

RUOSTESAOSTUMAT MAASSA JA SALAOJISSA

Peltomaidemme ruosteisuus on tuttua kaikille salaoja-alan toimijoille. Rautaa saostuu ruosteläiskinä kokkareiden pinnoille ja rautapilleinä vanhoihin juurikaniiniin. Etenkin turvemailla huokosveteen liuennutta ja pohjaveden tuomaa rautaa voi päätyä myös salaojiin saakka, ja saostuva ruoste voi tukkia ojat. Tässä kirjoituksessa käsitellään saostumien syntyä ja koostumusta Siikajoen alueelta kerättyjen näytteiden perusteella. Saostumat koostuivat valtaosin rautahydroksidista ja humuksesta. Saostumien raskasmetallipitoisuudet olivat pieniä, eikä sakka aiheuta merkittävää raskasmetallikuormitusta päätyessään ojien huuhtomisen yhteydessä valtaojiin. Saostumat sitovat itseensä valumaveden fosforia, ja tämän fosforin käyttäytymistä ojien huuhtomisen jälkeen pitäisi tutkia tarkemmin.

SAOSTUMIEN SYNTY

Kivennäismaissa on rautaa keskimäärin 3 % maan massasta, eloperäisillä mailla noin puolet tästä. Rauta on suurimmaksi osaksi sitoutunut mineraalien rakenteisiin. Yleinen rautamineraali on tumma kiille (biotitiitti), $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$, jonka rautapitoisuus on noin 6 %. Happamissa sulfaattimaissa myös sulfidimineraalit FeS ja FeS_2 ovat merkittävä raudan lähde. Mineraaleista vapautuu liukoista rautaa (Fe^{2+}) huokosveteen. Joutuessaan tekemisiin hapen kanssa rauta muuttuu Fe^{3+} -muotoon ja saostuu saman tien maakokkareiden pinnoille ja huokosten seinämiin rautahydroksidina eli ruosteena. Sen kemiallisia kaavoja voivat olla esimerkik-

si $Fe(OH)_3$, $FeOOH$ ja $(Fe^{3+})_2O_3 \cdot 0,5 H_2O$. Pohjaveden pinnan yläpuolella oleva maa onkin yleensä enemmän tai vähemmän punaruskeiden ruostesaostumien värjäämää. Monissa savimaissa ruostetta on saostunut kokkareiden sisään. Liejusavissa ja muissa korkean pohjaveden maissa ruoste saattaa verhota paksuna, yhtenäisenä kerroksena kaikkia kokkareiden pintoja hapellisissa maakerroksissa (Kuva 1).



Kuva 1. Kokonaan ruostesaostuman peitossa olevia, prismamaista kokkareista koostuva maaseinämä ja sen alapuolella oleva harmaa maa, joka on suurimman osan aikaa pohjaveden pinnan alapuolella. Kuva liejusavimalta Söderfjärdenin meteorittikraaterin alueelta.



Kuva 2. Vanhoihin juurikanaviin syntyneitä ruostesaostumia hiesu-savimaalla Luonnonvarakeskuksen tutkimusasemalla Maaningalla elokuussa 2021. (vas.)

Kuva 3. Vanhoihin juurikanaviin muodostuneita rautapillejä hiesu-savimaalla Luonnonvarakeskuksen tutkimusasemalla Ruukissa syys-kuussa 2020. (vas. alla)



Tällaisissa maissa on usein myös juurikanaviin saostunutta ruostetta (Kuva 2). Kesän kuivina kausina pehmeät saostumat kovettuvat kuoreksi kokkareiden pinoille ja rautapilleiksi (Kuva 3). Ruosteen kestävimät kuivumishalkeamat ja rautapillit ovat liejuisten maiden hyvän veden-

johtavuuden keskeinen syy, ja niiden takia ne soveltuvat säätösalaajitukseen, ja niillä voi käyttää yleensä suurempaa ojaväliä kuin muilla mailla. Lustoisten eli silminnähdn kerrostuneiden maiden syvemmässä kerroksissa on puolestaan usein vaakasuoria, ohuita, punaruskeita karkeamman maan kerroksia harmaiden hienojakoisten kerrosten välissä. Hyvässä kuivatustilassa olevilla mailla huokosvee-teen päätynt liukoinen rauta siis saostuu maan hiukkaspinoille eikä kulkeudu ulos maasta.

