

Leo Heikurainen:

AJATUKSIA TURVEMAIDEN VESITALOUDESTA

Vesitalouden oikea järjestely on kasvi- tuotannon perusedellytyksiä, olipa sitten kysymys maataloudesta tai metsätaloudesta. Turvemailla on yleensä kysymys kuivatuksesta, mineraalimailla myös kastelusta. Metsän kasvatusta ajatellen turvemaat ovat tässä mielessä optimikasvupaikkoja, koska niillä voidaan vesitalous järjestää halutunlaiseksi. Kangasmaiden usein liiallista kuivuutta ei yleisesti ottaen ole taloudellisin toimenpitein mahdollisuus parantaa.

Kun vesitalouden muuttaminen soilla optimaaliseksi on mahdollista, on selvää, että jo pitkän aikaa on tehty näihin kysymyksiin liittyvää tutkimustyötä. Tutkimusten luonne on ollut valtaosaltaan deskriptiivinen, myös silloin, kun on tehty pitkäaikaisiksi tarkoitettuja kenttäkokeita erilaisine sarkaleveysineen ja ojasyvyysineen tai vesipinnan järjestelyineen paaomalla vesi tietyille korkeuksille. Lopullisia tuloksia on näissä kenttäkokeissakin pyritty saamaan puuston reagoinnin perusteella. On kuitenkin todennäköistä, että jokainen kenttäkoe, olipa se minkälainen tahansa, on vain esimerkki luonnon suuresta vaihtelusta, esimerkki, jonka yleistämiskelpoisuudesta ei voi olla varma. Turvemaiden laadun ja todennäköisesti ilmastokin aiheuttamaan vesitalouden valtavaan variointiin viittaa mm. se, että Brittein saarilla on metsäojituksessa päädytty käyttämään n. 7—12 m:n sarkaleveyttä, meillä n. 30—50 metriä ja Venäjällä n.

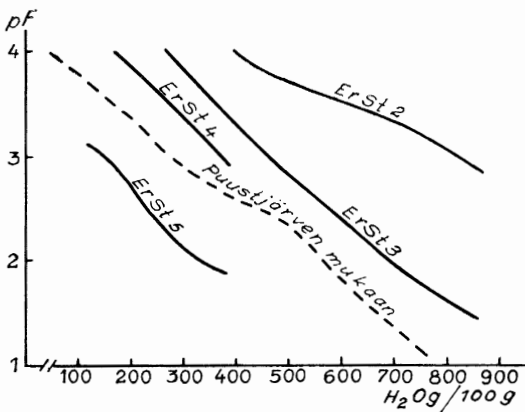
60—100 metriä. Huolimatta erittäin runsaasta tutkimustyöstä ei meillä enempää kuin muuallakaan vielä tiedetä, mikä on eri tapauksissa paras mahdollinen kuivatusteho. Myös tämä viittaa siihen, että oikea ratkaisu voi eri tapauksissa olla hyvinkin erilainen. Ehkä vähän karrikoiden voidaan sanoa, että sarkaleveyden ja ojasyvyyden ratkaisut ovat vielä sormituntuman varassa. Edellä sanotulla en halua väheksyä turvemaiden vesitalouteen kohdistuneiden tähänastisten tutkimusten merkitystä. Tutkimusten ohjaama käytännön kehityksen suunta metsäojitustoiminnassa on ilman epäilyä ollut oikea. Vuosikymmenien kuluessa tapahtuneessa kehityksessä on Multamäen, Lukkalan ja Huikarin tutkimuksilla ollut keskeinen merkitys.

On kuitenkin syytä todeta, että turvemaiden vesitalouskysymysten teoreettista tutkimusta on meillä niin kuin muuallakin tehty vielä kovin vähän. Tämänlaatuisia tutkimuksia on enemmän tehty kivennäis- mailla lähinnä peltojen vesitaloutta silmäläpitäen, mainittakoon vain Heinosen ja Sillanpään tutkimukset. Yliopiston suomensäätieteen laitoksessa on parin viime vuoden aikana pyritty paneutumaan näihin teoreettisiin kysymyksiin ja vaikka tutkimukset ovat vielä varsin alkuvaiheessa, lienee paikallaan kosketella näiden tutkimusten tuloksia ja eräitä niiden herättämiä ajatuksia.

