

No 5

1969

20. vuosikerta

•
15. 10. 1969

S U O

Julkaisija: SUOSEURA

Toimituskunta:

Leo Heikurainen (puh.joht.), Ilpo Mikola, Allan Antola,
Kimmo Tolonen, Juhani Päivänen (päätoimittaja)

Toimitus:

Helsinki 17
Unionink. 40 B
3. krs.

•
Tilauhinta 10,—

Kirjoituksia lainattaessa pyydetään mainitsemaan lehden nimi

Roger R. Bay ¹⁾

HYDROLOGINEN TUTKIMUS YHDYSVALTAIN POHJOISOSIEN SOILLA

Minesotassa, Wisconsinissa ja Michiganissa, jotka sijaitsevat nk. Great Lakes-alueella Yhdysvaltain pohjoisessa keskiosassa, on noin 6 milj. hehtaaria eloperäisiä maita. Suurin osa näistä sijaitsee pohjoisella metsäalueella. *Picea mariana*, *Larix laricina* ja *Thuja occidentalis* muodostavat turvemaalla metsiköitä. Näiden lisäksi on myös rahka- tai saravaltaisia nevoja, jotka muistuttavat Suomessa tavattavia avosoita.

Metsätaloutta harjoitetaan alueilla, jotka kasvavat myyntikelpoista puuta, mutta ojitus ja lannoitus eivät ole käytännön toimenpiteitä kuten on laita Suomessa. Suuren mittakaavan kuivausyrityksiä suoritettiin maanviljelystarkoituksia varten monia vuosia sitten, mutta useimmat niistä epäonnistuivat, koska tiedettiin liian vähän erilaisten turvemaiden ojituskelpoisuudesta. Nykyään katsotaan voitavan lisätä puuston kasvua tai parantaa riistan elinmahdollisuuksia suppeilla alueilla ojituksen tai vesitalouden järjestelyn avulla. Lisäksi soita pidetään tärkeinä veden tuotantoalueina. Sen vuoksi ollaan huolestuneita luonnontilaisten soiden hydrologian muuttumisesta erilaisten maan ja metsän käyttömuotojen, esim. hakkuun tai ojituksen, vaikutuksesta.

United States Department of Agriculture, Forest Service ryhtyiikin tutkimaan soiden hydrologiaa noin 8 vuotta sitten Pohjois-Minnesotassa. Tämän tutkimustyön tarkoituksena on kehittää metsien ja maan käyttömuotoja, jotka liisäisivät ja parantaisivat vesisaantoa, liisäisivät ali-

virtaamia myöhäiskesällä ja suojelisivat veden laatua turvemaiden valuma-alueilla. Tutkimusta suoritetaan koevaluma-alueilla, koelaloilla ja laboratoriossa. Tässä kirjoituksessa käsitellään eri tutkimussuuntia sekä joitakin saatuja tutkimustuloksia.

VALUNTATUTKIMUKSET

Koevaluma-alueen menetelmää käytetään tutkitessa turvemaan käyttömuotojen vaikutusta valuntaan. Tätä tarkoitusta varten on valittu 6 valuma-alueita. Kukin niistä sisältää yksityisen suon pinta-alaltaan 2—15 ha (12—33 % koko valuma-alueen pinta-alasta), jota täysin ympäröi korkeammalle nouseva mineraalimaa. Turvesyvyys vaihtelee muutamasta metristä lähes 10 metriin. Soilla kasvaa *Picea mariana*, jonka rinnankorkeusläpimitta vaihtelee 10—25 cm (kuva 1). Erilaiset *Sphagnum*- ja *Carex*-lajit sekä *Ericaceae*-heimon varvut kuten *Ledum groenlandicum*, *Kalmia polifolia* ja *Chamaedaphne calyculata* var. *angustifolia* ja muutamat ruohovartistet kasvit muodostavat aluskasvillisuuden. Ympäröivillä kangasmailla kasvaa hakuukypsiä *Populus tremuloides* -metsiköitä.

