mättaid, kulub seinmätastusele lausmätastusest ligi 6 korda rohkem mättaid. Seepärast kasutatakse seda meetodit peamiselt truubiotsste ja kaeviku täitepinnase kindlustamisel drenide suudmetorude kohal.

## 6. Rohukamara kujundamine kraavinõlvadele heinaseemnekülviiga

Nõlvade lausmätastamine, rääkimata seinmätastamisest, on kulukas ja palju tööjõudu nõudev töö. Ühekordse lausmätastamise eelarveline maksumus on 20-50 kop. ruutmeetri kohta,

olenevalt mätaste veokaugusest. Nõlvajalami kindlustamisel hagu-punutisega ja nõlvade mätastamisel kulub mätastamisele tavaliselt 30-50% kogu kindlustustööde eelarvelisest maksu-musest, mõnikord veelgi rohkem. Kindlustamiseks sobivat mä-tast pole paljudel juhtudel võimalik kohapealt saada. Et ulatuslik nõlvade mätastamine on kulukas ja tülikas, tuleb püüda kujundada nõlvadele rohukamarat odavamate ja ratsio-naalsemate võtetega.

Maaparandusalases kirjanduses leidub viiteid rohukama-ra kujundamisest nõlvadele heinaseemnekülviga. Välismaal, eriti Tšehhoslovakkia SV-s ja Saksa DV-s, kasutatakse seda meetodit laialdaselt. Heinaseemnekülv kraavinõlvadele on kasutusel ka Valgevene ja Leedu NSV maaparanduse praktikas. Nendes vabariikides ja ka Eesti NSV-s saadud kogemused tõestavad selle meetodi otstarbekust.

Külvide rajamisel tuleb arvestada, et heintaimede kasvu-tingimused kraavinõlvadel on küllalt rasked. Mineraalpinna-ses on huumuskihi puudumise tõttu taimetoitaineid vähe. Niisku-setingimused on nõlva ulatuses väga erinevad: alumine osa on tavaliselt liigniiske, ajuti isegi uputatud, ülemine osa aga kuivab suvel läbi.

Nõlvade rohukamar peab olema tihe ja võimalikult madala-kasvuline. Seda saavutatakse alusheinte abil. Alusheinteroh-ke rohumaataimik koosneb madalakasvulistest võsundilistest kõrrelistest ning valgest ristikust, millele lisandub kõrre-lisi pealisheinu.

P e a l i s h e i n t e s t on kraavinõlvadele külva-miseks sobivaimad harilik timut (*Phleum pratense*) ja harilik aruhein (*Festuca pratensis*). Timut on teatavasti üsna vastu-pidav ja kiiresti arenev liik. Seepärast peavad hiljem, su-ve teisel poolel tehtavad külvid olema timutirohked. Timuti-seemet on tavaliselt ka rohkem saada. Harilik aruhein aga talub hästi ajutist liigniiskust ja on ühtlasi küllalt põua-kindel. Külviaastal areneb aruhein võrdlemisi kiiresti. Ka kerahein (*Dactylis glomerata*) on võrdlemisi vähenõudlik ja püsiv heinaliik, mis kasvab hästi kuivades kuni parasniiske-tes kasvukohtades. Liigniiske kasvukoht talle ei sobi. Nõlv-adel, kus esineb põhjavee väljakiildumist, soovitakse

(Tšeitšis, 1960) külvata paelrohtu. Viimane pole üldiselt kõrge kasvu tõttu kraavinõlvadel kasvatamiseks sobiv.

A l u s h e i n t e s t on sobivaimad punane aruhein (*Festuca rubra*), soonurmikas (*Poa palustris*) ja aasurmikas (*Poa pratensis*). Kõige eelistatum nendest on punane aruhein oma vastupidavuse ja vähenõudlikkuse tõttu. Tugeva võrsumise tulemusena muutub punase aruheina rohukamar hästi tihedaks. Puuduseks on aeglane arenemine külviaastal. Seepärast ei kujune punase aruheina rohke seemnesegu hiliseat külvist sügiseks tihedat kamarat. Turbal ja savikal pinnasel, eriti nõlva alumisel poolel, sobib hästi soonurmikas. Liblikõielistest heintaimedest sobib valge ristik (*Trifolium repens*). Vastu lõunapäikest olevale nõlva ülemisele osale, kus on karta mulla liigset külvamist, sobib harilik kastehein (*Agrostis capillaris*). Viimane kasvab hästi väheviljakatel muldadel, kus väärtuslikumad heintaimed känguvad.

Raskete kasvutingimuste tõttu peavad külvinormid nõlvadele olema suuremad kui kultuurrohumaade rajamisel. Ratsionaalseks külvinormiks võib lugeda 30-45 kg/ha, olenevalt kasvukoha tingimustest, külviajast ja seemnesegust. Arvestades võrdlemisi äärmuslikke kasvutingimusi on otstarbekas kasutada liikiderohkeid segusid (vähemalt 4-5 liiki).

Külvi õnnestumiseks on tarvis, et kraavi nõlvus oleks vähemalt 1:1,5. Vastasel korral variseb nõlva kobestamisel palju mulda kraavi põhja. Järsu nõlva korral on suurem ka vastrajatud külvide hukkumisoht valingvihmade tagajärjel.

Heinaseemnete külvamiseks on tarvis nõlvad planeerida. Mineraalmaal tuleb nõlv katta vähemalt 5 cm paksuse huumusmulla kihiga, mida võetakse tavaliselt kraavikaldalt huumushorisondist. Nõlva peab tasandama ja huumusmullaga katma eriti hoolikalt. Vastasel korral võib külv laiguliseks jääda. Pärast huumusmullaga katmist tasandatakse ja kobestatakse nõlva pind raudrehaga. Nõlvu on tarvis ka väetada. Väetised külvatakse tavaliselt üheaegselt heinaseemnetega. Turbamaal antakse fosfor- ja kaaliväetist kokku 500 kg/ha. Mineraalmaal võib seda normi vähendada, kusjuures kasvuaegse väetisena on tarvis anda ka mineraalset lämmastikväetist 50-60 kg/ha.

Külvamiseks on otstarbekas kasutada käsikülvikut. Külvi ühtluse tagamiseks on tarvis, et jämedad (aruheinad, keraheinad) ja peened (timut, ristikud) seemned külvatakse eraldi. Pärast külvamist rehitsetakse seemned raudrehaga sisse. Külvi-sügavus on 0,5-3 cm olenevalt külvatavaist seemneist ja pinnase iseloomust. Jämedad seemned seemendatakse sügavamalt, peened õhemalt. Kerges ja kuivas mullas tuleb seemendada sügavamalt kui raskes ja niiskes mullas. Pärast seemnete külvi on tarvis kobe pinnasekiht nõlvadel rullimise teel tihendada. Seda on vaja nõlva pealispinna niiskuse suurendamiseks ja nõlvadelt kobeda pinnasekihi varisemise ärahoidmiseks. Et käsitsi rullimine on raske ja väheproduktiivne, siis on Valgevene NSV-s külvijärgseks rullimiseks katse korras kasutatud traktori järel veetavat kolmeseksioonilist rulli, mis on selleks tööks ümber ehitatud (Sakovitš, 1961).

Heinaseemet võib külvata varakevadest augusti keskpaigani. Kui segus kasutatakse rohkesti aeglase arenemisega heintaimeliike (punane aruhein, aasnurmikas, ristikud), siis on vaja külvata varakult - aprilli lõpul ja mai esimesel poolel. Varajane külv aitab paremini kasutada mulla niiskusevarusid. Hilisel külvil tuleb kasutada kiirekasvulisi heinaliike (timut, harilik aruhein, soonurmikas). Suvel tehtud külvid võivad põua korral jääda kiduraks või isegi osaliselt hukkuda. Põuaohht on kõige suurem harilikult juunikuus. Juuli lõpul ja augustikuus on sademeid tavaliselt rohkem.

Augusti lõpul ja septembri esimesel poolel võib nõlvadele külvata ka rukist. Järgmisel kevadel külvatakse rukki kui kattevilja alla heinaseeme ning rukis niidetakse haljalt maha.

Heinaseemnekülvi teel saab nõlvadele ülalpool suurveetaset moodustada kamara, mis täielikult asendab mätastuse. Kõige paremini õnnestuvad külvid siis, kui nõlva ülemise osa moodustab turbapinnas. Iseseisva kindlustusviisina on heinaseemne külv kasutatav juhtumil, kui pole karta nõlva alumise osa deformeerumist.

Heinaseemne külv kraavinõlvadele on mätastamisega võrreldes küll mõningal määral ebakindlam, kuid selle eest vähemalt viis korda odavam.

## 7. Hagupunutis

Hagupunutist kasutatakse kraavisängide kindlustamiseks järgmistel juhtumitel:

- a) nõlvajalami kindlustamiseks,
- b) põhja kitsendamiseks,
- c) kivisillutise toetamiseks nõlvajalamil,
- d) ruudustiku ehitamiseks kivisillutisele.

Kõige rohkem kasutatakse hagupunutist nõlvajalami kindlustamiseks, tavaliselt koos nõlva osalise või täieliku mätastamisega; uhtumissohu korral kindlustatakse ka põhi (joon. 14).

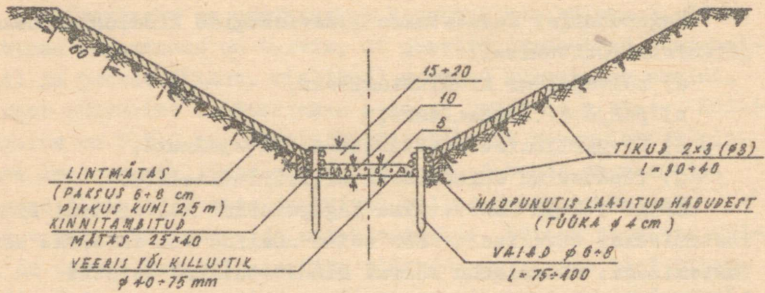
Hagupunutise ülesandeks on mullasurve vastuvõtmine ja uhtumise takistamine nõlvajalamil.

Punutise ehitamiseks kasutatakse tavaliselt 0,75–1,0 m pikkusi vaiu, väga ebapüsivas, voolavas pinnases ka pikemaid. Vaiad on soovitatav valmistada okaspuust läbimõõduga 6–8 cm ja rammida maasse vähemalt  $\frac{2}{3}$  pikkuse ulatuses. Et vältida punutise kokkuvajumist, on soovitatav vaiad sisse lüüa kaldu, kaldega 1:0,5 nõlva suunas. Vaiade vahekaugus reas oleneb punutise materjalist. Peenemate, umbes 1-sentimeetrise läbimõõduga haovitste puhul (korvipajuviitsad) ei tohi vaiade vahekaugus ületada 30–40 cm. Et tavaliselt kasutatakse jämedamat, 2–4 cm läbimõõduga punumishagu, siis on sobiv vaiade vahekaugus 60–80 cm. Vaiad tuleb alati rammida nii, et vastaskalda vaiad oleksid kohakuti, sest siis on neid võimalik vastastikku toetada.

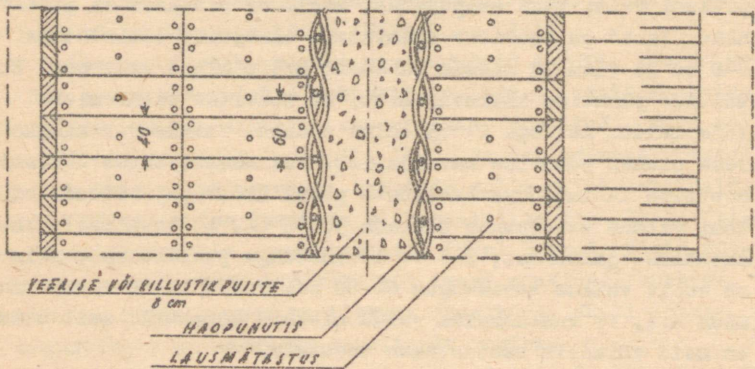
Punutise materjaliks sobivad paremini paju, sarapuu, haab ja pappel. Pajuhaod on küll hästi painduvad, kuid tavaliselt liiga lühikesed ja peenikesed. Tülikaks võib osutuda ka pajude kasvamine. Sarapuu, haab ja pappel on aga defitsiitsed. Seepärast peab leppima valge lepa ja kasega, mida esineb meil kõige enam. Punutiseks tuleb kasutada võimalikult sirget, umbes 4 m pikkust laasitud (laasida tuleb ka ladvaosa) hagu, mille tüüka läbimõõt on ligikaudu 4 cm.

Hagupunutis peab olema põhja ja nõlvadega tihedasti seotud. Et seda saavutada, peab kinni pidama järgmistest nõuetest. Punutis ei tohi olla väga kõrge. Sobivaimaks kõr-

RISTLÖIGE



PEALTVAADE



Joon. 14.

Kraavinõlvade mätastus koos nõlvajalemi kindlustamisega hagupunutisega ja põhja katmisega killustikuga.

guseks on osutunud 30 cm, sellest peab ulatuma allapoole kraavi põhja umbes 10 cm. Pärast vaiade rammimist kaevatakse nende vahele umbes 25 cm laiune renn, mille põhi ulatub 10 cm allapoole kraavi projekteeritud põhja. Punutise valmistamisel surutakse hagude teritatud tüükaotsad renni põhja vaia taha. Hagu tuleb põimida palmikuna. Et pinnas punutise vahelt läbi ei valguks, asetatakse selle taha mättad rohupoolega vastu punutist. See nn. filtermätas peab ulatuma umbes 5 cm võrra allapoole punutist. Filtermätta ja nõlva vahe tuleb täita pinnasega. Mätta asemele võib punutise taha asetada ka sammalt, kanarbikku, jämedat kruusa või muud filtreerivat materjali.

### 8. Lattkindlustis

Lattkindlustist kasutatakse järgmistel juhtumitel:

- a) nõlvajalami kindlustamiseks,
- b) põhja kitsendamiseks ja
- c) kivisillutise toetamiseks nõlvajalamil.

Kuigi lattkindlustist on lihtsam teha kui hagupunutist, tuleb viimast siiski eelistada, sest defitsiitsete okaspuulattide kasutamist kraavide kindlustamiseks ei saa lugeda õigeks. Seepärast on lattkindlustise kasutamine põhjendatud sel korral, kui punutiseks sobivat hagu pole saada.

Eesti NSV-s kasutusel olevad lattkindlustise tüübid on üldjoontes analoogilised hagupunutiskindlustise tüüpidega. Erinevus seisneb vaid selles, et hagude asemel kasutatakse 4-6-sentimeetrise läbimõõduga latte. Pealistikku asetatakse kuni 6 latti, pealmine latt naelutatakse iga vaia külge. Lattidest on võimalik ehitada kõrgemat vaiseina kui punutise puhul. Selleks võib tekkida vajadus sel korral, kui kraavi soovitakse süvendada pealtlaiuse suurendamiseta. Sel korral säilivad rohukamaraga kaetud nõlvad ja hoitakse kokku mullatööde mahtu. Eesti NSV-s on ehitatud kuni 60-70 cm kõrgust lattkindlustist. Seejuures kasutati 1,6-1,7 m pikkusi ja 10-12 cm-se läbimõõduga vaiu. Vaiad toestati kraavi põhjas tugipuudega.

## 9. Laudkindlustis

Laudkindlustis on analoogiline lattkindlustisega. Lattide asemel kasutatakse servamata laudu. Ka laudadest on võimalik ehitada kõrgeid vaiseinu. Võru rajooni Paidra-Järve peakraavile ehitati 1957. aastal ühe meetri kõrgune laudkindlustis. Kindlustise kõrguse tõttu tuli vaiu ka ülalt toetada. Üldiselt võib ülemist tugipuud kasutada vaid sel korral, kui kevadise suurvee tase ei ulatu neist kõrgemale.

Vaiseina kõrgus ei tohiks ületada 1,2 m, sest vastasel korral kujuneks vaiade läbimõõt liiga suureks. Üle 10-15 cm-ee läbimõõduga vaiade käsitsi rammimine on aga raske, mõnikord isegi võimatu.

Üldiselt tuleb üle 30 cm kõrguste vaiseinte ehitamisest hoiduda, kasutada neid vaid erandjuhtumitel. Kui nõlvajalam on kindlustatud madalamalt (mitte üle 30 cm), siis puidu pehastumine olulisi nõlvadeformatsioone ei põhjusta, sest kraavisäng on jõudnud stabiliseeruda ning kindlustise taastamist nõlvajalamil pole tarvis. Kõrge vaiseina korral vajab kindlustis puidu pehastumise järel täielikku uuendamist. Et põhiline osa vaiseinast jääb sel korral tavaliselt vegetatsiooniperioodi keskmisest veeseisust kõrgemale, pehastub puit vahelduvas niiskuses kiiresti.

## 10. Fašiinkindlustis

Fašiine kasutatakse kraavisängide kindlustamiseks järgmistel juhtumitel:

- 1) nõlvajalami kindlustamiseks,
- 2) põhja kitsendamiseks ja
- 3) põhja kindlustamiseks uhtumise vastu.

Analoogiliselt hagupunutisega kasutatakse fašiinkindlustist nõlvajalami kindlustamiseks koos nõlva osalise või täieliku mätastamisega.

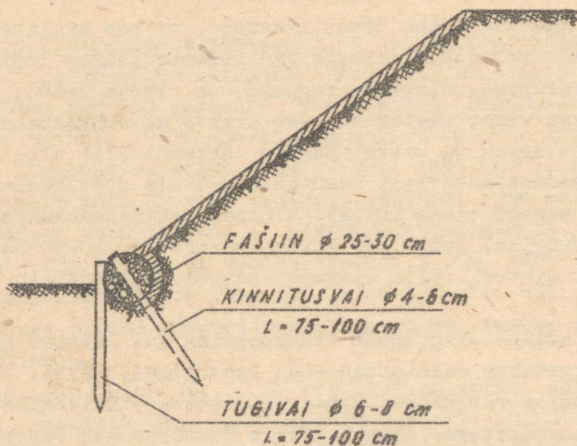
Fašiinid valmistatakse võimalikult sirgetest, painduvatest ja okstest laasitud haovitstest. Laasimata või isegi lehtedest puhastamata materjalist valmistatud fašiinid jäävad peagi lõdvaks, sest peened raod ja lehed kõdunevad ki-

resti. Kuigi laasimine nõuab lisatööd, on see kvaliteedi seisukohalt vajalik. Parimaks fašini materjaliks loetakse paju ja sarapuud. Sirgeid pajusid on raske leida, sarapuid on aga vähe, seepärast kasutatakse ka rohkestiesinevaid puuliike - leppa ja kaske. Hagude läbimõõt võib olla kuni 4 cm. Jämedama materjali kasutamine ei ole otstarbekas, sest fašiinid peavad olema küllalt tihedad, et pinnaosakesed neist läbi ei tungiks. Sobiv fašiinide läbimõõt on 20-30 cm. Fašiinidest ei tohi välja ulatuda veevoolu takistavaid tüükaid ega oksid.

Et fašiiine on hõlpsam transportida kui lahtist hagu, on neid otstarbekas valmistada võsa kasvukohal. Valmis fašiinid virnastatakse varjulises kohas ja kaetakse kuivamise vältimiseks kuuseokstega. Kraavikaldale veetakse nad vahetult enne paigaldamist. Fašiinid seotakse kokku vastaval pukil. Parim sidumismaterjal on 2-3 mm läbimõõduga tsingitud traat. Edukalt on kasutatud ka vana purunenud trossi pehmeks põletatud traati.

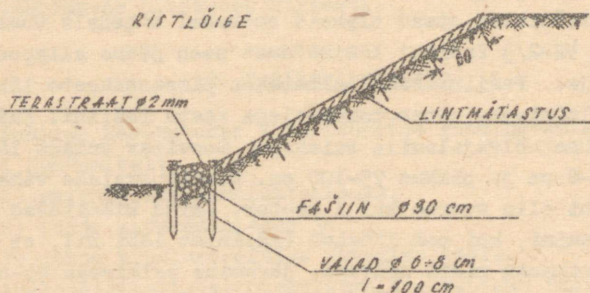
Üksiku fašiiini pikkus peab olema selline, et teda oleks võimalik kahe inimese jõul tõsta, seega 3-4 meetrit.

