

N:o 6

1956

7. vuosikerta



29. 12. 1956

S U O

Julkaisija: SUOSEURA

Toimituskunta: Martti Salmi (puh. joht.),
Viljo Puustjärvi, Olavi Klemelä, Info Rauhala (päätoimittaja)

Toimitus:

Helsinki

Lönnrot.k. 11

Puh. 32 931



Tilauhinto 350.—

Kirjoituksia lainattaessa pyydetään mainitsemaan lehden nimi

Viljo Puustjärvi:

TURVELAJIEN VAIHTOKAPASITEETEISTA

Maalajien viljavuuden ensimmäinen edellytys on niiden riittävän suuri vaihtokapasiteetti. Se, etteivät esim. hiekkamaat sellaisenaan ole viljelykseen soveltuvia, aiheutuu juuri niiden miltei olemattomasta vaihtokapasiteetista. Tästä johtuen eivät ne pysty varastoimaan vettä eivätkä pidättämään annettuja lannoitteita. Vasta vaihtokapasiteettia suurentamalla — esim. lisäämällä niiden multavuutta — saadaan niistä viljelykseen soveltuvia. Hiekalla ja sitä karkeammilla maalajeilla onkin maalajeistamme pienin mahdollinen vaihtokapasiteetti. Toisen äärimmäisyyden tässä suhteessa muodostavat turvemaat. Kivennäismaiden vaihtokapasiteetteja on vuosikymmenien kuluessa tutkittu varsin perusteellisesti. Turvemaista ei sitävastoin tällaisia tutkimuksia ole sanottavasti juuri laisinkaan tehty. Tässä esitettävän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää eri turvelajien vaihtokapasiteetin suuruutta sekä sen muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Vaihtokapasiteetti on maan kolloidisoaan liittyvä ominaisuus. Se ilmaisee maan pidättämän kationien kokonaismäärän. Mittayksikkönä käytetään milliekvivalenttia (me/100 g). Eloperäisen aineen kationivaihdon katsotaan perustuvan eräiden orgaanisten ryhmien — lähinnä karboksyylien ja fenolisten hydroksyylien — dissosioituvien vetyionien korvautumiseen muilla kationeilla.

TUTKIMUSMENETELMÄT

Savimineraaleissa tapahtuu kationivaihto verraten tarkoin tiettyjen lakien mukaisesti. Eloperäisessä aineessa ei sitävastoin näin selvää säännönmukaisuutta ole todettavissa. Vaihtokapasiteetin suuruus riippuu huomattavasti niistä olosuhteista, joissa se määritetään. Erityisesti pH:n merkitys on suuri. Eloperäisen aineen kationivaihdolla ei näinollen ole selvää yksikäsitteistä merkitystä. Tarkasti ottaen vain samalla menetelmällä määritetyt arvot ovat keskenään vertailukelpoisia.

Kirjallisuudessa on esitetty mitä moninaisimpia menetelmiä vaihtokapasiteetin määrittämiseksi. Mitään standartimenetelmää ei ole olemassa, koska usein kukin tutkimus vaatii kulloinkin tutkittavan kysymyksen luonteeseen sopivan menetelmän. Seuraavassa on esitetty tässä tutkimuksessa käytetyt analyysimenetelmät.

Vaihtokapasiteetti on määritetty kolmella eri menetelmällä:

1. Turvenäytettä on huiskutettu emäksien uuttamiseksi 0.5-n suolahapossa (1 osa turvetta, 50 osaa happoa), suodatettu ja pesty kloorittomaksi, lietetty pH 7:ään säädettyyn 0.5-n bariumasetaatti-liuokseen, huiskutettu, suodatettu ja titrattu määräosa suodosta elektrometrisesti pH 7:ään. Titraustuloksesta laskettua vaihtokapasiteettia on merkitty THCl :llä.

2. Turvenäyte on elektrodialysoitu ja dialysoidusta näytteestä määritetty kohdan 1 mukaan T -arvo (T_d).

3. On laskettu yhteen vaihtuvat veteyonit ja dialysoituvat (T_{H+S}).

AINEISTO

Tutkimusaineisto on koottu mahdollisimman vaihtelevilta suotyypeiltä eri puolilta maata, lähinnä kuitenkin pohjois-Suomesta. Pääosa näytteistä on 0—30 cm:n syvyydeltä. Joukossa on myös muutamia profiileja. Useimmat näistä ovat 90 cm:n syvyyteen ja vain muutamat suon pohjaan saakka 30 cm:n välimatkoin. Tutkittujen näytteiden lukumäärä on ollut yhteensä 304. Näistä kaikista ei kuitenkaan ole tehty kaikkia tutkimusmenetelmissä mainittuja määrittäyksiä. Varsinkin dialysointi on tehty vain osasta näytteitä.

ERI MENETELMIN MÄÄRITETYISTÄ T-ARVOISTA

Tutkimuksen yhteydessä suoritettiin verraten yksityiskohtainen T_{HCl} - T_d ja T_{S+H} -arvojen keskinäinen vertailu. Tilan voittamiseksi selostetaan näistä vertailuista vain tärkeimmät tulokset.

Yleensä oli T_{S+H} hieman suurempi (keskim. n. 10 me) kuin T_d . Poikkeuksen tästä säännöstä muodostavat rahkaturpeet, joissa muutamia tapauksia lukuunottamatta T_d oli huomattavasti suurempi kuin T_{S+H} .

Taulukossa 6 on esitetty keskimääräiset T_{HCl} :n ja T_d :n arvot. Huomataan että EuSC-turpeissa T_d on keskimäärin 73 % T_{HCl} :sta, rahkaturpeissa 148 % ja muissa turvelajeissa 82—87 %. Täälläkin siis rahkaturpeet muodostavat epänormaalin poikkeuksen muista.

