

FOLIA FORESTALIA 65

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1969

HEIKKI RAVELA

METSÄRUNKO-OJIEN MITOITUS

DIMENSIONING OF FOREST MAIN DITCHES

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nrs. 1—18 are listed in the publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi.
 No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.
 Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results.
 No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64.
 No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvatukseen käytöstä männyn istutuksessa.
 Observations on the use of garden peat in Scots pine planting.
 No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskilämpöfunktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.
 Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area.
 No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.
 Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme.
 No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.
 Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965.
 No 26 Sampsä Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.
 Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66.
 No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65.
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.
 Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland.
 No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.
 Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66.
 No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.
 Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66.
 No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.
 The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands.
 No 32 Metsätilastoa. I Metsävaranto.
 Forest statistics of Finland. I Forest resources.
 No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.
 Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965.
 No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.
 Growth and structure characteristics of cultivated spruce stands.
 No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.
 Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966.
 No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.
 Studies on the capillary rise of water in peat.
 No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.
 Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66.
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.
 The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland.
 No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.
 Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67.
 No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.
 Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965.
 No 41 Pentti Rikkonen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.
 The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines.
 No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67.
 No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.
 On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps.
 No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhosiemi maassamme.
 Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland.

FOLIA FORESTALIA 65

Metsäntutkimuslaitos. Institutum forestale Fenniae. Helsinki 1969.

Heikki Ravela

METSÄRUNKO-OJIEN MITOITUS

Dimensioning of forest main ditches

Summary in English

ALKUSANAT

Viime aikoina on käytännön metsäojitus-työssä jouduttu kiinnittämään erityistä huomiota metsärunko-ojien mitoitukseen. Tämä johtuu siitä, että tällä hetkellä on useita rinnakkaisia organisaatioita suorittamassa samaa työtä ja käytetyt mitoitusperusteet poikkeavat toisistaan. Käytännön yhdenmukaistamiseksi pyysi Metsähallitus asiantuntijalausuntoa Met-

säntutkimuslaitokselta ja tältä pohjalta on laadittu myös oheinen julkaisu. Kannanotot on pyritty perustelemaan mahdollisimman hyvin kaikkien asiasta saatavissa olevien tietojen avulla käyttäen hyväksi myös uusimpia Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla suoritettuja tutkimuksia.

Helsingissä huhtikuun 18 päivänä 1969

Olavi Huikari

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
1. KÄSITTEET	4
2. JURUDISET PERUSTEET	4
3. AIKAISEMMIN ESITETTYJÄ MITOITUSPERUSTEITA JA OHJEITA	5
4. METSÄRUNKO–OJIEN MITOITUSPERUSTEISTA	5
41. Keskiylivaluma	5
411. Luonnontilaisen alueen keskiylivaluma	5
412. Ojitetun alueen keskiylivaluma	9
42. Kuivatussyvyys ja kuivavara	10
43. Suon pinnan ja ojien pohjan painuminen	14
44. Uoman vedenjohtokyky	14
5. METSÄRUNKO–OJIEN MITOITUSOHJEET	17
KIRJALLISUUTTA	19

SUMMARY

The following standards are proposed for the dimensioning of forest main drains:

1. For a run-off area below 2 km², the main drain bed should be 30 cm deeper than the drainage ditches. When the gradient is more than 0.005, a main drain with the same depth as the ditches will be sufficient. The minimum gradient for such beds should be 0.001.
2. The average maximum run-off (MHq) according to KAITERA (figure 1) should be used in the dimensioning of beds for a run-off area of 2–200 km². The MUSTONEN (1968) nomograms (figure 3) should be used in the case of a lakeless run-off area with known field percentage and gradients. But the main drain should be at least as big as stated under point 1. If the strip width employed in the drainage area is ≈ 50 m, or if the depth of the strip ditches are > 60 cm 5 years after ditching upon subsidence calculated according to LUKKALA (1949), additions obtainable from the nomogram of fig. 11 or from the following formulae should be made to the calculated MHq value.

a) draining of open swamp

$$\frac{p(2h - d - 40)}{10000} \times \text{MHq}$$

b) draining of wooded swamp

$$\frac{p(2h - d - 40)}{20000} \times \text{MHq}$$

Where

p = area to be drained as a percentage of the run-off area

h = depth of drainage ditches in cm, after estimated subsidence

d = width of strips employed in the area to be drained in metres

Note.

- if $p < 10$, no addition is needed
- if the gradient of the area to be drained is above 0.005 in the direction of the main outflow, the addition obtained should be multiplied by 0.5.

The minimum gradient of the main drains of this size should be 0.0005.

3. The dry reserve should not be taken into account when dimensioning forest main drains.
4. Subsidence should be taken into account, based on subsidence 20 m away from the ditch. This can be obtained by using figures 7, 8 and 9.
5. The coarseness coefficients (n) 0.035 . . . 0.040 should be used in natural beds that are to be cleared, and 0.030 in dug beds. The coarseness coefficient 0.060 should be used for roughly quarried rock beds.
6. Considering the biological and economic aspect: the minimum drainage depth should be 30 cm in forest drainage areas. The maximum drainage depth should be 60 cm.
7. The dimensions of forest main drains as calculated according to the above standards should not be exceeded, for shortduration annually recurring floods have not been found to have any noteworthy harmful effects on the growth of trees.

1. KÄSITTEET

Tässä esityksessä käytetään seuraavia käsitteitä ja nimityksiä (vrt. Ojitusopas, 1963 sekä Maa- ja vesirakentajan käsikirja, 1963).

Valuma-alueeksi sanotaan sitä aluetta, jolta vesiuoman tietyn poikkileikkauksen kautta virtaavat vedet keräytyvät (F = valuma-alueen pinta-ala).

Virtaama (Q) tarkoittaa uoman poikkileikkauksen kautta aikayksikössä virtaavaa vesimäärää. Yksikkönä käytetään m^3/s . Virtaamalla (HQ) tarkoitetaan vuoden aikana havaittua suurinta vuorokauden keskivirtaamaa (yksikkönä m^3/s). Keskiylivirtaamalla (MHQ) tarkoitetaan eri vuosien ylivirtaamien keskiarvoa (yksikkönä m^3/s).

Valuma (q) on virtaama jaettuna valuma-alueen pinta-alalla. Yksikkönä käytetään $l/s km^2$. Ylivaluma (Hq) on ylivirtaama jaettuna valuma-alueen pinta-alalla (yksikkönä $l/s km^2$). Keskiylivaluma (MHq) on keskiylivirtaama jaettuna valuma-alueen pinta-alalla (yksikkönä $l/s km^2$).

Valunta on alueelta purkautuneen veden määrä. Yksikkönä käytetään $mm/aikayksikkö$ (esim. mm/v).

Karkeuskerroin (n) on uoman maalajeista, epätasaisuudes poikkileikkauksen vaihteluita, uomassa olevista esteistä, kasvillisuudesta ja uoman mutkaisuudesta riippuva kerroin, jota käytetään uoman virtauskykyä määrittäessä.

Vesistöjen luokituksessa noudatetaan vesilain säädöksiä seuraavin selvennyksin. Valuma-alueeltaan alle $20 km^2$, järvettömät uomat ovat yleensä vesilain 2 § 1. momentissa mainittuja

vesistöihin kuulumattomia uomia, koska niissä ei kaikin ajoin esiinny virtaamaa. Vastaavasti valuma-alueeltaan yli $200 km^2$ suuruiset uomat ovat jokia (keskivirtaama yli $2 m^3/s$). Purojen valuma-alueet ovat siis yleensä kooltaan $20-200 km^2$.

Runko-ojitukseen kuuluvat ne vesiuomat, jotka johtavat edelleen ojitettavan alueen alapäähän paikallisojista tai maanpintaa myöten valuvat vedet. Suuria runko-ojia kutsutaan valtaojiksi ja pieniä veto-ojiksi.

Reunaojia ovat ne, jotka estävät ojitusalueen ulkopuolelta valuvien vesien pääsyn ojitusalueelle.

Sarkaojia ovat ne ojat, jotka luovat potentiaalienergian kasvialustassa olevien vesien liikkumiselle.

Kuivavaralla tarkoitetaan uoman veden pinnan ja maanpinnan välistä korkeuseroa.

Pohjaveden korkeudella tarkoitetaan kaivos- tai putkessa havaittavaa vapaasti asettunutta veden pinnan korkeutta.

Kuivatussyvyydellä tarkoitetaan sitä pohjaveden pinnan etäisyyttä maanpinnasta, joka kuivatustoimenpitein pyritään alueelle saamaan. Minimikuivatussyvyys tarkoittaa sitä pohjaveden etäisyyttä maanpinnasta, jonka pitkäaikainen alittaminen aiheuttaa vettymisvahinkoja kasvintuotannossa ja maksimikuivatussyvyys tarkoittaa sitä pohjaveden etäisyyttä maanpinnasta, jonka pitkäaikainen ylittäminen aiheuttaa ylikuivatuksesta johtuvia vahinkoja kasvintuotannossa.

