

3

Maaperä muutoksessa

Markku Yli-Halla ja Asko Simojoki

Maaperän kasvukunto on kasvintuotannon perusta. Jotta kasvi yhteyttäisi tehokkaasti, sillä on oltava hyvinvoiva juuristo, jolla se pystyy ottamaan maasta vettä ja veteen liuenneita kasvinravinteita. Maa kasvien kasvualustana tulee useimmiten ensimmäisenä mieleen maaperästä puhuttaessa. Nautimme päivittäin muistakin maaperän tuottamista ekosysteemipalveluista, jotka voidaan jaotella esimerkiksi seuraavasti:

- Biomassan tuotanto: maa- ja metsätalouden perustehtävä
- Ravinteiden, veden ja muiden aineiden varastointi, suodatus ja muuntaminen
- Biologisen monimuotoisuuden (luontotyypit, lajit, geenit) ylläpitäminen
- Hiilivarasto; maaperän ja ilmakehän vuorovaikutus
- Raaka-aineiden lähde
- Ihmisen fyysinen ja kulttuuriympäristö; infrastruktuurin rakennusala

Maaperä suojelee pohjavesiä ja sitoo itseensä kasvinravinteita ja muita aineita. Maan isot ja pienet eliöt ovat pitkälti vastuussa aineiden kierrosta, kun ne hajottavat maahan joutuvaa eloperäistä ainesta kuten kuolleita kasveja ja lantaa. Biologinen monimuotoisuus on myös arvo sinänsä. Maatalouden harjoittaja on tekemisissä kaikkien yllä mainittujen maaperän toimintojen kanssa.

Maataloustuotannossa ja muualla elintarvikeketjussa liikkuu suuria ainevirtoja. Kasvien kasvua säätelevät tekijät vaikuttavat näiden ainevirtojen suuruuteen. Kasvintuotannon asiantuntija osaa eritellä, mikä tai mitkä kasvutekijät kulloinkin voivat rajoittaa kasvien kasvua. Kasvintuotannossa viljelymaahan lisättävät eloperäiset ja teollisesti tuotetut lannoitevalmisteet, joiden tarkoituksena on edistää kasvua, joutuvat mukaan maan reaktioihin. Maan ominaisuuksien ja toimintojen tuntemus onkin välttämätöntä maan kasvukunnon hoidossa ja maatalouden ympäristövaikutusten hallinnassa.

Maassa tapahtuu kaiken aikaa muutoksia, joiden aikajänne vaihtelee. Maa on kesällä lämmintä ja osan aikaa talvesta jopa jäässä. Lämpötila vaikuttaa kemiallis-

ten reaktioiden ja biologisten prosessien nopeuteen. Osan aikaa maa on veden kyl-
lästämä, ja toisinaan kasvit kärsivät veden puutteesta. Kun maa otetaan maatalous-
käyttöön, sitä yleensä muokataan. Silloin maan luontaiset kerrokset sekoittuvat
perusteellisesti ja muodostuu viljelymaalle tyypillinen muokkauskerros. Suomessa
viljelymaat lähes poikkeuksetta ojitetaan, mikä merkitsee maan vesitalouden
perusteellista muuttumista. Viljelymaahan lisätään tavallisesti lannoitusaineita.
Eloperäisten lannoitusaineiden kuten lannan tai kompostin ja väkilannoitteiden
ainesosat menevät mukaan maassa tapahtuvaan aineiden kiertoon. Maan ravinne-
pitoisuudet muttuivat kasvien ravinteiden oton, lannoituksen, huuhtoutumisen ja
kaasumaisten päästöjen seurauksena. Maan eloperäisen aineksen pitoisuus muut-
tuu aikaa myöden sen mukaan, onko uuden eloperäisen aineksen virta maahan
suurempi vai pienempi kuin maassa olevan orgaanisen aineksen hajotus. Maan
kivennäisaineksin on alttiina muutoksille, jotka tosin ovat hitaita. Kun maa saa
kehittyä tuhansia vuosia, siihen kehittyy erilaisia kerroksia eli horisontteja, jotka
erilaistuvat kemiallisesti ja jotka voi nähdä usein myös paljain silmin. - Tässä
luvussa esitellään maan perusominaisuuksia ja tuodaan monipuolisesti esiin niitä
muutoksia, joita tässä usein huomaamattomassa ja staattiseksi mieltämässämme
ympäristön keskeisessä osassa kaiken aikaa tapahtuu.