Se, että T_d on yleensä ollut hieman pienempi kuin T_{HCl} ja T_{S+H} , on ilmeisesti aiheutunut siitä, että dialyysissa on hajautunut jotain helposti hajautuvia sorptiokomplekseja. Nähtävästi tällaista hajautumista on tapahtunut rahkaturpeissa, mutta on täällä tullut mukaan voimakkaampana joku päinvastaiseen suuntaan vaikuttava ilmiö. Dialyysi on aktivoitunut joitakin sorptioryhmiä, joihin suolahappokäsittely ei ole pystynyt. Mitä nämä ryhmät ovat, ei tutkimusaineistosta ilmene. Joitakin olettamuksia voidaan tulosten perusteella kuitenkin tehdä.

Rahkaturpeista on muutamissa tapauksissa dialysoitunut poikkeuksellisen suuria määriä emäksiä. Ammoniumasetattiin eivät nämä emäkset ole vaihtuneet tai liunneet. Koska kuitenkin T_d on yleensä ollut suurempi kuin T_{S+H} — ja poikkeuksiakin on ollut — eivät nämä emäkset pysty vielä yksin selvittämään kyseistä ilmiötä. Eräät seikat — joita tässä yhteydessä ei ole lähemmin käsitelty — ovat viitanneet siihen, että erityisesti rahkaturpeissa saattavat rauta ja aluminium korvata huomattavassa määrin sorptiokompleksin vahvoja emäksiä. Dialyysissa eivät ne luonnollisesti tule emäksien mukaan, koska ne saostuvat heti katodikalvon pinnalle. Se, etteivät nämä kyseiset emäkset vapaudu suolahappokäsittelyssä, viittaa siihen, etteivät ne olekaan varsinaisessa vaihtuvassa, vaan pikemminkin suola- tai saloidimuodossa, tai humaatteina, kuten asia myös voitaisiin ilmaista.

Verrattaessa keskenään sammalien T_{HCl} - ja T_d - arvoja (PUUSTJÄRVI 1955), huomataan T_{HCl} :n poikkeuksetta olevan suuremman kuin T_d . Sammalissa ei siis ilmeisesti vielä ole sellaisia happoja, joiden suoloina e.m. emäkset olisivat, vaan muodostuvat k.o. hapot nähtävästi vasta maatumisen yhteydessä. Taulukosta 3 huomataan rahkasammalien ja -turpeiden poikkeavan muista erityisesti korkean hemiselluloosapitoisuutensa suhteen. Hemiselluloosasta muodostuu maatumisen edistyessä polyuronideja. Polyuronihapot ovat suhteellisen voimakkaita. Dialyysissa voidaan niiden olettaa vapautuvan suoloistaan, mutta suolahappokäsittelyssä pysyvän muuttumattomina. Sikäli kuin edellä esitetyt olettamukset pitävät paikkansa, saattaa niillä käytännössäkin olla suuri merkitys. Saattaisivathan rahkaturpeet sitoa emäksiä tehotomaan muotoon tai muodostaa inaktiivisia polyuronihappojen rauta- ja aluminiumsuoloja, tai yleisemmin sanottuna Fe- ja Al-humaatteja.

Vertailtaessa T_{HCl} :n ja T_d :n sopivuutta turpeiden vaihtokapasiteetin ilmaisijana, näyttää edelläesitetyn perusteella T_{HCl} sopivammalta tähän tarkoitukseen, jos kohta myös T_d :llä on omat etunsa. Koska dialysoinnin hankaluuden vuoksi T_d on määritetty vain osasta näytteitä (100 määrittystä) perustuu seuraava käsittely T_{HCl} - arvoihin.

SUOTYYPPI

Suotyyppi ei välittömästi pystyne vaihtokapasiteetin suuruuteen. On kuitenkin huomattava, että biologinen suotyyppi on seuraus monien tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Muutamat näistä tekijöistä saattavat vaikuttaa myös vaihtokapasiteettiin. Jos yksi tai useammat tekijät yhdessä vaikuttavat samaan suuntaan riittävän voimakkaana, saattaa olla mahdollista, että tämä vaikutus ilmenee suuntaa antavana suotyypin turpeen vaihtokapasiteetissa.

Taulukossa 1 on esitetty eräiden aineistossa runsaslukuisimpina esiintyvien suotyyppien turpeiden vaihtokapasiteetit. Samaa taulukkoon on merkitty myös kyseisten suotyyppien pääpiirteiset kosteus-suhteet, metsäisyys ja turpeen laatu. Taulukosta havaitaan, että turpeitten THCl :n suuruusjärjestys noudattaa pääpiirteissään suotyyppien kosteusjärjestystä. Rimpiletot ja -nevathan ovat märkiä soita, joiden painanteita pohjavesi usein peittää koko kasvukauden (KIVINEN 1948). Silmäkenevat ovat kosteusasteeltaan suunnilleen samaan luokkaan kuuluvia. Kalvakat nevat ovat jo hieman kuivempia. (LUMIALAN 1944) mukaan ovat rimpisoiden sammallajit *Drep. fluitans*, *Sph. cuspidatum* j.n.e. erittäin hydrofiilisiä, kun sitävastoin *Sph. papillosum* on keskinkertaisen hydrofiilinen. *Scorpidium* on myös erittäin hydrofiilinen laji (LUMIALA 1944), mutta rimpilettoihin verrattuna ovat *Scorpidium*-letot kuitenkin ehkä hieman kuivempia, sillä niillä on pohjavesi ainakin keskikesällä suon pintaa alempana (KIVINEN 1948).

Taulukossa 1 seuraavat edelläesitettyjä aukeita soita ensimmäisinä metsäisinä soina sararämeet. Nämä ovat kosteimmat kaikista metsäisistä soista (MULTAMÄKI 1936), mutta kuitenkin kuivempia kuin edellämainitut aukeat suot. Sararämeitä seuraavat taulukossa suursaranevat. Tällä kohdalla ei kosteusjärjestys noudata vaihtokapasiteettien järjestystä, sillä suursaranevat ovat erittäin kosteita soita, joissa pohjavesi vain keskikesällä laskee hieman suon pinnan alapuolella (KIVINEN 1948). Koska suursaranevat ovat näinollen kosteusasteeltaan *Scorpidium*-lettojen luokkaa, ei poikkeus taulukon järjestyksestä ole kovinkaan suuri.