2. JURIDISET PERUSTEET

Vaikka vesilaissa (VL 264/61) ei ole suoranaisia säännöksiä siitä, minkälaisia perusteita ojien mitoituksessa on käytettävä, säädetään 6. luvun 3 §:ssä, että ojitus on niin toimeen pantava ja oja siten kunnossa pidettävä, ettei toiselle kuuluvalla alueella aiheudu vahingollista vettymistä tai muuta vahinkoa. VL:n 6. luvun 13 §:ssä säädetään, että ojituksesta hyötyvä on oikeutettu vaatimaan sen toteuttamista niin, että siitä ojituksen alkuperäistä tarkoitusta muuttamatta ja ilman kohtuutonta kustannus-

ten lisääntymistä tulee suurin mahdollinen hyöty hänen maalleen.

Kun on kyse metsävaltaojista, ovat todennäköisimpiä mahdollisista vahingoista metsälle aiheutuvat vettymisvahingot. Metsävaltaojaa on kuitenkin useimmissa tapauksissa mahdoton sijoittaa niin, ettei se kulkisi osittain myös viljelysten halki. Tältä osin on mitoitusperusteita muutettava, koska metsä ja viljelty maa eroavat toisistaan vahinkoalttiuden suhteen.

Rahoituslakien metsänparannuslaki MpL. [(413/67 ja Laki valtion osanotosta eräiden maa- ja vesirakennustöiden kustantamiseen (Rahoituslaki 433/63)] säätämän taloudellisuus-

periaatteen noudattaminen puolestaan edellyttää, ettei runko-ojista miltään osin tehdä tarpeettoman suurta ja täten aiheuteta hankkeelle tarpeettomia kustannuksia.

3. AIKAISEMMIN ESITETTYJÄ MITOITUSPERUSTEITA JA OHJEITA

Metsämiehen Suo-opissa (LUKKALA 1947) esitetään seuraavat mitoitusperusteet:

- valtaojien ja aukaistujen purojen tulee olla vähintään niissä kulkevan kesäveden keski- korkeuden verran niihin laskevia kuivatus- oja syvempiä. Suuruudeltaan tämä lisäys on 10–30 cm.
- mikäli kyseessä olevan valtaojan valuma-alue on suuri (yli 2 km²), käytetään mitoitus- perusteena keskiylivirtaamaa.
- metsävaltaojien kuivavaran tulisi olla 20 cm.
- valtaojat on pyrittävä mitoittamaan niin pie- niksi kuin kaltevuussuhteet suinkin sallivat. Rinnepaikoissa voidaan miniminä pitää 0,5– 0,6 m:n syvyistä valtaojaa.
- painumista ei huomioida.

Metsäojitus ja sen perusteet -kirjassa (HEI- KURAINEN 1960) esitetään seuraavat mitoitus- perusteet:

- valtaojien kasvukauden keskivesi ei saa nous- ta kuivatusojien pohjaa korkeammalle.
 - yli 2 km² suuruisien valuma-alueitten valta- ojen mitoituksessa käytetään keskiylivalu- maa (MHq) KAITERAN (1949) mukaan.
 - kuivavaran tulisi olla 10 cm.
 - painumista ei huomioida.
- Ojitusoppaassa (HUIKARI, MUOTIALA ja WÄRE 1963) esitetään seuraavat mitoituspe- rusteet:

- valtaojien tulisi olla 30 cm niihin laskevia kuivatusoja syvempiä. Mikäli putousta on yli 0,005, voidaan tyytyä sarkaojan syvyi- seen valtaojaan.
- valuma-alueiltaan suurehkot valtaojat mitoi- tetaan valumalle 80 . . . 100 l/s km².
- kuivavaraa ei tarvita, koska tutkimuksissa on todettu puiden kestävän 2 . . . 4 viikon tulvapeiton vuodenajasta riippuen sanottavaa vahinkoa kärsimättä. On kuitenkin pyrittävä siihen, että mitä voimaperäisemmässä käytös- sä valtaojan varressa olevat alueet ovat, sitä suurempaa valumaa kyseisen ojan kohdan mitoituksessa käytetään. Tällöin poikkeuk- sellisten tulvatilanteiden sattuessa tulvat nou- sevat yli äyräiden ensimmäiseksi toisarvoi- silla alueilla, joille muodostuu tulvia tasaa- via varastoja. Koko vesistön tulvatilanteen kannalta voi olla suorastaan vahingollista mitoittaa metsävaltaojia ylivalumaa käyt- täen.
- painumista arvosteltaessa käytetään 20 m:n päässä ojasta olevien pisteiden painuma- arvoja. Esitetyn taulukon mukaan tämä on 15–30 cm:n luokkaa turvelajista ja suotyypistä riippuen.

4. METSÄRUNKO-OJIEN MITOITUSPERUSTEISTA

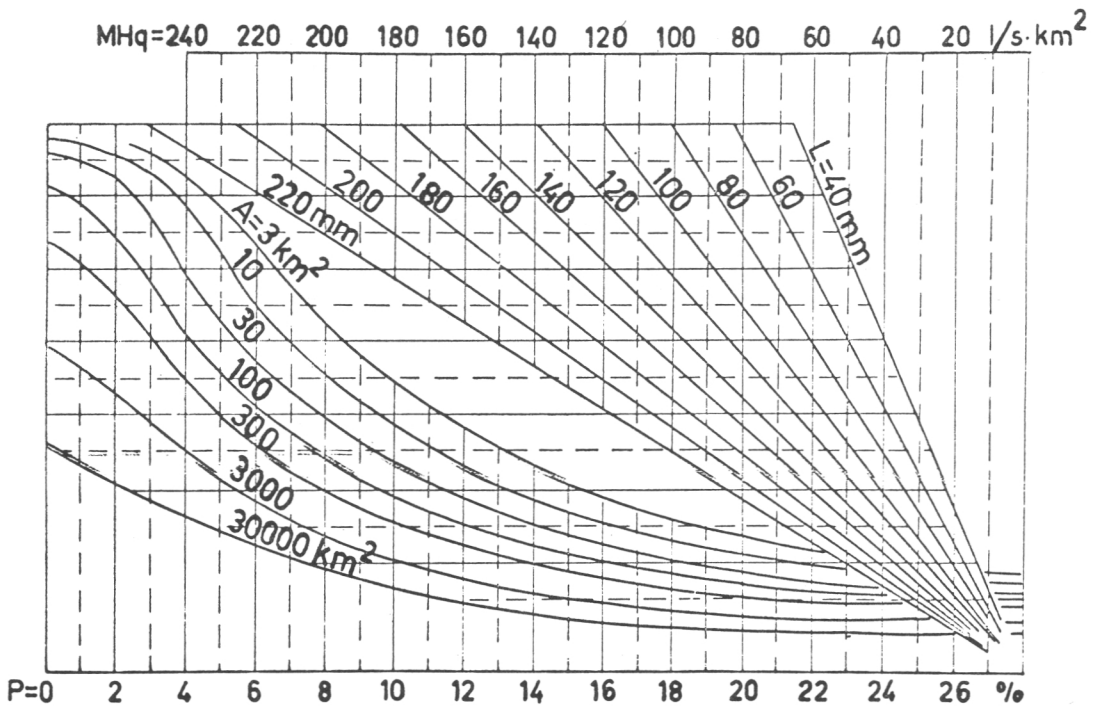
41. Keskiylivaluma

411. Luonnontilaisen alueen keskiylivaluma

Metsärunko-ojien määrävänä mitoitusperus- teena on käytettävä ko. valuma-alueen keski- ylivalumaa. Sen suuruus Suomen oloissa on kai- kenkokoisilla valuma-alueilla keskimäärin 102 l/s km². (MUSTONEN 1965).

