

Pentti Kaitera

Ojituksen vaikutuksesta alapuolisen vesistön purkautumissuhteisiin.

Lausunto Pohjois-Pohjanmaan viemäritoimikunnalle, Komiteamietintö N:o 15,
1938, Liite N:o 2,
s. 89–98.

Pohjois-Pohjanmaan viemäritoimikunnalle.

Toimikunta on pyytänyt minulta lausuntoa ojituksen vaikutuksesta alapuolisen vesistön purkautumissuhteisiin erityisesti kevät- ja kesäylikesimäärää sekä teollisuusveden määrää silmälläpitäen. Kysymyksen laajuuden ja tutkimusten vaillinaisuuden vuoksi voin esittää vain hajanaisia näkökohtia asiassa. Maataloushallituksen vesistötutkimusten yhteydessä on kyllä järjestetty erikoistutkimuksia kysymyksen selvittämiseksi, mutta niiden tulokset eivät vielä ole käytettävissä. Purkautumissuhteissa tapahtuneitten muutosten suuruutta on vaikea selvittää vaikka olisi käytettävissä pitkäaikaisiakin havaintosarjoja. Seuraavassa tarkastelenkin vain sitä, onko vaikutus kokonaisvesimääriä tai purkautumisvaihteluita suurentava tai pienentävä. Koetan käsitellä asiaa Pohjois-Pohjanmaan olosuhteita silmälläpitäen kiinnittämällä huomion etupäässä siihen, ovatko mahdolliset muutokset käytännön kannalta merkittäviä.

Kun otetaan huomioon riittävän pitkä ajanjakso ja edellytetään sadealueen pysyneen muuttumattomana, on alueen kokonaispurkautuminen riippuvainen vain kahdesta tekijästä — sateesta ja haihtumisesta. Sateella tarkoitetaan tällöin kaikkia alueelle ilmasta saapuvia vesiä ja haihtumisella vastaavasti kaikkia alueelta ilmaan poistuvia vesiä.

Sademäärissä voidaan ajatella tapahtuneen ojituksen vaikutuksesta välillisesti muutoksia m. m. jos pohjavedenpinnan ale-

neminen muuttaa haihtumista ja siten myös haihtumisesta aiheutuneita sateita. Myöskin voi ojitus muuttaa kasvipeitettä ja sen kautta vaikuttaa sateisiin. Kasvipeitteeseen nähden on yleensä kiinnitetty huomiota lähinnä metsien vaikutukseen ja tätä kysymystä onkin kirjallisuudessa laajalti käsitelty. Tutkimustulokset metsien vaikutukseen nähden poikkeavat kuitenkin huomattavasti toisistaan. Näyttää kuitenkin todennäköiseltä, että metsillä on vähäinen sademääriä lisäävä vaikutus. Ne muutokset, mitä meillä ojitukset voivat metsien kasvussa aiheuttaa, ovat kuitenkin sellaisia, että *purkautumissuhteita silmälläpitäen voitaneen ojituksen vaikutusta sademääriin pitää käytännön kannalta merkityksettömänä.*

Sensijaan *ojituksella voi olla haihtumiseen siinä määrin vaikutusta, että se tulee myös kokonaispurkautumisessa näkyville.* Kun pohjavedenpinta alenee ojituksen johdosta, pienenee yleensä haihtuminen. Tämä tulee kysymykseen erittäinkin suomailla, joilla haihtuminen on runsasta. On esitetty kaavojaakin keskipurkautumisen määräämiseksi suomailla vesiväylätiheyden $(= \frac{\text{vesiväylätiheys}}{\text{sade-}})$ perusteella. Näissä kaavoissa on keskipurkautumisen edellytetty lisääntyvän vesiväylätiheyden lisääntyessä. Käsitykseni mukaan tähän suuntaan käyvä kehitys on varsin todennäköinen, mikäli ojituksia riittävästi suoritetaan ja mikäli ne eivät samalla ole vaikuttamassa