Sararämeitä seuraavat taulukossa *Drep. intermedius*- ja *Sph. Warnstorffianum*-letot. Allaolevassa asetelmassa on esitetty VILJASEN mukaan eräiden sammalien keskimääräinen suhteellinen korkeus pohjaveden pinnasta (LUMIALA 1944) ja vastaavien suotyyppien turpeiden vaihtokapasiteetit.

Sammallaji	Suht. keskim. korkeus pohjaveden pinnasta	Turpeen THCl
<i>Scorpidium</i>	3.1 cm	89
<i>Drep. intermedius</i>	7.7 «	99
<i>Sph. Warnstorffianum</i>	16.1 «	109
<i>Sph. fuscum</i>	31.7 «	110

Huomaamme siis jälleen, että turpeiden vaihtokapasiteettijärjestys noudattaa vaihtokapasiteettien kasvualueen kosteusjärjestystä. Tosin (taulukko 1) *Sph. Warnstorffianum*-lettojen ja rahkanevojen ja -rämeiden turpeiden vaihtokapasiteettien ero on merkitykseton. Vastaavien sammallajien kasvualueen kosteudessa on sitävastoin huomattavan suuri ero.

Rahkarämeitä seuraavat taulukossa 1 koivuletot. Niiden kosteusasteesta ei kirjallisuudesta ole löytynyt tarkempia tietoja, muuta kuin että ne ovat kosteampia kuin korvet (KIVINEN 1948). Epäilemättä niidenkin kosteusjärjestys käy yhteen niiden turpeen vaihtokapasiteettijärjestyksen kanssa.

Allaolevassa asetelmassa on esitetty tietoja eräiden metsäisten soiden pohjaveden etäisyydestä suon pinnasta (MULTAMÄKI 1936) ja vastaavien suotyyppien turpeiden vaihtokapasiteetit.

Suotyyppi	Pohjav. etäisyys suon pinnasta	Turpeen THCl
Sararäme	7 cm	91
Rahkaräme	10 «	110
Mustikkakorvet	19 «	128

Huomaamme siis edelleen kyseisillä metsäisilläkin soilla turpeen vaihtokapasiteetin noudattavan tyyppien kosteusjärjestystä.

Taulukossa 1 jäljellä olevan kolmen korpityypin kosteusasteesta ei liene olemassa tarkempia mittauksia, mutta epäilemättä niidenkin kosteusjärjestys käy yhteen edelläesitetyn kanssa.

Taulukosta huomataan edelleen, että mitä metsäisempi suo on, sitä suurempi on myös pääpiirteissään sen turpeen vaihtokapasiteetti. Metsäisyys luonnollisesti noudattaa kosteusjärjestystä, sillä vaikuttaa-

Taulukko 1. Eräiden suotyypien turpeiden vaihtokapasiteettien suhde kosteus-, metsäisyys- ja trofiasarjaan

Suotyyppi	Vaihtokapasiteetti me/100 g		Kosteusaste	Metsäisyys	Trofiasarja
	Keski- määrin	Vaihtelu- rajat			
Rimpineva	82	55—102	21	Miltei veden peittämiä	Oligotrofinen
Silmäkeneva	83	87—115	6	«	«
Rimpiletto	86	73—96	15	«	Mesotrofinen
Kalvakkaneva	87	81—97	8	Erittäin vetinen	«
Scorpidium-letto	89	78—99	5	«	«
Sararäme	91	85—109	25	Erittäin kostea	Oligomesotrofinen
Suursaraneva	94	75—101	7	Erittäin vetinen	«
Intermedius-letto	99	93—111	6	Erittäin kostea	Eutrofinen
Warnstorffianum-letto	100	100—130	4	«	«
Rahkaräme (-neva)	110	97—131	7	Kostea	Oligotrofinen
Koivuletto	120	105—135	6	«	Eutrofinen
Ruoho- ja heinäkorpi	122	92—163	5	«	«
Mustikkakorpi	128	120—129	3	Kuivahko	Mesotrofinen
Lettoräme	130	107—145	3	«	Erittäin eutrofinen
Lehtokorpi	130	96—165	4	Kuiva	«

han suon liiallinen vetisyys luonnollisesti haitallisesti puiden kasvuun.

Myös suotyypin boniteetti on taulukon 1 mukaan pääpiirteissään korrelaatiotissa vastaavan tyypin turpeen vaihtokapasiteettiin siten, että vaihtokapasiteettiin kasvaessa myös boniteetti kohoa. Boniteettijärjestys ei kuitenkaan noudata vaihtokapasiteettijärjestystä yhtä tarkal-

leen kuin kosteusjärjestys. Boniteetin vaikutus vaihtokapasiteettiin saa vielä lisävalaistusta käsiteltäessä myöhemmin kalsiumia turpeen vaihtokapasiteettiin vaikuttavana tekijänä.

TURPEEN KASVIKOOSTUMUS

Koska turpeet ovat muodostuneet kasvien jäännöksistä on odotettavissa, että turvetta muodostavilla kasveilla on oma vaikutuksensa turpeen vaihtokapasiteettiin, varsinkin heikosti maatumissa turpeissa.

Taulukossa 2 on esitetty eräiden turvetta muodostavien sammallajien vaihtokapasiteetteja (PUUSTJARVI 1955). Tekijän näistä sammallajeista esittämät arvot on määritetty samalla menetelmällä kuin mitä on käytetty tässäkin tutkimuksessa, joten tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Kun kirjallisuudessa ei ole ollut saatavissa tietoja muiden turvetta muodostavien kasvien kuin sammalien vaihtokapasiteeteista, tehtiin tämän tutkimuksen yhteydessä tällaisia määrittämiä eräistä muistakin suokasveista. Tulokset on esitetty samassa taulukossa.

