

Pentti Kaitera

Maankuivatus 11

Maa- ja vesirakennus, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto,
1968, s. 529–585

© RIL ry

maa- ja vesirakennus

ERIPAINOS

MAANKUIVATUS 11

PROF. PENTTI KAITERA

**SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO
HELSINKI 1968**

MAANKUIVATUS 11

PROF. PENTTI KAITERA

11 Maankuivatus

11.1 MAANKUIVATUS JA YLEINEN VESITALOUS

Maankuivatuksella tarkoitetaan vahinkoa ja haittaa tuottavan veden poisjohtamista maata vesialueelta niin, että tätä voidaan käyttää haluttuun tarkoitukseen. Sellaisista tarkoituksista, joissa maankuivatukseen asetettavat vaatimukset eroavat toisistaan, mainittakoon alueen käyttö kasvintuotantoon (maajametsätaloudelliseen), asutukseen ja rakennuspaikkana, tiealueena, urheilu- tai lentokenttänä, varastoalueena, soran, saven tai turpeen ottoon jne. Myös alueen valtaaminen meren tai järven pohjasta on maankuivatusta. Oman ryhmänsä muodostaa kaivosten kuivattaminen. Tässä yhteydessä käsitellään vain maa- ja metsätaloudellista maankuivatusta.

Maan kuivatukseen ja kasteluun kuuluvat työt, joiden avulla on pyritty järjestämään kasvin- tuotantoon liittyvää vesitaloutta, ovat vanhimpia tunnettuja vesirakennustöitä. Ne ovat jo hyvin varhaisina aikoina vaatineet yhteiskuntien keskeisen huomion osakseen, sillä niiden toteuttaminen edellyttää usein yhteistoimintaa. Niinpä jo vanhimmassa kirjoitetussa lakikokoelmassa, Hammurapin laissa, oli näitä koskevia määräyksiä, jotka kohdistuivat mm. siihen, että vesi ei saanut vahingoittaa vainoita. Suomen nykyisen vesilain mu-

kaan maankuivatuksesta on määräyksiä ojitusta, vesistön järjestelyä ja säännöstelyä sekä liitännäisesti myös jäteveden johtamista koskevien säännösten yhteydessä.

On osoittautunut yhä useammassa tapauksessa tarkoituksenmukaiseksi pyrkiä sellaiseen vesitaloudelliseen kokonaissuunnitteluun, jossa samanaikaisesti otetaan huomioon veden käytön eri muodot. Itse asiassa jokaisella vähänkin huomattavammalla vesitalouteen liittyvällä rakennustehtävällä on sellainen osavaikutus niin hyvin jätevesien poisjohtamiseen, vedenhankintaan, kasteluun, kalastukseen, kuivatukseen ja tulvasuojeluun kuin vesivoiman tuottoonkin, että vasta niistä koostuva yhteisvaikutus määrää, miten onnistuneesti laajahkojen alueiden vesitalous kyetään hoitamaan. Mitä tiheämmäksi asutus muodostuu ja mitä pitemmälle teollistunutta talouselämä on, sitä ratkaisevammin vaikuttaa vesitalouden tarkoituksenmukainen kokonaisjärjestely taloudelliseen kehitykseen.

11.2 VESIUOMIEN LUOKITUS

Seuraava vesiuomien luokitus on pyritty laatimaan siten, että siinä on otettu huomioon sekä Suomen lainsäädäntöön liittyvät että eräät teknillisuonteiset seikat.

Luonnon uomat	Tekouomat	
	avouomat	peitetyt uomat
virtavedet		
joki, virta	kanava	tunnelikanava
puro, luonnonoja	valtaoja	valtaoja
puro	runko-oja	holvioja
luonnonoja	laskuoja	putkioja
noro, ojanne	paikallisoja	paikallisoja
	veto-oja	kokooja
	reunaoja (piirioja,	
	niskaoja, suojeluja, jne.)	
	sarkaoja	imuoja
	tieoja	
	erikoisoja (pisto-oja,	
	lähdeoja, jne.)	
vesiura	vesivako, vesikouru	
vakavedet		
järvi, tulvajärvi	tekojärvi	
lampi, tulvalampi	tekolammikko	
allikko, lätäkkö		

Vesistöjen luokitukseen liittyvät vesilain mukaiset määritelmät on esitetty luvussa 15. Käsitteiden selventämiseksi mainittakoon ylläolevan luokituksen suhteen vielä seuraavaa:

On aihetta kutsua suuria kuivatusoja vanhan kansanomaisen nimityksen mukaan valtaojiksi. Nimitys viemäri, joka on aikaisemmin ollut kuivatusojista yleisesti käytetty nimi, on varattava sellaisille vesiuomille, joissa jäteveden osuus vaikuttaa suunnitteluun. Vesilain mukaan on sellaista uomaa pidettävä viemärinä, joka on tehty pääasiallisesti jäteveden johtamista varten. Ojat ovat yleensä avouomia ja viemärit peitettyjä. Salaojituksessa esiintyvät erilaiset ojat, kuten kokooajajat ja imuojat, voidaan niiden yleisyyden vuoksi ymmärtää peitettyiksi ojiksi ilman selventävää mainintaa. Peitettyjen ojien rakenne valtaojituksessa (putkiojat, holviojat) osoittaa, milloin ei ole kysymys avouomista. Esimerkiksi nimitys avoviemäri, joka voi samalla olla kuivatusojana, osoittaa, että on kysymys viemäroinnista, missä vesilain mukaan on otettava huomioon jätevesien johtamista koskevat säädökset.

11.3 MAANKUIVATUSTAVAT

Maankuivatusta toimeenpantaessa joudutaan tehtävää tarkastelemaan usein eri tavoin riippuen mm. siitä, onko kysymys tulvien poistamisesta vai pohjavedenpinnan alentamisesta, vaikka suoritettavilla toimenpiteillä tavallisesti onkin kummankin laatuja vaikutuksia. Maankuivatuksessa kohdistetaan huomio ensi sijassa haitallisten vedenkorkeuksien alentamiseen. Vesien tulo kuivatusalueelle sateena tai lumena ja roudan sulamisen yhteydessä vaihtelee suuresti eri vuodenaikoina ja eri vuosina samoin kuin sadannan (tai sulannan) ja haihdunnan erotus. Haihdunta voi pitkät ajat olla määrävänä tekijänä maan vesitaloudessa kuivattaen aluetta riittävästi. Mutta vaikka tästä johtuen toisinaan maankuivatukseen tarve rajoittuu vain muutaman viikon tai ehkä vain muutaman päivän pituiseen ajanjaksoon vuodessa, tällöin vallitsevat olosuhteet määräävät maankuivatustavan. Meren ja vesistöjen rannoilla taas näiden vedenkorkeudet asettavat omat vaatimuksensa kuivatuksessa käytettäville menettelytavoille.

Maankuivatuksessa erotetaan usein toisistaan **paikalliskuivatus** ja **peruskuivatus**. Paikalliskuivatuksella tarkoitetaan kuivatusalueelle satevien tai lumen ja roudan sulamisessa vapautuvien taikka lähialueilta valuvien ja maan kautta alueelle suotautuvien haitallisten vesien

poisjohtamista. Peruskuivatuksella taas tarkoitetaan pääasiassa kuivatusalueen ulkopuolelta valuvien haitallisten vesien poistamista tai korkean pohjaveden alentamista niin, että paikalliskuivatus voidaan toteuttaa.

Maan kuivatuksessa kysymykseen tulevat kuivatustavat voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- pintavirtauksen järjestely,
- vesiuomien teko ja suurentaminen,
- pengerryskuivatus,
- veden varastoiminen valuma-alueelle,
- virtauksen järjestely vesiuomassa ja
- maanpinnan kohottaminen.

11.31 PINTAVIRTAUKSEN JÄRJESTELY

Viettävällä maalla valuu runsaiden sateiden aikana ja lumen sulamisen yhteydessä huomattava osa alueelle tulleista vesistä pois pintavirtauksena, jonka määrä riippuu erityisesti myös maaperän läpäisevyydestä. Pintavedet pyrkivät kerääntymään notkelmiin. Tasaisilla mailla jo vähäisetkin syvennykset muodostavat kohtia, joihin kokoontuneista vesistä voi olla huomattavaa haittaa. Ensimmäinen tehtävä paikalliskuivatuksessa on maan pinnan tasottaminen ja viettosuhteiden järjestely niin, että pintavesien kerääntymiä ei pääse syntymään. Pintavirtauksen järjestelyyn kuuluu myös pienten tilapäisten vesivakojen samoin kuin pienten avo-ojien, vesikourujen tms. teko.

11.32 VESIUOMIEN TEKO JA SUURENTAMINEN

Mikäli pintavirtauksen järjestelyllä ei saada riittävää kuivatusta aikaan joudutaan tekemään erilaisia vesiuomia. Myös jo olemassa olevien luonnonuomien tai tekouomien suurentaminen ja syventäminen on usein välttämätöntä, sillä kuivatusvaatimukset pyrkivät kehityksen mukana lisääntymään. Uusia vesiuomia tehtäessä tai entisiä suurennettaessa etsitään yleensä sellainen ratkaisu, että ali-, keski- ja yliviltaamat johdetaan samassa uomassa. Toisinaan voi kuitenkin osoittautua tarkoituksenmukaiseksi tehdä ylivesien poisjohtamiseksi erillisiä **tulvauomia**. Paikallisojat kuuluvat yleensä paikalliskuivatukseen, valtaojat ja niitä suuremmat uomat peruskuivatukseen. Myöhemmin käsitellään tätä maan kuivatustapaa lähemmin (luvut 11.41, 11.42 ja 11.5).

11.33 PENGERRYSKUIVATUS

Maapenkereiden avulla voidaan estää sivuvesien pääsy kuivatusalueelle tai vallata maata

11.3

1. Lapuanjoen tulva-alueetta.
2. Kaaviokuva hajoitus- ja pidätysojien sijoituksesta rinteeseen.
3. Kaaviokuva johdepatojen sijoituksesta joen uomaan.

1



asutukseen, viljelykseen ja metsänkasvuun meren ja järven pohjasta. Näin suojatun alueen kuivatus tapahtuu olosuhteista riippuen vedennostolaitteiden avulla **keinokuivatuksena** tai maan viettosuhteita hyväksi käyttäen **luonnollisena kuivatuksena** siten kuin myöhemmin (luku 11.43) esitetään.

11.34 VEDEN VARASTOIMINEN VALUMA-ALUEELLE

Veden varastoiminen valuma-alueella oleviin **luonnollisiin altaisiin** tai **tekoaltaisiin** tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia vedenkorkeusvaihteluiden tasoittamiseksi ja etenkin tulvien poistamiseksi. Tällaiset toimenpiteet kohdistuvat vesistön virtaamien muuttamiseen ja ovat vesilain mukaan vesistön säännöstelyä. Niissä joudutaan yleensä ottamaan huomioon samanaikaisesti useiden eri intressipiirien edut. Nimenomaan vesivoimatalouden näkökohdat ovat Suomessa olleet vesistöjen säännöstelyissä hallitsevia. Viime aikoina ovat maankuivatusten ohella myös vesihuoltoon ja vesien suojeluun liittyvät seikat tulleet yhä merkityksellisemmiksi, samalla kun energian alhainen hinta höyryvoimalaitoksissa ja atomienergian avaamat näköalat asettavat kyseenalaiseksi etenkin pieniin ja vähäjärvisiin vesistöihin rakennettavien vesivoimalaitosten taloudellisuuden.

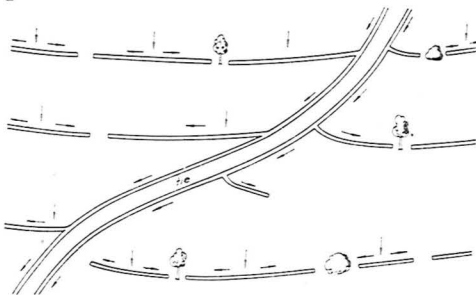
Vesien varastointia alueelle ja veden virtauksen hidastamista voidaan suorittaa myös ns. **hajoitus-** ja **pidätysojien** avulla. Tällaista menetelmää on käytetty lähinnä vuoristoseuduissa äkillisten rankkasateiden aiheuttamien tulvien torjuntaa varten (kuva 2).

11.35 VIRTAUKSEN JÄRJESTELY VESIUOMASSA

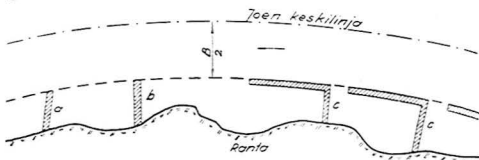
Uoman vedenkorkeus riippuu paitsi uoman suuruudesta ja kaltevuudesta sekä virtaamasta myös uoman rajapinnoissa esiintyvistä hankauksesta ja siinä tapahtuvista muutoksista. Lietteen laskeutuminen, jääsuhteet ja kasvipeite voivat aiheuttaa siinä määrin haitallisten vedenkorkeuksien lisääntymistä, että tavalliset kunnossapitotyöt eivät kykene sitä estämään. Varsinkin suurten vesiuiomien ollessa kysymyksessä voidaan joutua ylivoimaiseen ponnisteluun sellaisten luonnossa esiintyvien ilmiöiden kanssa, jotka huonontavat vesiuiomien kuntoa. Vedenkorkeuksien alentamiseksi voidaan tällöin ryhtyä toimenpiteisiin, jotka kohdistuvat lähinnä virtauksen järjestelyyn.

Johdepatojen rakentaminen. Lietteen laskeutumisen torjumiseksi keski- ja alivirtaamien

2



3



aikana, jolloin virtausnopeus on pieni, tehdään virtaa vastaan poikittain ja osaksi myös virran suuntaisia patoja, jotka päästävät yliveden aikana vedet virtaamaan ylitseen. Nämä padot suuntaavat virtauksen rajoitetulle alueelle keskiuomassa (kuva 3). Poikittaisten johdepatojen (a ja b) välimatka e on sisäkaarteissa $e = 1,5 \dots 2,0 B$ ja ulkokaarteissa $e = B$ sekä kaarrevaihteissa $e = 0,5 \dots 0,75 B$ (B = keskiuoman leveys). Lisääntynyt virtausnopeus estää lietteen laskeutumisen keskiuomassa ja hidastunut virtaus rantojen lähellä estää syöpmisen. Niissä maissa, missä lietteen laskeutumisesta aiheutuvat ongelmat ovat huomattavasti vaikeammat kuin Suomessa, on johdepatojen käyttö yleistä.

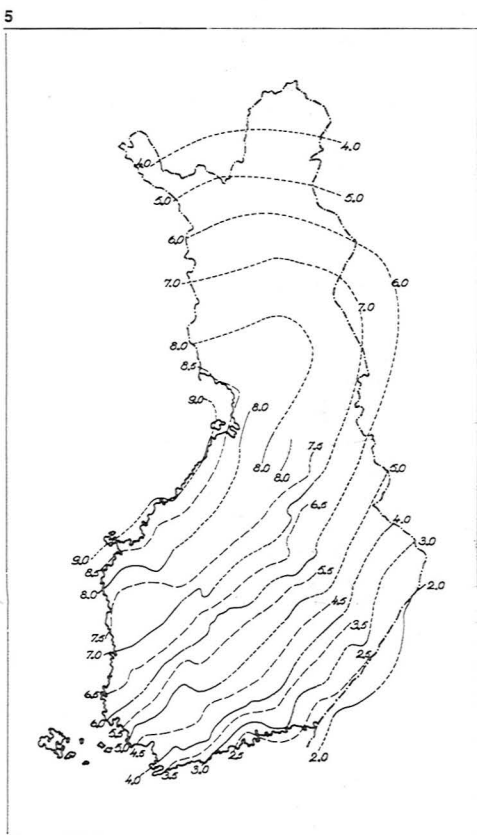
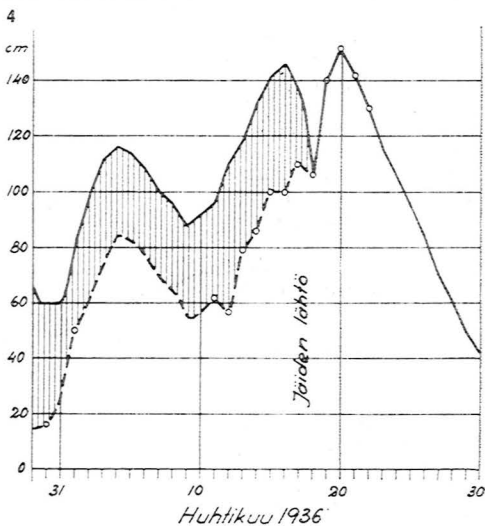
Jääesteiden poistaminen. Veden jäätyminen pakkaskaudella voi virtaavissa vesissä kohottaa vedenpintaa hyvinkin runsaasti ja äkillisesti. Tällaisten häiriöiden poistaminen riippuu osaksi siitä, minkä luonteisesta jäähaitasta on kysymys.

Jääpeite uomassa pienentää virtauspoikkeileikkausta ja lisää hankausvastusta, kun muodostuu myös veden ja jääpeitteen välinen hankauspinta (kuva 4). Pienissä uomissa voi vedenpinnan nousu jääpeitteen vaikutuksesta olla suhteellisesti suurempi kuin suurissa uomissa. Mitä leveämpi uoma on veden syvyyteen verrattuna, sitä suurempi on suhteellinen vesipoikkileikkauksen pieneneminen. Jos jäähaittoja on pelättävissä, on syvä ja kapeapohjainen uoma edullisempi kuin matala ja leveäpohjainen. Suurissa uomissa, missä keski- ja alivesiä varten voidaan tehdä syvä keskiuoma, voidaan toisinaan jäätymisalue rajoittaa vain tähän osaan, jolloin samalla muutkin jäähaitat vähenevät.

Jääpatojen aiheuttamat vedenpinnan nousut tavallisimmin ilmenevät keväällä jäiden lähdön aikaan ja erityisesti sellaisina vuosina, jolloin pitkien pakkasten jälkeen tulee niin nopea kevätulaminen, että jäät eivät ehdi ohentua. Paksut jäätelit ahtautuvat usein sellaisiin paikkoihin, missä jääpeite on vielä paksu, taikka silta-aukkoihin ja muihin ahtaisiin paikkoihin aiheuttaen valtavia ruuhkia ja veden tulvimista. Vesiuoman porrastus ja vesistön säännöstely ovat tehokkaimpia keinoja jääpatojen aiheuttamia haittoja torjuttaessa.

Suppo- eli hyydejää syntyy etenkin syys-talvella sellaisissa koskipaikoissa, missä jääpeitettä ei pääse muodostumaan. Virtaavassa vedessä lämpötila laskee joskus jopa hieman alle 0°C :n, jolloin alijäähtynyt pintavesi muodostaa kiinteiden hiukkasten ympärille puuro-

4. Jääpeitteen aiheuttama vedenpinnan nousu (viivoitettu) Putaanjoessa Vehmaalla.
5. Maankohoaminen Kääriäisen mukaan (dm/100 v.).



maista jääsuhjoja, joka usein pysähtyy virta-paikan alapuolella olevan kiintojään reunan lähelle tai kiinnittyy pohjaan ja voi täyttää lähes koko vesipöikileikkauksen aiheuttaen vedenpinnan nousua. Suppotulvia voidaan torjua vesiuomia perkaamalla, padoilla ja puomeilla. Kaikissa näissä toimenpiteissä johtavana ajatuksena on edistää pysyvän jääpeitteen muodostumista. Suppoilmion haitat pienenevät oleellisesti sen jälkeen, kun vesiuoma on porrastettu. Vesistön säännöstelyllä voidaan myös vähentää suppohaittoja.

11.36 MAANPINNAN KOHOTTAMINEN

Alueet, joita ei meren tai vesistön korkean vedenpinnan vuoksi ole mahdollista käyttää haluttuun tarkoitukseen, voidaan saada käytökelpöisiksi korottamalla niitä täytemaan avulla. Tällaista tapahtuu etenkin asutuskeskusten äärellä, kun rakennustoiminnan yhteydessä poistettavien maiden ja asutusjätteiden ajo ohjataan vesialueille tai vedenvaivamille maille, jolloin voidaan saada hyvää tonttia puutarhamaata. Myös **imuruoppauksen** yhteydessä syvennettäessä vesi- tai laivaväylää voidaan pohjasta nostetulla maalla korottaa alavia alueita.

Maaduttamisella tarkoitetaan maanpinnan kohottamista vesistöissä ja merivedessä kulkeutuvan lietteen avulla edistämällä tämän laskeutumista haluttuihin kohtiin. Maatumista tapahtuu luonnossa mm. jokien lietteen laskeutuessa tulvaväylillä tai suistomaissa, kasvi- ja eläinjätteiden vajotessa pohjaan ja kasvillisuuden muodostaessa turvetta. Maatumista edistää myös maan kohoaminen (kuva 5), jollaista tapahtuu mm. Suomen rannikoilla.

11.37 MAANKUIVATUSTAPOJEN VERTAILUA

Maasto-olosuhteet, hydrologiset tekijät ja kuivatuksen tarkoitus lähinnä määräävät, mikä maankuivatustapa kulloinkin on edullisin. Paikalliskuivatuksessa ja peruskuivatuksessa tulevat osittain kysymykseen samatkin maankuivatustavat. Työn erilaisista mittasuhteista johtuen suunnitteluperusteet ja teknillinen ratkaisu ovat kuitenkin erilaiset.

Paikalliskuivatuksessa on pintavirtauksen järjestely menetelmä, johon on ensimmäisenä huomio kohdistettava. Kun tämä on osoittautunut riittämättömäksi, tulee kysymykseen **pohjaveden pinnan alentaminen**. Tämä tapahtuu avo- ja salaojien avulla. Etenkin tasaisessa maastossa ja nimenomaan suomaille on 534

reuna- ja sarkaojilla merkittävä tehtävä myös pohjaveden alentajina. Salaojien vaikutus on ensi sijassa pohjavettä alentava. Rinnemaastossa pohjavedenpinnan alentaminen kohdistuu lähinnä paineelliseen pohjaveteen, jota esiintyy tavallisesti vain rajoitetuilla alueilla.

Vaikka **pengerryskuivatus** on tyypillinen peruskuivatustapa, niin esimerkiksi rakennusperustusten paikalliskuivatuksessa voidaan joutua käyttämään sellaista keinokuivatusta, mikä ei periaatteessa eroa pengerryskuivatuksesta. Myös viljelysmaiden paikalliskuivatus voi toisinaan olla keinokuivatusta. Muista aikaisemmin mainituista maankuivatustavoista on myös **maanpinnan kohottaminen** usein paikalliskuivatukseen liittyvää.

Peruskuivatuksessa riittävän suurten **vesiuomien teko tai vanhojen perkaaminen** on tavallisesti ainoa kysymykseen tuleva kuivatustapa. Usein kuitenkin joudutaan tekemään edullisuusvertailuja tämän perusmenetelmän sekä pengerruksen tai valuma-alueelle tapahtuvan veden varastoimisen kesken. Tarkoituksenmukaisin ratkaisu on usein löydettyä käyttämällä suurissa yrityksissä useita eri maankuivatustapoja toisiaan täydentävässä.

Pengerryskuivatuksen edellytyksiä käsitellään luvussa 11.43.

Verrattaessa vesistöjen perkausta ja **virtaamien säännöstelyä** toisiinsa olisi periaatteessa virtaamien säännöstely asetettava etusijalle, sillä siten voidaan tasoitaa virtaamavaihteluita. Tällaisesta hyötyvät, paitsi ranta-alueitten kuivatus, myös vesivoimatalous, vesihuolto, vesiensuojelu ja uitto. Hyöty ulottuu tavallisesti vesistön alajuoksulle saakka. Vesiuoman perkauksella sensijaan voidaan aiheuttaa tulvien lisääntymistä alempana ja muutoinkin karsittaa virtaamavaihteluita. Vesien varastoiminen yläpuolella on edullisin toteuttaa luonnollisissa järjältaissa ja erityisesti silloin, kun ranta-alueet eivät ole sellaisia alavia peltoja tai metsämaita, missä veden varastoimisesta aiheutuu suuria vahinkoja.

11.4 PERUSKUIVATUS

11.41 VALTAOJITUS JA PURON PERKAUS

Suunnittelua edeltävät tutkimukset. Valtaojitus ja puron perkaus ovat v. 1961 voimaan tulleen vesilain mukaan ojitusta. Lakiin liittyvässä vesiasetuksessa on yksityiskohtaisia määräyksiä siitä, mitä ojitussuunnitelman laa-

timisessa tulee ottaa huomioon ja mitä selvityksiä ja selvityksiä suunnitelman tulee sisältää.

Hydrologiset havainnot, joista tärkeimpiä ovat vedenkorkeus- ja virtaamamittaukset, on järjestettävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja niiden tulee kohdistua keskivesitilanteen ohella erityisesti ylivesikautiin. Kenttätutkimuksista ovat tärkeimpiä vesiuoman ja hyötyalueen vaaitukset ja maaperätutkimukset. Vaaitukset kytkettiin aikaisemmin NN-tasoon, joka on kuitenkin vaihdellut maankohoamisen johdosta. Tämä ensimmäinen tarkkavaaitustaso edustaa n. vuoden 1900 keskimääräistä merenpinnan tasoa. Maanmittaushallituksen peruskartat on verrattu tasoon N₄₃, jota toistaiseksi käytetään vertailutasona. Kuvassa 5 on esitetty maankohoamisen määrä mahdollisia eri aikoina suoritettujen vaaitusten vertailuja varten. Kun maastotutkimuksia on käsitelty erikseen muissa tämän kirjan luvuissa, ei näihin kysymyksiin tässä enemmälti puututa.

Vesiuoman paikka. Vesiuoman paikka määrätään kenttätutkimusten yhteydessä. Kriittisissä tapauksissa on tutkittava myös vaihtoehtoisia suuntia suunnittelun yhteydessä suoritettavia edullisuusvertailuja varten. Vesiuoman sijoituksessa on syytä kiinnittää huomiota seuraaviin näkökohtiin.

Yleensä on pyrittävä noudattamaan vanhan uoman yleissuuntaa. Mitä suuremmasta uomasta on kysymys, sitä tärkeämpää tämä on, vaikkakaan se ei saa olla esteenä sille, että mutkittelevat uomat on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan oikaisemaan. Vesi on luonnossa hakeutunut virtaamaan alavimmissa kohdissa, jonne pääuomat on aihetta sijoittaa jo siksi, että siten kaivumäärät yleensä tulevat mahdollisimman pieniksi. Samalla välttyään erillisten valtoajien teosta alavimpiin kohtiin, joihin ne yleensä on sijoitettava myös siitä syystä, että paikallisojat voidaan johtaa niihin ilman tarpeettoman syviä leikkauksia. Kuivatuksen ja viljelyn johdosta aiheutuva maanpinnan painuminen on myös otettava huomioon etsittäessä alavinta maastoa. Jos veden virtaus muutetaan pois vanhan uoman suunnasta, se merkitsee usein haittoja alempana vesistöissä, ja näiden poistaminen on otettava huomioon suunnitelmassa.

Oja on vesilain mukaan sijoitettava, mikäli se kohtuuttomitta kustannuksilla käy pänsä, rajalle tai muutoin sellaiseen kohtaan, että siitä on maan omistajalle mahdollisimman vähän haittaa. Avonaista ojaa ei ilman

omistajan suostumusta saa tehdä toisen tontille, rakennuspaikalle, puutarhaan tai muutoin erityiseen käyttöön otetulle alueelle eikä myöskään toisen salaojitetulle alueelle, ellei se ole välttämätöntä. On siis mm. vältettävä viljelyn kannalta muodoltaan epäedullisten ja pienten tiluskuvioiden muodostumista. Niinpä valtoajan tulisi leikata rajat 60...90 asteen kulmassa. Pienissä valtoajissa voidaan seurata rajoja nurkkauskohdissakin, mutta suurissa uomissa on vältettävä liian jyrkkiä mutkia. Yhteisen ojituksen suunnitelma olisi myös tehtävä niin, että jokainen osakas voi johtaa paikallisojansa suoraan valtoajaan. Kun avo-ojituksessa ei yleensä ole syytä tehdä 200...300 m pitempiä sarkoja, on tätä pidettävä ohjeena suunniteltaessa valtoajaverkkoa laajoille ja tasaisille alueille. Harkittaessa sitä, mihin saakka valtoajitus on ulotettava, on salaojitusta ajatellen otettava huomioon kokooajojen vaatima syvyys valtoajan luona ja laskuaukkojen sijoitus.

Jos rajasuunnat eivät ole maastollisesti sopivia valtoajien paikkoja, on suunnittelun yhteydessä tutkittava mahdollisuuksia tilusvaihtoihin. Näitä voidaan helpottaa valtoajien oikealla sijoituksella. Uusjakotoimituksissa on valtoajitus suunniteltava maastosuhteiden mukaan ja vasta sen jälkeen harkittava rajasovitukset.

Vesilain mukaan maanomistaja on oikeutettu pääsemään osalliseksi yhteiseen ojitukseen osallistamalla sen kustannuksiin. Tällaisessa tapauksessa ojat on sijoitettava niin, että ojituksen alkuperäistä tarkoitusta muuttamatta ja ilman kustannusten kohtuutonta lisääntymistä ojitukseen liittyvälle maalle tulee suurin mahdollinen hyöty. Vesilain mukaan yhteistä ojitusta varten ei ole vahvistettava laajempaa ojitussuunnitelmaa kuin ojitusten toimeenpaneminen niiden hyödynsaajien osalta on tarpeen, jotka vaativat ojitusta. Tällä voi olla vaikutusta myös ojen sijoitukseen. Myös viljelystiet voivat vaikuttaa tähän, sillä etenkin suomaille ne on usein edullista sijoittaa valtoajien äärelle. Mutta kun etsitään ratkaisua, josta tulee suurin yksityistaloudellinen ja kansantaloudellinen hyöty, voi olla tarkoituksenmukaista pyrkiä toteuttamaan samalla kertaa järjestely vesistön koko pituudelta, sillä vesistöjen eri osat ovat usein hydrologiansa ja korkeusasemansa suhteen toisiinsa kytkettyjä.

Kuivatusyrityksen kustannukset riippuvat suuresti kaivettavasta maalajista ja siitä, joudutaanko suorittamaan vahvistustoimenpiteitä

esimerkiksi sortumavaaraa vastaan. Lisäksi on otettava huomioon, että edullisimpien työ-koneiden käyttö riippuu siitä, millaisia rajoituksia maan kantavuus niiden työskentelylle asettaa. Nämä seikat voivat vaikuttaa vesiuoman paikan valintaan.

Pääuomat on pyrittävä tekemään mahdollisimman lyhyiksi pitämällä kuitenkin silmällä sitä, että vältetään leikkauksia, joissa massat ja kaivuvaikeus aiheuttavat kohtuutonta kustannusten lisääntymistä. Oikaistuissa ojissa saadaan suurempi kaltevuus ja virtausnopeus kuin mutkittelevissa, mikä voi olla edullista vesiuomien kunnossapidon kannalta, mutta voi myös lisätä syöpmishaittoja. Luonnonkauneutta ajatellen on varsinkin suurissa uomissa sopiva kaarteisuus usein edullista.

Kaivettavan uoman muoto. Hydraulisesti edullisin uoman muoto on puoliympyrä, jossa vesipoikkileikkauksen yläpinta yhtyy halkaisijaan. Tällöin veden hankauspinta uomaa vastaan on mahdollisimman pieni. Suoraluiskaisessa uomassa edullisin muoto on puoliympyrää sivuava puolisuunnikas, jossa luiskan kaltevuus on 1 : 0,5 (Rinne 1945). Pienissä ojissa voidaanakin päästä varsin lähelle hydraulisesti edullisinta poikkileikkausta ilman, että syntyy luiskien sortumisvaaraa. Luiska voidaan tehdä joko kouruluiskana tai taiteluiskana ja suhteellisen jyrkkänä. Kuva 6 a esittää metsäojissa suositeltua poikkileikkausta jyrkillä kouruluiskilla ja kuva 6 b taiteluiskaista valtaojaa.

Suuremmissa uomissa täytyy tehdä loivemmat luiskat. Tällöin ne tavallisesti tehdään suorina, jolloin hydraulisesti edullisin muoto on sellainen, missä luiskat sivuavat vedensyvyys säteenä piirrettyä puoliympyrää (kuva 6 c). Havaitaan, että veden virtauksen kannalta on edullista tehdä kapeapohjainen ja syvä uoma. Kun pohjan leveys kasvaa, esimerkiksi ylitää 3 m, on jo konekaivun kannalta edullista tehdä kouru- tai taitelupohja (kuvat 6 d ja e). Sen avulla samalla ohjataan veden virtaus enemmän keskiuomaan, mikä suojelee luiskia syöpmiseltä ja on kunnossapidon kannalta eduksi. Suurehkoissa vesistöissä voidaan käyttää kaksoisuomaa, missä ali- ja keskivedet on ohjattu virtaamaan pohjaan tehdyssä pienemmässä uomassa. Syvässä uomassa, missä sortumisvaara on suuri, voidaan käyttää pengermäluiskaa (kuva 6 f). Korhosen (1962) mukaan tällaisen luiskan varmuus sortumista vastaan on huomattavasti parempi kuin sellaisen loivan ja suoran luiskan, joka poistettaviin määmiin nähden on samanveroinen.

Kaivussyvyyden ja maan laadun vaikutus luiskan kaltevuuteen ilmenee taulukosta 7, jossa on esitetty suositeltavat minimikaltevuudet. Yleispiirteittäin voidaan turvemaisilla valtaojissa käyttää luiskan kaltevuutta 1:1 ja suuremmissa uomissa 1:1,5. Kivennäismaissa vastaavat kaltevuudet ovat 1:1,5 ja 1:2. Eritäin vetisissä kohdissa ja maiden oileissa juoksevia voidaan poikkeustapauksissa käyttää jopa 1:4...1:5 kaltevuutta.

Valtaojissa ei käytetä 0,5 m kapeampaa pohjanleveyttä silloin, kun niiden syvyys on 1,3 m tai suurempi. Veto-ojissa ja niihin verrattavissa ojissa, joissa virtaa vettä vain sade-aikoina ja kevätsaieheissa, voidaan poikkeuksellisesti käyttää 0,3 m pohjanleveyttä.

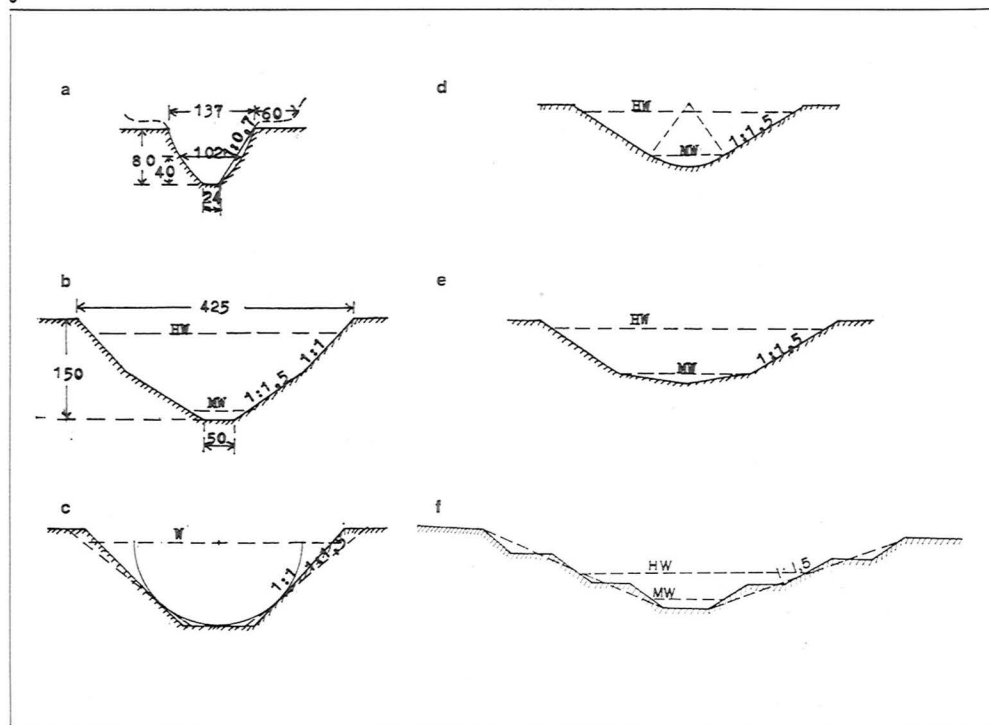
Kun ylivirtaamat määräävät uoman mitoituksen, on hydraulisesti edullisimmassa suoraluiskaisessa uomassa pohjanleveys 0,5...0,7 kertaa yliveden aikainen vedensyvyys. Tällainen kapea ja syvä uoma pysyy yleensä paremmin kunnossa liettymistä ja kasvipeitteestä johtuvia tukkeutumisista vastaan kuin leveäpohjainen uoma. Vesiuomien perauksissa on syytä käyttää vanhaa uomaa hyödyksi niin suuressa määrin kuin suinkin. Tällöin joudutaan usein poikkeamaan hydraulisesti edullisimmasta muodosta, sillä sen noudattaminen johtaisi liian syviin uomiin. Usein maalaji asettaa varsin selvän rajan, miten syväksi uoma on mahdollista kaivaa, joko siitä syystä, että syvemmällä rupeaa esiintymään runsaasti luiskien sortumia, tai tulee vastaan vaikeasti kaivettavia maita ja kalliota.