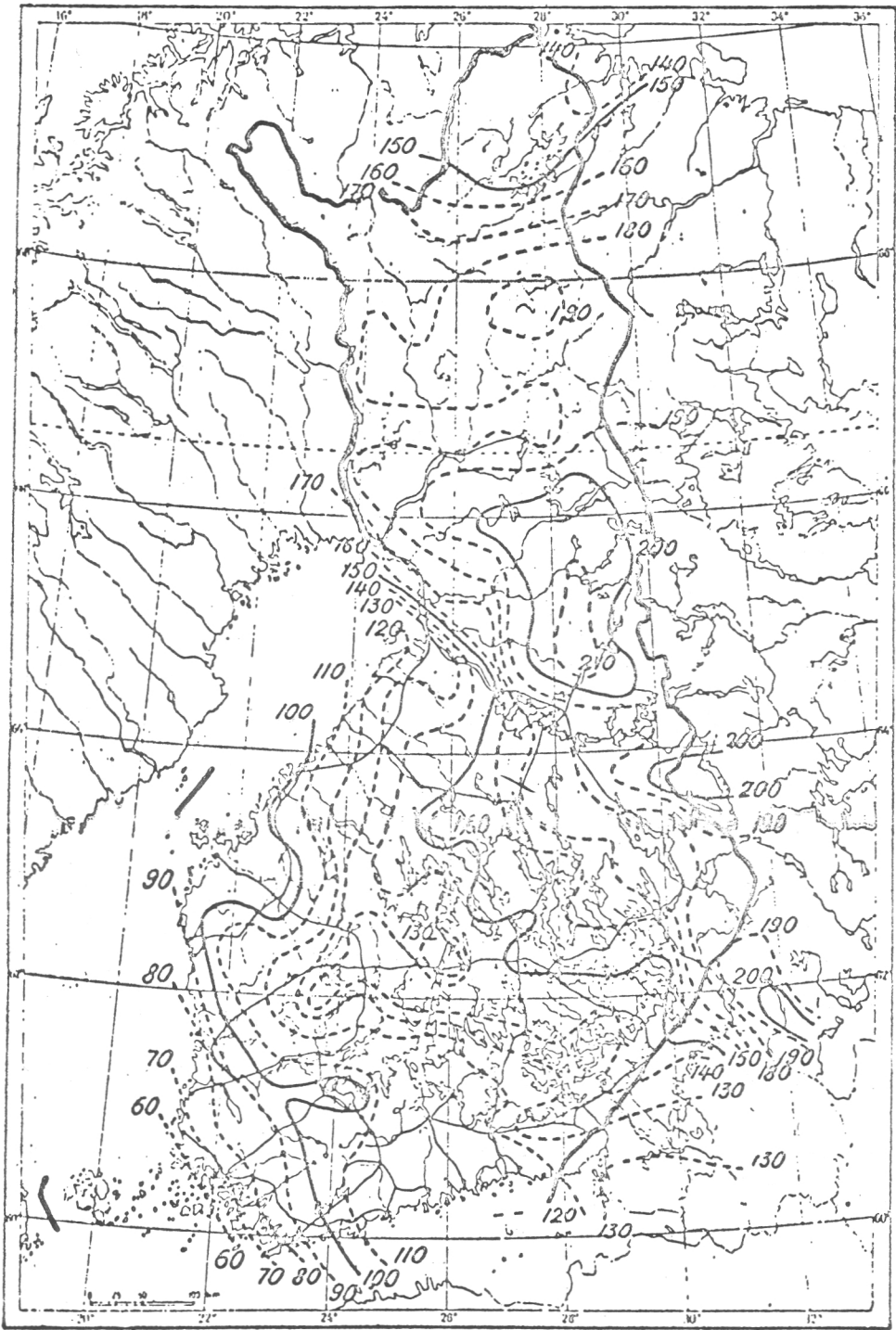
Keskiylivaluman määrittämiseksi on käytet- ty KAITERAN (1949) nomogrammia (kuva 1),

jossa on tunnuksina valuma-alueen koko, järvi- syysprosentti ja lumen vesiarvon keskimääräi- nen vuosimaksimi. Lisäksi voidaan vielä ottaa peltojen osuus valuma-alueen pinta-alasta ja jär- vien sijainti valuma-alueella. Menetelmän on to- dettu antavan luotettavia tuloksia.



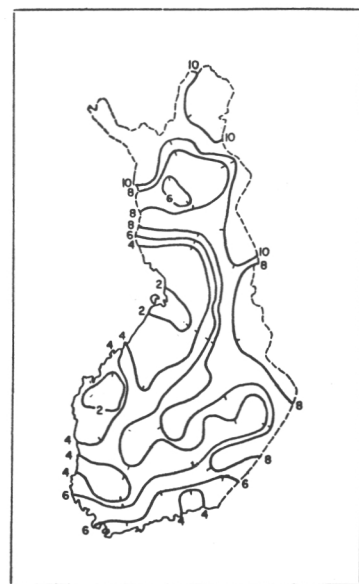
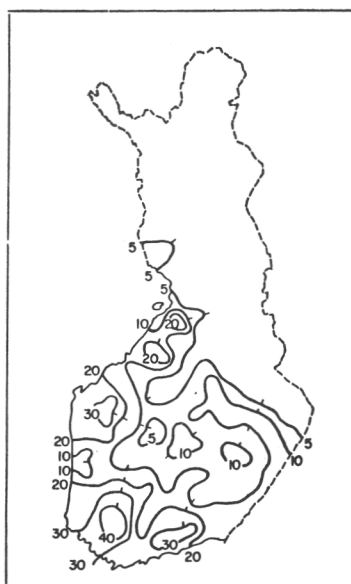
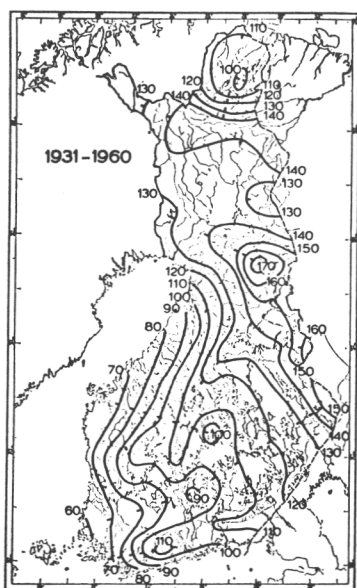
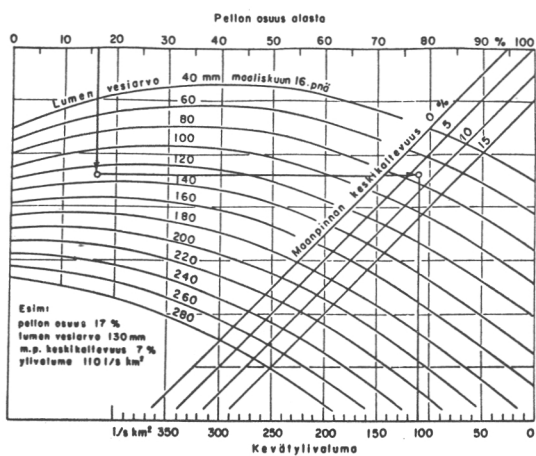
Kuva 1. Kaiteran nomogrammi.

- L = Lumen vesiarvon keskimääräinen vuosimaksimi
(saadaan seur. sivulla olevasta kartakkeesta)
- A = Valuma-alueen pinta-ala
- P = Valuma-alueen järviprosentti.



Kuva 2. Lumen keskimääräinen maksimivesiarvo Suomessa vuosina 1892–1941.

Kuva 3. Mustosen nomogrammi



1. Lumen keskimääräinen vesiarvo maaliskuun 15. pñä vuosina 1931...1960 (mm).
2. Pellon osuus maa-alasta (%).
3. Maanpinnan keskikaltevuus (%).

Tällä hetkellä on käytettävissä myös MUSTOSEN (1968) tutkimus, joka soveltuu erikoisesti pienten, järvettömien valuma-alueiden yli-valuman ja keskiylivaluman määrittämiseksi. Tällaisiahan ovat juuri useimpien metsärunkojien valuma-alueet. MUSTOSEN nomogram-

missa (kuva 3) ovat tunnuksina pellon osuus alasta, maanpinnan keskikaltevuus sekä maaliskuun 15. päivän lumen vesiaron keskiarvo vuosina 1931...1960. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää pienillä (1...120 km²) valuma-alueilla.

412. Ojitetun alueen keskiylivaluma

Valuma-alueen ojituksen vaikutuksesta keskiylivalumaan on vasta viime aikoina saatu mitauksiin perustuvia tietoja.

MUSTOSEN ja LAIKARIN (1961) sekä MUSTOSEN (1964) tutkimuksissa on vertailtu kahta suoaluetta, joista toisen pinta-alasta on havaintojakson aikana ojitettu 40 % 50 metrin sarkaleveydellä ja 60 cm:n syvyisillä ojilla. Ojitetun alueen keskivaluma kasvoi 63 % ja keskiylivaluma 43 % ojitusta edeltäneen 22 vuoden keskiarvoon verrattuna. Alueella ojitetut suot olivat puuttomia nevoja.

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla on tutkittu erikoisesti sarkaleveyden ja

ojasyyvyyden vaikutusta välittömästi ojitusalueelta purkautuviin vesimääriin [HUIKARI (1959) sekä HUIKARI, PAARLAHTI, PAAVILAINEN ja RAVELA (1966).] Tutkimuksissa on kiinnitetty huomio lähinnä touko...lokakuun välisen ajan kokonaisvalunnan riippuvuuteen kahdesta yllämainitusta ojitustehoa kuvaavasta tekijästä. Mikäli 40 m:n sarkaleveydellä ja 0,6 m:n syvyisillä ojilla toteutetun ojituksen aiheuttamaa valuntaa merkitään luvulla 1,0, saavat eri ojasyyvyksien ja sarkaleveyksien kombinaatiot puuttomalla suolla seuraavia suhteellisia arvoja.

Ojasyyv. (m)	Sarka lev. (m)						
	5	10	20	40	60	80	100
	Valunnan suhteellinen arvo						
0,3	0,9	0,8	0,7	0,4	0,1	0,1	0,1
0,6	1,5	1,4	1,3	1,0	0,7	0,4	0,1
0,9	2,1	2,0	1,9	1,6	1,3	1,0	0,7

Lukuja tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, että ne kuvaavat kuuden kesäkuukauden kokonaisvaluntaa. Ojituksen vaikutus ylivalumaan ei ole näin voimakas.

Metsäisyyden vaikutusta ojitetun suon valuntasuhteisiin on selvitetty HUIKARIN (1959)

tutkimuksessa. Siinä on vertailtu aukean, ojitetun suon (puustoa 45 k-m³/ha) kesäkuukausien valuntaa toisiinsa kahtena mittausvuonna. Allaolevassa asetelmassa on ilmoitettu, montako % metsäisen suon valunta oli aukean suon valunnasta eri levyisillä saroilla.