Keskeinen asema maan vesitalouden teoreettisissa selvittelyissä on pF-käsitteel-

metre is 1.62 minutes on the average in the entire material. Of this, exactly one minute represents the time of use of the excavating machine itself. The study revealed that the person performing the work contributes very significantly to one working efficiency. Likewise, the size of the ditch had a powerful effect on the result, a small ditch progressing more slowly in terms of cubic metres than a large ditch. Of the various terrain factors only the stoniness and the stubbiness of the peat land surface had a strong effect on the digging time. Fig. 8 shows the influence of ditch size, stoniness and stubbiness on the time of use of the excavating implement. As a result of the

present study, the author suggest a simple point scoring system (Table 3) for evaluation of the difficulty of the digging job caused by the terrain. In this system a far greater weight has been assigned to heavy stoniness than would be consistent with the time study, considering the stress and wear of the machine caused by the presence of stones. Only the most essential three factors have been taken into account, namely: stoniness, stubbiness, and size of the ditch. Poor bearing capacity, frozen ground and other similar less commonly occurring factors are taken into account with the aid of additional coefficients.



Kuva 1. Esimerkkejä turpeen pF-kuvaajista.

Fig. 1. Examples of pF-curves of peat.

lä, jolla mitataan ja kuvataan niiden voimien suuruutta, jotka pidättävät maassa olevaa vettä. Koska juurten on voitettava vettä maassa pidättävät voimat, sopii pF-käsite erinomaisesti myös kuvaamaan maan vesitalouden kasvifysiologista tilaa.

Taulukko 1. Seuraavassa taulukossa on esitetty pF-arvoja vastaavat energiasuhteet ilmakehinä sekä vesipatsaan korkeutena. Taulukosta nähdään, että pF-arvo on vesipatsaan korkeuden logaritmi. Edelleen taulukossa on esitetty muutamia maan vesitalouden raja-arvoja sekä vesitalouden kasvifysiologisia luokkia pF-käsitteen valossa.

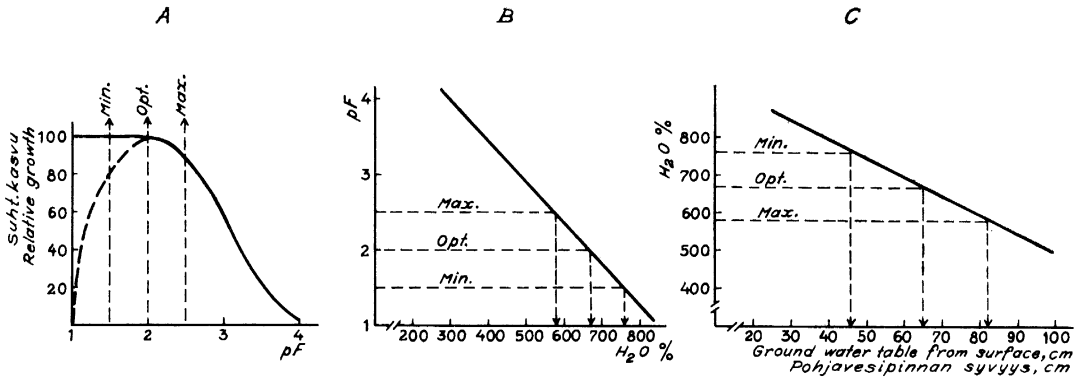
	Jännitys	pF
ik	cm	
0.01	10	1
0.1	100	2
1.0	1000	3
10.0	10000	4
pF		
0 —1.6	Kyllästystosteus	
1.6—2.0	Kenttäkapasiteetti	
3.0	Vähenevän lisäkasvun raja	
4.2	Lakastumisraja	
pF		
0 —1.6	Valuva vesi	
1.6—3.0	Runsaan lisäkasvun vesi	
3.0—4.0	Vähenevän lisäkasvun vesi	
4.0—4.5	Elämää ylläpitävä vesi	
4.5	Hyödytön vesi	

Ilmaisemalla maan vesipitoisuus eri pF-arvoilla saadaan maan vesitalouden luonteesta havainnollinen kuva. Vesipitoisuus voidaan esittää useallakin eri tavalla, esim. prosentteina tuorepainosta tai kuivapainosta tai sitten tilavuusprosentteina. Tavallisin tapa on ilmaista maan vesipitoisuus vesiprosentteina kuivapainosta. Käytän myös seuraavassa tätä tapaa.