Valtaojan koko. Vesilain mukaan yhteisen ojituksen kuivatussyvyyttä määrättäessä on otettava huomioon maan laatu, kaltevuussuhteet ja kuivatustarve. Jos ojitus toimeenpannaan viljelysmaan kuivattamiseksi, on vesiasetuksen mukaan kuivatussyvyydenä 1,2 m, kun kuivatuksesta johtuva maan painuminen on otettu huomioon. Mikäli peltomaan kuivattaminen salaojituksella edellyttäisi suurempaa kuivatussyvyyttä kuin avo-ojituksen osalta on määrätty, on ojitus toimeenpantava tähän syvyyteen, jos vähintään puolta hyötyä edustavat osakkaat tällaista ojitusta vaativat.

Lainsäätäjä ei ole maininnut, minkä vedenkorkeuden suhteen kuivatussyvyys on lasketava. Etenkin suurissa ja järvirikkaissa vesistöissä tämä riippuu vedenkorkeusvaihteluista. Kun vedenkorkeusvaihtelu ovat suuret, määrätty kuivatussyvyys tulvakerkeuksien mukaan ja kuivavara voi tällöin olla edellämäinnettä pienempi riippuen siitä, miten määräävä vedenkorkeus valitaan. Tavallisissa valta-

6. Erilaisia uoman poikkileikkauksia. a) metsäojan normaallileikkaus, kouruluiskainen, b) taiteluiskainen valta-oja, c) hydraulisesti edullisin suoraluiskainen uoma, d) kourupohja, e) taitepohja, f) pengermäluiska.
7. Luiskan kaltevuuden riippuvuus maalajista ja kaivussyvyydestä.

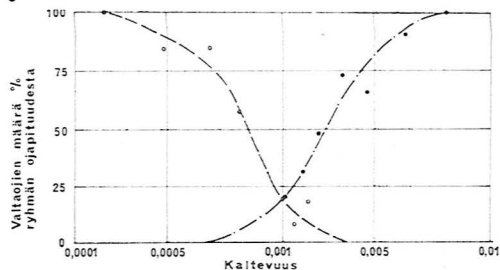
6



7

Maalaji	Kaivussyvyys (m)				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Luiskan kaltevuus					
kallio	1:0,0	—	—	—	1:0,15
louhikko, kivikko, turve	1:0,5	1:0,8	1:1,0	1:1,25	1:1,5
moreeni ja savimaat	1:0,6	1:1,0	1:1,5	1:1,5	1:2,0
hiesu-, hiekka-, hieta- ja liejumaat	1:0,8	1:1,25	1:1,5	1:2,0	1:2,0

8



9



ojissa voidaan pitää lähtökohtana keskiveden korkeutta ja edellämainittua 1,2 m kuivavaraa, mikäli yliveden ja keskiveden korkeusero ei ole yhtä metriä suurempi.

Kaivussyvyyttä määrättäessä on kuivatussyvyyteen lisättävä vedensyvyys uomassa määräävän vedenkorkeuden vallitessa sekä lisäksi uoman liettymisvara, maanpinnan painumisvara ja paikallisojituksen vaatima kaltevuus sivulla olevien alavien kohtien kuivattamiseksi. Liettymisvaran suuruus valtoajissa riippuu uoman kaltevuudesta, maalajista, kasvipeitteestä ja virtaamasta. Kuvasta 8 havaitaan, miten kaltevuus vaikuttaa syöpmiseen ja liettymiseen valtoajissa (Tulikki 1949). Liettymät lisääntyvät hietamaassa runsaasti kaltevuuden ollessa pienempi kuin 0,001. Kaltevuuden ollessa tätä suurempi alkavat syöpmät lisääntyä. Muissa maalajeissa sallitun nopeuden raja, jolloin vesi alkaa syövyttää maata, on yleensä korkeammalla, samoin kuin se raja, missä karkeammat lajitteet laskeutuvat pohjaan. Myös pienissä uomissa tämä raja on korkeammalla kuin suurissa. Niinpä metsäojissa liettymishaittoja alkaa esiintyä kaltevuuden ollessa $< 0,005$.

Jos oletetaan, että pienissä valtoajissa keskiveden aikainen vedensyvyys on 0,1...0,2 m ja liettymisvara 0...0,4 m, saadaan valtoajien minimisyvyydeksi ilman maanpinnan painumista 1,3...1,8 m. Keskimäärin minimiojat ovat n. 1,5...1,6 metrin syvyyksiä. Nämä syvyysarvot edellyttävät, että luiskien kaltevuus on maalajin mukaan oikein valittu.

Valtoajien teon muuttuminen lapiotyöstä konekaivuksi on myötävaikuttanut niiden mittojen suurenemiseen normaalivaatimuksia vastaviksi. Kaivutöiden suoritusta on selostettu luvussa 7. Valtoajia on 1960-luvun taitteessa yritetty tehdä myös auraamalla suurilla auroilla, joiden paino vetokalustoineen on ollut 50...60 tonnia. Kun otetaan huomioon keskiveden aikainen vedensyvyys ja liettymisvara, jää tällaisessa aurauksessa kuivatussyvyys jo lähivuosina ojituksen suorituksen jälkeen alle metrin poikkeuksellisen edullisia tapauksia lukuunottamatta. Tällaiset ojat eivät vastaa vesiasetuksen vaatimuksia yhteisistä ojista viljelysmailla. Niitä voidaan suositella tilakohtaisen ojituksen veto-objekti tai metsäojituksen laskuobjekti, mikäli maaston upottavuus ei estä suurten aurojen liikkumista suomailla, joihin metsäojitukset pääasiassa kohdistuvat. Yhteisissä viljelysmaiden ojituksissa pienten valtoajien auraus on lähinnä kunnossapidon luonteista perkausta. Kun tätä suuruusluokkaa olevat ojat ovat viljelysojituk-

sisä verraten lyhyitä ojanpätkiä, muodostuvat aurauskaluston siirtokustannukset työmaalta toiselle ratkaiseviksi. Mitoiltaan likimäärin samanlaisia oja voidaan tehdä mm. sellaisella helposti liikuteltavalla auralla, joka on esitetty kuvassa 9 ja jonka paino vetokalustoineen on n. 8 tonnia. Kivisessä maastossa ei aurausmenetelyä voida suositella.

Vesioikeuslain määräämää kuivatussyvyys yhteisissä ojissa oli ennen vuotta 1951 0,9 m. Liettymisen ja turvemaiden maanpinnan painuminen pienensivät tällaisissa pienissä ojissa kuivatussyvyyttä niin nopeasti, että jatkuvasti lisääntyneistä määrästä huolimatta suoritettujen ojituksen ja perkaukset eivät riittäneet parantamaan peruskuivatustilannetta, vaan työt olivat huomattavalta osalta kunnossapidon luonteisia tai tyydyttivät uudisraivauksen ensi vaiheen. Vasta kun vesioikeuslain muutoksen jälkeen on tehty suurempia valtoajia, on tilanne peruskuivatuksissa alkanut parantua. Tällainen riittävän syvä peruskuivatus on erityisen ajankohtaista senkin vuoksi, että avo-ojituksen muuttaminen salaojitukseksi, joka on peltojemme kuivatuksen polttavin ongelma, on vähitellen saavuttamassa tehtävän edellyttämät mittasuhteet.

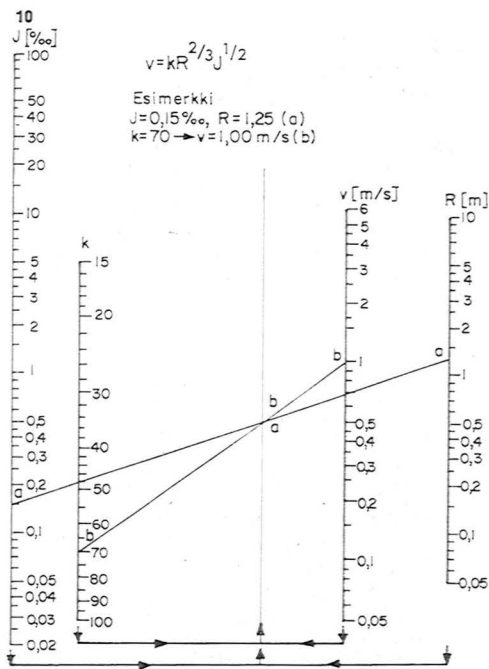
Valuma-alueen suuressa tulevat **ylivirtaamat** ojien mitoituksessa määrääviksi. Vedenkuljetuskykyä laskettaessa käytetään tavallisesti Manningin kaavaa (luku 2. Hydraulikka).

Kuvassa 10 on esitetty nomogrammi vesiuomien mitoittamiseksi erilaisia valtoajituksessa kysymykseen tulevia tilanteita varten Pressin (1960) mukaan. Luvun 2 taulukossa

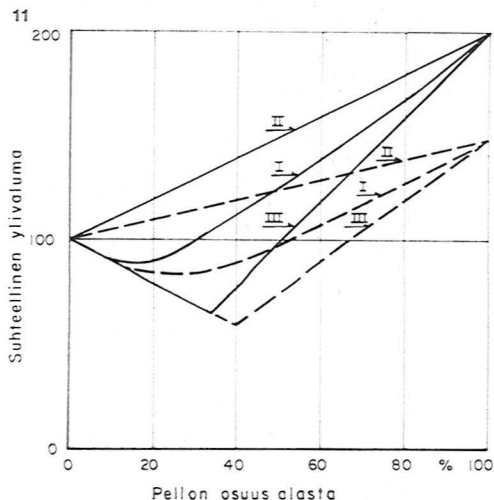
10 on esitetty hankauskertoimen n ($= \frac{1}{k}$) arvoja erilaisissa uomissa.

Ylivirtaamien arvioinnissa vesiuomien mitoittamista varten voidaan Suomen oloissa käyttää luvussa 1. (Hydrologia) esitettyä piirroksia 16 ja 17, jolloin kuvan 16 nomogramista saadaan vuorokauden keskimääräinen keskiylivaluma normaalitilanteessa. Jos järvet sijaitsevat valuma-alueen yläosassa poiketen suomalaisten järvesistöjen keskimääräisestä sijainnista, on syytä tehdä korjaus jakamalla valuma-alue kahteen osaan ja määrättäällä kummallekin osalle nomogrammin mukaan keskiylivaluma sekä laskemalla näin saadut arvot yhteen. Mikäli tulos on huomattavasti suurempi kuin nomogrammistä ilman valuma-alueen jakoa saatu, on suurempi arvo lähempänä todellisuutta. Kun vesistön alajuoksulla olevan suuren järven vaikutus on keskimääräistä voimakkaammin virtaamavai-

10. Nomogrammi virtausnopeuden v määrittämiseksi avouomissa, kun uoman putous J , hydraulinen säde R ja hankauskerroin k tunnetaan. (Press 1958).



11. Peltoprosentin vaikutus yliavalumaan, kun metsäisen alueen yliavaluma on 100 ja peltoalan 200: yhtenäiset viivat (I osoittaa keskitilannetta, II ja III ääritilanteita). Katkoviivat osoittavat vastaavasti tilannetta, kun peltoalan yliavaluma on 150.



teluita tasoittava, on tällaisessa tapauksessa nomogrammin avulla saatuja MHQ -arvoja pienennettävä sillä prosenttimäärällä, mikä kysymyksessä olevan järven osuus on valuma-alueen pinta-alasta. Jos keskiylivaluma määritetään jakamalla valuma-alue kahteen osaan siten kuin edellä on esitetty, on järviolosuhteiden ensi suoritettava mainittu prosenttimääräinen MHQ -arvon alennus.

Toinen korjaus nomogrammista saatuihin keskiylivaluman arvoihin on syytä tehdä pienissä järvetöissä vesistöissä peltoalan perusteella. Tämän korjauksen määrä saadaan kuvasta 11. Sen mukaan valuma-alueen ollessa kokonaan peltoa on keskiylivaluman arvioitu olevan 1,5- ja 2,0-kertainen metsäalueeseen verrattuna.

Kun edellämainitut korjaukset suoritettiin nomogrammin laatimisen perustana olevassa aineistossa, joka käsitti 184 sellaista vesistöaluetta, missä oli suoritettu virtaamavainnintoja yleensä 10...40 vuotta, oli laskettujen arvojen keskimääräinen poikkeama havaituista $\pm 15\%$ (Kaitera 1949). Viidessä tapauksessa lasketut arvot ylittivät havaitut enemmällä kuin 50 %:lla. Näistä useimmat olivat sellaisia, joissa valuma-alueella oli runsaasti helpostiläpäisevää harjumaata, mikä osoittaa, että maaperän läpäisevyys on myös tekijä, joka tulisi ottaa arvioissa huomioon. Kun maan routaantuminen tasoittaa läpäisevyyseroja, voidaan läpäisevyyden vaikutuksen huomiointi rajoittaa olosuhteisiin, jolloin valuma-alueella on poikkeuksellisen runsaasti helpostiläpäiseviä maalajeja. Ne alentavat yliavalumaa nomogrammin arvoihin verrattuna. Nevasoilla, missä sulamisvesiä patoutuu lumivallien taakse purkaukseen sulannan loppuvaiheessa äkillisesti, keskiylivaluman arvot ovat normaalia suuremmat. Koska maaperän läpäisevyyden vaikutusta arvioitaessa subjektiivinen tekijä voi johtaa mielivaltaan, on erityisesti tällöin syytä tarkistaa valuma-arvojen nojalla tehdyn arvion luotettavuutta virtaamamittauksilla ja vertailevilla havainnoilla.

Vesiuomien mitoituksessa viljelysmailla voidaan suositella käytettäväksi sellaista yliavalumaa, joka esiintyy kerran kahdessa kymmenessä vuodessa. Luvussa 1. kuvassa 18 on esitetty Niinivaaran mukaan, miten järvisyys ja valuma-alueen pinta-ala vaikuttavat ylialumien suuruuteen toistuvuusajan funktiona. Pienillä alueilla ($< 100 \text{ km}^2$) voidaan tämän perusteella mitoitusvesimäärät arvioida järvisyydestä riippuen 1,8...2,2-kertaisiksi luvussa 1. kuvassa 16 esitetystä nomogrammista saatuihin arvoihin verrattuna.

Pienillä alueilla voi mm. sellaisissa pengerryskuivatuksissa, joissa puuttuu varastotiloja ylivaluman vuorokausivaihteluiden tasoittamiseksi, tulla kysymykseen lyhyemmän ajanjakson kuin vuorokauden ylivaluma. Tällaiset hetkelliset ylivalumat suhteessa vuorokauden ylivalumaan riippuvat etenkin valuma-alueen peltoprosentista ja suuruudesta. Hetkellinen ylivaluma lumen sulamisen yhteydessä voi pienissä vesistöissä nousta 2-kertaiseksi vuorokauden keskiarvoon verrattuna ja olla Etelä-Suomessakin 400...800 l/s km² (kuva 12). Metsät tasoittavat oleellisesti tällaista vaihtelua.

Myös runsaat sateet voivat etenkin syyskaudella pienillä alueilla aiheuttaa hetkellisiä valuma-arvoja, jotka ovat samaa suuruusluokkaa kuin lumen sulamisesta aiheutuvat hetkelliset maksimit, jopa hieman suurempiakin. Mustosen (1963) tutkimusten mukaan voivat runsaiden syysateiden aikana pienillä peltomailla puoli tuntia kestävä ylivaluma maksimit, joiden toistumisaika on 20 vuotta, nousta hieman yli 1 000 l/s km².

Virtaamavaihteluiden ohella uoman hankauskertoimessa tapahtuvat muutokset vuoden eri aikoina aiheuttavat huomattavia vedenkorkeusvaihteluita varsin pienissäkin ojissa. Keväällä lumi voi täyttää uomat, niin että pelkästään tästä aiheutuvat vedenkorkeusvaihtelut ovat tavallisesti valtaojissa 0,2...0,5 m (kuva 4). Syksyllä taas kasvillisuus vaikuttaa samaan suuntaan. Tämä seikka on osaltaan syynä siihen, että valtaojat on tehtävä riittävän paljon syvemmiksi kuin paikallisojat.

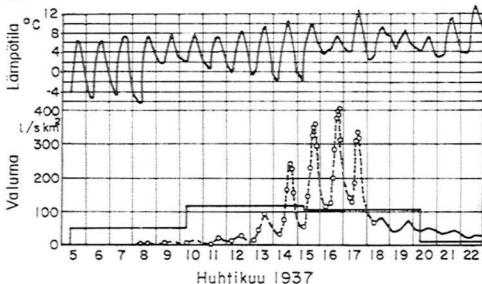
11.42 VESISTÖN JÄRJESTELY

Vesistön järjestelyllä tarkoitetaan vesistöä perkaamalla, sen uomaa siirtämällä tahi muulla vesistöön kohdistuvalla toimenpiteellä tulva-alueen poistamiseksi tai pienentämiseksi taikka muutoin maa- ja vesialueen kuivatamiseksi suoritettavaa vesistön vedenkorkeuden alentamista, mikäli ei ole kysymys vesilain mukaan ojituksen pidettävästä toimenpiteestä. Järjestelyksi luetaan niin ikään vesistön tai sen osan täyttämisen taikka maa- ja vesialueen kuivataminen pengertämällä.

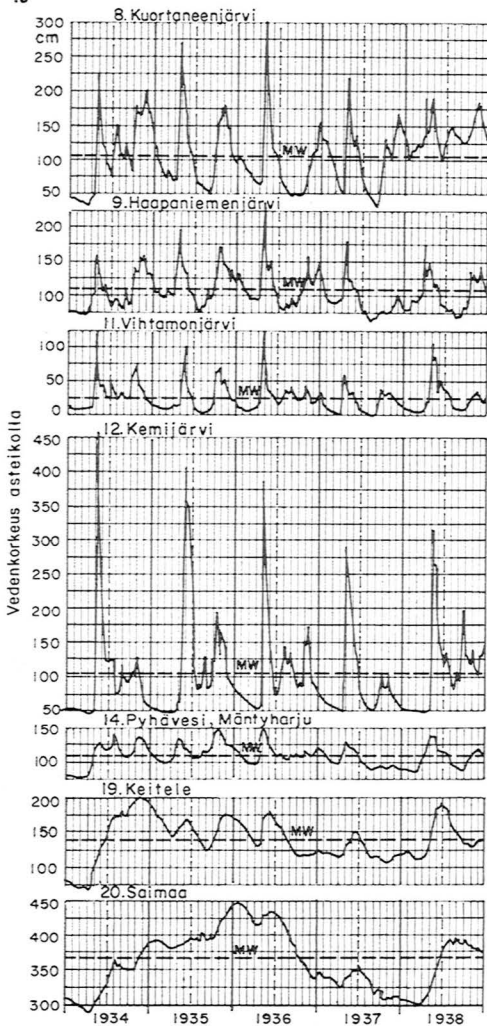
Ero vesistön järjestelyn ja säännöstelyn välillä on siinä, että järjestelyssä tähdätään vedenkorkeuksien muuttamiseen ja säännöstelyssä virtaamien muuttamiseen. Vedenkorkeuksien muuttaminen ei kuitenkaan yleensä voi tapahtua virtaamia muuttamatta ja virtaamien muutos merkitsee samalla myös vedenkorkeuksien muuttamista. Niinpä veden-

12. Kevään ylivaluman aikana esiintyneet vuorokausivaihtelut Löytäneenojassa Kokemäellä v. 1937 (valuma-alue on n. 5 km², josta peltoa 75 %).
13. Eri tyyppisten järvien vedenkorkeusvaihteluita.

12



13



korkeuden muuttamista tarkoittavaa toimenpidettä pidetään järjestelyinä siinäkin tapauksessa, että siihen sisältyy vesistön vedenjuoksun säännöstelyä, mikäli se järjestelyn tarkoituksen toteuttamiseksi on tarpeen.

Vesistön järjestelyyn on haettava vesioikeuden lupa, kun se tarkoittaa järven laskemista sen osaksi tai kokonaan tapahtuvaa kuivattamista varten tai voi aiheuttaa tulvaa tai huomattavaa vedennousua muualla vesistössä taikka valtaväylän huonontamista veden vapaata virtausta, vesistössä kulkemista, puutavaran uittoa ja kalan kulkua varten. Sama koskee myös järjestelyä, joka voi aiheuttaa yleistä veden vähyyttä ja huonontaa vesistön puhdistautumiskykyä.

Järven järjestely. Vanhimmat maankuivatus-työt Suomessa olivat **järvenlaskuja**, joiden tarkoituksena oli vesijättöniittyjen voittaminen. Toisinaan työ suoritettiin siten, että annettiin veden virratessaan uurtua syöpyvään harjuun kaivettua pienehköä lasku-uomaa, jolloin järvi saattoi laskea useita metrejä. Vesijättöniittyjen menetettyä merkityksensä maamme itsenäistymisen jälkeen on järvenlaskujen pääasiallisena tarkoituksena ollut alaville rannoille levinneiden tulvien poistaminen ja kesäaikaisen kuivatussyvyyden lisääminen.

Järvenlaskuihin liittyy monia haittatekijöitä. Niihin on vesioikeuden lupaa haettaessa kiinnitettävä huomiota. Järvenlaskuihin on nykyään suhtauduttava erittäin kriittisesti ja keskiveden alentamista olisi yleensä vältettävä.

Vanhemmissa järvenlaskuissa on useassa tapauksessa muodostunut arvottomia vesijättöniittyjä, joiden kuivattaminen nykyaikaisen viljelyn vaatimalla tavalla tulee kohtuuttoman kalliiksi. Tämä on monien pienten järvien kohdalla nostattanut kysymyksen niiden padotamisesta uudelleen kunnollisiksi järviksi. Paitsi luonnonkauneuteen liittyviä ym. yleisiä näkökohtia tällaiseen toimenpiteeseen on yksityistaloudellisiakin perusteluita. Järvien virkistysarvo on kasvanut asutuskeskittymien suurentuessa ja väestön lisääntyessä niin, että pelkästään rantamaan arvonnousu tonttimaana on synnyttänyt maamme eteläosassa ja etenkin vähäjärvisillä seuduilla järviolalle hehtaariarvon, joka voi vastata hyvän pelto-maan hehtaarihintaa, jopa enemmänkin (Kleemola 1967).

Järvenlaskujen sijasta onkin nykyään kysymys **järven vedenkorkeuksien järjestelystä**, jossa välttämätön vedenpinnan alentaminen on syytä keskittää sellaisiin vuodenaikoihin, jolloin siitä

on mahdollisimman vähän haittaa, ja jossa tiettyinä vuodenaikoina voi vedenpinnan alentamisen sijasta tulla kysymykseen sen nostaminen. Uuden kunnollisen järven muodostaminen tuottamattomasta maa-alueesta tai arvottomasta vesijätöstä on syytä rinnastaa samanlaiseen alueen arvoa kohottavaan toimenpiteeseen kuin vedenvaivaaman maan kuivattaminen. Molemmat ovat alueen vesitalouden järjestelyä sen saattamiseksi edullisimpaan käyttömuotoonsa.

Järvien vedenkorkeusvaihtelut voivat olla hyvin eriluonteisia sekä vaihtelulaajuuden että kestoajan suhteen (kuva 13). Tämä riippuu mm. vesistöalueen suuruudesta ja järvisyydestä. Vedenkorkeusvaihteluiden vuosijaksossa on kevät- ja syysmaksimi, joista kevätmaksimi on yleensä suurempi. Minimit sattuvat kesän ja kevättalven alivesikausille. Suurissa järvirikkaissa vesistöissä myös monivuotinen jaksollisuus voi olla selväpiirteistä (esim. Saimaa). Järjestelyn tavoitteet määräytyvät järven vedenkorkeusvaihteluiden ohella rantamaiden korkeussuhteiden ja käytön sekä järvi-alan ja sen käytön perusteella. Yleisenä lähtökohtana voidaan pitää, että rantamaiden ja järvi-alan käytön suhteen saadaan edullisin ratkaisu tavallisesti silloin, kun vedenkorkeusvaihtelut yleensä ja etenkin tiettyinä vuodenaikoina ovat mahdollisimman pienet. Ensiarvoisen tärkeää järven järjestelyä suunniteltaessa on kiinnittää huomiota myös korkean ja matalan veden ajankohtaan ja kestoaikaan.

Vesiasetuksessa ovat yksityiskohtaisemmat määräykset siitä, mitä on otettava huomioon vesistön järjestelyä koskevassa suunnitelmassa. Aikaisemmin on jo luvussa 11.41 käsitelty monia näistä kysymyksistä. Seuraavassa tarkastellaan eräitä järven järjestelyyn liittyviä erityispiirteitä.

Järven järjestelyä suunniteltaessa on syytä piirtää pinta-alan ja korkeusaseman keskinäistä riippuvuutta osoittava ns. pinta-alakäyrä (kuva 14). Yleensäkin ja erityisesti pienissä ja matalissa järvissä se on syytä alkaa järven syvimästä kohdasta, jotta voidaan määrittää järven vesivolyymin eri syvyyksissä ja arvostella järjestelyn vaikutusta veden kerrostuneisuuteen ja laatuun, rantamatalikoille muodostuviin kasvillisuusvyöhykkeisiin ym. järven luonteeseen vaikuttaviin tekijöihin. Ranta-alueilla pinta-alakäyrä on ulotettava n. 1,0 m HW:n yläpuolelle. Pinta-alakäyrän avulla saadaan yleispiirteisiä viitteitä siitä, mille korkeusväleille tunnusomaiset vedenkorkeudet olisi suunniteltava. Vedenkorkeusvaihteluiden vyö-

hyke, joka on pahimmin vesivahinkoa kärsivää aluetta, samoin kuin matalan veden vyöhykkeet olisi pyrittävä saamaan alaltaan mahdollisimman pieniksi. Näinollen tuleva rantaviiva ja vedenkorkeusvaihtelu olisi sijoitettava sellaiselle korkeusvyöhykkeelle, jossa pinta-alakäyrän pysty alue alkaa ja jatkuu riittävästi myös NW:n alapuolelle. Tämän lisäksi tulevan HW:n, MW:n ja NW:n korkeusasema riippuu myös vallitsevista vedenkorkeuksista, järven laajuudesta ja sen syvyysuhteista, kuivatuksen kannalta kriittisellä korkeudella olevien rantavyöhykkeiden laajuudesta, niiden maalajista ja käytöstä jne. Kun pengerryksellä voidaan vesivahinkoa kärsimään jäävät alueet rajoittaa usein edullisesti ja hyvinkin pieniksi, on nämä mahdollisuudet myös selvittävä etsittäessä ratkaisua sille, miten tulevat vedenkorkeusvaihtelu olisi suunniteltava.

Vedenkorkeusvaihteluiden pieneneminen yhdessä järvalian pienenemisen kanssa aiheuttaa järvenlaskuissa yleensä tulvaveden varastoitumistilan pienenemisen ja vastaavasti menovirtaamien suurenemisen. Tietyin edellytyksin voidaan kuitenkin järven varastoimiskykyä suurentaa kriittisinä ajankohtina, vaikka kokonaisvarastoituminen pienenee järjestelyn vaikutuksesta. Varastointilaskelmat on kohdistettava sellaisiin yksiyksiin vuosiin, jolloin esiintyvät tyypilliset suuret ja keskimääräiset tulvat, ja jolloin etenkin vuorokautisen vedenkorkeuden nousunopeus alapuolisen uoman tulvahuipun ajankohtana on suurimmillaan tai edustaa tyypillistä keskitilannetta. Varastointilaskelmat edellyttävät tietoja päivittäisistä vedenkorkeus- ja virtaama-arvoista ainakin muutaman vuoden ajalta. Näiden avulla selvitetään järven varastointikyky ennen järjestelyä, tulovirtaamat sekä järjestelyn johdosta tapahtuneet muutokset varastoitumisessa, vedenkorkeuksissa ja menovirtaamissa. Useiden vuosien päivittäisten havaintojen keskiarvokäyrät eivät sovellu varastointilaskemien pohjaksi.

Laskelmissa voidaan käyttää analyyttisiä ja graafisia menetelmiä. Graafiset menetelmät, joista mainittakoon tangenttimenetelmä, Flodinin menetelmä ja summakäyrämenetelmä, ovat nopeampia käyttää kuin analyyttiset, mutta tulosten tarkkuuteen nähden niissä on toimimisen varaa.

Analyyttisesti asiaa tarkasteltaessa voidaan lähteä siitä, että altaaseen aikayksikössä varastoitunut vesimäärä Q_r (m^3/s) on

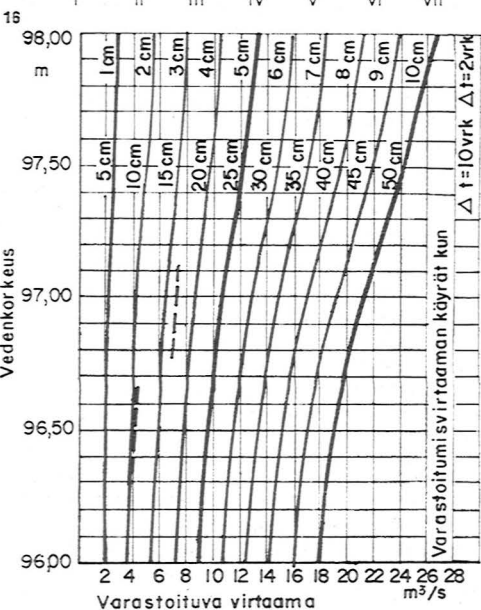
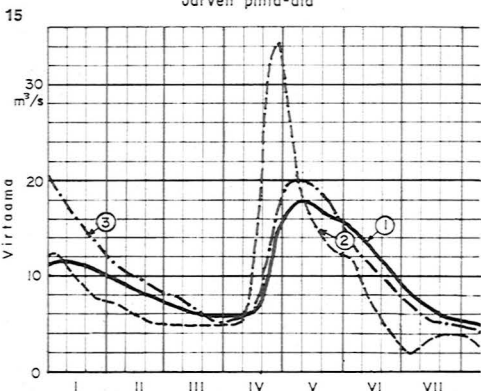
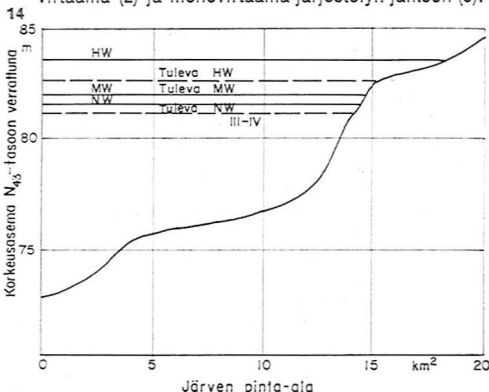
$$Q_r = \frac{\Delta h \cdot A_h}{\Delta t \cdot 86400} \quad (1)$$

Kaavassa Δh (m) on aikavälillä Δt (vrk) tapahtuva vedenkorkeuden muutos ja A_h on aikavälin puolivälissä vallinnutta vedenkorkeutta vastaava altaan pinta-ala (m^2), joka on riippuvainen h :sta siten kuin pinta-alakäyrä osoittaa. Kun varastoitunut vesimäärä lisätään virtaamakäyrästä saatuun vastaavan vedenkorkeuden virtaamaan, saadaan aikavälin keskimääräinen tulovirtaus. Tässä ei ole otettu huomioon haihtumisen ja maahan vajoamisen kautta poistuvia vesimääriä, jotka kuitenkin Suomessa ovat suhteellisen vähäisiä nimenomaan tulva-aikaisiin virtaamiin verrattuna. Kun tulovirtaama piirretään ajan funktiona samaan koordinaatistoon kuin menovirtaama (kuva 15) huomataan, että edellisen käyrä pysyttelee jälkimmäisen yläpuolella vedenpinnan ollessa noususuunnassa ja alapuolella sen laskiessa. Käyrät leikkaavat toisensa menovirtaamakäyrän maksimi- ja minimipisteissä.

Laskettaessa järjestelyn jälkeisiä vedenkorkeuksia ja menovirtaamia arvioidaan aikavälin vedenkorkeuden muutos ja vedenkorkeus aikavälin keskellä. Ylläesitetty analyyttinen menettelytapa on varsin suuritöinen etenkin laskettaessa järjestelyn johdosta aiheutuvia muutoksia varastoitumisessa, tulevissa vedenkorkeuksissa ja menovirtaamissa, kun kaavaa 1 on sovellettava kokeillen pitämällä tulovirtaamaa tunnettuna ja otaksumalla aluksi vedenkorkeus laskettavan aikavälin lopussa.

Pyrkien yksinkertaistamaan tätä menettelytapaa ja samalla säilyttämään sen tarkkuuden Ristikartano (1945) on esittänyt menetelmän, jossa oleellista on ns. varastoitumiskäyrien piirtäminen eri suurille vedenkorkeuksien muutoksille. Pitämällä Δt vakiona voidaan esittää varastoitumiskäyrät verkkonomogrammina Q_r :n, h :n ja Δh :n funktiona (kuva 16). Havaintotulosten nojalla tarvitsee piirtää vain yksi käyrä, jolloin muut käyrät saadaan siitä kertomalla eri kokonaisluvuilla. Varastoitumiskäyriä esittävän nomogrammin koordinaateissa on edullista käyttää samaa mittakaavaa kuin vedenkorkeus- ja virtaamakäyrissä. Tulovirtaamaa laskettaessa määritetään valittua aikaväliä vastaava vedenkorkeuden muutos vedenkorkeushavainnoista. Varastoitumiskäyrien avulla saadaan vastaava varastoitunut vesimäärä (m^3/s), joka voidaan harpin avulla siirtää eri vuorokausien menovirtaamaa osoittavalle käyrälle (kuva 15). Laskettaessa järjestelyn jälkeisiä vedenkorkeuksia ja menovirtaamia tarkistetaan varastoitumiskäyrien avulla, ovatko arvioidut vedenkorkeuden muutokset olleet oikeita. Ellei tulos ole riittävän tarkka, arvioidaan vedenkorkeuden muu-

14. Järven pinta-alakäyrä osoittaa järven pinta-alan kasvun alkaen syvimmästä kohdasta ja ulottuen n. 1 m HW:n yläpuolelle. Piirroksessa on kaavioliisesti esitetty tunnusomaisia vedenkorkeuksia ennen järjestelyä ja sen jälkeen.
15. Järven menovirtaama ennen järjestelyä (1) sekä tulovirtaama (2) ja menovirtaama järjestelyn jälkeen (3).



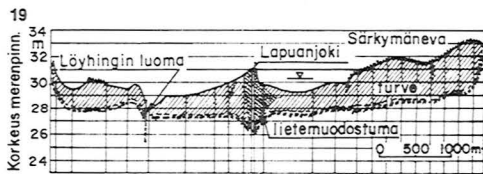
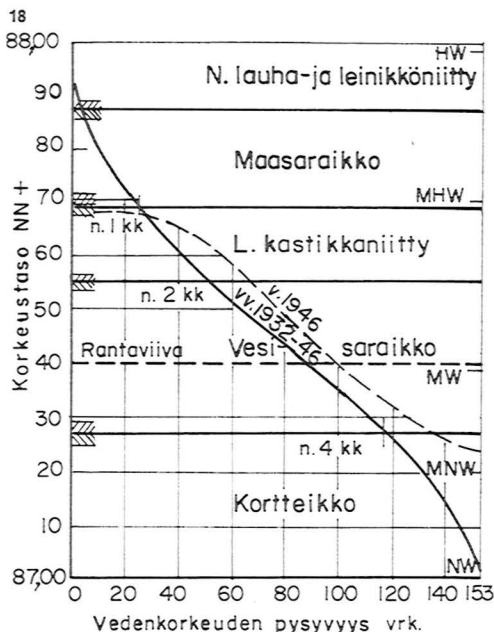
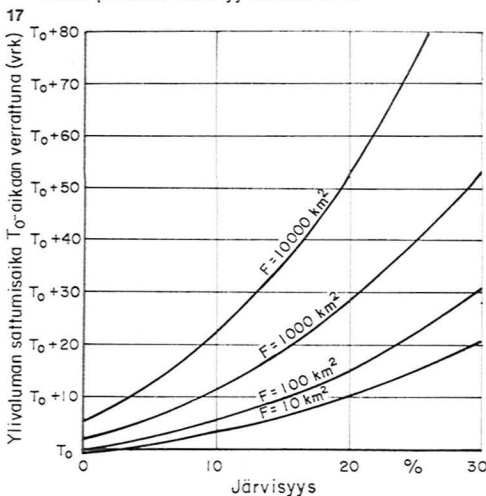
16. Järjestelyn alaista järveä varten piirretyt varastoitumiskäyrät, joiden avulla voidaan määrittää keskimääräinen varastoituva vesimäärä (m^3/s) aikavälillä Δt , kun tunnetaan järven vedenkorkeus (m) ja vedenkorkeudessa aikavälillä Δt tapahtunut muutos (Ristikartano 1945).

tos uudelleen. Jos järvi on säännöstelty, yksinkertaistuu tehtävä, kun virtaamat tunnetaan, jolloin vedenkorkeuden muutos Δh voidaan tavallisesti määrätä heti riittävän tarkasti.