Valuma-alueelta tuleva valunta mitataan rekisteröivillä mittakouruilla pienistä, luonnontilaisista puroista (kuva 2). Soilla on myös sademittareita ja sekä rekisteröiviä että havainnottavia pohjavesikaivoja. Pohjavesivarastojen muutosten seuraamiseksi on läheisille mineraalimaille kairattu syviä kaivoja. Ympäröivien mineraalimaiden vesivarastoja on seurattu neutronmenetelmällä. Täten kaikki tuleva vesi, vesivaraston muutokset suossa ja mineraalimaassa sekä kaikki alueelta valuva vesi on mitattu kul-

¹⁾ Tohtori Roger R. Bay, päähydrologi (Principal Hydrologist), Northern Conifers Laboratory, Grand Rapids, Minn. USA.



Kuva 1. Tyypillistä *Picea mariana*-metsikköä eräällä tutkimusten kohteena olevalla suolla.

Figure 1. Typical *Picea mariana* forest growing in one of the experimental bogs.



Kuva 2. H-tyyppinen valunnamittauskouru (syvyys 61 cm). Valuntaa mitataan 35 hehtaarin laajuiselta valuma-alueelta, josta 8 hehtaaria on suota.

Figure 2. Type 'H' flume (61 cm. deep) measuring runoff from a 35 hectare watershed containing 8 hectares of peatland.

lakin valuma-alueella. Lähempiä tietoja tutkimista soista sekä käytetyistä laitteista on esitetty aikaisemmassa julkaisussa (B a y 1967).

Aineistoa on kerätty näiltä soilta viimeisten 7 vuoden ajan. Tänä kalibrointi aikana on voitu todeta, että eri soiden vuotuiset ja vuodenkaiset valunnat sekä yli- ja alivalumat ovat selvässä riippuvuussuhteessa keskenään. Yksi valuma-alueista on valittu vertailualaksi eikä sen olosuhteita muuteta tulevaisuudessa. Muilla valuma-alueilla suoritetaan erilaisia metsikköjen käsittelyjä näiden vaikutusten selvittämiseksi pohjavesipinnan tasoon ja valuntaan. Käsittelyn valuma-alueen valuntaa verrataan sitten vertailualueen avulla laskettuun teoreettiseen valuntaan. Todellisen ja teoreettisen valunnan erotusta voidaan pitää käsittelyn aiheuttamana. Tätä vertailuvaluma-alueen menetelmää on käytetty lukuisissa maa- ja metsätaloudellisissa valuma-alue tutkimuksissa Yhdysvalloissa ja myös Suomessa (M u s t o n e n 1964).

Erään valuma-alueen käsittely suoritettiin talvella 1969 avohakkuukaistojen vesitaloudellisten vaikutusten selvittämiseksi. Mainitussa tutkimuksessa tehtiin 8 avohakkuukaistaa, joiden leveys oli keskimäärin 30 metriä ja pituus 120 metriä, tasaisesti jakaantuneina 8 ha:n laajuiselle suolle. Suon pohjavesipintaa ja valuntaa käsittelyn jälkeen verrataan vertailualueen perusteella laskettuihin teoreettisiin arvoihin. Eräällä toisella valuma-alueella kaikki kangasmaalla kasvavat puut tullaan kaatamaan mineraimaalla tapahtuvien hakkuiden suon hydrologiaan kohdistuvien vaikutusten selvittämiseksi. Muunkinlaisia toimenpiteitä, kuten metsäoiji-

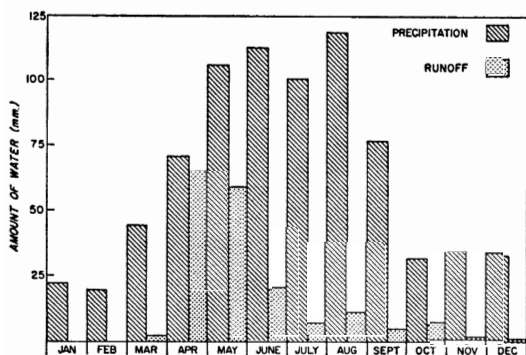
tuksia, tullaan tulevaisuudessa suorittamaan muutamilla tutkimussoilla.