tietolaatikko

Maaperän tilaa uhkaavat tekijät

Maaperän toimintojen tärkeys on tiedostettu EU:ssa, ja 2000-luvun alussa komissio
antoi tiedonannon, jossa tunnistettiin seuraavat maaperän tilaa uhkaavat tekijät
Euroopassa:

- Eroosio
- Orgaanisen aineksen väheneminen
- Saastuminen: hajakuormitus ja pistekuormitus
- Suolaantuminen
- Tiivistyminen
- Biologisen monimuotoisuuden väheneminen
- Maaperän sulkeminen rakentamisella
- Maanvyörymät ja tulvat

Myös maan happamuutta on esitetty tähän luetteloon. Näistä monet tekijät koskevat
myös Suomen maataloutta ja johtavat vähitellen maan kasvukunnon huononemi-
seen. Orgaanisen aineksen väheneminen heikentää maan ravinteiden ja veden pi-
dätyskykyä ja ylipäättään maan kykyä sitoa itseensä erilaisia aineita. Seurauksena on
myös maan muokkautuvuuden heikkeneminen, tiivistymisalttiuden kasvu ja veden
imeytymisen väheneminen. Maan haitallinen tiivistyminen, joka johtuu raskaasta
peltoliikenteestä maan ollessa märkää, aiheuttaa nimenomaan veden imeytymi-
sen vähenemistä ja kasvien juurten kasvun heikkenemistä. Vedenpidätyskyvyn

vähentäminen johtaa lisääntyvään eroosioalttiuteen, kun yhä suurempi osuus maahan tulevasta vedestä kulkeutuu pois pintavaluntana.

Eroosio merkitsee maan kiintoaineksen kulkeutumista pois pellolta, ja se kohdistuu valtaosin ravinnerikkaaseen hienojakoiseen ainekseen. Suomessa tapahtuu pääasiassa vesieroosiota. Eroosioaines joutuu vesistöihin, joissa se aiheuttaa samentumista, vesistöjen mataloitumista ja ruoppaustarvetta ja etenkin aineksesta vapautuvan fosforin takia myös vesistöjen rehevöitymistä. Maataloudessa eroosiota voi hillitä jättämällä pelto syksyllä muokkaamatta ja ylläpitämällä peltojen kasvipeitettä myös kasvukauden ulkopuolella, jolloin valtaosa valunnasta tapahtuu.

Maaperän sulkeminen rakentamisella on pääasiassa seurausta kaupungistumisesta. Hyvää viljelymaata otetaan rakennuskäyttöön ja peitetään asfaltilla tai muilla vettä läpäisemättömillä materiaaleilla. Tällaiset alueet ovat runsaimpia pääkaupunkiseudulla. Esimerkiksi Vantaalla niiden osuus vuonna 2009 oli jo 22 % maapinta-alasta ja Helsingissä 36 %. Maaperän saastuminen on erityisesti vanhojen teollisuusalueiden ongelma. Suomessa saastuneet maa-alueet ovat useimmiten vanhoja huoltoasema-alueita, joilla saastuminen on öljytuoteperäistä, ja saha- ja kyllästämöalueita, joilla haitta-aineet ovat peräisin puunsuoja-aineista. Suolaantumista puolestaan havaitaan kuivilla alueilla, joilla vuotuinen valunta ei huuhto pois maassa olevia helppoliukoisia suoloja. Tämä on periaatteessa merkittävä uhka maataloudelle, mutta Suomen humideissa oloissa suolaantuminen ei ole ongelma.

Jotta maaperän toiminta voitaisiin turvata ja ominaisuuksien heikkeneminen pysäyttää, EU:n komission tavoitteena on ollut maaperänsuojelun puitedirektiivin aikaansaaminen. Komissio antoi direktiiviehdotuksen syksyllä 2006. Siinä käsiteltiin maaperän toimintaa uhkaavia kemiallis-fysikaalisia tekijöitä, mutta biologinen monimuotoisuus oli ehdotuksen ulkopuolella. Ehdotuksen käsittely on edelleen kesken, koska moni maa vastustaa sitä. Vastustus nousee direktiiviluonnoksessa olevasta vanhojen saastuneiden maa-alueiden kunnostusvaatimuksesta ja siitä valtioille todennäköisesti aiheutuvista kustannuksista.