Turpeiden pF-kuvaajia on tutkittu varsin vähän. Hiljakkoin on Puustjärvi esittänyt Suo-lehdessä muutamia esimerkkejä, joista selviää turpeiden pF-kuvaajan luonne ja ero multamaihin. Myös laitoksellani on tutkittu muutamien turpeiden pF-kuvaajia. Kuvassa 1 on näiden tutkimusten perusteella saatuja pF-kuvaajia. On mielenkiintoista tarkastella minkälainen on vesipitoisuuden vaihtelu esim. runsaan lisäkasvun veden alueella turvemaissa, eli pF 1.6—3.0. Puustjärven esittämän kuvaajan valossa se on n. 600—300 %, laitoksellani suoritetuissa tutkimuksissa esim. ErSt:illa H₃:ssa 750—500 %. Itse asiassa ei kasvien vedenotolle ilmeisesti ole yhdenkään, mikä on vesipitoisuus edellä mainittujen rajojen sisällä. Viljakasveilla tehdyt tutkimukset viittaavat siihen, että kasveilla on kasvualustan vesipitoisuuden suhteen tietty optimikäyrä, jota esittää kuva 2, piirros A.

Kuvan mukaan on kasvualustan ritsofäärin optimivesipitoisuus pF 2:ta vastaava. Molemmiin puolin pF 2:ta kasvu pienenee, pF:n suurentuessa siitä syystä, että kasvien vedenotto vaikeutuu, pF:n pieneessä sen takia, että liiallisen veden määrästä seuraa mm. hapettomuutta ja tästä juuriston toiminnan heikkenemistä. Kuvaan on merkitty minimikuivatus ja maksimikuivatus, edellinen pF 1.5:n kohdalle, jälkimmäinen pF 2.5:n kohdalle. Sekä minimi että maksimi ovat sopimusasioita, ne voisivat molemmat olla lähempänä optimia tai kauempana siitä. Valitettavasti puiden vesitaloudellisia optimikäyriä ei ole tiettävästi esitetty yhtäkään, joten toistaiseksi on mahdoton määrittää minimiä ja maksimia. Myös optimi-pF on lähes kuviteltu, viljakasveja koskeneista tutkimuksista lainattu.

Olettakaamme kuitenkin, että puiden vesitalouden optimikäyrä olisi kuvan osoittaman kaltainen. Muuttamalla minimi-, optimi- ja maksimikuivatuksen pF-arvot vesiprosenteiksi pF-kuvaajan välityksellä saadaan esitettyjä kuivatuksen raja-arvoja vastaavat vesipitoisuudet. Näin on tehty kuvassa 2, piirros B. Kuvamme tapauksessa maksimikuivatusta vastaava vesipitoisuus olisi n. 580 %, optimi 670 % ja minimi 760 %. Toisin sanoen metsänkasvatusta varten kuivatun suon pintaosien vesipitoisuuden tulisi vaihdella 580 % — 760 %. Koska pF-kuvaaja on varsin eri-



Kuva 2. Optimikuivatuksen teoreettinen ratkaisu.