Vuosi	Valunta-alueen leveys, m							
	5	10	20	40	60	70	80	Keskim.
1954	51	53	41	69	65	80	69	59
1955	3	5	18	32	16	143	72	22

Ojitetun suon metsäisyys on siis valuntaa voimakkaasti pienentävä tekijä. Erikoisen selvästi tämä tulee ilmi kuivina kesinä, sillä kesä 1955 oli poikkeuksellisen kuiva edelliseen kesään verrattuna. Vuoden 1954 touko-elokuun sadanta oli 246 mm ja vuoden 1955 vastaava sadanta 72 mm.

Ojitetun alueen keskiylivaluman lisäykseen vaikuttaa vielä runsas joukko muitakin tekijöitä. Näistä mainittakoon ojitetun alueen ja tarkastelunalaisen valuma-alueen koon suhde, valuma-alueen muoto, ojitusalueen sijainti valuma-alueella ja ao. valuma-alueen sääolot. Näiden tekijöiden vaikutuksesta ei voida tällä hetkellä

antaa mitään numerotietoja, ainoastaan niiden vaikutussuunta ylivaluman kehitykseen tiedetään (MUSTONEN 1963 ja RAVELA 1967).

Yhteenvetona ojitetun alueen keskiylivalumasta voidaan todeta, että välittömästi ojitusalueen alapuolelta mitattu keskiylivaluma on suurempi kuin luonnontilaisen suon keskiylivaluma. Lisäyksen suuruus riippuu ojitustehosta

ja ojitetun alueen metsäisyydestä. Mitä alemmaksi uoman varrella siirrytään, sitä pienemmäksi käy ojitusalueen osuus koko valuma-alueen pinta-alasta ja niinmuodoin myös ojituksen ylivalumaa suurentava vaikutus pienenee. Saattaapa ojituksella määrättyissä tapauksissa olla ylivalumaa pienentäväkin vaikutus valuma-alueen maasto- ja ilmastotekijöistä riippuen.

42. Kuivatussyvyys ja kuivavara

Metsäpuiden vaatimasta kuivatussyvyydestä on saatu runsaasti tietoja metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston metsäpuiden ekologiaa selvittävissä tutkimuksissa (HUIKARI ja PAARLAHTI 1967). Pohjaveden korkeutta säännöstelemällä on voitu todeta, että rämeillä on minimikuivatussyvyytenä pidettävä 30 cm ja maksimikuivatussyvyytenä 60 cm. Korvissa on minimikuivatussyvyys sama, mutta 70 cm:n kuivatussyvyys ei ole aiheuttanut vielä kasvun heikkenemistä. Korpienkin kohdalla on todettava, ettei kuivatussyvyyden lisäyksellä 50 cm:stä 70 cm:iin ole saavutettu enää merkittävää kasvun paranemista. Asiaa selventävät kuvat 4., 5. ja 6., joissa on mukana myös viimeisten vuosien tulokset.

Metsävaltaojien kuivavaraa koskevassa kysymyksessä viitattiin metsäpuiden tulvansietokykyä koskeviin tutkimuksiin. Näitä on suoritettu sekä meillä että Ruotsissa, mutta on todettava, että ne koskevat pääasiassa kivennäismaita. Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavina sovellettavissa myös turvemaille.

Suomalaisista ovat asiaa käsitelleet HELENIUS (1964) ja KAITERA (1968). Tutkimuksia on suoritettu viiden eri järven rannoilla, nimittäin Saimaalla, Oulujärvellä, Ontojärvellä, Vesijaolla ja Höytiäisellä. Vesivahinkoalueen korkeudeksi (minimikuivatussyvyys) saatiin männylle 40...60 cm ja kuuselle 50...80 cm ylimmän vedenkorkeuden yläpuolella. Tulvankestävimmäksi osoittautui leppä ja vähiten tulvaa sietäväksi kuusi. Viimemainittukin kesti kuitenkin hengissä n. viikon pituisen tulvapeiton joka vuosi, mänty vastaavasti n. kaksi viikkoa. Vahingollisimmaksi osoittautui jääpeiton aikainen vedenkorkeusmaksimi ja vähiten hai-

talliseksi välittömästi kasvukauden jälkeen satuva vedenkorkeusmaksimi.

Ruotsalaisen ERIKSSON'in (1951) mukaan α vesivahinkoalueen korkeus (minimikuivatussyvyys) männyllä 40...60 cm ja kuusella 60...80 cm. Jos vesi nousee padotusrajalle vasta kasvukauden lopulla, on vahinkoalueen korkeudeksi saatu vain n. 20 cm.

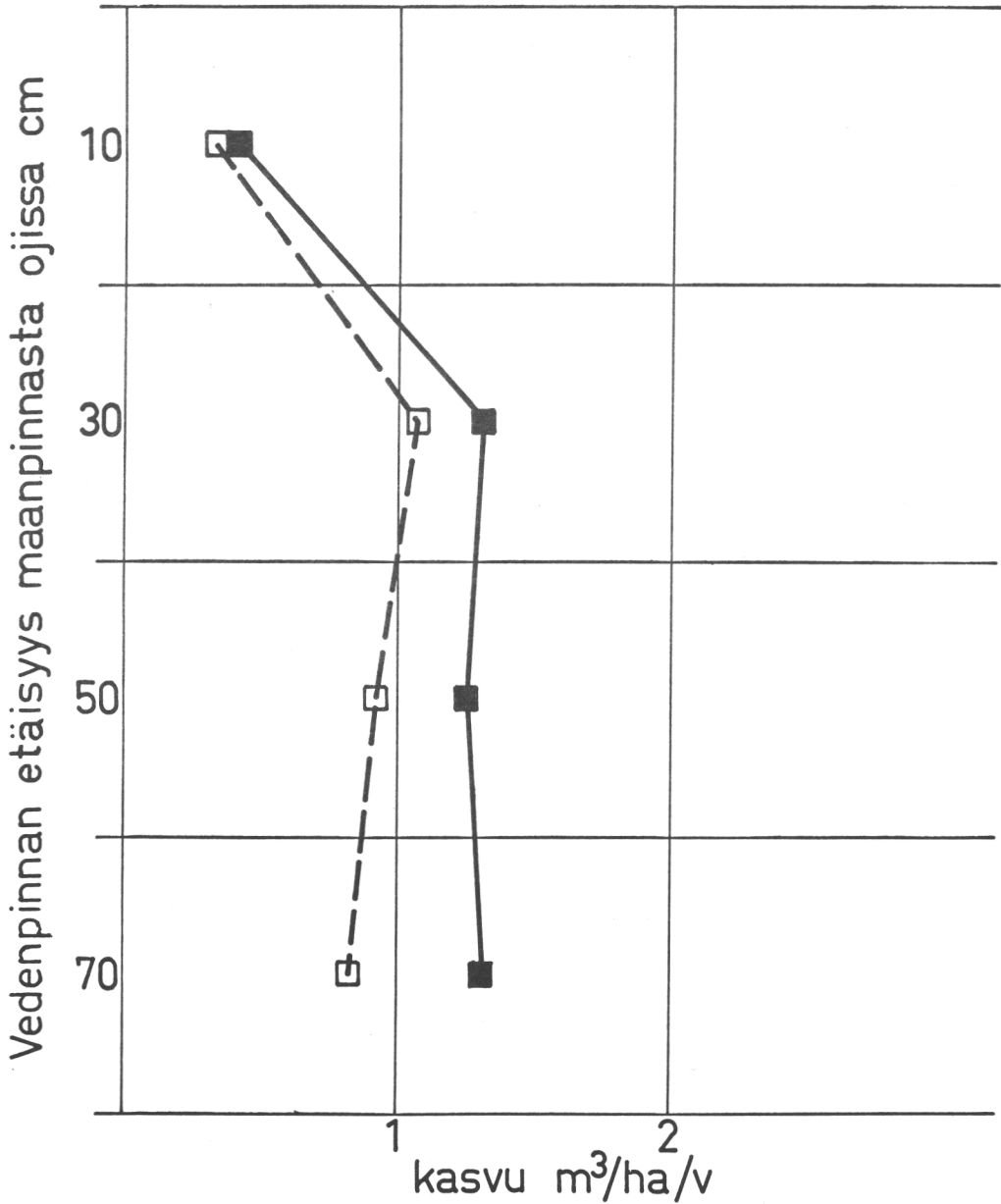
Padotuksesta aiheutuvat kasvutappiot olivat kuusen kohdalla 2 % jokaista veden nousun senttimetriä kohti, kun tarkastellaan vyöhykettä 0...40 cm yliveden yläpuolella. Männyn kohdalla kasvutappiot käyivät ilmeiseksi vasta 0...20 cm vyöhykkeessä ja tappio on tässäkin tapauksessa 2 % suuruusluokkaa jokaista veden nousun senttimetriä kohti.

Kummassakin tutkimuksessa oletettiin kasvutappioiden johtuvan tulvavuonna kehittyvistä heikkolaatuisista neulasista. Tulvavuonna kasvu oli yleensä tavallista parempi, mutta männyllä seurasi tämän jälkeen 3...4 vuoden ja kuusella 7...8 vuoden heikomman kasvun kausi.