Myös veden laadun tutkimuksia on suoritettu. Näitä tullaan jatkamaan käsittelyjen vaikutusten selvittämiseksi. Veden laadun tarkkailu sisältää pH:n, johtokyvyn sekä lämpötilan mittauksia ja tiettyjen ravinteiden pitoisuuksien (raudan, kalsiumin, natriumin, kaliumin ja typen) määrittämiä.

Vaikka edellä esitettyjen tutkimusten pää-tarkoituksena on selvittää vesisaantojen muutoksia käsittelyjen jälkeen, voidaan kuitenkin myös kalibrointikauden mittausten perusteella tehdä päätelmiä luonnontilaisen valunnan ajoitumisesta. Monissa yhteyksissä turvemaat on katsottu tärkeiksi valunnan säännöstelijöiksi, ts. suot pidättäisivät vettä kosteina kausina ja vähitellen luovuttaisivat tämän veden ylläpitämään valuntaa kuivina kausina. Tämän tutkimuksen suovaluma-alueet eivät kuitenkaan käytäydy tämän teorian mukaisesti. Suurin osa valunnasta tapahtuu kevätkuukausina, huhti- ja toukokuussa, kun taas kesäaikana valunta on vähäistä, vaikka sademäärä olisi suurikin (kuva 3).

Keväinen ylivaluma aiheutuu pohjavesipinnan korkeudesta, lumen sulamisesta sekä kevät-sateista. Haihdunnan pienuuden vuoksi pohjavesipinta pysyy lähellä maanpintaa. Täten suossa on vain vähän veden varastoitumistilaa, joten suurin osa lumensulamisvesistä ja kevät-sateista valuu pois. Kuuden vuoden mittausten perusteella näyttää kevätvaluma olevan keskimäärin 2/3 vuotuisista koervaluma-alueiden vuosivalumista (taulukko 1).

Kesäkuukausien voimakas haihdunta käyttää



Kuva 3. Kymmenen hehtaarin suuruisen valuma-alueen, josta 3,2 hehtaaria on suota, sadannan ja valunnan kuukausikeskiarvot.

Figure 3. Average monthly precipitation and runoff for a 10-hectare bog watershed containing 3,2 hectares of peatland.

suurimman osan kuukausittaisista sademääristä ja vain vähän vettä riittää valuntaan. Kuivina kausina vuotuinen vesivarasto ei kykene ylläpitämään valuntaa ja siten se lakkaa usein kokonaan. Suot eivät siis varastoi vettä pitkiksi ajoiksi eivätkä säännöstele valuntaa.

Valunnan huiput ovat kuitenkin melko matalia, koska veden lyhytaikaista varastoitumista suohon tapahtuu. Vuotuinen kevätylivaluma vaihtelee 20—400 l/sek neliökilometriltä. Kesäytilvalumat ovat tavallisimmin pienempiä. Suokasvillisuuden voimakas haihdunta alentaa kesäkauden pohjavesipintaa ja saa aikaan varastoitumistilaa kesäsaiteiden vesimäärille. Alivalumat ovat selvässä syy-yhteydessä pohjavesipinnan alhaisuuteen. Soiden lähes tasainen topografia aiheuttaa myös jonkin verran valunnan viivästymistä.

Valuntasuhteet eivät ole samat kaikilla soilla. Edellä esitetyt valuntaesimerkit on mitattu kohosilta, jotka eivät saa vettä mineraalimaan pohjavedestä (ombrogeeniset suot). Muutamit suot saavat vettä alueen pohjamaista ja niiltä tulevan valunnan luonne on siten luultavasti erilainen (minerogeeniset suot). Suon ja ympäröivien mineraalimaiden pohjavesien vuorosuhdetta tutkitaan myös.

POHJAVESITUTKIMUKSET

Kutakin suota ympäröivien mineraalimaiden pohjavesisuhteiden tutkimiseksi on kairattu syviä kaivoja (löpimitta 32 mm ja syvyys aina 18 m saakka). Nämä kaivot osoittavat, että yhtä lukuunottamatta tutkimussuot ovat mineraalimaiden pohjavesistä eristettyjä. Ne saavat vettä pääasiassa sateesta ja näyttää siltä, että

Taulukko 1. Eri vuodenaikojen prosenttiset vesisaannot kuuden vuoden keskiarvoina, 1962—67.