Fašiinid paigaldatakse nõlvajalamile kaevatud renni nii, et naaberfašiinide otsad oleksid omavahel tihedalt ühendatud. Ligikaudu  $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$  fašiiini läbimõõdust peab jääma allapoole kraavipõhja. Fašiiini taha asetatakse pinnaosakeste läbipääsemise vältimiseks mätas rohupoolega vastu fašiiini. Fašiiin kinnitatakse nõlvajalamile vaiadega. Soovitav vaiade läbimõõt on 4-6 cm ja pikkus 75-100 cm. Kinnitusvaiade vahekaugus ei tohi olla suurem kui 1 meeter. Vaiad kinnitavad fašiiini paremini, kui nad lüüakse fašiiinist läbi nii, et üks vai on ligikaudu risti nõlvaga, järgmine eelmisega  $45-60^\circ$  nurga all jne. Veelgi kindlamini jääb fašiiin püsima, kui ta kinnitada kinnitus- ja tugivaiadega vaheldumisi (joon. 15). Vaiade maksimaalne vahekaugus on ka selle meetodi puhul 1 meeter. Tugivaiad tuleb sisse lüüa enne fašiinide paigaldamist. Soovitatakse kinnitada fašiiini ka kahe tugivaia vahele. Vaiapaarid seotakse pealt terastraadiga kokku (joon. 16).



Joon. 15.

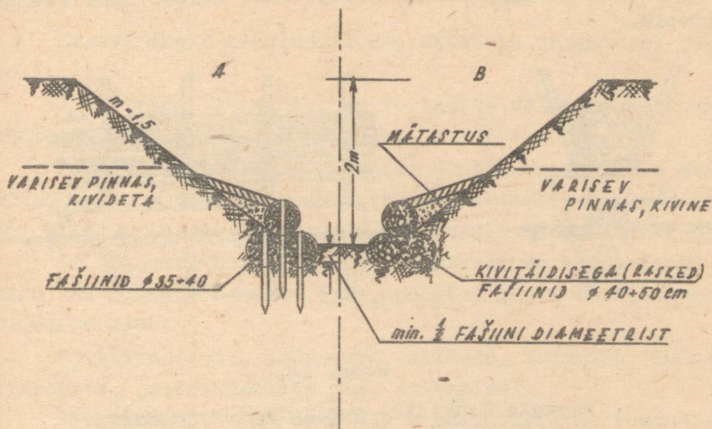
Fašiini kinnitamine kinnitus- ja tugivaiadega.



Joon. 16.

Fašiini kinnitamine vaiapaaride vahele.

Selle meetodi otstarbekus on rammimistöõde suure mahu ja traadi sidumise tülkuse tõttu kaheldav.

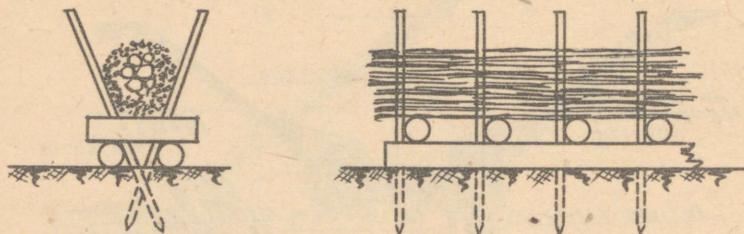


Joon. 17.  
Fašiinidest tugimüür.

Kui täide on madalveeperioodil vähemalt 0,25–0,30 m, siis võib vajaduse korral nõlvajalamit kindlustada kahe või kolme fašiiniga. Kolmest fašiinist on võimalik kujundada nõlvajalamile tugimüüri (joon. 17A).

Kui pinnas on väga kivine, siis ei ole vaiade rammimine võimalik. Sel korral on mõeldav veeriste või kruusaga täidetud nn. raskete fašiinide (joon. 17B) kasutamine. Raskete fašiinide valmistamine on keerukas. Suure kaalu tõttu on neid raske tõsta. Seepärast valmistatakse neid kraavikaldal ja veeretatakse ettevaatlikult paigale. Raskete fašiinide sidumiseks on tarvis tugevamat alust, kui seda on harilike fašiinide sidumiseks kasutatav teivastest pukk. Alusena soovitatakse (Karus, 1958) kasutada pikipuudele asetatud pakke (joon. 18). Iga paku kõrvale taotakse längu maa sisse viia. Fašiiini valmistamiseks asetatakse hagu pakkudele rennitaoliselt. See renn täidetakse veeriste või kruusaga ja kaetakse hagudega ning fašiiin seotakse traadiga kokku. Et täidis fa-

šiini otstest välja ei kukuks, topitakse neisse enne sidumist haotropid.



Joon. 18.

Raskete fašiinide valmistamise pakkalus.

Fašiinid sobivad ka põhja kindlustamiseks uhtumise vastu. Kuigi põhja kindlustatakse tavaliselt kivide, veeriste või kruusaga, võib nende materjalide puudumise korral või siis, kui neid on raske kasutada (pehme mudane põhi), tarvitada selleks ka fašeine. Kindlustamine toimub nii, et 10-20 cm-se läbimõõduga fašiinid asetatakse tihedalt üksteise kõrvale piki kraavipõhja ja kinnitatakse ristlattidega. See meetod on kasutatav vaid pidevalt veega täidetud kraavide ja kanalite põhja kindlustamiseks.

#### 11. Hagukate

Hagukate on kasutatav ainult pidevalt töötavate kraavide põhja kindlustamiseks uhtumise vastu. Analoogiliselt fašiinidega on hagukate sobiv pehme turbase põhja korral, kus kivipuiste, kruus ja killustik ei ole kasutatavad. Haod laotakse põhjale 10-15 cm paksuse kihina. Seejuures on soovitatavad asetada kahes kihis: alumine, 5 cm paksune kiht asetatakse risti, ülemine (5-10 cm) piki kraavipõhja. Hagukate kinnitatakse iga 0,5 m tagant lattidega.

Põhja kindlustamisega hagukattega kaasneb tavaliselt nõlvajalami kindlustamine hagupunutise, lattide või fašiinidega ja nõlvade mätastamine.

## 12. Kivikindlustis

Kraavisängid kindlustatakse kividega järgmistel juhtumitel:

1) nõlvade libisemise ja voolamise vältimiseks rasketes hüdrogeoloogilistes tingimustes;

2) põhja ja nõlvade uhtumise ärahoidmiseks neis kraavilõikudes, kus voolukiirus ületab mätastusele, hagupunutisele jt. kindlustistele lubatavaid maksimaalseid voolukiirusi;

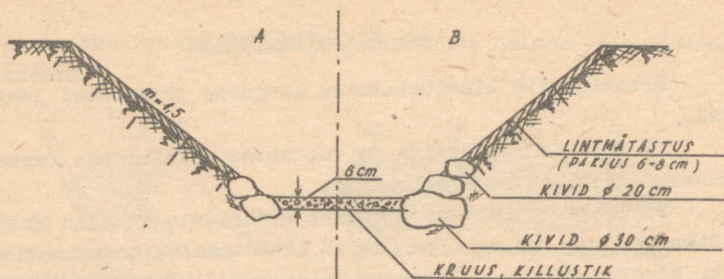
3) veejuhtmete käänakute pörkeveerude kaitsmiseks uhtumise või ujuvate esemete (jääd, palgid) poolt tekitatavate purustuste eest;

4) kiirvoolude, astangute, sildade, truupide, lüüs-regulaatorite, jootmiskohtade jms. ehitamisel.

Kivikindlustis on püsivaim kindlustusviis. Puuduseks on aga selle kallidus, eriti siis, kui kive tuleb kaugemalt vedada. Seepärast on kivikindlustist senini kasutatud vaid erandjuhtumitel.

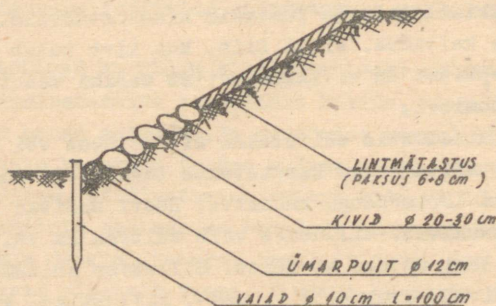
Kivikindlustis ehitatakse sillutisena või tugimüürina. Tugimüüri ehitamiseks kasutatakse tavaliselt suuremaid, 20 kuni 30 cm läbimõduga raudkive. Hästi sobivad selleks ka lapikud paekivid. Sillutist võib ehitada ka väiksematest, 10-15 cm läbimõduga kividest. Sillutise ehitamisel paigaldatakse kivid tavaliselt kruusa-, killustiku- või samblaalusele. Kividevahelised praod täidetakse sama materjaliga. Aluse rajamine ja kivide vahede täitmine on eriti vajalik peeneteralises liivapinnases, sest sellega takistatakse pinnaosakeste väljakandmist kivide vahelt. Filtreeriva materjaliga tuleb täita ka tugimüüri tagune ja kivide vahed tugimüüris.

Lihtsaim kivikindlustis on nõlvajalami kahe-kolmerealine sillutis (joon. 19A). Sillutise alus tuleb tugevasti välja ehitada. Seda saavutatakse suurema läbimõduga nn. vundamentkivide paigaldamisega (joon. 19B) või sillutise toestamisega hagupunutise, piki nõlvajalomit asetatud lattide või ümarpuiduga (joon. 20). Sillutise jalami toestamine puitmaterjaliga on mõeldav vaid alatiselt töötavate kraavide korral. Et nende võtetega kaasneb tülikas vaiade rammimine (hagupunutise korral tuleb vaiad stabiilsuse saavutamiseks



Joon. 19.

Kivikindlustis koos põhja katmisega kruusa või killustikuga.



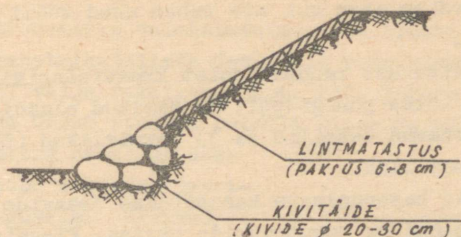
Joon. 20.

Kivisillutise toestamine ümarpuiduga.

rammida 50-60 cm vahedega), siis on sillutist kahtlemata otstarbekam toestada vundamentkividega.

Uhtumisohlikes kraavilõikudes tuleb põhi kindlustada kivisillutise, kruusa või killustikuga (joon. 19).

Kui ühekordne kivisillutis nõlva stabiilsust ei taga, siis on tarvis nõlvajalamile ehitada mitmest kivireast koosnev tugimüür. Põhjavee intensiivse juurdevoolu korral tuleb tugimüür ehitada kivitäitena (joon. 21).



Joon. 21.  
Kivitäide.

Põhjavee juurdevoolu soodustamiseks ja pinnase väljavoolu takistamiseks kivide vahelt asetatakse tugimüüri taha kruusa või killustikku. Et selle kindlustusviisi korral kulub väga palju kive, siis on kivitäidet ratsionaalne kasutada vaid üksikute allikaliste kohtade kindlustamiseks. Hästi sobib see viis ka varisenud nõlvade täitmiseks.

Kivikindlustise kogemusi on Eesti NSV-s seni veel napilt. Tšehhoslovakkia SV-s on aga ligikaudu 35% kraavidest ja kanalitest kindlustatud kivide või betoonplaatidega.

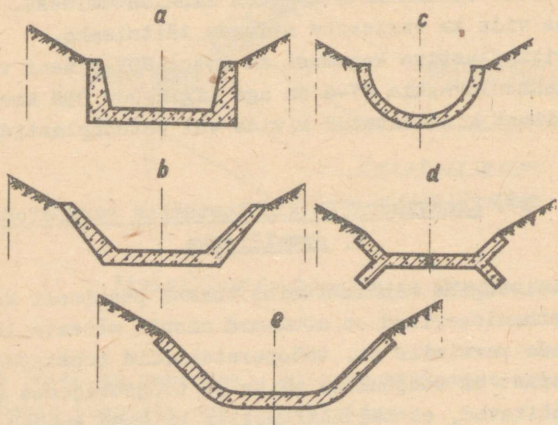
### 13. Kraavisängide kindlustamine raudbetoon- detailidega

Kraavisängide kindlustamine toimub peamiselt käsitsitööna. Mehhaniseeritud on mõnikord ainult mätaste lõikamine, kuna vaiade rammimine jt. tööoperatsioonid teostatakse käsitsi. Seepärast on tööjõudlus väike ja tööjõuvajadus suur. Kogemused näitavad, et neljaliikmeline brigaad suudab suvise tööperioodi jooksul kindlustada umbes 3-4 km kraavi. Arvukale hooajatöölise kaadrile ei suuda maaparandustöid teostav asutus tagada aastaringset tööd. Maaparandustööde sesoonsust saab vähendada raudbetoonist kindlustusdetailide kasutuselevõtmisega. Detaile on võimalik valmistada talvekuudel ning nende paigaldamiseks kulub maaparandustööde hooajal

mitu korda vähem aega kui mis tahes muud tüüpi kindlustise ehitamiseks.

Monteeritavast raudbetoonist kraavisängikindlustisi võib jagada kolme põhirühki: 1) üksikud plaadid, 2) kahest poolest koosnevad detailid ja 3) terviklikud (ühest tükist koosnevad) detailid.

Üksikuid betoonplaate kasutatakse kraavide kindlustamiseks sildade all ja torutruupide otstes. Plaadid võivad olla mitmesuguse suuruse ja kujuga: kuusnurksed, ruudu- või ristkülikukujulised (joon. 24b). Üksikud plaadid kaitsevad kraavisängi uhtumise vastu, kuid nõlva püsivust oluliselt ei suurenda. Seepärast on kindlustamiseks otstarbekas kasutada mitmesuguseid detaile. Rida kindlustusdetailide tüüpe on toodud joonisel 22: a) karbikujuline, b) trapetsikujuline, c) poolringikujuline, d) y-profiil ja e) liitprofiil (Aleksand, Salum 1961).

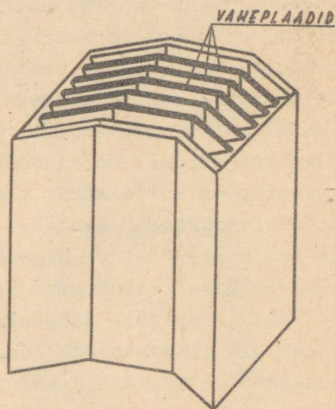


Joon. 22.

Raudbetoonist kraavisängi kindlustusdetailide tüüpe.

Esitatud tüüpidest on nähtavasti perspektiivsemad poolringikujuline ja trapetsikujuline profiil. Poolringikujulisi

nõlvakindlustusdetaille valmistatakse meil truubi torulülide raketises. Trapetsikujuliste detailide valmistamiseks töötas Alekand (1961) välja raketise (joon. 23). Betooni paigaldatakse raketisesse ühest otsast. Detaili sise- ja välispinda kujudavad raketise otsad on üksteisest asetatud 6-kordse detailipaksuse kaugusele. Üksikud detailid eraldatakse 4 mm pakuste metall-lehtedega. Seega saab korraga valmistada 6 detaili. Tootmispinda kulub seejuures minimaalselt, mis on eriti oluline autoklaavide kasutamisel. Lahtisel põlügenil betoneerimisel on detailide tiheda asetuse tõttu nende läbikuivamise oht väike. Vaheplaatide paiknemist fikseerivale spetsiaalsele alusele on kinnitatud vibraator. Betooni tihendamine toimub vaheplaatide vibreerimisega. Pärast vahede täitmist ja vibreerimist tuleb lasta betoonil taheneda. Suvel väljas kestab see 0,5-1,0 tundi. Seejärel võetakse lahti üks otsalüli, tõmmatakse välja vaheplaadid ja eemaldatakse välisraketis. Et vältida betooni nakkumist raketisega, tuleb vaheplaadid enne katta läbitõttatud õliga.



Joon. 23.  
Raketis trapetsikujuliste kindlustusdetailide valmistamiseks.

Sellisel meetodil valmistati 1961. aastal Tartu rajooniosakonnas raudbetoonist detaile kogujakraavide kindlustamiseks. Detailide mõõtmed valiti järgmiselt: põhja laius 0,3 m, pikkus 0,8 m, nõlvus 1:1, nõlva pikkus 40 ja 25 cm, põhja paksus 6,5 cm ja nõlvaosa paksus 4,5 cm. Armatuuriks kasutati kolme pikirauda ( $\varnothing$  6 mm) ja kolme pöikrauda ( $\varnothing$  8 mm).

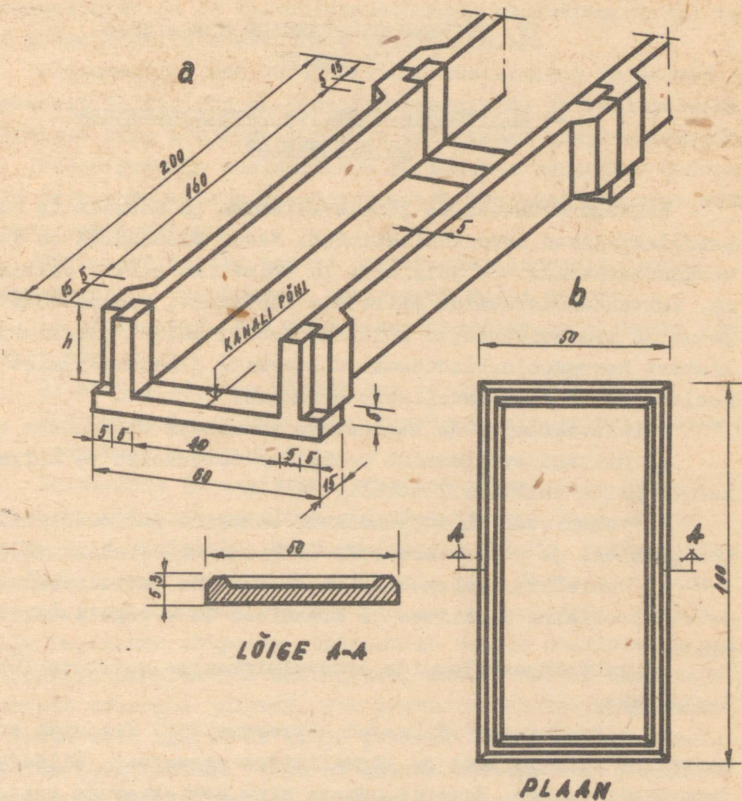
Arvestades detailide kasutamise tingimusi, peab betooni mark olema vähemalt 150 ning tsemendi mark 400. Tsemendi tuleb kasutada 1 m<sup>3</sup> segu kohta 240 kg, Vesitsemenditegur peab olema 0,45-0,55 piirides. Et agregaadid terajämedus võib olla

maksimaalselt 12-15 mm ( $\frac{1}{4}$  detaili paksusest), siis tuleb segu valmistamisel kasutada peenkruusa lisanditega liiva. Tolmu- ja saviosakeste sisaldus liivas ei tohi ületada 5%. Detailide tardumisel lahtisel polügoonil tuleb need kahe nädala vältel iga päev kasta. Vastasel korral võib betooni tugevus jääda projekteeritust mitu korda madalamaks. On soovitatav, et detailid seisaksid enne paigaldamist õhu käes vähemalt 2-3 kuud. See tõstab betooni happesust. Detailide püsivuse suurendamiseks on otstarbekas nad enne paigaldamist katta bituumeniga. Eriti vajalik on see soodest pärineva vee korral. Detailide paigaldamisel tuleb kõigepealt kraavi põhi korralikult tasandada ja langu õigsust kontrollida visirkadega. Seejärel paigutatakse kindlustusdetailid ja asetatakse nende külgeinte taha mätas. Nõlvade ja põhja planeerimisel eemaldatud lahtine pinnas asetatakse detailide taha. Trapetsi- ja poolringikujulisi detaile kasutatakse peamiselt kitsaste põhjadega kogujakraavide kindlustamisel. Sellised detailid ei kaalu üle 100 kg ning nende käsitsipaigaldamine ei käi kahel-kolmel töölisel üle jõu.