Turpeiden vedenläpäisevyydestä suoritettut tutkimukset HUIKARI (1959) sekä sarkaleveyskoekentillä suoritettujen vesien liikkumistutkimusten (HUIKARI 1959) ja sarkaleveyskoekentillä suoritettujen puiden kasvureaktiututkimusten (HUIKARI ja PAARLAHTI 1967) tulokset osoittavat, että puiden kasvun kannalta paras vesitalous saavutetaan kasvalustassa suhteellisen matalaa sarkaojaa ja kapeaa sarkaleveyttä käyttäen. Taloudellisesti tarkoituksenmukaisimmaksi tulee näin ollen varsinkin nevoilla ja ravinneköyhimmillä rämeillä sellaisen ojitusyhdistelmän käyttö, jossa ojitus toteutetaan nykyisin pelloilla käytettävän avo-ojituksen tapaan.

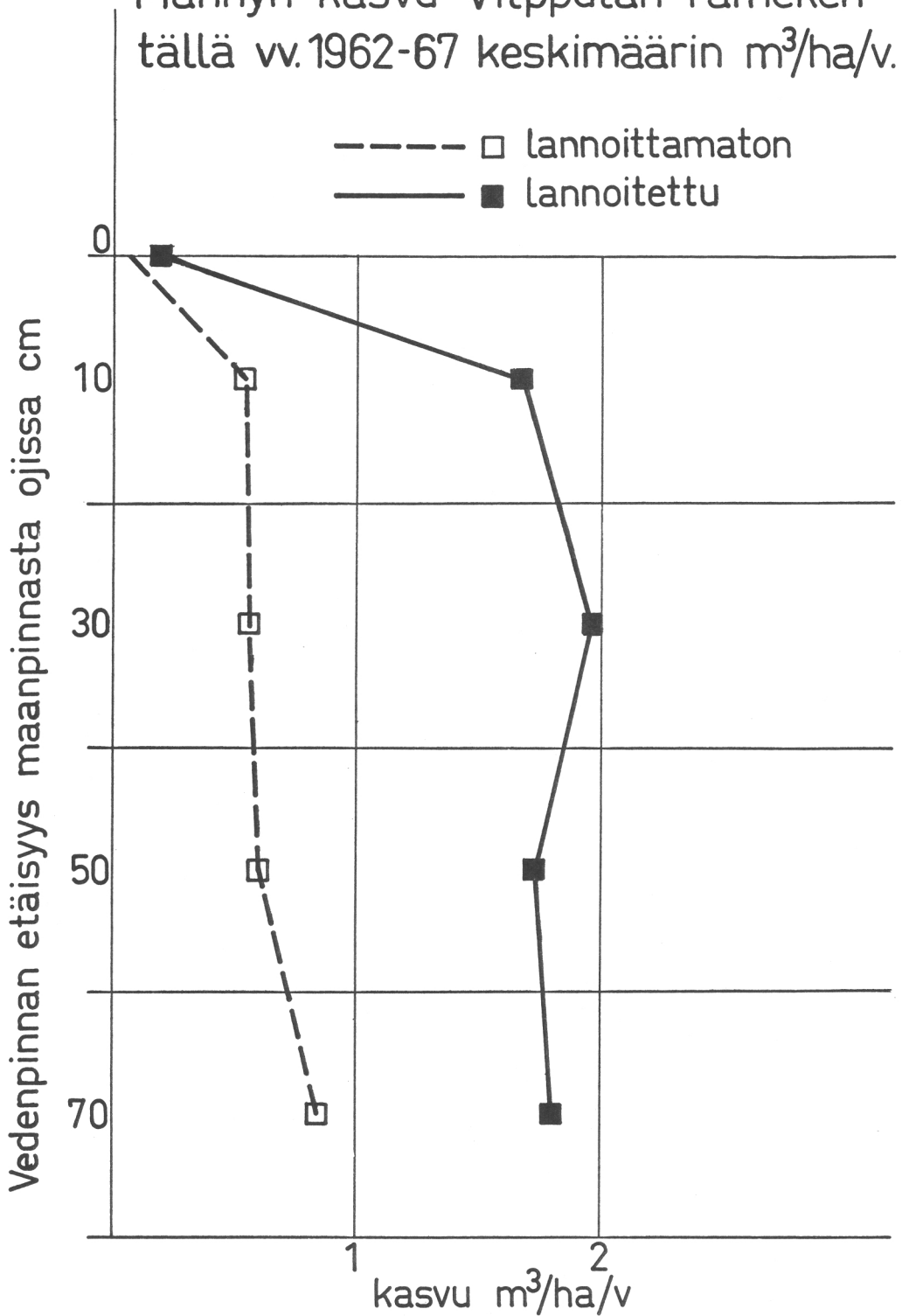
Kuva 4. Männyn kasvu Rovaniemen mlk:ssa Kivalon räme kentällä vv.1962-67 keskimäärin $m^3/ha/v$.

----- □ lannoittamaton
 ———— ■ lannoitettu



Kuva 5.

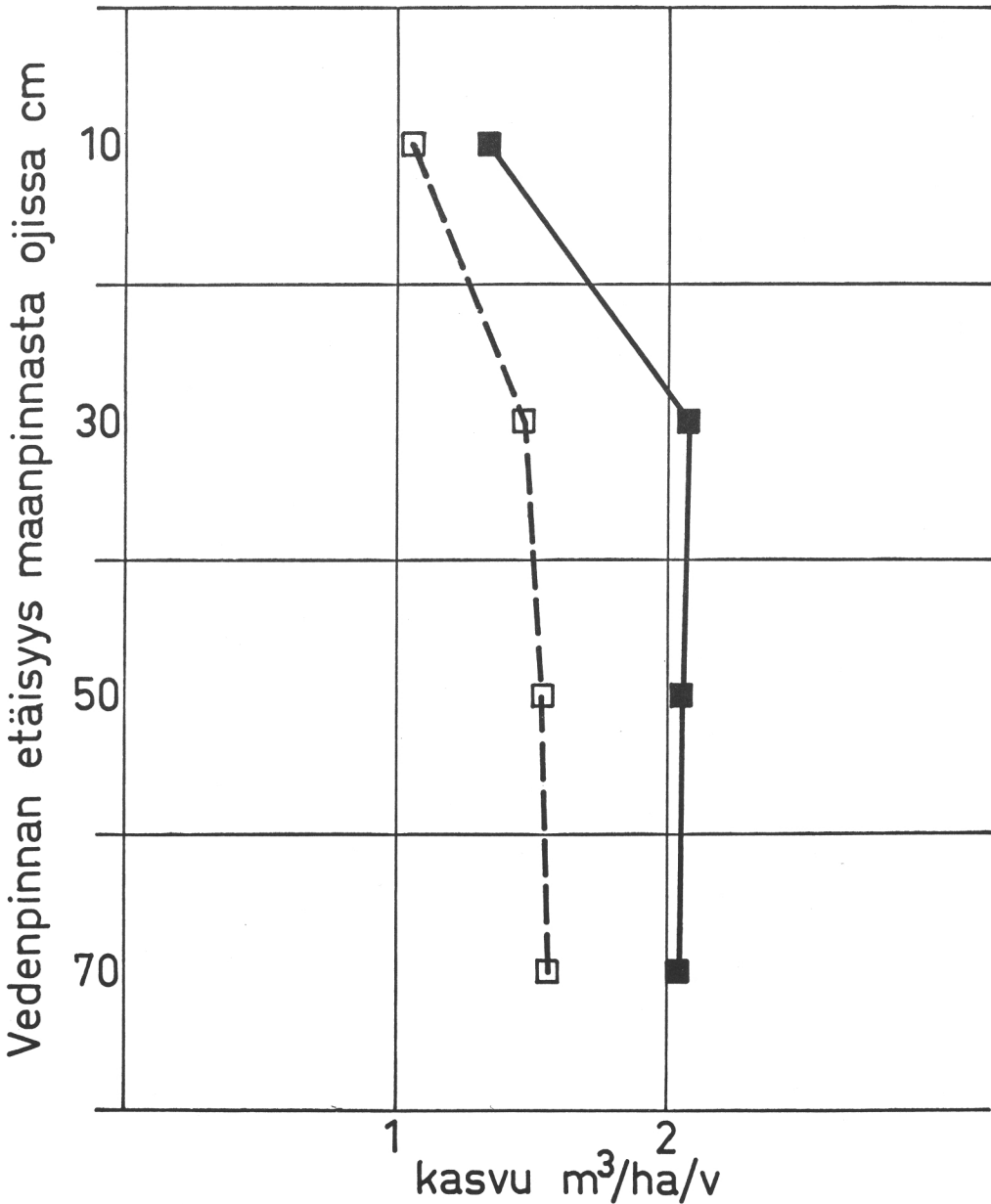
Männyn kasvu Vilppulan rämeke-
tällä vv.1962-67 keskimäärin $\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$.



Kuva 6.

Kuusen ja koivun kasvu Rovaniemen mlk:ssa Kivalon korpikentällä vv.1962-67 keskimäärin $\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$.