Eri suokasvirhymistä huomataan *Sphagnumeilla* olevan korkeimman vaihtokapasiteetin. Näilläkin se on vielä eri alaryhmille luonteenomainen piirre. Kasvualustan kosteusasteen vaikutus vaihtokapasiteettiin ilmenee allaolevasta asetelmasta, missä *Sphagnumlajit* ovat niiden hydrofiilisius-asteen mukaisessa järjestyksessä (LUMIALA 1944).

Laji	Vaihtokapasiteetti T _{HCl}
<i>Sph. cuspidatum</i>	96
« <i>recurvum (apiculatum)</i>	105
« <i>papillosum</i>	105
« <i>magellanicum</i>	118
« <i>nemoreum</i>	135
« <i>fuscum</i>	127

Asetelmasta huomataan sammalien kasvualustan kosteusasteen ja niiden vaihtokapasiteettien olevan korrelaatiotissa keskenään. Mitä suurempi sammallajien vaihtokapasiteetti on, sitä suurempi on myös sen vedenpidätyskyky. Näinollen on ilmeistä, että kuivien paikkojen lajit pystyvät suuren vaihtokapasiteettinsa ansiosta sitomaan itseensä suurempia vesimääriä kuin märkien paikkojen lajit pienemmällä vaihtokapasiteetillaan.

Taulukko 2. Eräiden turvetta muodostavien kasvien vaihtokapasiteettejä

Kasvi	Vaihtokapasiteetti me/100 g
Lehtisammalet (18 lajia)	63—105
Rahkasammalet:	
<i>Acutifolia</i> -ryhmä	124—136
<i>Palustria</i> - «	105—124
<i>Cuspidata</i> - «	96—105
<i>Equisetum palustre</i>	68—73
« <i>limosum</i>	72
<i>Carex globularis</i>	38
<i>Molinia coerulac</i> :	
juuret	25
varret ja lehdet	22
Koivun lehdet	71
Heikosti maatonut puu:	
kuusi	31—41
koivu	39
Maatonut havupuu	70—91

Taulukosta 2 huomataan *Equisetum*-lajeilla olevan huomattavan vaihtokapasiteetin, kun sitävastoin *Carex globulariksen* ja *Molinia coerulaen* vaihtokapasiteetit ovat jo huomattavasti pienempiä. Puun jätteiden osalta huomataan vaihtokapasiteetissa melkoista vaihtelua, mikä ilmeisesti huomattavalta osalta aiheutuu erilaisesta lahoamisasteesta.

Esitettyjen tulosten valossa näyttää ilmeiseltä, että kasvikoostumuksella on tärkeä merkitys turpeen vaihtokapasiteetin muodostajana.

TURPEEN ORGAANINEN KOOSTUMUS

Yleisesti katsotaan humuksen vaihtokapasiteetin olevan luonteenomaista lähinnä humuksen ligniinille (Mc. GEORGE 1931) tai ligniinin tyypiyhdisteille (WAKSMAN 1938). Tämän vuoksi on syytä tarkastella, onko käsiteltävässä tutkimusaineistossa havaittavissa tämänsuuntaista ilmiötä. Tutkimuksessa ei ole määritetty aineiston orgaanisia aineryhmiä. Näinollen on tältä osalta nojaututtu kirjallisuudesta saatuihin arvoihin. Sellaisia on esitetty taulukossa 3.

Turvetta muodostavien kasvien osalta herättää erityisesti huomiota rahkasammalten alhainen ja sarahuovaston korkea ligniinipitoisuus. Eipä HOLMBERG (FREUDENBERG 1955) ole löytänyt sammalista lainkaan varsinaista ligniiniä. *Sphagnumeissa* (*Sph. Lindbergii*) hän on tosin todennut olevan sitä metoksyli-vapaana. Rahkasammalien vaihtokapasiteetit ovat taas edelläesitetyn mukaisesti

korkeampia kuin muiden suokasvien ja saroilla ne ovat alhaisimpiin kuuluvia (taulukko 2). On kuitenkin huomattava, että taulukossa 2 esitetty *Carex globularis* on sisältänyt sekä elävän osan että huovaston, pääosan massasta ollessa elävää osaa. Vertailtaessa *Sphagnumien* ja lehtisammalien ligniinipitoisuuksia huomataan niiden *Sphagnumeilla* olevan pienempiä kuin lehtisammalla. Kyseisten sammalien vaihtokapasiteetit suhtautuvat taas toisiinsa aivan päinvastoin. Näinollen ei näytä ainakaan siltä, että tutkituissa tapauksissa ligniinipitoisuus ja vaihtokapasiteetti olisivat korrelaatiossa keskenään. Myöskään ei turpeiden osalta tällaista korrelaatiota ole havaittavissa. Ovathan taulukon 3 mukaan erityisesti FEUSTEL ja BYERS (1939) saraturpeitten ligniinipitoisuudet huomattavasti korkeampia kuin rahkaturpeitten, mutta vaihtokapasiteetit suhtautuvat toisiinsa kuitenkin aivan päinvastoin. Tosin on huomattava, että ligniinin vaihtokapasiteetti kasvaa maatumisprosessien yhteydessä ilmeisesti metoksyli- ja muiden samanlaatuisten ryhmien hydrolysoituessa fenoli- tai karboksyli-ryhmiksi.

Vertailtaessa turpeiden ja niitä muodostavien kasvien selluloosa- ja hemiselluloosapitoisuuksia (taulukko 3) vastaaviin vaihtokapasiteetteihin (taulukko 2) huomataan näiden jossain määrin seuraavan toisiaan. Parhaiten pitänee tämä paikkansa hemiselluloosan suhteen.