Kõige paremini sobivad need detailid kiirvoolude ehitamiseks, sest maksimaalne lubatav voolukiirus on betoonil märksa kõrgem ( $v_{\max} = 5,0$  m/sek.) kui kivisillutisel ( $v_{\max} = 2,0$  m/sek.). Detailide paigaldamine on kivisillutise ehitamisest tunduvalt hõlpsam.

Kalkulatsioonid näitavad, et väikeste trapetsikujuliste raudbetoondetailidega kindlustamine on ainult 20% võrra kallim 0,13 m paksuse kivisillutise ehitamisest, kuid odavam 0,20 m paksusest kivisillutisest ja fašinkindlustisest koos põhja kindlustamisega. Ainult nõlvajalami kindlustamiseks hakati 1962. aastal Valgevene NSV-s tootmisse juurutama tugiblokkidele paigutatavaid 2 m pikkusi ja 20-40 cm kõrgusi detaile (joon. 24). Kraavisängide kindlustusdetailide valmistamiseks sobib ka silikaltsiit.

Monteeritavate raudbetoon- ning silikaltsiitdetailide kasutamine muudab maaparandustööd industriaalsemaks. Seepärast on kindlustusdetailide kasutamine ka esialgselt kõrge- ma ehitusmaksumuse korral majanduslikult õigustatud, eriti raskemate pinnasetingimuste puhul.



Joon. 24.

Raudbetoondetailid: a) nõlvajalami kindlustamiseks, b) plaadid nõlvade katmiseks.

## IV. KUIVENDUSSÜSTEEMIDE KORRASHOID

### JA REMONT

#### 1. Kuivendussüsteemide järelevaatamine ja hooldamine

Kuivendussüsteemide järelevaatamine ja hooldamine on profülaktilised korrashoiuabinõud. Nende ülesandeks on kuivendussüsteemide töö jälgimine ja võimalike rikete vältimine. Kuivendussüsteemide häireteta töötamine, remonttööde vajadus ja remondivaheajad sõltuvad suurel määral profülaktilistest korrashoiuabinõudest. Süsteemide järelevaatamist ja hooldamist tehakse tavaliselt üheaegselt.

Järelevaatamise ja hooldamise peamiseks ülesandeks on:

- a) kuivendussüsteemide tehnilise seisukorra ja korrashoiureeglite täitmise kontroll;
- b) veeseisude ja vooluhulkade mõõtmine hüdroomeetrisel postidel ja põhjaveeseisude mõõtmine vaatluskaevudes;
- c) veerežiimi kahepoolse reguleerimise korral veeseisude reguleerimine kanalites ja kraavides lüüs-regulaatorite abil;
- d) kuivendussüsteemide ettevalmistamine suurvete läbilaskmiseks;
- e) mitmesugused väiksemad korrastustööd: kraavide puhastamine taimestikust ja kõrvalistest esemetest, sildade ja truupide avade, drenisuudmete ning settekaevude puhastamine setetest, mutikäikude ja lõhede likvideerimine tamides jms.

Järelevaatamist ja hooldamist teostavad majanditevahelistel peaveejuhtmetel eksploatatsiooniteenistusorganid ja majandisisesel kuivendusvõrgul majandi kraavivalvurid-remontijad.

#### 2. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooniline hüdromeetria

Hüdroomeetriseliste mõõtmiste ülesandeks kuivendussüsteemidel on:

1) kuivendatud territooriumi veerežiimi selgitamine ja prognoosimine ja 2) kuivendussüsteemide projekteerimisel tehtud hüdroloogiliste arvutuste kontrollimine.

Hüdromeetrilised tööd kuivendussüsteemidel seisnevad peamiselt eelvoolude ja kanalite veeseisude ja vooluhulkade mõõtmises ning põhjavee sügavuse mõõtmistes põhjaveekaevudes.

Veeseisude ja vooluhulkade mõõtmiseks rajatakse eelvooludele ja peakraavidele veemõõdupostid, põhjavee sügavuse mõõtmiseks vaatluskaevud.

Hüdromeetrilised postid jaotatakse olenevalt nendel teostatavate vaatluste iseloomust kahte gruppi:

1) põhipostid, kus mõõdetakse veeseise, vooluhulki ja tahket äravoolu;

2) abipostid, kus mõõdetakse vaid veeseise.

Hüdromeetrilisi põhiposte rajatakse ainult eelvooludele ja suurtele peakraavidele.

Eelvoolude ja magistraalkraavide paisutamise korral rajatakse abiposte reeglina nii ülemisse kui ka alumisse biefi. Neid asetatakse ka pumbajaamade juurde, peakraavidele põhjavee-vaatluskaevude piirkonda ning järvedele, mida läbivad peaveejuhtmed või mis ise on eelvooludeks. Peale selle rajatakse abiposte põhipostide vahele sellistesse eelvoolude ja peakraavide kohtadesse, kus on tarvis üksikasjalisemalt veeseise jälgida. Põhipostid rajatakse eelvooludele keskmiselt iga 10-20 km ja peakraavidele 5-10 km järel. Postide paigutamisel tuleb arvestada hüdrometeoroloogilise teenistuse vaatluspostide olemasolu. Hüdromeetriliste postide tüübid, nende ehitus, vaatluste ja mõõtmiste tegemine ning materjalide läbitöötamine on kirjeldatud vastavates eeskirjades ja juhendites (vt. "Eeskiri hüdrometeoroloogiajaamadele ja vaatluspostidele", mille teise köite II osa on ilmunud 1957. a. ka eesti keeles).

Eesti NSV-s on kuivendussüsteemide eksploatatsiooni-teenistus seni rajanud vaid üksikuid latt-veemõõduposte veeseisude mõõtmiseks.

Põhjavee-vaatluskaevusid võib paigutada mitmeti. Kõige lihtsam moodus on ühe kaevu rajamine kraavide või drenide vahelise ala keskohta. Sel juhul on võimalik jälgida kuivendusnormi.

Üksikasjalisema uurimise korral paigutatakse kraavide või dreenide vahele mitu kaevu. Kaevude komplekt koosneb 5-7 kaevust. Kaevud rajatakse kraavide (dreenide) vahele järgmiselt [L - kraavide (dreenide) vahekaugus]:

Kaevu nr.	Kaugus kraavist (dreenist)	Kaevu nr.	Kaugus kraavist (dreenist)
Viie kaevu korral		Seitsme kaevu korral	
1 ja 5	$\frac{L}{8}$	1 ja 7	$\frac{L}{16}$
2 ja 4	$\frac{L}{4}$	2 ja 6	$\frac{L}{8}$
3	$\frac{L}{2}$	3 ja 5	$\frac{L}{4}$
		4	$\frac{L}{2}$

Vaatluskaevud tuleb asetada kuivendatud maa-ala iseloomlikkudesse kohtadesse nii, et peale kuivenduskraavide või -dreenide mõju oleksid välditud võimalikult kõik kõrvalmõjud. Kaev või kaevude komplekti kaugus pea- või kogujakraavidest (kollektorist) on arvutatav valemiga:

$$S = k \frac{h_1}{h} l, \quad (10)$$

kus S on kaevude kaugus pea- või kogujakraavist (m),  
 l - kuivenduskraavide (-dreenide) vahekaugus (m),  
 $h_1$  - pea- või kogujakraavi sügavus (m),  
 h - kuivenduskraavide või -dreenide sügavus (m),  
 k - pinnase veeläbilaskvust arvestav tegur; halva veeläbilaskvuse korral 1,2, hea veeläbilaskvuse korral 1,5.

Kaevud peavad olema kuivenduskraavidest või dreenidest 0,5-1,0 m võrra sügavamad, seega ulatuma ligikaudu 2 meetri sügavuseni. Kaeve on sobiv rajada taldrikuuuriga, kindlustada tuleb neid mantelitorudega. Selleks sobivad asbest-, tsement-, laud- või 10-12,5 cm siseläbimõõduga savitorud. Põhjavee sissepääsu hõlbustamiseks tehakse asbesttsement- ja laudtorude alumisse otsa augud. Hästi sobivad on ka 12,5 kuni 15 cm siseläbimõõduga perforeeritud metallitorud. Peenliivapinnastes tuleb perforeeritud toruosa enne mantelтору

süvatamist ümbritseda traatvõrgust filtriga. Manteltoru peaks ulatuma umbes 0,50 m võrra üle maapinna. Kaev tuleb katta kaanega.

Vaatluskaevu ei tohi pääseda pinnavett. Seepärast tuleb mineraalmaal huumusekiht kõrvaldada ja asendada see tihendatud savi- või liivsavipinnasest kaelusega. Kui kaev satub mikroreljeefi lohku, siis tuleb lohk tasandada. Kaevude rajamisel tuleb kirjeldada pinnasekihte: turbapinnase korral määratakse turba sügavus, lagundumisaste ja botaaniline koostis, mineraalpinnase korral üksikute kihtide sügavused ja lõimis. Vajaduse korral võetakse pinnaseproove laboratoorseks uurimiseks. Kaevu kõrvale tuleb maasse lüüa ja sisse loodida vähemalt 80 cm pikkune ja 10 cm läbimõõduga vai, mille pea on maapinnaga tasa.

Veeseisuvaatluste sagedus lahtistes sängides ja vaatluskaevudes oleneb aastaajast, kohalikest tingimustest ja kui-vendussüsteemide iseärasustest. Hüdromeetritelistel postidel on soovitatav veeseise mõõta järgmiselt: eelvooludel ja peakraavidel kevadise suurvee perioodil ja suviste maksimumide ajal vähemalt 3-4 korda ööpäevas, muul ajal üks kord ööpäevas ning talvel üks kord viie päeva tagant; järvedel suurveeperioodil üks kord ööpäevas, muul ajal viie päeva tagant. Pumbajaamade juures mõõdetakse veeseise enne ja pärast pumpade töötamist, pumpade pideva töö korral vähemalt kaks korda ööpäevas.

Põhjaveevaatlusi tehakse kevadel iga päev, suvel viie ja talvel kümne päeva järel.

Veeseisude ja põhjaveevaatlusi teeb eksploatatsiooni-teenistuse liinipersonal (valvurid-remontijad). Vaatluste juhendamine ja kontrollimine, vooluhulkade mõõtmine ning andmete läbitöötamine on jaoskonna melioraatori ülesanne.

Mõõtmisandmete usaldusvääruse tagamiseks peab vähemalt kaks korda aastas kontrollima reeperite, latt- või vaipeelide ja vaatluskaevude manteltorude ja vaiade kõrgusi. See toimub kontroll-loodimisega, kusjuures loodimine seotakse põhireeperiga.

Esimene kontrollimine on kevadel kohe pärast pinnase sulamist ja teine sügisel. Põhjaveevaatlustel peab silmas pidama, et veeseis vaatluskaevus võib olla erinev tegeli-

kust veeseisust pinnases. Tähelepanekud on näidanud, et põhjaveepind alaleb kiiremini veepinnast vaatluskaevus, ja vastupidi - veepind tõuseb kaevus kiiremini kui pinnases. Seepärast on meetodiliselt õige enne mõõtmist kaevust osa vett välja ammutada ja mõõta taastunud veepinda. Et halvasti läbilaskvas pinnases veepinna taastumine vältab kaua, siis tuleb sel korral veepinda alandada 2-3 päeva enne mõõtmist.

### 3. Kuivendussüsteemide ettevalmistamine suur- vete läbilaskmiseks

Kõige suuremaid kahjustusi põhjustab kuivendussüsteemidele kevadine suurvesi. Seepärast on süsteemide ettevalmistamine suurvee läbilaskmiseks oluline ekspluatatsiooniline töö.

Ettevalmistamine algab juba sügisel. Veejuhtmetest tuleb kõrvaldada suve jooksul sinna sattunud voolutakistused. Septembri esimesel poolel tuleb eelvoolude ja kraavide nõlvadelt niita rohttaimestik. Tingimata tuleb üle vaadata kõik kuivendusvõrgu ehitised. Enne suurvett on tarvis kinnitada kõik lahtised ehitiste osad, et suurvesi ei saaks neid ära kanda. Erilist tähelepanu tuleb pöörata kaitsetammide seisukorrale. Avastatud lõhed ja mutikäigud tuleb puhastada ning täis tämpida sõnniku või hästilagundunud turbaga segatud pinnasega.

Lüüsregulaatorite, sildade, truupide jt. ehitiste avad puhastatakse lumest ja risust. Kõikidel paisehitistel, mille ülesandeks pole suurvee kinnipidamine, avatakse varjad.

Jõgedel ja suurtel peakraavidel raiutakse enne jääminekut ehitiste (sillapostid, lüüsregulaatorid, dreenisuudmed jm.) ümbert ja piki kaitsetamme jää ära. Jää purustamine on vajalik sel korral, kui vee sügavus jää all ületab 0,30-0,35 m. Väiksema sügavuse korral pole karta ehitiste vigastamist jää kerkimise tõttu.

Kui kevadise suurvee ajal on karta kaitsetammide läbimurdmist, siis peab õhtlikesse kohtadesse varuma materjali avariikiireks likvideerimiseks (kive, liivakotte jms.). Sellistes kohtades tuleb suurveeperioodil organiseerida

ööpäevane valve. Pärast suurvee läbiminekut vaadatakse kuivendussüsteemid üle ja selgitatakse vajalike remonttööde mahud.

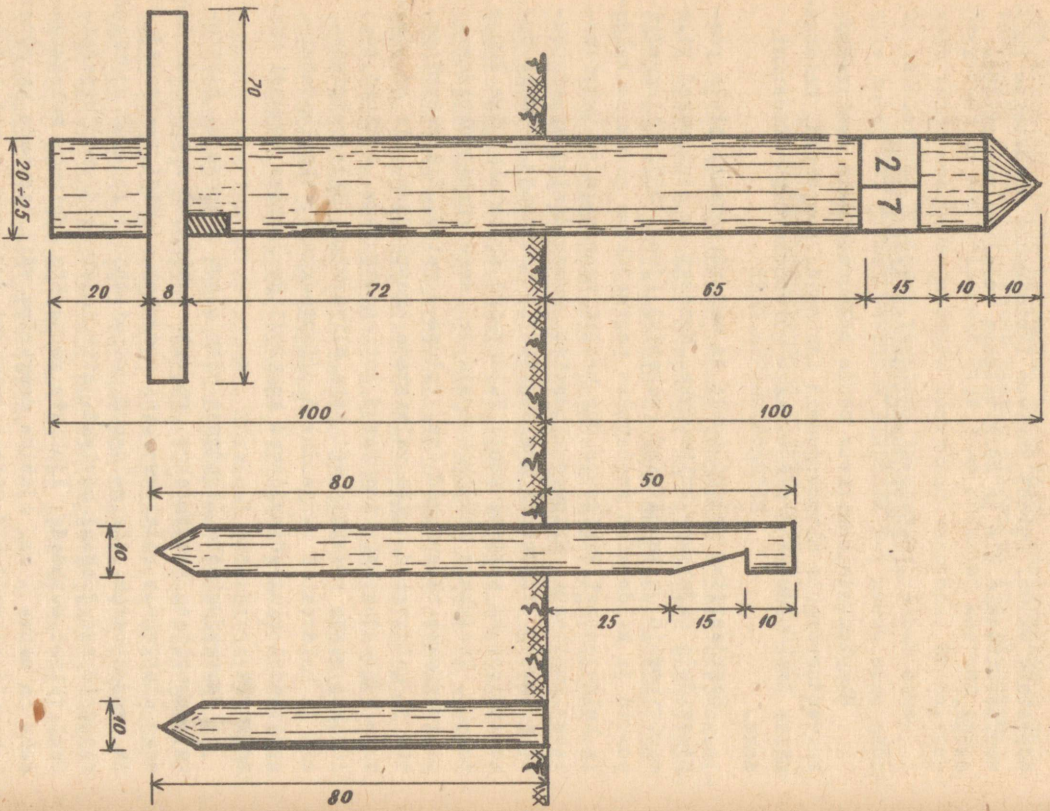
#### 4. Kuivendussüsteemide armeerimine

Ekspluatatsiooniliste tööde hõlbustamiseks asetatakse kuivendusvõrgule mitmesuguseid tähiseid, reepereid, hoiatusmärke jms. Seda tööd nimetatakse kuivendusvõrgu armeerimiseks.

Reguleeritud eelvooludele ja majanditevahelistele peakraavidele rajatakse kaldamärke. Nendest on olulisemad kilomeetripostid ja kaldavaiad (piketid) (joon. 25). Kilomeetripostid ja kaldavaiad asetatakse peaveejuhtme paremale kaldale kaldajoonest ligikaudu ühe meetri kaugusele ja ümbritsetakse kupitsaga. Kilomeetripostide nummerdamist alustatakse suudmest, kusjuures analoogiliselt maanteega antakse numeratsioon ka vastassuunas. Kaldavaiad asetatakse iga 100 m tagant. Veejuhtme käänukohtadele ja langu murdepunktidesse paigutatakse täiendavad (nn. pluss-) vaiad. Kilomeetripostid ja kaldavaiad tuleb valmistada okaspuidust, mis on püsivuse suurendamiseks immutatud antiseptikutega. Numbrid tuleb kas sisse põletada või teha õlivärviga. Kilomeetripostid ja kaldavaiad kergendavad orienteerumist ekspluatatsioonitöödel ning võimaldavad kontrollida jooksva remondi töömahtusid.

Peaveejuhtmete läheduses peab olema reepereid. Alatiste reeperitena kasutatakse projektis näidatud reepereid. Lisaks alatistele rajatakse piki veejuhet ajutisi reepereid. Et projekteerimisele eelnenud uurimistöödel rajatud ajutised reeperid aja jooksul hävivad, siis tuleb neid ekspluatatsiooni vältel uuendada. Ajutiste reeperite sobivaks vahekauguseks on umbes 1 km. Ajutise reeperina võib kasutada ka nõuete kohaselt paigaldatud kilomeetriposti, millesse on raiutud vastav aste.

Settekihi paksust ja kraavipõhja puhastamistööde mahtu soovitatatakse määrata nn. põhja- ehk settereeperi järgi. Põhjareeperiks lüüakse iga 200 meetri tagant veejuhtme põhja



Joon. 25.  
Kilomeetripostid ja kaldavaiad.

nõlvajalamist 50 cm kaugusele umbes 15-20 cm läbimõõdu ja sobiva pikkusega (olenevalt pinnasest) vai. Vaia ülemine otsapind peab kraavi projekteeritud põhjaga olema ühel tasemel. Et stabiilse põhjareeperi käsitsirajamine on võrdlemisi tülikas, siis pole nad maaparanduse praktikas märkimisväärt kasutamist leidnud.

Tugevaid poste on vaja paigutada ka drenaažkollektorite suudmetesse. See hõlbustab suudmete leidmist.

Kuivendussüsteemidele on tarvis mõnikord paigutada mitmesuguseid hoiatusmärke (näit. silla lubatud koormus), keelusilte (näit. loomade jootmise kohta), viitasid (näit. tule- või veevõtukoht) ja plakateid, mis kutsuvad kohalikke elanikke täitma kuivendussüsteemide korrashoiureegleid. Selliseid märke ja plakateid paigutatakse asustatud punktide lähedusse.

## 5. Kuivendussüsteemide remondi liigid

Nagu eespool (pt. II) selgus, tekib kuivendussüsteemides mitmesuguseid rikkeid. Kuivendusvõrgu normaalse funktsioneerimise ja kuivendatud maa põllumajandusliku kasutamise tagamiseks on tarvis neid süsteeme remontida. Kuivendussüsteemide tehnilises eksploatatsioonis eraldatakse kolme liiki remonte: jooksvat, kapitaal- ja avariiremonti.