Arvosteltaessa järjestelyn vaikutusta alempana vesistössä on otettava huomioon siellä olevien järvien ja sivujokien vaikutus ylivaluman sattumisaikaan. Järvisyyden viivästyttävä vaikutus vuorokausina lumen kevätsumamisesta aiheutuvaan tulvahuippuun keskimäärin ilmenee kuvasta 17. Järvien sijainti voi vaikuttaa ylivaluman ajankohtaan mm. siten, että niiden ollessa latvavesistössä ylivaluman ajankohta määräytyy alajuoksun valuma-alueen perusteella samaan tapaan kuin keskiylivaluma on riippuvainen alajuoksun valuma-alueen ominaisuuksista (vrt. s. 538). Järvettömissä vesistöissä tulvahuippu esiintyy lähes samanaikaisesti jopa satojen kilometrien jokimatalla (vrt. kuva 17) johtuen lumen sulamisen samanaikaisuudesta laajoilla alueilla sekä yliveden aikaisesta virtausnopeudesta uomassa.

Järjestelyn vaikutusten selvittelyä varten on ranta-alueet syytä jakaa 0,2...0,5 m korkeusvyöhykkeisiin. Tässä vyöhykkeissä on mahdollisuuksien mukaan otettava huomioon luontaiset kasvillisuusvyöhykkeet. Selvimmin havaittavia vyöhykkeitä ovat eri niittytyypin muodostamat (kuva 18). Myös peltoviljelyn alaraja on yleensä selvästi todettavissa ja sen keskimääräinen korkeus järven eri puolilla määritettävissä. Tällaiset vyöhykerajat riippuvat ennen muuta vedenkorkeusvaihteluiden laajuudesta ja sulamistulvan sattumisajasta (Kaitera 1941). Järjestelyn vaikutusalue ulottuu tavallisesti 0,2...1,0 m HW 1/20:n yläpuolelle riippuen tästä korkeudesta vedenkorkeusvaihteluiden luonteesta (sitä korkeammalle mitä suuremmat vedenkorkeusvaihtelut ovat ja mitä myöhemmin sulamistulvat sattuvat). Rantatutkimuksissa on maalajien ohella selvitettävä tiluslajit eri korkeusvyöhykkeillä, omistussuhteet jne. Nimenomaan tiluslajien korkeusjakaantuman tunteminen auttaa järjestelyn suunnittelua. Vesialueiden omistussuhteet on myös selvitettävä samoin kuin tunnetut kutu- ja kalastuspaikat jne.

Järven järjestely olisi pyrittävä suunnittelemaan niin, että muutokset järven varastoitumiskyvyssä kriittisten vedenkorkeuksien aikana olisivat mahdollisimman pieniä. Kun lisäksi samalla olisi vältettävä etenkin kesäaikaisten vedenkorkeuksien alentamista, näiden näkökohtien huomioon ottaminen ei useinkaan ole mahdollista pelkästään uoman muodon ja putoussuhteiden järjestelyllä. Tämän vuoksi



18. Kasvillisuusvyöhykkeitä voidaan käyttää hyödyksi korkeusvyöhykejaossa (Saukko 1949).

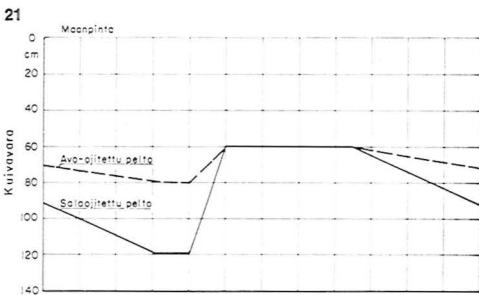
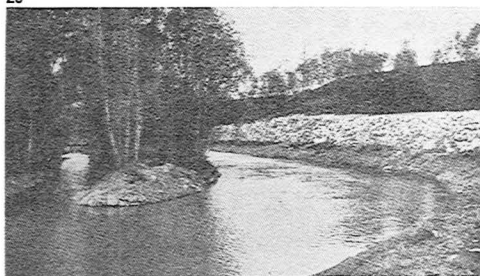
19. Tulvien kuljettaman lietteen ja suomaiden painu-
misen johdosta Lapuanjoen rantaäärät ovat ym-
päristöä korkeammalla.

järjestelyissä joudutaan usein suunnittelemaan järven luusaan järjestelypato. Halutut vedenkorkeusvaihtelut järvessä voidaan toisinaan saavuttaa kiinteän pohjapadon avulla. Kuitenkin tämä on toteutettavissa tehokkaammin säädettävän padon avulla (pienissä vesistöissä esimerkiksi setti- tai luukkipadolla).

Alhainen vedenkorkeus järvessä ennen kevättulvien alkua helpottaa tulvakorkeuksien alentamista ja järven varastoimiskyvyn hyväksikäyttöä. Rantamaiden kuivatuksen kannalta järven vedenpinta saisi keväällä olla alhaalla, kun sulamisvesien kostuttaman maan tulee kuivua ja muokkaustyötkin edellyttävät riittävää kuivatussyvyvyyttä. Kesällä sensijaan pohjavesi saisi olla korkeammalla ja etenkin kuivina vuosina sopiva pohjaveden korkeus lisää rantapelloilla satoja. Syksyllä pellon ollessa syyssateitten johdosta ehkä liiankin kosteaa sadonkorjuuta, syysmuokkausta ja maan rouhtaantumista ajatellen järven vedenpinnan alentaminen kesäiseen verrattuna olisi usein suotavaa. Kuvassa 21 on kaaviollisesti esitetty, mihin suuntaan olisi vedenkorkeuksia pyrittävä eri vuodenaikoina patojen avulla säätelemään. Siinä on kevättalven vedenpinnan alennuksella pyritty varamaan varastoimistilaa varhaisia kevättulvia varten sekä saamaan sarka- ja salaajat tyhjennetyiksi tässä vaiheessa. Kesäaikaisessa vedenkorkeudessa on otettu huomioon sekä kasvien kuivatus-tarve että muokkauksen näkökohdat. Alennuksen määrät kesäisiin vedenkorkeuksiin verrattuina riippuvat mm. vesistön hydrologiasta ja kuivatusalueiden maalajista. Todettakoon, että kuvan 21 mukainen vedenkorkeuksien järjestely on sopusoinnussa myös vesivoimaloudessa ja vedenhankinnassa kysymykseen tulevan säännöstelypyrkimyksen kanssa. Toisaalta matalissa järvissä juuri lopputalvi on järven happitalouden kannalta kriittisin vuodenaika ja asettaa rajoituksia vedenkorkeuden alentamiselle tässä vaiheessa.

Joen järjestely. Joenperkaus on Suomessa ollut pääasiallinen tapa tulvien poistamiseksi ja kesäveden alentamiseksi rantamaiden kuivattamista varten (kuva 21). Aikaisemmin, kun luonnonheinä muodosti oleellisen osan maamme heinäsadosta, suoritettiin joenperkauksia kesätulvien poistamiseksi, jotta heinäkorjuu helpottuisi alavilla rantaniityillä. Samalla alenivat tulva-alueiden ylävimpiin osiin tehdyillä pelloilla myös kevättulvat, jotka Pohjois-Suomessa ovat säännöllisesti vuoden suurimpia tulvia ja Etelä-Suomessakin ne ovat sellaisia 7...8 kertaa kymmenessä vuodessa. Asutuksen lisääntyvä ja tulvien alennuttua

20. Järven järjestelyä varten perattua uomaa Uudella-
maalla. Kaivumaiden sijoituksella voidaan hoitaa,
ettei luonnonkauneus häiriinny ja että kasvuston
kehittyttä työn jäljet häipyvät. (Kaitera & Paasi-
lahti 1939).
21. Kaaviollinen esitys tavoitteista, miten järven jär-
20



jestelyssä olisi pyrittävä vedenkorkeudet säätele-
mään, kun otetaan huomioon rantamaiden kuiva-
tuksen ja viihtyisyyden näkökohdat.

22. Pyhäjoen tulvapenger, jonka korkeus on n. 3 m,
estää veden pääsyn n. 1000 ha:n alueelle (Muoi-
tiala & Peltola 1963).

ja tultua lyhytaikaisemmiksi pyrki peltoviljely
tunkeutumaan yhä alavammille alueille ja jou-
tui uudelleen tulvavahinkojen piiriin. Näin on
monissa joissa suoritettu kolme ja jopa neljä-
kin perkausta samoilla jokiosilla miespolven
väliajoin. Voimaperäisessä viljelyssä usein
toistuvien tulvien haitta on niin suuri, että
nykyään pyritään perkauksissa heti lopulliseen
ratkaisuun ja mahdollisimman täydelliseen tul-
vien poistamiseen. Suunnitelmat laaditaan
yleensä siten, että kerran 20 vuodessa sattu-
vat ylivirtaamat mahtuvat uomaan lukuunotta-
matta pieniä alavimpia peltolohkoja. Jos tul-
vat uhkaavat myös asutusta, on arvioperus-
teeksi otettava kerran 50...100 vuodessa
esiintyvät ylivirtaamat. Jos tulvasuojelu tapah-
tuu penkereitä käyttäen ja alueella on run-
saasti asutusta, mm. kaupunkia, ovat ylivir-
taamien arvioimisperusteet vaihdelleet eri
maissa kerran 200 vuodessa sattuvista aina
kerran 1000 vuodessa sattuviin suurimpiin
arvoihin.

Joen perkausten tarkoituksena on ollut myös
tulvahaittojen lisääntymisen estäminen. Ylä-
puolella suoritettujen maankuivatustyö, järven
lasku, tulvien poistaminen ja suomaiden oji-
tukset jouduttavat veden virtausta ja siirtä-
vät etenkin järveittömissä vesistöissä ylivirtaa-
mien ajankohdan entistä enemmän saman-
aikaiseksi suurentaen tulvakorkeuksia. Tässä
suhteessa on syytä kiinnittää huomiota myös
metsäojituksiin, kun niiden määrä on monin-
kertaistunut aikaisempaan verrattuna — ojite-
taanhan nykyään vuosittain n. 250 000 ha
vedenvalaamia maita metsänkasvua silmällä-
pitäen. Kun metsää kasvavilla alueilla, jol-
laisia metsäojituskelpoiset maat pääasiassa
ovat, lumi sulaa myöhemmin kuin jokivarsien
peltoalueilla, niiden ojitus tehostaa ylivalumien
keskittymistä varhaiskevääseen. Asutuksen
ollessa Suomessa suuressa määrin jokivarsi-
ja järvenranta-asutusta voi vuosikymmenien
ja paikoin vuosisatainen raivaus- ja raken-
nustyö tulla uhatuksi, jos viljelysten tuotan-
toa ei voida vesistön tulvien vuoksi kehit-
tää ajan vaatimusten mukaisesti tai jos tämä
tuotanto tulvien lisääntymisen vuoksi tulee
entistä uhatummaksi. Tällaisissa tapauksissa
ei ole kysymys vain siitä, kuinka paljon tul-
vien torjunta tulee peltohehtaarin osalta
maksamaan, vaan siitä, mitä arvoja menetet-
tään, jos vanha asutus ja kulttuuri huonontu-
neiden tuotantoedellytysten vuoksi joutuu
häviämään. Kysymys liittyy osaltaan maa-
seutuasutuksen murrosvaiheeseen koko laa-
juudessaan, kun väistämätön kehitys johtaa
maaloudesta toimeentulonsa saavan väestön
jatkuvaan vähenemiseen ja liian pienten tilo-
jen yhdistämiseen.

11.4

23. Jääpatoutuman syntyessä Pyhäjoen Vaikonnivaan työntyvät jäät keväällä 1956 tulvapengereelle, joka oli verhottu tällaisia tapauksia varten.
24. Virtaamakäyrä Teuronjoen asteikolla n:o 57 kevät-

Tulvahaittojen lisääntymistä tapahtuu myös jokiuomien liettymisen vaikutuksesta. Tulva-alueilla uoman pituuskaltevuus on tavallisesti vähäinen, mikä edistää lietteen laskeutumista. Samansuuntainen vaikutus on myös sillä, että huomattava osa ylivirtaamasta leviää tulva-alueille jatkaakseen siellä hidasta virtaustaan. Paitsi uoman pohjaan ja reunoille tapahtuu lietteen laskeutumista myös rantapenkereille. Näin voi paikoin syntyä jokea reunustavia korkeita rantamuodostumia, jotka vain suurimpien tulvien aikana jäävät veden alle varsinaisen tulva-alueen sijaitessa kauempana joesta (kuvat 1 ja 19). Tällainen helpottaa joen järjestelyn toteuttamista **tulvapengerryksenä** joko joen perkaukseen liittyen tai ilman sitä. Mm. Saksassa on paikoin käytetty tulvasuojelussa erillistä tulva-uomaa, mutta Suomen olosuhteissa tällainen tulee vain erittäin harvoissa poikkeustapauksissa kysymykseen.

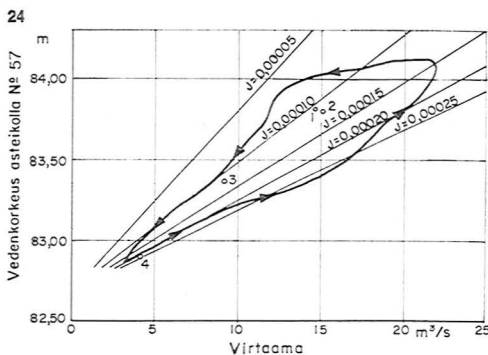
Tulvapengerrykset ovat Suomessa yleistymässä. Etenkin sellaisissa tapauksissa, joissa vedet voidaan edullisesti johtaa pengerten suojaamilta alueilta koski- ja virta-paikkojen alapuolelle alempana vesistössä, tällaiset ratkaisut voivat olla oleellisesti edullisempia kuin suurten jokien perkaus (kuvat 22 ja 23). Pengerryksiin liittyviä kysymyksiä käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 11.43.

Tulvapengerrykset voivat aiheuttaa yliveden nousua jokivarrella välittömästi tulva-alueen yläpuolella, kun ennen laajalla alueella virranneet vedet pakotetaan virtaamaan ahtaassa uomassa pengerten välissä. Tätä haittaa voidaan pienentää jättämällä pengerten väliin riittävän leveä tulvauoma tai suurentamalla pengerryksen yhteydessä jokiuomaa. Eräissä maissa tapahtuu varsin usein tulvapengerryksiin liittyen jokiuoman jatkuvaa kohoamista lietteen laskeutumisen johdosta. Pyrkimällä huonontuvaa tilannetta korjaamaan penkereitä jatkuvasti korottamalla on jokiuoma voinut kohota jopa muutamia metrejä ympäröivää tasankoa ylemmäksi. Kun asutus on levinnyt pengerten suojaamille tasangoille, voivat penkereet poikkeuksellisen runsaitten sateitten sattuessa murtua ja aiheuttaa suuria tulvakatastrofeja. Ihminen on tällöin joutunut vaikeaan taisteluun luonnossa tapahtuvaa kehitystä vastaan.

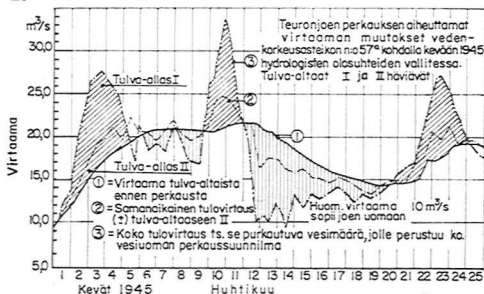
Lietteen kasautumista tai suuremman virtausnopeuden aiheuttamaa uoman syöymistä voidaan vastustaa virtausnopeutta säätämällä. Tämä voi tapahtua uoman kaltevuuteen kohdistuvilla toimenpiteillä. Keinoellinen kaltevuuden lisääminen suuremmaksi kuin mitä

yliveden aikana v. 1945. Numeroidut pisteet ovat virtaamamittauksien tuloksia (Niinivaara 1946).
25. Teuronjoen tulva-alueiden poistamisesta aiheutuneet virtaaman muutokset laskettuina Teuronkosken ylä-asteikolle (Liukko 1959).

23



25



maaston luonnollinen kaltevuus edellyttää ei pitkillä matkoilla ole mahdollista muutoin kuin sellaisissa tapauksissa, joissa uomaa oikaisemalla voidaan sen pituutta lyhentää. Kaltevuu den pientäminen voi tapahtua uoman porrastuksella. Esimerkiksi Tanskassa on Skjernån järjestelyn ja tulvapenger ryksen yhteydessä tähän seikkaan kiinnitetty suura huomiota. Putosportaita käyttäen on kyetty säätelämään veden viratusnopeutta niin, että suunnitellulla jokiosalla tulevan ja poistuvan hiekan määrä on saatu pysymään samansuuruisena. Jotta putosportaat eivät estäisi kalojen nousua, ne on keskitetty porrasryhmäksi, jossa vesi putoaa yhdessä portaassa vain n. 30 cm.

Suomessa veden virtaukseen kohdistuvissa järjestelyissä on erityistä huomiota kiinnitettävä jääpeitteen, jääpatojen ja jääsupon aiheuttamaan vedenpinnan nousuun, joka voi poikkeustapauksissa olla ajoittain jopa useita metrejä (vrt. luku 11.35). Erityisesti tulva-pengerrysten yhteydessä voivat yllättävät vedennousut päävesistössä olla tuhoisia aiheuttaessaan pengermurtumia. Jäät voivat myös vahingoittaa penkereitä, ellei niitä ole suojattu (kuva 23). Kun joen järjestelyn yhteydessä joudutaan rakentamaan siltoja, niiden vapaan aukon suuruutta määrättäessä on otettava huomioon aukon aiheuttama veden patoutuminen ylivirtaamien ja jääesteiden johdosta. On varauduttava siihen, että nämä samanaikaisesti sattuessaan eivät aiheuta rakenteellisia vaurioita itse sillassa eikä tulva-vahinkoja väluoilella.

Suuremmista virtaamista ja uoman suuremmasta koosta johtuen joudutaan jokiuomissa kiinnittämään enemmän huomiota paikallisiin hydrologisiin ja geoteknillisiin seikkoihin kuin purojen perkauksissa ja valtaojituksissa, mikä vaatii vastaavasti yksityiskohtaisempia hydrologisia havaintoja ja maastotutkimuksia. Suurissa uomissa tulee poikkeaminen vanhan uoman suunnasta harvemmin kysymykseen kuin pienissä. Kaivumaiden sijoitus ja uoman vahvistukset sortumia sekä virtauksen ja jäiden syövytystä vastaan ovat seikkoja, joissa myös ratkaisut voivat olla toisenlaisia kuin pienissä uomissa iue.

Myös joen järjestelyissä varsin keskeisen ongelman muodostaa se, missä määrin tulvalauiden poistaminen aiheuttaa ylivirtaamisen lisääntymistä alapuolella. Järven järjestelyihin verrattuna tämän arviointi on kuitenkin vaikeampaa, koska tulva-alueet ovat usein viettäviä ja niillä tapahtuu vedenpinnan kaltevuuden muutoksia eri tempossa alueen eri

osissa. Tämän vuoksi järvi-altaiden varastointilaskelmissa käytetyt menetelmät eivät sellaisenaan ole käyttökelpoisia jokien tila-alueilla. Kun järvetöissä jokivesistöissä vedenpinnan nousut ja laskut ovat usein hyvin jyrkkiä ja vaihtelevat melkoisesti vuorokaudenkin sisällä, vaatii kysymyksen selvitys erittäin huolellista vedenpinnan nousun tekoa usealla vesiasiteikolla eri puolilla tulva-alueita ja useampia havaintoja vuorokaudessa. Vastaavasti aika- ja korkeusmittakaavat on laskelmiin liittyvissä graafisissa esityksissä valittava riittävän suuriksi (esim. aika-abskissassa vuorokausi on 10...20 mm ja vedenkorkeus merkitään suhteessa 1 : 10...1 : 20). Liukan (1959) mukaan tulva-alueen kaltevuuden vaikutus voidaan ottaa huomioon suorittamalla varastointilaskelmat tulva-alueen painopisteesen interpoloitujen vedenkorkeusvaihteluiden nojalla. Tulvanaikaiset vedenpinnan kaltevuuden muutokset voivat suurehkoissa joissa aiheuttaa kymmenien prosenttien eroja virtaamisissa samalla vedenkorkeudella, kuten ilmenee kuvasta 24, jossa virtaamakäyrän piirtämisessä on noudatettu Niinivaaran (1945) esittämää menetelytapaa. Kun vesien leviäminen tulva-alueille katkaisee tehokkaasti tulvakumpujen virtaamahuiput ja supistaa myös mainittua virtaamakäyrän silmukkaa, voi tulva-alueiden poistaminen ja pienentäminen merkitä jopa kymmenien prosenttien lisäystä ylivirtaamisissa (kuva 25) ja aiheuttaa tulvien siirtymisen alemmaksi jokivarressa. Vesistöjen järjestelyissä on tällaisissa laskelmissa käytetty usein yksinkertaistettuja keskiarvotilanteeseen nojaavia arviointoja, jotka kuitenkin ovat voineet antaa virheellisen kuvan järjestelyn vaikutuksesta.

11.43 PENGERRY SKUIVATUS

11.431 Pengerryksen edellytykset

Pengerrys on tällä vuosisadalla tullut yhä yleisemmin käytetyksi maankuivatustavaksi. Tähän ovat vaikuttaneet maansiirtokoneiden luomat mahdollisuudet pengerten rakentamiseksi sekä sähkön käytön yleistyminen ja pumppujen kehittyminen. Rajoitavana tekijänä pengerrysten toteuttamiseksi ovat kuitenkin korkeat kustannukset, sillä tavallisten peruskuivatuskustannusten lisäksi on otettava huomioon pengerten rakentamiskustannukset sekä pumppuamoiden perustamis- ja käyttökustannukset. Maaston korkeussuhteet, maallajit ja pengerrysalueelle sivuilta tulevien vesien määrä asettavat rajoituksia pengerrysten toteuttamiselle.

26. Pengerryksessä kysymykseen tulevia rakenteita.
 27. Sähkönkulutuksen (kWh/vuosi) riippuvuus valuma-alueen alasta ja nostokorkeudesta (Hovila & Kokko 1965).

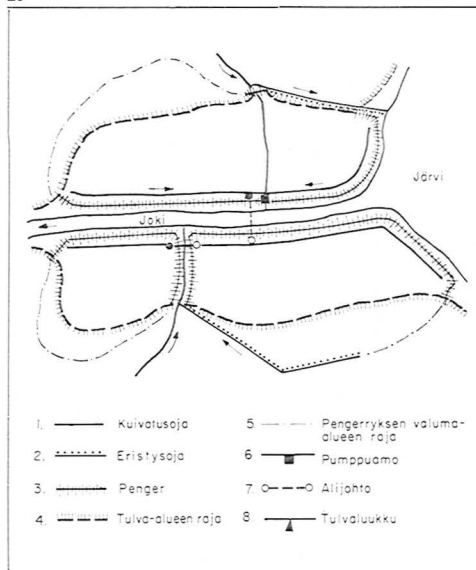
Merenn rannalla ja sellaisen vesistöjen var-
 silla, joiden vedenkorkeuksia ei voida esimer-
 kiksi padotussääntöjen vuoksi alentaa tai joi-
 den alentaminen tulee kohtuuttoman kalliiksi,
 pengerrys voi olla ainoa mahdollisuus usein
 vain rajoitetulla rantaosalla olevien alavien
 maiden kuivattamisessa tai vallatessa uutta
 maata vesialueesta. Pengerrys tarjoaa myös
 keinoja eri etupiirien etuvastakohtien tasoit-
 tamiseksi vesistöjen säännöstelyssä ja etsit-
 täessä edullisinta ratkaisua vesistöjen moni-
 puoliseksi hyväksikäyttämiseksi. Tällöin pen-
 gerryksen ohella voi olla tarkoituksenmukaista
 käyttää samanaikaisesti muitakin maankuiva-
 tustapoja, mm. suorittaa pääuoman perkausta.
 Pengerryksiä on Suomessa tehty erityisesti
 vesivoimalaitosten rakentamisen ja suurten
 vesistöjen tulvasuojelun yhteydessä sekä
 toteutettaessa sotien jälkeen ns. maanhan-
 kintalakia, jolloin pellon saanti asutuksen
 läheisyydessä olevista tulva-alueista osottau-
 tui useassa tapauksessa edullisemmaksi kuin
 uuden asutuksen perustaminen syrjäisille rai-
 vaamattomille suo- ja metsämailla. Pengerr-
 yksellä voidaan myös saavuttaa pysyvä pa-
 rannus alavilla turve- ja liejumailla, jotka pai-
 nuvat kuivatuksen ja viljelyn johdosta. Esimer-
 kiksi joen perkauksella saavutettu hyöty voi-
 daan menettää tällaisissa tapauksissa muuta-
 massa vuosikymmenessä. Pengerryksessä tä-
 mä merkitsee vain pumppuamiskorkeuden
 suurenemista.

11.432 Pengerryksen rakenteet

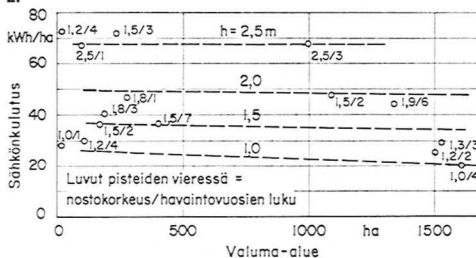
Pengerryksessä tehdään **suojapenkereet** vesis-
 tön tai meren suunnalta kuivatusalueelle vir-
 taavia vesiä vastaan sekä suoritetaan **pen-
 gerryksialueen kuivatus**. Luonnollisessa kuiva-
 tuksessa johdetaan haitalliset vedet pengerr-
 yksialueelta kuivatusojia tai -kanavia myöten
 päävesistöön alempana käyttämällä hyväksi
 maanpinnan viettosuhteita. Keinokuivatukses-
 sa on rakennettava **pumppuamoita**. Pumppu-
 jen koon ja energian kulutuksen pienentämi-
 seksi on valuma-alue rajoitettava **eristysojilla**
 ja penkereillä mahdollisimman pieneksi (kuva
 26). Jos pumppuamoiden valuma-alue on
 enemmän kuin 5-kertainen pengerryksen
 hyötyalueeseen verrattuna, pyrkivät niiden
 perustamis- ja käyttökustannukset nousemaan
 kohtuuttoman suuriksi. Tämä riippuu myös
 mm. pumppuamiskorkeudesta. Kun Suomessa
 keskivaluma maan eri osissa on likimäärin
 sama, on toteutetuissa pengerryshankkeissa
 vuotuinen sähkönkulutus valuma-alueen heh-
 taaria kohden ollut ensi sijassa nostokorkeu-
 548

28. Erilaisia ratkaisuja pengerryksessä. Alueelta I
 pengerryksialueen vedet johdetaan kuivatusojalla
 kosken alapuolelle. Alueelta II ylävämmän osan
 vedet voidaan osittain johtaa tulvaluokun kautta
 jokeen. Alueella III lammen varastotila sallii pel-
 käästään tulvaluokun käytön. Muut merkinnät samat
 kuin kuvassa 26.

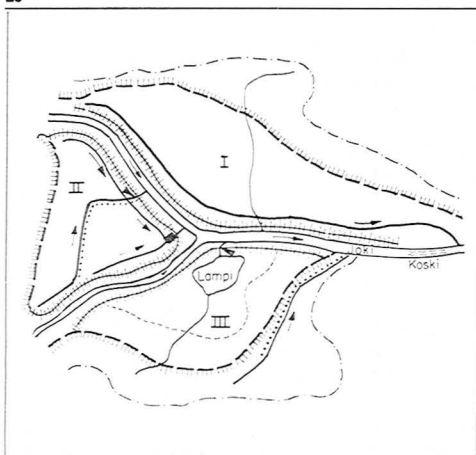
26



27

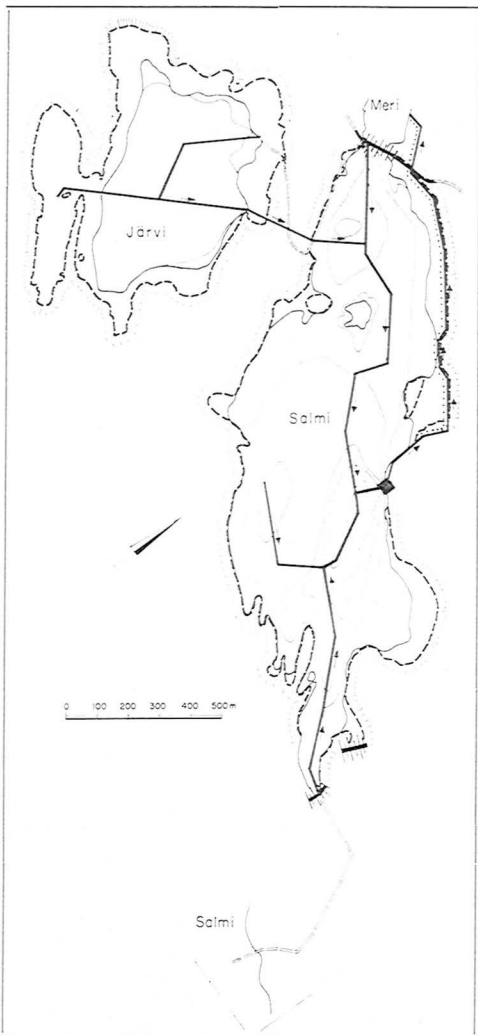


28



29. Pumppuamon sijoitus Pyhämaalla sijaitsevan Kur-silansalmen pengerrysuunnitelmassa osottautui edullisimmaksi lähelle syvintä osaa eristysojan yläpään, vaikka silmävaraisen arvioinnin mukaan näytti aluksi tarkoituksenmukaiselta sijoittaa

29



30



se lähelle meren rantaa jompaankumpaan päähän kuivatettavaa merenlahtea (Jäänti 1961).

30. Meripengertä vahvistetaan Zuideeseen kuivatustyömaalla Hollannissa (Kaitera & Paasilähti 1939).

den funktio, kuten ilmenee kuvasta 27. Pumppuamoiden koon ja käyttökustannusten pienentämiseksi voidaan tietyissä oloissa käyttää myös **tulva-aukkoja** säädettävine tai automaattisesti toimivine sulkuineen. Niiden kautta päästetään sopivien hydrologisten olosuhteiden vallitessa yliviedet pois pengerrysalueelta. Kun yleensä on edullista keskittää vedennosto mahdollisimman harvoihin kohtiin, johdetaan vedet erillään olevilta alueilta **alijohtoja** käyttäen yhteisiin pumppuamoihin. Kuitenkin laajoilla pengerrysalueilla voi olla aiheellista johtaa ylävämmän osan vedet erillisen pumppuamon kautta nostokorkeuden pienentämiseksi. Kuvissa 28 ja 29 on esitetty erilaisia ratkaisuja pengerryksessä kysymykseen tulevien rakenteiden yleisestä sijoituksesta.

Käyttämällä hyväksi pengerrysalueella ja ulkopuolisessa vesistössä esiintyvien tulvien eriaikaisuutta voidaan toisinaan pengerrys toteuttaa pelkästään tulva-aukkojen avulla ilman pumppuamoita, kun päävesistön tulvien aikana voidaan varastoida vettä pengerrysalueella altaisiin. Sellaisina voivat toimia lahdenpoukamat, lammet sekä myös pengerrysalueen kuivatusojat ja -kanavat. Suomessa tällaiset ratkaisut voivat tulla kysymykseen etenkin suurten järvivesistöjen rannoilla, joilla sulanatulvat esiintyvät pengerrysalueen ylivesien jo laskettua, tai meren rannikolla, missä tuulitulvat sattuvat eri aikaan kuin pengerrysalueen ylivirtaamat.

11.433 Penkereet ja pengeralusta

(Vrt. myös Tipuri 1963). **Penkereiden sijoituksessa** on otettava huomioon seuraavia näkökohtia:

- Penkereiden kokonaispituus on koetettava saada mahdollisimman pieneksi. Kuitenkin tätäkin tärkeämpää on, että vältetään korkeita penkereitä, koska pengerkorkeuden kasvaessa siirrettävien maiden määrä lisääntyy ja penkeren rakenteeseen kohdistuvat vaatimukset kasvavat kohottaen jyrkästi kustannuksia.
- On vältettävä sellaisia kohtia, missä jatkuva vedenpaine pengertä vastaan tulee suureksi. Esimerkiksi tavallisessa viljelys-pengerryksessä meren tai järven rannalla penkeren sijoittaminen yhtä metriä syvempään veteen ei yleensä ole suositeltavaa.
- Pengeralustan tulee olla riittävän kantavaa eikä siinä saisi olla vettä läpäiseviä kerroksia. Nimenomaan painuvilla turve- ja

liejumailla on pengeralusta tutkittava kaivauksien ja laboratoriotutkimusten avulla (ks. luku 4.). Alustan vakavuuden varmuusluvun tulisi olla $F > 1,3$.

- Pengermaat on saatava mahdollisimman läheltä. Tästä syystä mm. kuivatusoja on pyrittävä sijoittamaan penkeren viereen.
- On vältettävä kohtia, joissa aallokon syövyttävä vaikutus on suuri. Matalan veden alue penkeren edessä heikentää aallokkoa. Tällaisen suoja-alueen tulisi olla järvien rannoilla ainakin muutamia kymmeniä metrejä. Pohjanmeren rannalla muodostetaan maa- ja metsämailla meripengertien ulkopuolelle keskiveden aikana kuivana maana olevia »watt-alueita», jotka voivat olla 300...1 000 m leveitä.
- Jokipengerryksissä on jätettävä tilaa pengerten väliin tulvavesien virtaukselle ja vältettävä sellaista pengerten mutkittelua, missä virtaus pääsee syövyttämään niitä.
- Kuivatusojien varrella penkereet sijoitetaan niin, että kaivukoneiden työskentely oja perattaessa on mahdollista joko rantapengermaalta tai penkeren päältä.

Pengeralusta. Heikosti kantavalla turve- ja liejumailla voi olla aiheellista rakentaa penger vähitellen, useiden vuosien aikana täyteen korkeuteen. Pengeralustan vakavuuden on todettu lisääntyneen neljän vuoden aikana 15...40 % (Mustonen 1958). Mahdollisena vakavoittamistoimenpiteenä penger voidaan rakentaa painopenkeren tyyppisenä loivaluiskaiseksi ja alaosaltaan leveäksi.

Penkeren painoa voidaan käyttää hyväksi alustaa tiivistämässä etenkin turvemaalla. Lieju- ja urpasavimaat, joilla on taipumusta pysyvään rakoiluun, saadaan tiiviiksi rikkomalla niiden luonnollinen rakenne. Tämä voidaan suorittaa:

- pystysauvatärytyksellä, käyttäen reikäväliä 0,3 m,
- räjäyttämällä käyttäen panostusväliä 0,5 m ja
- kaivamalla oja penkeren keskelle tai etureunalle ja täyttämällä se tiiviillä maalla; kuivumiskutistumisen tapahduttua voi tällaisena maana myös lieju tulla kysymykseen.

Jos penkeren päällä kulkee tie, jossa on liikennettä, tämän aiheuttama tärinä tiivistää myös kuivumiskutistumisen johdosta rakoile-

van pengeralustan. Jos penkeren alle joudutaan kaivamaan oja tiivistyssydäntä varten, on sen vakavuutta heikentävä vaikutus otettava huomioon. Huonosti kantavalla maalla on kuivakuorikerros lujempi kuin alemmat kerrokset, joten sen aukikaivaminen heikentää pengeralustaa.

Savi-, hiesu- ja hietamaat sekä yleensä moreenit, joissa tavallisesti on hienojakoisia lajitteita riittävästi, ovat pengeralustana kyllin tiiviitä. Karkeilla maalajeilla (sora, hiekka) on syytä suorittaa vedenläpäisevyystutkimuksia, jotta penkeren alustan leveys ja mahdollinen tiivistysoja voidaan ottaa huomioon.