Tutkimuksessa on kiinnitetty huomio myös vaihtokapasiteettien ja tyypipitoisuuksien keskinäisiin suhteisiin. Näiden kesken ei ole ollut todettavissa korrelaatiota. Sikäli kuin sellaista olisi ollut havaittavissa, olisi suunta ollut sellainen, että typpi pienentää vaihtokapasiteettia. Tämä kävisi yhteen MATTSONin (1942) esittämän toteamuksen kanssa siitä, että proteiinipitoinen ligniini sitoo vähemmän emäksiä kuin vapaa ligniini.

TURPEEN MAATUMISASTE

Kolloidisten happojen määrä kasvaa orgaanisen aineen hajotessa. Koska nämä muodostavat turpeen aktiivisimman aineosan, tulisi turpeen maatuessa samalla myös sen vaihtokapasiteetin kasvaa. Niinpä esim. (MULLER 1933) on todennut tämän oljen ja karjalannan hajautumisprosessien yhteydessä. Sama ilmiö on to-

Taulukko 3. Eräiden suokasvien ja turvelajien orgaaninen koostumus

Kasvi- tai turvelaji	Hemi- selluloosa	Sellu- loosa	Ligniini
<i>Sph. fuscum</i> (KIVINEN 1934)	26.79	28.69	16.20
« <i>Warnstorffianum</i> «	21.91	28.57	18.81
<i>Drep. Intermedius</i> «	13.78	20.78	25.48
Sara, lehdet ja varret (WAKSMAN ja STEVENS 1928)	18.36	28.20	21.08
Sara, juurihuovasto	20.86	11.78	41.74
Puuaines (WAKSMAN ja STEVENS 1928 b)	5.06	11.33	64.12
BCt (KIVINEN 1934)	12.38	0	46.0
EuSCt «	12.99	3.97	32.28
Ct «	12.32	3.44	41.78
LSt «	12.24	4.35	38.42
St, raaka (FEUSTEL ja BYERS 1930)	25.2	13.3	17.89
St, heikosti maatonut	19.4	12.9	27.63
St, osittain maatonut	19.4	11.3	27.93
Ct, raaka	8.6	4.1	48.91
Ct, heikosti maatonut	6.9	3.1	55.15
Ct, maatonut	9.9	3.1	55.66
SCt (KAILA et al. 1953)	10.7	5.9	32.4
BCt («)	12.9	12.5	27.1

dettavissa myös puun lahoamisen yhteydessä tapahtuvassa vaihtokapasiteetin suurenemisessa (taulukko 2). Myös turpeen maatuessa sen vaihtokapasiteetti ilmeisesti kasvaa. Jos seurattaisiin saman turvenäytteen maatumista, olisi ilmiö todennäköisesti havaittavissa. Verrattaessa keskenään eri maatumisvaiheessa olevia eri turvenäytteitä vaikeutuu ilmiön toteaminen heterogeenisestä tutkimusaineistosta aiheutuen.

Taulukossa 4 on esitetty tutkimusaineiston perusteella maatumisasteen vaikutus vaihtokapasiteettiin. Tuloksista huomataan, ettei näiden kesken ole todettavissa korrelaatiota. Ilmeisesti tämä aiheutuu, kuten edellä on jo oletettu epähomogeenisestä tutkimusaineistosta. Voitaneekin todeta, että maatumisasteen vaikutus vaihtokapasiteettiin on varsin vähäinen muihin tekijöihin verrattuna.

TURPEEN VAIHTUVA KALSIIUM

Turpeen emäspitoisuuden kohotessa voidaan humaattimuodostumisen johdosta olettaa myös sen vaihtokapasiteetin kasvavan. Emäspitoisuuden mittana on allaolevassa tarkastelussa käytetty vaihtuvan kalsiumin määrää. Tämä on luonnollisesti vain osa turpeen koko emäsmäärästä, mutta kuitenkin sen tärkein osa.

Kuviossa 1 on esitetty THCl:n ja vaihtuvan kalsiumin riippuvaisuussuhteet BC- ja EuSC-turpeissa, joissa turvelajeissa kyseiset riippuvaisuussuhteet tulevat parhaiten esille vaihtuvan Ca:n ja THCl:n suusta vaihteluista aiheutuu. Kuviossa huo-

mataan, että vaihtuvan kalsiumin suurenemisessa myös vaihtokapasiteetti kasvaa jotakuinkin suoraviivaisesti.

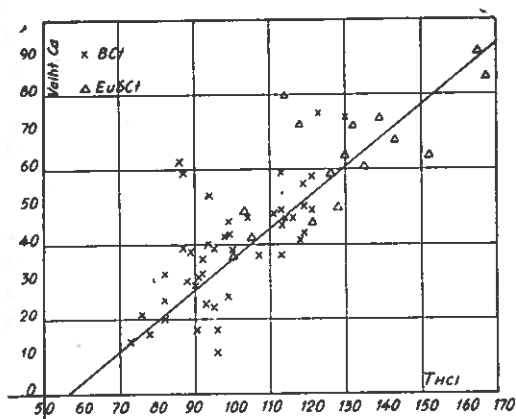
TURPEIDEN KUIVUMISEN VAIKUTUS VAIHTOKAPASITEETTIIN

Osasta näytteitä on vaihtokapasiteetti määritetty myös tuoreena. Kuivien ja tuoreiden turpeiden vaihtokapasiteettien riippuvaisuussuhteet toisistaan on esitetty kuviossa 2. Akselistoon on piirretty origon kautta kulkeva akselin kanssa 45° :n kulman muodostava suora. Tämän suoran vasemmalla puolella olevien pisteiden edustamissa näytteissä on vaihtokapasiteetti turpeiden kuivuessa laskenut, kun se sitävästoin saman suoran oikealla puolella olevien pisteiden edustamissa näytteissä on samasta syystä kohonnut.