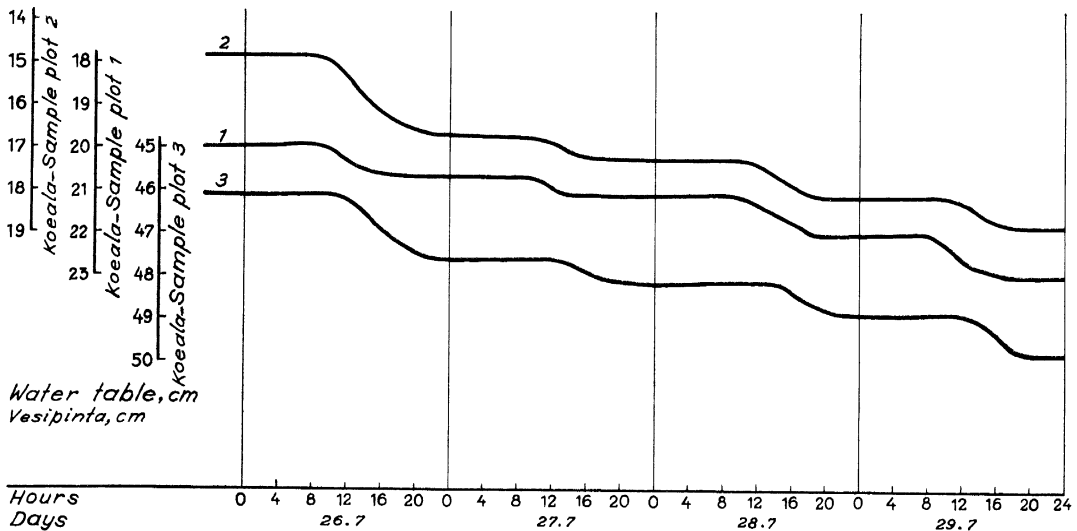
Fig. 2. Theoretical solution of optimum drainage.

lainen eri turvelajeilla ja maatumisasteissa, ovat kosteuspitoisuuden raja-arvotkin sängen erilaisia, esim. Puustjärven tutkimilla turpeilla nämä raja-arvot olisivat 450—650 % ja keskimukaisesti maatu-neessa rahkaturpeessa n. 250—450 %.

Monissa sekä meillä että ulkomailla suoritetuissa tutkimuksissa on pohjavesipinnan korkeuden ja pintaturpeen vesipitoisuuden välillä todettu selvä riippuvuusuhde. Näyttäisi siis olevan mahdollista edelleen muuttaa maksimi-, opti- ja minimikuivatuksen vesipitoisuudet vastaaviksi pohjavesipinnan syvyyksiksi ja siten päästä oikean kuivatuksen määrittelyssä lähemmäs käytännön ratkaisua, nimittäin oikeaan pohjavesipinnan syvyyteen. Tarkastelen seuraavassa pohjavesi-

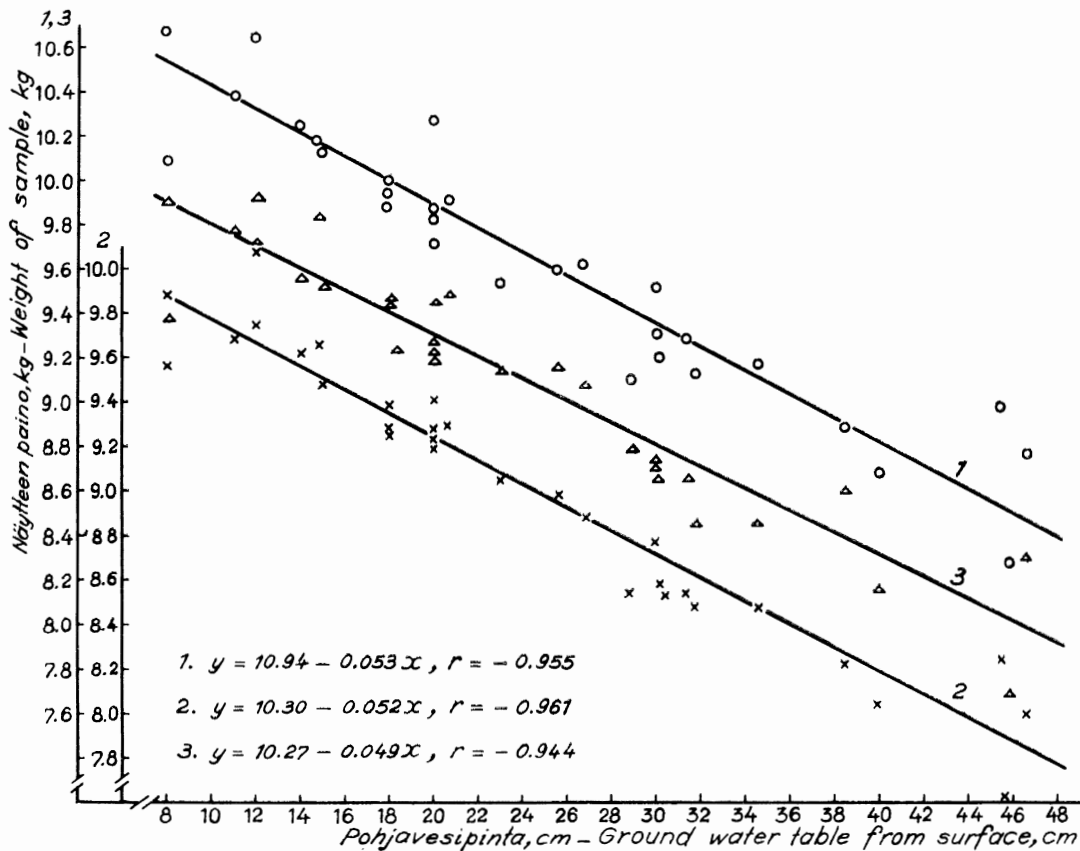
pintaa lähemmin. Mitä pohjavesipinta on ja mitä se vesitaloudesta ilmentää?