Table 1. Percentage of water yield occurring by seasons, 6-year average, 1962—67.

Vuodenaika ¹⁾ Season ¹⁾	Valuma-alue — Watershed			
	S—1	S—2	S—4	S—5
Kevät Spring	63	60	71	70
Kesä Summer	26	26	21	22
Syksy Fall	11	13	7	8

- ¹⁾ Kevät 1.3.—1.6. Spring — March 1 to June 1
 Kesä 1.6.—1.9. Summer — June 1 to Sept. 1
 Syksy 1.9.—1.12. Fall — Sept. 1 to Dec. 1

ne luovuttavat vain vähän tai tuskin ollenkaan vettä pohjamaan vesisysteemiin.

Suo, joka saa vettä mineraalimaiden pohjavesilähteistä, poikkeaa sekä kasvillisuudeltaan että hydrologialtaan edellä kuvatuista ombrogeenisistä soista. Turpeen happamuus on vähäisempää ja mineraalirikas vesi sisältää enemmän ravinteita. Tämän vuoksi kasvillisuus on moninaisempaa ja boniteetti on korkeampi. Minerogeenisen suon kasvillisuudella on eutrofisia piirteitä, kun taas ombrogeenisten soiden kasvivyhdyskunnat ovat oligotrofisia.

Ombrogeenisten soiden pohjavesipinnan liikkeet ja valunnat riippuvat lähinnä sadantasuhteista. Minerogeenisella suolla ympäröivien kangasmaiden pohjavesisuhteiden muutokset vaikuttavat myös suon pohjavesipintaan. Suoeden jatkuva täydentyminen aiheuttaa vakaamman pohjavesipinnantason ja pienemmän valunnan vaihtelun.

Soiden ja ympäröivien kangasmaiden pohjavesisuhteiden tutkimuksia jatketaan parhaillaan geofysikaalisin erikoislaittein. Seismistä refraktiota, sähköistä vastusta sekä painovoimamenetelmiä käytetään tutkittaessa minerogeenisen suon pohjamaasta saamia vesimääriä. Soiden hydrologian ymmärtämiseksi vaaditaan siis myös kangasmaiden pohjavesiolojen tuntemusta.

ORGAANISTEN MAIDEN TUTKIMUKSET

Rikkomattomien turvenäytteiden fysikaalisia ominaisuuksia on tutkittu, jotta voitaisiin selittää paremmin suon pohjavesipinnan liikkeitä ja valunnan muutoksia. Veden varastoitumiskapasiteetti ja liikkumisnopeus turpeessa vaikutta-

Taulukko 2. Eräiden turpeiden hydrologisia ominaisuuksia (Boelterin 1969 mukaan).

Table 2. Hydrologic characteristics of several peat materials (from Boelter, 1969).

Turpeen laatu <i>Peat material</i>	Tilavuuspaino <i>Bulk density</i> (g./cc.)	Vesisaanto ¹⁾ <i>Water yield¹⁾</i> (cc./cc.)	Vedenläpäisevyys <i>Rate of water</i> <i>movement</i> (10 ⁻⁵ cm./sec.)
Maatumaton rahkaturve <i>Undecomposed moss</i>	0.04	0.60	3.810
Osittain maatunut ruohoturve <i>Partly decomposed</i> <i>herbaceous peat</i>	.156	.12	.70
Hyvin maatunut turve <i>Well decomposed peat</i>	.261	.08	.45

vat pohjavesipinnan liikkeisiin ja veden purkautumiseen.