J o o k s e v r e m o n t on kuivendussüsteemide igaaastane korrastustöö väiksemate deformatsioonide ja rikete kõrvaldamiseks.

K a p i t a a l r e m o n d i ülesandeks on suuremate deformatsioonide ja rikete kõrvaldamine ja üksikute süsteemidelementide taastamine. Kapitaalremonti tehakse teatavate aastate tagant.

A v a r i i r e m o n t seisneb katastroofilise iseloomuga deformatsioonide operatiivses likvideerimises. Avariid tekivad kuivendussüsteemides harilikult ebataavaliselt kõrge suurvee korral (polderkuivenduse tammide läbimurdmine, sildade ja lüüs-regulaatorite purustamine jne).

## 6. Jooksev remont

Jooksva remondi ülesandeks on kuivendussüsteemi töökorras hoidmine. Jooksvat remonti tehakse pidevalt süsteemide järelevaatamise ja hooldamise korras. Seepärast pole sisulist vahet jooksva remondi ja järelevaatamise ning hooldamise vahel. Lahtise kuivendusvõrgu jooksvat remonti tuleb teha igal aastal. Mida korralikum on jooksev remont, seda harvemini on tarvis kapitaalremonti. Praktika näitab, et hästihooldatud kraavide kapitaalremontide vaheajad on märksa suuremad kui hooldamata kraavidel. Remondi vaheajad ja remonttööde mahud sõltuvad väga suurel määral ka kuivendusvõrgu kapitaalsuse astmest. Kindlustamata kraavide korras-hoid on märksa kulukam kui kindlustatud kraavide puhul.

Lahtise kuivendusvõrgu, eriti dreanažisüsteeme teenindavate pea- ja kogujakraavide jooksvat remonti on soovitatav teha kolmes järgus. Kevadel, pärast suurvee alanemist kõrvaldatakse kraavidesse sattunud mättad, puunotid ja muud voolutakistused. Vaadatakse üle ka sillad, truubid ja purded ning parandatakse neid vajaduse korral. Suve algul (juuni lõpus, juuli algul) puhastatakse kuivendusvõrk rohust ja muudest voolutakistustest. Madala veeseisu tõttu on see parim aeg ka kraavipõhja puhastamiseks setetest. Taimestik tuleb hävitada tingimata suve esimesel poolel, sest umbrohud pole selleks ajaks veel jõudnud seemneid levitada. Peale selle tuleb arvestada asjaolu, et suvine maksimaalne äravool on meil tavaliselt juuli lõpus või augustikuus. Selleks ajaks peab veejuhtme põhi olema taimestikust vaba. Ka nõlvadelt tuleb rohi maha niita. Kolmas põhjalikum ülevaatus toimub sügisel. Siis parandatakse suve jooksul tekkinud rikkeid. Tugeva rohukasvu korral on tarvis see kõrvaldada, et kergendada kevadise suurvee äravoolu. Nõlvu tuleb niita septembri esimesel poolel. Hilisema niitmise korral võib talv rohukamarat kahjustada. Dreanažisüsteemide korrashoid seisneb peamiselt neid teenindavate kogujakraavide korrashoius. Peale selle tuleb tähelepanu pöörata suudmetele ja settekaevudele. Dreanažisüsteemide remondi- ja korrashoiuküsimusi käsitletakse üksikasjalisemalt allpool.

Jooksvaks remondiks pole tarvis projekti koostada. Töömahud määratakse kindlaks silmamõõduliselt ja lihtsa mõõdistamise (ristprofiilid) teel. Töömahud näidatakse defektiaktis.

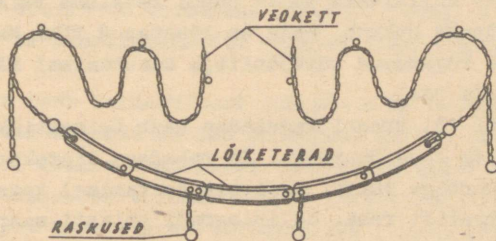
## 7. Eelvoolude ja kraavide puhastamine taimestikust

Üks olulisemaid jooksva remondi ülesandeid on voolusängide puhastamine taimestikust. Taimestik suurendab oluliselt voolusängi karedust ning alandab veejuhtme läbilaskevõimet.

Taimestikust puhastamise võtted liigitatakse mehhaanilisteks ja keemilisteks.

Mehhaaniline puhastamine toimub seni peamiselt käsitsi. Eelvoolude ja kraavide sängidest kõrvaldatakse rohi enamasti niitmise teel. Kraavi- ja tamminõlvu on tarvis niita umbrohu hävitamiseks ning tiheda ja madalakasvulise rohukamara kujundamiseks, kus heintaimikus on valdavalt alusheinad. Lamedate tamminõlvade niitmiseks on Kaliningradi oblastis kasutatud ka spetsiaalselt ümberehitatud hobuniidumasinaid (Morgunov, Protopopov, 1957). Nõlvade niitmiseks kasutatakse ka traktoril rippseadmena töötavat niidumasinat ning aedades tarvitatavaid käsiniidumasinaid.

Taimestiku niitmiseks peakraavide ja väikeste jõgede põhjast on otstarbekaiks osutunud vähemalt 3-3,5 m pikkuse varrega vikatid, mille tera on 1,25-1,5 korda tavalisest vikatiterast pikem. Selleks kasutatakse ka spetsiaalset lõikeketti (joon. 26).



Joon. 26.  
Lõikekett.

Lõikeketti veetakse mööda põhja vastuvoolu kas kaldalt või laia veejuhtme korral paatidelt. Keti külge kinnitatud noad lõikavad põhja mööda lohisedes taimed läbi. Veejuhtme põhja puhastamiseks piisab tavaliselt kahest töökäigust. Lõikeketti asemel kasutatakse ka rasket trossi. Saksa DV-s kasutatakse selleks otstarbeks lapiti põhja asetatud pikka saagi. Saaga töötab kaks vastaskallastel olevat töölist (Lavrov, 1956).

Taimestiku niitmiseks jõgede ja suurte kanalite sängidest kasutatakse ka ujuvat niidumasinat. Eesti NSV-s on seni edukalt kasutatud Tšehhoslovakkia SV-s toodetud kõrkjaniitjat "Esox". Kõrkjaniitja kujutab endast väikese süvisega metallist mootorpaati, mille esiotsa on kinnitatud kaks niidumasina vikatit (vertikaalne ja horisontaalne). Veealust taimestikku saab niita kuni 1,6 m sügavuselt. Minimaalne täide kõrkjaniitjaga töötamiseks on 0,4 m. Säng peab olema vaba kividest, puunottidest jt. esemetest, mis võiksid vikatit rikkuda. Kogemused näitavad, et kõrkjaniitja "Esox" töötab laitmatult. Raskusi on tekkinud vaid niidetud veetaimestiku eemaldamisega voolusängist.

Niitmiseega puhastatakse voolusäng taimestikust vaid ajutiselt. Et ära hoida taimekasvust tingitud voolutakistusi, on tarvis niita vähemalt kaks korda aastas.

Kui nõlvade niitmine on vajalik ja otstarbekas, siis põhjast tuleks veetaimestik hävitada koos juurtega. Sügavalt juurduvate veetaimede (pilliroog, hundinui, osjad, load jt.) korral on see mehhaanilisel teel võimatu. Korduva niitmise tulemusena jääb küllaldase täite puhul veealune taimestik kiduraks ja lõpuks hukkub. Seda on tõestanud Türi Maaparanduse Valitsuse kogemused kõrkjaniitja kasutamisel Pärnu, Navesti ja Paala jõel.

Lõikeketti või trossi kasutades saab taimestikku osaliselt eemaldada koos juurtega. Ka rehadega kistakse osa taimestikku juurtega välja. Käsitsipuhastamisel kasutatakse rasket pikavarrelist reha. Kaliningradi oblasti maaparanduse katsejaamas katsetati rohttaimestikust puhastamiseks ka hoburehasid (Morgunov, Protopopov, 1957), kuid laiemat kasutamist pole nad leidnud. Samas katsejaamas töötati välja ka

spetsiaalsed võrekoopad kraavipõhja puhastamiseks veetaimestikust ja mudasetteist. Kopad meenutavad draglainkoppa, kuid nende põhi ja tagasein on võrelised ja nende mõõtmed on suuremad.

Koppade tehnilised näitajad on toodud tabelis 6 (kopp KRDU-3 ekskavaatorile E-505 ja KRDU-1,5 ekskavaatorile E-352).

T a b e l 6

Näitajad	Mõõtühik	Kopa maht	
		KRDU-3	KRDU-1,5
Maht	m <sup>3</sup>	0,87	0,4
Gabariidid: pikkus	mm	1360	1185
laius	"	2846	1826
kõrgus	"	1300	1176
Konstruktiiivne haardelaius	m	2,5	1,5
Kaal	kg	1000	670
Võret moodustavate varras- te arv	tk	49	30
Varrastevaheline ava	mm	30	29,4

Kaevamisel liigub kopp risti kraavi teljega. Nõlvade purustamise vältimiseks on kopad varustatud jalastega, mis libisevad nõlval. Balti Masinakatsejaamas tehtud katsed näitasid, et nende koppadega on võimalik kraavi puhastada kvaliteetselt: veetaimestik ja setted eemaldatakse põhjast ilma nõlvu purustamata. Kopad osutusid tehnilisökonoomiliselt sobivaiks ja soovitati tootmisse (Savkin, 1960). Koppasid saab valmistada ka maaparandustöid teostav organisatsioon oma töökojas.

Kraave saab taimestikust puhastada ka herbitsiididega. Esimesed sellekohased katsed Nõukogude Liidus tehti Gruusias 1954. aastal Kolhise madalikul. Katseteks kasutati herbitsiidi 2,4-D, kusjuures tulemused olid positiivsed (Phakadze, 1955). Hiljem hakati kraavitaimestikku keemiliselt hävitama ka Valgevene NSV-s (Bessrebrennikov, 1958, 1960) ja Läti NSV-s (Rozenberga, 1960, 1962). Nimetatud meetod on levinud ka reas välisriikides.

Toime järgi jagatakse herbitsiide kontakt- ja siirdeherbitsiidideks. Nn. kontakttoimega herbitsiidid põhjustavad taimede hukkumist kiire "põletava" mõju tõttu (näit. herbitsiid DNOK). Siirdeherbitsiidid (näit. 2,4-D) põhjustavad taimekudedes muutusi, mis lõpptulemusena viib kogu taime või selle maapealse osa hävimiseni.

Kõige laialdasemalt on meil levinenud preparaat 2,4-D (mida nimetatakse ka 2,4-DU, välismaal - fernoxone). Preparaat 2,4-D toimeaineks on tavaliselt 2,4 dikloorfenoksü-äädikahappe naatriumsool. 2,4-D naatriumsoola preparaat on vees kergesti lahustuv roosakas pulber, mis ei põle, ei korrodeeri metalle ega ole loomadele mürgine. Meie tööstuse poolt väljalastav preparaat sisaldab 65-80% toimeainet. Ballastaineteks on mitmesugused fenoolid, mis põhjustavad preparaadi intensiivse "haiglalõhna".

2,4-D naatriumsoola preparaatide kõrval toodetakse Nõukogude Liidus ka teisi 2,4-D ühendeid. Sooladest toodetakse meil 2,4-D trietanoolamiinisoola. Seda ühendit nimetatakse ka 2,4-D amiinsoolaks (preparaat 2,4-DA). Preparaat 2,4-DA on tugevama füsioloogilise aktiivsusega kui 2,4-D naatriumsool.

Veel suurema füsioloogilise aktiivsusega on 2,4-D butüül- ja isopropüülestrid. Võrreldes 2,4-D naatriumsoolaga on nende vajalik annus kaks kuni kolm korda väiksem.

2,4-D kõrval kasutatakse ka herbitsiidi 2M-4H. 2-metüül-4-kloorfenoksü-äädikahappe naatriumsool ehk metaksoon on hallikas, violetse varjundiga pulber. Vees lahustub ta hästi ja lõhn on preparaadi 2,4-D lõhnast nõrgem. Meie tööstuses toodetud 2M-4H sisaldab mitte alla 60% toimeainet. 2,4-D ja 2M-4H tüüpi herbitsiidid on väga lähedase mõjuga. Mõlemad on valiva toimega siirdeherbitsiidid, hävitavad peamiselt kaheidulehelisi, kuna üheidulehelisi ei hävita või mõjuvad ainult nõrgalt. Kõrrelised on nende herbitsiidide suhtes vastupidavad. Töötlemiseks kasutatakse 2,4-D (2M-4H) vesilahust. Vesi taimedele mõjumisest osa ei võta, vaid on ainult taimemürgi passiivseks jaotajaks. Põllumajanduslike kultuuride pritsimisel on orienteeruv veenorm 300-500 liitrit hektarile.

Herbitsiidide vesilahusele lisatakse veel erilisi aineid - määrgajaid. Nende toimel kinnituvad herbitsiidilahuse tilgad paremini lehtedele. Et lahuse tilgad ei veere siis enam lehtedelt maha, võib määrgaja kasutamisel herbitsiidianust ühe kolmandiku võrra vähendada. Meil kasutatavaid määrgajaid OP-7 ja OP-10 tuleb lisada nii palju, et neid oleks pritsimislahuses 0,5-1,0%.

Umbrohu hävitamiseks kõrsviljadest kasutatakse tavaliselt 1-1,5 kg preparaati (arvestatud 100% toimeainega) hektari kohta. Rohu hävitamiseks kuivendusvõrgust võib kasutada suuremaid koguseid, sest kultuurtaimede vigastamise oht puudub. Valgevene NSV-s tehtud katsed näitavad, et kaheiduleheliste umbrohtude hävitamiseks nõlvadelt on ratsionaalseks 2,4-D naatriumsoola normiks 3-4 kg ja 2,4-D butüülestri normiks 1-1,6 kg toimeainet ühe hektari kohta. Lahuse hulk olgu 300-500 liitrit. Pritsides kraavinõlvu sellise kemikaalide hulgaga hävitatakse nõlvadelt kaheidulehelised umbrohud. Säilivad kõrrelised heintaimed, mis moodustavad nõlvadel vastupidava kamara.

Märksa keerukam on kraavi põhjas kasvavate veetaimede hävitamine herbitsiididega. Põhjas ja nõlva alumisel osal kasvav taimestik jaotub herbitsiididega hävitamise võimalikkuse suhtes kahte rühma: 1) taimestik, mille vegetatiivsete organite põhimass ulatub keskmisest veeseisust kõrgemale (konnarohud, load, hundinuiad, tarnad jt.) ja 2) veelune taimestik, mis on kas täiesti vee all (vesikuused, vesikatk, mitmesugused vetikad jt.) või ulatuvad neist veepinnale ainult ujulehed (penikeeled, kõõlusleht, kilbukas jt.).

Esimesse rühma kuuluvaid taimi on võimalik ainult osaliselt hävitada herbitsiididega 2,4-D ja 2M-4H, sest nimetatud herbitsiidid on valiva toimega ja hävitavad vaid kaheidulehelisi. Et kraavipõhjas kasvav taimestik kuulub peamiselt üheiduleheliste klassi, siis on nende herbitsiidide mõju ebapiisav.

Läti NSV-s tehtud katsed näitasid, et kraavipõhja taimestiku hävitamisel tuleb kasutada suuremaid herbitsiidide norme: 6,5-9,0 kg 2,4-D naatriumsoola (100%-list toimeainet) 1000 liitris vees ühe hektari kohta (Rozenberga, 1960).

Herbitsiidideks sobivad ka mitmesugused põlevkivi ja nafta töötlemisel saadud õlid. Eriti rohkesti sisaldab taimedele mürgiseid aroomaatseid ühendeid diislikütus. Selle odava vedeliku kasutamist piirab vaid tuleohtlikkus. Diislikütust on üle veepinna ulatuva põhjataimestiku hävitamiseks kasutatud nii Nõukogude Liidus kui ka välismaal. Läti NSV-s tehtud katsed näitasid, et diislikütus hävitab osaliselt ka ujuvlehtedega veetaimi. Sobivaks normiks osutus 400-500 l/ha (Rozenberga, 1960).

Esimese rühma taimede hävitamise katsetes Valgevene NSV-s andsid häid tulemusi herbitsiidid PHF (naatriumpentakloor-fenolaat), kloor IFK (isopropüülfenüülkarbamiid) ja mõned teised seni vähetuntud herbitsiidid. Kõige paremaid tulemusi saadi nende herbitsiidide ja 2,4-D butüülestri kombineeritud kasutamisel (Bessrebrennikov, 1958, 1960). Tähelepanu vääriksid ka sellised üldhävitava toimega preparaadid, nagu monuroon ja fenüroon. Häid tulemusi on andnud ka simasiin ja atrasiin, kusjuures pritsimisel kasutati 30-40 kg toimeainet hektari kohta. Sügava vee (üle 15 cm) ja suure voolukiiruse korral ei ole nende kasutamine efektiivne (Rozenberga, 1962).

Teise rühma kuuluv taimestik (veealune) avaldab veeruhtme töötavale ristlõikele kõige vahetumat mõju. Veealuse taimestiku hävitamine kemikaalidega on aga eriti raske. Et vegetatiivsete organite põhimass asub vees, siis pindmine töötlemine tulemusi ei anna.

Tiikide ja veehoidlate puhastamiseks vetikatest on kasutatud vasevitrioli. Vetikad hävivad väga madala vasevitrioli kontsentratsiooniga (0,00005-0,00015%) korral. Kõrgemate veetaimede hävitamiseks on tarvis suuremat kontsentratsiooni. See asjaolu teeb vasevitrioli kasutamise kalliks. Pealegi on suurema kontsentratsiooniga lahus loomariigile mürgine.

Valgevene NSV-s katsetati veealuse taimestiku hävitamiseks kivisöesolventi. Viimane on nõrgalt kollaka värvusega vedelik, mis on saadud kivisöe utmisel. Keemiliselt on see bensoolirea aroomaatsete süsivesinikkude segu ja koosneb peamiselt ksüloolidest. Et kivisöesolvent ei segune veega, siis kasutati püsiva emulsiooni tekitamiseks emulgaatoritena mit-

mesuguseid amiinühendeid. Kivisöesolvendi 0,3-0,09%-line emulsioon hävitas taimed 200-1200 m pikkusel kraavilõigul 30-55 minuti jooksul. Tulemused sõltusid taimede liigilisest koostisest, tihedusest ja voolukiirusest.

USA-s kasutatakse veetaimestiku hävitamiseks kloreeritud bensoole. Väärrib märkimist, et USA-s toodetav herbitsiid-benokloori emulsioon - hävitab vesikatku juba väga nõrga kontsentratsiooni korral.

## 8. Avariiremont

Avariiremont seisneb katastroofilise iseloomuga deformatsioonide operatiivses likvideerimises. Seda remonti tuleb teha kiiresti, otsekohe pärast avarii tekkimist, et vältida suuremaid kahjustusi. Näiteks kui suurvesi on kaitsetammi läbi murdnud, tuleb läbimurde koht otsekohe täita, ootamata suurvee langemist. Selleks peab ohtlikes kohtades olema valmis pandud vajalik materjal (liivakotid, plangud) ja tööriistad (vahendid punnseinte rammimiseks jt.). Jõgede või kanalite nõlvakindlustiste purustused asustatud punktides, raudteede ja maanteed ääres ja sildade läheduses tuleb operatiivselt parandada.

Ka drenaažisüsteemide suudmete suurveest tingitud rikked (ärauhumine jm.) tuleb võimalikult kiiresti likvideerida, sest vastasel korral võib süsteemide töös tekkida olulisi häireid. Kui avarii ei põhjusta aja jooksul purustuste suurenemist, siis võib seda likvideerida tööde teostamiseks soodsamal ajal. Eelvoolude ja kraavide nõlvade purustusi on kõige hõlpsam parandada madalveeperioodil. Sel korral on tegemist juba nn. taastamisremondiga. Kui nõlvade purunemine ei riku oluliselt kuivendussüsteemi tööd, võib avarii likvideerimise lükata järgmise kapitaalremondini. Üldiselt on avariide põhjused niivõrd mitmekesised, et on võimatu anda retsepte avariide likvideerimiseks. Avarii tuleb likvideerida nii, et oleks kõrvaldatud ka selle kordumise võimalus.