----- □ lannoittamaton
 ———— ■ lannoitettu



43. Suon pinnan ja ojien pohjan painuminen

Ojituksen jälkeinen suon pinnan ja ojien pohjan painuminen riippuu ojituksesta kulu-
neesta ajasta, alkuperäisen turvekerroksen pak-
suudesta, vetisyydestä ja koostumuksesta, ojan
kaivussyvyydestä sekä tarkastelukohdan etäisyy-
destä ojasta. Kuvista 7., 8., 9. ja 10 selviää LUK-
KALAN (1949) suorittaman tutkimuksen tu-
loksia. Lukkala toteaa, että

- pääasiallinen painuminen tapahtuu ensim-
mäisen 5-vuotiskauden aikana.
- turvekerroksen paksutessa painumisen abso-
luuttinen määrä asteittain lisääntyy.
- suon pinnan painuminen vähenee ojasta
etäännyttäessä hyvin nopeasti.
- nevat painuvat korpiin verraten kaksin- kol-
minkertaisen määrän ja rämeisiin verrattuna
lähes kaksinkertaisen määrän

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että 20 m:n
etäisyyttä ojan keskiviivasta on tarkoituksen-
mukaisinta käyttää painumisen arvioinnin lähtö-
kohtana. Eri suotyypeillä tapahtuva, eri syvyis-
ten ojien aiheuttama suon pinnan painuminen
on arvioitavissa kuvissa 7., 8., 9. ja 10. esitet-
tyjä tuloksia (LUKKALA 1949) hyväksikäyt-
tään.

HEIKURAINEN (1957) on tutkimuksissaan
ojien mataloitumisesta päätenyt LUKKALAN
tutkimustulosten kanssa yhdenmukaisiin loppu-
tuloksiin. HEIKURAISEN mukaan on eri sy-
vyisten ojien mataloituminen seuraava

Ojan kaivussyvyys, cm	Ojan mataloituminen 20 vuodessa, cm
70	20
85	30
105	40
120	50
140	60

Kaivussyvyydeltään 100 cm:n syvyisen ojan ma-
taloituminen on ollut 20 vuodessa turvekerrok-
sen eri paksuusluokissa seuraava

Turvekerros, cm	Ojan mataloituminen, cm
20	6
40	15
60	24
80	34
100	43
120	44
140	45
160	46

Ojitusoppaassa (HUIKARI, MUOTIALA ja
WÄRE 1963) on otettu se kanta, että metsä-
runko-ojien ympärillä saa turvekerros painua
20 m:n matkalla ojan keskiviivasta lukien, ja
vasta tämän alueen ulkopuolella tapahtuva pai-
numinen otetaan huomioon ojaa mitoitettaessa.
Tätä on perusteltu sillä, että metsäojitusalueilla
voidaan sallia tulvan aikainen veden nousu ka-
pealle vyöhykkeelle ojan molemmin puolin.

Maataloudessa käytetään suoviljelyksiä pe-
rustettaessa suuria painumalukuja metsäojituk-
seen verrattuna. Tämä johtuu mm. siitä, että
viljelysmaan runko-ajat yleensä ovat suuria,
koska ne mitoitetaan ylivirtaamalle ja suurta
kaivussyvyyttä silmälläpitäen. Tällöin painumi-
nen on suhteellisestikin ottaen suurempi kuin
metsärunko-ajissa. Lisäksi täytyy viljelysten val-
taojissa ottaa huomioon viljelytoimenpiteiden
kuluttava vaikutus, joka saattaa olla 1–2 cm/v.
Välittömästi raivauksen aiheuttama painuminen
on tämän lisäksi 20–40 cm.

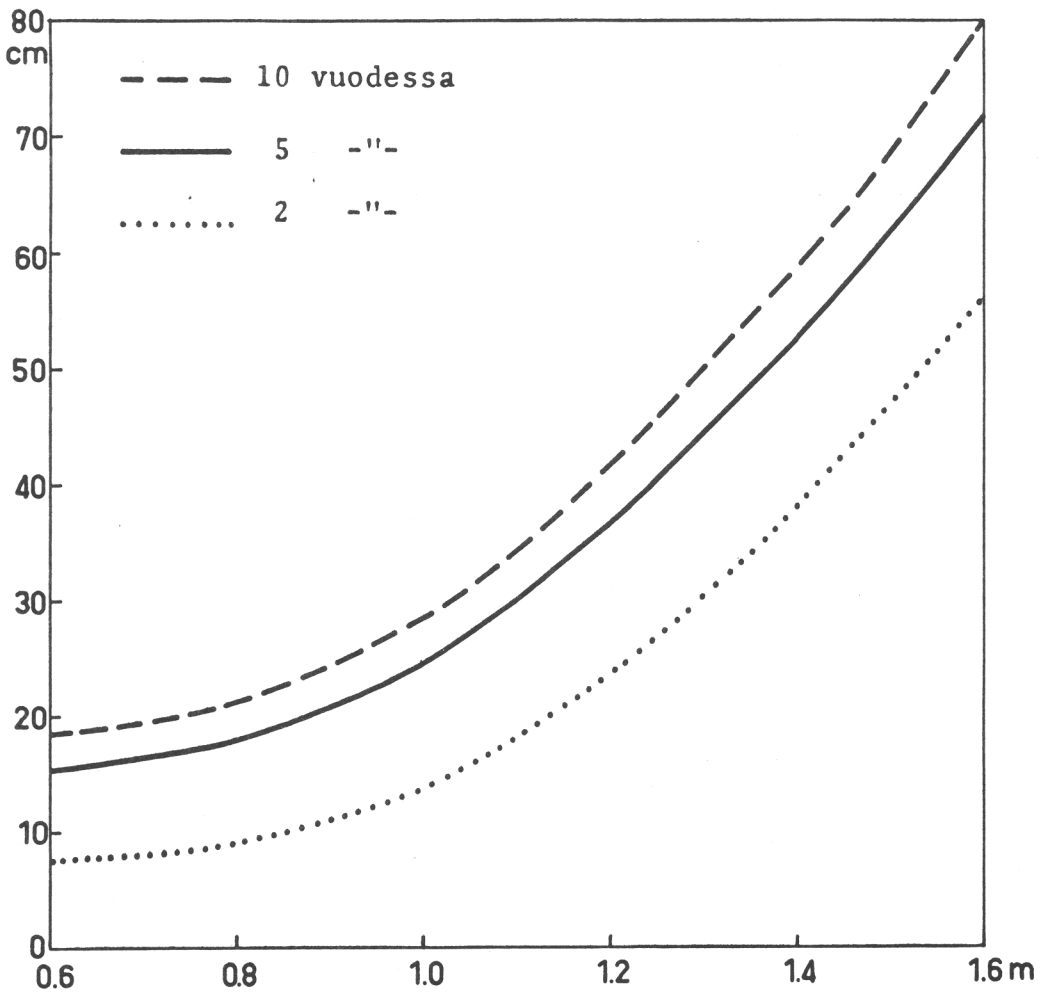
44. Uoman vedenjohtokyky

Uoman vedenjohtokyky riippuu mm. seu-
raavista tekijöistä:

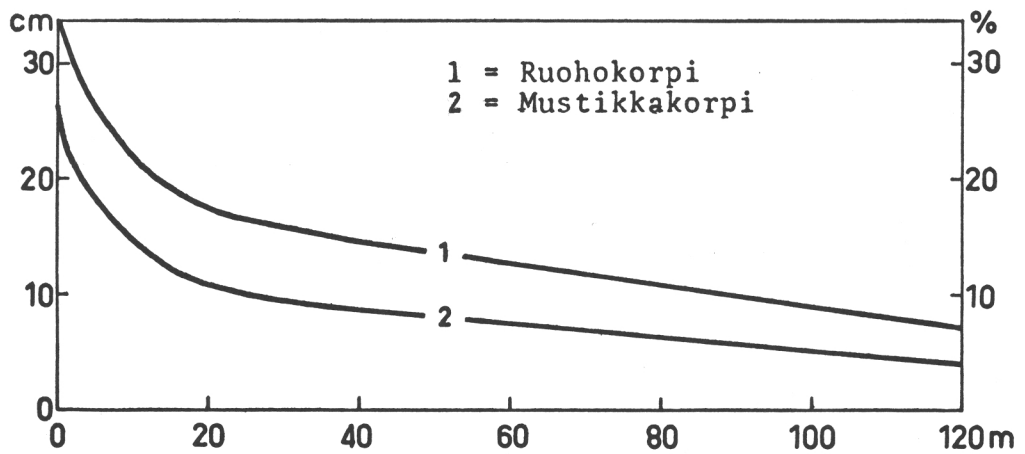
- pinnan karkeus.
- kasvillisuus.
- poikkileikkauksen epäsäännöllisyys.
- uoman mutkaisuus.
- lietekasautumat ja syöpymät.

- vedenkorkeus ja virtaama.
- vuodenaika.