Maafysikaalisessa laboratoriossa painelaitteilla ja erillisillä imukammioilla suoritetut tutkimukset ovat osoittaneet, että turvelajien vedenpidätyskyvyt vaihtelevat. Erilaisten turpeiden vaakasuoran ja pystysuoran vedenläpäisevyyden selvittämiseksi on suoritettu piezometer-menetelmällä kenttämittauksia. Turpeen tilavuuspaino ja maatuneisuus vaikuttavat sekä vedenpidätyskykyyn että vedenläpäisevyyteen. Hyvin maatuneessa, suuren tilavuuspainon omaavassa turpeessa on pienet huokokset ja siitä saadaan vain pieniä määriä vettä. Maatumattomassa rahkaturpeessa on sitä vastoin suuret huokokset, jotka voidaan helposti kuivattaa (taulukko 2).

Korkeat valunta-arvot ovat yhteydessä korkeaan pohjavesipintaan, koska lähellä suonpintaa on yleensä heikosti maatunutta turvetta ja näiden turpeiden suuret huokokset sallivat veden nopean pääsyn suon lasku-uomaan. Haihdunnan alentaessa kasvukauden aikana pohjavedenpintaa on valuntaan käytettävissä vähemmän vettä, koska syvemmällä olevat turpeet ovat tavallisesti hyvin maatuneita ja pidättävät enemmän vettä. Täten suon hydrologiset reaktiot ja pohjavesipinnan tehollisella vaihtelualueella olevan pintaturpeen fysikaaliset ominaisuudet ovat ainakin osittain keskinäisessä vuorosuhteessa.

Äskettäin on aloitettu lisätutkimukset maan vesitalouden järjestelyn ja kuivatuksen vaikutuksesta orgaanisten maiden fysikaalisiin ominaisuuksiin ja vedenpidätyskykyyn. Pohjavesikaivoja ja piezometrejä käytetään selvitetessä

veden virtausta kuivatusojiin, kun pohjavesipinta on eri syvyyksillä. Tulevissa tutkimuksissa pyritään selvittämään erilaisen kuivatusintensiteetin vaikutusta orgaanisten maiden vedenpidätyskykyyn ja vesipitoisuuteen sekä valunnan määrään ja ajoittumiseen.

HAIHDUNTATUTKIMUKSET

Soilta tapahtuvaa haihduntaa on tutkittu kahdella menetelmällä. Toisessa käytettiin pohjattomia haihduntalysimetrejä mitattaessa vapaata haihduntaa ja pintakasvillisuuden haihduntaa avosuolta. Mitattu haihdunta kävi tyydyttävästi yksiin nk. Class A land pan'lla mitatun haihdunnan ja Thornthwaiten menetelmällä lasketun potentiaalisen evapotranspiraation kanssa. Toisessa menetelmässä on yksityisellä suolla mitattu sadanta, valunta ja vesivaraston muutos ja näiden avulla laskettu koko valuma-alueen haihdunta. Näillä vesitaselaskelmilla saadut haihdunta-arvot korreloivat hyvin 6 kuukauden mittausjakson todellisen haihdunnan ja lasketun potentiaalisen evapotranspiraation kanssa. Lyhyiden kuivien kausien laskelmat osoittivat kuitenkin, ettei haihdunta yltänyt potentiaalisen evapotranspiraation arvoihin, jos pohjavesipinta on 30 cm suonpinnan alapuolella.

Näiden alustavien tutkimusten perusteella näyttäisi siltä, että Thornthwaiten menetelmällä laskettu potentiaalisen evapotranspiraation arvoa voitaisiin käyttää pitkän havaintokauden (vuodenajan) haihdunnan likiarvona. Kuitenkin lyhyinä, kuivina kausina suon todellinen haihdunta saattaa olla pienempi kuin potentiaalinen, vaikka pohjavedenpinta olisikin melko lähellä suonpintaa.

Kuluvan vuoden aikana on aloitettu uusia tutkimuksia haihdunnan mittaamiseksi energiatasemenetelmillä. Eräissä tutkimuksissa mitataan

¹⁾ Vesisaannolla tarkoitetaan vesimäärää, joka poistuu turpeesta, kun maavedenjännitys kasvaa kylästyskosteudesta 0.1 baariin.