muissa olosuhteissa sellaisia muutoksia, joilla on vastakkainen vaikutus. Esimerkiksi metsää kasvavilla suomailla pohjavedenpinta on yleensä syvämmässä — keskimäärin 0.20—0.50 m — kuin aukeilla soilla, mihin metsistä tapahtuvalla haihtumisella lienee osuutta. Keski-Euroopassa ja Keski-Venäjällä on todettu pohjavedenpinnan metsämailla olleen useita metrejä syvämmässä kuin läheisillä aukeilla, mikä on selitetty johtuvan metsien haihduttavasta vaikutuksesta. Jos siis ojitus lisää metsien kasvua, voi alueelta tapahtuva haihtuminen lisääntyä ja siten vaikuttaa vastakkaiseen suuntaan kuin pohjaveden aleneminen. Metsien haihtumista lisäävä vaikutus johtuu osaksi myös siitä, että sadevesiä ei pääse metsissä maahan asti niin runsaasti kuin aukeilla, sillä oksien pidättämistä vesistä haihtuu huomattava osa takaisin ilmaan. Tämä oksilta haihtuva vesimäärä vaihtelee yleensä metsän laadusta ja tiheydestä sekä sateen määrästä ja rankkuudesta riippuen meillä 0—50 % sadekorkeudesta. Kuvassa 1 on esitetty sademäärän ja metsän tiheyden likimääräinen vaikutus oksilta tapahtuvaan haihtumiseen eräässä 50 vuotiaassa, puolukkatyyppin mäntymetsässä, jossa aukkoja on keskimäärin 50 %, Ruokolahdella touko—lokakuussa vv. 1935—1936 Maataloushallituksen vesistötutkimuksissa suoritettujen havaintojen mukaan. Kuvassa tarkoittaa aukkojen 100 %:inen määrä puutonta kohtaa ja 0 %:inen kohtaa, jossa latvukset varjostavat koko maanpinnan.

Talvella ovat olosuhteet hieman toisenlaiset kuin kesällä, sillä haihtuminen puiden oksilta jää suhteellisesti vähäisemmäksi kuin kesällä. Tuuli sensijaan voi aukeilla haihduttaa lumipeitteestä varsinkin suoja-ilmioilla siinä määrin vettä, että aukeilla haihtuminen voi ylittää metsissä tapahtuvan haihtumisen. Kuva 2 osoittaa metsäntiheyden ja laadun vaikutusta kevään lumi-varaston keskimaksimiin vv. 1934—1937

Maataloushallituksen vesistötutkimuksissa maan eri puolilla suoritettujen havaintojen mukaan. Lumen vesi-arvo on siinä ilmaistu %:na peltoaukeiden lumimäärästä. Harvoissa metsissä on lunta yleensä enemmän kuin peltoaukeilla, mutta tiheissä vähemmän. Mikäli siis ojitus aikaansaa metsän määrässä ja tiheydessä muutoksia sikäli se voi myös välillisesti aiheuttaa edellä selostettuja muutoksia alueelta tapahtuvaan haihtumiseen.

Ojituksella voidaan myös muuttaa sadealueen suuruutta. Tässä ei tarkoiteta ainoastaan pintaveden jakajia noudattaen määrättyä sadealuetta vaan huomioonottaen myös pohjaveden virtaukset. Eritäinkin tasaisilla alueilla, kuten Pohjois-Pohjanmaalla, voidaan maat kuivattaa useasti monia eri suuntia noudattaen. Tällaiset muutokset voivat varsinkin pienillä vesiväylillä merkitä suhteellisesti suurta sadealueen lisäystä tai vähennystä ja vastaavasti myös muutosta purkautuvissa vesimäärissä.