Maan ainesosat

Maan kiintoaines koostuu kallioperästä lähtöisin olevista silikaattimineraaleista ja kuolleista kasvien ja eläinten jäänteistä syntyneestä eloperäisestä eli orgaanisesta aineksesta. Lisäksi maassa on alumiinin, raudan, mangaanin ja titaanin oksideja, ja pääasiassa kuivien alueiden maassa esiintyy karbonaatteja.

Suomen maaperän ikä on alle 10 000 vuotta. Maaperämme kivennäisaines on mannerjään peruskalliosta rouhimaa ja hienontamaa. Syntynyt irtain aines sisälsi erikokoista ainesta isoista kivenlohkareista pieniin hiukkasiin, joita ei voi paljaalla silmällä erottaa. Maan kivennäisaines koostuu valtaosin silikaattimineraaleista, kuten kvartsista, erilaisista maasälvistä ja kiilteestä, jotka ovat kallioperämme yleisimpien kivilajien graniitin ja gneissin valtaamineraalit.

Maan kivennäisaines jaotellaan eri lajitteisiin hiukkaskoon mukaan (taulukko 3.1). Tietyn maalajitteen hiukkaset edustavat kaikki samaa, lajitteen nimen ilmai-

Taulukko 3.1 Maan kivennäisaineksen jaottelu hiukkaskoon perusteella määräytyviin lajitteisiin rakennusteknisessä luokituksessa (RT-luokitus).

Maalajite	Hiukkaskoko, mm	Lyhenne
Saves	alle 0,002	S
Hiesu	0,002–0,02	Hs
Hieno hieta	0,02–0,06	HHt
Karkea hieta	0,06–0,2	KHt
Hieno hiekka	0,2–0,6	HHk
Karkea hiekka	0,6–2	KHk
Sora	2–20	Sr
Kivet	20–200	Ki
Lohkareet	yli 200	Lo

semaa kokoluokkaa. Tässä ruotsalaisen geologin ja kemistin Albert Atterbergin kehittämässä jaottelussa alle 2 mm:n aines jaetaan neljään pääluokkaan: saves – hiesu – hieta – hiekka. Geoteknisessä luokittelussa (GEO) puolestaan on käytössä kolmijako savi – siltti – hiekka, jossa siltti koostuu RT-luokituksen hiesusta ja hienosta hiedasta. Maa- ja metsätaloudessa käytetään RT-luokitusta.

Eloperäisen aineen sisältämä hiili on yhteyttävien organismien sitomaa. Maaperäeläimet ja maan mikrobisto käyttävät maahan joutuvaa tuoretta eloperäistä ainesta, kuten maahan jääviä juuria, viljan sänkeä, olkia, varisevia lehtiä ja muuta kariketta energian ja elintoiminnoissa tarvitsemiensa aineiden lähteenä. Eliöiden hengittäessä osa kuolleen eloperäisen aineksen hiilestä vapautuu takaisin ilmaan hiilidioksidina (CO_2), ja osan maan eliökunta käyttää omana rakennusaineenä. Tuoreesta eloperäisestä aineksesta vapautuu myös muita aineita, kuten typpeä (N), fosforia (P) ja rikkiä (S), jos niitä on enemmän kuin hajottajaeliöt tarvitsevat. Yhä uudet eliösukupolvet käyttävät edellisten sukupolvien jälkeensä jättämää orgaanista ainesta hyväkseen. Tätä prosessia sanotaan maatumiseksi eli humifioitumiseksi, ja sen edetessä eloperäinen aines muuttuu yhä kestävämmäksi. Pitkälle maatunutta eloperäistä ainesta kutsutaan humukseksi. Vasta maatumisen alkuvaiheessa oleva maan orgaaninen aines ei siis kuulu humus-käsitteen piiriin. Valtaosa humuksesta on sitoutunut maan kivennäisainekseen.