Penkeren rakenne. Tavallisissa joki- ja järvipengerryksissä riittää, että penkeren harja tehdään 0,5...1,0 m HW1/50:n yläpuolelle; suurempaa korkeusvaraa on käytettävä vesistöissä, missä vedenkorkeusvaihtelut ovat suuret ja missä on yllätysvaara uoman jäätyminen tai jääruuhkien johdosta. Rakennettaessa penger ulappaa vastaan on korkeuteen lisättävä aallokon korkeus. Se saadaan kaavasta (2) (Bygg IV, 1949):

$$H = 0,33 \sqrt[4]{L} + 0,75 - 0,3 \sqrt[4]{L}, \text{ jossa} \quad (2)$$

H = aallon korkeus (m)

L = penkeren edustalla olevan syvän ulapan pituus (km)

Kaava (2) antaa suurimman aallon korkeuden ja pätee tapauksissa, joissa ulappa on kapeampi kuin 50 km. Rantamatalikko murtaa aallot ja ollessaan riittävän leveä tekee mahdolliseksi pengerkorkeuden alentamisen.

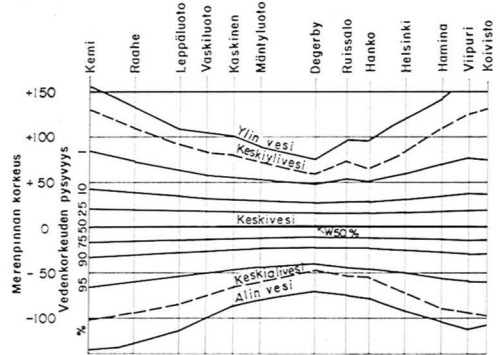
Itämeren ja sen lahtien vedenkorkeusvaihtelut Suomen rannikolla ilmenevät kuvasta 31 (Hela 1951). Penkeren korkeutta näillä rannoilla määrättäessä on syytä ottaa huomioon, että suurimmat vedenkorkeudet ovat lounais- ja etelätuulien aiheuttamia. Näille tuulille alttiilla rannoilla sattuu siis suuri aallokko ja suuri vedenkorkeus samanaikaisesti, kun taas pohjois- ja itätuulille alttiilla rannoilla vedenpinta on suuren aallokon aikana huomattavasti alempana.

Penkeren rakennuskorkeutta määrättäessä on lisäksi otettava huomioon penkeren ja pengeralustan painuminen (ks. luku 4).

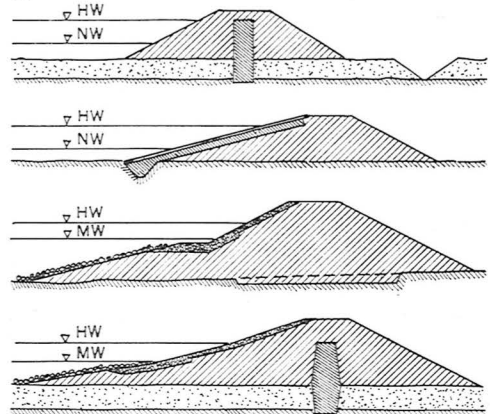
Pahojen pengersortumien välttämiseksi katastrofitulvien sattuessa on penkeren matalimman osaan syytä tehdä 20...30 cm alavampi virtauskynnys, jonka kautta pengerryk-

31. Suomen merenrannikoiden vedenkorkeuksien pysyvyys vuosien 1929...1938 havaintoaineiston mukaan (Hela 1951).
 32. Erilaisia pengerrakenteita.
 33. Kiviheitokkeen lohkaraiden vähimmäispaino aallon korkeuden funktiona eri luiskankaltevuuksilla (Quinn 1961).

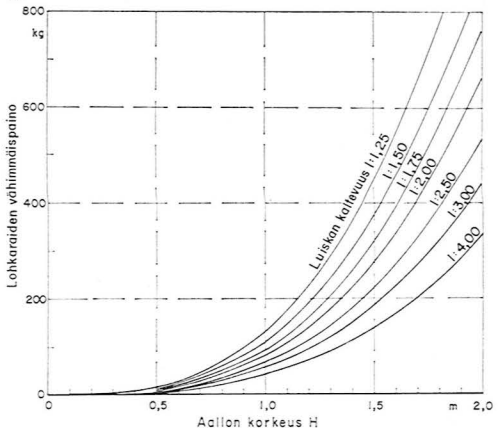
31



32



33



alue voi täytyä ennenkuin tulva murtaa korkeita pengerosia.

Penkeren harjan leveys on tehtävä niin suureksi, että sillä voidaan ajaa autolla, mikä on tarpeen kunnostustöiden vuoksi ja myös alueen hyväksikäytössä. Minimileveys on 3 m. Tätä kapeammat penkeret voivat tulla kysymykseen niiden ollessa 2 m matalampia ja vain lyhyitä aikoja vedenpaineen alaisina.

Luiskan kaltevuus riippuu penkereseen käytetystä maasta ja penkeren korkeudesta vaihdellen se tavallisesti matalissa penkereissä 1:1,5...1:3. Ulkoluiska tehdään usein loivemmaksi kuin sisäluiska. Jos luiskaa on vahvistettava veden syövytystä vastaan, tällaiset osat voidaan tehdä myös jyrkempinä, jotta vahvistuksen ala saataisiin pieneksi. Pengerkorkeuden kasvaessa on luiskan kaltevuutta loivennettava erityisesti luiskan alaosassa. Korkeissa penkereissä voi alaosassa tulla kysymykseen luiskan kaltevuus 1:5...1:10. Kuvassa 32 on erityyppisiä pengerrakenteita.

Pengermän leveys penkeren ja sen suuntaisen vesiuoman välissä on kantavilla mailla 2...5 m maalajista, pengerkorkeudesta ja kunnossapitoperkausten järjestelystä riippuen. Mikäli on pelättävissä jokiuoman luiskien syöpmistä tai milloin pengeralustan kantavuus on huono, tehdään pengermä leveämmäksi. Huonosti kantavalla maalla, esimerkiksi paksulla liejakerroksella, on pengermä tehtävä niin leveäksi, että vakavuuden kannalta vaarallisin liukupinta ei kulje vesiuoman kautta. Tällaisissa tapauksissa voi olla aiheellista korottaa pengeri täyteen korkeuteensa useassa erässä pitkän ajan kuluessa.

Penkeren rakennusaineena käytetään yleensä sen läheisyyteen tehtävän kuivatus- tai eristysojan kaivumaita tai perattavasta päävesistä nostettavia maita. Savi-, hiesu- ja hietamaista samoin kuin moreenimaista tulee sellaisenaan riittävän tiivis pengeri, kun se on matalampi kuin 3...5 m. Liejumaatkin voidaan käyttää 2 m matalammissa penkereissä, jotka ovat vedenpaineen alaisina vain lyhyitä aikoja, kun ne tehdään useamassa vaiheessa niin, että kuivumiskutistumisen aiheuttama rakoilu penkeren teon yhteydessä häviää. Myös turvetta voidaan käyttää tällaisissa penkereissä, kun sitä kuormitetaan kivennäis- maalla. Tällaisen penkeren on oltava tiivis yliveden korkeudelle saakka ja penkeren kokonaispaino on saatava riittäväksi vakavuutta silmälläpitäen. Sora ja hiekka ja niihin verrattavat maalajit vaativat tiivistysraken-

teen. Korkeissa penkereissä on pengermaan laatu tutkimuksilla selvítettävä ja penkeren rakenne suunniteltava huomioonottaen sekä läpäisevyys- että vakavuusvaatimukset.

11.434 Penkereen luiskan suojaus

Penkereet on suojattava ainakin nurmipeitteellä, joka matalissa ja vain ajoittain vedenpaineen alla olevissa penkereissä usein kasvaa luontaisesti riittävän tiheäksi. Ellei näin tapahdu, on käytettävä nurmettamista tai turveverhousa. Sellaisissa tapauksissa, joissa virtaava vesi tai aallokko saattavat vaurioittaa pengertä, se on suojattava riittävän vahvojen rakenteiden, joiden luonne riippuu syövyttävistä voimista. Keski-Euroopassa käytetään risukimppuja ja -mattoja kivi- tai betonilohkareverhouksen alla (kuva 30).

Kiviheitokkeen käyttö penkeren suojauksena tulee kysymykseen erityisesti aallokon syövytystä vastaan (kuva 34). Lohkareiden, joiden tulisi olla särmikkäitä louhoskiviä, vähimmäispaino määrätään kuvan 33 mukaan aallokonkorkeuden ja luiskan kaltevuuden nojalla. Aallokon vaikutus kiviheitokkeen alla olevaan pengerraineeseen ulottuu verrattain syvälle. Tästä aiheutuvan syöpmisen estämiseksi on Suomessa käytetty sammalta kiviheitokkeen alla joko levitettyä n. 20 cm kerrokseen ja tiivistettyä tai kahden harvan kanaverkon väliin patjoiksi sidottuna (paksuus 10...15 cm). Karhusammal on osoittautunut käyttökelpoiseksi.

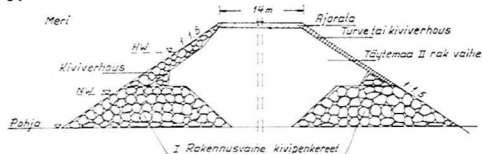
Penkeren yli johtavat tiet on tehtävä sen rakentamisen yhteydessä, koska kokemuksen mukaan tiet erikseen rakennettuina jäävät liian mataliksi tai penkereet painuvat teiden kohdalla muodostaen veden virtausaukkoja tulva-aikoina.

11.435 Pumput

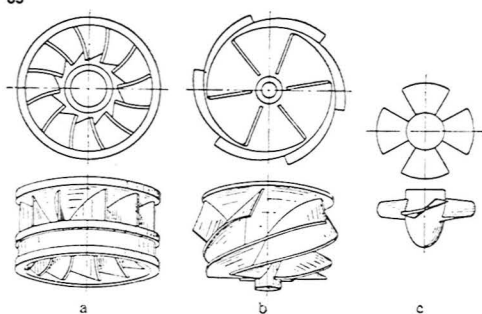
Keinokuvatuksessa tapahtuu vedennosto Suomessa puoliaksaali- tai potkuripumpuilla. Näiden pumppujen yleisnimitys on ollut keskipakopumput. Kuitenkin potkuripumpuissa, jotka muodostavat tämän pumppuryhmän laajalti käytetyn äärialueen, keskipakovoiman osuus nostokorkeuteen on käytännössä merkityksetön. Pengerrylaitoksissa esiintyvät pienet nostokorkeudet (1...6 m) samanaikaisten suurten virtaamien kanssa soveltuvat erityisen hyvin potkuripumpuille. Nämä pumput ovat rakenteeltaan yksinkertaisia. Aksiaalkoneet ovat lisäksi nopeakäyntisiä, jolloin on mahdollista kytkeä ne monessa tapauksessa

34. Merta vastaan rakennettu pengeri Porin luona (Tipuri 1963).
 35. Siipipyörämuodot, a) säteispyörä, b) puoliaksaali-pyörä, c) potkuri (Schroeder 1937).
 36. Avoin (a) ja suljettu (b) pumppurakenne.

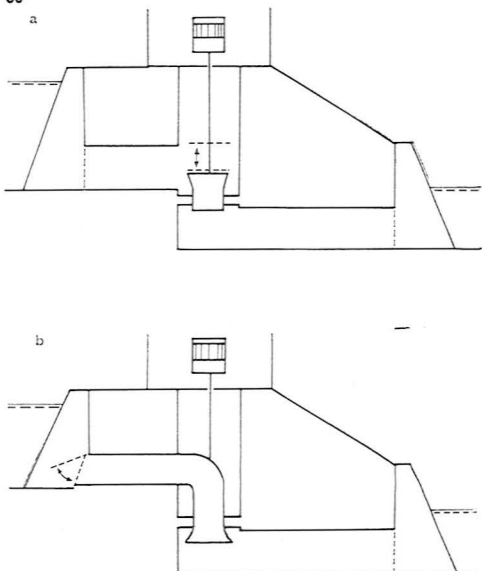
34



35



36



suoraan käyttövarmaan kolmivaihemoottoriin. Keski-Euroopassa käytetään vähäisessä määrin myös muita vedennostolaitteita, esimerkiksi vesikierrettä tuulimoottorin käyttämänä.

Pumppujen siipipyörärakenteessa voidaan erottaa kolme pääryhmää:

- säteispyörät,
- puoliakσιαalipyörät ja
- potkurit,

joiden nojalla myös pumput ryhmitetään.

Siipipyörä muuttaa käyttömoottorin antaman mekaanisen energian hydrauliseksi energiaksi, so. paine- ja nopeusenergiaksi. Johtolaitteiden tehtävänä on vielä muuttaa osa pyörän nopeusenergiasta paineeksi ja samalla ohjata vesi poistoputkeen. Eri pyörämuodot ilmenevät kuvasta 35.

Vesi virtaa pumpun imuaukkoon akselin suuntaisesti. Säteispyörässä virtaus kääntyy akselia vastaan kohtisuoraan tasoon. Puoliakσιαalikonissa alkuun akselin kanssa samankeskeisissä sylinteripinnoissa virtaava vesi käännetään siipipyörässä kartiomaisiin virtauspintoihin. Potkurissa taas alunperin akselin kanssa samankeskeiset virtauspinnat pysyvät myös pyörävirtauksessa sylinteripintoina.

Säteispyörissä käytetään johtolaitteena mielettään spiraalipesää. Puoliakσιαali ja potkuripumpeissa spiraalipesä korvataan akselia symmetrisesti ympäröivällä johtosiivistöllä.

Suurimpana tekijänä säteispyörän antamaan nostokorkeuteen vaikuttaa keskipakovoima, josta nämä koneet ovat saaneet yleisnimensä. Potkuripumpeissa virtauspinnat pysyvät koko ajan akselin kanssa samankeskeisinä sylinteripintoina ja keskipakovoiman merkityksetön osuus selittää sen tosiasian, että jollain painereunan kehänopeudella potkurin antama nostokorkeus on vain 30...10 % vastaavalla nopeudella pyörivän säteispyörän nostokorkeudesta.

Pengerryskäyttöön tarkoitetut pumput voivat olla vaaka-, pysty- tai vinoakselisia, avonaisia tai vaipallisia, johtolaitteilla varustettuja tai ilman niitä. Avonaiset pumput ovat aina pystyakselisilla (kuva 36). Siipipyörästä tulevan veden liike hidastetaan johtolaitteissa nopeuden muutuessa paine-energiaksi. Pienille nostokorkeuksille suunnitelluissa potkuripumpeissa voidaan johtolaitteita yksinkertaistaa tai jättää ne kokonaan pois hyötysuhteen siitä suuremmin kärsimättä.

Tutkittaessa pumpun soveltuvuutta haluttuun tarkoitukseen on tarkastelun kohteeksi otettava erityisesti seuraavat pumpun ominaisuudet: virtaama Q (pumppujen suunnittelijat käyttävät nimitystä tilavuusvirta), nostokorkeus H , tehon tarve P , hyötysuhde η ja pyörimisnopeus n . Keskipakopumppujen suunnittelijat käyttivät aikaisemmin siipipyörien ja yleensä pumppujen luokitteluun vesiturbiinirakennuksesta peräisin olevaa suuretta »ominaiskierrosuku» n_s , jonka lauseke on (3)

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{H^3}} \quad (3)$$

n = pumpun pyörimisnopeus (r/min)

Q = virtaama (m³/s)

H = nostokorkeus (m)

Suure n_s tarkoittaa sellaisen pumpun siipipyörän pyörimisnopeutta, joka on geometrisesti yhdenmuotoinen annetun pumpun kanssa ja joka yhden hevosvoiman teholla nostaa vettä metrin korkeuteen. Jotta pumpun ominaisuuksia kuvaava suure palvelisi paremmin pumppujen suunnittelijain tarpeita, on n_s -arvosta siirrytty »ominaisnopeuteen» n_q , joka nykyisin käytetyssä muodossa on:

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{H^3}} \quad (4)$$

Tällainen annetun pumpun kanssa geometrisesti yhdenmuotoinen pumppu nostaa 1 m³/s nostokorkeuden ollessa 1 m. Kaikki kyseiset arvot on tapana ilmaista pumpun parhaan hyötysuhteen pisteessä.

Ominaisnopeus määrittelee siipipyörän muodon. Eri pyörämuotojen n_q -alueet menevät osittain päällekkäin, mutta suurin piirtein ne ovat

- säteispumpeissa $n_q = 10 \dots 80$,
- puoliakσιαalipumpeissa $n_q = 80 \dots 150$,
- potkuripumpeissa $n_q = 120 \dots 350$.

Lisäksi ovat pumppujen laskelmissa käytettävät kertoimet ja parametrit ominaisnopeuden funktioita. Tämän vuoksi myös valmiiden pumppujen hydrauliset arvot ovat suuressa määrin riippuvia koneen ominaisnopeudesta.

Kuvasta 37 ilmenee siipipyörän muodon vaikutus pumpun ja P - Q -käyrän muotoon. Käyrät on esitetty suhteellisessa mittakaavassa verrattuna laskentapisteen (= parhaan hyötysuhteen piste) arvoihin. Käyristä huo-

mataan, että esim. tarvittava akseliteho 0-tuotolle kasvaa runsaasti ominaisnopeuden kasvaessa. Pienillä ominaisnopeuksilla 0-tuoton voimantarve on vain 35...40 % laskentapisteen akselitehosta. Potkuripumpuilla tämä arvo on jopa 160...250 %. Säteispumput voidaan siis parhaiten käynnistää paine johdon venttiilin ollessa suljettuna. Potkuripumppu käynnistyy parhaiten pienintä mahdollista nostokorkeutta vastaan. Näin onkin yleensä asianlaita pengeryslaitoksissa, joissa pumpun tehtävänä on on imualtaan »tyhjäksi pumppaaminen» vakinaista tai hitaasti muuttuvaa ulkopuolista vedenkorkeutta vastaan.

Puoliaksiaalipumppujen käyttöön vaikuttavat arvot asettuvat säteis- ja potkuripumppujen arvojen välimaille. Niinpä voi puoliaksiaalipumpulla olla tehontarve suunnilleen vakio, siis riippumaton virtaamasta.

Ominaisnopeuden suuren vaikutuksen havainnollistamiseksi keskipakopumpun siipipyörän muotoon ja ominaisuuksiin on dipl.ins. Ahti laatinut kuvan 38. Tässä piirroksessa on laskelmien lopputuloksina esitetty Q - ja H -arvot siipipyörille, joilla kaikilla on pyörimisnopeutena $n = 1450$ r/min. Pyörän painereunan suurin halkaisija on kaikissa pyörissä 250 mm. Muuttujana on ainoastaan pyörän imuaukon suurin halkaisija ominaisnopeuden funktiona. Laskelmissa on pyörät mitoitettu ominaisnopeuksille:

$n_q = 30; 60; 120$ ja 240 .

Tarkastelua yksinkertaistuttaa se, että jokaisen pyörän painereunan kehänopeus on sama, eli $\pi \cdot 0,25 \cdot 1450/60 = 19,0$ m/s. Piirroksessa ilmenee, että pyörällä saavutettavissa oleva nostokorkeus laskee jatkuvasti n_q -arvon kasvaessa. Johtuen pyörän imutilan halkaisijan suurenemisesta kasvaa virtaama aluksi ominaisnopeuden lisääntyessä, mutta muuttuu sitten vakioiksi. Piirroksen on lisäksi merkitty kunkin pyörän muoto vastaavan n_q -luvun kohdalle.

Keskipakopumpuilla saavutettavissa oleva hyötysuhde riippuu ominaisnopeudesta ja pumpun suuruudesta. Kuva 39 antaa yleiskatsauksen. Parhaimmat hyötysuhteet on mahdollista saavuttaa pyörillä, joiden n_q on alueella 50...100. Tämä pumppurakentajien vanhastaan tuntema tosiasia johtuu siitä, että mainitulla n_q -alueella virtaustilan solat tulevat sopivan leveiksi ja lyhyiksi ja hydrauliset häviöt pieniksi.

Eri juoksupyörätyyppien hyötysuhdekäyrät suhteellisessa koordinaatistossa ilmenevät kuvasta 40. Huomataan, että potkuripumpuilla hyötysuhteen maksimi-arvon alue on verraten kapea.

Suurilla potkuripumpuilla on mahdollista käyttää kääntäväsiipisiä juoksupyöriä. Tällöin saavutetaan taloudellinen säätö suurella virtausalueella, mutta nostokorkeuden tulee pysyä ahtaissa rajoissa. Kääntäväsiipisen potkurin säätökäyriä esittää piirros 42.

Aivan kapeat pienen ominaisnopeuden pyörät ovat hydraulisesti epäedullisia, joka ilmenee pumpun huonona hyötysuhteena. Pyörän kapeus ja siitä johtuva huono hyötysuhde ja valmistusvaikeudet varsinkin valettuina, ovat johtaneet siihen, että pienimpänä toteutettavissa olevana ominaisnopeuden arvona pidetään $n_q = 10$.

Myöskään äärimmäisen nopeakäyntiset (suuren ominaisnopeuden) potkuripumput eivät yllä aivan parhaimpiin saavutettavissa oleviin hyötysuhdearvoihin.

Pumpun tehontarve lasketaan kaavasta (5)

$$P = \frac{Q \cdot Q \cdot g \cdot H}{\eta \cdot 1000} \quad (5)$$

P = pumpun akseliteho (kW)

Q = virtaama (m^3/s)

Q = nesteen tiheys (kg/m^3)

g = painovoiman kiihtyvyys ($9,81$ m/s²)

H = nostokorkeus (m)

η = pumpun kokonaishyötysuhde

Käyttömoottori on valittava pumpun valmistajan suositusten mukaisesti. Erityisesti potkuripumpuilla on tutkittava huolellisesti tarvittava käyttömoottorin teho.

Kun pyörimisnopeutta muutetaan, ovat voimassa muunnoskaavat (6)

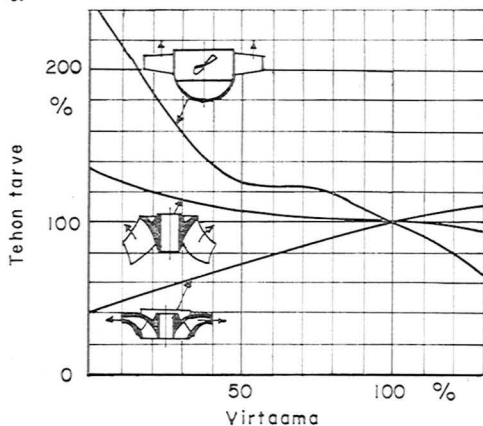
$$\frac{n_1}{n} = \frac{Q_1}{Q} = \sqrt{\frac{H_1}{H}} = \sqrt[3]{\frac{P_1}{P}} \quad (6)$$

Akselitehon muunnoskaava on täsmälleen voimassa vain edellyttämällä hyötysuhteen pysyvän vakiona pyörimisnopeuden muutoksesta huolimatta. Kaavat ovat sitä tarkemmat mitä pienemmästä pyörimisnopeuden muutoksesta on kysymys.

Pumpputyyppejä valittaessa on kiinnitettävä huomiota nostokorkeuden pysyvyysskäyrään.

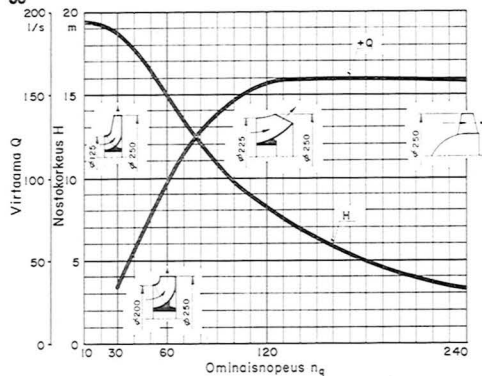
37. Siipipyörän muodon vaikutus pumpun tehontarpeen eri kuormituksilla. Arvot ovat % laskentapisteen arvoista (Ahti 1947).
38. Nostokorkeuden ja virtaaman riippuvuus ominaisnopeudesta n_q Ahdin mukaan. Kaikilla pyörillä on sama painereunan kehänopeus (19,0 m/s).

37

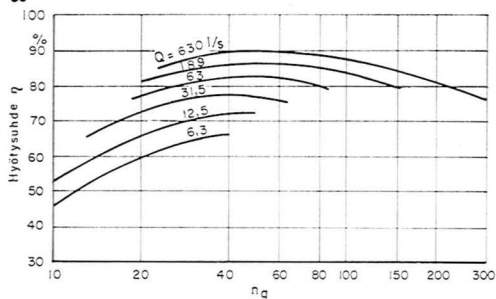


39. Saavutettavissa oleva hyötysuhde erilaisilla ominaisnopeuden ja virtaaman arvoilla.
40. Hyötysuhde η verrattuna laskentapisteen hyötysuhteeseen η nostokorkeuden H sekä n_q :n vaihdellissa.
41. Graafinen menetelmä kahden pumpun energiankulutuksen vertaamiseksi (Kokko 1965).

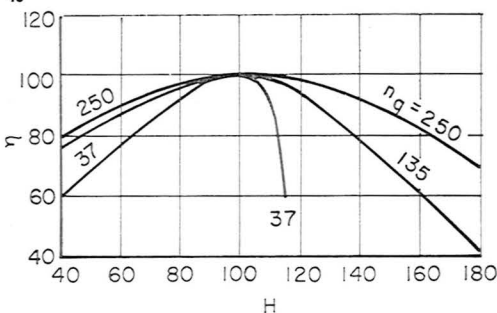
38



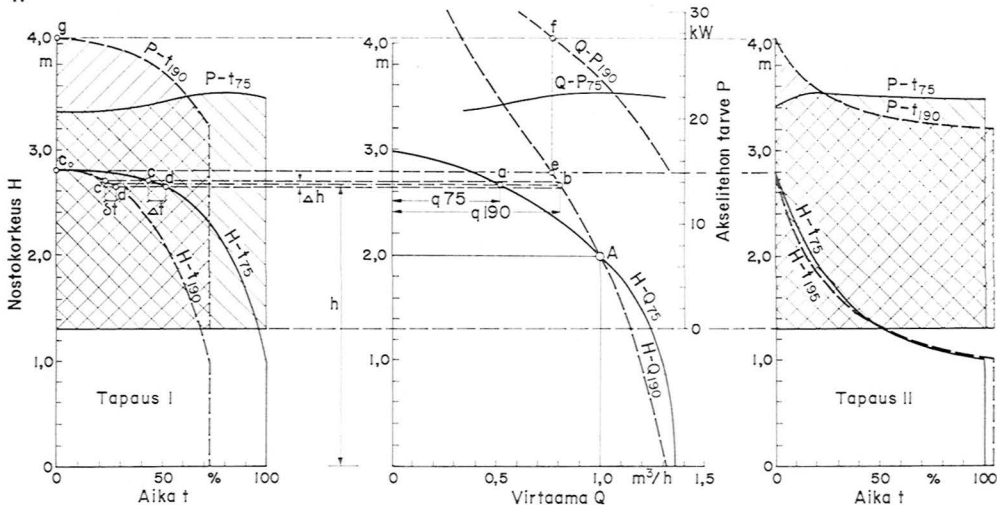
39



40



41



Tämä riippuu mm. siitä, sattuvatko tulvahui-
put pengerrysalueella ja ulkopuolisessa vesis-
tössä saman- tai eriaikaisesti ja miten kauan
tulvat kestävät. Kokko (1965) on esittänyt
graafisen menettelytavan, miten pysyvyyskäy-
rän avulla voidaan verrata esim. säteis- ja
potkuripumpun edullisuutta, kun tunnetaan
 $H-Q$ - ja $P-Q$ -käyrät (kuva 41). Kuvan 41
tapauksessa I pumppu toimii lyhyen ajan ja
tapauksessa II pääosan ajasta pienellä nosto-
korkeudella. Säteispumpun ($n_q = 75$) käyrät
on kuvassa merkitty yhtenäisillä viivoilla ja
potkuripumpun ($n_q = 190$) katkoviivoilla. Pum-
puilla on sama laskentapiste A ($H = 2.0$ m,
 $Q = 1.0$ m³/s). Säteispumpun hyötysuhde
 $\eta = 88$ % ja potkuripumpun $\eta = 83$ %. Ole-
tetaan säteispumpun nostokorkeuden pysy-
vyyskäyrä $H-t$ tunnetuksi (vasen kuva) ja
muunnetaan se $H-Q$ -käyriin (keskimmäinen
kuva) avulla potkuripumpun vastaavaksi käy-
räksi lähtien kaavasta $\Delta t \cdot q_{75} = \Delta t \cdot q_{190}$
(asiaa koskevat merkinnät on tehty vain
tapaukseen I). Tämän jälkeen nostokorkeu-
den pysyvyyskäyristä siirytään tehontarpeen
pysyvyyskäyriin $P-t_{190}$ ja $P-t_{75}$. Esimerkissä
on piste g saatu lähtien pisteestä c_0 ja kul-
kien pisteiden e ja f kautta. Muut $P-t_{190}$
käyrän pisteet saadaan vastaavasti. Vinovi-
voitetut alat osoittavat energiankulutuksen
määrää. Kuvan esittämässä tapauksessa saa-
daan suhteelliseksi arvoiksi:

Tapaus I: säteispumpulla kWh-määrä on 17
% suurempi kuin potkuripumpulla.

Tapaus II: pumppujen kWh-määrät ovat yhtä-
suuret.

Tällaisten vertailujen avulla voidaan todeta,
että huolimatta aikaisemmin esitetystä pot-
kuripumpun epäkohdista ja pienemmästä hyö-
tysuhteesta sen energian kulutus on tietyissä
olosuhteissa pienempi kuin muiden pumppu-
jen samoissa olosuhteissa (pengerryskäy-
tössä). Lisäksi on huomattava, että potku-
ripumput nopeakäyntisinä voidaan melko suu-
rinakin yksikköinä kytkeä suoraan 3-vaihe-
moottoriin.

Pumpun pyörimisnopeuden muutos aiheuttaa
sen hydraulisten arvojen muutoksen yllä esi-
tettyjen kaavojen mukaisesti. Yksinkertaisim-
min pyörimisnopeutta voidaan muuttaa moot-
torin vaihdolla, jos pumpun virtaama on osoit-
tanut liian pieneksi tai nostokorkeus on
maan painumisen johdosta suurentunut.

Myös voidaan käyttää moottoreita, joiden no-
peutta voidaan portaattomasti säätää (kom-
mutaattorimoottorit).

Kääntyväsiipinen potkuri on kallis ja potkurin
navan sisään asennettava kääntömekanismi
vaatii tilaa ja siitä johtuen melko suuren
pumppuamistehon ollakseen toteutettavissa.
Tämän vuoksi on viime aikoina esitetty yksin-
kertaisempia säätölaitteita. Näissä potkurivir-
tauksen nopeusmomentin muutokseen perus-
tuvissa säätölaitteissa asennetaan potkurin
eteen käännettävät ohjaussiivet. Siipien kään-
tö suoritetaan yksinkertaisen vipu- ja ham-
maskehäjärjestelmän avulla, joko käsin tai
kauko-ohjattuna. Ohjaussiipiin kohdistuu pie-
niä dynaamisia voimia ja niiden kiinnitys- ja
ohjauslaitteet asennetaan potkuripesän ulko-
kehälle. Nämä seikat sallivat säätöjärjestel-
män käytön myös pienissä potkuripumppuissa.
Nämä laitteet ovat vielä kehitysasteella ja tar-
kemman tutkimuksen alaisena (Ahti).

Pyörimisnopeuden tai siipien säätöön ei vielä
ole meillä pengerryslaitoksissa menty. Sen-
sijaan on toiminnassa muutamia viemäripumppu-
puosemia portaattomasti säädettävillä mootto-
reilla.

Pumput mitoitetaan villijelospengerryksissä yli-
virtaamille, jotka sattuvat keskimäärin kerran
20 vuodessa. Ylivirtaamien määrittäminen voi
tapahtua keskiylivirtaamien avulla (vrt. luku
1) ottamalla huomioon, että pengerrysalueilla
on tavallisesti suuri osa valuma-alueesta pel-
toa (vrt. kuva 11). Mitoitusvirtaamaksi saa-
daan näinollen yleensä 3...4-kertainen MHQ ,
mikä alueen koosta riippuen tavallisesti vas-
taa valumaa 250...600 l/s km². Helposti läpäis-
sävillä mailla huokostilaan varastoituminen voi
oleellisesti pienentää näitä arvoja. Sellaisissa
tapauksissa, jolloin pienillä pengerrysalueilla
on niin vähän varastoitumistilaa vesiuomissa,
että vuorokautiset virtaamavaihtelut eivät mah-
du niissä tasoittumaan, on tämä otet-
tava huomioon. Se voi lisätä mitoitusvirtaa-
man arvoja 1,5...2,0-kertaisiksi edellämäini-
tuista.

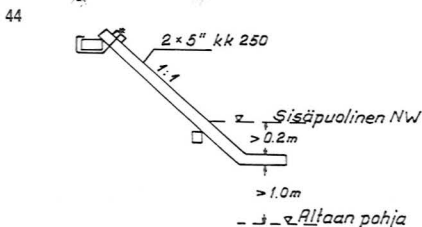
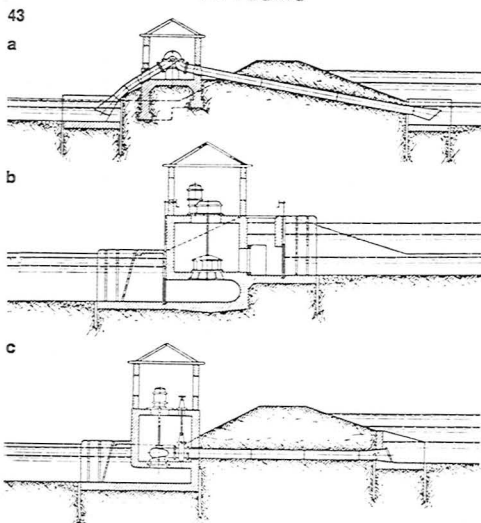
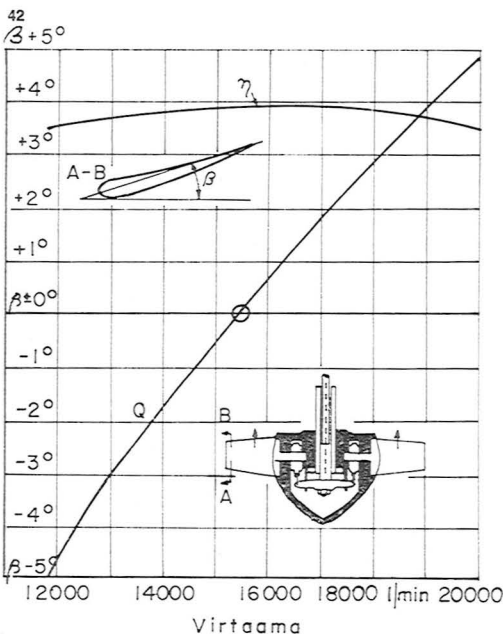
Pumppuyskiköiden tehon tarve ei yleensä saisi
ylittää 50 kW, koska oikosulkukytkenällä ei
normaalitapauksissa sallita suurempien moot-
toreiden kytkentää verkkoon. Asiaa on syytä
kussakin yksityistapauksessa tiedustella pai-
kalliselta sähkövirtaa jakavalta laitokselta.

Kun otetaan huomioon myös pumppuamoissa
syntyvät virtaushäviöt, saadaan pumppujen
tehon tarve likimäärin kaavasta (7)

$$P = 10 \mu QH \quad (7)$$

Kerroin μ on tavallisesti 1,5...2,0.

42. Siiven kaltevuuskulman β muutoksen vaikutus kääntäviäsiipisen potkuripumpun virtaamaan (Q) ja hyötysuhteeseen (η). Nostokorkeus on ollut ko-
keessa muuttumaton. Ordinaatta osoittaa siiven kaltevuuskulman lisäystä (+) tai pienemistä (-) siiven normaaliin asentoon verrattuna. Kuvasta



todetaan hyötysuhteen pysyvän laajalla alueella erittäin hyvänä.

43. Hajoitettu (a), keskitetty (b) ja puoleksi hajoitettu (c) rakennustyyppi (Schroeder 1937).

44. Heinä- ja jäävälppä kerää uivat suuret esineet ja sallii veden virrata alta (Tipuri 1963).

11.436 Pumppuamot

Pumppuamoiden sijoituksessa huomioonotettavia näkökohtia on esitetty jo edellä. Niiden lisäksi on syytä korostaa, että pumppuamo on pyrittävä sijoittamaan mahdollisimman lähelle pengerrysalueen alavinta kohtaa (kuva 29). Perustamisvaikeudet voivat kuitenkin tällöin lisääntyä ja vaikuttaa sijoituspaikan valintaan. Perustamiseen liittyvissä tutkimuksissa on kiinnitettävä huomiota myös siihen, että pumppukuilu ei ulotu läpäiseviin maakerrostumiin, joista pohjavesiä voi päästä ulkopuolelta pumppuamoon. Myös sähkövoiman siirto pumppuamolle ja sen toiminnan valvonta voivat vaikuttaa sen sijoitukseen.