Teollisuusvedellä käsitetään sellaista purkautumismäärää, joka saavutetaan tai ylitetään keskimäärin 9 kk:n aikana vuodessa. Tämä vesimäärä on riippuvainen paitsi keskipurkautumisesta m. m. myös alueen järvisyydestä. Mitä järvirikkaampi alue on, sitä suurempi on teollisuusveden määrä verrattuna keskipurkautumiseen. Järviolaa pienentämällä pienennetään myös teollisuusveden määrää. Ojitetuksi käsitetään nykyisen vesioikeuslain mukaan myös suossa tai rahkassa olevien pienien lampien laskeminen. Tällaisilla toimenpiteillä ei kuitenkaan teollisuusveteen ole merkitystä. Mutta useasti on esitetty, että samalla tavalla kuin järvialan pienentäminen keskiveden korkeudella vaikuttaa myös purojen varsilla olevien tulva-alueiden poistaminen, mikä varsin useasti voi tulla kysymykseen ojitusten yhteydessä. Tällainen voi yksityisissä tapauksissa olla mahdollista, mutta yleistettynä sellainen käsitys on harhaan-

johtava. Tulva-alueita poistamalla voidaan varsin huomattavastikin vaikuttaa ylivesimääriin, mutta sen jälkeen kun tulva on laskeutunut, tulva-alueen varastoimiskyvyn vaikutus häviää nopeasti, joten myöskin ojituksen mahdollisesti aiheuttamien varastomuutosten vaikutus tulee merkityksettömäksi. Haihtumistekijä tulee sitäpaitsi kesällä siinä määrin määrääväksi, että ojituksen tässä tekijässä mahdollisesti aiheuttamat muutokset voivat hyvin korvata sen vesimäärävähennyksen, minkä tulva-alueen poistaminen on teollisuusvedessä voinut aiheuttaa. Haihtumisen suuruus kesäkuukausina käy ilmi allaolevasta taulukosta, jossa on esitetty eräitä likimääräisiä laskelmia haihtumisesta kesä—syyskuussa vv. 1931—1935.

Vesiväylä, pitäjä	Sadealue		Haihtunut kesä—syys- kuussa % sateesta
	km²	järvi %	
Putaanjoki, Vehmaa	94	1	95
Pihkalanjärvenoja, Viipuri	45	0	85
Ekoluoma, Alahärmä	80	0	85
Kähtävänoja, Alavieska ..	60	2	75

Taulukosta voidaan myös saada viitteitä maantieteellisen aseman vaikutuksesta haihtumiseen. Koko vuoden sateista haihtuu Hydrografisen toimiston suorittamien mittauksen mukaan Etelä-Suomessa likimäärin puolet ja Pohjois-Suomessa neljäsosa. Pohjois-Pohjanmaalla on haihtumistekijällä jo vähäisempi vaikutus kuin Etelä-Suomessa, mutta kesällä sillä on kuitenkin huomattava vaikutus, kuten m.m. Kähtävänojan arvot osoittavat.

Talvipurkautumista silmälläpitäen ojituksella voi olla — varsinkin sellaisina talvina, jolloin maassa ei ole routaa — merkitystä teollisuusveteen sikäli, että vesien valuminen jatkuu pitkin talvea, mikä lisää vesimääriä.

Edelläolevasta lieenee selvinnyt, että ojitus voi toisaalta lisätä teollisuusvettä ja toisaalta sitä vähentää. Nämä toistensa kanssa vastakkaiset vaikutukset osaksi ku-

moavat toisiaan ja ojituksen vaikutus teollisuusveteen jäänee yleensä merkityksettömäksi. Näin on asian laita erittäinkin suurissa ja järvirikkaissa vesistöissä. Hydrografisen toimiston suorittamien, useita vuosikymmeniä kestäneiden havaintojen nojalla ei tällaisissa vesistöissä ole voitu saada näkyville sekuläärisiä muutoksia purkautumissuhteissa yhtä vähän yli-, keski- kuin alivesimääriinkin nähden. Tämä osoittaa, että mahdolliset muutokset, joihin sisältyvät myöskin ojituksen aiheuttamat, ovat olleet vähäisiä.