Liukoista rautaa tulee maahan myös happittoman pohjaveden mukana. Jos maan happitila on huono, rauta säilyy maavedessä liukoisena, ja sitä päätyy salaojiin saakka. Salaojassa ja sen läheisyydessä rauta joutuu tekemisiin hapen kanssa ja saostuu ruosteena. Ympärysaineen huokosiin, putken reikiin tai itse salaojiin saostuva ruoste (Kuva 4) vaikeuttaa veden pääsyä putkeen ja voi tukkia ojan kokonaan. Saostumat kovettuvat kesän kuivina kausina, kun ojissa ei ole vettä. Kaikki salaojiin päätynt liukoinen rauta ei välttämättä hapetu vielä edes salaojissa, jos maan kuivatustila on kovin huono. Ruostesakkaa voi myös kulkeutua vesivirtauksen mukana salaojien laskuojiin, ja sitä



Kuva 4. Salaojan ympärysaineeseen on saostunut ruostesakkaa, ja saostuma on tukkinut putken reikiä. Kuvassa salaojaputki huuhdellaan.

voi kertyä paksuna kerroksena säätökai-voihin. Punaruskea ruoste on tuttu näky turvealueiden avo-ojissakin.

RUOSTE TUKKII SALAOJIA

Salaojien ruosteongelmia alkoi ilmetä, kun toisen maailmansodan jälkeen maasamme raivattiin paljon uusia suopeltoja, jotka maastollisista syistä vastaanottavat usein pohjavesivaluntaa ympäröiviltä alueilta. Turvekerros voi kuluttaa maahuokosissa olevasta ilmasta happea, jolloin pohjamaa voi säilyä lähes hapettomana, mikä mahdollistaa raudan liikkumisen maassa ja päätyminen salaojiin. Pohjanmaan rannikon viljellyt turvemaat ovat usein ohuita, ja turvekerroksen alla oleva kivennäismaa on monin paikoin hapanta sulfaattimaata. Tällaisilla mailla osa oja-vesien raudasta voi olla peräisin sulfaattimaiden rautasulfideista. Salaojien toimivuutta ruostemailla on pyritty turvaamaan vedenalaisilla salaojituksilla, jolloin rauta ei pääse hapettumaan eikä saostumaan ruosteena. Nykyisin salaojien ajoittainen huuhtominen on yleisin ruostesaostumien

hallintakeino. Salaojayhdistys on koonnut [www-sivuilleen](http://www.salaojayhdistys.fi/fi/salaojahuhtelijat/) luettelon huuhtelupalvelua tarjoavista yrityksistä (<https://www.salaojayhdistys.fi/fi/salaojahuhtelijat/>).

NÄYTTEITÄ SALAOJAVALUNNASTA JA RUOSTESAKASTA

Huhti-toukokuussa 2019 Siikajoen valuma-alueen salaojakaivoista ja ojista kerättiin 10 ruostesakkanäytettä, joiden kemiallinen koostumus määritettiin. Salaojakaivoissa ja laskuaukkojen edessä oli sakkaa paksuna patjana (Kuva 5). Pelloista yhdeksän oli ohutta turvemaata ja yksi karkeaa hietaa. Happamia sulfaattimaita oli mukana seitsemän. Osa näytteistä oli peräisin Ruukissa ohuella turvemaalla (turvekerroksen paksuus 15–80 cm) sijaitsevalta huuhtoutumiskentältä, jonka salaojavalunnan määrää ja koostumusta mitattiin lokakuusta 2016 marraskuuhun 2018 ottamalla kaikilta kuudelta ruudulta 22 vesinäytettä. Saostumista määritettiin raudan (Fe), piin (Si), fosforin (P), rikin (S) ja hiilen (C) kokonaispitoisuudet. Myös raskasmetallipitoisuuk-



Kuva 5. Ruostesakkaa paksuna patjana salaojan laskuaukon edessä Luonnonvarakeskuksen tutkimusasemalla Ruukissa huhtikuussa 2019. Vesi on humuksen värjäämää.

sia (kadmium, Cd; koboltti, Co; kupari, Cu; mangaanin, Mn; nikkeli, Ni; sinkki, Zn) mitattiin. Vesistä tehtiin mm. rauta- ja fosforimäärityksiä.

VEDEN RAUTAPITOISUUS VAIHTELI

Ruukin huuhtoutumiskentän vesinäytteiden rautapitoisuuden mediaani oli 7,7 mg/l, ja vaihteluväli oli 0,8–108 mg/l. Suurimmassa osassa vesinäytteistä rautapitoisuus oli siis yli 5 mg/l, jota pidetään ruostesaostumien syntymisen riskirajana. Ojavesien rautapitoisuus ei ollut kaiken aikaa suuri, vaan samasta salaojasta tuli välillä hyvin rautapitoista vettä, ja toisinaan pitoisuus oli hyvin pieni. Rautapitoisuus saattoi vaihdella suunnilleen minimistä maksimiin jopa kahdella perättäisellä näytteenotokerralla. Kun salaojissa kulkee pääosin maan pintaosista

tulevaa vettä, rautapitoisuudet ovat matalat, kun taas pohjavesivalunnan vallitessa mitataan suuria pitoisuuksia. Yksittäisen vesinäytteen tulos ei siis välttämättä kuvasta luotettavasti ruostesaostumien syntymisen riskiä.