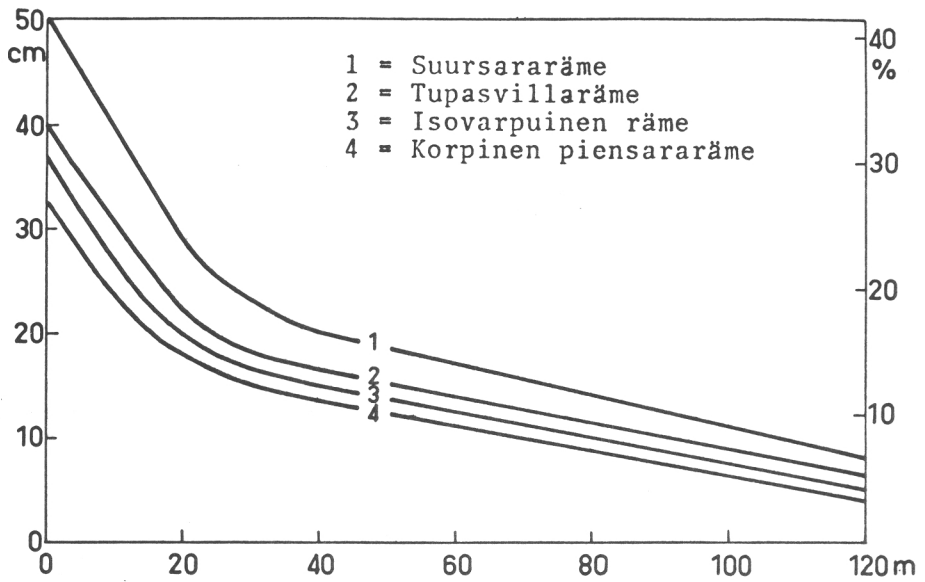
Nämä tekijät otetaan virtaamalaskelmissa
huomioon ns. karkeuskertoimen (n) avulla. Käy-
tettäessä MANNING'in kaavaa, kuten nykyään
miltei yksinomaan on laita, saa n arvoja 0,030–
0,200, kun on kyse luonnonuomista. Karkeus-



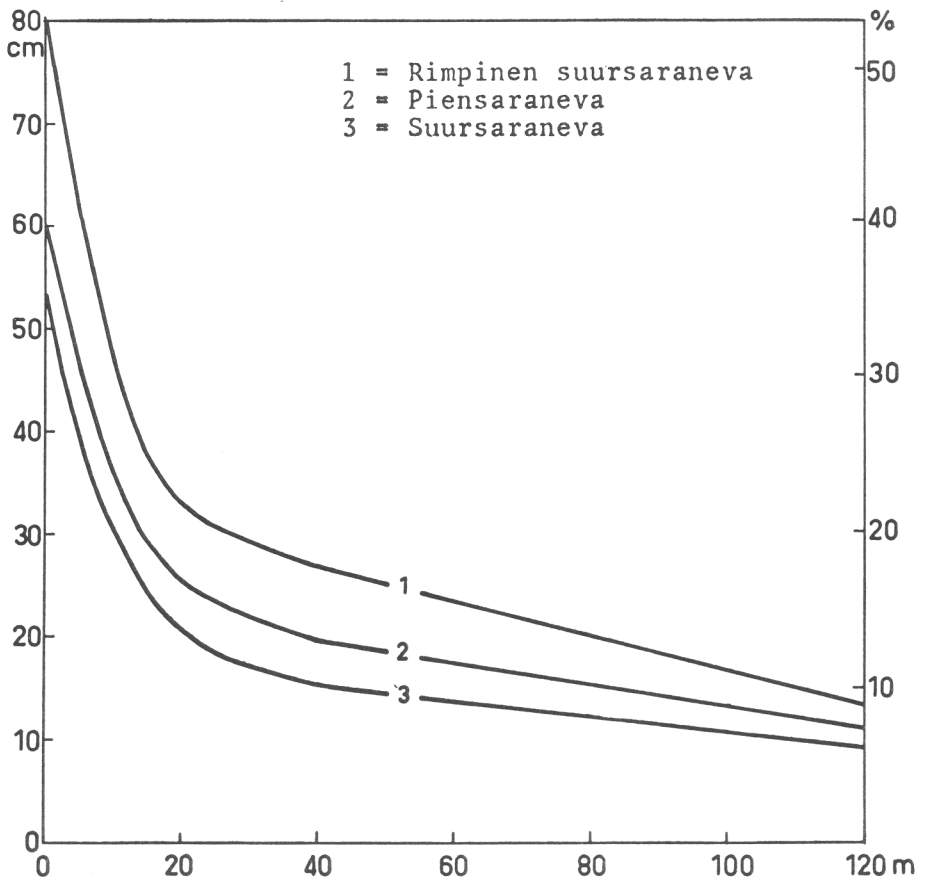
Kuva 7. Eri syvyisten ojien reunojen painuminen 2, 5 ja 10 vuoden kuluessa kaivun jälkeen.



Kuva 8. Turvekerroksen painuminen (cm ja % ojan syvyydestä) ensimmäisen 5-vuotiskauden aikana kaivun jälkeen eri etäällä 1,0 m syvästä ojasta korpimailla.



Kuva 9. Turvekerroksen painuminen (cm ja % ojan syvyydestä) ensimmäisen 5-vuotiskauden aikana kaivun jälkeen eri etäällä 1,2 m syvyydestä ojasta rämeillä.



Kuva 10. Turvekerroksen painuminen (cm ja % ojan syvyydestä) ensimmäisen 5-vuotiskauden aikana kaivun jälkeen eri etäällä 1,5 m syvästä ojasta nevoilla.

kertoimen vaihtelurajat ovat siis hyvin suuret ja vähäisetkin edellämainittujen tekijöiden muutokset voivat vaikuttaa huomattavasti karkeuskertoimen arvoon.

Kaivetuissa luonnonuomissa ovat karkeuskertoimen arvoon voimakkaimmin vaikuttavat tekijät uoman vedenkorkeus, poikkileikkauksen epäsäännöllisyys ja kasvillisuus.

Vesimäärän lisääntyminen pienentää nopeasti n-arvoa. Tämä johtuu virtauksen tasoittumisesta, poikkileikkauksen vaihteluiden pienemisestä ja virtausta vastustavien tekijöiden suhteellisen merkityksen pienemisestä. Näinollen ei ole syytä käyttää runko-ojien mitoituksessa kasvukauden aikaisia n-arvoja, koska ne ovat paikallaan ainoastaan vähäisen vedenkorkeuden vallitessa.

Mitä uoman poikkileikkauksen epäsäännöllisyyteen tulee, on tämän merkitys kaivetuissa luonnonuomissa vähäinen. Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon mahdollisten syöpmien ja sortumien todennäköisyys ja määrättävä luisien ja ojan pohjan kaltevuudet siten, että uoman poikkileikkaus säilyy mahdollisimman säännöllisenä. Tutkimusten mukaan turve on

sellainen maalaji, joka säilyttää parhaiten pienen n-arvon.

Kasvillisuuden ilmestyminen ojan luiskille ja varsinkin pohjalle suurentaa n-arvon moninkertaiseksi, myös yliveden aikana. Tätä ei kuitenkaan voida ottaa huomioon kaivettavan uoman mitoituksessa muuta kuin rajoitetussa määrin. Mikäli karkeuskerroin on suurempi kuin 0,040, on ojan kunto katsottava perkausta vaativaksi. Ojien kunnossapito on hyödynsaajien velvollisuus, mutta siinä tapauksessa, että ojien kunnan huononeminen on johtunut poikkeuksellisista syistä tai kuivatussyvyysvaatimukset ovat kaivun jälkeen suurentuneet, on runko-ojan kunnostamiseen haettava uutta hanketta.

Ojan pohjan kaltevuuden oikealla määrittämisellä on merkitystä ojan kunnan säilymiselle. Käytäntö on osoittanut, että veto-ojien (valuma-alue alle 2 km²) minimikaltevuus on 0,001. Jos veto-ojan kaltevuus = 0,005, riittää veto-ojan syvyinen sarkaoja. Valtaojan minimikaltevuutena pidetään 0,0005. Maksimikaltevuuden määrää maalaji ja virtaama kussakin tapauksessa erikseen.