Lienee syytä ensin todeta, että vanhat suon vesitalouden tutkijat uskoivat pohjavesipinnan kykyyn luonnehtia kasvualustan vesitaloutta. Viime vuosina on pohjavesipinnan vesitaloutta luonehtivaa kykyä ehditty jo epäillä, mutta näyttää siltä, että pohjavesipinta on entistä perustellummin palaamassa vesitaloudellisten mittausten arvopaikalle. Jo aikaisemmassa yhteydessä olen kiinnittänyt huomiota siihen, että pohjavesipinnan korkeus on erittäin herkkä vesitalouden indikaattori, jopa niin herkkä, että päivittäinen veden haihdunta näkyy selvänä pohjavesipinnan alenemisenä, kuten kuva 3 esimerkin luontoisesti esittää.



Kuva 3. Päivittäisen haihdunnan aiheuttama pohjavesipinnan aleneminen.

Fig. 3. Lowering of water table due to daily evaporation.



Kuva 4. Esimerkki pohjavesipinnan syvyyden ja pintaturpeen vesipitoisuuden välisestä riippuvuussuhteesta.

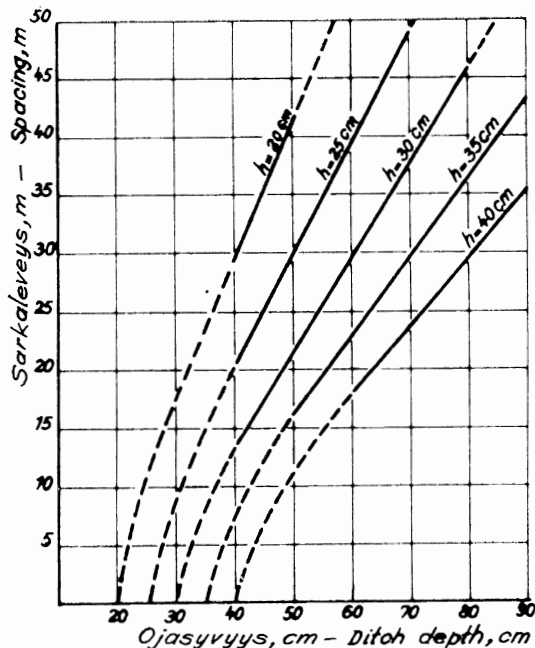
Fig. 4. An example of the correlation between height of water table and water content of the upper peat layer.

Viimeaikoina on ulkomailla julkaistu useampiakin tutkimuksia, joiden mukaan pohjavesipinta on se raja, jossa maaveden jännitys muuttuu paineeksi, eli jossa pF on 0. Laitoksessani suoritettut tutkimukset ovat myös osoittaneet, että pohjavesipinnan korkeuden ja pintaturpeen vesipitoisuuden välillä on kiinteä suoraviivainen riippuvuussuhde. Esimerkkinä näistä tutkimuksista esitettäköön kuva 4. Kuvan tulokset on saatu seuraavasti: Kesällä 1962 ja 1963 punnittiin toistuvasti samoja näytteitä, jotka sijaitsivat samalla suolla muuttaman metrin etäisyydellä toisistaan. Näytteiden koko oli $500 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm}$ eli 10 litraa. Pohjavesi mitattiin läheisestä pohjavesikaivosta.