Pumppuamorakennelmat käsittävät välpät, tulo- ja menojohtot, pumppurakennuksen sekä tulva-aukot, mikäli osa tulvista on mahdollista johtaa viimeksimainittujen kautta. Tulva-aukot voidaan rakentaa myös erilleen pumppuamosta. Riippuen siitä, ovatko tulo- ja menojohtot pumppurakennuksessa vai muodostavatko ne erillisiä rakenteita, voidaan puhua keskitetystä ja hajoitettusta rakennustyyppistä. Pystyakselisia pumppuja käytettäessä voidaan lisäksi erottaa avoin ja suljettu rakenne. Kuvassa 43 on esimerkkejä erilaisista ratkaisuista.

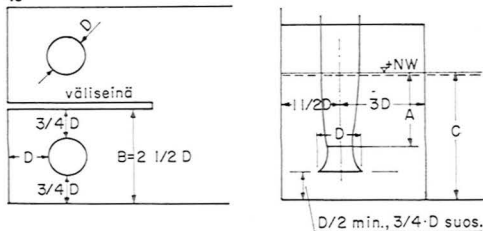
Pumppurakennuksissa on kiinnitettävä erityistä huomiota paitsi pumppujen ja sähkömoottoreiden sijoitukseen myös automaattisen säädön järjestelyyn. Jos muuntajia tarvitaan, on näiden yhteydessä edullista järjestää myös laitoksen lämmitys.

Välpät estävät heinien, risujen ja jäiden aiheuttamasta häiriöistä pumppujen toiminnassa. Kun näiden kerääntyminen välppään voi aiheuttaa huomattavan suurta padotusta, on roskien poistoon kiinnitettävä erityistä huomiota. Roskien ja jäiden keräämiseksi voidaan tehdä eteen toinen välppä, jonka alle tehdään riittävä vapaa-aukko, minkä yläreuna on n. 0,2 m alapuolisen NW:n alapuolella (kuva 44). Tulo- ja menojohtot on niin suunniteltava, että virtaushäviöt jäävät vähäisiksi. Tulojohtoissa virtausnopeuden tulisi olla $< 0,5 \text{ m/s}$ ja menojohtoissa $< 1,0 \text{ m/s}$. Tulojohtoon päättävä kuivatusoja on suunniteltava niin syväksi ja leveäksi, että myös NW:n valitessa siinä pääsee virtaamaan pumppujen nostama vesimäärä. Menojohdot ja siitä jatkuva laskuoja on tehtävä niin, että talvella vesi pääsee menemään jään alle eikä synny jäätymispatoutumia. Menojohdon yläreunan ohjesyvyytenä voidaan pitää ulkopuolinen NW-1 m.

45. Suositeltavia imukammion mittoja.

46. Vino- (a) ja vaak-akselisia (b, c) pumppusovituk-
sia (Kokko 1965).

45



A = minimiupotussyvyys $1\frac{1}{2} \dots 2D$

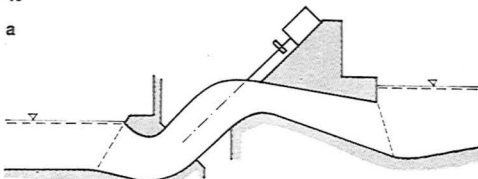
B = kammion minimileveys

C = kammion minimisyvyys

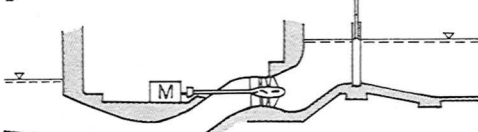
kammion poikkileikkausala $B \times C \approx 10 \cdot \frac{\pi D^2}{4}$

46

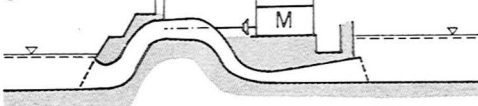
a



b

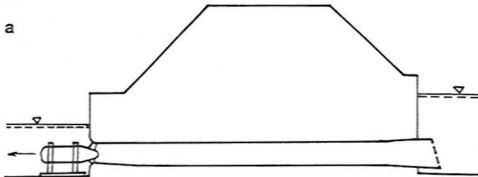


c

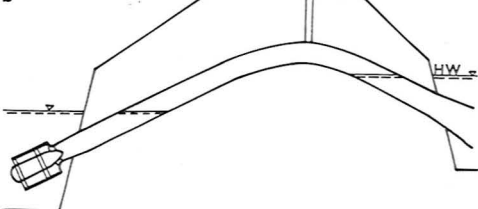


47

a



b



47. Moottoreineen veteen upotettu pumppu suorassa penkereen läpi kulkevassa putkessa (a) ja lappojohdossa (b) kaaviollisesti esitettynä.

Menojohtoon tehdään automaattisesti toimiva luukkumainen takavirtaussulku, joka estää veden pääsyn ulkopuolisesta vesistöstä pengerysalueelle silloin, kun pumppu ei ole käynnissä. On todettu, että kumisella luukkukanteella on etuja puiseen ja metalliseen verrattuna.

Pumppurakennuksissa on erityinen huomio kiinnitettävä imukammioihin ja siihen, että veden virtauksessa pumppuihin ei synny häviöitä. Pumpun imuputken suu on sijoitettava riittävän syvälle NW:n alapuolelle, koska pumppu helposti imee ilmaa, jolloin sen käynti vaikeutuu ja hyötysuhde alenee huomattavasti. Kuvassa 45 on esitetty suositeltavia imukammion mittoja.

Kun pumppuamoissa on kysymys paikallisesti suhteellisen suurista vedennopeuksista, aiheuttavat jyrkät mutkat ja suunnanmuutokset huomattavia energian häviöitä. Pystyakselissa pumppuissa on kaksi suorakulmaista suunnanmuutosta ja lisäksi supistumat ja laajentumat aiheuttavat suunnanmuutoksia vesihiukkasten liikeradoissa. Tämän vuoksi olisi pumppuamoissa pyrittävä mahdollisimman suoraviivaiseen veden virtaukseen ja loiviin suunnanmuutoksiin. Kuvassa 46 on esitetty tähän tähtääviä vino- ja vaak-akselisia pumppusovituksia. Kuvassa 46 b ei tarvita ilmanpoistojärjestelyä, mutta moottori voi katastrofitilanteessa jäädä veden alle. Moottorin ollessa ulkopuolisen vedenpinnan yläpuolella (kuva 46 c), käynnistys vaatii ilmanpoistojärjestelyn.

Viime aikoina on tullut mahdolliseksi upottaa moottori veteen, jolloin pääosaltaan vältetään pumppuamoratkeista ja saadaan veden pääkulkusuunta suoraksi kuten ilmenee kuvasta 47 a. Kuva 47 b esittää lappojärjestelyä. Tipurin ja Kokon (1965) mukaan epäedullisista pumppuamoratkeista voi syntyä niin huomattavia energiatappioita, että ottamalla huomioon virtaviivaiseen veden johtamiseen liittyvät järjestelymahdollisuudet, näillä voidaan saavuttaa 30...45 % säästöjä energian kulutuksessa.

11.437 Pumppujen säätölaitteet

Pumppujen käynnistys ja pysäyttäminen tapahtuu tavallisesti aseteltavilla elektrodeilla, ruostumattomasta teräksestä tehdyillä kosketinpuikoilla haluttuja vedenkorkeusvaihteluja silmälläpitäen. Käynnistys tapahtuu, kun molemmat puikot koskettavat veteen. Sähkö-

virta katkeaa, kun molemmat ovat kuivilla. Useiden pumppujen säätö on järjestettävä eri tasoille ottamalla huomioon, että kuivatusojien vedenjohtokyky vastaa pumppujen nostokykyä.

Elektrodikuilun on oltava niin suuri, että puikkojen etäisyys seinistä on $> 0,1$ m. Syviin kuiluihin on päästävä sisälle, jolloin minimimitat ovat $0,6\text{--}0,9$ m. Jos samaan kuiluun asetetaan useita puikkopareja, on kuilua vastaavasti suurennettava. Kuilu on lämpöeristettävä.

Uimureita voidaan myös käyttää säätölaitteina. Uimuriputkessa voidaan käyttää lämpöeristykseenä $0,7$ m muuntajaöljykerrosta, jolloin kuilun lämpöeristystä ei tarvita.

11.438 Ojat

Kuivatusojat pengerrysalueella suunnitellaan samoja periaatteita noudattaen kuin yleensä valtaojituksessa paitsi niiden ojen suhteen, jotka johtavat pumppuamolle. Näiden ojen mitoituksessa on otettava huomioon, että riittävä veden virtaus pumppuamoon voi tapahtua myös silloin, kun siellä esiintyy alivesitilanne, jotta kuivatusojien varastotilaa voidaan tehokkaasti käyttää hyväksi. Kun pengerraat otetaan kuivatusojasta, tällaiset ojat tulevat usein mitoittaan suuremmiksi kuin mitä varsinainen kuivatus edellyttää ja ne muodostavat siten sopivia pumppuamoiden varastoaita.

Eristysojat sijoitetaan lähelle ulkopuolisen vesistön tulva-alueen rajaa, mutta kuitenkin niin, että mistään kohdasta tulvavedet eivät saa päästä virtaamaan pengerrysalueelle. Tästä sijoitustavasta johtuu, että eristysojien putous tulee tavallisesti hyvin pieneksi, mikä lisää niiden kunnossapitokustannuksia. Eristysojien mitoituksessa on otettava huomioon riittävä liettymisvara sekä se, että lumipeite voi niissä vaikeuttaa sulamisvaiheessa veden virtausta. Jotta vesiä ei pääsisi virtaamaan eristysojien reunojen yli pengerrysalueelle, on ojamaat syytä sijoittaa pengerrysalueen puolelle kohtamaan maanpintaa.

Eristysoja suunniteltaessa joudutaan suorittamaan vertailevia laskelmia siitä, voidaanko jättää jokin oja tekemättä ja päästää siihen valuvat vedet virtaamaan pumppuamon kautta, mikä taas vaikuttaa pumppujen mitoitukseen ja käyttö-kustannuksiin suurentavasti.

11.44 MAANPINNAN PAINUMINEN KUIVATUKSEN JA VIILJELYN JOHDOSTA

Maankuivatus voi tietyissä oloissa aiheuttaa maanpinnan painumista sen johdosta, että vettä poistuu maasta ja orgaaniset aineet maatuessaan kutistuvat ja häviävät. Poltto-viljelys saattaa kuluttaa suoraanaisesti turvekerrosta useita senttimetrejä vuodessa. Myös mm. tuuli voi kuljettaa pois muokatulta maalta multaa siinä määrin, että sillä on merkitystä maanpinnan alenemisessa. Yhdysvalloissa ja Neuvostoliitossa tällaiset pölymyrskyt ovat laajoilla viljelysalueilla aiheuttaneet huomattavia tuhoja hävittämällä multakerrosta. Suomessa maanpinnan painumista esiintyy erityisesti turve- ja liejumailla. Myös savimaassa voi pohjaveden alentamisen aiheuttama normaali-jännityksen lisääntyminen synnyttää painetta, joka puristaa vettä maasta, joskin tällöin painumisen määrä on yleensä niin pieni, että se jää maankuivatusten suunnittelussa esiintyvien muiden virherajojen sisälle ja voidaan harvoja poikkeustapauksia lukuunottamatta jättää laskelmien ulkopuolelle.

Liejumaissa kuivumiskutistuminen tapahtuu niin säännönmukaisesti, että painumisarvoissa voidaan käyttää geotekniikassa kehitettyjä arvioimismenetelmiä. Laboratoriomenetelmien käyttö on usein sitäkin aiheellisempää, kun kenttätutkimuksissa voi olla vaikeaa silmävaraisesti määrittää painuvien kerrosten alaraja, missä lieju muuttuu saveksi. Painuminen on oleellisesti riippuvainen juuri painuvien kerrosten paksuudesta. Laboratoriotutkimuksissa pyritään selvittämään veden poistuminen pohjavesitason alapuolella. Tämä aiheutuu huo- kosveden paineen lisäyksestä, jota esiintyy koko painuvassa kerroksessa. Sensijaan pohjavesitason yläpuolella oleva maan kutistuminen noudattaa toisenlaisia sääntöjä. Lieju-savissa kuivumiskutistuminen aiheuttaa pysyvää rakoilua ilman, että maanpinta sen johdosta sanottavasti alenee. Mitä enemmän orgaanista ainetta liejumaassa on, sitä nopeammin suuret kuivumishalkeamat tähttyvät varisevista muruista, jolloin myös pohjavesitason yläpuolella oleva kerros painuu.

Turvemaissa tämän kerroksen kutistuminen on eri oloissa erilainen, mikä vaikuttaa oleellisesti painumisen kokonaismäärään. Turvemaissa laboratoriomenetelmiä ei ole vielä riittävästi kehitetty, jotta painumisarviot voitaisiin perustaa niihin. Tämä johtuu eri tyyppisen turpeen rakenteesta olevista suurista eroista ja mm. siitä, että vetisistä turpeesta on erittäin vaikeaa saada luotettavia tilavuusnäytteitä ku-

tistumismittausten suorittamista varten. Sen vuoksi turvemaiden painuminen on maankuivatusyritysten yhteydessä arvioitu nojautumalla havaintoihin, joita on tehty erilaisilla soilla.

Kuvassa 48 on esitetty suon profiili Eurasta ja siitä ilmenee eräitä painumiseen vaikuttavia tekijöitä. Viljelty alue on painunut huomattavasti runsaammin kuin metsää kasvava ja sitä enemmän, mitä kauemmin aluetta on viljelty. Myös suon syvyyden vaikutus painumisen määrään tulee osittain kuvasta esille. Näiden tekijöihin ohella painumisen määrä on riippuvainen suuresti siitä, miten kostea luonnontilainen suo on. Luonnontilaisten soiden vesipitoisuus vaihtelee yleensä 90 ja 95 tilavuusprosentin välillä. Viljeltyillä soilla on se taas pintaosassa tavallisesti 85...90 %. Osoituksena siitä, mitä tällaiset kosteuserot merkitsevät turpeen tilavuudessa, on taulukossa 59 esitetty laskelma.

Havaitaan, että kun vesipitoisuus alenee 95 tilavuusprosentista 90 tilavuusprosenttiin, turpeen kokonaistilavuus kutistuu puoleen alkuperäisestä. Gerhardt on laatimassaan taulukossa erilaisten soiden painumisesta kiinnittänyt suun syvyyden ohella erityistä huomiota turpeen kosteuden merkitykseen. Näitä painumislukuja on paljon käytetty Keski-Euroopassa painumisen määrän osoittajina. Hallakorpi (1938) on todennut, että Gerhardtin luvut noudattavat jotenkin tarkoin sääntöä

$$S = n (0,08 T + 6,6) \quad (8)$$

S = painumisen määrä (cm)

T = suon syvyys (cm)

n = kerroin, joka riippuu turpeen laadusta (tiivis turve, $n = 1,0$; jotenkin tiivis, $n = 1,4$; jotenkin löyhä, $n = 2,0$; melkein kelluva, $n = 2,8$; kelluva, $n = 4,0$).

Suon vesipitoisuus on riippuvainen erityisesti suotyyppistä. Myös maantieteellisellä asemalla on siihen vaikutusta. Niinpä Lapin suot ovat yleensä huomattavasti muita vetisempiä. Kuvassa 50 on esitetty yleispiirteinen arvio siitä, miten suon painuminen riippuu suon syvyydestä neva-, räme- ja korpisoilla. Piirros on laadittu Kokkosen, Lukkalan, Karesniemen, Mikolan sekä Kaiteran tutkimuksiin nojautuen ja siinä on edellytetty painumisen kestoajaksi n. 20...30 vuotta suon ojituksesta ja raivauksesta lukien sekä oletettu kuivatussyvyyden vastaavan normaalia soiden viljelyskuivatusta. Arvosteltaessa maantieteellisen aseman vaikutusta painumisen määrään on syytä kiinnittää huomiota niihin tutkimustuloksiin, joita viime aikoina on saatu erityyppisten soiden maantieteellisestä levinneisyydestä. Kuvassa

51 on kartta, jossa esitetyt Etelä-Suomen kohosoiden ja Pohjanmaan aapasoiden samoin kuin viimeksimainittujen ja Peräpohjolan aapasoiden aluerajat ovat paitsi lämpötilasta aiheutuvia myös ilmeisesti erilaisista kosteusoloista johtuvia siten, että pohjoisempina samantyyppiset suot ovat vetisempiä ja painuvat runsaammin. Arvioitaessa painumista kuvan 50 perusteella voidaan maantieteellinen asema ottaa huomioon siten, että Peräpohjolan aapasuoalueella käytetään suotyyppiä vastaavan vyöhykkeen suurempia arvoja ja Etelä-Suomen keidassuoalueella pienempiä arvoja Pohjanmaan aapasuoalueen sijoituessa vyöhykkeen keskelle. Tämän lisäksi on yksityiskohtaisemmassa suotyyppiluokittelussa kiinnitettävä huomio seuraaviin näkökohtiin, jotka nojautuvat Lukkalan esitykseen (1949).

Nevasoista painuvat vetiset rimpinevat eniten. Märet ja löyhäturpeiset kalvakkanevat painuvat hieman vähemmän ja näitäkin vähemmän suursara- ja lyhytkortiset nevat. Rahkanevat painuvat nevoista vähimmin. Korpityypeissä on painuminen runsainta määrisä nevakorvissa ja koivulettokorvissa, kohtuullista ruoho- ja heinäkorvissa sekä vähäisintä varsinaissa korvissa. Rämeet painuvat keskimäärin runsaammin kuin korvet; tämä johtuu ainakin osaksi siitä, että ne ovat keskimäärin syvempiä; Lukkalan (1929) mukaan korprien keski-syvyys on 1,0 m ja rämeiden 1,9 m. Sararämeet ja niittyvillärämeet sekä lettorämeet painuvat eniten. Isovarpaiset niittyvillärämeet ja rahkaiset rämeet painuvat vähemmän ja rämeistä heikoimmin painuvat korpirämeet.

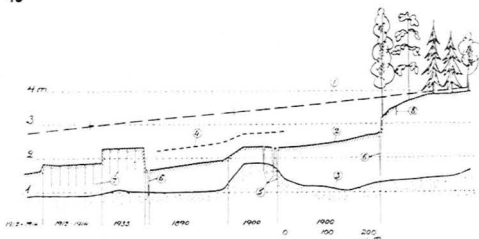
Kuvassa 52 on esitetty Lukkalan mukaan turvekerroksen painuminen viiden vuoden aikana metsäojituksen jälkeen eräillä suotyypeillä. Rahkapitoisen turpeen vähäisempi painuminen aiheutuu *Sphagnum fuscum*-turpeen suuresta vedenpidätyskyvystä. Puuta kasvavilla soilla voidaan puuston määrää pitää lähtökohtana arvioitaessa eri tyyppien painumista toisiinsa verrattuina; mitä runsaampi puusto sitä vähäisempää on painuminen.

Luonnontilailla soilla tapahtuu pääasiallinen painuminen ensimmäisen vuosikymmenen aikana. Painuminen jatkuu kuitenkin hidastuneena vuosikymmeniä. Viljeltyillä soilla painuminen jatkuu myös muokkauksen johdosta ollen välittömästi uudisraivauksen jälkeen 1...2 cm ja myöhemmin 0,5...1,0 cm vuodessa.

Kuivatetuilla ja jo viljelyksessä olevilla soilla aiheutuu painumista paitsi varsinaisista viljelystoimenpiteistä myös siitä, että viljelyn yhteydessä joudutaan ojia syventämään. Tämä

48. Nevasuon painuminen Eurassa (Heikkilän viljelyksillä). 1. alkuperäinen suon pinta, 2. arvioitu maanpinta v. 1935 olettaen, että vain ojitus olisi painumisen aiheuttajana, 3. maanpinta v. 1935, 4. maanpinta v. 1952, 5. kivennäismaa, 6. laskuojia, 7. sarkaojia. Alimmat numerot osoittavat, milloin alueet on raivattu.

48



49

Turpeen vesipitoisuus, tilavuus-%	95	90	85
Jos näytteessä on turveainetta 1 tilavuusosa, tällöin on siinä vettä tilavuusosina	19	9	5,7
Näytteen kokonais-tilavuus tilavuusosina	20	10	6,7
Näytteen suhteellinen tilavuus verrattuna määripään turpeeseen	100	50	33

49. Turpeen tilavuuden pieneneminen, kun vesipitoisuus alenee 95 tilavuusprosentista 85 tilavuusprosenttiin.

50. Suon painuminen 20...30 vuoden kuluttua kuivauksesta ja raivauksesta suhteessa suon syvyyteen. Vaakaviivitus osoittaa nevasoiden sekä pystyviivitus korpi- ja rämesoiden hajonta-alueen.

painuminen riippuu suon syvyydestä. Sensijaan ne painumiserot, joita luonnontilaisilla soilla esiintyy suurten kosteuserojen johdosta, jäävät viljelyillä soilla vähäisemmiksi.

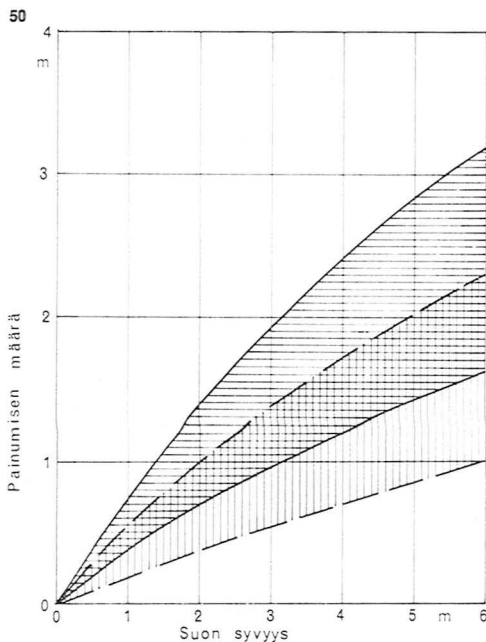
11.5 PAIKALLISKUIVATUS

11.51 PELTOJEN AVO-OJITUS

Tilakohtainen peltöjen avo-ojitus käsittää reuna- ja sarkaojia ja veto-ojia. Sellaisia peltöjä, joissa ei käytetä sarkaojia, on Suomessa n. 8 % peltöalasta. Nämä sijaitsevat pääasiassa sisämaan moreenimailla, joiden viettävyys on yleensä suurempi kuin 4 % (Kaitera 1941). Kun suhteellisen vaikeasti läpäisevissäkin maissa olevia peltöjä voidaan viljellä ilman sarkaojia, osoittaa tämä, että Suomen ilmastossa on se raja yleensä varsin lähellä, jolloin kuivatuslaitteiksi riittää sivulta tulevien vesien haitallisen vaikutuksen estäminen. Jos oikealla tavalla otetaan huomioon maastosuhteiden vaikutus, voidaan osalla avo-ojitettuja peltöjä ajaa sarkaojia umpeen, kunhan samalla pidetään huoli siitä, että reuna- ja veto-ojien toiminta on tehokasta ja että vesiä ei pääse kokoontumaan notkelmiin sadannan ja sulannan ollessa runsasta. E. Toivanen (1957) on osoittanut Kokemäen maamieskoululla käytännön viljelyksessä, että tasaisillakin mailloin on erittäin huolellisella maanpinnan tasoituksella ja vesivaoilla mahdollista saavuttaa varsin korkeita satoja. Tämä kuitenkin lisää veden poisjohtamisesta aiheutuvia tehtäviä peltotöiden yhteydessä ja usein juuri sellaisena ajankohtana, jolloin maatilataloudessa on työn huippu. Avo-ojitus, joka sekin on pääosalta pintavirtauksen ohjaamista, onkin yleensä katsottu peltoviljelyksessä välttämättömäksi kuivatusmuodoksi.

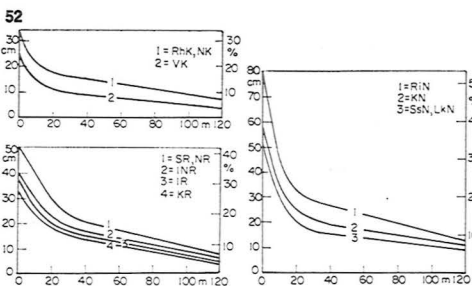
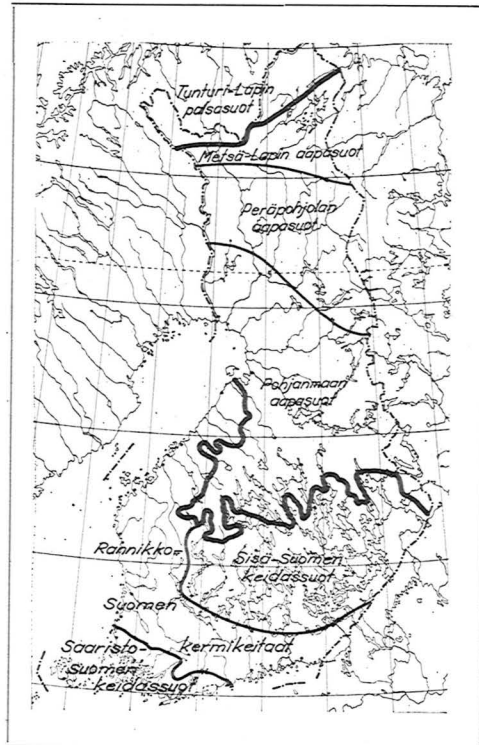
Avo-ojitukseen liittyy voimaperäistä ja koneistettua viljelyä ajatellen runsaasti haitatekijöitä salaajitukseen verrattuna, mutta avo-ojituksella on tietyissä tapauksissa etujakin. Vaikeastiläpäisevillä tasaisilla mailloin hallitaan avo-ojituksessa pintavirtauksen ohjaaminen paremmin kuin salaajituksessa. Avo-ojia eivät tarvitse niin syvää peruskuivattua kuin salaajia. Varsinkin, jos maalaji on vaikeasti kaivettavaa, voi salaajitus muodostua kohtuuttoman kalliiksi. Kuvasta 53 ilmenee avo-ojitettujen, sarkaojattomien ja salaajitettujen peltöjen jakaantuminen eri tilasuuruuksien mukaan.

Reuna- ja veto-ojien tehtävänä on estää sivulta tulevien vesien pääsy pelloille. Tavallisesti on

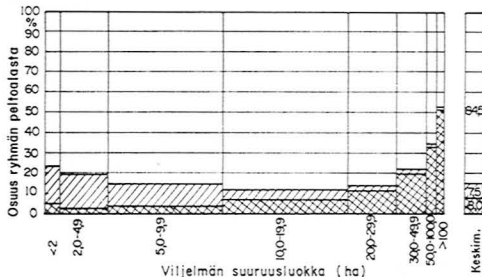


51. Suoyhtymien alueet Ruuhijärven ja Eurolan mu-
kaan.
52. Turvekerroksen painuminen 5 vuoden aikana oji-
tuksen jälkeen 0...120 m:n etäisyydellä ojasta.
Ojan syvyys korvissa 1,0 (yläkuva vasemmallä),

51



53



rämeillä 1,2 m (alakuva vasemalla) ja nevoilla 1,5 m. Suotyypimerkinnot ovat samat kuin kuvassa 66.

53. Peltojen ojitustapa viljelmäsuuruusluokittain v. 1960. Salaojitettu ristiviioitettuna, ojan vinoviioitettuna ja sarkaojitettu viioittamatonta.

kysymys lähinnä pintavirtauksen katkaisemisesta, joten reunaojat on tehtävä niin suuriksi, että ne epäedullisissakin tapauksissa voivat johtaa tulevan pintavalunnan. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota siihen, että peltojen reunoilla usein esiintyy kinostusta, joka sulamisvaiheessa täyttää ojat ja estää veden virtauksen. Toisinaan reunaojien tehtävänä on katkaista myös pohjaveden virtaus. Esimerkiksi luonnontilaista suoaluetta vastaan reunaojat on syytä tehdä ainakin metrin syvyisiksi. Muutoin ne voivat olla vain hieman sarkaojia syvempiä, mutta luiskiltaan niiden tulisi olla loivempia.

Sarkaojat tehdään yleensä suurimman vieton suuntaiseksi. Toisaalta on pyrittävä riittävän pitkiin sarkoihin. Jos sarat ovat lyhyemmät kuin 100 metriä, lisääntyvät peltotyön kustannukset niin, että ne 50 metrin saroissa ovat n. 20...30 % suuremmat ja 25 metrin saroissa n. 50...100 % suuremmat. Kun saran pituus ylittää 200...300 m, ei pituuden lisäyksellä enää saavuteta lisäetuja. Edellämäinittujen tekijöiden lisäksi on sarkaojien yleissuuntaa määrittäessä otettava huomioon peltotöihin liittyvät kulkusuunnat, mm. suunnat viljelystielle tai talouskeskukseen. Peltolohkojen tavallisen pituus koko maa huomioonottaen on 123 m (Juusela & Wäre 1956) ja sarkojen tavallinen leveys ilman oja 10...13 m. Maalajin vaikutus sarkojen leveyteen on varsin vähäinen, mikä osaltaan osoittaa, että sarkaojien tehtävä on käsitetty ensi sijassa pinta-
virtauksen johtamiseksi.

Eri maalajeissa voidaan tasaisilla mailla suositella seuraavanlaisia **saranleveyksiä ja ojan-syvyysiksi:**

Saranleveys Ojansyvyys

hiesu- ja aitosavet	10...15 m	50...60 cm
hiesu- ja moreenimaat	15...20 »	50...60 »
hieta- ja hiekkamaat	15...30 »	60 »
turvemaat	15...30 »	60...70 »
liejusavet ja liejumaat	20...40 »	60...70 »

Ojansyvytyteen vaikuttaa maalajin ohella myös maanpinnan kaltevuus. Sen ollessa > 3 % voidaan ojat tehdä n. 20 cm matalampia kuin tasaisilla mailla. Saranleveyden suuressa tai pienessä muuttuu suositeltava ojansyvyys samaan suuntaan. Saloheimon ja Kotiahon (1952) mukaan on Tohmajärven suo-koasemalla parhaat heinäsadot saatu ruohoiseen sarakorpeen tehdyillä pelloilla välittömästi raivauksen jälkeen tehokkaimmin kuivatulta koealueilta, mutta n. 15 vuoden kulluttua raivauksesta heikoimmin kuivatulta. Saranleveys on näissä kokeissa ollut 10, 20

ja 30 m ja ojansyvyys 50, 70 ja 90 cm. Pohjaveden keskimääräinen syvyys parhaita satoja antaneilla alueilla on ollut 40...55 cm. Viljakasvit sensijaan ovat antaneet myöhemminkin parhaita satoja tehokkaammassa kuivatuksessa, jossa pohjaveden syvyys on ollut 50...75 cm. Näiden kokeiden mukaan olisi uudisraivauksen yhteydessä käytettävä 10 m saranleveyyttä ja 90 cm ojansyvyyyttä, mutta suon painuttua jätettävä joka toinen oja syventämättä ja myöhemmin ajettava ne umpeen sekä pidettävä 20 m leveillä saroilla 70 cm ojansyvyyyttä. Leteensuon koeaseman heikosti maatuneella rahkasuolla turpeen vedenjohtokyky on ajan mukaan huonontunut suon painuessa ja maatuessa (Eggelsmann & Mäkelä 1964). Nämä tulokset ovat yhdenmukaisia eräiden ulkomaisten kokeiden kanssa, joista on tehty päätelmiä, että ajan mukana suon painuessa ja maatuessa kuivatustehoo olisi lisättävä. Tämä riippuu myös turpeen laadusta ja viljelyskasvista. Ojituksen tehokkuuden määrää nimenomaan suomailla lisäksi vaatimus, että pellon kantavuuden on oltava riittävä konetyöskentelyä ajatellen.

Käytetyn saranleveyyden muuttamiseen voi helposti liittyä haittatekijänä se, että sarkojen kupera muoto aiheuttaa veden kerääntymisen vanhojen ojien kohdalle. Liian voimakas maanpinnan tasoittaminen taas saa aikaan epätasaisen multakerroksen. Sen vuoksi avo-ojituksen muuttamiseen olisi valmistauduttava jo vuosia aikaisemmin suorittamalla kynnöt niin, että umpeenajettavien ojien notkelmat vähitellen täyttyvät. Kun kuitenkin vanha ojitus yleensä asettaa rajoituksia sopivimman saranleveyyden valinnalle ja tavoitteena on peltojen salaojittaminen, olisi nimenomaan siltä, kun avo-ojitus vaatii huomattavia muutoks- ja täydennystöitä, harkittava siirtymistä suoraan salaojitukseen.

Avo-ojitukseen liittyy läheisesti pellon pinnan tasoitus ja muotoilu. Saran keskusta on tavallisesti 10...20 cm reunoja korkeammalla. Vähäisetkin notkelmat pyrkivät keräämään vesiä lammikoiksi. Myös kyntövaot voivat tällaista aiheuttaa. Tästä syystä olisikin vältettävä etenkin keskiavan muodostumista saroille, sillä päisteiden poikittainen kyntö pyrkii estämään vesien pääsyn vaoista ojiin. Tämän vuoksi ja yleensäkin työjärjestelyn kannalta on edullista kiittää kynnettäessä kahta sarkaa, eri vuosina eri suuntiin, jotta saran muoto ja multavuus säilyvät edullisina. Tämä taas johtaa siihen, että peltolohkoille olisi tehtävä parillinen määrä sarkoja.

11.52 PELTOJEN SALAOJITUS

Nykyaikainen salaojitus on saanut alkunsa Englannissa, jossa keksittiin koneellinen tiiliputkien valmistus v. 1843. Tämä keksintö oli lähtökohtana voimakkaalle salaojituksen leviämiseksi ja sen merkityksen ymmärtämiseksi niin, että jo v. 1850 englantilainen valtiomies Robert Peel lausui: »Salaojitus on maanviljelykselle samaa kuin höyrykone teollisuudelle.» Suomeen tuotiin ensimmäinen putkipuristin v. 1855 ja viime vuosisadan jälkipuoliskolla suoritettiin salaojitusta eräissä suurkartanoissa. Määrällisesti ne jäivät hyvin vähäisiksi. Niiden merkitys on ennen muuta siinä, että ne osoittivat salaojien toimintakyvyn Suomen ilmastossa sekä tiiliputkien kestävyys maassa (jopa 100 vuotta).

Salaojituksessa on avo-ojituksen verrattuna monenlaisia etuja, jotka voidaan jakaa kahteen pääryhmään: **tuottoa lisääviin** ja **kustannuksia alentaviin**. Tuottoa lisäävistä näkökohdista on mainittava mm. viljelyspinta-alan lisääntyminen. Tämä riippuu avo-ojien määrästä ja viljelyskasvista. Nurmiviljelyssä lisäys on 10...13 %, viljakasveilla 13...16 % sekä perunalla ja juurikasveilla 16...20 %, keskimäärin n. 15 %. Tämän lisäksi sato pinta-alayksikköä kohden kohoaa, kun maan kuivuminen on tasaisempaa. Avo-ojituksessa sarkojen reunaosat kuivuvat yleensä voimakkaammin ja nopeammin. Salaojitus estää pohjahappamuutta kohoamasta juuristovyöhykkeeseen tehokkaammin kuin avo-ojitus. Salaojitettujen peltojen kuivuvat myös aikaisemmin muokkaukseen kuin avo-ojitettujen. Ero on keskimäärin 3...7 vrk. Myös rikkaruohoja leviävien pientareiden poistuminen aiheuttaa sadon määrällisen ja laadullisen kohoamisen. Salaojituksen aiheuttamien sadonlisäyksien esille saaminen tutkimuksilla on erittäin vaikea tehtävä ja yleensä arviot nojautuvatkin käytännön kokemuksen. Keso on arvioinut, että salaojituksen aiheuttama tuoton lisäys on seuraavanlainen:

	Tiiviit maat Löyhät maat	
nurmet	20 %	10 %
viljakasvit	30 %	15 %
peruna ja juurikasvit	40 %	20 %

Kotiahon (1953) mukaan on Tohmajärven suokoeasemalla saatu avo-ojitetulta korpi-suolta myöhemmin jopa parempia heinäsaatoja kuin salaojitetulta. Kaurasadot sensijaan ovat olleet keskimäärin hieman korkeampia salaojitetulla maalla, kuin avo-ojitetulla. Parhaat kaurasadot on saatu useimmiten 10 m ojavälillä.

Kun peltojen salaojituksen yhteydessä on samalla usein siirrytty voimaperäisempään viljelyyn, voivat edellämainitut arviot olla osittain runsaanpuoleisia pelkäästään salaojituksista aiheutuvan lisäyksen osoittajina, mutta jos salaojituksen etuja käytetään oikealla tavalla hyväksi, voitaneen keskimääräisenä sadonlisäyksenä pitää 10...30 %.