5. METSÄRUNKO-OJIEN MITOITUSOHJEET

Metsärunko-ojien mitoituksessa ehdotetaan käytettäväksi seuraavia perusteita:

1. Valuma-alueeltaan alle 2 km² suuruiset uomat mitoitetaan 30 cm kuivatusoja syvemiksi. Kaltevuuden ollessa yli 0,005 riittää kuivatusojien syvyinen runko-oja. Minimikaltevuutena käytetään tämän kokoisissa uomissa 0,001.
2. Valuma-alueeltaan 2–200 km² suuruisien uomien mitoituksessa käytetään keskiylivalumaa (MHq) KAITERAN mukaan (kuva 1). Jos kyseessä on järvetön valuma-alue, jonka peltoprosentti ja kaltevuussuhteet tiedetään, käytetään MUSTOSEN (1968) nomogrammia (kuva 3). Valtaojan on kuitenkin oltava vähintään kohdassa 1 mainitun ojan suuruisen. Mikäli ojitusalueella käytettävä sarkaleveys on \geq 50 m tai sarkaojien syvyys 5 vuoden kuluttua ojituksesta LUKKALAN (1949) mukaan arvioidun painumisen jälkeen $>$ 60 cm, tehdään laskettuun MHq-

-arvoon kuvassa 11 esitetystä nomogrammista tai seuraavista kaavoista saatavat lisäykset.

a) ojitettava avosuo

$$\frac{p(2h - d - 40)}{10000} \times \text{MHq}$$

b) ojitettava metsäinen suo

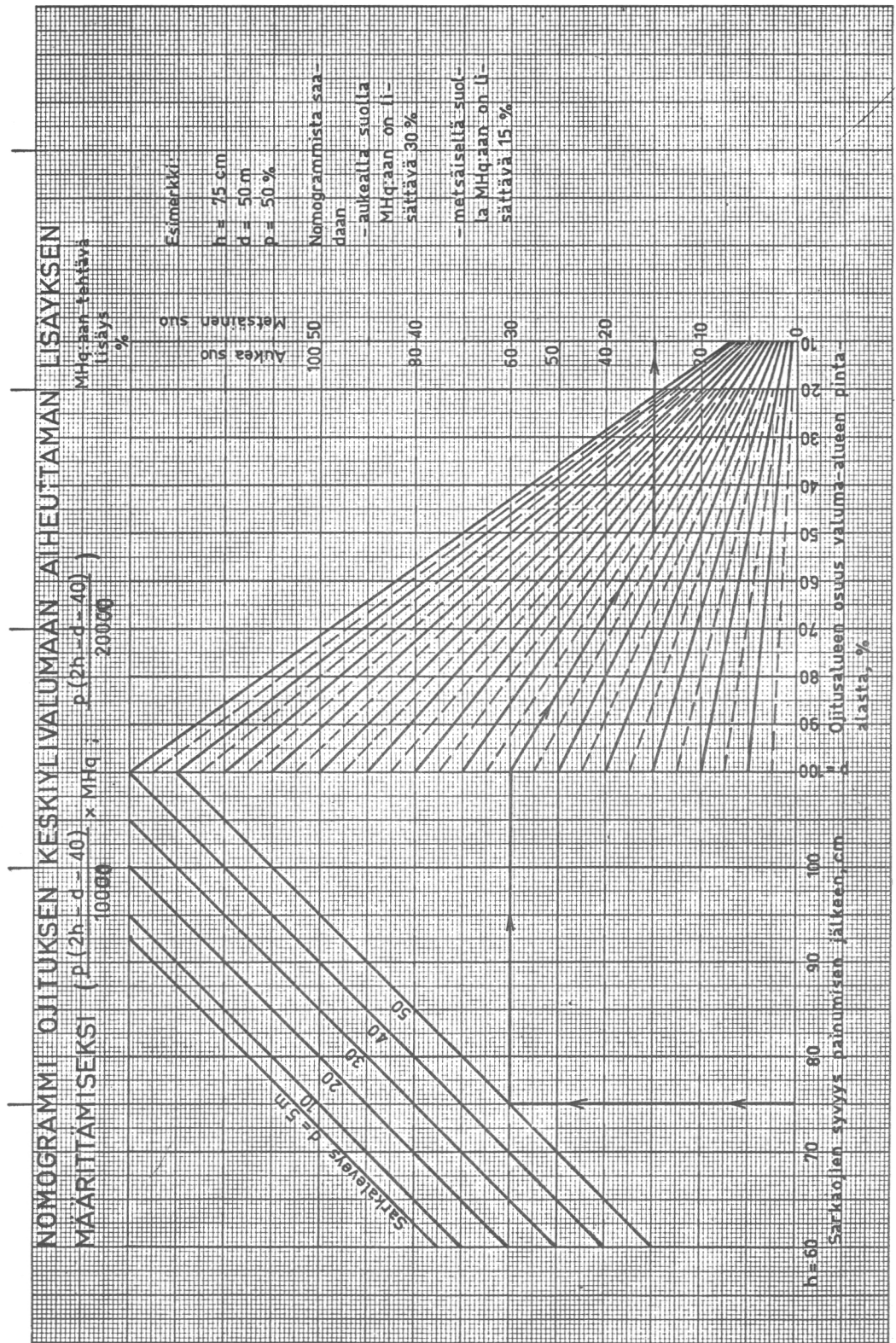
$$\frac{p(2h - d - 40)}{20000} \times \text{MHq}$$

Kaavoissa

p = ojitettavan alueen osuus prosentteina tarkastelun alaisen valuma-alueen pinta-alasta

d = kuivatusojien syvyys senttimetreinä arvioidun painumisen jälkeen

d = ojitettavalla, alueella käytettävä sarkaleveys metreinä.



Huomautuksia:

- jos $p < 10$, ei lisäystä tarvitse suorittaa
- jos ojittettavan alueen päälaskun suunnainen kaltevuus on yli 0,005, kerrotaan saatu lisäys 0,5:llä.

Minimikaltevuutena valtaojissa on käytettävä 0,0005.

3. Metsärunko-ojien mitoituksessa ei oteta huomioon kuivavaraa.
4. Painuminen otetaan huomioon käyttäen perusteena 20 m:n päässä ojasta tapahtuvaa painumista, joka saadaan kuvista 8, 9 ja 10.
5. Perattavissa luonnonuomissa käytetään kar-

keuskertoimen arvoja 0,035 . . . 0,040 ja kai-
vetuissa uomissa 0,030. Louhituissa kallio-
uomissa käytetään karkeuskerrointa 0,060.

6. Biologiset ja taloudelliset näkökohdat huomioon ottaen minimikuivatussyvyys metsäojitusalueella on 30 cm. Maksimikuivatussyvyys on 60 cm.

Ylläolevin perustein laskettuja metsärunko-
ojan mittoja ei ole syytä ylittää, koska lyhyt-
aikaisesta, vuosittainkin toistuvasta tulvasta ei
ole todettu olevan mainittavampaa haittaa pui-
den kasvulle.

KIRJALLISUUTTA

ERIKSSON, S. 1951. Undersökningar angående sambandet mellan grundvattenståndet och barrskogens tillväxt. Kungl. Vattenfallsstyrelsen Förrådsbyrån. Stockholm.

HEIKURAINEN, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintalevyyden muuttuminen sekä ojien kunnan säilyminen. AFF 65.5 Helsinki.

” 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Helsinki.

HELENIUS, L. 1964. Tutkimus rantapuuston kasvun riippuvaisuudesta järven vedenkorkeuden vaihteluista. Diplomityö Teknillisessä Korkeakoulussa.

HUIKARI, O. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. MTJ 51.2. Helsinki.

HUIKARI, O., MUOTIALA, S., WÄRE, M. 1963 Ojitusopas. Helsinki.

HUIKARI, O., PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. MTJ 64.1. Helsinki

HUIKARI, O., PAARLAHTI, K., PAAVILAINEN, E. ja RAVELA, H. 1966. Sarkalevyyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. MTJ 61.8. Helsinki.

KAITERA, P. 1949. On the melting of snow in springtime and its influence on the discharge maximum in streams and rivers in Finland. Teknillisen Korkeakoulun tutkimuksia n:o 1. Helsinki.

KAITERA, P. 1968. Metsämaalle tuleva vetty-
misvahinko. Insinöörijärjestön koulutuskes-
kus, julkaisu 12–68. (Vahinkojen arvioimi-
nen, osa I.) Helsinki.

LUKKALA, O.J. 1947. Metsämiehen suo-oppi.
Helsinki.

LUKKALA, O.J. 1949. Soiden turvekerroksen
painuminen ojituksen johdosta. MTJ 37.1.
Helsinki.

Maa- ja vesirakentajan käsikirja. 1963. Helsinki.

MUSTONEN, S. 1963. Muistio metsäojituksen
vaikutuksesta ylivalumaan.

MUSTONEN, S. 1964. Ojituksen vaikutuksesta
suon hydrologiaan. Rakennustekniikka 3.
Helsinki.

MUSTONEN, S. 1965. Meteorologisten ja alue-
tekijöiden vaikutuksesta valuntaan. Maa- ja
vesiteknillisiä tutkimuksia 12. Helsinki.

MUSTONEN, S. 1968. Ylivalumista pienillä
järvettömällä valuma-alueilla. Rakennustek-
niikka 5. Helsinki.

MUSTONEN, S. ja LAIKARI, H. 1961. Oji-
tuksen vaikutuksesta valuntaan Huhtisuon
havaintoalueella. Maataloushallituksen insi-
nööriostasnon maa- ja vesiteknillisen tutkimus-
toimiston tiedoituksia n:o 2. Helsinki.

RAVELA, H. 1967. Metsäojituksen vaikutuk-
sesta valuntaan. Suo n:o 4. Helsinki.



- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi.
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968.
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.
Forest Statistics of Finland 1950—67.
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskulutus.
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates.
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.
Forest balance of Finland in 1953—66.
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran taseus.
On the trimming allowance and trimming.
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark.
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuiden pituuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm.
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikkötunnusten ilmakuvatulkinnassa.
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967.
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloja kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests.
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966.
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning.
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu.
No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot.
No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi.
- No 61 Matti Aitolahdi ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.
Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators.
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968.
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65.
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland.
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
Dimensioning of forest main ditches.
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69.
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and in the felling seasons 1958/59—1968/69.
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
A new brush-killing tool and its use.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