Riippuvuussuhde on erittäin merkitsevä. Korrelaatiokerroin on n. -0.95 . Monia muita tällaisia mittausarjoja on tehty ja tulosten suunta on sama: Pintaturpeen vesipitoisuuden ja pohjavesipinnan kor-

keuden välillä on erittäin merkitsevä suoraviivainen riippuvuussuhde. Esimerkkimme tapauksessa 10 cm:n ero pohjavesipinnassa merkitsee n. 5 %:n muutosta vesipitoisuudessa.

Hajonnan pienuus regressiosuoran ympärillä on merkillepantavaa. Kuitenkin mittaukset suoritettiin määräaikoina täysin välittämättä mahdollisista sateista tai poudista. Aineistoon sisältyykin sekä poutakausien että voimakkaiden sateiden jälkeisiä mittauksia. Laboratoriokokein on lähemmin selvitetty sateiden ja poutakausien vaikutusta pintaturpeen vesipitoisuuteen ja todettu, että sateen vaikutus on lyhytaikainen ja poudan vaikutus vähäinen. Pintaturpeen vesipitoisuus pysyy varsin kiinteästi sellaisena kuin sen ja pohjavesisyvyyden välinen vuorosuhde edellyttää. Sadeveden painuminen turpeeseen on verrattain nopeaa ja kapillaarisen veden nousun voimakkuus estää vesipitoisuuden



Kuva 5. Tiettyyn kuivatussyvyyteen johtavat sarkalevydet ja ojasyvydet Meshechokin mukaan. h = kuivatussyvyys.

Fig. 5. Depth of draining effect in relation to ditch interval and ditch depth according to Meshechok. h = depth of draining effect.

pienemisen voimakkaan haihdunnankin vallitessa.

Palatkaamme minimi-, optimi- ja maksimikuivatukseen. Pohjavesipinnan syvyyden ja pintaturpeen vesipitoisuuden välisen vuorosuhteen perusteella on mahdollista muuttaa vesiprosentit pohjaveden syvyydeksi kuten kuva 2, piirros C esittää.

Esimerkkimme tapauksessa minimikuivatussyvyys olisi 47 cm, optimi 65 cm ja maksimi 83 cm. On ilmeistä, että erilaisilla turpeilla ja maatumisasteissa nämä kuivatuksen raja-arvot ovat erilaisia, sillä pF-kuvaajien lisäksi myös pohjavesipinnan syvyyden ja pintaturpeen vesipitoisuuden välinen vuorosuhde on erilainen.

Kuten edellä on selvinnyt, on esitetynlainen optimikuivatuksen ratkaiseminen vielä runsaasti tutkimustyötä vaativa. Vesitalouden optimikäyriä ei vielä ole tehty puita varten, eri turvelajien ja maatumisasteiden pF-kuvaajia on vasta alustavasti selvitelty ja pohjavesipinnan syvyyden ja pintaturpeen vesipitoisuuden vuorosuhteen määrittämistä on tehty vas-

ta harvoilla turvelajeilla. Tätä teoreettista tietä kulki näyttäisi kuitenkin olevan hyvä mahdollisuus valaista optimikuivatuksen problemaa yleispätevästi.