Water yield determined between saturation and 0.1 bar suction.

albedoa *Picea mariana* -metsikössä ja rahkanevalla. *Picea*-metsikössä kulkee edestakaisin kahden 17 m korkean tornin väliin pingoitettujen kaapeleiden varassa lyhytaaltoisen säteilyn mitauslaitteita, jotka mittavat tulevan lyhytaaltoisen säteilyn ja *Picea*-latvuston heijastaman säteilyn. Vertailun vuoksi suoritetaan samanlaisia mittauksia avosuon yläpuolella. Mittauksia tullaan jatkamaan eri suokasvillisuustyyppien välisten (haihduntaan käytettävissä olevan säteilyenergian) erojen selvittämiseksi.

Tämän lisäksi suunnitellaan parhaillaan uusia tutkimuksia, joiden tarkoituksena on mitata metsäisten ja metsättömien soiden (sisältää myös äskettäin avohakatut suot) kokonaisenergiatasetta. Tällaisilla tutkimuksilla voitaisiin selvittää, kuinka paljon erilaiset suot haihduttavat. Ne auttaisivat myös selittämään erilaisten käsittelytapojen vaikutuksia haihduntaan ja valuntaan tutkittavilla valuma-alueilla.

TULEVAT TUTKIMUSTEHTÄVÄT

Edellä käsiteltyjen uusien tutkimusten lisäksi

KIRJALLISUUTTA

- Bay, Roger R. 1967. Techniques of hydrologic research in forested peatlands, U.S.A. XIV Congr. Int. Union Forest. Res. Organ. 1: 400—415.
Boelter, D. H. 1969. Important physical proper-

tulevaisuuden tutkimustehtävät keskittynevät turvemaiden käsittelytapojen kehittäiseksi siten, että kesäkauden alivalumat kasvaisivat. Tämä saavutettaneen suolta tapahtuvaa haihduntaa pienentämällä. Tätä tarkoitusta varten suunnitelluilla tutkimuksilla selvitetään kasvillisuuden käsittelyn ja pohjavesipinnan säännöstelyn haihduntaan ja valuntaan kohdistuvia vaikutuksia. Energian jakaantumista soilla, haihdunnan tukahduttamista, maan vesipitoisuuden säännöstelyä ojittamalla ja mahdollisesti myös kausittaisia keinotekoisia tulvia tullaan kaikkia tutkimaan. Laite- ja mittaustekniikkaa tullaan kehittämään sekä kentällä että laboratorioissa. Lupaavimmat menetelmät testataan tutkittavilla valuma-alueilla.

Vedensaanti on tulossa yhä epävarmemmaksi kaikkialla maailmassa, jopa alueilla, joita aiemmin on pidetty runsasvetisinä. Ennen pitkää saattavat metsämiehet ja muut soiden hyväksikäyttäjät joutua käsittelemään soita sekä veden että puun tai viljakasvien tuottamiseksi.

- ties of peat materials. Paper presented at Third Int. Peat Congr., Quebec, 1968. (In press.).
Mustonen, S. 1964. Ojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Rakennustekniikka 3: 204—209.

SUMMARY:

HYDROLOGIC RESEARCH ON NORTHERN PEATLANDS IN THE UNITED STATES

The complete water balance, including precipitation, water-table levels, soil water storage, and runoff, is being studied on several experimental peatland watersheds in the north-central United States. Hydrologic data have been collected for the past 7 years and forest harvesting experiments have been started to determine the influence of peatland forest management on runoff. However, data collected during the calibration period have contributed to our knowledge of peatland hydrology. Runoff from the undisturbed bogs was not well regulated (fig. 3). About two-thirds of the annual water yield occurred in spring before June 1, and runoff during the summer months was low (table 1). The bogs did not contribute to stream-flow during dry periods. Low peak flows, how-

ever, indicated some short-term storage in the bogs.

Additional studies are concerned with the relationships between bog water tables and the surrounding ground-water system. Geophysical techniques are being used to study a ground-water bog. Other studies are being made of the physical and hydrologic properties of organic soils (table 2) and how these properties relate to runoff. Evapotranspiration has also been studied on the experimental watersheds and on special field plots. New studies using energy balance techniques to evaluate peatland evapotranspiration are beginning. Future research is being planned to help foresters and others manage peatlands for water as well as for other products.