SAOSTUMISSA PALJON RAUTAA JA HIILTÄ, VÄHÄN RASKASMETALLEJA

Kaikkien saostumien (Kuva 6) rautapitoisuus oli korkea, ja voidaan laskea, että rautahydroksidin osuus kuiva-aineesta oli keskimäärin 46 %. Saostumat olivat kuivina kevyitä, sillä niissä oli keskimäärin 34 % orgaanista ainesta. Saostumat olivat muodostuneet veteen liuenneista aineista eivätkä valumaveden mukaan lähteneestä silikaattimineraaleista koostuvasta eroosioaineksestä. Näin voidaan päätellä sillä perusteella, että näytteissä oli piitä (Si) vain 0,5 %, kun kivennäismaan tavanomainen Si-pitoisuus on 28 %. Alumiinihydroksidia laskettiin olevan sulfaattimaiden saostumissa 6 % ja muiden maiden saostumissa vain 0,4 %. Rikkiyhdisteitä saostumissa oli vain noin 2,5 %. Sulfaattimaillakaan rikkiä ei näytä kertyvän ruostesakkaan, vaan se huuhtoutuu liuenneessa muodossa ulos maasta. Alkuaineiden pitoisuuksia on esitetty yksityiskohtaisemmin Vesitalous-lehden vuoden 2021 ensimmäisessä numerossa (s. 42–45).

Metallien liukoisuus on happamilla sulfaattimailla muita maita suurempi. Vasta saostunut ruostesakka on hyvin huokoista, ja suuren ominaispinta-alan ja kemiallisesti reaktiivisten hydroksyyliyhdyntien (-OH) takia sakka voi sitoa tehokkaasti muita aineita, kuten raskasmetalleja, fosforia ja humusta. Raskasmetallien pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä verrattuna lannoitevalmisteissa sallittuihin enimmäispitoisuuksiin. Ainoastaan kadmiumilla, kymmenestä näytteestä kolmen pi-



Kuva 6. Ilmakuivatut ruostesakanäytteet odottamassa kemiallista analyysiä.

toisuus ylitti lannoitevalmisteissa sallitun pitoisuuden jonkin verran. Salaojista peräisin olevan ruostesakan joutuminen valtaojiin ei siis aiheuta merkittävää raskasmetallikuormitusta.

SAOSTUMAT SITOIVAT FOSFORIA

Fosforia (P) saostumissa oli kohtalaisesti. Kun maan P-pitoisuus on tyypillisesti 1 g/kg, ruostenäytteiden P-pitoisuus oli keskimäärin 7,6-kertainen. Saostuva ruoste leijuu ojavedessä ensin hiutaleina, ja sen voidaan ajatella suorastaan pyydystävän veden fosforia pinnoilleen. Osa huokosveden liukoisesta fosforista on lisäksi jo aikaisemmassa vaiheessa tullut maan ruostesaostumien sitomaksi. Ruukin pelton salaojavesien liukoisen fosforin pitoisuuden mediaani olikin vain 0,022 mg/l ja vuotuinen kokonaisfosforikuormitus salaojavesissä noin 300 g/ha.

Fosfori kiinnittyy tuoreeseen ruostesakaan vahvoihin sidoksiin, ja on epätodennäköistä, että se vapautuisi, jos sakka joutuu esimerkiksi salaojien huuhtomisen yhteydessä valtaojiin. Hapettomissa oloissa P:n

liukenemista voi kuitenkin tapahtua. Poistettavan ruostesakan keskimääräinen fosforisisältö on noin 700 g/100 kg sakkaa kuiva-aineksi laskettuna. Tuo fosforimäärä on siis yli kaksinkertainen Ruukin koekentän peltohehtaarilta tulevaan vuotuisen fosforikuormitukseen verrattuna. Poistettavan ruostesakan määriä ja sen sisältämän fosforin merkitystä kuormitustekijänä saattaa olla tarpeen tutkia jatkossa.

KIITOKSET

Tässä kirjoituksessa esitetyt tulokset on saatu projekteissa, joita ovat rahoittaneet Salaojituksen Tukisäätiö sr., Luonnonvarakeskus ja Oulun yliopisto. Tulosten tuottamiseen ovat kirjoittajan lisäksi osallistuneet Jarkko Kekkonen, Timo Lötjönen ja Erkki Joki-Tokola Luonnonvarakeskuksesta ja Hannu Marttila Oulun yliopistosta.

Teksti ja kuvat 1, 2, 3, 5 ja 6:
Markku Yli-Halla

Kuva 4: *Rainer Rosendahl*