Seuraava tehtävä olisi ratkaista minkälaisella kuivatuksella, toisin sanoen millä sarkaleveydellä ja ojasyvyydellä tietty optimikuivatussyvyys saadaan aikaan. Norjassa on Meshechok pyrkinyt kysymystä ratkaisemaan pitkäaikaisilla kenttäkokeilla ja päätenyt kuvan 5 esittämään tulokseen. Meshechokin mukaan siis syvällä ja harvalla ojituksella saavutetaan sama tulos kuin matalalla ja tiheällä ojituksella. Hänen mukaansa esim. 20 cm:n lisäys ojasyvyydessä vastaa n. 17 m:n lisäystä sarkaleveydessä, ja 40 cm:n lisäys ojasyvyydessä n. 34 m:n lisäystä sarkaleveydessä. Tämä käsitys poikkeaa meillä viimeaikoina melko yleisesti hyväksytyistä mielipiteistä, jonka mukaan ojan syventäminen ei tietyn rajan jälkeen sanottavasti vaikuta kuivatussyvyyteen. Käsitystä on perusteltu sillä, että vesien liikkeellesaaminen syvemmillä turpeessa on erittäin vaikeaa verrattuna pintaosissa oleviin vesiin. Kysymys vesien liikkeellesaamisesta on kuitenkin kysymys turpeen vedenläpäisevyydestä. Kuten Sarasto on tutkimuksissaan osoittanut on turpeen maatumisasteella erittäin ratkaiseva vaikutus vedenläpäisevyyteen. Esim. rahkaturpeiden vedenläpäisevyys pienenee H_2 :sta H_8 :aan siirryttäessä yhteen prosenttiin pystysuorassa suunnassa ja 0,5 %:iin vaakasuorassa suunnassa. Meidän soissamme yleinen maatumisasteen suureneminen ja siitä johtuva vedenläpäisevyyden pieneminen syvyyssuunnassa aiheuttaa sen, että ojasyvyyden lisääntymisen vaikutus kuivatussyvyyteen pienee voimakkaasti ja on keskinkertaista maatumisasteissa kerroksissa lähes olematon. Teoreettisesti ottaen ojan syvyyden vaikutus kuivatussyvyyteen on suoraviivainen, jos turve on vedenläpäisevyydeltään koko profiilissa samanlaista.

Toinen tekijä, joka tietysti vaikuttaa kuivatussyvyyteen, on suon pinnan kaltevyys. Meshechok on tuonut esille suon pinnan kaltevuuden merkitystä korostavan käsitteen, efektiivinen sarkaleveys, jolla hän tarkoittaa suurimman kaltevuuden suuntaista ojien välistä etäisyyttä, ojien välinen pienin etäisyys on geometrinen sarkaleveys. Saman kaltevuuden vallitessa

on efektiivinen sarkaleveys ratkaiseva. Samalla kun tämä tosiasia valaisee sarkaleveyden vaikutuksen teoriaa, se myös korostaa voimakkaasti sarkaojen ja yleensä kuivatusojien oikean asettelun tärkeyttä. Meshechokin käsitteillä sanottuna kuivatusojat on asetettava niin, että efektiivinen sarkaleveyden ja geometrisen sarkaleveyden erotus on mahdollisimman pieni, toisin sanoen, että kuivatusojat asetetaan ojilta vaadittavan putouksen rajoissa mahdollisimman paljon korkeuskäyrien suuntaan. Saman asian on esittänyt myös englantilainen Henmann. Hän toteaa, että kun oja on korkeuskäyrän suuntainen, on sen vettä kokoava kyky maksimissa. Jos ojan suunta poikkeaa 15° korkeuskäyrältä, tarvitaan 3 % enemmän ojaa, jotta sen kokoava vaikutus olisi sama kuin korkeuskäyrän suuntaisen ojan. Jos oja poikkeaa 45° korkeuskäyrästä on 40 %:n lisäys ojämäärässä tarpeen. Kun oja on kohtisuorassa korkeuskäyrää vastaan, on ojan vettä kokoava vaikutus nolla. Haluan korostaa tätä seikkaa sen takia, että viimeaikainen käytännön ojitustekniikka on suhtautunut varsin välipitämättömästi tähän ojitustekniikan pääperiaatteeseen.

Edellä esittämäni ajatukset tietyn kui-

vatussyvyyden saavuttamisesta viittaavat siihen, että loppujen lopuksi ojasyvyys ja sarkaleveyskin lienevät ratkaistavissa teoreettisesti. Ojan syvyys ja etäisyys sekä maanpinnan kaltevuus suhteessa ojan suuntaan määräävät ne voimat, joilla oja pyrkii suosta vettä kokoamaan ja lähinnä turpeen laatu ja maatuneisuus ilmentävät niitä voimia, jotka vastustavat vesien liikettä ojiin.