Kuviosta huomataan, että kuivumisen vaikutuksesta on vaihtokapasiteetti suurentunut kaikissa BC-, LBC- ja EuSC-

Taulukko 4. Maatumisasteen vaikutus vaihtokapasiteettiin

Maatumisaste	Vaihtokapasiteetti me/100 g		
	Keskimäärin	Vaihtelurajat	Näytteiden luku
1	100	87—113	4
2	95	82—129	11
3	103	77—131	9
4	103	73—152	27
5	97	47—147	58
6	103	78—165	51
7	108	85—163	44
8	99	70—130	8
9	101	83—121	3

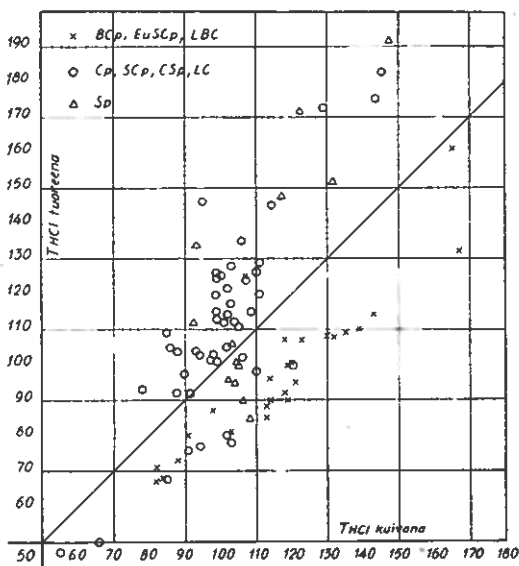


Kuvio 1. Vaihtuvan kalsiumin vaikutus vaihtokapasiteettiin.

turpeissa yhtä näytettä lukuunottamatta. Tämäkin näyte on ollut rajatapaus BC- ja SC-turpeiden välillä. Lisäksi on vaihtokapasiteetti kohonnut eräissä muissakin toisiin turvelajiryhmiin kuuluvissa näytteissä. Nämä näytteet ovat peräisin lettosuoalueiden rimpilettojen kaltaisilta soilta. Turvelajimäärityksessä on ne viety kuuluviksi C- tai BC-turpeisiin, mutta on todettava, että rajan vetäminen tällaisissa tapauksissa BC-, SC- ja C-turpeiden välille on verraten epämääräistä. Muissa kuin edelläesitettyissä tapauksissa on turpeiden kuivussa niiden vaihtokapasiteetti laskenut.

Useat eri tekijät saattavat aiheuttaa turpeiden kuivussa muutoksia niiden vaihtokapasiteeteissa. Tällaisena tekijänä saattaa ensinnäkin tulla kyseeseen kolloidien muuttuminen palautumattomaan tai vain vaikeasti palautuvaan muotoon. Toiseksi kuivumisen vaikutuksesta saattavat jotkut orgaaniset ryhmät hapettua tai tuhoutua. Kummatkin reaktiot saavat vaihtokapasiteetissa aikaan muutoksia.

Kolloidien palautumattomaan muotoon muuttumisen vaikutusta vaihtokapasiteettiin pyrittiin selvittämään siten, että turvenäytteet aluksi lietettiin laimeaan lipeäliuokseen ja sitten saostettiin suolahapolla, minkä jälkeen määritettiin vaihtokapasiteetit. Kun vaihtokapasiteetin kasvua ei esikäsitteilyä huolimatta merkittävässä määrin tapahtunut, ei kolloidien palautumattomaan muotoon muuttumisella voida katsoa olevan sanottavaa merkitystä vaihtokapasiteettiin.



Kuvio 2. Turpeen kuivumisen vaikutus vaihtokapasiteettiin.

Sikäli kuin hapettumisella olisi osuutta turpeiden kuivussa tapahtuvaan vaihtokapasiteetin kasvuun, tulisi tämä ilmiö esille ilmeisesti lähinnä runsaskalkkisissa turpeissa, koska orgaanisen aineen hapettuminen tehostuu reaktion kohotessa. Vähäkalkkisissa turpeissa ei tällaista kasvua olisi niinkään odotettavissa. Tämän ilmiön selvittämiseksi poimittiin kuvioista 2 15 äärimmäisenä oikealla olevaa näytettä, joissa vaihtokapasiteetin kasvu on ollut prosentuaalisesti suurin, sekä niinkään 15 äärimmäisenä vasemmalla olevaa näytettä, joissa vaihtokapasiteetin pieneneminen on esitetty taulukossa 5.

Odotusten mukaisesti huomataan, että vaihtuvan kalsiumin määrä on korkea niissä näytteissä, mitkä edustavat vaihtokapasiteetin suurinta prosentuaalista nousua. Vastaavasti taas kalsiumin määrä on ollut alhainen niissä näytteissä, mitkä edustavat vaihtokapasiteetin suurinta laskua. Näinollen saadut tulokset käyvät yhteen edelläesitetyn oletuksen kanssa.

Pääosassa rahkavaltaisia turpeita on vaihtokapasiteetti kuivumisen vaikutuksesta laskenut. Kuten edellä on jo mainittu, ei tätä ilmiötä voida ainakaan ratkaisevassa määrässä pitää näennäisenä, kolloidien palautumattomuudesta aiheutuvana vaihtokapasiteetin pienenemisenä. Ilmeisesti täytyy näissä turpeissa joiden-

Taulukko 5. Vaihtuvan kalsiumin vaikutus turpeen kuivussa tapahtuvaan vaihtokapasiteetin (T_{HCl}) muuttumiseen

Turvelaji	T_{HCl}		Muutos	Vaiht. Ca me/100 g	T kuiva T tuore
	Tuoreena	Kuivana			
BCt	67	82	-15	32	1.22
«	81	103	-22	37	1.27
«	85	113	-28	45	1.33
«	90	119	-29	43	1.32
«	95	121	-26	58	1.27
«	73	88	-15	30	1.21
«	88	113	-25	59	1.28
«	108	130	-22	74	1.20
EuSct	92	118	-26	72	1.28
«	132	167	-35	85	1.27
«	109	135	-26	61	1.24
«	90	114	-24	80	1.27
«	110	139	-29	74	1.26
«	108	132	-24	72	1.22
«	114	143	-29	68	1.25
Keskimäärin			-25	59	1.29
Sct	109	85	24	22	0.78
«	126	99	27	26	0.78
«	105	86	19	9	0.82
«	104	88	16	34	0.85
«	126	99	27	20	0.79
«	125	100	25	23	0.80
«	146	95	51	39	0.65
CSt	135	106	29	12	0.78
«	128	103	25	12	0.80
LSt	172	129	43	5	0.75
St	134	93	41	62	0.69
«	148	117	31	9	0.79
«	112	93	19	4	0.83
«	192	147	45	47	0.77
«	172	122	50	48	0.71
Keskim.			31	25	0.77

kin aktiivisten ryhmien kuivumisen ja haptumisen vaikutuksesta tuhoutua.