## 9. Kapitaalremont, selle vaheajad

Kui kuivendussüsteemi tehniline seisukord on juba nii halb, et jooksev remont ei kindlusta süsteemi normaalset tööd, siis tuleb teha kapitaalremonti. Selle ülesandeks on suuremate rikete parandamine ja üksikute süsteemielementide taastamine.

Lahtise kuivendusvõrgu kapitaalremondi ajal tuleb kraavi põhi puhastada esialgse sügavuseni või mõnevõrra sügavamaks. Viimane on eriti vajalik turbamaas, kus kraavi sügavus väheneb peamiselt turba vajumise tagajärjel. Seega seisneb lahtise võrgu kapitaalremont ummistunud, kinnikasvanud ja vajunud kraavide puhastamises nii, et taastataks esialgne projekteeritud kraavi ristlõige. Kapitaalremont on seotud suurte töömahtude ja rahaliste kulutustega. Kapitaalremondi vaheajad sõltuvad:

- 1) kuivendussüsteemi elementide kapitaalsuse astmest (näit. kraavisäingi kindlustise olemasolust ja selle kapitaalsusest jne.),
- 2) kuivendusviisist,
- 3) pinnase iseloomust,
- 4) projekteerimise ja tööde teostamise kvaliteedist,
- 5) kuivendatud maa-ala kasutamise viisist ja
- 6) hooldamise ning jooksva remondi korrapärasusest ja kvaliteedist.

Eriti mõõduandev on kapitaalsuse aste. Mida kapitaalsemalt on kuivendussüsteem ehitatud, seda vähem tekib rikkeid ja seda harvem on tarvis teha kapitaalremonti. Praktika on näidanud, et pea- ja kogujakraavide kindlustamine hagupunutise ja mätastusega, rääkimata kapitaalsematest kindlustusviisidest, võimaldab kapitaalremondi vaheaega suurendada vähemalt kolm korda.

Et kuivendussüsteemi elementide püsivusele avaldab mõju väga palju tegureid, siis on kapitaalremondi vaheaegu väga raske täpselt kindlaks määrata. Üldiselt tehakse kapitaalremonti vastavalt vajadusele. Ekspluatatsiooniliste tööde planeerimise huvides on ligikaudseid kapitaalremondi vaheaegu tarvis siiski teada. Põhiliste kuivendussüsteemi ele-

Tabel 7

Kõlvik	Eelvoelud ja peakraavid		Kogujakraavid		Piirdekraavid			Reguleeriv võrk					Ehitised			
	turbapinnases	mineraalpinnases	turbapinnases	mineraalpinnases	turbapinnases	liivases pinnases	savises pinnases	kraavitus			drenaaž		sillad, truubid		muud	
								turbapinnases	liivases pinnases	savises pinnases	savitõru	puittõru	puidust	betoonist	puidust	betoonist
Heinamaa	12-15	10-12	7-10	7-8	4-8	4-5	5-7	5-6	4-5	5-6	20-25	10-12	8-10	15-20	10-12	15-20
Karjamaa	10-12	8-10	6-8	5-7	6-7	4-5	5-6	4-6	3-5	4-6	20-25	10-12	8-10	15-20	10-12	15-20
Põld	10-12	8-10	6-8	5-7	6-7	4-5	5-6	4-6	3-5	4-6	20-25	10-12	5-7	10-12	10-12	15-20
Mets	15-20	10-15	10-12	8-10	8-10	6-7	7-8	5-8	4-6	4-6	-	-	10-12	-	12-15	-

mentide kapitaalremondi orienteeruvad vaheajad (aastates) on toodud tabelis 7 (Šarov, 1959).

Tabelis 7 esitatud vaheajad on antud järgmiste tingimuste jaoks:

- 1) eelvoolud ja kraavid on kindlustamata;
- 2) lahtise võrgu deformatsioonid on tingitud peamiselt looduslikest teguritest, see tähendab, et projekteerimise ja töö teostamise vigu ei ole, korrashoidu ja jooksvat remonti on tehtud rahuldavalt.

Peale selle tuleb arvestada, et vaheaeg lahtise võrgu rajamisest esimese kapitaalremondini on tavaliselt mõnevõrra väiksem, sest kaevamisjärgsed, nn. esmased deformatsioonid on tavaliselt kõige ulatuslikumad.

Tabelis 7 toodud metsamaade reguleeriva võrgu kapitaalremondi vaheajad ei ole kooskõlas paljude autorite arvamus- tega. A. D. Dubach (1945) peab ratsionaalseks kuivendussüsteemi kapitaalremondi vaheajaks keskmiselt 15-16 aastat. See järeldus tehti kraavide tehnilise seisukorra ja metsa juurde- kasvu vahelise seose analüüsi põhjal. A. D. Dubachi, G. D. Er- kini jt. uurimised on näidanud, et kuivenduse mõju kulminat- sioon ulatub kuni 15-16 aastani pärast kuivendusvõrgu raja- mist. Pärast seda hakkab juurdekasv kuivendusvõrgu halva seisukorra tõttu vähenema.

#### 10. Kapitaalremondieelne uurimis- ja projekteerimistöö

Kuivendussüsteemide jooksvaks remondiks pole projekti tarvis. Tööde mahud määratakse silmamõõduliselt või lihtsa mõõdistamise teel. Töö teostamise aluseks on defektiakt.

Kapitaalremondiks tuleb koostada projekt. Projekteeri- misele eelnevad väliuurimistööd. Olenevalt vajadusest võib remontida kogu kuivendussüsteemi või selle üksikuid elemen- te. Allpool käsitletakse peamiselt lahtise põhivõrgu kapi- taalremondieelseid uurimis- ja projekteerimistöid.

Lahtise võrgu kapitaalremondi projekti koostamiseks vajalikud väliuurimistööd koosnevad tavaliselt: a) rekognost- seerimisest ja b) instrumentaaluurimisest.

Rekognostseerimise eel kogutakse kuivendusvõrgu kohta olemasolev plaani- ja muu materjal (profiilid, pinnase sondeerimise andmed jne.).

Eeluurimise ehk rekognostseerimise ülesandeks on tutvuda looduses kuivendusvõrgu seisukorraga ja koguda andmeid järgnevas instrumentaaluurimiseks. Peaveejuhtmete korral selgitatakse kraavisäangi iseloom, voolutakistused, hüdrotehniliste ehitiste olemasolu ja seisukord, sildade ja truupide seisukord jne. Peakraavi ülevaatusel tutvutakse ka selle mõjupiirkonna maadega. Samuti vaadatakse üle reeperid.

Instrumentaaluurimine seisneb remonti vajavate veejuhtmete piketeerimises, loodimises, profileerimises, pinnase sondeerimises ja peakraavide mõjupiirkonna maadele rajatud ristsihtide loodimises.

Kraavide mõõdistamiseks rajatakse piki selle kallast siht ja piketeeritakse see keskmiselt 100-meetrise vahedega pluss-süsteemis. Reljeefi murdepunktidesse, samuti kraavide käänukohtadesse ja harukraavide suudmetesse asetatakse pluss-piketid. Kraavi mõõdistamise ajal peetakse väliraamatut, millesse kantakse uuritava veejuhtme skits, näidatakse piketid, suubuvad harukraavid, olemasolevad sillad, truubid, purded, hüdrotehnilised ehitised; suuremad kivid, puud, kändud, võsa, läbisõidukohad, allikad ja muud elemendid ühes juurdekuuluvate mõõteandmetega.

Kraavide sihi loodimine seotakse reeperitega. Alatiste reeperite vähesuse korral rajatakse ajutisi. Sihi loodimisel tuleb loodida kõik maapinnavaiad, veepind, lisaks veel kõigi torutruupide ja sildade põhi ja lagi, teekõrgus, suubuvate kraavide põhjad jne. Veepind tuleb loodida vaiadelt, mis lüüakse veejuhtme kalda veepinnaga tasa pikemal (võimalikult kogu uuritava osa) ulatusel üheaegselt, s. o. samal päeval.

Väiksemate ja keskmiste kraavide olemasoleva ristlõike mõõtmine (eriti siis, kui kraav on varem korrastatud ja on enam-vähem ühtlase laiusega) võib toimuda lihtsustatult sügavuse loodimise ja pealtlaiuse mõõtmise teel. Selliste kraavide ristlõike on enamasti kas parabooli segmendile või poolellopsile lähedase kujuga ja nende ristlõikepinda võib

arvutada valemitega

$$\omega = 2/3 \text{ BH} \quad (\text{parabooli segment})$$

$$\omega = 0,79 \text{ BH} \quad (\text{poolellips}),$$

kus B on kraavi pealtlaius ja H sügavus.

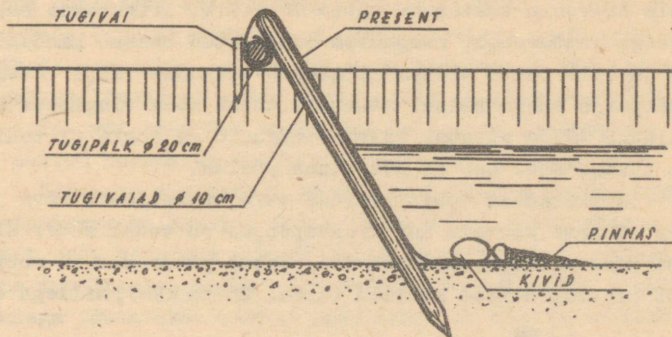
Laiematel ja ebakorrapärase ristlõikekujuga peakraavidel tuleb ristlõiked läbi loodida. Seejuures tuleb mõõtmispunktid võtta umbes 0,5-1,0-meetriste vahedega sellise arvestusega, et saadud andmete alusel oleks ristlõiget võimalik täpselt välja joonestada.

Uuritavate kraavide sihil tuleb ka pinnast sondeerida vähemalt 1,5-2,0 m sügavuseni. Turbapinnast tuleb sondeerida kuni mineraalpõhjana.

Väliuurimise andmete põhjal koostatakse kapitaalremondi projekt. Projekti koostamise põhimõtted on üldjoontes samad kui uute kraavide puhul. Peakraavi kapitaalremondi projekt koosneb tavaliselt järgmistest osadest: a) vesikonnakaart, b) plaan, c) pikiprofiil, d) hüdroloogiline ja hüdrauliline arvutus, e) töömahtude arvutus, f) eelarve, g) seletuskiri ja h) erijoonised (sillad, truupid jne.). Koguaja väiksemate peakraavide puhul, mille vesikonna pindala on 300 ha, jääb ära vesikonnakaart ja hüdroloogiline ning hüdrauliline arvutus.

### 11. Lahtise kuivendusvõrgu remonttööd

Kuivendusvõrgu puhastamine setetest on raske ja mahukas töö, mida tuleb maksimaalselt mehhaniseerida. Uhekopaliste ekskavaatorite kasutamine setete kõrvaldamiseks on otstarbekas vaid sel korral, kui mullatööde maht ületab  $1 \text{ m}^3$  1 jooksva meetri kohta. Väiksemate töömahtude korral tehakse töö spetsiaalsete masinate puudumise tõttu käsitsi või n.-ö. poolmehhaniseeritult. Kraavide käsitsiremont sõltub oluliselt veehulgast kraavis. Kui vee sügavus on üle 20-30 cm, on käsitsi setetest puhastamine raskendatud. Veevool tuleb siis tõkestada ja puhastamisele asuda pärast seda, kui kraaviosa allpool paisu on veest vabanenud. Paisu võib teha mitmeti. Väikeste, kuni 1,0 m sügavuste kraavide korral soovitatakse vee tõkestamiseks kasutada kantavaid puitkilpe. Lihtsalt ja



Joon. 27.  
Present-veetõke.

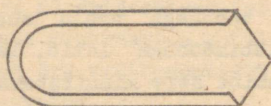
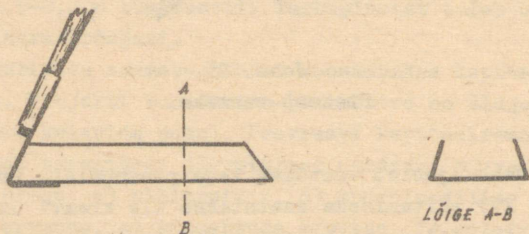
kiiresti saab ajutist veetõket teha presendist. Presenttõkke (joon. 27) ehitamiseks asetatakse üle kraavi umbes 20-cm-se läbimõõduga palk, mis toestatakse pervelt valadega. Palgile toetuvad 10-cm-ste vahedega voolu suunas kaldu olevad umbes 10-cm-se läbimõõduga latid. Lattidele laotatakse present, mille ülemine serv kinnitatakse palgi külge ning alumine kivide ja pinnasega kraavi põhja. Sageli paisutatakse vesi plankudest rammitud punnseinaga, mille tahta (paisutatavale poolele) puistatakse pinnast.

Ajutiste paisude likvideerimine peab uhtumise ärahoidmiseks toimuma ettevaatlikult. Eriti lihtne on likvideerida presendist veetõket.

Paisude vahemaa oleneb vooluhulgast kraavis, kraavi langust ja kaevamistöõ kiirusest. Tõkke tuleb ehitada sellise arvestusega, et allpool olev kraaviosa jõutaks puhastada enne, kui vesi hakkab üle paisu voolama. Paisutatud vett on otstarbekas juhtida mõnda lähedal asuvasse lohku või harukraavi. Kui see võimalus puudub, siis on mõnikord paratamatult tarvis tõkke tagant vett ära pumbata. Kui kraavi puhastatakse vett sulgemata, siis on kaevamistöõga soovitatav liikuda päri voolu, sest vastasel korral kannab voolav vesi puhastatud osasse muda uuesti sisse. Kui selline töötamisviis

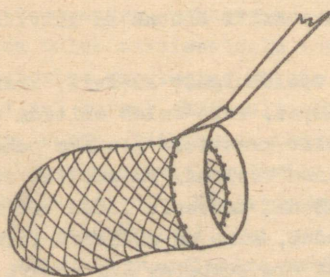
ei ole äravoolu takistuse tõttu võimalik, liigutakse süvendamisega vastuvoolu, kusjuures puhastatud osasse kandunud muda ja liiv tuleb hiljem allavoolu liikudes välja võtta. Kraavipõhja puhastamisel setetest tuleb muda tingimata kraavikaldale välja visata. Nõlvade nõgusid ja lohke ei tohi sellega täita, sest see ei jää sinna püsima.

Tööriistadest sobib labidas vaid suhteliselt kõva ja kuiva pinnase korral. Kui kraavipõhjas on vedel muda, siis on paremad mitmesugused kühvlid. Pehme põhja korral sobivad hästi pikavarrelised kühvlid (joon. 28 ja 29B), millega saab

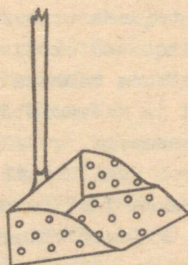


PEALTVAADE

Joon. 28.  
Kühvel.



A



B

Joon. 29.

A - kottkühvel, B - perforeeritud kühvel.

põhja puhastada kaldalt või nõlvalt. Vedelat turbamuda saab ammutada kottkühvliga (joon. 29A). Kotisuu moodustab rauast lõiketeraga ääris, mille külge on kinnitatud hästivett läbilaskvast lõuendist kott. Peale selle on mõeldav mitmesuguste inim- või hobujõul veetavate lohistite kasutamine, millega setted koondatakse kokku ja seejärel eemaldatakse.

Vedelate mudasetete korral kasutatakse setete kokkulohistamiseks ka kuuske. Selle ladva külge kinnitatakse köis või tross, vajaduse korral koormatakse kuusk liivakotiga või mõne muu lisakoormusega ja veetakse hobusega või traktoriga. Kuusega tõmmatakse setted hunnikusse ja visatakse kühvliga kraavist välja. Kuuske on soovitatav kraavist läbi vedada vähemalt kaks korda - enne vastu- ja siis päri voolu. Vaatamata meetodi primitiivsusele kiirendab see kraavide setetest puhastamist vähemalt 4-5 korda.

## 12. Lahtise kuivendusvõrgu remonttööde mehhaniseerimine

Kuivendusvõrgu remont on raske ja mahukas töö, mida on tarvis mehaniseerida. Suure mullatööde mahu korral kasutatakse kraavide puhastamiseks peamiselt ühekopalisi ekskavaatoreid. Ekskavaatoreid on otstarbekas kasutada vaid siis, kui mullatööde maht kraavi ühe jooksva meetri kohta on vähemalt  $1 \text{ m}^3$ . Väiksemate töömahtude korral ei ole suure võimsusega ekskavaatorite kasutamine tehniliselt ja majanduslikult otstarbekas. Viimasel ajal on hakatud tootma  $0,15 \text{ m}^3$  kopamahuga ekskavaatoreid, millest kuivendussüsteemide puhastamiseks sobib hästi E-157. Selle masina eelis ei seisne mitte niivõrd väiksemas kopas, kuivõrd võimsuses. Puhastustööde väiksem töömaht on antud juhul kooskõlas väiksema võimsusega. Detailkuivendusvõrgu remontimiseks kasutatakse sageli kraaviatru. Nende puuduseks on kohmakus ja suur veojõuvajadus. Küllalt hästi saab kraaviatradega puhastada kuiva kraavi. Kui kraavipõhjas on vedelat muda, siis valgub see, eriti laiemates kohtades, kraavi tagasi. Kraaviadraga puhastatud kuivenduskraave tuleb tavaliselt käsitsi viimistleda.

Kuival ajal võib mineraalmaal detailkuivenduskraavide

puhastamiseks, eriti nõlvade planeerimiseks ja lamendamiseks, kasutada ka rasket greiderit. Nõlvade silumiseks sobib ka mullavallide laiialajamise roop.

Kuivendusvõrgu puhastamiseks kasutatakse ka põikikaevamisega mitmekopalisi ekskavaatoreid. Nõukogude Liidus on neist kasutusel EM-161 ja EM-502. Nende masinate tähtsamad tehnilised näitajad on toodud tabelis 8.

T a b e l 8

Näitajad	Mõõt- ühik	Ekskavaator	
		EM-161	EM-502
1. Kopa maht	liiter	16 ja 8	50
2. Koppade arv	tk.	8	13
3. Ekskavaatori kaal	tonn	8	21,6
4. Erisurve	kg/cm <sup>2</sup>	0,25	0,46
5. Kaevatava kraavi mõõtmed:			
sügavus	m	kuni 1,5	kuni 2,5
pealtlaius	m	kuni 3,6	kuni 5,6
põhjalaius	m	0,4	0,56
nõlvus		1:0,5-1:1	1:1
6. Tootlikkus	m <sup>3</sup> /t.	kuni 40	kuni 100

Mõlemad ekskavaatorid liiguvad kraavi kohal, tuginedes nn. põhiroomikule ja teisel kraavikaldal liikuvale teleskoopselt ühendatud abiroomikule.

Ekskavaatorit EM-502 kasutatakse peamiselt niisutuskraavide puhastamiseks. Kuivendusvõrgu remontimiseks on ta suure erisurve tõttu ebasobiv.

Ekskavaator EM-161 sobib hästi töötamiseks pehmes pinnases, kus pole kive ja jämedaid juuri. Lisaks põhja süvendamisele planeerib ekskavaator ka kraavinõlvad. Eriti hästi töötab EM-161 turbapinnases. Töötamisvõimalus mineraalmaal on olnud pinnase niiskuse astmest. Kõvaks kuivanud savikas pinnases töötab ekskavaator halvasti, niiskes, pehmes mineraalpinnases aga laitmatult. Turbapinnase kaevamiseks kasutatakse 16-liitrise, mineraalpinnase korral 8-liitrise

mahuga koppasid. Rohukasv kraavi põhjas ja nõlvadel ekskavaatori tööd ei takista, põõsajuured aga segavad kaevamist ja alandavad töö kvaliteeti.