Mitä enemmän maassa on eloperäistä ainesta, sitä multavampaa sen sanotaan olevan. Maan multavuus vaikuttaa keskeisesti maan kasvukuntoon. Multavuus lisää etenkin maan vedenpidätyskykyä ja kuohkeutta, ja multavassa maassa on yleensä luonnostaan enemmän kasveille käyttökelpoista typpeä kuin vähämultaisessa. Suomessa käytössä olevassa järjestelmässä maat jaetaan eloperäisen aineksen pitoisuuden mukaan multavuusluokkiin taulukossa 3.2 olevalla tavalla.

Taulukko 3.2 Suomessa käytettävä maalajien multavuusluokitus.

Muokkauskerroksen orgaanisen aineksen pitoisuus	Nimitys	Lyhenne
alle 3 %	vähämultainen	vm
3–5,9 %	multava	m
6–11,9 %	runsasmultainen	rm
12–19,9 %	erittäin runsasmultainen	erm
20–40 %	multamaa	Mm
yli 40 %	turvemaa	esim. saraturve, Ct

Mineraalien rapautuminen tarkoittaa niiden rakenteen murenemista ja sitä seuraavia kemiallisia muutoksia. Rapautumista aiheuttavat mm. lämpötilan vaihtelut sekä veden ja siinä olevien happojen liuottava vaikutus. Mineraalien rakenteissa olevia metalleja kuten rautaa, alumiinia ja mangaania pääsee rapautumisen seurauksena vapautumaan. Ne eivät jää hiukkasia ympäröivään veteen vaan useimmiten saostuvat hydroksideina tai oksideina. Raudan saostuminen näkyy maassa yleisesti havaittavina ruskeina ruosteläiskinä. Mangaanisaostumat ovat mustanruskeita ja alumiinisaostumat värittömiä. Vaikka näitä oksideja on tyypillisesti vain pari prosenttia maan massasta, ne ovat tärkeä kemiallisesti aktiivinen ainesosa. Ne ovat esimerkiksi tärkein fosforia sitova komponentti maassa.

Karbonaattimineraalit ovat maan tärkeitä ainesosia. Ne ovat yleisiä kuivien alueiden emäksisessä maaperässä, kuten Lähi-Idän maissa, Etelä-Euroopassa ja laajoilla alueilla Yhdysvalloissa. Tärkeimmät karbonaattimineraalit ovat kalsiitti, CaCO_3 , ja dolomiitti, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Suomen kallioperässäkin on jonkin verran kalkkikiviesiintymiä, mutta happamasta maaperästämmme niitä ei löydy, paitsi maatalouskalkin leviytyksen jälkeen.

Ominaispinta-ala ja kationinvaihtokyky

Lajitefraktioiden mineraalikoostumuksessa on eroja. Karkeiden fraktioiden hiukkaset hiesusta alkaen koostuvat pääasiassa kvartsista ja



Kuva 3.1 Ruostetta karkeassa hiedassa Maaningalla noin 80 cm:n syvyydessä. Tällaisia saostumia muodostuu etenkin vanhojen juurikanavien ympärille. Juurikanavia pitkin pohjamaahan pääsee ilmakehän happea, jolloin märässä maassa liuenneena esiintyvä rauta saostuu ruskeana rautahydroksidina.

maasälvistä. Sen sijaan savesfraktio sisältää savimineraaleja. Ne ovat levymäisiä ns. verkkosilikaatteja, joista Suomessa tärkeimmät ovat kiilteiden rapautumisen tuloksena syntyneet illiitti ja vermikuliitti. Karkeammassa savesfraktiossakin (0,0002–0,002 mm) on jonkin verran hienoksi jauhautunutta kvartsia ja maasälpää mutta hieno saves (koko alle 0,0002 mm) koostuu pääasiassa savimineraleista.

Mitä pienemmistä hiukkasista kivennäismaa-aines koostuu, sitä suurempi pinta-ala maa-aineksessa painoyksikköä kohti on. Saves koostuu alle 0,002 mm:n hiukkasista, ja sen ominaispinta-ala on hyvinkin yli 100 m²/g. Hiekanjyvien ominaispinta-ala on puolestaan vain alle 0,1 m²/g. Maan orgaanisen aineksen ominaispinta-ala voi olla jopa 900 m²/g. Ominaispinta-alan kasvaessa lisääntyy maa-aineksen kyky sitoa itseensä vettä ja muita aineita. Edellä esitettyjen lukujen perusteella on helppo ymmärtää, että orgaanisen aineksen pitoisuudella on erityisen suuri merkitys etenkin karkeista lajitteista koostuvan maan kyvylle sitoa vettä ja muita aineita.