ERI TURVELAJIEN VAIHTOKAPASITEETEISTA

Kirjallisuudessa on esitetty joitakin arvoja turpeiden vaihtokapasiteeteista. Koska eri tutkijat ovat käyttäneet eri määrittämissuunnitelmia, vaihtelevat saadut tulokset varsin laajalla alueella, eivätkä ole näinollen keskenään vertailukelpoisia. Tässä tutkimuksessa käytetyllä Ba-asettaattimenetelmällä on se etu, että siinä Ba vaihtaa miltei kvantitatiivisesti H-turpeen vetyionit. Vaihtoreaktiot koskevat luonnollisesti kuitenkin vain tasapainotilassa dissosioituvia vetyioneja. Tarkoituis oli alunperin määrittää vaihtokapasiteetti pH 7:ssä. Tämän vuoksi säädettiin käytetyn 1-normaalisen Ba-asettiin pH seitsemään

ja käytettiin turpeen painoon verrattuna 50-kertaista määrää kyseistä puskuriliuosta. Tästä huolimatta vaihteli tasapainotilan liuoksen reaktio pH-välillä 6.5.—6.7. Täten siis saadut tulokset vastaavat vaihtokapasiteettia keskimäärin pH 6.6:ssa.

Taulukossa 6 on esitetty tutkimusaineiston eri turvelajien keskimääräiset vaihtokapasiteetit vaihtelurajoineen. Tuloksista huomataan kunkin turvelajin alueella vaihtelun olevan verraten suuren, mutta myöskin säännönmukaisuutta on selvästi havaittavissa.

Kun edellä on jo todettu, vaikuttavat useat eri tekijät turvelajin vaihtokapasiteetin suuruuteen. Tärkeimpien tekijöiden vaikutus ilmenee välillisesti tai välittömästi turpeen kasvikoostumuksessa ja sen kalsiumpitoisuudessa. Näiden tekijöiden erilaisista kombinaatioista aiheutuen vaihtelee turpeiden vaihtokapasiteetti. Silloin kun molemmat tekijät vaikuttavat samaan suuntaan joko suurentavasti tai pienentävästi, saavutetaan vaihtokapasiteetin maksimi ja minimi. Erilaisista kombinaatioista aiheutuen ovat kaikki näiden ääriarvojen välillä olevat arvot mahdollisia.

Kasvikoostumuksessa vaikuttaa vaihtokapasiteettia voimakkaimmin suurentavasti rahkasammalien *acutifolia*-ryhmä ja voimakkaimmin pienentävästi sarat. Edelläesitetyn mukaisesti voidaan olettaa, että vaihtokapasiteetin maksimi saavutetaan kalkkipitoisessa *acutifolia*-ryhmän turpeessa. Tällainen on EuSC-turve. Kuten taulukosta huomataan, onkin tämän turvelajin vaihtokapasiteetti suurin. Pienin vaihtokapasiteetti on taas odotusten mukaisesti kalkkiköyhällä saraturpeella. *Acutifolia*-ryhmästä vain *Sph. fuscum* muodostaa yksinään turvetta. Kasvikoostumuksen mukaan tämä turve edustaa korkeinta mahdollista vaihtokapasiteettia. Kalkkiköyhänä se kuitenkin taulukossa 6 jää neljännelle tilalle. BC-turpeissa taas päinvastoin kalkkipitoisuus on korkea, mutta erityisesti sarojen sekä myös *Sphagnumeihin* verrattuna pienemmän vaihtokapasiteetin omaavien lehtisammalien vaikutuksesta BC-turpeitten vaihtokapasiteetti kuuluu pienimpiin.

Taulukossa 6 herättää huomiota LC-turpeitten korkea T-arvo. Tämä aiheutuu ilmeisesti siitä, että turvelajin nimestä huolimatta sen sarapitoisuus lienee usein

Taulukko 6. Eri turvelajien vaihtokapasiteetteja

Turvelaji	T _{HCl} me/100 g			T _d kuivana me/100 g			100T _d
	Kuivana		Luku-määrä	Tuoreena		Luku-määrä	
	Keski-määrin	Vaihtelu-rajat		Keski-määrin	Vaihtelu-rajat		
EuSCt	128	100—167	22	115	90—161	8	73
LCt	121	91—163	19	168	145—183	3	82
LBCt	119	107—121	7	102	90—125	7	
St	106	87—147	29	122	85—192	13	148
LSt	103	85—135	13	116	97—172	3	85
SCt	99	85—127	67	106	68—146	30	84
BCt	96	73—130	42	83	71—108	11	84
CSt	95	70—121	33	118	105—135	7	88
Ct	77	47—110	20	84	47—128	5	87
	105	47—167	252	113	47—192	87	100

verrat alhainen. Niinpä tutkimusaineiston LC-turpeissa on mikrokooppisesti todettu olevan sarojen jätteitä, usein huomattavan paljonkin, mutta samanaikaisesti on ollut myös verraten runsaasti muuta solukkoa, lähinnä *Sphagnumeja*, puosolukkoa ja ruohoa. Näinollen sarojen osuus lajirunsaan solukkoaineiston vaikutuksesta jää prosentuaalisesti verraten alhaiseksi. Saran osuus mikrokooppisessa tutkimuksessa korostunee senvuoksi, että sen solukko on turpeen maatuessa hyvin

säilyvää ja että se on paremmin tunnettavissa kuin moni muu solukko. Lisäksi on vielä huomattava, että LC-turpeet ovat yleensä verraten pitkälle maatuneita, ja että puuaineksen vaihtokapasiteetti ko-hoa maatumisen edistyessä ligniinin haptumisen vaikutuksesta (taulukko 2). Näinollen on ilmeisesti tälläkin tekijällä oma vaikutuksensa LC-turpeitten korkeaan vaihtokapasiteettiin.