Edellä sanotulla olen halunnut osoittaa, että oikean kuivatuksen aikaansaamisen perusteet on selvitettävä teoreettisin tutkimuksin. Tällaisia tutkimuksia on vielä kovin vähän. Vedenläpäisevyys, pohjavesipinnan korkeuden ja turpeen vesipitoisuuden välinen vuorosuhde, turpeen vesien energiasuhteet lähinnä pF-käsitteen valossa, kapillaarisen vedennousun voimakkuus jne. on selvitettävä riittävän monella turvelajilla ja niiden maatumisasteilla. Tämän jälkeen on mahdollista yleispätevästi ratkaista kussakin erillistapauksessa oikea kuivatus. Ensiksi on selvitettävä optimikuivatussyvyys eri puulajeille eri olosuhteissa, ja toiseksi on selvitettävä se ojan syvyyden ja sarkaleveyden kombinaatio, joka johtaa kulloinkin oikeaksi havaittuun kuivatussyvyyteen.

KIRJALLISUUTTA

- HEIKURAINEN, LEO, 1963. On using ground water table fluctuations for measuring evapotranspiration. Acta Forest. Fenn. 76.5.
- , PAIVANEN, JUHANI and SARASTO, JUHANI, 1964. Ground water table and water content in peat soil. Ibid. 77.1.
- HEINONEN, R., 1954. Multakerroksen kosteus-suhteista Suomen maalajeissa. Agrogeol. Julk. N:o 62.
- HENMANN, D. W., 1963. Forest drainage. Forestry Commission. Research Branch Paper No. 26.
- HUIKARI, OLAVI, 1959. Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä. MTJ 51.5.
- , 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. Ibid. 51.2.
- LUKKALA, O. J., 1929. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta, erityisesti kuivatuksen tehokkuutta silmälläpitäen. Ibid. 15.1.
- , 1951. Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitusalueelta. Ibid. 39.6.
- MESHECHOK, B., 1955. Litt om bestemmelse av tørrleggingsgraden på grøftede myrer. Medd. f. det norske Myrselsk. 5, 1955.
- , 1960. Om grøfteavstand og grøftedybde ved myrgrøfting. Norsk Skogbruk 10.
- MULTAMÄKI, S. E., 1936. Über den Grundwasserstand in versumpften Waldböden vor und nach der Entwässerung. V. Hydr. Konf. der baltischen Staaten. Finnland.
- , 1962. Die Wirkung von Waldentwässerung auf die Ablaufverhältnisse von Torfböden. MTJ 55.23.
- PUUSTJARVI, VILJO, 1963. Turpeen vesitaloudesta. Suo 4, 1963.
- SARASTO, J., 1963. Tutkimuksia rahka- ja saraturpeiden vedenläpäisevyydestä. Ibid. 3, 1963.
- SILLANPÄÄ, MIKKO, 1956. Studies on the hydraulic conductivity of soils and its measurement. Acta Agralia Fennica 87.

Abstract**THOUGHTS ON THE WATER ECONOMY OF PEAT LANDS****By Leo Heikurainen**

The observation is made that very little theoretical research has been done so far concerning the water economy of peat lands. It is true that there has been a fairly extensive research activity in the field of water economy, but the investigations have been descriptive in character and the results constitute only examples without more general validity. In the author's opinion it is possible to solve the problem of optimum silvicultural draining by means of theoretical studies, of which some results are presented in the article. In the first place the optimum curve for the water economy in the growth base of trees in terms of the pF value should be clarified; furthermore, a sufficient number of pF graphs should be determined for different peat types and for their different degrees of humification, and finally the relationship between water content in the surface peat and the ground water table in

different instances should be found. On the strength of these data the optimum draining depth can be decided in different cases with different tree species.

After the optimum draining depth has been fixed, one has to determine the width of the strips between ditches and the ditch depth with which the desired draining depth is achieved. The author is convinced that this problem, too, can be solved theoretically.

The optimum draining is different in different instances, primarily depending on the peat type and on its degree of humification; likewise, the ditch spacing and ditch depth producing optimum draining will be different according to conditions. Only theoretical studies of the water economy on peat lands enable generally valid solutions to be found for the draining problem.