Kustannusten vähentymistä aiheutuu paitsi salaojitetun pellon työskustannuksissa usein myös sen johdosta, että salaojitus luo edellytykset koko tilan työjärjestelyiden tehostamiselle. Traktorien käytön nopea lisääntyminen Suomessa onkin ollut tekijä, joka on suuremmassa määrin kuin mikään muu lisännyt kiinnostusta salaojitukseen. Niinpä kun tilalla pannaan salaojitukset alkuun, niitä usein jatketaan yhtäjaksoisesti, kunnes tilan kaikki pellot ovat salaojitetut. Tavallisesti tähän kuluu 5...10 vuotta. Tosin avo-ojituksen haittoja on voitu konetyöskentelyssä suuressa määrin pienentää, kun traktoreihin on liitetty työkonien hydrauliset nostolaitteet ja leikkuupuumureissa viljan leikkaus tapahtuu koneen edestä. Salaojituksen aiheuttama alennus työskustannuksissa voitaneen arvioida 10...20 %:ksi ja keskimäärin n. 15 %:ksi.

Kun molemmat tekijät yhdessä vaikuttavat pelloilta saatavaan puhtaaseen tuottoon suhteellisesti vielä voimakkaammin kuin mitä edellä mainitut prosenttiluvut osoittavat, voidaan arvioida, että jos salaojituksen tarjoamat edut käytetään hyväksi, saavutettu puhtaan tuoton lisäys peittää salaojituskustannukset keskimäärin 5...10 vuoden aikana.

Salaojituksen kustannukset riippuvat ensi sijassa ojamäärästä hehtaaria kohden. Eri maalajeissa tasaisilla mailla voidaan ojamäärät ja kustannukset arvioida taulukon 54 mukaan.

Maalajin ohella vaikuttavat myös kaltevuus-suhteet ojamäärään. Kun viettävyys kasvaa n. 2...3 %:iin, voidaan ojaväliä suurentaa n. 20 %. Viettävyden tästä edelleen lisääntyessä salaojien tarve väheä nopeasti, jos alueella ei ole paineellista pohjavettä. Tällaiset kohdat ovat havaittavissa keväällä siinä vaiheessa, jolloin muokkauskausi alkaa. Tällöin on muu osa kynnöspeltoa jo kuivunut väritään harmahtavaksi kosteiden paikkojen vielä ollessa tummia. Kuitenkaan ei viettävyden vaikutuksesta ole sellaisia koetuloksia saatavissa, joihin voisi perustaa huomattavasti suuremman ojaetäisyyden. Asiaan vaikuttaa vielä maalajin ohella mm. muokkauskerroksen paksuus ja multavuus. Käytännössä voidaan suo-

sitella sellaista menetelmää, että aluksi tehdään rinnepelloille vain joka toinen suunnitelluista salaojista, jolloin ojaetäisyys tulee n. 2,5-kertaiseksi vastaavassa maalajissa tasaisella maalla suositeltavaan etäisyyteen verrattuna. Jos tällainen ojitus osoittautuu liian harvaksi, voidaan välioajat tehdä myöhemmin. Ruotsissa on arvioitu, että tarpeenmukainen salaojitus vaatii vain n. puolet siitä ojamäärästä, mitä järjestelmällinen ojitus edellyttää. Rinteiden salaojittamisella voidaan pienentää eroosiovaaraa siellä, missä sellaista on pelättävissä.

Salaojituksen perustamiskustannukset ovat yleensä n. viisinkertaiset avo-ojituksen perustamiskustannuksiin verrattuina, mikä onkin tärkein syy avo-ojituksen levinneisyyteen Suomessa. Toisaalta kunnollisen salaojituksen kunnossapitokustannukset ovat vain n. neljäsosa avo-ojituksen kunnossapitokustannuksista, mikä pienentää kustannuseroja. Lisäksi salaojitetaan tavallisesti sellaiset pellot, joilla olisi välittömästi suoritettava avo-ojituksen kunnostaminen, jolloin vastaavalla määrällä eli n. 5...10 %:lla voidaan vähentää salaojituksen kustannuksia.

Salaojien teko tapahtui aikaisemmin jotenkin yksinomaan käsityönä, mutta viime vuosikymmenen aikana on konekaivu lisääntynyt niin, että nykyään tehdään 80...90 % ojista kaivukoneilla. Kustannuksen jakaantuminen tiiliputkiojituksen eri työvaiheita kohden koneellisesti salaojituksessa on likimäärin seuraavanlainen:

salaojien kaivu ja tasaus	35 %
salaojaputket, niiden kuljetus,	
levitys ja lasku	40 %
peitesora levitetynä	5 %
ojien täyttö	3 %
reuna- ja valtoojien syventäminen	3 %
erikoislaitteet	5 %
suunnittelu, työnjohto,	
sosiaalikulut ym.	9 %
	100 %

Näitä kustannuksia voivat maanviljelijät omalla työllään pienentää tavallisesti n. 20 %. Valtaojituksen vähäinen osuus kustannuksiin on merkille pantava.

Salaojituksen määrän kehitys Salaojitusyhdistyksen johtamissa töissä on esitetty kuvassa 56, josta käy ilmi myös keskimääräisen hehtaaria kohti lasketun ojamäärän muuttuminen ajan kuluessa. Havaitaan, että nimenomaan

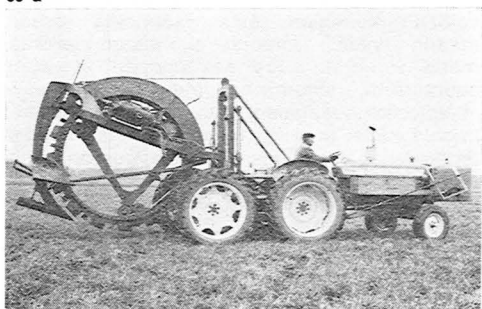
54. Salaojituksen ojamäärä, ojaetäisyys ja kustannukset eri maalajeissa.

55 a ja b. Tehtailija M. Kurpan kehittämiä, traktoriin kytkettäviä salaojan kaivukoneita.

54

Maalaji	Ojamäärä m/ha	Ojaetäisyys m	Kustannukset (v. 1967) mk/ha
tiivis hiesusavi	650	14...16	1110
aitosavi	600	15...17	1000
tiivis hietä	550	n. 20	950
löyhä hietä	335	20...30	660
urpasavi	160	60...80	330
urpahiesu	250	30...40	520
mutaturve	380	22...30	650
rahkaturve	500	18...20	850

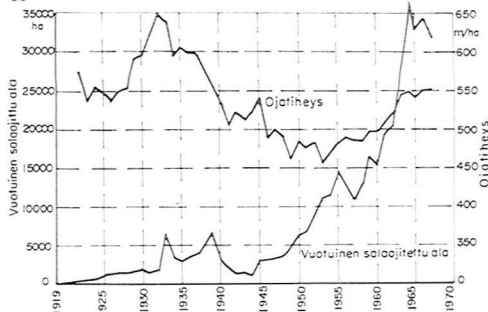
55 a



b



56



56. Salaojitusyhdistyksen johdolla toteutettujen salaojituksen määrä vuosina 1919...1966 ja ojamäärä hehtaaria kohden.

1930 luvun lopulla ojamäärät ovat vähentyneet. Tämä johtuu ennen muuta siitä, että urpamaiden ojituksessa on voitu siirtyä suurempaan ojaetäisyyteen. Sateisuuden vaikutus ojaetäisyyteen tulee esille siten, että saderikkaiden kesien jälkeen ojaitehyyttä on usein lisätty, mikä osoittaa, että käytetyt ojaetäisyydet ovat tasaisilla maillo suosittelavuuden ylärajalla. Sensijaan viettävillä maillo voitaneen ojaetäisyyksiä suurentaa Suomessa nykyisestään.

Salaojitusavat. Jos jakoperusteena pidetään salaojien sijoituksessa noudatettuja periaatteita, voidaan erottaa **hajaajitus** ja **järjestelmällinen ojitus** ja toisaalta **yksittäisojitus** ja **ojastottainen ojitus**.

Hajaajituksessa yksityiset salaojat sijoitetaan sellaisiin kohtiin, missä esiintyy poikkeuksellista kosteutta. Tällaiset imuojat voidaan johtaa joko yksittäin avuomaan tai koota kokooajalla johdettavaksi yhdessä kohdassa avuomaan. Ojastomuodon etuna on se, että voidaan kiinnittää suurempi huomio laskuaukon tekoon. Veden tulokohta avuomaan on nimittäin eräs salaojituksen arkoja kohtia ja se on tehtävä huolellisesti. Järjestelmällisessä ojituksessa sijoitetaan salaojat kuivatettavalle alueelle lähes tasaisin välimatkoin huomioonottaen kuitenkin maalajin asettamat vaatimukset. Vaikka yksittäisojitusta pidetään jo osittain vanhentuneena ojitus tapana, sitä käytetään kuitenkin vielä johtavissakin maatalousmaissa. Esimerkiksi Pohjois-Saksassa suoviljelyksillä samoin kuin Hollannissa uusilla polderialueilla on imuojat johdettu suoraan valtaojiin. Syynä tähän on se, että maasto on aivan tasaista ja halutaan välttää kovin syvien valtaojien kaivua. Yksittäisojitus on suositeltavaa myös olosuhteissa, missä salaojien tukentumisvaara hiekan ja hiedan tai rautasakautumien vuoksi on ilmeinen. Tällaisia oja voidaan puhdistaa vedenpaineen avulla syöttämällä paineletkua ojaan laskuaukon kautta.

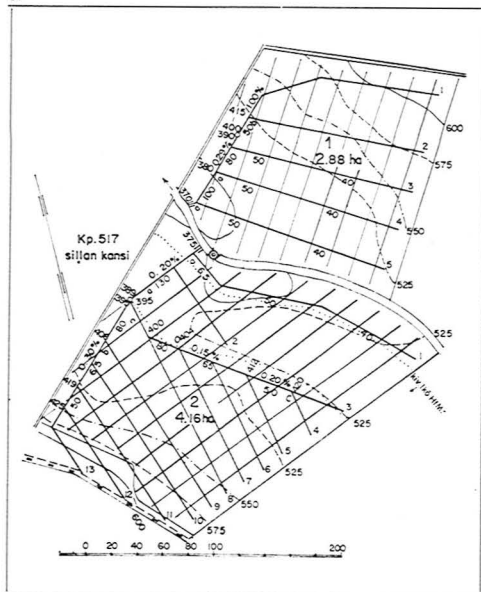
Ojastojen käyttö järjestelmällisessä ojituksessa on nykyään eräänlainen peltoalaojituksen perusmuoto. Tässä pyritään kuitenkin vähentämään oja mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi ottamalla huomioon maanpinnan viettävyyden tarjoamat mahdollisuudet. Kuvassa 57 on salaojitus suunnitelma merkintöineen. Yhdysvalloissa jätetään yleensä 3 % suuremmalla vietolla olevat pellot salaojittamatta. Ruotsissa käytetään runsaasti lietekaivoja, joissa usein myös sivulta tulevat ojastot liitetään pääkokoojaan. Lietekaivojen tehtävänä on useassa tapauksessa ottaa myös pinta-vedet suoraan salaojiin. Suomessa välite-

57. Salaojitusyhdistyksessä laadittu salaojitusuunnitelma.

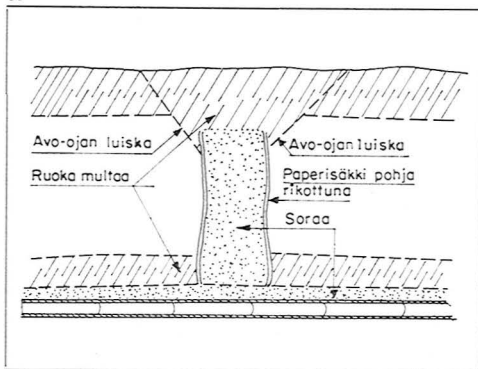
58. Sorasilmäke salaojan ja avo-ojan leikkauksessa.

59. Salaojitusyhdistyksen tyyppipiirros rinnekaivosta.

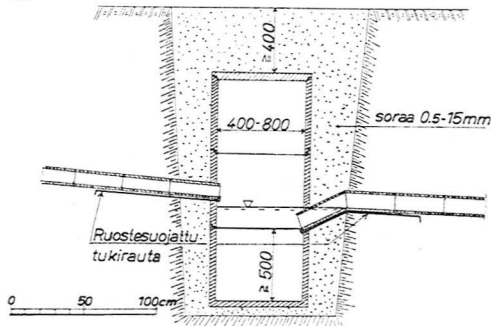
57



58



59



566

tään mahdollisuuksien mukaan lietekaivojen tekoa ja pintavesien johtamiseksi tehdään avo-ojien ja salaojien leikkauskohtiin sorasilmäkkeitä, joissa soran säästämiseksi voidaan käyttää apuna paperisäkkejä (kuva 58). Yleensä johdattaessa salaojiin pintavesiä nämä pyritään suodattamaan hiekka- ja sorakerroksen läpi. Lisäksi Suomessa pyritään mahdollisimman tarkasti noudattamaan kokoojien ja imuojien sijoituksessa seuraavanlaisia periaatteita:

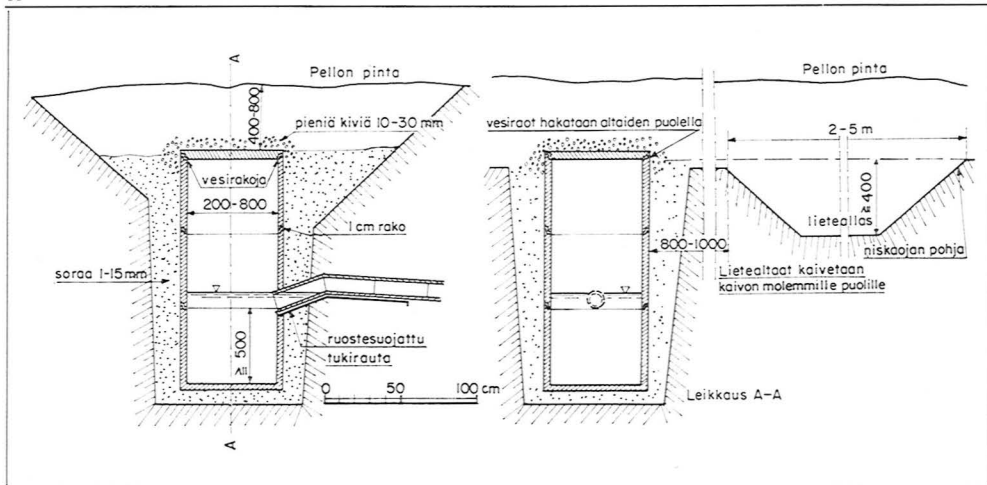
Imuojat sijoitetaan poikittain jyrkimmän vieton suuntaan ja ojien putous pidetään joko samana tai sen annetaan lisääntyä alaspäin mentäessä. Jos vedennopeus ylittää 0,5 m/s, voidaan kuitenkin tästä säännöstä jossain määrin tinkiä. Imuojat sijoitetaan leikkaamaan avo-ojat. Jos ne tehdään avo-ojien suuntaisina, silloin on etenkin tasaisessa maastossa jokaiseen avo-ojaan sijoitettava imuja paitsi urpa- ja turvamaissa tai helposti läpäisevissä hiekkamaissa. Kokemus on osoittanut, että muutoin muodostuu vanhojen sarkojien kohdalle vettä kokoavia notkelmia. Ojat pyritään tekemään eri ojastoissa yhden-suuntaisiksi ja poikittain päämuokkaussuuntaa vastaan.

Näiden näkökohtien mukaan sijoitetut imuojat tavallisesti johtavat myös siihen, että kokoojat tulevat jyrkimmän vieton suuntaisiksi ja niiden mitat tulevat siten pieniksi. Kokoojat sijoitetaan myös yleensä notkemahtiin, jolloin juuri sellaiset osat peltoa, johon vesiä kerääntyy eniten, saavat tiheimmän ojituksen. Jos kokoojiin ei voida järjestää tasaista tai kasvavaa putousta, tehdään rinnekaivoja, jotka pysäyttävät veden virtauksen lietteen laskeutumiseksi (kuva 59). Niskaojien notkelmista vedet otetaan salaojiin joko sorasilmäkkeiden (valuma-alue < 0,05 ha) tai niskakaivojen (kuva 60) avulla.

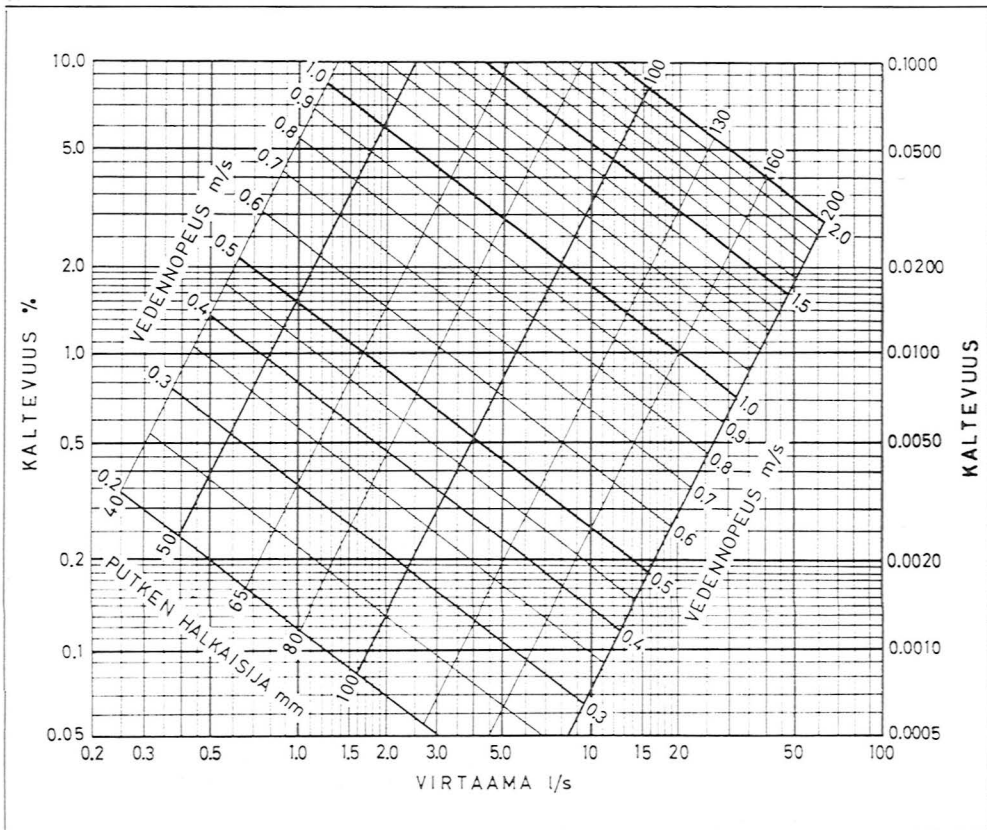
Tavallista tiheämpi ojitus tehdään rinteiden juurelle ja lähteellisiin kohtiin. Imuojien suurimman pituuden taas ratkaisee se, kuinka suuria virtaamia 4 cm putkijohto kykenee johtamaan, mikä tavallisesti edellyttää korkeintaan n. 150 m pituutta. Poikkeustapauksissa voidaan tehdä pitempiäkin imuojia, mutta tällöin on käytettävä suurempaa putkikokoa ojien alapäässä. Ojastojen koko vaihtelee 0,5... 10 ha. Yleensä kuitenkin vältetään suurten ojastojen käyttöä, koska kokoojien putkikoko kasvaa lisäten kustannuksia. Sellaisissa tapauksissa, joissa voidaan välttää valtoajien syventämistä johtamalla kokoojaoja kauemmas, voidaan tätäkin suositella.

60. Salaojitusyhdistyksen tyyppipiirros niskakaivosta.
61. Keson laatima nomogrammi tiiliputkiojien mitoittamista varten.

60



61



Salaojia mitoitettaessa käytetään Suomessa keskimäärin valuma-arvona 1 l/s ha. Rinne- maastossa voidaan käyttää arvoa 0,65 l/s ha, koska huomattava osa sade- ja sulavesistä poistuu pintavirtauksena. Tällöin on kuitenkin rinteiden juurella olevilla tasanteilla käytettävä valumaa 1,5--2,0 l/s ha. Samoin myös tasaisilla pelloilla niissä osissa maata, joissa lumipeitteisen vesiaron keskimääräinen kevyt- maksimi on suuri, on vastaavasti mitoitusva- lumaa suurennettava (esimerkiksi siten, että mainitun vesiaron ollessa 150 mm on mitoi- tusvaluma 1,5 l/s ha). Kuvassa 61 on Keson laatima nomogrammi tiliputkiojien mitoittamis- ta varten.

Salaojien syvyys vaihtelee eri maissa huo- mattavasti. Sveitsissä pidetään 1,2 m keski- määräistä ojansyvyyttä matalana. Syvinä pi- detään siellä 1,5 m syvempiä ojia. Ruotsissa taas 1,2 m ojansyvyyttä pidetään syvinä, ja matalina pidetään 0,9 m matalampia ojia. Suo- messakin käytettiin aikaisemmin syvempiä ojia kuin nykyään. Suositeltava ojansyvyys vaihte- lee ennen muuta maalajin mukaan. Varsin- kin, jos maassa on helposti läpäiseviä kerrok- sia riittävän lähellä maanpintaa, on aiheellista ulottaa salaojat niihin, jolloin päästään har- vemmalla ojituksella. Yleisenä normina voi- daan suositella n. metrin ojansyvyyttä put- ken päältä mitattuna. Tasaisilla mailla voi- daan imuojien latvoilla mennä vastaavasti 0,8 m ojansyvyYTEEN. Jos maassa on pohjahappa- muutta, kuten usein on litorinamaissa, on aihetta käyttää suurempaa ojansyvyyttä, mikäli tästä ei aiheudu kaivu vaikeuksia. Yleisenä ohjeena voidaan pitää, että jos maalaji on siinä määrin vettä läpäisevää, että siinä voi- daan käyttää 20 m tai sitä suurempaa ojan- etäisyyttä, ojansyvyyttä lisäämällä voidaan ojanetäisyyttä suurentaa ja siten halventaa kokonaiskustannuksia. Sensijaan vaikeasti- läpäisevillä mailla on pikemminkin pyrittävä tiheään ja matalaan ojitukseen. Syvästä ojista tällaisissa maissa voi syntyä haittaa siten, että vesien pääsy salaojiin vaikeutuu. Samoin viettävillä mailla matalat ojat katkaisevat usein paremmin vietsuuntaisen pintavirtauksen, mikä tällaisessa maastossa on eräs salaojien tehtävä.

Maalajin vaikutuksen huomioonottamiseksi ja kaivu vaikeuden selvittämiseksi suoritetaan koekuoppien kaivua n. 120 cm syvyyteen. Näitä tehtäessä tarkkaillaan samalla pohja- veden virtausta kuopan pohjalla. Esim. urpa- savissa lapionpisto täyttyy holahtaen vedellä, kun saavutetaan pohjavesitaso. Voidaan ajatella myös erityishavaintojen tekoa maan läpäisevyyden selvittämiseksi määrittämällä

pohjaveteen ulottuvissa kairausrei'issä veden- pinnan nousunopeus sen jälkeen, kun se on alennettu ympäröivän pohjavesitason alapuo- lelle tiettyyn määrään. Virossa määritetään vedenläpäisykerroin k kaavasta (9)

$$k = \frac{3,5 \cdot r^2}{H + 2r} \cdot \frac{\log \frac{y_0}{y}}{t} \quad (9)$$

t on pohjaveden nousuaika ja muut mer- kinnät ilmenevät kuvasta 62. Kairausrei'an läpimitan tulee tässä menetelmässä olla n. 20 cm ja se on tehtävä n. vuorokautta ennen mittausten suorittamista. Eri tahoilla on kehi- tetty jossain määrin toisistaan poikkeavia menetelmiä (Baden & Eggelsmann 1963).

Kun pelloilla ei läheskään aina pohjavesitasoa tavoiteta salaojitusvyöhykkeessä, on myös pyritty kehittämään menetelmiä, joissa johta- malla kairausreikään vettä mitataan sen imey- tyminen maahan (Luthin 1961) ja näin mää- ritetään kerroin k .

Ojaetäisyyden riippuvuus kertoimesta k ja ojansyvyydestä Virossa käytettyä menettelyä noudattaen ilmenee taulukosta 63.

Vuoden keskiarvo muuttuessa arvosta 9 l/ s km² muuttuvat taulukossa esitetyt ojaetäi- syydet suhteessa $\sqrt{\frac{9}{q}}$, jossa q on vartailta- van alueen keskiarvo (l/s km²).

Edelläolevat luvut verrattuina Suomessa käy- tettyihin osoittavat, että arviot sopivasta imu- ojaetäisyydestä poikkeavat eri maissa huo- mattavasti toisistaan likimäärin samanlaisissa- kin ilmastollisissa olosuhteissa.

Johtoineet. Salaojissa käytetään erilaisia johtoineita. Tärkeimmät ojatyytit ovat seu- raavat:

Reikäojat. Reikäojat voidaan tehdä joko myrräjoijina tai holviojina. Myrräjoitusta käy- tettiin Englannissa jo 1700-luvulla ja sitä käy- tetään siellä vieläkin laajassa mitassa. Myös Islannissa sitä on käytetty suomalla yhdessä syvän avo- ojituksen kanssa. Muualle se ei ole mainittavasti levinnyt. Suomeksi on suoritettu sillä kokeiluja, mutta sitä ei voida suositella yleiseen käyttöön. Holviojia on käy- tetty suomalla, etenkin polttoturvekenttien kuivatusojina, koska niistä ei ole haittaa kone- turvetta nostettaessa. Islannissa ollaan nyt siirtymässä myrräjoijien asemesta laajaan holviojoitukseen, joka tehdään Suomessa kehitetyllä salaoja- auralla.

Risu-riukuojat. Aikaisemmin käytettiin pelloilakin risu-riukuoja. Niillä saatavat kustannussäästöt ovat niin vähäisiä, että menetelmää ei enää voida suositella muualle kuin metsäojituksen, jossa täytemateriaali saadaan paikalta.

Kivi- ja soraojat. Jo Rooman vallan ajoilta on löydetty kivoja. Niitä on käytetty Suomessakin, mutta nykyään ne eivät enää ole suositeltavia kalliiden kustannustensa vuoksi. Samoin on paikoin kokeiltu ja käytetty sora-
ojia. Niiden vedenjohtokyky on kuitenkin siksi huono, että ne tulevat kysymykseen vain lyhyissä ojissa, kun viettävyys on $> 3 \%$.

Tiiliputkiojat. Tiiliputket ovat olleet näihin asti salaojien yleisin rakennusaine. Eri maissa käytetään erilaisia minimimittoja (Suomessa ja Saksassa on sisähalkaisija 4 cm, Ruotsissa ja Tanskassa pääasiassa 5 cm, Englannissa 7,5 cm ja Yhdysvalloissa 10 cm). Suomessa tiiliputkien normikoot ovat samat kuin Saksassa, eli 4, 5, 6 1/2, 8, 10, 13 ja 16 cm. Putkien pituus on Suomessa 33,2 cm eli 3 putkea metriä kohden. Jos putkikoko tulee suuremmaksi kuin 16 cm (esim. 20, 25 tai 30 cm), tehdään putket 50 cm pituisiksi. Pyöreiden putkien lisäksi on kokeiltu myös kulmikkaita putkia, joilla on se etu, että niiden poltto on helpommin järjestettävissä.

Vesi tulee tiiliputkiin saumojen kohdalta. Saumat voivat vetäessä maassa liettyä savivelliä täyteen, jolloin salaojitus ei toimi. Tästä syystä salaojituksen tekoa sadeaikana on vältettävä. Saumojen suojaamiseksi ja vedentulon helpottamiseksi käytetään putkien ympärillä suojussoraa. Myös turvetta, kanervaa ja olikia on käytetty esimerkiksi Tanskassa. Sellaisissa kohdissa, kuten ojien ja teiden alituksissa, joissa vaara juuritukkeumiin on erityisen suuri, suojataan saumat tervahuovalla.

Betoniputkiojat. Sellaisilla alueilla (esimerkiksi Tanskassa ja Yhdysvalloissa), missä maat eivät ole happamia eivätkä sisällä betonia rapauttavia aineita, käytetään myös betoniputkia 10 cm suurempien putkien ollessa kysymyksessä. Ne ovat hieman halvempia kuin tiiliputket, eikä niiden valmistus ole sidottu tiilisaven saantiin. Niiden kesto aika on kuitenkin lyhyempi kuin tiiliputkien, eikä niitä voida meillä suositella yleisesti käytettäväksi.

Lautaputkiojat. Suomailla on Suomessa käytetty lautaputkia. Tällaisten ojien määrä on ollut 5...10 % koko salaojitusmäärästä. Lautaputkiojituksen etuna pehmeäpohjaisessa maassa tiiliputkeen verrattuna on, että ei tarvita erillistä alle asetettavaa tukilautaa. Muu-

toin kustannuksissa ei ole suurta eroa. Suomessa saadut kokemukset viittaavat siihen, että lautaputkiojituksen iäksi suomaassakaan ei voitane laskea enempää kuin n. 30 vuotta. Lautaputket on normitettu niin, että pienimpien sisämitat ovat 1,5" x 1,5" ja suurimpien 8" x 8".

Muoviputkiojat. Muoviputkiojituksista on 1950-luvulta alkaen kokeiltu eri maissa. Alkuvaiheessa asetettiin suuria toiveita muovinauhan käyttöön myyräojituksen yhteydessä. Tällä hetkellä painopiste on sellaisessa muoviputkiojituksessa, joka tehdään tiiliputkiojituksen tavoin käyttämällä tiiliputkien asemesta 4...6 m pituisia muoviputkia, joiden seinämä on 1,3...4,0 mm:n paksuinen. Muoviai-
neena on PVC-muovi tai polyetyleni. Ojien kesto aika riippuu ratkaisevasti materiaalista. RIL:n asettama normitoimikunta on ehdottanut käytettäväksi seuraavia putkikokoja ja seinämäpaksuuksia (PVC-muovi, K-arvo = 65)

Putken sisäläpimitä (mm)	Seinämäpaksuus (mm)
40	1,3
50	1,5
75	2,1
90	2,3
110	2,6

Edellä oleva koskee sileitä putkia. Myös aaltoseinäisiä putkia on käytetty. Niiden etuna on putkien suurempi kestävyys painerasituksista vastaan ja salaojitus voidaan tehdä myyräojituksen tapaan. Veden pääsy myyräperiaatteella tehtyihin ojiin voi kuitenkin olla riittämätöntä. Lisäksi lietteen kerääntyminen voi niissä helpommin aiheuttaa tukkeutumia.

Muoviputkien etuna tiiliputkiin verrattuna on ennen muuta niiden keveys kuljetuksissa ja asentamisnopeus. Tietyissä tapauksissa, jolloin salaojat täytyy suojata erityisellä huolella hiekan tunkeutumista vastaan, muoviputkien etuna on lisäksi se, että esim. lasivillasuojaus voidaan asettaa jo ennen putkien laskua. Muoviojituksen kustannus nykyvaiheessa on 20...30 % suurempi kuin tiiliputkiojituksen.

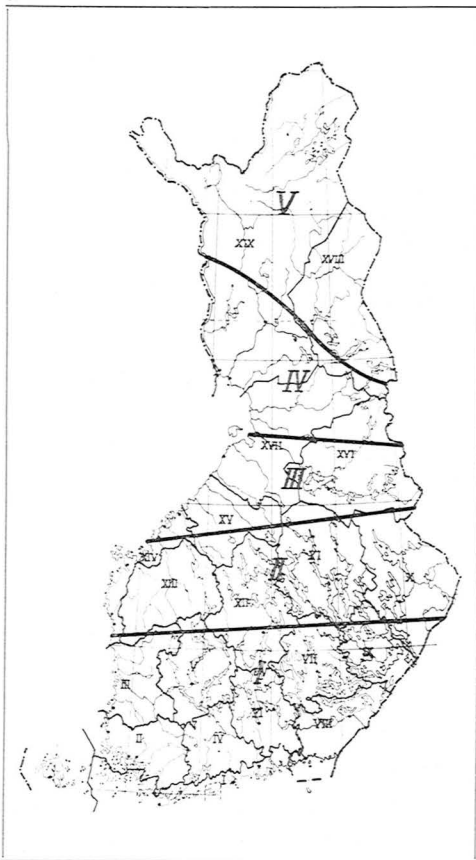
11.53 METSÄOJITUS

11.531 Ojituksen vaikutuksen arviointia

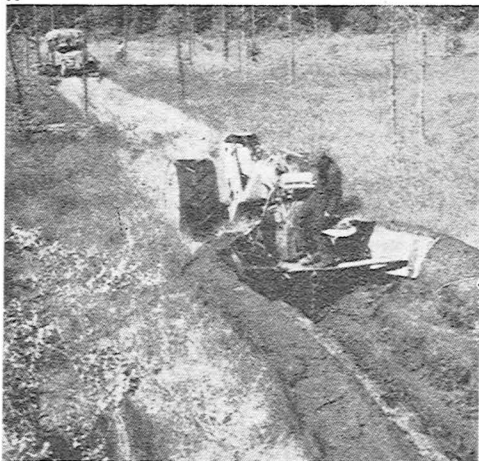
Soiden kuivatusta metsänkasvua silmälläpitäen on vähäisessä määrässä harjoitettu jo 1800-luvulla mm. Ruotsissa. Suomessa viime vuosisadalla suoritetuilla ojituksilla, joita tehtiin mm. työttömyystöinä nälkävuosien aikana, on ollut merkitystä erityisesti siinä mielessä,

67. Metsäojituksen ilmastolliset vyöhykkeet Heikuralaisen mukaan. Kuvaan merkitty myös eri Metsähoitolautakuntien alueet. I Helsingin, II Lounais-Suomen, III Satakunnan, IV Uudenmaan-Hämeen, V Pohjois-Hämeen, VI Itä-Hämeen, VII Etelä-

67



68



Savon, VIII Etelä-Karjalan, IX Itä-Savon, X Pohjois-Karjalan, XI Pohjois-Savon, XII Keski-Suomen, XIII Etelä-Pohjanmaan, XIV Vaasan, XV Keski-Pohjanmaan, XVI Kainuun, XVII Pohjois-Pohjanmaan, XVIII Koillis-Suomen, XIX Lapin.

68. Oja-aura metsäojituksessa (Heikuralainen 1960).

miskykyisen puuston (m^3/ha) ollessa yhtenä muuttujana. Eri suotyypeissä nämä jyväluvut vaihtelevat kuvan 66 esittämällä tavalla. Vasemmanpuoleinen pysty akseli osoittaa jyvälukuja toteuttamiskustannusten ollessa alle 100 mk/ha ja oikeanpuoleinen yli 100 mk/ha. Jyväluvuissa on siten otettu huomioon ns. jäännöshyöty, eli paikallisojituskustannukset on niissä jo vähennetty. Laskelmat on suoritettu 3 %:n korkokantaa käyttäen, mitä on perusteltu sillä, että metsänparannuslainoissa korkoprosentti on 3 ja että yleinen käsitys eri suotyyppien metsäojituskelpoisuudesta edellyttää 3 %:n käyttämistä.

Viime aikoina on kiinnitetty lisääntyvää huomiota myös vedenvalvaamien ohuturpeisten kivennäismaiden metsäojituksiin. Nimenomaan silloin, kun ojituksen tarkoituksena on soistumisvaaran torjuminen ja hyvässä kasvussa olevan puuston vettymisvahinkojen estäminen, metsäojitusten edullisuusarvion perusteet poikkeavat edellämainituista.

Viime aikoina on noussut esille myös kysymys metsien lannoituksesta, mikä voi muuttaa metsäojitusten edullisuusarvioita. Vaikka lannoituskysymyksen selvittely on vielä varsin alkuvaiheessa, voitaneen yleispiirtein kuitenkin sanoa, että sellaisilla soilla ja niissä osissa maata, joissa puut saavat suosta riittävästi typpeä eikä siis tarvita typpiannoitusta, on fosfori- ja kalilannoituksen antaminen kannattavaa, (P_2O_5 :nä ja K_2O :na kumpaakin n. 100 kg/ha). Tämä johtuu osaltaan tällaisen lannoituksen pitkistä vaikutusajasta, joka on n. 20 vuotta. Lannoituksen ohella on tietyissä tapauksissa mahdollista metsityksen avulla parantaa ojituksessa saatavaa tulosta. Lannoituksen ohella myös ojitettavien soiden metsitys on tehostumassa. Tämä on usein syytä toteuttaa jo ennen ojitusta, koska ojitus voi vaikeuttaa taimettumista.

Ojituksen ja lannoituksen vaikutus eri ilmastollisilla metsäojitusvyöhykkeillä ja puuston määrän vaihdellessa (m^3/ha) ilmenee kuvasta 69 (laskenta-alue a = I metsäojitusvyöhyke, b = II, c = III ja d = IV vyöhyke) M. Keltikanen ja K. Seppälän mukaan.