Ekskavaatori EM-161 peamiseks puuduseks on nõrk konstruktsioon, seepärast teda enam ei toodeta. Kõige edukamalt on ekskavaatorit seni kasutatud Kaliningradi oblastis. Et roomikute paiknemine vastaskallastel teeb masina kasutamise tülikaks, siis on Kaliningradi oblastis ekskavaatoreid ümber ehitatud nii, et mõlemad roomikud liiguvad samal kaldal. See laiendab ekskavaatori kasutamise võimalusi: kraavi pealt-laius moderniseeritud ekskavaatori kasutamist enam ei piira, kusjuures kaevesügavus ulatub 2,5 meetrini (Bogdanov, 1960).

Kraavide puhastamiseks, eriti välismaal, kasutatakse ka tigukaeeorganiga masinaid, mis kujutavad endast rippseadet 30-40 hobujõulisele ratas- või linttraktorile. Traktori taha kaldasendisse kinnitatud tigu lõikab kiiresti pööreldes põhjast ja nõlvadelt taimestikku ja setteid ning tõstab need pöörlevale rootorile, mis paiskab peenemad osakesed kraavikaldast kuni 15-20 meetri kaugusele. Saksa DV-s toodetakse kraavipuhastajat B-555, mis puhastab kuni 1,55 m sügavust ja 0,3-0,7-meetrise põhjalaiusega kraave. Üleliidulises Turbatööstuse Teadusliku Uurimise Instituudis konstrueeriti tigurootor-kraavipuhastusmasin KPŠ, mille seeriatootmist alustati 1956. aastal. See kraavipuhastusmasin töötab traktorite DT-54 või DT-55 haakes ja on ette nähtud kuni 1,8 m sügavuste kraavide puhastamiseks turbasetteist. Masina tööorganiks on tigu, mis teeb olenevalt traktori liikumiskiirusest 250-400 pööret minutis. Tigu tõstab väljapuhastatud materjali rootorile, mis paiskab selle kuni 15 meetri kaugusele. Olenevalt settekihi paksusest ja kraavi sügavusest on kraavi täielikuks puhastamiseks vaja kuni kolme töökäiku. Peale setete kõrvaldamise saab turbamaa puhul seda masinat kasutada ka kraavipõhja süvendamiseks. Iga töökäiguga süvendatakse kraavi kuni 0,2 m. Masin liigub kahel 90-cm-se läbimõõduga ja 68 cm laiusel rullil. Parempoolse rulli erisurve on  $0,24 \text{ kg/cm}^2$ , vasakpoolisel  $0,27 \text{ kg/cm}^2$ .

Kraavipuhastusmasin KPŠ sobib hästi kitsaste kuivendus-kraavide puhastamiseks turbarabas. Laiu ja lamedate nõlvade-

ga kraave pole sellega võimalik puhastada, sest tööorgan ei ulatu kraavi põhja.

NSVL Mitterustmullavööndi Põllumajanduse Mehhaniseerimise ja Elektrifitseerimise Teadusliku Uurimise Keskinstituudis on viimastel aastatel konstrueeritud rida kraavipuhastusmasinaid, mis on enamasti katsestaadiumis.

Mitmekopalise ja frees-kraavipuhastaja kõrval väärivad märkimist KOM-tüüpi kraavipuhastusmasinad. Need on ette nähtud kraavipõhja puhastamiseks setetest turbapinnases. Kraavipuhastusmasin KOM-55 on rippseade traktorile DT-55. Tööorganiks on labadega ketas, mis kiiresti pööreldes paiskab setted kraavist välja. Selle masinaga saab puhastada kuni 1,5 m sügavust, 0,4-1,0 m põhjalaiusega ning kuni 4,5 m pealtlaiusega kraavi. Kaevekiirus on 0,8-1,0 km/t., tootlikkus kuni 150 m<sup>3</sup>/t. Kraavist eemaldatav pinnas paisatakse kuni 10-12 m kaugusele.

KOM-100 on eelmisega sarnane seade, mis töötab traktori S-100 rippes ning on mõeldud pea- ja kogujakraavide puhastamiseks. Puhastatava kraavi maksimaalne sügavus on 3,0 m, masina tootlikkus kuni 250 m<sup>3</sup>/t.

Ripptöövarustuse kasutamine kuivendusvõrgu puhastamiseks on eriti levinud välismaal. Tööorganitena esinevad peamiselt pöördkopp, tigu, ketas ja frees, mis on kinnitatud 30-40-hobujõulisele traktorile.

Eelvoolude ja suurte peakraavide põhja puhastamiseks mudast ja kobedatest liivasetetest kasutatakse ka pinnasepumpasid. Selleks sobib kõige paremini väikesegabariidiline ujuv pinnasepump 4-PZU. Pump paikneb pontoonil, mille pikkus on 4,6 m, laius 2,2 m ja kõrgus 0,8 m. Kogu seadme kaal on 2,5 tonni ning seda on võimalik transportida veoautol ZIL-150. 4-PZU-le on seatud pump 4-NZ, mille tootlikkus on 20-25 m<sup>3</sup> tunnis. Ajamina kasutatakse 20-hobujõulist diiselmootorit. Veega segatud pinnasemass (nn. pulp) pumbatakse 20-25 m kaugusele. Tiikide ja veehoidlate puhastamisel juhitakse pulp ära pontoonidel ujuva torustiku kaudu. Pinnasepumba kasutamise võimalused kuivendusvõrgu puhastamiseks on võrdlemisi piiratud, sest seade vajab vähemalt 35-40 cm täidet (pontoonide süvis on 25 cm). Tihedate liiva- ja savisetete

ning rohtunud veejuhtme põhja korral on seadme kasutamine raske. Eesti NSV-s pole pinnasepumbad end õigustanud ning mõningate katsetuste järel (aastatel 1958 ja 1959) on nende kasutamisest loobutud.

Eeltoodust nähtub, et kuivendusvõrgu remonttööd on seni puudulikult mehhaniseeritud. Nii meil kui ka välismaal küll katsetatakse mitmesuguseid masinaid, kuid enamik neist pole osutunud küllalt efektiivseks. Seepärast on kuivendusvõrgu puhastamiseks ratsionaalsete masinate konstrueerimine üks olulisemaid probleeme maaparanduses.

### 13. Drenaažisüsteemide korrashoid

Kuigi drenaažisüsteemides tekib märksa vähem rikkeid kui lahtises kuivendusvõrgus, on drenaaži normaalne funktsioneerimine tagatud vaid pideva korrashoiu puhul.

Drenaažisüsteemide korrashoid seisneb järgmises:

- a) süsteemide tegevuse jälgimises ja rikete avastamises,
- b) rikete ärahoidmises,
- c) kogujakraavide, suudmete ja vaatluskaevude jooksvas remondis,
- d) ettevalmistamises kevadiste suurvete läbilaskmiseks.

Süsteemide tegevuse jälgimisel tuleb erilist tähelepanu pöörata suudmetele. Suue võib olla uputatud vaid kevadise ning suvise maksimaalse veeseisu korral. Setete olemasolu selgitamiseks tuleb suudmed vähemalt kaks korda aastas üle vaadata. Selleks sobib sademeterikas periood, sest kui val ajal äravool dreenidest tavaliselt katkeb. Hoolikalt tuleb jälgida ka settekaevude seisukorda. Eriti oluline on see kahe aasta jooksul peale drenaaži ehitamist. Dreenide ummistuste avastamiseks tuleb aeg-ajalt üle vaadata ka drenaažiga kuivendatud maa-ala. Ka selleks sobib kõige paremini sademeterikas periood, sest ummistused dreenides põhjustavad sel ajal lokaalset pinnase liigniiskust. Sellised märjad kohad erinevad pinnavee seiskumise tagajärjel tekkinutest selle poolest, et nad võivad esineda tasasel alal, kus mikroreljeef pinnavete äravoolu ei takista. Suure dreenilangu korral võib dreenivesi ummistunud kohal tõusta allikana maapinnale.

Drenaažisüsteemide rikete ärahoidmine seisneb peamiselt kogujakraavide profülaktilises korrashoius: kraavide kaitses kariloomade tallamise ja traktoritega läbisõitmise vastu, voolutõkete ehitamise keelus jm.

Drenaažisüsteemide jooksva remondi all mõistetakse:

- a) kogujakraavide jooksvat remonti,
- b) dreenuudmete puhastamist setetest ja nihkunud suudmete paigaldamist ning kinnitamist jms.
- c) settekaevude puhastamist setetest ja kaevude väike-remonti.

Suudmed ja settekaevud on drenaažisüsteemi elemendid, mida kõige rohkem on tarvis korrastada. Suudmetest on setteid hõlpus eemaldada spetsiaalse roobi abil. Kaevude puhastamiseks sobib kuiv periood, mil dreenuide töö on katkenud, sest vastasel korral kannab veevool lahti liigutatud setted kaevust dreenu. Kui kaevude korrapärane puhastamine unustatakse, siis võivad settekaevud ise kujuneda drenaaži ummistumise põhjustajaks.

Drenaaži ettevalmistamine suurvete läbilaskmiseks algab sügisel. Selleks tuleb külmade saabumisel jälgida vee voolamist dreenuudmeist ja takistada nendes jääkorkide teket. Jää tuleb purustada ka maapinnale ulatuvates sette- ja vaatluskaevudes, et garanteerida neis vee vaba liikumist. Suudmeid ja settekaeve tuleb jääst puhastada kuni püsivate külmade saabumiseni. Kaeve, mille kaas on kaetud mullakihi-ga, ei ole sel perioodil otstarbekas avada. Kevadel enne lume sulamist on soovitatav kogujakraav dreenuudme läheduses 3-5 m ulatuses lumest ja jääst puhastada. Jääst tuleb puhastada ka suudmed ning sette- ja kontrollkaevud.

#### 14. Drenaažisüsteemide remont

Kui jooksva korrashoiu võtetest drenaažisüsteemide korrastamiseks ei piisa, siis on tarvis neid remontida. Eesti NSV-s oli drenaažisüsteemide remontimine eriti aktuaalne aastatel 1955-1960, mil seati töökorda põhiliselt kõik vanad drenaažisüsteemid.

Drenaažisüsteemide töökorda seadmiseks on vaja hankida

süsteemide plaan. Drenaažisüsteemide mahamärkimisskitsid on olemas ekspluatatsiooni andmise toimikus, mida säilitatakse maaparanduse valitsuses. Enne Esimest maailmasõda ja kodanlikul ajal ehitatud drenaažisüsteemide plaane säilitatakse Riiklikus Ajaloo Keskarhiivis Tartus. Plaanide (eriti mahamärkimisskitside) olemasolu puhul on drenaažisüsteemide ülesleidmine lihtne. Kui süsteemide asendiplaani ei ole, tuleb püüda drenide asukohti kindlaks määrata mitmesuguste looduses esinevate tunnuste järgi.

Tähtsamad tunnused, mis viitavad drenaažisüsteemide olemasolule on järgmised:

a) maa-ala madalamatel kohtadel üksikute kraavide olemasolu, mis võiksid olla kogujateks drenaažisüsteemidele; b) suudmetorude otsad kraavide nõlvades; c) settekaevude olemasolu ja d) maa-ala üldisest taimestikufoonist erinevad taimed, mis asetsevad paralleelsete ribadena ning mis võivad olla drenide asukoha näitajaks.

Kui drenaažisüsteemide nähtavad osad - suudmed ja settekaevud - puuduvad, tuleb alustada süsteemide asukoha kindlaksmääramist äravoolukraavide ülevaatusega. Selle juures tuleb erilist tähelepanu pöörata drenisuudmete asukohtade avastamisele. Kraavide ülevaatusel on tarvis tähelepanu pöörata järgmistele asjaoludele: a) lohud kraavinõlvades, b) vee väljatungimine nõlvadest või põhjast, c) lokaalsed liivasetted kraavipõhjas, mis võivad olla drenidest kraavi kantud.

Kõige tõenäolisemad drenisuudmete asukohad on 15-30 m ülevalpool harukraavide suubumiskohti või peakraavi ja teede ristumiskohti.

Suudme avastamise järel tuleb kindlaks määrata kõigepealt kogujadreeni ja seejärel kuivendusdreenide asukohad. Dreeni asukoha täpseks kindlaksmääramiseks on soovitatav kasutada umbes 1-1,5-cm-se läbimõõduga ja 1,5 m pikkust terava otsaga metallvarrast. Kõvas mineraalmaas, kus varrast ei jõuta maasse suruda, tuleb dreeni arvatavasse asukohta kaevata dreeni suunaga risti kitsas tranšee, mille põhi ulatub künnikihist natukene sügavamale. Dreeni kohal on huumuskihi all oleva pinnase struktuur rikutud: on segatud huumusmullaga ja ümbritsevast pinnasest märksa kobedam. Tranšee kaevamise ase-

mel võib risti dreeneide arvatava suunaga künda harilikust künnist sügavamaid vagusid. Sellega paljanduvad samuti rikutud struktuuriga kohad.

Dreenide asukohta võib leida ka mitmesuguste teiste tunnuste järgi. Rohumaal, mida peale kuivendamist pole küntud, on dreeni asukoht maapinnal nähtav madalate lohukestena, mis on tekkinud kaevikute täitepinnase vajumise tõttu. Dreenide kohal on taimestik rohumaade taimestikust erinev. Töötavate dreeneide kohal on rohi sageli lopsakam ja tumedama värvusega. Kui dreenaž ei tööta, kasvavad dreeneide kohal niiskuselembesed taimed. Jäätmaadel on dreeneide kohal tavaliselt rohkem umbrohtusid kui mujal. Dreenide asukohti aitab kindlaks määrata ka mulla pealispinna niiskuse erinevus dreeni kohal ja selle kõrval. Küntud või muul viisil haritud taimkatteta põllupinnal on dreeneide asukohad teatavail tingimustel märgatavad heledate ribadena. Heledad ribad on nähtavad seda kontrastsemalt, mida suurem on niiskuse erinevus ülemises ühesentimeetrises mullakihis. Kaliningradi oblasti maaparandajate kogemustel on väike (kuni 10%) niiskuse erinevus nähtav 300–2000 m kõrguselt, suurem erinevus ka maa pealt (Sidontsev, 1959). Olenevalt ilmastikust tekivad heledad ribad 4–30 tunni jooksul pärast vihmajärgu lakkamist ning püsivad nähtavatena 2–5 päeva jooksul. Eriti hästi on heledad ribad märgatavad liivsvi- ja savipinnases. Et pinnase niiskuse erinevus on lennukilt hästi nähtav, kasutatakse Kaliningradi oblastis dreenažisüsteemide kaardistamiseks aerofotomeetodit. Aerofotodel on tumedamate laikudena nähtavad ka liigniisked kohad (seega ka dreeneide ummistused). Aerovõtete tegemiseks sobib kõige paremini kevad, kusjuures ilm peab olema kas täiesti selge või pilves. Vahelduva pilvitusiga ilm selleks ei sobi. Põllukultuuridega kaetud pinnal, samuti rohumaadel, on dreeneide asukoht lennukilt halvemini nähtav.

Dreenažisüsteemide kapitaalremondiks on tarvis koostada projekt. Tavaliselt on tarvis sel korral kapitaalselt remontida ka pea- ja kogujakraave. Remondile eelneb kraavide instrumentaalne uurimine (piketeerimine, loodimine, rist-

profiilide mõõtmine, pinnase sondeerimine jne.). Üksikasjaliselt tuleb selgitada suudmete ja settekaevude seisukord, kusjuures määratakse kindlaks nende remontimise või uutega asendamise vajadus. Dreenide remonttööde mahtu saab tavaliselt määrata vaid ligikaudselt. Dreenide seisukorra kindlaksmääramiseks tuleb nad lahti kaevata. Eriti vajalik on lahti kaevata oletatavasti ummistunud kogujadreene. Ei saa aga anda retsepte selle kohta, kui palju dreene tuleks uurimisel lahti kaevata. Sellekohases juhendis (Rozin, 1950) soovitatakse kogujad lahti kaevata-iga 40-50 m tagant. Kaevete kohad ja vahemaad sõltuvad suurel määral kohalikest tingimustest ja määratakse uurija poolt. Kui ummistus on maapinnal nähtav lokaalselt liigniiske kohana, siis tuleb allpool seda kohta dreene tingimata avada. Kuivendusdreene uurimise ajal tavaliselt lahti ei kaevata. Uurimisel peab tingimata selgitama, kas dreene sügavus on küllaldane või tuleb projektis ette näha selle suurendamist.

Uurimisele järgneb projekteerimine. Projektis nähakse ette järgmisi tööliike: a) kogujakraavide remont, b) suudmete ja settekaevude remont või uuendamine, c) dreene remont: ummistunud kohtade lahtikaevamine, torude puhastamine setetest ning ümberladumine (ka koos paigaldussügavuse suurendamisega). Dreenide remonttööde mahtu saab projektis ette näha vaid orienteeruvalt. Dreenide seisukorra üksikasjalise uurimisega kaasneb suur mullatööde maht, mis moodustab põhilise osa remonttöödest. Seepärast selgub dreene puhastustööde täpne maht paratamatult alles töö käigus.

Esimeses järjekorras tuleb remontida kogujakraavid, et suudmetorud võimalikult kiiresti vabaneksid vee ja setete alt. Teises järjekorras remonditakse või uuendatakse suudmed ja settekaevud. Edasi remonditakse kogujadreeneid ning viimasel järjekorras kuivendusdreeneid.

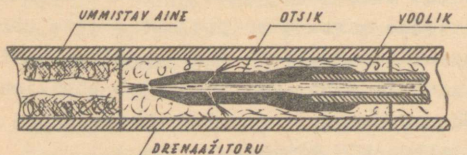
Kui pärast kogujakraavide, suudmete ja settekaevude remonti hakkavad dreenažisüsteemid normaalselt funktsioneerima, siis võib remont sellega piirduda. Kui aga dreenides on suuremaid ummistusi, tuleb need kõrvaldada. Suudmete vabanemise järel kannab veevool setteid dreenidest välja - toimub nn. isepuhastumine. Dreenid puhastuvad sel moel ise tavaliselt

vaid ummistumise algstaadiumis, kui setteid on vähem kui 40-50% toru ristlõikest.

Kui dreened ise ei puhastu, on soovitatav neid veega läbi pesta. Selleks kaevatakse dren ülalpool ummistust lahti ja juhitakse vesi šurfi või vahetult torusse. Selle meetodi puuduseks on asjaolu, et voolav vesi võib setted torus allapoole kokku kuhjata ning sellega ummistust veelgi suurendada. Läbiuhtmise õnnestumist tõestab sogase vee väljavool suudmest. Uhtmist tuleb jätkata, kuni suudmest väljavoolav vesi muutub puhtaks.

Dreenide läbipesemiseks soovitatakse (Šileika, 1959) drenivett üles paisutada sel teel, et lahtikaevatud kohas vajutatakse dreniliiduste vahele siiber. Kui paisutatud vesi tõuseb šurfis maapinnani, siis võetakse siiber ära. Paisutada on otstarbekas mõni meetr ülalpool ummistunud kohta.

Dreenide puhastamist on viimasel ajal hakatud ka mehhaniseerima. Selleks otstarbekas on Hollandis konstrueeritud spetsiaalne seade. See koosneb jõuallikast, kõrgsurvepumbast (rõhk umbes 10 at) ja trumlile keritavast voolikust, mille otsas on nelja avaga joatoru (otsik) (joon. 30). Üks otsiku avadest suunab vee ettepoole, kolm aga tahapoole.



Joon. 30.  
Dreeni puhastamise seade.

Kraavist või veepaagist võetav ja voolikusse pumbatav vesi väljub otsiku avadest suure kiirusega, pörkab vastu dreenis olevaid setteid ja uhub neid lahti. Tahapoole suunatud veejuga reaktiivjõu toimel tungib voolik järjest kaugemale dreeni ja ajab ühtlasi setteid suudme poole. Vooliku edasiliikumise kiirus sõltub dreeni ummistuse astmest, setete iseloomust ning on keskmiselt 10 meetrit minutis. Selle seadme abil saab puhastada kuni 210 m pikkusi dreene.