Vaikka suurissa, järvirikkaissa vesistöissä ojituksen vaikutus ylivesimääriinkin jää yleensä merkityksettömäksi, voi se pienissä ja järveltömissä vesiväylissä olla huomioonotettava. Tarkastamme aluksi kevään ylivesimääriä, jotka ovat tärkeimpiä; ainakin 90 % vuosista on Pohjois-Pohjanmaalla sellaisia, jolloin vuosimaksimi sattuu keväällä, lumen sulamisen aiheuttamana. Edellä on jo viitattu niihin vaikutuksiin, mitä tulva-alueiden poistamisella on ylivesimääriin. Tulva-alueitten poistaminen jouduttaa vesien valumista. Ojituksella voidaan myös jouduttaa sade- ja lumensulamisesien valumista ja yleensä valumista jouduttavat tekijät suurentavat ylivesimääriä. Tässä suhteessa kehitys ei kuitenkaan aina tapahtu suoraviivaisesti. Tämän osoittamiseksi esitetään kuvassa 3 eräs, kaavamainen esimerkki. Oletetaan, että esim. pelto-alueilta tapahtuu valuminen puolessa ajassa ojittamattomaan alueeseen verrattuna. Jos purkautumista osoittava käyrä pysyy saman matemaattisen lausekkeen kuvaajana (kuvassa on käytetty sinikäyriä) ylivaluma kasvaa tällöin kaksinkertaiseksi. Katkoviiva esittää ojittamattoman alueen, käyrät I, II ja III osoittavat peltoalueen purkautumista; tapauksessa I purkautuminen alkaa lisääntyä samanaikaisesti kuin ojittamattomalla alueella, tapauksessa II aikaisemmin ja tapauksessa III myöhemmin niin, että ylivaluman ajankohdat yhtyvät. Jos nyt ojittamaton alue muuttuu vähi-

tellen peltoalueeksi, muuttuu koko alueen ylivaluma kuvassa 4 esitettyjen viivojen I, II ja III mukaan. Ylivaluman kehitys purkautumisnopeuden muuttuessa on siis riippuvainen siitä, mihin aikaan peltoalueen ylivaluma sattuu ojittamattoman alueen ylivalumaan verrattuna. Tapauksissa I ja II ylivaluma aluksi pienenee, mutta peltoalueen lisääntyessä koko alueen ylivaluma alkaa vähitellen kasvaa. Tapauksessa III ylivaluma suurenee koko ajan suoraviivaisesti peltoalueen lisääntyessä. Viivat IV ja V (kuva 4) vastaavat muutoin tapauksia II ja III, paitsi että niissä on edellytetty peltoalueen ylivaluman olevan 3-kertaisen ojittamattoman alueen ylivalumaan verrattuna. Tapauksessa IV ylivaluma myöskin aluksi pienenee, mikä osoittaa, että tämä kehityksen suunta on riippumaton siitä, miten paljon peltoalueen ylivaluma eroaa ojittamattoman alueen ylivalumasta.

Ylivaluman ajankohta keväällä on riippuvainen lumen sulamisesta. Aukeilla tämä tapahtuu yleensä aikaisemmin kuin metsämailla. Lumi estää keväällä vesien valumista, kunnes sulamisen loppuvaiheessa lumivallien taakse patoutuneet vedet pääsevät samanaikaisesti valumaan. Jos ojituksella joudutetaan aukeilla mailla vesien valumista, on odotettavissa, että sen vaikutus kokonaisalueen purkautumiseen noudattaa viivojen I ja II (kuva 4) mukaista kehitystä. Samanlainen on myös yleensä vaikutus, jos purkautumista joudutetaan vesistöjen alajuoksulla. Tulva-aalto etenee kuitenkin Suomessa järveltömillä vesiväylillä keväällä yleensä 20—80 km vuorokaudessa, ja kun metsämailla lumen sulaminen on useita vuorokausia jälessä peltoaukeiden sulamisesta, voi suurillakin vesiväylillä purkautumisen jouduttaminen myöskin alajuoksulla olevilla metsämailla aiheuttaa viivan III (kuva 4) mukaisen kehityksen.