11.532 Metsäojituksen suunnittelu

Metsäojituksessa tulevat kysymykseen pääasiassa samanlaiset paikallisojat kuin viljelysmaiden ojituksissakin, nimittäin **reunaojat**, **sarkaojat** ja **veto-ojat**. Reunaojien tehtävänä on estää sivuilta tulevien vesien pääsy kuivatusalueelle. Sarkaojat on aiheellista sijoittaa poikittaisojituksen periaatteen mukaisesti leik-

69. Ojituksesta (vaakaviivoitus) sekä lannoituksesta (pystyviivoitus) koituvat bruttotohyödyt eri laskenta-alueilla. Alkupuuston funktiona on kuvattu metsäisten karujen rämeiden bruttotohyöt, kuvissa vasemmalla oleva pylväs osoittaa lyhytkortisen nevan bruttotohyötä. (M. Keltikangas & K. Seppälä)

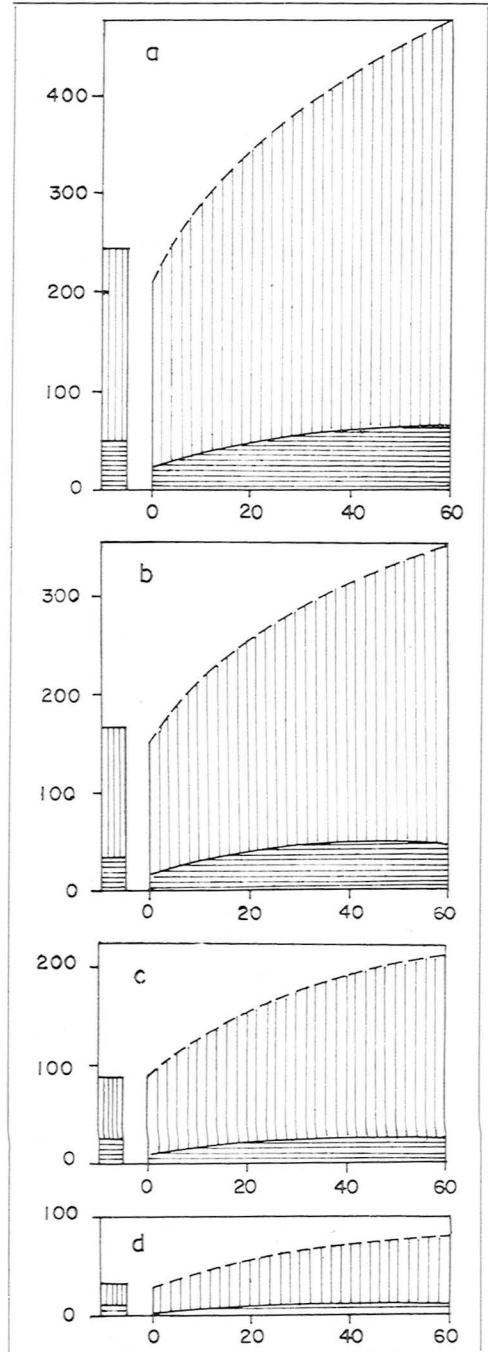
69

kaamaan jyrkimmän vieton suuntaa. Tämä näkökohta sekä ojien vedenjohtokyvyn nopea huononeminen puoltavat riittävän syvien sarkaojien tekoa. Ojansyvyys oli 1930-luvulla yleensä 80...90 cm, kun ojat tehtiin käsityönä. Poikittaisojituksen korostaminen on metsäojituksissa tärkeää, sillä tutkimukset ovat osoittaneet, että pääasiallinen kasvun lisäys tapahtuu ojan alapuolella olevalla suoalueella. Yläpuolisella suolla taas vaikutus voi jäädä hyvin vähäiseksi etenkin, jos sieltä pääsee vesiä valumaan pintavirtauksena suon yli (kuva 70). Kuvassa 71 on esitetty aurausojitusta ajatellen laadittu metsäojitussuunnitelma. Aurausojituksessa on tärkeänä näkökohtana ojien sijoituksessa pidettävä sitä, että vältetään tarpeettomia käännoiksi ja ojat voidaan aurata yhtäjaksoisesti ilman pitempiä välisiirtoja. Tämä johtaa pitkiin ja säännöllisiin sarkoihin, eikä voida noudattaa poikittaisojitusta samassa määrässä kuin muilla työmenetelmillä.

Sarkaojien väli on kehityksen mukana jatkuvasti pienentynyt. Kun ensimmäisissä metsäojituksissa ojaväli oli 100 metrin vaiheilla, se 1930-luvun ojituksissa oli supistunut 60...80 metriin ja nykyään se on 35...60 m. Etenkin huonohkoilla soilla on aihetta käyttää tiheää ojaväliä. Mm. Skotlannissa tehdään auralla vakoja vain muutaman metrin välimatkoin ja metsitys suoritetaan selälleen käännetyille viululle.

11.533 Metsäojien teko

Metsäojitustoiminnassa kiinnitettiin 1950-luvulla erityinen huomio ojitustöiden koneellistamiseen. Vuosikymmenen alussa suuntautui harastus lähinnä räjäytysojituksiin, mitä ojitustapaa oli kehitetty Yhdysvalloissa. Sittemmin ryhdyttiin metsäojituksessa kokeilemaan aurausmenettelyä (Huikari 1958), josta nähtiin kehittyvän eri tahoilla tapahtuneen auratyypin kehittämisen ansiosta metsäojituksen tärkein työtapo, joka ratkaisevalla tavalla muutti metsäojitustoiminnan edellytyksiä. Myöhemmin on pienten kaivukoneiden käyttö metsäojituksissa lisääntynyt huolimatta siitä, että ojametrin kustannukset aurauksessa ovat olleet halvempia ja v. 1966 traktorikaivurit ja jyrksinlaitteet ovat sivuuttaneet aurausmenettelyn niillä kaivetun ojamäärän ollessa 52 % koko ojamäärästä aurauksen osuuden jäädessä 47 %:iin. V. 1963 oli ojametrin kustannus kaivukoneella n. 55 p ja auraamalla n. 35 p. Aurauksessa syntyneitä ojavalleja ei tällöin ole katkaistu vesivaijoilla. Lapiolla tehtyjen metsäojien kustannus oli keskimäärin 1,20 mk/m. Kuvasta 72 ilmenee eri työtapojen osuus suoritetuissa metsäojituksissa 1950-luvun puoli-

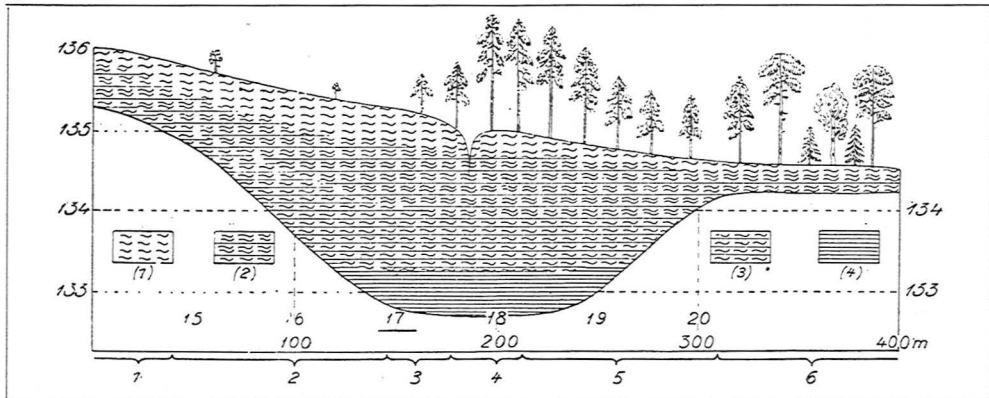


70. Vuonna 1867 kaivetun ojan vaikutus puiden kasvuun Kotasalonsuolla Lukkaalan mukaan v. 1937.

- (1) Rahkaturve (3) Rahkasaraturve
(2) Sararahkaturve (4) Saraturve

70

- 1 = Carex lasiocarpa-räme 4 = Varpu-räme-
2 = Rahkainen niittyvilla- kangas
räme 5 = Isovarp. niitty-
3 = Isovarp. niittyvilla- villaräme
räme 6 = Kangasräme
71. Tyypikuva auraamalla tehtyjen metsäojien sijoituksesta (Heikurainen 1960).



71

Metsäojitus suunnitelma

Toim. nro

Mattilan kunta

Perälän kylä

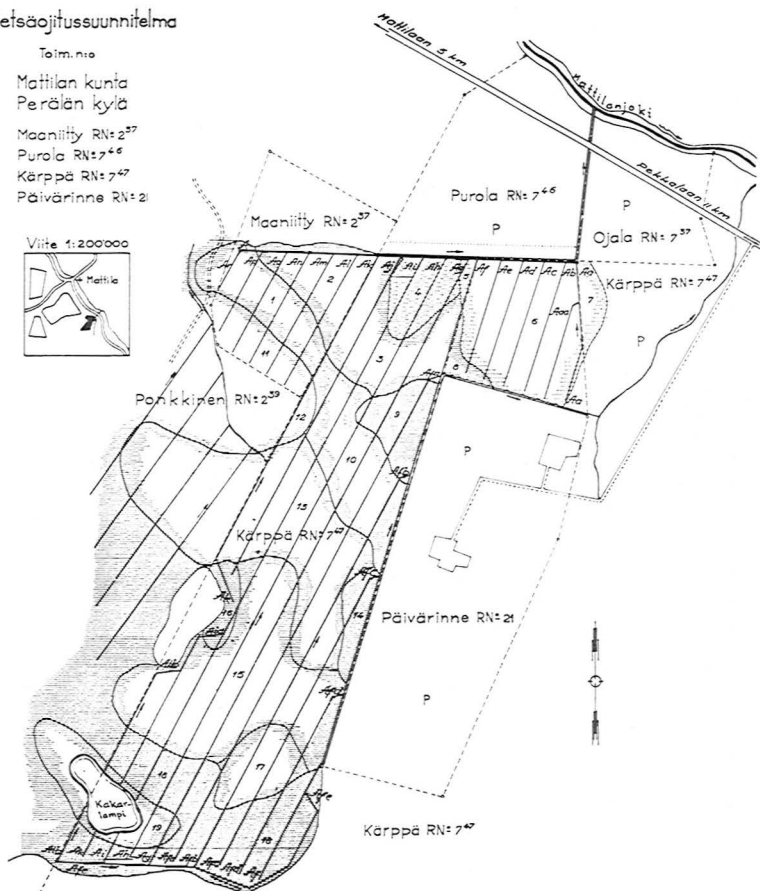
Maaniitty RN: 2³⁷

Purolo RN: 7⁴⁶

Kärppä RN: 7⁴⁷

Päivärinne RN: 21

Viite 1:200000



72. Metsäojitusten määrän kehitys vuosina 1954...1966 sekä eri työmenetelmien osuus.
73. Muotokauhalla varustettu hydraulinen traktorikaivuri on vallannut johtavan aseman metsäojituksessa käytetyistä koneista.

välistä alkaen. Vuoden 1960 jälkeen tapahtunut lisäys on tullut lähinnä traktorikaivureiden osalle. Paitsi pienillä kaivukoneilla tai aurasmenettelyllä voidaan metriä syvempiä soita ojittaa ojajyrksimellä (kuva 74). Töiden koneellistaminen on tehnyt mahdolliseksi metsäojitustoiminnan laajentamisen niin, että näyttää olevan mahdollista saada ojituskelpoiset suot ojittetuiksi parin vuosikymmenen aikana. V. 1966 metsäojitettiin kaikkiaan 256 000 ha. Kysymys metsäojien kunnossapidosta on lisääntyneiden ojitusten ja eräiden muidenkin syiden vuoksi nousemassa yhä keskeisemmäksi ongelmaksi.

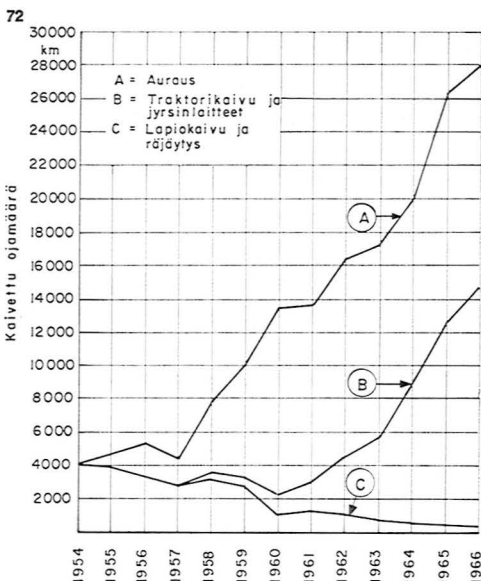
Pienten kaivukoneiden kilpailukyky aurasmenettelyyn verrattuna huolimatta suuremmista ojametrin kustannuksista perustuu etenkin työn laatuun, mm. siihen, että ojamaat voidaan sijoittaa niin, että ne eivät estä veden pääsyä ojiin eivätkä kaivurit tallaa metsää niinkuin raskas aurasuskalusto. Etenkin pienillä työmailla ja vaikeitten kulkuyhteyksien takana on kaivureiden käsittely helpompaa kuin aurojen. Kun aurasojat ovat matalampia kuin lapiolla tai kaivureilla tehtyt, joissa lisäksi maaston epätasaisuuden vaikutus voidaan paremmin ottaa huomioon, ei ojametrin hinta anna oikeaa kuvaa eri työmenetelmien edullisuudesta.

On kokeiltu myös metsämaiden salaojitusta. Tällöin näyttää tulevan kysymykseen lähinnä risuojitus, joka kustannuksiltaan alkaa olla kilpailukykyinen käsin tehtyjen avo-ojien kanssa ja johon salaojan johtoaineet on saatavissa välittömästä läheisyydestä metsän hakuiden ja harvennusten yhteydessä syntyvistä jätteistä. Mikäli muoviojitus kehittyy nykyistä halvemmaksi, myös sen käyttömahdollisuuksia metsäojituksissa on aihetta seurata. Syvillä soilla on syytä kiinnittää huomiota myös holviojituksen kehittämiseen. Salaojituksen etuna metsäojituksissa on ennen muuta kunnossapitokustannusten väheneminen avo-ojituksiin verrattuna.

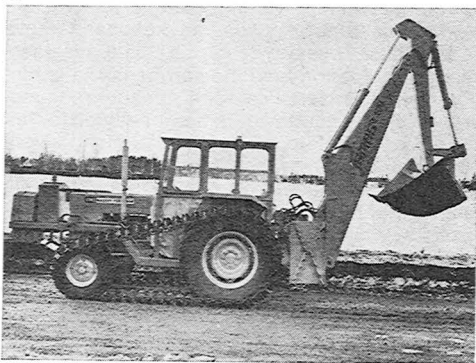
11.6 KUIVATUKSEN TARKOITUS

Eri viljelykasvien vaatimukset kuivatuksen suhteen ovat hyvin erilaiset. Tässä mielessä samoin kuin viljelysten voimaperäisyyden kannalta erotetaan tiluslajeina puutarha, pelto ja niitty. Vielä siinä vaiheessa, jolloin Suomi tuli itsenäiseksi, luonnonniityiltä saatiin noin puolet maan heinäsadosta. Nykyään niillä ei ole heinämaina paljoakaan merkitystä. Sen sijaan laidunmaina niillä on paikoin huomattava

74. Rakennusmestari Tapio Saarenkedon keksimä ja Lapin maanviljelysinsinööripiirissä kokeiltu ojajyrksi.



73



74



tava arvo. Luonnonniittyjen olemassaolo perustuu useimmiten tulviin ja korkeaan pohjaveeseen. Kun vesistöjen järjestelyjen yhteydessä tavallisesti jää hyötymaalle tällaisia vedenvaivoja vyöhykkeitä, joudutaan näiden osalta kuivatuksen tavoitteita tarkastelemaan lähinnä ajatellen käyttöä laitumena.

Kuivatuksen tärkeimmät tavoitteet tavallisessa peltoviljelyssä ovat seuraavat:

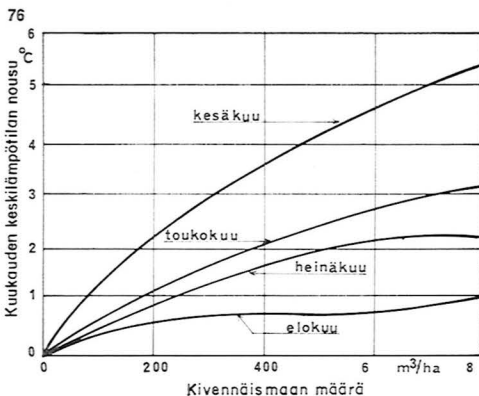
Estetään tulvavesien kohoaminen viljelysmaalle sekä sateiden ja lumen sulamisen yhteydessä tulleiden vesien kerääntyminen notkelmiin ilmi-vedeksi. Voimaperäisessä viljelyssä on lyhyt-aikaistenkin lättäköjen ilmestymistä pidettävä puutteellisen kuivatuksen merkinä. Lyhyt-aikaisella vesipeitolla voi olla kasteluvaikutusta, mutta kun sitä esiintyy vain osassa peltoa ja se sattuu esimerkiksi runsaiden sateiden yhteydessä, tulevat haittavaikutukset suuremmiksi. Keväällä esiintyvä vesipeitto voi tuntuvasti alentaa satoa. Saukon (1946) tutkimuksista ilmenee, että myöhemmin kesällä vaikutus ei ole niin haitallinen kuin kasvukauden alkupuolella. Maan pinnalla olevan veden jäätyminen vahingoittaa talvehtivia viljelykasveja tuhoten usein ne kokonaan (kuva 75). Paitsi pysyvyydestä ja sattumisajasta riippuu vesipeiton aiheuttaman haitan ja vahingon määrä maalajista, sillä pelloille nousevat tulvat aiheuttavat maan liettymistä eri tavoin eri maalajeissa. Hienojakoiset kivennäismaat ovat tässä suhteessa arimmat, kun taas multavat maat ja etenkin suoviljelykset kärsivät vähiten. Muista haitallisista vaikutuksista mainittakoon, että tulvat liuottavat ja kuljettavat pois kasvinravinteita. Toisaalta lietteen mukana voi uusiakin ravinteita laskeutua pelloille. Suurin haitta vesipeitosta suoraisten kasvituhojen ohella on siinä, että se vaikeuttaa muokkaus- ja korjuutöitä ja siirtää niitä epäedullisempaan ajankohtaan.

Kuivatuksella tehdään mahdolliseksi ilmatilan muodostuminen maahan alentamalla pohjavettä, ja sen yläpuolella olevaa pohjakapillaarikerrosta. Viljelyskasvien juuristo, joka vaatii hengitystoimintaansa happea, ei tunkeudu sellaisiin maakerroksiin, missä huokostila on jatkuvasti veden täyttämä. Täten korkeaa pohjavettä estää juurien tunkeutumisen maahan ja pienentää ravinnon ja kosteuden saantimahdollisuuksia. Näitä puutteellisen kuivatuksen haittoja voidaan kuitenkin vähentää voimakkaalla lannoituksella.

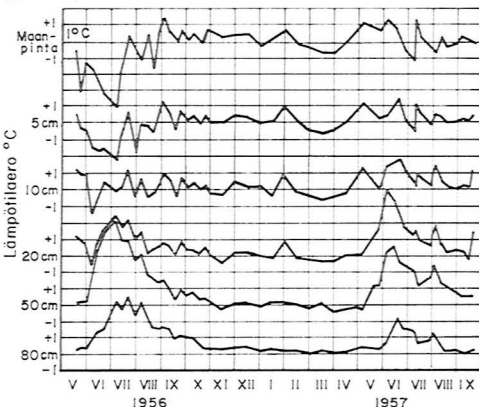
Kuivatuksella pyritään saamaan aikaan nopea ja tasainen maan kuivuminen erityisesti keväällä. Lyhyen kasvukauden johdosta on

75. Jääntyneen lammikon aiheuttama tuhoutumisraja vehnäpelloilla.
76. Eri suuruisen kivennäismaamäärien vaikutus kuu-
kauden keskilämpötilaan suomaan pinnalla Pessin
mukaan.
77. Ojittamattoman ja ojitetun suon lämpötilan ero eri
syvyyydessä Pessin mukaan.

75



77



tärkeää, että kasvu pääsee hyvään alkuun varhain, jolloin maassa on vielä lumen sulamisessa syntynyttä kosteutta. Jos osa pellostä on ehtinyt kuivua liikaa, ennenkuin muu osa on joutunut muokkauskuntoon, mikä vaihe etenkin savimaissa on herkästi maan kosteudesta riippuva, on epätasaisen kuivatuksen seurauksena se, että osassa peltoa kasvit kärsivät kuivuudesta, sato valmistuu eriaikaisesti jne.

Kuivatuksella pyritään parantamaan maan fysikaalisia ominaisuuksia. Kuivatuksella ei kuitenkaan varsinkaan turvemilla ole tässä suhteessa yksinomaan edullinen vaikutus, mutta luomalla edellytykset viljelykselle, sen yhteydessä voidaan maan fysikaalisia ominaisuuksia muuttaa ja siten myös mm. lämpösuhteita parantaa (kuva 76). Sopivan mururakenteen syntyminen ja edullisen struktuurin muodostuminen myös syvemmällä maassa, jotta kasvien juuristo voi tunkeutua näihin kerroksiin, riippuu läheisesti maan kosteus-suhteista.

Kuivatuksella estetään haitallisen roudan muodostuminen. Varsinkin rouste ja kerrallinen routa tuhoavat viljelykasveja katkomalla ja venyttämällä niiden juuristoa sekä kohottamalla niitä irti maasta. Epätasaisesti kuivunut maa aiheuttaa vesipitoisuudeltaan epätasaisen roudan muodostumisen. Märissä kohdissa talvehtiminen on huonompaa ja keväällä roudan eriaikainen sulaminen aiheuttaa epätasaisen kosteuden pellon eri osissa. Näistä syistä kuivatuksessa on pyrittävä haitallisen pintamärkyyden tehokkaaseen poistamiseen. Kuivatus voi aiheuttaa hitaamman roudan sulamisen keväällä, jolloin se hidastaa kasvua kevätvaiheessa pysyttämällä maan kylmänä (kuva 77).

Kuivatuksella edistetään vahingollisten aineiden poistumista maasta ja estetään niiden kohoaminen pohjaveden korkeusvaihteluiden ja haihtumisen mukana syvemmältä juuristovyöhykkeeseen. Ajoittainkin lähelle maanpintaa kohoava pohjavesi pitää ruokamullan ja sen alla olevan jankon etenkin litoranisaisissa happamana ja alentaa pysyväisesti satoja. Jotta sateet huuhtoisivat tällaisilla mailla pois haitallisia aineita, on tärkeä saada maassa syntymään tätä edistävää veden virtaus, jolloin salaojituksen edullisuus avo- ojitukseen verrattuna on merkityksellinen. Kuivatuksen vaikutus maan happamuuteen on etenkin turvemilla yleensä sitä suurentava, mutta ajan ja viljelystoimenpiteiden mukana tällaiset haitat poistuvat.

Puutteellinen kuivatus luo rikkaruohoille kasvumahdollisuuksia. Märissä kohdissa jäävät viljelykasvit kitukasvuiksi ja väriiltään vaaleiksi, mikä osoittaa hyvien kasvuedellytysten puuttumista. Kuivatuksen riittämättömyys on usein todettavissa tiettyjen rikkaruohojen viihtymisestä pellossa. Tällaisia liikamärkyttä osoittavia rikkaruohoja ovat mm. peltokorte, järviruoko, rentukka, leskenlehti, suikeroleinikki, saralajit, suomatara, suokuusio, sammallet ja nurmilauha. Monet muutkin rikkaruohot voivat olla osaksi osoituksena huonosta kuivatuksesta, mutta kun rikkaruohojen esiintymiseen on muitakin syitä, ei pelkästään kuivatuksen osuutta niiden esiintymisessä ole aina helppo saada esille. Avo- ojituksessa pientareet ovat rikkaruohojen levenemiskeskuksia, joten tässä suhteessa kuivatuksen merkitys liittyy osaksi kuivatustapaan.

Kuivatus lisää maan kantavuutta. Etenkin koneellinen työskentely märällä maalla on usein mahdotonta sekä aiheuttaa syvien raiteiden muodostumisen pellon pintaan. Muokkaustöiden kannalta tulisi pohjaveden olla kivennäismailla vähintään 30 cm ja turvemilla 40...50 cm maanpinnan alapuolella. Huonoimmin kuivuvat osat pellostä vaikuttavat oleellisesti siihen, milloin kone työskentely pelloilla on mahdollista. Myös tästä syystä pintavesien kunnollinen poistaminen on erityisen merkityksellistä, mutta etenkin paksuilla turvemilla on myös pohjavedenpinnan riittävä alentaminen välttämätöntä.

Kun maankuivatuksen vaikutus viljelykseen on varsin monitahoinen, sen aiheuttaman hyödyn luonne on eri tapauksissa erilainen. Tämä on syytä ottaa huomioon myös suunnittelussa. Kuivatus on vain osa maan vesitalouden järjestelyä. Sen yhteydessä on aina pidettävä silmällä myös kasvien vesitalouden toista häiriötekijää, veden puutteen esiintymistä kuiva-kausina. Peltoja voidaan kuivatkaa liian tehokkaastikin niin, että kasvit alkavat kärsiä veden puutetta. Tämä on tullut selvästi ilmi mm. suomilla tehdyissä ojituskokeissa, joiden mukaan erityisesti heinällä harva ja matala ojitus on osoittautunut tietyissä olosuhteissa edullisemmaksi kuin tiheä ja syvä.

11.7 MAATALOUDELLISEN HYÖDYN ARVIOINTI YHTEISISSÄ KUIVATUSYRITYKSISSÄ

Maankuivatustöistä aiheutuva hyöty on riippuvainen siitä, miltä näkökulmalta asiaa tarkastellaan ja mitä tarkoitusta varten arvio su-

78. Kokonaistuotto (1), kansantaloudellinen tulo (2), maatalousyli jäämä (3) ja verotettava puhdas tuotto (4) eri suuruisilla tiloilla Etelä-Suomessa keskimäärin vuosina 1960...1964.

79. Suoraviivainen parannuskuvio, kun vesivahinko

ritetaan. Samassa kuivatusyrityksessä voi olla tarpeellista arvioida mm.:

- kansantaloudellinen hyöty,
- yksityistaloudellinen hyöty ja
- kustannusten osittelussa huomioonotettava hyöty.

11.71 KANSANTALOUDELLINEN HYÖTY

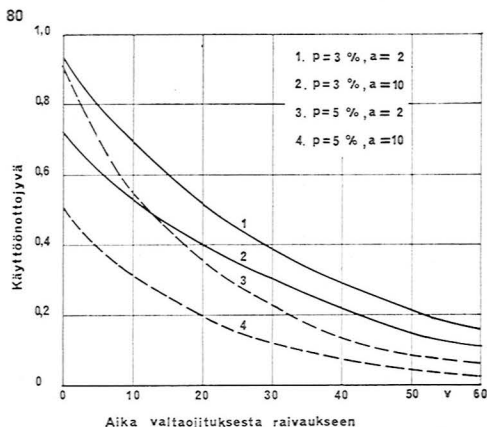
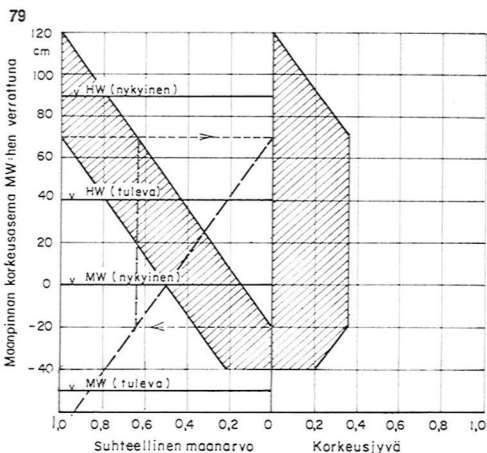
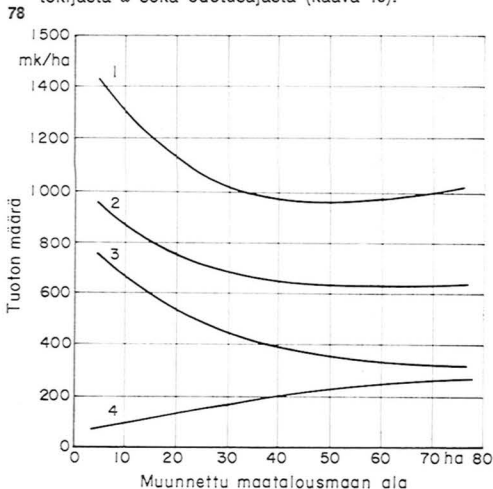
Kansantaloudellinen hyöty on syytä tuntea arvosteltaessa sitä, onko yleiseltä kannalta edullista toteuttaa kyseessäoleva kuivatusyritys ja onko perusteltua myöntää sille valtion tukea. Tätä hyötyä arvioitaessa on selvitettävä yrityksen vaikutus kokonaistuottoon niillä tiloilla, jotka ovat sen osakkaita. Tässä tarkastelussa voidaan kokonaistuoton katsoa muodostuvan seuraavalaisten kustannus- ym. erien tuloksena: varsinaiset rahamenot (ilman palkkoja), verot, maksetut palkat, oman perheen työansio, pääoman korkovaatimus ja yrittäjävoitto. Kansantaloudellinen tulon lisäys, josta tässä on kysymys, saadaan kaikkien muiden erien yhteisumman avulla ensimmäistä erää eli varsinaista rahamenoja lukuunottamatta. Verrattaessa saavutettavaa kansantaloudellista hyötyä kuivatuskustannuksiin kapitalisoidaan kansantaloudellisen tulon lisäys maataloudessa yleistä korkokantaa käyttäen ja vähennyksinä otetaan huomioon mm. viljelysalan kasvun aiheuttamat kustannuserät maatilojen rakennuksissa, konekannassa ja muissa maatalouspääomissa. Useassa tapauksessa kuitenkin rakennus- ja konepääomia on pienillä tiloilla liikaa niin, että peltoalan kasvu voi olla moninkertainen ilman, että niitä tarvitsee korottaa. Kysymys on lähinnä niiden rakenteellisista muutoksista. Erityisesti raivaus- ja viljelystiekustannukset uudisraivausalueilla ovat vähennyksissä huomioonotettavia eriä.

11.72 YKSITYISTALOUDELLINEN HYÖTY

Kun maanomistajat omalta osaltaan arvioivat, kannattaako heidän ryhtyä kuivatusyritykseen, he kuivatuskustannusten ohella joutuvat ottamaan huomioon valtiolta mahdollisesti saatavan avun ja vertaamaan heidän maksettavakseen jäävää osuutta saamaansa kokonaishyötyyn. Arvosteltaessa sitä, kuinka suuriksi vesiuomat kannattaa kaivaa tai missä määrin alavimmat viljelysmaat olisi jätettävä puutteelliseksi kuivatukselle, on arviot valtion toteuttamissa yrityksissä syytä nojata kansantaloudelliseen hyötyyn, mutta yksityistaloudelliseen hyötyyn tapauksissa, joissa yrityksen rahoitus jää

arvioidaan MW:n mukaan ja valtaojitus alentaa tätä 50 cm. Viivoitettu ala osoittaa suhteellista parannusta, joka oikeanpuoleisessa kuvassa on esitetty korkeusjyvänä. Katkoviivat osoittavat tämän parannuskuvion piirtämistapaa.

80. Käyttöönottojyvän riippuvuus korkoprosentista ja tekijästä a sekä odotusajasta (kaava 15).



pääosaltaan maanomistajain kannettavaksi. Sitä määritettäessä on arvioitava yrityksen vaikutus osakastilojen talouteen kokonaisuudessaan sekä osakkaiden henkilökohtaisiin tuloihin. Suomen pienviljelyvaltainen maatalous ei yleensä kykene tarjoamaan sellaista täyttä työllisyyttä, jossa ansio läpi vuoden vastaisi teollisuus- ja palveluammateissa saatavaa palkkatuloa, ja maanviljelijöillä on metsätöitä lukuunottamatta usein vain vähän mahdollisuuksia saada sivuansiotuloja. Tämän vuoksi maankuivatusyrityksiä on yleisesti toteutettu siinä mielessä, että ne loisivat edellytyksiä viljelysten laajentamiseen, ja maanviljelijät voisivat siten omalla tilallaan tehostaa työnsä tuottavuutta sekä käyttää joutoaikansa tulojensa lisäämiseen. Maanomistajain kannalta onkin usein tarkoituksenmukaista kuivatusyrityksen edullisuutta arvosteltaessa verrata kustannuksia maatalousylijäämän lisäyksen kapitalisoituihin arvoon vähennettynä vastaavilla menoerillä, joista edellä on mainittu kansantaloudellista hyötyä arvioitaessa. Toisaalta taas viljelmillä, joilla on palkkatyövoimaa, tai sellaisissa olosuhteissa, missä sivuansiomahdollisuuksien vuoksi kuivatusyritys ei lisää perheen työansiota, voidaan hyödyn arvioissa pitää lähtökohtana pikemminkin puhtaan tuoton tai verotettavan tuoton lisäyksen kapitalisoitua arvoa. Eri olosuhteissa yksityistaloudellinen hyöty asettuu siten näiden talouserien (maatalousylijäämän ja puhtaan tuoton) nojalla laskettujen rajojen välille. Puhdas tuotto käsittää pääoman korkovaatimuksen ja yrittäjävoiton sekä verotettava tuotto lisäksi verot. Maatalousylijäämää taas sisältää puhtaan tuoton lisäksi oman perheen työansion. Maatalousylijäämän avulla voidaan saada yksinkertaisella tavalla yleispiirteinen tarkastelu yrityksen yksityistaloudellisesta edullisuudesta, kun sitä koskevia tilastoja on laadittu kirjanpitolitojen tuloksista.

Tilakoolla on vaikutusta hehtaaria kohden saatavaan kokonaistuottoon, kansantaloudelliseen tuloon, maatalousylijäämään ja verotettavaan tuottoon siten kuin on esitetty kuvassa 78. Siitä havaitaan, että nimenomaan pientiloilla pääasiallinen hyöty on saavutettavissa maatalousylijäämässä tapahtuvana lisäyksenä. Sitä mukaa, kun tilojen yhdistämisen kautta maatilojen koko kasvaa ja teollisuus sekä palveluelinkeinot kykenevät tarjoamaan maatalousväestölle työansiota, maankuivatusyritysten tavoitteet muuttuvat yhä suuremmassa määrin vain viljelysmailla esiintyvän vesivahingon poistamiseksi ja metsänkasvun edistämiseksi.

11.73 KUSTANNUSTEN OSITTELUSSA HUOMIOONOTETTAVA HYÖTY

Vesilain mukaan kustannukset yhteisessä ojituksessa, vesistön järjestelyssä ja myös säännöstelyssä sikäli kuin on kysymys maan kuivatuksesta, on jaettava saatavan hyödyn suhteessa. Hyötynä pidetään tällöin »kuivatuksesta johtuvasta maan tuottokyvyn lisäyksestä aiheutuvaa maan arvon nousua ottamalla huomioon myös mahdollisuus käyttää aluetta tuottavammalla tavalla kuin aikaisemmin». Osalle kustannuksiin voidaan nykyisen vesilain mukaan velvoittaa muukinlaisen hyödyn perusteella kuin viljelys- ja metsämaalle syntyvän maan tuottavuuden lisäyksestä johtuvan, mikä aikaisemmin oli ainoa ositteluperuste. Niinpä vesilain mukaan rakennuspaikaksi, tie- ja varastoalueeksi tai muuhun tällaiseen erityiseen tarkoitukseen käytetyn tai ilmeisesti käytettävissä olevan maan osalta on hyötynä pidettävä maan käyttöarvon nousua. On huomattava, että kustannusten osittelussa kysymykseen tuleva hyödynarvio kohdistuu vain vesivahinkoa kärsivään alueeseen.

Hyödyn arvioimiseksi **hyötyalue rajoitetaan** tavallisesti korkeusaseman mukaan joko keskiveden tai yliveden perusteella. **Keskiveden** mukaan hyötyalueen raja sijoittuu 120 cm sen yläpuolelle lisättynä paikalliskuivatuksen vaatimalla putouksella (tavallisesti 1:1000) sekä kuivatuksesta ja viljelyksestä aiheutuvalla turve- ja liejumaan painumisella. **Tilusrajoilla** on myös vaikutusta hyötyrajan sijaintiin, sillä hyötyaluetta rajoitettaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, millaisina palstoina peltolohkoja on mahdollista koneellisesti viljellä. Tämä vie hyötyrajan yleensä hieman korkeammalle kuin edellämäinittu määrittely, mutta poikkeuksellisesti pienet kaistat peltolohkojen alapäässä voivat jäädä hyötyalueen ulkopuolelle, vaikka niiden korkeusasema olisi hieman edellämäinittulla tavalla määritettyä korkeutta alempana. **Yliveden** mukaan hyötyraja sijoittuu 10...50 cm HW 1/20:n yläpuolelle. Raja on sitä korkeammalla mitä myöhemmin kevättulva sattuu ja mitä suuremmat vedenkorkeusvaihtelut vesistössä ovat, koska myöhäinen tulva kestää pitkään ja aiheuttaa siten enemmän haittaa, ja suuret vedenkorkeusvaihtelut merkitsevät epävarmuustekijän lisääntymistä poikkeuksellisen suurten ylivesien korkeutta arvioitaessa. Hyötyrajan lopullinen korkeus määräytyy sen mukaan, kumpi mainituista rajoista, keskiveden vai yliveden mukaan määriteltynä, johtaa korkeammalle. Taisaisilla alueilla, missä edellämäinittu menetelytavat eivät tule kysymykseen, määritetään

valtaojien hyötyraja **etäisyyden** mukaan, n. 200...300 m valtaojasta huomioonottaen paikalliskuiatuksen vaatimukset. Laajoilla tasaisilla alueilla on ennen hyötyrajan määrittämistä ensin suunniteltava valtaojaverkko.