Kui vooliku ots pörkab murdunud toru või mittelahtiuhutava takistuse, näiteks juurepuntra vastu, siis voolik peatub. Takistuse kõrvaldamiseks tuleb dren selles kohas lahti

kaevata. Rikke kohta on hõlpus üles leida dreeni tunginud vooliku pikkuse järgi.

Seade on rohkem sobiv dreenažikollektorite ja üksik-dreenide puhastamiseks. Ka kuivendusdreene on sellega võimalik puhastada, kuid siis on vaja nende ühenduskohad lahti kaevata.

Käsitletud tüüpi seade võimaldab täielikult mehhaniseerida ummistunud dreenide puhastamist, kusjuures see on käsitööst mitu korda odavam. Eriti ökonoomne on seadet kasutada sel korral, kui vett saab võtta otse töökohalt (kraavist). Vett kulub 100 m dreeni puhastamiseks 1000-2000 l, olenevalt dreeni ummistumise astmest.

Eesti NSV-s pole kirjeldatud seadet seni kasutatud.

Kui dreenitorud on sedavõrd ummistunud, et läbipesemine ei õnnestu, tuleb ummistunud dreeniosa lahti kaevata, torud välja võtta, puhastada ning tagasi asetada. Kui dreenid kaevatakse lahti, siis peab tingimata kontrollima nende sügavust ja langust. Torude tagasiasetamisel kaevikusse tuleb kinni pidada kõigist dreenaži ehitamise tehnilistest tingimustest. Kui dreeni tuleb lahti kaevata pikalt, siis on mõeldav selleks kasutada mitmekopalist ekskavaatorit. Seejuures tehtagu metallvardaga eelnevalt kindlaks dreeni täpne asend ja sügavus. Viimane 10-15 cm paksune mullakiht eemaldatakse torudelt käsitsi.

Kui torud pole terves ristlõikes ummistunud, dreenide sügavus on piisav ja lang ühtlane, siis võib dreene puhastada ka järgmiselt. Dreenikaevik avatakse iga 10-15 m tagant ning võetakse välja 1-2 toru. Lahtikaevamata dreeniotsast aetakse läbi jäme traat (5 mm läbimõõduga telefonitraat), mille teises otsas on terashari (lambiharja sarnane). Traat koos harjaga tõmmatakse mitme töölise jõul dreenilõigust läbi ja tõmmatakse sellega setted välja. Harjaga on võimalik torusid puhastada ka juurtega ummistumisest.

## V. KUIVENDUSSÜSTEEMIDE REKONSTRUEERIMINE JA ÜBERKORRALDAMINE

### 1. Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise olemus

Kuivendussüsteemide rekonstrueerimine on nende põhjalik ümberehitamine, kusjuures muudetakse oluliselt kraavide, eelvoolude ja ehitiste konstruktsiooni ning dimensioone või isegi asendatakse üks kuivendusviis teiseга.

Kuivendussüsteemide ümberkorraldamine on süsteemi üksikute elementide (kraavide, ehitiste) täiendav ehitamine või nende likvideerimine, ajutiste ehitiste asendamine alatistega ja teised suhteliselt lihtsad ning odavad abinõud.

Eeltoodust lähtudes loetakse rekonstrueerimiseks ebarapärase paigutusega kraavivõrgu ümberehitamist korrapäraseks, kraavituse ümberehitamist drenaažiks ja sellega kaasnevat peaveejuhtmete ümberehitamist. Kapitaalremondi korral süvendatakse peaveejuhte tavaliselt kuni esialgselt projekteeritud põhjani või sellest mõnevõrra sügavamaks. Rekonstrueerimisel süvendatakse veejuhet märksa ulatuslikumalt, kusjuures sageli suurendatakse nõlvust, kindlustatakse kraavisängi jne.

### 2. Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise vajadus

Kuivendussüsteemide rekonstrueerimise või ümberkorraldamise vajaduse tingib peamiselt kaks asjaolu:

- a) süsteemide ebarahuldav tehniline seisukord ehk nn. tehniline kulumine ja
- b) süsteemide moraalne kulumine.

Kui kuivendussüsteemid ebarahuldava tehnilise seisukorra tõttu kuivendatud maal soodsat veerežiimi ei taga, siis on sageli otstarbekam asendada kapitaalremont põhjaliku ümberehitamisega. Eriti käib see täiesti ummistunud lahtise detailkuivendusvõrgu kohta, sest kaasaja mehhaniseerimistase juures on lihtsam vanu ummistunud kraave kinni ajada ja uusi ehitada kui vanu puhastada.

ja uusi ehitada kui vanu puhastada.

Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise vajadus võib olla tingitud ka süsteemide ebatäiuslikkusest, mille tõttu kuivendusvõrguga maade põllumajanduslik kasutamine on takistatud. Peale selle on ümberehitamist tarvis juhtumitel, kui süsteemi üksikute elementide töökorras hoidmine on seotud sagedaste ja mahukate remondi- ja korrashoiutöödega.

Kuivendussüsteem ja selle üksikud elemendid kuluvad mitte ainult tehniliselt, vaid ka n.-ö. moraalselt. Kuivendussüsteemide moraalset kulumist põhjustab peamiselt kuivendatud maade kasutamise intensiivistumine. Näiteks niidul võib kraavitus kuivenduse nõudeid rahuldada, põllumaa korral aga enamasti mitte. Üleminek heinaväljasüsteemilt intensiivsema te maaviljelussüsteemidele esitab senisest suuremaid nõudeid ka kuivendussüsteemidele. Tihe lahtine kuivendusvõrk takistab põllutööde mehhaniseerimist ning vähendab masinate kasutamise efektiivsust. Põllumajandusliku tootmise nõuete suurenemisel võib süsteem osutada moraalselt kulunuks ka rahuldava tehnilise seisukorra puhul. Sellele vaatamata pole heas tehnilises seisukorras olevaid kuivendussüsteeme ratsionaalne rekonstrueerida. See töö lükkub tavaliselt järgmise kapitaalremondini. Seega tuleks rekonstrueerida esimeses järjekorras just neid süsteeme, mis üheaegselt on kulunud nii moraalselt kui ka tehniliselt.

Selliseid kuivendussüsteeme, mis põllumajanduse nõudeid ei rahulda, on väga palju. Kuivendusvõrguga maade pindala Nõukogude Liidus on üle 8 miljoni hektari. Sellest maast on põllumajanduslikus kasutuses ainult 5,6 miljonit hektarit ehk ligikaudu 70%. Kuivendusvõrguga maade halva kasutuselevõtmise peamiseks põhjuseks on kuivendusvõrgu mittevastavus põllumajandusliku tootmise nõuetele (halvas tehnilises seisukorras või puudulik kraavivõrk). Kuivendusviisina on seni domineerinud kraavitus, kuna drenaažiga on kuivendatud vaid 7-8% kõigist kuivendusvõrguga maadest.

1960. aasta loenduse andmetel on Eesti NSV-s kuivendusvõrguga maid kokku 660 200 ha, kusjuures sellest on põllumajanduslikuks kasutamiseks ilma täiendavate maaparanduslike abinõudeta kõlbulik 183 300 ha ehk 28%. Ülejäänud maid tuleb

lugeda vaid osaliselt kuivendatud maadeks, mille põllumajanduslik kasutamine eeldab peaveejuhtmete ja äravoolukraavide kapitaalremonti ja ümberehitamist, reguleeriva võrgu täiendavat ehitamist või selle taastamist ja ümberehitamist. Reguleerivat võrku on tarvis ümber ehitada ja taastada ligikaudu 214 600 hektaril, mis moodustab 33% kõigist kuivendusvõrguga maadest. Seda asjaolu põhjustab kraavituse suur erikaal ja olemasolevate kuivendussüsteemide puudulik korrashoid. Sama loenduse andmetel on drenaažiga kuivendatud ligikaudu 60 000 ha ehk 9% kõigist kuivendusvõrguga maadest.

### 3. Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise viisid

Kuivendussüsteemide rekonstrueerimise ulatuse dikteerib esmajoonel reguleeriva võrgu seisukord ja selle rekonstrueerimise vajadus. Kõige põhjalikumalt tuleb ümber ehitada ebakorrapärane kraavivõrk. Seda rekonstrueeritakse korrapärase paigutusega kraavivõrguks või drenaažiks. Kraavitus on seni jäänud põhiliseks kuivendusviisiks raskete savimaade, luhtade ja metsamaade kuivendamisel. Ka maapinnalähedase paese aluspõhja ja rähase pinnase korral pole drenaaži ehitamine otstarbekas. Et drenaaž vastab rohkem kaasaja põllumajandusliku tootmise nõuetele, siis tuleb muudel juhtumitel süsteemide rekonstrueerimisel silmas pidada just seda viisi. Eesti NSV-s seisneb drenaažisüsteemide ehitamine paljudel juhtumitel olemasoleva kraavivõrgu rekonstrueerimises drenaažiks.

Kõikide olemasolevate kuivendussüsteemide ümberehitamine drenaažiks on seotud suurte kuludega. Kogu Nõukogude Liidu hiiglasuurel kuivendusvõrguga maa-alal pole see töö lühikese aja jooksul teostatav. Seepärast soovivad paljud Nõukogude Liidu maaparanduslikud uurimisinstituudid kasutada lihtsaid ja odavaid kuivendusvõtteid, nagu harvendatud kraavivõrku koos agromelioratiivsete võtetega, muttdrenaaži, kuivendusnõvasid jne. Mõnes piirkonnas, eriti Valgevene NSV-s, on levinud nn. põhjakuivendus suurte vahekaugustega ja sügava kraavivõrgu abil. Seda võtet on otstarbekas kasutada soodes, kus turbakihi sügavus on 2-2,5 m ja selle all on hea veeläbilaskvusega jämedateraline liiv. Kraavide keskmiseks

sügavuseks on 2,5-3 m, kusjuures kraavi põhi peab ulatuma liivakihi alla vähemalt 0,5-0,7 m. Sellistes tingimustes võib kraavide vahekaugus ulatuda kuni 300 meetrini ja isegi üle selle, sest liiva hea veeläbilaskvuse tõttu on kuivenduse mõju ulatus suur. Kui turba all on raskem pinnas, siis pole see viis efektiivne. Eesti NSV-s on põhjakuivenduse kasutamine mõeldav vaid erandjuhtumitel, sest meie soode aluspõhja moodustavad enamasti rasked pinnaseliigid.

Kuivendussüsteemide rekonstrueerimisel ja ümberkorraldamisel ei saa piirduda ainult reguleeriva võrguga, vaid see puudutab tavaliselt kogu süsteemi tervikuna, alates kuivenduskraavidest ja -drenidest ning lõpetades peakraavide ja eelvooluga.

## VI. KUIVENDUSSÜSTEEMIDE EKSPLUATATSIOONI ORGANISEERIMINE

### 1. Ekspluatatsiooniteenistuse struktuur

Vastavalt NSVL Põllumajanduse Ministeeriumi poolt kinditatud "Kuivendussüsteemide tehnilise eksploatatsiooni ajutistele juhistele" (1955) vastutavad eelvoolude, majanditevaheliste kraavide ja neil asuvate hüdrotehniliste- ja muude ehitiste korrashoiu, säilimise ja õige kasutamise eest kohalikud liidu-, autonoomsete vabariikide, kraavide ja oblastite veemajanduse (maaparanduse) organid. Majandisisesel kuivendusvõrgu ja sellel asuvate ehitiste korrashoiu ja õige kasutamise eest vastutab majand, kellele kuivendatud maa on kindistatud.

Kuivendussüsteemide eksploatatsiooniteenistuse organisatsiooniline struktuur oleneb eeskätt kuivendatud maade suurusest ja selle territoriaalsest paiknemisest.

Kuivendussüsteemide eksploatatsiooniga tegelevad NSV Liidus käesoleval ajal järgmised organid:

1. Kuivendussüsteemide valitsused, kellede tööpiirkonda kuulub üks terviklik, vähemalt 10 000-ha-se pindalaga kuivendatud massiiv.

2. Kuivendussüsteemide territoriaalvalitsused, kes teostavad tehnilist eksploatatsiooni mitmel eraldi kuivendatud massiivil kuivendatud maade vähemalt 10 000 ha-se üldpindala puhul. Territoriaalvalitsuse tööpiirkond hõlmab tavaliselt mitut administratiivset rajooni ning tema piirid on määratud rajoonide piiridega.

3. Iseseisvad eksploatatsioonijaoskonnad, kes teostavad tehnilist eksploatatsiooni üksikutel kuivendatud massiividel, mille pindala on 5000-10000 ha.

4. Rajooni maaparandusteenistus, kes täidab spetsiaalse asutuse puudumise korral kuivendussüsteemide eksploatatsiooni ülesandeid rajoonis.

Besti NSV-s tegutsesid kuivendussüsteemide eksploatatsioonioorganitena kuni 1957. aasta lõpuni kuivendussüsteemide territoriaalvalitsused. Vastavalt Eesti NSV Ministrite Nõukogu määrusele nr. 405 "Abinõudest maaparandustööde paremaks korraldamiseks vabariigis" 28. dets. 1957. aastast moodustati olemasolevate kuivendussüsteemide territoriaalvalitsuste baasil maaparanduse valitsused. Maaparanduse valitsused on rajoonidevahelised ning nende ülesandeks on oma tööpiirkonnas maaparandustööde juhtimine ja kõigi maaparandusega seoses olevate küsimuste lahendamine. Muude ülesannete kõrval on maaparanduse valitsustel ülesandeks eksploatatsioonialaste tööde korraldamine oma piirkonnas. Vastavalt kuivendatud maa suurusel jaotuvad maaparanduse valitsused kolme järku:

- I järk üle 150 000 ha,
- II järk 75 000 - 150 000 ha,
- III järk kuni 75 000 ha.

Järgust sõltub insener-tehniliste töötajate arv ja nende töötasu.

Maaparanduse valitsuste (samuti kuivendussüsteemide valitsuste ja territoriaalvalitsuste) tööpiirkond jaguneb eksploatatsioonijaoskondadeks. Jaoskondade tööpiirkonnaks arvestatakse 8000 - 10 000 ha kuivendatud maid. Jaoskondade piiride kindlaksmääramisel peab silmas pidama, et peakraav ega selle vesikond ei tükelduks mitme jaoskonna vahel. Kui regu-

leeritud eelvool on väga pikk, eriti sel korral, kui ta väljub kuivendatud territooriumilt, siis on tema korrashoiuks otstarbekas moodustada spetsiaalne eksploatatsioonijaoskond, kes majandi kuivendusvõrgu eksploatatsiooni juhtimisega ei tegele.

Eelvoolud, peakraavid ja ärajuhtiv võrk jagatakse piirkondadeks, mida teenindab üks kraavivalvur-remontija. Ühele valvurile-remontijale kinnistatud kraaviosa pikkus oleneb kraavi mõõtmetest, ehitiste olemasolust, pinnase iseloomust, kindlustuste olemasolust ja nende tüübist, samuti kuivendatud maa-ala põllumajanduslikust kasutamisest jne. Ligikaudsete normidena soovitatakse 5-7 km reguleeritud eelvoolu või 8-10 km peakraavi või 10-15 km muid majanditevahelisi kraave ühe kraavivalvuri-remontija kohta.

Majandisisesse kuivendusvõrgu korrashoiuks tuleb ka majandil rakendada kraavivalvureid-remontijaid. Ühe remontija kohta on soovitav arvestada ligikaudu 250-300 ha drenaažisüsteeme, kusjuures kogujakraavide pikkus ei ületaks 7-8 km.

## 2. Eksploatatsiooniteenistuse organite kohustused ja õigused

Nagu eespool selgus, pole Eesti NSV-s spetsiaalset eksploatatsiooniteenistuse organit. Eksploatatsioonialased ülesanded on pandud maaparanduse valitsustele, kes on ühtlasi kogu maaparandustööde juhiks oma tööpiirkonnas.

Maaparanduse valitsuste tähtsamad eksploatatsioonialased ülesanded on:

- a) nii riigieelarve kui ka majandite kulul ehitatud maaparandusobjektide eksploatatsiooni võtmine,
- b) eksploatatsioonitööde planeerimine ja aruandlus,
- c) majanditevaheliste veejuhtmete remont ja korrashoid riigieelarve summade arvel,
- d) organisatsioonilise ja tehnilise abi osutamine oma tööpiirkonna majanditele kuivendussüsteemide nõuetekohaseks eksploatatsiooniks ja kuivendatud maade õige kasutamiseks,

e) hüdromeetrilised tööd veejuhtmetel ja kuivendatud maadel,

f) järelevalve nii majanditevaheliste veejuhtmete kui ka majandisistest süsteemide korrashoiu üle.

Kuivendussüsteeme omavate majandite ja maaparandusorganite vastastikused kohustused ja õigused on fikseeritud "Kuivendussüsteemide ja neil asuvate hüdrotehniliste ehitiste eksploatatsiooni, kaitse ja korrashoiu ning kahjude hüvitamise ja trahvide sissenõudmise põhimääruses", mis on kinnitatud Eesti NSV Ministrite Nõukogu 1960. a. 21. oktoobri määrusega nr. 422.

Nimetatud põhimääruse kohaselt on kuivendussüsteeme valdavad majandid (ka teised ettevõtted, asutused ja organisatsioonid) kohustatud nende valduses ja kasutuses olevaid kuivendussüsteeme korras hoidma. Kui majandisistel kuivendussüsteemidel avastatakse puudusi, teevad maaparandusorganid kindlaks kuivendussüsteemide remonttööde ligikaudse mahu ja maksumuse ning juhivad vastavate majandite juhatajate tähelepanu vajadusele kiires korras remonti teha või teevad ettepaneku remondi jaoks ette näha summasid järgmise aasta tootmis-finantsplaanides. Kui neid töid ei tehta õigeaegselt, nii et tekib kuivendussüsteemide edasise riknemise oht, siis määrab maaparandusorgan (maaparanduse valitsus) maavaldajale konkreetse tähtaja remonttööde läbiviimiseks, täpsustades eelnevalt nende tööde ligikaudse mahu ja maksumuse. Kui töid ei alustatud määratud ajaks või tehti ebakvaliteetselt, siis saadetakse maavaldajale teistkordne kirjalik meeldetuletus. Kui sellele vaatamata ei ole tööd antud tähtajaks lõpetatud, siis on maaparandusorganil õigus kooskõlas rajooni täitevkomiteega see töö ära teha ning tööde maksumus majandilt sisse nõuda.

Sama põhimääruse kohaselt on õigus isikuid, kes rikuvad kuivendussüsteemide korrashoiu korda, trahvida rajooni või linna tööraha saadikute nõukogu täitevkomitee administratiivkomisjoni otsusel rahatrahviga kuni 25 rubla. Juhul kui kuivendussüsteeme rikutakse kuritahtlikult, esitatakse akt juurdlusorganitele süüdlaste kriminaalvastutusele võtmiseks.

Loomulikult ei pea majandite juhtkonda suunama kuivendus-  
süsteemide korrashoiutöödele mitte niivõrd nimetatud määruses  
esitatud nõuded ja sanktsioonid, kuivõrd arusaamine kuivendus-  
süsteemide korrashoiust kui olulisest lülist kõrgete saakide  
saamiseks kuivendatud maadelt.