Osoitukseksi siitä, että *purkautumista jouduttavat tekijät voivat vaikuttaa myöskin ylivalumaa pienentävästi* esitetään kuvassa 5 kevään purkautumisvaihtelut vv. 1936 ja 1937 kahdella rinnakkaisalueella, Huhtisuolla ja Latosuolla, Ruokolahden pitäjässä. Alueiden pinta-ala on n. 4.5 km². Huhtisuolla ei ole lainkaan peltoa, Latosuolla on sitä 20 % pinta-alasta (viivotettu alue kuvassa 5 A esittää peltojen aseman). Latosuon alueen pienempiin ylivalumiin on ilmeisesti syynä se, että vedet alkavat valua *aikaisemmin* kuin Huhtisuolla, missä ei ole lainkaan ojia. Huhtisuolla taasen vedet kokoontuvat suuriksi lammikoiksi, jotka lumiesteiden poistuttua samanaikaisesti purkautuvat nevasoiden taista pintaa pitkin. Vesien varastoituminen maahan myös voi olla vaikuttamassa Latosuon ylivalumiin.

Myöskin olen kirjoituksessani „Maankuivatustöiden vaikutuksesta vesistöjen purkautumissuhteisiin Suomessa”, Maanviljelysinööriryhdistyksen vuosikirjassa 1938, esittänyt keskiarvolukuja 23 vähäjärvisellä vesiväylällä vv. 1934—1937 suoritetuista havainnoista peltoalan vaikutuksesta kevään ylivalumaan. Vesiväylät sijaitsevat etupäässä Etelä-Suomessa. Ryhmittämällä alueet neljään ryhmään, joissa havaintovuosien lukumäärä vaihtelee 18—26, sekä muuntamalla eri tavoilla ryhmäkeskiarvot 40 km² suuruisia sadealuetta ja samaa lumivarastoa vastaavaksi keskiylivalumaksi saadaan peltoprosentin muuttuessa keskimäärin seuraavat suhdeluvut:

Peltoprosentti	Suhteellinen ylivaluma
1	100
15	84
30	81
43	117

Kuvassa 4 on esitetty arvoja vastaavat pisteet. Ne tukevat olettamusta, että *jos peltoa on vähemmän kuin 30 %, alueen*

ylivaluma voi olla pienempi kuin täysin viljelemättömän alueen. Syyt tähän kehitykseen ovat käsitykseni mukaan seuraavat:

1) lumet sulavat aikaisemmin pelloilta kuin metsämailta, joten kokonaisalueen sulamiskausi pitenee,

2) vedet purkautuvat ojitetuilta pelloilta nopeammin kuin ojittamattomilta metsämailta,

3) pellot sijaitsevat yleensä vesiväylien varsilla ja alajuoksulla.

Jos sensijaan vesien valumista joudutaan vesistöjen latvoilla taikka metsämailta, missä lumen sulaminen tapahtuu myöhemmin, tällöin voi ylivaluman muutos olla toisenlainen.

Ojituksen vaikutus ei kuitenkaan ole yksinomaan purkautumista jouduttava. Kun ojituksen kautta maahan muodostuu huokoistilaa, johon vedet voivat varastoitua, tämä vaikuttaa hidastuttavasti vesien valumiseen. Riippuen siitä, miten suuri osa lumen sulamisessa vapautuneista vesistä näin varastoituu ja miten suuri osa vesistä virtaa entistä nopeammin oja myöten pois, voi vaikutus olla joko purkautumista hidastava tai jouduttava. Esim. nevasoilla, joissa keväällä pintavirtaus on nopeaa maan pintakerroksen tasaisuuden vuoksi ja joissa ei maahan eikä maanpinnan epätasaisuuksiin pohjaveden korkeuden vuoksi voi vesiä varastoitua, voi ojituksen hidastava vaikutus tulla määrääväksi. Yleensä lienee kuitenkin purkautumista jouduttava vaikutus kevään ylivesimääriin nähden etualalla. Kun lisäksi monilla muilla ihmistoimenpiteillä, kuten metsien hakkuilla, on samansuuntainen vaikutus, edistää tämä kehitystä siihen suuntaan, että lyhytaikaiset purkautumisvaihtelut lisääntyvät järveltömillä vesiväylillä. Järvirikkailla vesiväylillä järvien tasoittava vaikutus on niin suuri, että ojituksen aiheuttamat muutokset ylivesimäärissä todennäköisesti jäävät merkityksettömiksi.