Kustannusten osittelussa kysymykseen tulevaa hyötyä arvioitaessa on syytä noudattaa seuraavanlaisia periaatteita (Kaitera 1946, 1964): Hyöty arvioidaan maan arvon muutoksena. Lähtökohtana pidetään maan edullisinta käyttömuotoa huomioonottaen seudun yleiset olosuhteet, asutuksen luonne, tuotteiden menekkiolot, kulkuyhteydet jne. Lisäksi otetaan huomioon ne kustannukset, jotka tarvitaan siirryttäessä nykyisestä käyttömuodosta kuitatuksen johdosta mahdolliseksi tulevaan. On otettava huomioon myös se aika, joka on tarpeen, ennenkuin siirtyminen uuteen käyttömuotoon tapahtuu ja ennenkuin kuitatuksen synnyttämä parempi tuotto voidaan käyttää hyväksi. Samoin on otettava huomioon muutkin siirtymävaiheeseen liittyvät, taloudellista tulosta heikentävät tekijät. Arvioinnit on suoritettava keskimääräisarvojen nojalla. Niissä huomioidaan sellaiset seikat, jotka liittyvät kiinteästi po. tiluskuvion käytömahdollisuuksiin, kuten tiet, etäisyys suurrekoon kylään tai muuhun asutuskeskukseen, maastosta johtuva kuvion muoto ja koko, salaojitus jne. Sensijaan sellaiset seikat, jotka voivat muuttua omistajan vaihdoksen kautta, on yleensä arvioissa jätettävä huomiotta. Kussakin käyttömuodossa arvioidaan eri tiluskuvioiden suhteellinen hyöty omaa jyvitysasteikkoa noudattaen, mutta arvot on suoritettava toisiinsa verrannollisia menettelytapoja noudattaen. Tämän lisäksi on erikseen selvittävä eri käyttömuotojen jyvitysasteikkojen välinen arvosuhde. Tärkeimmät kysymykseen tulevat käyttömuodot ovat puutarha, pelto, laidun ja metsä.

Käytännössä kustannusten ositteluun liittyvä hyödyn arviointi on suoritettu yleensä ns. **kaksijyvämenetelmän** avulla. Sen mukaan hyödyn arvo saadaan kaavasta (11).

$$M = b \cdot k \cdot A_{1,0} \quad (11)$$

M = maankuivatukseen aiheuttama parannus (mk/ha)

b = maan laatu- ja käyttöarvohyvä (vaihtelu 0:sta 1,0:een pellolla, puutarhassa ja erikoistapauksissa yläraja on $> 1,0$)

k = korkeusasemajyvä (vaihtelu 0...1,0)

$A_{1,0}$ = jyvälukua 1,0 vastaavan kuitatetun pellon arvo (mk/ha).

Maan laatu ja käyttöarvoa osoittava ns. **boniteettijyvä** b määritetään maastossa uskottujen miesten avulla. Siinä otetaan huomioon eri maalajien suhteellinen viljelysarvo, johon lisätään multavuudesta, mäkisyydestä, kivisyydestä ym. seikoista aiheutuvat tekijät (+ tai -). Tähän jyvälukuun vaikuttavista tekijöistä maataloushallituksessa on laadittu erityiset ohjeet. Jyvityksen yhteydessä on otettu myös huomioon raivauskustannukset, vaikkakin harvoin täysmääräisinä.

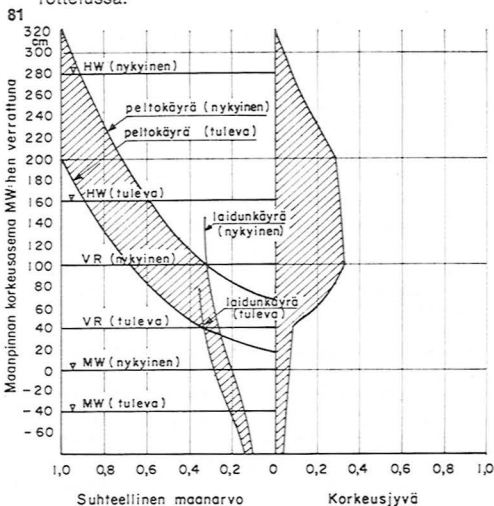
Korkeusasemajyvä k määritetään ns. **parannuskuvioiden** avulla. Kertomalla näiden jyvälukujen tulolla ($b \cdot k$) parannusta saavan tiluskuvion pinta-ala saadaan ns. muunnettu hehtaariala, jonka pitäisi vastata hyötynä samaa kuin tätä hehtaarialaa vastaavan parhaan peltoaan hankkiminen. Kustannusosuudet voidaan määrittää näiden muunnettujen hehtaarialojen suhteessa silloin, kun on kysymyksessä vain peltoa käsittävä yritys.

Parannuskuvioiden avulla määritetään maan suhteellinen arvo eri korkeusvyöhykkeillä. Tähän vaikuttaa erityisesti vedenkorkeusvaihteluiden luonne, josta riippuvat paitsi eri korkeusvyöhykkeillä saatavat keskimääräiset hehtaarisadot myös pelloilla tapahtuva työskentely muokkaus- ja sadonkorjuuajkoina sekä eräät paikallisojitukseen liittyvät seikat. Parannuskuvioiden piirtämiseen liittyen saadaan yksinkertaisin otetuksi huomioon lainsääntäjän esittämät yleiset periaatteet ns. syvyys-suuntaisesta yhteenkuuluvuudesta kustannusten osittelussa. Tällaisiin parannuskuvioihin nojaavat hyödynarviot eivät anna täysin oikeaa kuvaa saavutettavan hyödyn todellisesta arvosta.

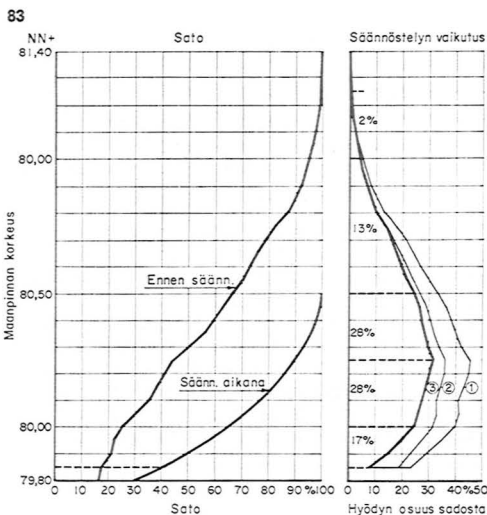
Kuvassa 79 on esitetty eräs tällainen yleisesti käytetty suoraviivainen parannuskuvio sellaisia valtaojituksia ajatellen, missä vedenkorkeusvaihtelu ovat pienemmät kuin yksi metri. Jos vedenkorkeusvaihtelu ovat tätä suuremmat, tulevat tulvakorkeudet vaikuttamaan erityisesti käyrän yläosan kulkuun. Tämä vaikutus on saatavissa esille jakamalla parannuskäyrä pellon ja laitumen käyräksi siihen tapaan, kuin Hallakorpi (1932) on näiden käyrien piirtämisen esittänyt. Mainittujen erillisten käyrien leikkauspiste edustaa sitä korkeutta, mihin saakka peltoviljelystä kannattaa harjoittaa vedenkorkeusvaihteluiden vyöhykkeessä. Tämä peltoviljelyn alaraja VR on riippuvainen vedenkorkeusvaihteluiden luonteesta keskimäärin kaavan (12) esittämällä tavalla (Kaitera 1941)

81. Käyräviivainen parannuskuvio, kun vesivahinko arvioidaan HW:n ja viljelysrajan (VR) avulla ja HW:n korkeutta alennetaan 120 cm sekä MW:n korkeutta 40 cm.

82. Sadon riippuvuus tulvan sattumisajasta (Saukko). Sato keskim. syysvilja – kevätvilja – heinä vuorottelussa.

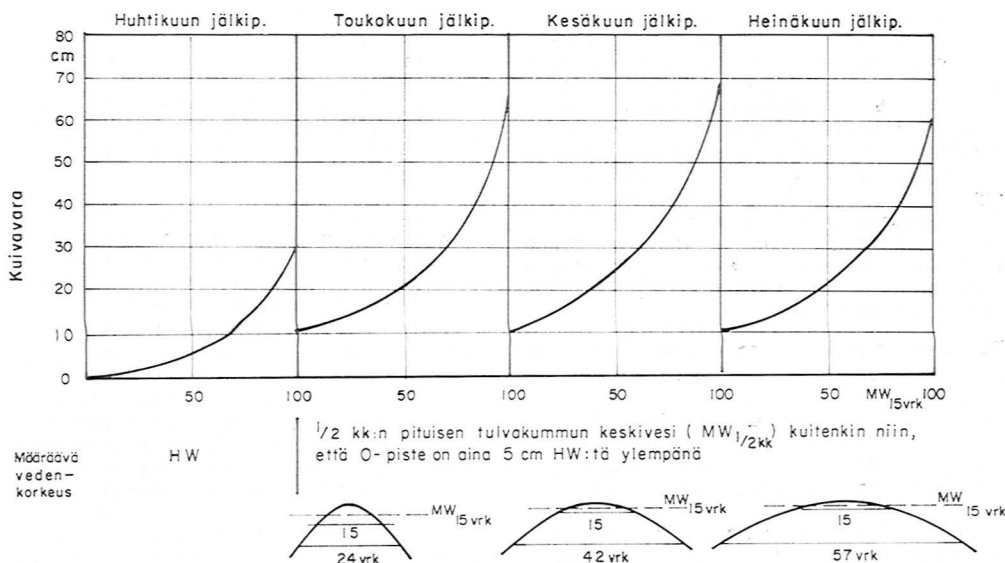


83. Vanajaveden säännöstelyn yhteydessä vahingon-arvioita varten laadittu parannuskuvio kivennäis-maalla Seppäsen mukaan. 1. Satojen erotus, 2. Sadon muutoksesta johtuva korjaus, 3. Kylvön estymisestä johtuva korjaus.



82

Tulvan sattumisaika



$$h_1 = 0,5 (h + t) + 20 \text{ (cm)} \quad (12)$$

$$h_1 = VR - MW \text{ (cm)}$$

$$h = MHW - MW \text{ (cm)}$$

$$t = T_1 - T_0 \text{ (vrk)}, \text{ jossa } T_1 \text{ on kevään } HW\text{:n}$$

$$\text{keskimääräinen ajankohta}$$

$$T_0 = \text{ajankohta, jolloin lumi on pelloilta pää-}$$

$$\text{osaltaan sulanut (vrt. kuva 17)}$$

Kuvassa 81 on esitetty parannuskuvio, jota piirrettäessä on edellytetty, että maan arvo pellon alarajalla on n. kolmannes peltomaan täydestä arvosta vastaavalla maalajilla. Vedenkorkeusvaihteluista ym. tekijöistä riippuen maan suhteellinen arvo tällä korkeudella voi vaihdella 20...50 % peltomaan arvosta. Suuremmassa vesistöissä on kenttätutkimusten yhteydessä syytä tehdä havaintoja pellon alarajan korkeudesta ja selvittää tätä alavampien vyöhykkeiden käyttömahdollisuuksia laidunmaana.

Kun alavimmat alueet jäävät usein puutteelliseksi kuivatukseen, saadaan parannus näillä korkeusvyöhykkeillä piirtämällä kuvioon myös toinen parannuskäyrä, jossa on otettu huomioon tulevat vedenkorkeusvaihtelut. Parannus saadaan tällöin ennen ja jälkeen kuivatusta edustavien parannuskäyräin erotuksesta.

Jos on kysymys laajakantoisesta vesistön järjestelystä, jossa on käytettävissä pitkäaikaisia vedenkorkeushavaintoja, voidaan parannuskäyrä piirtää määrittämällä normaalivuoden vedenkorkeusvaihteluiden vaikutus ranta-alueilta saatavaan satoon, muokkauksellisuuksiin jne. ja laskemalla keskimääräinen parannus eri korkeusvyöhykkeillä vuosiarvojen nojalla koko havaintokausi huomioonottaen. Kuvassa 83 on näin piirretty parannuskuvio, jonka on laatinut Eino W. Seppänen Vanajaveden säännöstelyn yhteydessä vesivahingon arviointia silmälläpitäen. Sadon riippuvuus tulvan satumisasajasta (suhteellinen sato syysvilja-, kevätilja-, heinävuorottelussa) Saukon mukaan Etelä-Suomessa ilmenee kuvasta 82. Hyödyn ja vahingon arvioissa voidaan noudattaa monessa suhteessa samanlaisia yleisperiaatteita, joskin vahingon arvioissa tulee mukaan tiettyjä erityispiirteitä.

Peltomaan arvon ($A_{1,0}$) arvioimiseksi on lukuisia menetelmiä, jotka voivat johtaa hyvin erilaisiin tuloksiin. Maankuivatusyrityksissä tulevat kysymykseen lähinnä kauppa-arvoon, tuototarvoon ja verotusarvoon nojaavat arvioimistavat. Luotettavimpina voidaan pitää kauppahintoja hehtaaria kohden, mikäli niistä on tietoja saatavissa. Edustaessaan keskimääräisiä arvoja niihin on tavallisesti lisättävä parikymmentä prosenttia, jotta saadaan $A_{1,0}$ -arvo.

Kun yleensä on varsin vähän saatavissa tietoja peltomaan kauppahinnoista, voidaan paikalliset erot laajempia alueita koskeviin keskimääräishintoihin verrattuna ottaa huomioon tuotto- ja verotusarvioihin nojautuen. Tuotto-arvoja voidaan käyttää apuna myös selvitetäessä maan arvon muutoksia eri korkeusvyöhykkeillä. Verotusarvoista taas saadaan hyviä ohjeita mm. määritettäessä pelto- ja metsämaan keskinäisiä arvosuhteita. Maatalouden veroperusteiden muuttaminen aiheuttaa verotusarvojen jäämistä sivuun myös tässä arvioissa.

Peltomaan kauppahinnat ovat riippuvia myös tilakoosta, koska nimenomaan pienillä tiloilla kysyntä lisääntyy paitsi sen vuoksi, että yhä useammat kykenevät sellaisia hankkimaan, myös sen vuoksi että maataloudella on huomattavassa määrässä myös työmahdollisuuksia tarjoava luonne, mikä ilmenee mm. maatalousylijäämän eroissa eri suurilla tiloilla (vrt. kuva 78). Lisäksi peltomaan arvo on riippuvainen etäisyydestä asutuskeskuksiin. Hintakehitykseen vaikuttavat myös kulkuyhteydet, tonttimaan kysyntä jne. oleellisesti.

Edellämainittuun kaksijyvämenetelmään liittyy merkittäviä heikkouksia, joita Hallakorpi (1932) ja Kaiteira (1946) ovat tuoneet esille. **Hallakorven menetelmän** mukaan maankuivatuksen aiheuttama parannus M saadaan kaavasta (13)

$$M = A_t - (A + K) \quad (13)$$

A_t = maan tuleva arvo kuivatuksen jälkeen (mk/ha)

A = maan nykyinen arvo vedenvaivaamana (mk/ha)

K = kustannukset, jotka ovat tarpeen siirryttäessä uuteen, kuivatuksen johdosta mahdolliseksi tulleeeseen käyttömuotoon

Hallakorven menetelmässä maan arvo ja K -kustannukset otetaan markkamääräisinä. Tästä aiheutuu kuitenkin tiettyjä sovellutusvaikeuksia. Lisäksi Hallakorven menetelmässä ei yhtä vähän kuin kaksijyvämenetelmässäkään ole otettu huomioon raivauksen alkamiseen kuluvan odotusajan alentavaa vaikutusta saavutettavaan hyötyyn, minkä johdosta viljelemättömille alueille saadaan hyödystä liian edullinen kuva. Tämän kysymyksen merkitys on tullut esille, kun työttömyysaikoina kunnat ovat etenkin 1950-luvulla aktiivisesti ajaneet kuivatussytysten toteuttamista syrjäisillä suoalueilla vedoten hyödynarvioiden osoittamaan yritysten edullisuuteen. Kun kuivatuskustannukset ovat myöhemmin langen-

neet maksettaviksi ilman, että on saatu arvioiden edellyttämää hyötyä, on ilmennyt yleistä tyytymättömyyttä tällaisten yritysten toteuttamisesta. Tällaisten epäkohtien poistamiseksi Kaitera (1946) on esittänyt kaksijyvämennetelmän sijasta käytettäväksi **kolmijyvämennetelmää**, jossa kolmannessa ns. käyttöönottojyvässä r on huomioitu sekä K -kustannusten (joihin on luettava raivauskustannusten lisäksi osuus viljelysteiden kustannuksiin) että odotusajan vaikutus. Kuivatuksen aiheuttama parannus saadaan siten kaavasta (14)

$$M = b \cdot k \cdot r \cdot A_{1,0} \quad (14)$$

Jotta myös K -kustannukset voitaisiin ottaa huomioon suhteellisina arvoina ja niin, että käyttöönottojyvä r olisi oikeassa painosuhteessa kahteen muuhun hyvälukuun (b ja k), on arvonmittana käytetty peltomaan vuotuista puhdasta tuottoa P ja tällä pohjalla johdettu r :n lauseke. Yleisimmin kysymykseen tulevissa tapauksissa saadaan (kaava 15)

$$r = \frac{1 - \frac{p}{100} a}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n} \quad (15)$$

$$a = \frac{A + K}{P}$$

n = odotusvuosien määrä valtaojituksesta peltomaan raivaamiseen

p = korkoprosentti

Kuvassa 80 on esitetty käyttöönottojyvän riippuvuus korkoprosentista ja odotusajasta sekä tekijän a arvosta. Odotusajan merkitys viljelysmaan parannusta arvioitaessa tulee erityisen merkitykselliseksi myös silloin, kun joudutaan arvioimaan, onko jonkin tiluskuvion edullisin käyttömuoto pelto vai metsä, tai kun kuivatusalueella on peltoa ja metsää ja joudutaan kustannusten osittelua varten vertaamaan näiden saamaa hyötyä keskenään sekä ottamaan huomioon myös niiden erilaiset kuivatusvaatimukset eli ns. syvyysuuntainen yhteenkuuluvuus (vrt. Kaitera 1964). Alueilla, jotka ovat kokonaan viljeltyjä, käyttöönottojyvä jää pois ja menettelytapa vastaa kaksijyvämennetelmää.

Edelläoleva koskee maan tuottoon liittyvää parannusta. Ruotsissa tällaisen tuotto-parannuksen (alstringsbättnad) ohella arvioidaan myös käyttöparannus (brukningsbättnad) ottamalla huomioon peltotöiden kustannuksissa syntyvä säästö tiluskuvioiden suurentuessa ja niiden muodon parantuessa sekä siten tullessa edullisemmiksi konetyöskentelyä varten. Tämä

kysymys on siellä noussut esille nimenomaan muutettaessa pieniä valtaoja putkiojiksi, mikä toiminta aina 60...100 cm läpimittaisiin putkioihin saakka on ollut jo parikymmentä vuotta varsin laajaa. Tällöin käyttöparannus on ainoa parannus, mikä useinkin tällaisista yrityksistä aiheutuu. Suomen vesilain sanonta, että ojituksesta saatavana hyötynä on otettava »myös huomioon mahdollisuus käyttää aluetta tuottavammalla tavalla kuin aikaisemmin» viittaa siihen, että meilläkin käyttöparannus olisi arvioitava.

Kun maan perusarvon markkamääräinen arviointi sekä pellon ja metsän keskinäiset suhteet syvyysuuntaisessa yhteenkuuluvuudessa kustannusten osittelua ajatellen ja eräät muut vastaavanlaiset kysymykset ovat erittäin monitahoisia ongelmia, on arvioimisvaikeuksien pienentämiseksi suositeltavaa, että laajemmat kuivatusalueet jaetaan osittelualueiksi etenkin silloin, kun esiintyy eroavuuksia kuivatusalueen eri osien välillä kulkuyhteyksien suhteen tai tilusten jakaantumisessa pellon, metsän ja tuottamattomassa tilassa olevien suomaiden kesken.

11.8 MAA- JA VESIRAKENNUSTYÖT JA LUONNONSUOJELU

Suomessa on koskemattonta luontoa ollut niin runsaasti, että nimenomaan syrjäseuduilla ihmiskäden jälki on sen keskellä näkynyt vain pieninä läikkinä ja useassa tapauksessa sitä rikastuttamassa ja monipuolistamassa. Luonnon muuttamiseen mahdollisesti liittyviin haitallisiin piirteisiin on vasta aivan viime aikoina ryhdytty kiinnittämään huomiota. Tämä on johtunut lähinnä asutuskeskittymien kasvamisesta ja siitä, että tekniikka on erilaisen rakennustoiminnan ja teollisuuden mukana tullut kiihdyttämään kehitystä, jolloin haitat ovat tulleet paremmin näkyville. Luonnon tasapaino on alkanut järkkäytyä. Selvimmin tämä on ilmennyt vesistöjen likaantumisessa, jossa rahaksikin laskettavat tuhoutuvat arvot ovat miljardeja markkoja. Kehityksen mukana ovat arvosuhteet muuttuneet ja luonnon suojelun merkitys on nousemassa nopeasti yleiseen tietoisuuteen, kun teollistuneessa Euroopassa on enää vain harvoja seutuja, joissa koskematon luonto on ihmisen tavoitettavissa. Voidaan vain arvailla, mikä taloudellisenkin merkitys sellaisella tulee vastaisuudessa olemaan ihmisten etsiessä mielen virkistystä kilpailun ja kiireisen touhun keskellä. Tässä mielessä joudutaan arvioimaan uudelleen myös sellai-

sia aikaisempia toimintoja, jotka aikanaan ovat merkinneet ihannoitua pyrkimystä, villin luonnon valtaamista kulttuurille.

Esimerkkinä mainittakoon etenkin viime vuosisadalla tapahtunut järvien kuivattaminen vesijättöniittyjen valtaamiseksi. Näiden puutteelliseen kuivatukseen jääneiden alueiden padottaminen takaisin kunnollisiksi järviksi on nyt tullut ajankohtaiseksi mm. sen vuoksi, että rantatonttien arvo kohottaa järvalan hehtaariarvon monin paikoin hyvän pellon hintaiseksi. Mutta järvalialalla on muitakin edullisia vaikutuksia, mm. veden laadun parantajana alapuolisissa vesistöissä. Veden laatuksymykset tulevat esille myös soiden kuivatuksen yhteydessä, kun tämän johdosta vesiemme muutoinkin korkea humuspitoisuus lisääntyy. Metsäojitusten saavutettua nykyään jopa yli 10-kertaisen laajuuden aikaisempaan soiden vuotuiheen ojitusalaan verrattuna tämä samoin kuin peltojen ja metsien lannoitus lisäävät vesistöjen likaantumiskuormitusta. Metsäojitukset ovat luonnon suojelun kannalta nostaneet myös esille vaaran, että luonnontilaiset suot nopeasti tulevat tyystin häviämään. Vaikka tuottamattomina alueina soille on koettava etsiä taloudellista käyttöä, niin on tapauksia, etenkin eräät nevasuot, jotka geologisina muodostumina sekä kasvi- ja eläinmaailman suhteen olisi luonnontieteelliseltä kannalta pyrittävä säilyttämään luonnontilaisina.

Luonnon valtaamista kulttuurille on ollut myös koskien rakentaminen vesivoiman tuottamiseksi. Nyt, kun rakennuskeelpoisesta vesivoimasta on käytössä lähes kaksi kolmannesta, höyryvoiman edullisuus ja ydinenergian tulevaisuuden näkymät pakottavat tarkistamaan vesivoiman rakentamiselle asetettuja tavoitteita ja ottamaan huomioon myös jäljelläolevien koskien luonnontilaisen arvon. Voimalaitosporrastuksella on jo estetty lohikalojen nouseminen Suomen jokiin, minkä menetyksen korvaaminen vaatii tehostettuja toimenpiteitä kalaviljelyn alalla.

Eräs maa- ja vesirakennustöissä saavutettavissa oleva tavoite on luonnonkauneuden säilyttäminen ja parantaminenkin. Suuret maa-vallit ja louhosröykkiöt perattujen jokien ja purojen varsilla eivät suinkaan ole luonnonkauneutta parantamassa. Samaa voidaan sanoa myös tierakennuksiin liittyvistä, raiskatua maata muistuttavista sorakuopista ja kauriiden harjujen leikkauksista. Liikennekysymysten merkityksen kasvaessa on vaarana, että kaikki muut näkökohdat maa-alueiden käytössä painetaan niiden alle. On tapauksia,

joissa mm. kulttuurihistoriallisesti merkittävien harjujen säilyttämisestä on saatu ankarasti taistella suunnittelevia viranomaisia vastaan. Kun Suomessa teiden rakentaminen on tapahtunut suuressa määrin työttömyysvaroilla, niiden suunnittelu pitkällä tähtäimellä on usein ollut puutteellista. Suunnitteluomattomuus merkitsee myös sitä, että vilkasliikenteisillä seuduilla tiemaiski varataan yhä suuremmat osat keskeisistä maa-alueista.

Edellä on esitetty muutamia piirteitä maa- ja vesirakennustöiden ja luonnonsuojelun keskinäisistä suhteista. Näitä töitä suunnittelevilla henkilöillä on usein keskeinen asema luonnonsuojeluun liittyvien näkökohtien huomioonottamisessa. Missä määrin näin tapahtuu, riippuu suuressa määrin siitä, miten asianomaiset ovat perehtyneet luonnonsuojelukysymyksiin, ja haluavat ottaa ne huomioon suunnitelmissaan. Luonnonsuojeluun liittyvä koulutus maa- ja vesirakennusalan ammattimiesten osalta on meillä vielä täysin järjestämättömä. Siksi edellytetään asianomaisten osalta vapaaehtoista asiaan perehtymistä. Tässä yhteydessä on ennen muuta korostettava sitä, että kaikissa maa- ja vesirakennusalan suunnitelmissa on erityinen huomio kiinnitettävä niihin haittapuoliin, joita nämä työt voivat aiheuttaa ei vain luonnonsuojelun vaan myös muilla elämän alueilla. Näitä haittoja ei ole läheskään aina mahdollista arvioida markkamääräisinä. Suunnitelmiin on aina syytä liittää kustannusarvioineen ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen haittojen poistamiseksi, jolloin myös mm. luonnonkauneuteen liittyvät tehtävät on otettava huomioon. Suunnittelussa vaaditaan myös pitkän tähtäyksen näkemystä siitä, miten eri arvosuhteet tulevaisuudessa kehittyvät. Suomalaisen kulttuurin luonne ilmenee osaltaan juuri rakennustoimintaan liittyvistä ratkaisuista. Onko se lyhytnäköistä taloudellista etua tavoittelevaa nousukaskulttuuria vai sellaista pitkän tähtäyksen toimintaa, jossa uusin kehitys on sopusoinnussa vanhan kulttuurin ja luonnon kanssa?

KIRJALLISUUTTA

- Ahti, L. E. 1947. Potkuripumput ja pengerryslaitokset, MIY:n vuosikirja 1944–1945, Helsinki.
Baden, W. L., Eggelsmann, R. 1963. Zur Durchlässigkeit der Moorböden. Zeitschr. für Kulturtechnik und Flurber., Berlin.

- Berg, K. 1960. Die Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in Hessen. Wiesbaden.
- Bygg IV. 1949. Handbok för hus-, väg- och vattenbyggnad. Stockholm.
- Eggelsmann: R., Mäkelä, T. 1964. Einfluss von Entwässerung und landwirtschaftlichen Nutzung auf die Durchlässigkeit des Moorbodens. Maat. tiet. Aikakausk., Vol. 36.
- Eurola, S. 1962. Über die Regionale Einteilung der Südfinnischen Moore. Ann. Bot. Soc. Vanamo, T. osa 33, N:o 2, Helsinki.
- Fredholm, O., Nilsson, S. 1941. Avdikning och bevattning. Stockholm.
- Hallakorpi, I. A. 1938. Några iakttagelser rörande myrsars och myrdräns sättning i Finland. Landbr. veckans handl., Norrtälje.
- Hakari, V. 1945. Vedenjärjestelytyöt ja luonnonkauneus. MIY:n vuosik. 1944–1945, Helsinki.
- Heikurainen, L. 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Helsinki.
- Heikurainen, L. 1962. Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan. Helsinki.
- Heikurainen, L., Keltikangas, M., Seppälä, K. 1963. Kustannusten jakaminen yhteisissä metsäojitushankkeissa, Helsinki.
- Heikurainen, L., Huikari, O. 1960. Käytännön suotyypit ja niiden metsäojituskelpoisuus. Tapio, Helsinki.
- Hela, I. 1951. Itämeren pinnan korkeudenvaihtelut ja niistä tehtyjen havaintojen käytännöllinen merkitys. MIY:n vuosikirja 1950, Helsinki.
- Huikari, O. 1958. Metsäojituksen koneellistamisesta. Metsäntutk. lait. julk. n:o 49, 7, Helsinki.
- Juusela, T., Wäre, M. Suomen peltojen kuivatustila. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia 8, Helsinki.
- Jäntti, Olavi, 1961. Kursilansalmen ja Lamminjärven pengerryskuivatussuunnitelma. Dipl.työ TKK:ssa, Helsinki.
- Kaitera, P., 1938. Maankuivatuksen vaikutuksesta alapuolisen vesistön purkautumissuhteisiin. MIY:n vuosik., Helsinki.
- Kaitera, P. 1939. Lumen kevätulamisesta ja sen vaikutuksesta vesiväylien purkautumissuhteisiin Suomessa. Helsinki.
- Kaitera, P. 1941. Huomioita viljelysmaittemme kenttäojituksesta. Maat. tiet. Aikak., Helsinki.
- Kaitera, P. 1941. Vedenkorkeusvaihteluiden vaikutuksesta rantamaiden pello- ja niittyviljelykseen. Maat. hall. vesitekn. julk. N:o 3, Helsinki.
- Kaitera, P. 1945. Suojapenkereiden käyttömahdollisuuksista tulvavahinkoja torjuttaessa. MIY:n vuosik. 1944–1945, Helsinki.
- Kaitera, P. 1946. Hyödyn arvioinnista yhteisissä maankuivatuserityksissä. S. Maanm. yhd. Aikak. n:o 11–12, Helsinki.
- Kaitera, P. 1946. Maatalouden vesirakennus. TKK:n luentomoniste n:o 40, Helsinki.
- Kaitera, P. 1949. On the melting of snow and its influence on the discharge maximum in streams and rivers in Finland. TKK:n tutk. n:o 1, Helsinki.
- Kaitera, P. 1950. Peltöjen salaojituksista. Maat. tiet. Aikak., Helsinki.
- Kaitera, P., Paasilampi, S. 1939. Maan kuivatus ja vesitys. Keksintöjen kirja, Helsinki.
- Keltikangas, W. 1950. Suotyypien liiketaloudellisesta ojituskelpoisuudesta. AFF, 58, 4.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1968. Arvioita turvemaiden lannoituksen taloudellisesta edullisuudesta, Suo n:o 1.
- Kleemola, P. 1967. Vesistöjen virkistysarvosta. Dipl.-työ TKK:ssa, Helsinki.
- Kokko, K. 1965. Pengerryspumppumaiden energian kulutukseen vaikuttavista tekijöistä. Dipl.työ TKK:ssa, Helsinki.
- Korhonen, K.-H. 1962. Liukumalla tapahtuvista vesiväylien sormistusta ja niiden ehkäisemiseen käytetyistä menetelmistä. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia 10, Helsinki.
- Kotiaho, A. 1952. Suoviljelystemme sarkaleveydestä ja ojasyvyydestä. Maatalous ja Koetointi VI, Helsinki.
- Kotiaho, A. 1953. Suomaan salaojituksista ja vertailua salaojituksen ja avo-ojituksen kesken. Koetointi VI ja käytäntö, Helsinki.
- Kääriäinen, E. 1953. On the recent uplift of the Earth's crust in Finland. Helsinki.
- Liukko, T. 1959. Vesistöjen varsilta tulvien aikana muodostuvien varastoaltaiden vaikutus ylivirtaamiin. Maa- ja vesirakentaja 4, Helsinki.
- Lukkala, O. J. 1929. Über die Dicke der Torfschicht und die Neigungsverhältnisse der Moorbefläche auf verschiedenen Moortypen. AFF, 34, Helsinki.
- Lukkala, O. J. 1937. Näikävuoosien suonkuivatusten tuloksia. Metsät.tutk.lait. julk. 24, 3, Helsinki.
- Lukkala, O. J. 1949. Soiden turvekerroksen painumien ojituksen vaikutuksesta. Metsät. tutk.lait. julk. 37, 1, Helsinki.
- Lukkala, O. J., Kotilainen, M. 1945. Soiden ojituskelpoisuus. Helsinki.
- Luthin, J. N. 1961. Method of measuring soil hydraulic conductivity in situ, Nature 192, London.
- Muotiala, S., Peltola, J. 1963. Vesistön järjestely ja säännöstely. Maa- ja vesirakentajan käsikirja, Helsinki.
- Mustonen, S. 1958. Kuivatuspengerien vakavuudesta ja painumista. Maa- ja vesirakentaja 3, Helsinki.
- Mustonen, S. 1963. Kesäsaateiden aiheuttamasta valunnasta. Helsinki.
- Niinivaara, K. 1945. Purkautumiskäyrän piirtämisestä. MIY:n vuosik. 1944–1945, Helsinki.
- Pessi, Y. 1958. On the influence of bog draining upon thermal conditions in the soil and in the air near the ground. Acta Agr. Sc. VIII, 4, Stockholm.
- Pessi, Y. 1960. Ilmasto ja kasvinviljely. Helsinki.
- Press. 1960. Taschenbuch der Wasserwirtschaft, Hamburg.
- Quinn, A. 1961. Design and construction of ports and marine structures, New York.
- Rauste, E. 1939. Salaojituksen kehityksestä. MIY:n vuosikirja, Helsinki.
- Rinne, V. 1945. Vesirakentajan virtausoppi, Helsinki.
- Ristikartano, T. 1945. Varastoaltaan vaikutuksen määrittäminen vedenkorkeuden muutoskäyrän avulla. MIY:n vuosik. 1944–1945, Helsinki.
- Ruuhijärvi, R. 1960. Über die Regionale Einteilung der Nordfinnischen Moore. Ann. Bot. Soc. Vanamo 31, 1, Helsinki.
- Saari, E. 1942. Metsäojituksen yksityistaloudellinen edullisuus. AFF, 50, 16, Helsinki.
- Saukko, P. 1946. Saimaan rantapelloilla suoritettuja viljelyskasvien vesivahinkotutkimuksia. Maataloushallituksen vesiteknillisiä tutkimuksia n:o 4, Helsinki.
- Saukko, P. 1946. Viljelyskasvien vedenkestämiskyvystä. Maat.tiet. Aikakausk., Helsinki.
- Saukko, P. 1949. Hyötyäisen rantaniittyjen kasvillisuusvyöhykkeistä ja niiden sadoista. MIY:n vuosik., Helsinki.
- Saukko, P. 1950. Korkeusvyöhykeryhmittäminen merkityksestä hyödyn ja vahingonarvion laadinnassa. MIY:n vuosik., Helsinki.
- Schroeder, G., 1937. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Berlin.
- Tanttu, A. 1941. Metsäojituksen edullisuus. Tapio, Helsinki.
- Tipuri, V. 1963. Pengerryskuivatus, Maa- ja vesirakentajan käsikirja, Helsinki.
- Toivanen, E. J. 1957. Pintavedet pellon vaivana. Peltolaitos n:o 4, Helsinki.
- Tuikki, V. 1949. Valtajien syöpmisestä ja liettymisestä hietamaassa. MIY:n vuosik., Helsinki.
- Vesiasetus, 1962. Suomen asetuskoelma N:o 262, Helsinki.
- Vesiläki, 1961. Suomen asetuskoelma N:o 264, Helsinki.
- Suullisia tietoja ovat lisäksi antaneet dipl.ins. L. E. Ahti, prof. Leo Heikurainen, yli-ins. V. Hintikka ja dipl.ins. Toivo Liukko.