## K i r j a n d u s

- Abinõudest maaparandustööde paremaks korraldamiseks vabariigis. ENSV Ministrite Nõukogu määrus 28. detsember 1957 nr. 405.
- A d o j a a n, A., Rohumaaviljelus Eestis. Tallinn 1961.
- A l e k a n d, K., Dreeniliidustest. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 21. 1959.
- A l e k a n d, K., Filtreerivast materjalist kattekihi mõju dreenaarži efektiivsusele. EPA teaduslike tööde kogumik, 17. Tartu. 1960.
- A l e k a n d, K., Dreenkaeviku täitepinnase tihenemine. EPA teaduslike tööde kogumik, 22. Tartu 1961(a).
- A l e k a n d, K., Raudbetoondetailid kraavisängide kindlustamiseks. Ratsionaliseerimisetepanek koondisele "Eesti Põllumajandustehnika". Käsikiri. 1961(b).
- A l e k a n d, K., Kraavisängide kindlustamine raudbetoondetailidega. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 15. 1962.
- A l e k a n d, K., S a l u m, O., Kraavisängide kindlustamisest raudbetoondetailidega. Teaduslik-tehniline kogumik. Maaparandus. Tallinn 1961.
- A l e k a n d, K., S e p p, M., T o m b e r g, H., Valgevene NSV maaparandusest. Käsikiri 1962.
- Eeskiri hüdroloogiajaamadele ja vaatluspostidele, II osa, vaatluspostide hüdroloogilised vaatlused. Leningrad 1957.
- H e e s e, K., Meliorationsmaschinen (Entwässerung). Berlin 1961.
- H o m m i k, K., Projekteerida ja ehitada suuremaid kuivendussüsteeme. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 18. 1960.
- K a r u s, G., Kraavinõlvade kindlustamise kogemusi. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 1. 1958.

- K a r u s, G., Kraavisängide kindlustamine. "Maaparandaja" nr. 1. 1958.
- K a r u s, G., Kraavinõlvade kindlustamisest. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 5. 1961.
- K a r u s, G., Dreenide puhastusseadmeid. Teaduslik-tehniline kogumik. Maaparandus. Tallinn 1961.
- Kuivendussüsteemide tehnilise eksploatatsiooni ajutised juhised. NSVL Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsus. Moskva 1955.
- K u u m, J., Soode kuivendamine ja kasutamine põllumajanduses. Tallinn 1954.
- K u u m, J., T o m i n g a s, E., Põllumajanduslik dreanaž. Tallinn 1959.
- L e v i n, M., O j a v e s k i, K., Keemiline umbrohutõrje. Tallinn 1961.
- N e e m e, T., Herbitsiidide kasutamisest Eestis. Tallinn 1960.
- N o o b e l, O., Mõningaid tähelepanekuid dreanažisüsteemide taastamisest. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 11. 1956.
- P a r v e t, A., Maakuivendus dreanažiga. Tallinn 1955.
- R a t a s s e p p, E., Dreanažisüsteemide taastamise kogemusi. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 10. 1955.
- S c h r o e d e r, G., Landwirtschaftlicher Wasserbau. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950.
- S e p p, M., Kraavinõlvade heinaseemne külviga kindlustamise esimesi kogemusi. "Sotsialistlik Põllumajandus" nr. 21. 1961.
- S e p p, M., T e r a s, A., Rohukamara kujundamisest kraavinõlvadele heinaseemnekülviga. Teaduslik-tehniline kogumik. Maaparandus. Tallinn 1961.
- S e r m a t, Ü., Turbalasundi vajumine seoses kuivendamisega, selle kaasnähtused ja vajumise suuruse määramine. Eesti Põllumajanduse Akadeemia üliõpilaste teaduslike tööde kogumik nr. 1. Tartu 1959.
- T o m i n g a s, E., Maakuivendussüsteemide remont ja korrashoid, Tartu 1947.
- T o m i n g a s, E., Maaparanduse õpik. Tallinn 1949.

- А в е р о ч к и н а М. В. Деформации песчаных откосов осушительных каналов, вызванные фильтрационным давлением. Вестник Московского университета, серия биологии, 2. Москва, 1958.
- Б е р н а т ц к и й Л. Н. Условия устойчивости земляных масс. Москва, 1925.
- Б е с с р е б р е н н и к о в Н. К. Борьба с зарастанием отрегулированных водоприемников и каналов Полесья. Автореферат. Минск, 1958 (а).
- Б е с с р е б р е н н и к о в Н. К. К вопросу о химических способах борьбы с зарастанием осушительных каналов. Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства. Труды института, том VIII, Минск, 1958 (б).
- Б е с с р е б р е н н и к о в Н. К. Химические меры борьбы с зарастанием осушительной сети. Тезисы докладов научно-производственной конференции по эксплуатации осушительных систем. Каунас, 1960.
- Б и р н а я А. Ф., Г у д ж а б и д з е И. И. Опыт применения гербицидов в борьбе с зарастанием каналов на Колхиде. Гидротехника и мелиорация, 4, 1957.
- Б о г д а н о в В. Г. Экскаватор ЭМ-161 - нужная, в осушении машина. Гидротехника и мелиорация, 2, 1960.
- Б р у д а с т о в А. Д. Осушение минеральных и болотных земель. Москва, 1955.
- В а н ь к е в и ч А. П., З у б е ц В. М. Закрепление откосов осушительных каналов засевом трав. Гидротехника и мелиорация, 4, 1952.

- Г а т а л ь с к и й Г. А. Крепление откосов осушительных систем залужением травосмесью. Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства. Труды института, том VIII, Минск, 1958.
- Г е й т м а н Б. Г. Охрана и ремонт осушительной сети. Ленинград, 1932.
- Г е й т м а н Б. Г., П и с а р ь к о в Х. А. Осушение сельскохозяйственных земель. Москва-Ленинград, 1955.
- Г е т м а н о в Я. Я. Нужна охрана осушительных систем. Мелиоративное дело, 8-9, 1930.
- Г о л у б о в с к и й Э. Г. Укрепление русел трапециевидного сечения в условиях Латвийской ССР. ЛатНИИГМ. Вопросы осушения и освоения осушенных земель, I. Рига, 1958.
- Г о л у б о в с к и й Э. Г. Рациональные способы крепления русел отрегулированных водоприемников и магистральных каналов в Латвийской ССР. Автореферат. Рига, 1959.
- Г о р и н с к и й В. Н. Механизация работ по очистке осушительных каналов за рубежом. Гидротехника и мелиорация, 8, 1962.
- Г р а м м а т и н В. Н. Уход за осушительной сетью. Москва, 1931.
- Г р а м м а т и н В. Н. Осадка болот при осушении для сельскохозяйственных целей. СНИИГМ, вып. 9. Ленинград, 1939.
- Д у б а х А. Д. О природных причинах изменений поперечного сечения канав на торфяных болотах. Болотоведение, 3, 1912.

- Д у б а х А. Д. Что необходимо для развития мелиоративных работ. Мелиорационный журнал, I, 1915.
- Д у б а х А. Д. Изменение профиля осушительных канав с течением времени. Белорусская ССР. Управление землеустройства и мелиорации. Научно-исследовательские работы 1925. Минск, 1926.
- Д у б а х А. Д. Устойчивый поперечный профиль осушительных канав на лесной площади. Сборник трудов ЦНИИЛХ. Ленинград, 1936.
- Д у б а х А. Д. Гидротехнические мелиорации лесных земель. Москва, 1945.
- З у б е ц В. М. Сохранность мелкой осушительной сети. Гидротехника и мелиорация, I, 1950.
- З у б е ц В. М. Исследование нарушений устойчивости осушительных систем в БССР и мероприятия по их устранению. Диссертация. Минск, 1954.
- З у б е ц В. М. Вопросы эксплуатации осушительных систем. Гидротехника и мелиорация, 9, 1956.
- З у б е ц В. М. Из опыта осушения торфяников гончарным дренажем. Гидротехника и мелиорация, 7, 1960 (а).
- З у б е ц В. М. Новое в очистке дренажей от заиления. Гидротехника и мелиорация, 8, 1960 (б).
- З у б е ц В. М. Эксплуатация закрытого дренажа. Минск, 1961.
- З у з и к А. Т. Экономика водного хозяйства. Москва, 1959.
- И г н а т е н о к Ф. В. О защите зазоров дренажных труб. АИ Латвийской ССР. Исследования по гончарному дренажу и народнохозяйственной рентабельности мелиоративных

мероприятий. Рига, 1955.

Инструкция по технической эксплуатации осушительных систем.  
Москва, 1939.

К о с т я к о в А. Н. Основы мелиорации. Москва, 1960.

К р и в о н о с о в И. М. Повреждение дренажных систем  
корнями растений. СНИИГим, Бюллетень, 3. Ленинград,  
1957.

К р и в о н о с о в И. М. Опыт применения аэрометодов для  
картирования и изучения дренажных систем. СевНИИГим,  
КОМС. Научные труды, I. Калининград, 1959.

К р и в о н о с о в И. М. Влияние промерзания почвы на  
состояние и действие дренажа. Труды СевНИИГим-а, вып.  
18. Ленинград, 1960.

Л а в р о в А. В. Осушение болот и заболоченных земель в  
Германской Демократической Республике. Москва, 1956.

Л а в р о в А. В. О гидравлически наивыгоднейшем сечении  
осушительных каналов. Белорусский научно-исследова-  
тельский институт мелиорации и водного хозяйства.  
Труды института, том IX. Минск, 1958.

Л е в а н о в с к и й Л. Б. Устойчивые формы русел регу-  
лируемых мелких рек и открытых осушительных каналов в  
условиях Мещеры. Осушение и освоение земель Мещерской  
низменности. Москва, 1955.

Л и н н и к Е. Ф. Химическая борьба с зарастанием мелио-  
ративных каналов и водоемов (обзор иностранной литера-  
туры). Гидротехника и мелиорация, 2, 1960.

М е р И. И. Машины для механизации мелиоративных работ.  
Гидротехника и мелиорация, 8, 1956.

- М о р г у н о в Н. И., П р о т о п о п о в Б. М. Простейшие механизмы для очистки осушительных каналов от травяной растительности. Бюллетень по обмену опытом и внедрению новой техники в водном хозяйстве, I. Москва, 1957.
- О ф ф е н г е н д е н С. Р., П а н а д и а д и А. Д. и др. Эксплуатация гидромелиоративных систем. Москва, 1956.
- П е ч к у р о в А. Ф. Устойчивость русла регулированных рек. Минск, 1950.
- П е ч к у р о в А. Ф. О проектировании и строительстве устойчивых водоприемников и проводящих каналов в условиях БССР. Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства. Труды института, том IX. Минск, 1958.
- П е ч к у р о в А. Ф. Устойчивость русла рек и каналов осушительных систем БССР. Автореферат. Минск, 1960.
- П и с а р ь к о в Х. А. Причины повреждений и продолжительность действия разных типов дренажей. Ленинград, 1932.
- П и с а р ь к о в Х. А. Повреждение дренажа и меры борьбы с ними. СНИИГМ, вып. 5. Ленинград, 1938.
- П и с а р ь к о в Х. А. Заиливание дрен и меры борьбы с ними. СНИИГМ, Бюллетень, I. Ленинград, 1956.
- П р о т о п о п о в Б. М. О малой механизации работ по эксплуатации осушительной сети. СевНИИГМ, КОМС. Научные труды, вып. I. Калининград, 1959.
- П р о т о п о п о в Б. М. Новые экскаваторные ковши для

эксплуатационной очистки открытых осушительных систем от ила и болотной растительности. СевНИИГМ, КОМС. Научные труды вып. I. Калининград, 1959.

- П х а к а д з е П. С. Эксплуатация осушительных систем Колхиды и мероприятия для ее рациональной постановки. Диссертация. Тбилиси, 1955.
- Р о з е н б е р г а В. К. Применение гербицидов в борьбе с зарастанием водоотводящих каналов. Тезисы докладов научно-производственной конференции по эксплуатации осушительных систем. Каунас, 1960.
- Р о з е н б е р г а В. К. Применение гербицидов при зарастании осушительных каналов. Труды ЛатНИИГМ, I. Елгава, 1962.
- Р о з и н В. А. К вопросу об осушении минеральных заболоченных земель открытыми канавами. Ленинград, 1934.
- Р о з и н В. А. Инструкция по выявлению, ремонту и эксплуатации подземного дренажа. Калининград, 1950.
- Р у с и н о в И. Организация и механизация производства работ по осушению и освоению осушенных земель в нечерноземной полосе ССР. Вопросы мелиорации лугов и пастбищ. Warszawa, 1961.
- С а к о в и ч Ф. И. Вопросы мелиорации на научной конференции, посвященной 50-летию Минской опытной болотной станции. Гидротехника и мелиорация, 11, 1961.
- С а к о в и ч Ф. И., М а к о в с к и й М. В. Разработка методов эксплуатации осушительных систем. АН БССР. Институт мелиорации водного и болотного хозяйства. Некоторые результаты научно-исследовательской работы

института за 1955 г. Минск, 1956.

Савенко И. В. Шнеко-роторная машина для очистки осушительных каналов. Гидротехника и мелиорация, 7, 1958.

Савкин В. И. Решетчатые ковши для очистки каналов. Гидротехника и мелиорация, 4, 1960.

Свадковский Э. Г. Осадка торфа и уменьшение глубины осушительных каналов на болотах. Доклады ВАСХНИЛ, 23-24. Москва, 1939.

Селиверстов М. Н. Содержание и ремонт осушительных систем. СНИИГиМ, вып. 10. Ленинград, 1939.

Сидонцев Л. Н. Влажность верхнего слоя почвы как показатель возможности картирования дренажных систем. СевНИИГиМ, КОМС, научные труды, 1. Калининград, 1959 (а).

Сидонцев Л. Н. Причины заиления и зарастания дренажных линий. СевНИИГиМ, КОМС. Научные труды, 1. Калининград, 1959 (б).

Соболевский Ю. А. О некоторых причинах разрушения откосов мелиоративных каналов в условиях Белоруссии. Белорусский политехнический институт. Сборник научных работ, вып. 54. Минск, 1956.

Сokolовский В. Г. Влияние прямой солнечной радиации на формулирование устойчивого поперечного сечения осушительного канала. ЛатНИИГиМ. Вопросы осушения и освоения осушенных земель 1. Рига, 1958.

Смирнов А. В. Организуем эксплуатацию осушительных систем. Мелиорация и торф, 1, 1931.

Смирнов А. В., Нефедов В. Д. Переустройство осушительных систем. Москва, 1957.

- Тимофеев А. Ф. Повреждения осушительных каналов и меры борьбы с ними. Диссертация. Ленинград, 1953.
- Тимофеев А. Ф. Борьба с зарастанием осушительных каналов путем их отенения. Лесное хозяйство, 9, 1959.
- Томберг У. Х. Осадка торфа при осушении болот. Известия АН ЭССР, серия биологическая, 2. Таллин, 1957.
- Уйска Я. Е. Основные положения для проектирования осушительных систем в условиях Латвийской ССР. АН Латвийской ССР. Институт мелиорации. Вопросы осушения избыточно увлажненных земель и регулирование поверхностного и дренажного стоков. Рига, 1954.
- Фадеев П. И., Аверочкина М. В. Деформации осушительных каналов Мещерской низменности, их виды и причины возникновения. Вестник Московского университета, серия биологическая, 1. Москва, 1958.
- Чейчис И. Мероприятия по увеличению устойчивости осушительных каналов. Тезисы докладов научно-производственной конференции по эксплуатации осушительных систем. Каунас, 1960.
- Шабак Э. Отрицательные результаты осушки. Лесной журнал, 4, 1915.
- Шаблинский В. В. Гидравлические расчеты каналов и малых рек при осушении торфяных месторождений, болот и заболоченных земель. Москва-Ленинград, 1959.
- Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. Москва, 1959.
- Шумян В. А. Основы эксплуатации оросительных и осушительных систем. Москва, 1956.

Ш и л е й к а В. Ю. Повреждения закрытого дренажа из гончарных и бетонных труб и мероприятия по их предупреждению и устранению. Автореферат. Каунас, 1959 (а).

Ш и л е й к а В. Ю. Дренаж в Литовской ССР. Вильнюс, 1959 (б).

Ю н е в и ч Д. П. Эксплуатация осушительных систем. Москва, 1955.

Я н г о л ь А. М. Деформация осушительных каналов в минеральном грунте. Труды УкрНИИГим, 71/1. Киев-Харьков, 1952.

## S i s u k o r d

Eessõna .....	3
I. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni olemus ja ülesanded .....	4
1. Kuivendussüsteemi mõiste .....	4
2. Põllumajandusliku tootmise nõuded kuivendussüsteemidele .....	5
3. Tehnilised nõuded kuivendussüsteemidele .....	5
4. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni ülesanded..	6
5. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni arengust...	8
II. Kuivendussüsteemide rikked ja nende ärahoidmise abinõud .....	10
1. Lahtise kuivendusvõrgu deformatsioonide põhjused ja liigid .....	10
2. Pinnase füüsikalise-mehhaanilistest omadustest tingitud deformatsioonid ja nende vältimine.....	12
3. Turba vajumine lahtise kuivendusvõrgu deformatsiooni tegurina .....	14
4. Kraavide hüdroloogilistest teguritest tingitud deformatsioonid ja nende ärahoidmise abinõud....	20
5. Kraavide hüdrogeoloogilistest teguritest tingitud deformatsioonid ja nende vältimine.....	24
6. Kraavisängide rohtumine ja selle vältimine.....	27
7. Kraavinõlvade kliimateguritest põhjustatud deformatsioonid ja nende vältimine .....	29
8. Kunstlikud tegurid lahtise kuivendusvõrgu deformatsioonide põhjustajatena .....	31
9. Lahtise kuivendusvõrgu deformatsioonide dünaamika .....	32
10. Drenaažisüsteemide rikete põhjused .....	33
11. Pinnaseomadustest tingitud drenaažirikked ja nende vältimine .....	33

12.	Taimejuurte tungimine dreenidesse ja selle vältimine .....	36
III.	Kraavisängide kindlustamine .....	39
1.	Kindlustamise vajadus ja otstarbekus .....	39
2.	Kindlustusviisi valikust .....	41
3.	Lausmätastus .....	42
4.	Ruut- ja malelaudmätastus .....	45
5.	Seinmätastus .....	46
6.	Rohukamara kujundamine kraavinõlvadele heina- seemnekülviga .....	47
7.	Hagupunutis .....	51
8.	Lattkindlustis .....	53
9.	Laudkindlustis .....	54
10.	Fašiinkindlustis .....	54
11.	Hagukate .....	58
12.	Kivikindlustis .....	59
13.	Kraavisängide kindlustamine raudbetoondetai- lidega .....	61
IV.	Kuivendussüsteemide korrashoid ja remont .....	66
1.	Kuivendussüsteemide järelevaatamine ja hool- damine .....	66
2.	Kuivendussüsteemide eksploatatsiooniline hüdromeetria .....	66
3.	Kuivendussüsteemide ettevalmistamine suur- vete läbilaskmiseks .....	70
4.	Kuivendussüsteemide armeerimine .....	71
5.	Kuivendussüsteemide remondi liigid .....	73
6.	Jooksev remont .....	74
7.	Eelvoolude ja kraavide puhastamine taimes- tikust .....	75
8.	Avariiremont .....	81
9.	Kapitaalremont, selle vaheajad .....	82
10.	Kapitaalremondieelne uurimis- ja projektee- rimistöö .....	84
11.	Lahtise kuivendusvõrgu remonttööd .....	86
12.	Lahtise kuivendusvõrgu remonttööde mehhani- seerimine .....	89
13.	Drenaažisüsteemide korrashoid .....	93

14. Drenaažisüsteemide remont .....	94
V. Kuivendussüsteemide rekonstrueerimine ja ümberkorraldamine .....	101
1. Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise olemus .....	101
2. Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise vajadus .....	101
3. Rekonstrueerimise ja ümberkorraldamise viisid .....	103
VI. Kuivendussüsteemide eksploatatsiooni organiseerimine .....	104
1. Eksploatatsiooniteenistuse struktuur.....	104
2. Eksploatatsiooniteenistuse organite kohustused ja õigused .....	106
Kirjandus .....	109

Toimetaja: A. Maastik  
Korrektor: V. Kajara

---

EPA rotaprint 1963. a. Trükipoognaid 7,75.  
Tiraaž 500 eks. MB 03225. Tellimise nr. 42.

Hind 23 kop.

Hind 23 kop.

A-113649

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 01225884 6