Pohjois-Pohjanmalla viljelysala on vielä niin vähäinen ja ojituksia toimitettu niin rajoitetussa määrässä, että edelläesitetyn perusteella eivät vesiväylien alajuoksulla ja aukeilla mailla suoritettut ojitukset lisänne kevään ylivesimääriä. Pohjois-Pohjanmaalla esiintyy kuitenkin tekijöitä, joiden johdosta ojitukset varsinkin n. s. kantaviemäreiden kaivuun, voivat tästä huolimatta lisätä ylivesimääriä. Tällaisista tekijöistä mainittakoon:

1) Routa tunkeutuu yleensä syvemmälle kuin maan muissa osissa. Tämä ehkäisee lumensulamisvesien imeytymistä maahan.

2) Maa ei ole mäkistä, mikä estää vesien valumista lumen sulamisen alkuvaiheessa myöskin ojitetuilla mailla. Kun sitten vesien virtailua ehkäisevät lumiesteet häviävät, jouduttaa ojitus lammikoiksi kokoon-tuneitten pintavesien virtailua ja lisää ylivesimääriä.

3) Soitten runsauden ja metsänkasvun heikkouden sekä maan pintakerroksen tasaisuuden vuoksi on jo luonnontilassa runsaasti sellaisia alueita, jotka purkautumisuhteiden vuoksi ovat peltoaukeisiin verrattavia.

4) Yökylmien purkautumista ehkäisevä vaikutus ei ole niin huomattava kuin Etelä-Suomessa, missä ojituksella voidaan eräissä tapauksissa lisätä etupäässä vain vuorokausivaihteluita.

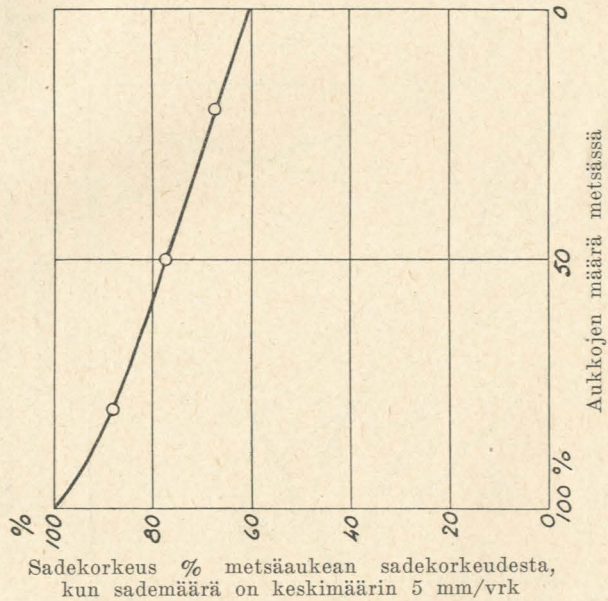
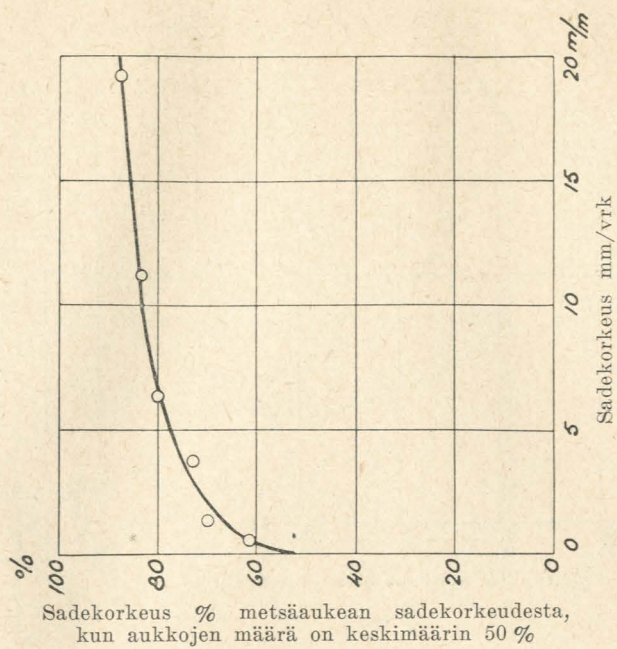
Vesisateiden aiheuttamiin ylivesimääriin nähden olosuhteet ovat toisenlaiset kuin lumen sulamisen ollessa kyseessä. Sade ei jakaannu varsinkaan äkillisissä rankkasateissa niin tasaisesti koko alueelle kuin lumen sulaminen; routaa, mikä vaikeuttaa vesien tunkeutumista maahan, ei ole; haihtuminen on runsasta; maassa on huokoistilaa j. n. e. Suomessa kuitenkin äkilliset rankkasateet vain harvoin aiheuttavat haitallisia tulvia. Tavallisesti tulvia aiheutta-