Edellä on todettu vaihtokapasiteetin vaihtelevan saman turvelajin piirissä verraten paljon. Tähän vaikuttavat useat eri tekijät. Esim. vaihtokapasiteetin suuruuteen vaikuttava kalsium on vaihdellut suhteellisesti vieläkin enemmän. Toisena tekijänä on useiden turvelajien heterogeeninen kasvikoostumus. Niinpä rahkaturvetta muodostuu rahka- ja silmäkenevoilla, joista edellisessä turvetta muodostavana sammalena on korkean vaihtokapasiteetin omaava *Sph. fuscum* ja jälkimmäisessä huomattavasti pienemmän vaihtokapasiteetin omaavat *cuspidata*-ryhmän lajit.

On huomattava myös, että kentällä suoritettavassa silmävaraisessa turvelajin määrityksessä vaikuttaa arviointiin arviointihetken suotyypin. Niinpä esim. virheellisiä määrityksiä sattui kyseessä olevaa tutkimusaineistoa koottaessa erityisesti BC- ja EuSC-turpeiden sekä niinkään BC- ja C-turpeiden kesken. Warnstorffianum-leton turpeen määrittää kentällä mielellään EuSC-turpeeksi. Kun näennäisellä EuSC-turpeella oli alhainen vaihtokapasiteetti, suoritettiin mikrokooppinen turvelajitarkastus, minkä perusteella EuSC-turve jouduttiin muuttamaan BC-turpeeksi. Samanlaatuisia tapauksia sattui rimpiletoilla BC- ja C-turpeiden kesken. Vaihtokapasiteetti osottautui näinollen luotettavammaksi turvelajimääritysmenetelmäksi kuin makroskooppinen turvelajitutkimus.

YHTEENVETO

Tutkimuksessa on käsitelty turpeiden kationivaihtokapasiteetteja ja niiden suuruuteen vaikuttavia tekijöitä. Tärkeimmät tulokset ovat seuraavat:

1. Suolahapolla pestyn turpeen vaihtokapasiteetti on yleensä hieman suurempi kuin elektrodialysoidun. Poikkeuksen muodostavat rahkaturpeet, joilla elektrodialysoidun materiaalin kapasiteetti on

yleensä huomattavasti suurempi kuin suolahapolla pestyn.

2. Mitä kuivempi ja metsäisempi suotyyppeä on, sitä suurempi on sen turpeen vaihtokapasiteetti.

3. Turpeiden orgaaninen koostumus ei näytä sanottavassa määrin vaikuttavan vaihtokapasiteetin suuruuteen.

4. Maatumisaste ja vaihtokapasiteetti eivät tutkimusaineistossa ole olleet keskenään korrelaatiossa.

5. Vaihtokapasiteetti ja vaihtuva kalsium ovat keskenään korrelaatiossa.

6. Luonnontilaisten turpeiden kuivuessa vaihtokapasiteetti suurenee BC-, EuSC- ja LBC-turpeissa. Muissa turvelajeissa se sitävastoin kuivumisen vaikutuksesta pienenee. Kuivumisen vaikutuksesta tapahtuva vaihtokapasiteetin suureneminen liittyy turpeen korkeaan emäspitoisuuteen.

7. Tutkimusaineistossa on vaihtokapasiteetti vaihdellut 47—167 me/100 g. Vaihtokapasiteetti on turvelajille ominainen piirre.

KIRJALLISUUTTA

FEUSTEL, IRVIN C. & BYERS, HORACE G. 1930. The physical and chemical characteristics of certain american peat profiles. United States Department of Agric., Washington, D. C., Techn. Bull. 214, 1—26.

FREUDENBERG, K. 1955. Über das Lignin und seine Bildung in der Pflanze. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 69, 1—2.

KAILA, ARMI, KÖYLIJÄRVI, JAAKKO ja KIVINEN, ERKKI 1953. Influence of temperature upon the mobilization of nitrogen in Peat. Maataloustieteellinen aikakauskirja 37—46.

KIVINEN, ERKKI 1934. Über die organische Zusammensetzung der Torfarten einiger Torfkonstituenten. Acta Agralia Fennica 31, 165—200.

KIVINEN, ERKKI 1948. Suotiede. Helsinki.

LUMIALA, O. V. 1944. Über die Beziehung einiger Moorpflanzen zu der Grundwasserhöhe. Extrait des Comptes Rendus de la Société géologique de Finlande 16, 147—164.

MATTSON, SANTE 1932. The laws of soil colloidal behavior: VII. Proteins and proteinated complexes. Soil Sci. 33.

Mc GEORGE, W. T. 1931. Organic compounds associated with base exchange reactions in soils. Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 31.

MULLER, J. F. 1933. Some observations on base exchange in organic materials. Soil Sci. 35, 229—237.

MULTAMÄKI, S. E. 1936. Über den Grundwasserstand in versumpften Waldböden vor und nach der Entwässerung. V. Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten. Finnland, Juni 1936. Mitt. 4 A, 1—12.

PUUSTJARVI, VILJO 1955. On the colloidal nature of peat-forming mosses. Arch. Soc. «Vanamo», 9: suppl. 257—272.

WAKSMAN, SELMAN A. 1938. Humus. 2. Ed., Baltimore.

WAKSMAN, SELMAN & STEVENS, KENNETH R. 1928. Contribution to the chemical composition of peat: II. Chemical composition of various peat profiles. Soil Sci. 26, 237—251.