vat vesisateet ovat sadekausina sattuneita maasateita, jolloin maassa oleva varastotila on veden täyttämä. Tällöin purkautumista jouduttavilla tekijöillä on tulvia lisäävä vaikutus. Jos taasen sade sattuu aikana, jolloin maahan voi varastoitua vesiä, voi ojituksen aiheuttaman varastotilan lisäys vaikuttaa purkautumista hidastavasti siinä määrin, että ylivesimäärät pienenevät.

Edellä on koetettu esittää eräitä yleisiä suuntaviivoja ojituksen vaikutuksesta. Purkautumissuhteisiin vaikuttavat kuitenkin niin monet eri tekijät, että ojituksenkin vaikutus jää riippumaan siitä, minkälainen tekijöiden yhteisvaikutus on. Samallakin vesiväylällä voi vaikutus toisissa olosuhteissa olla aivan vastakkainen kuin toisissa olosuhteissa.

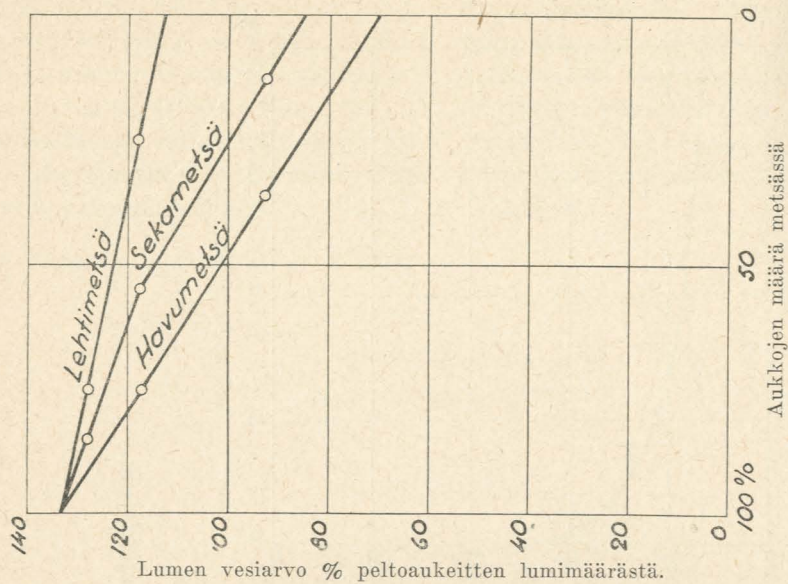
Helsingissä, elokuun 16 p:nä 1938.

Pentti Kaitera.
Maanviljelysinsinööri.



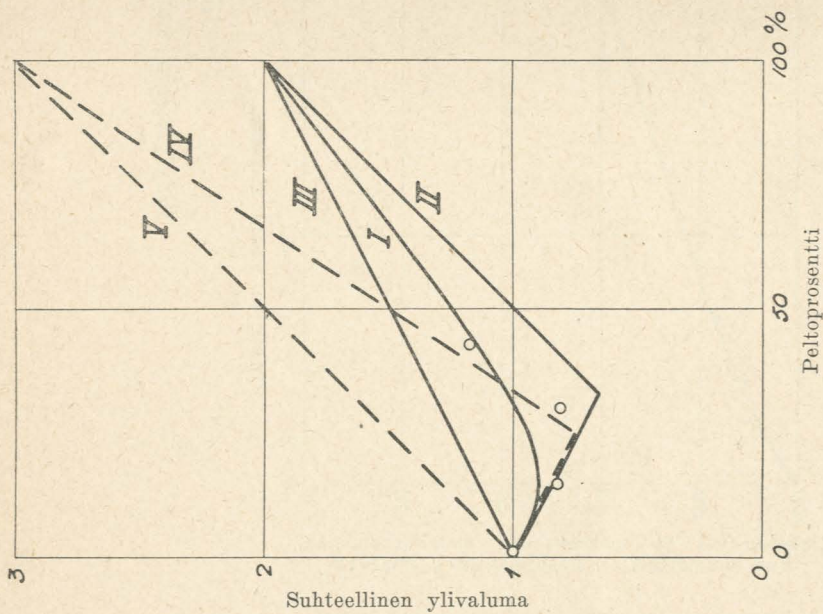
Kuva 1.

Mäntymetsän vaikutuksesta vesisateisiin.



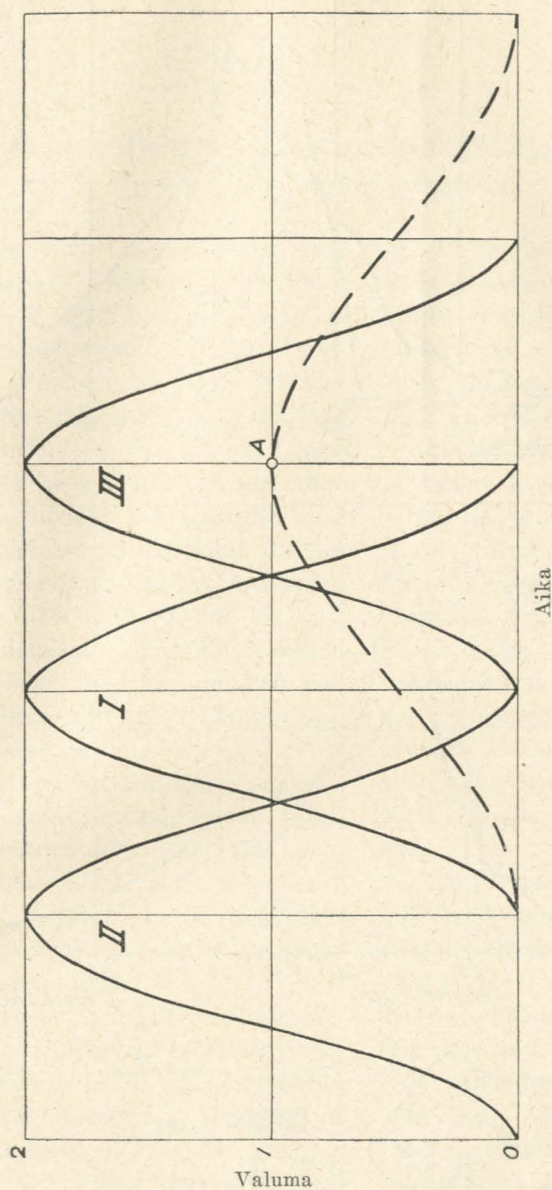
Kuva 2.

Metsän tiheyden vaikutus lumen vesiarvon
kevätmaksimiin.



Kuva 4.

Suhteellisen peltoalan vaikutus ylivalu-
maan (viljellyn ja viljelemättömän alueen
ylivaluman suhde on 2:1 tai 3:1).



Kuva 3.

Purkautumista kuvaavia sinikäyriä. I, II ja III kuvaavat viljellyn alueen purkautumista, kun ylivaluma suhtautuu viljelemättömän alueen ylivalumaan (piste A) kuten 2: 1 ja purkautumisaika vaihtelee.

Kuva 5.

Huhtisuon (---) ja Latosuon (—) purkautumisvaihtelut keväällä vv. 1936—37.