Saveksella ja maan orgaanisella aineksella on yleensä negatiivinen sähkövaraus. Suomessa esiintyvän saveksen sähkövaraus on valtaosin pH:sta riippumatonta, ja sen suuruus esimerkiksi illiitillä on tyypillisesti 10–40 cmol(+)/kg. Maan orgaanisen aineksen sähkövaraus on huomattavasti suurempi: 60–360 cmol(+)/kg, ja sen suuruus on pH:sta riippuvaa. Maan pH:n noustessa orgaanisen aineksen negatiivisen varauksen suuruus kasvaa, kun yhä suurempi osa karboksyyliyhdistä dissosioituu seuraavasti:



Tästä syystä maan happamoituminen pienentää ja pH:n nousu kasvattaa negatiivisen varauksen suuruutta. Negatiivisesti varautuneisiin kohtiin on sitoutunut positiivisesti varautuneita ioneja, tyypillisimmin Ca²⁺, Mg²⁺ ja K⁺, hyvin happamilla mailla myös Al³⁺ ja merenrantojen mailla Na⁺. Negatiivisen varauksen suuruutta kutsutaan maan kationinvaihtokapasiteetiksi (KVK), ja se on yksi tärkeimmistä maan kemiallista kasvukuntoa ilmaisevista suureista. Karkeista lajitteista koostuvassa maassa KVK:n suuruus määräytyy pitkälti orgaanisen aineksen pitoisuuden perusteella, sillä esimerkiksi karkean hietalajitteen KVK on vain 1–3 cmol(+)/kg. Maan rauta- ja alumiinioksidoilla on happamissa oloissa jonkin verran positiivista sähkövarausta, joihin negatiiviset ionit kuten sulfaatti ja nitraatti voivat sitoutua. Positiivisen varauksen määrä maassa on kuitenkin paljon vähäisempi.

Maalajit

Maalajeilla on samankaltaisia nimiä kuin kivennäismaalajitteilla. Esimerkiksi hietamaassa (maalaji) on runsaasti hietalajitetta, mutta siinä on myös muun kokoisia hiukkasia, esimerkiksi savesta ja hiekkaa. Maan lajitekoostumus eli tekstuuri ilmaisee sen, missä määräsuhteissa eri lajitteita maassa on.

Maan orgaanisen aineksen väheneminen

Suomalaisten kivennäismaiden muokkauskerroksessa eloperäistä ainesta on tyypillisesti 4–7 %. Maat ovat siis useimmiten multavia tai runsasmultaisia. Maan orgaanisen aineksen väheneminen on yksi EU-tasolla tunnistettu maaperää koskeva uhka ja merkittävä maaperässä tapahtuva muutos. Maan orgaanisen aineksen vähenemisen haitalliset seuraukset näkyvät siis sekä maanviljelyssä että kasvavana ympäristökuormituksena. Orgaanisen aineksen pitoisuuden pienentyessä maan muokkautuvuus vähenee, veden ja ravinteiden pidätyskyky heikkenee ja alttius eroosiolle lisääntyy. Orgaaninen aines hapettuu biologisesti hiilidioksidiksi, kun orgaanismit käyttävät hiiliyhdisteitä elintoimintoihinsa. Orgaanisen aineksen pitoisuuden vähentyminen merkitsee siis kasvavaa hiilidioksidivirtaa maasta ilmakehään. Tämä seikka on noussut keskusteluun erityisesti eloperäisten maiden yhteydessä, koska eloperäisistä maista vapautuva hiilidioksidimäärä on peräti 88 % maatalousmaalta tulevasta kokonaismäärästä, vaikka eloperäisten maiden osuus on vain noin 10 % peltopinta-alasta. Luontaisesti märkien eloperäisten maiden kuivattaminen edistää orgaanisen aineksen hajoamista, mistä syystä uusien soiden raivaamista viljelymaaksi on arvosteltu. Uutta peltoa on tarvittu nautakarjavaltaisilla alueilla riittävän lannan levitysalan turvaamiseksi.

Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttamassa viljelymaan tilan seurantahankkeessa tutkittiin maan orgaanisen aineksen pitoisuuden kehitystä vuodesta 1974 vuoteen 2009. Näytteitä otettiin myös vuosina 1987 ja 1998. Tulosten mukaan viljeltyjen kivennäismaiden pintamaan (0–15 cm) hiilimäärä väheni vuosittain 220 kg/ha (orgaanista ainesta 380 kg/ha). Koko 35 vuoden jaksona maan hiilivarasto on siis pienentynyt keskimäärin 7700 kg/ha, mikä merkitsee eri kivennäismaalajiryhmissä 11–19 %:n vähennystä. Orgaanisen aineksen pitoisuuden väheneminen johtuu siitä, että maan orgaanista ainesta hajoaa enemmän kuin maahan tulee uutta orgaanista ainesta esimerkiksi kasvinjätteinä. Viljakasvien juuriston määrä on tyypillisesti 1500 – 2500 kg/ha, nurmikasveilla on runsaampi juuristo ja esimerkiksi rypsilä pienempi. Havaitun kehityksen arvellaan johtuvan osittain siitä, että monivuotisten kasvien, erityisesti nurmen, ala on vähentynyt. – Luken havaitsema orgaanisen aineksen väheneminen ei näy Viljavuuspalvelu Oy:n maa-analyysin tulosten yhteenvedoissa, vaan niissä kivennäismaat ovat aikaa myöden siirtyneet aikaisempaa multavampiin luokkiin. Kun runsasmultaisten maiden osuus v. 1961–70 oli 28 % kivennäismaanäytteistä, niitä oli vuosina 2011 – 15 peräti 56 %. Osittain tätä voi selittää se, että multa- ja turvemaiden osuus on aikaa myöden pienentynyt, ja kun ne muuttuvat kivennäismaiksi ne sijoittuvat todennäköisesti runsasmultaisimpiin luokkiin. Maaperä on muuttunut tältä osin melko nopeasti.



Kuva 3.2 Varsinaissuomalainen viljelymaisema Uskelanjoen varrella Perttelissä keväällä. Äestetty ruskeanharmaa pelto on savimaata. Joki on uurtanut uomansa paksun savipatjan läpi pohjamoreeniin saakka, mistä ovat osoituksena joenpohjasta esiin pistävät kivenlohkareet.

Suomessa maalajien nimeämisperusteina käytetään 1) orgaanisen aineksen pitoisuutta (multavuutta), 2) kivennäismaiden lajittuneisuutta ja 3) lajitekoostumusta. Kivennäismaissa on orgaanista ainesta alle 20 %. Lajittumattomia kivennäismaita, jotka siis saattavat sisältää kaikkia maalajitteita, kutsutaan moreeneiksi. Tätä maalajin päänimeä täydennetään yleensä valtalajitteen nimellä, esimerkiksi hiesumoreeni, HsMr. Lajittuneet kivennäismaatkin sisältävät useaa eri maalajitetta, ja maalajin nimi määräytyy vallitsevan lajitteen perusteella. Eloperäisissä maissa on orgaanista ainesta vähintään 20 %. Vaikka maassa olisi ääritapauksessa orgaanista ainesta 20 % ja kivennäisainesta 80 %, maata pidetään eloperäisenä maana. Orgaanisen aineksen painoarvo maalajin nimeämisessä kuvastaa tämän aineksen suurta vaikutusta maan ominaisuuksiin.

Lajitekoostumus on yleensä maan pysyvä ominaisuus, ellei sitä ole tarkoituksella muutettu maanparannusaineilla tai syväkynnöllä, mutta maan orgaanisen aineksen pitoisuus voi vaihdella ajan kuluessa. Eri maalajien yleisyys vaihtelee ja vaikuttaa viljelykasvilajin valintaan Suomen eri osissa ilmastollisten tekijöiden ohella.

Savimaissa on saveslajitetta yli 30 %. Karkeampaa ainesta voi siis olla peräti 70 %, ja maata kutsutaan silti savimaaksi. Hienojakoisimmasta lajitteesta käytetään nimitystä saves, mutta sellainen maalaji, jossa tätä lajitetta on runsaasti,



Kuva 3.3 Hiesumaata Juupajoella kesäkuun alussa. Hiljattain kylvetty vasta oraalle tuleva hiesupelto loistaa maisemassa vaaleanharmaana. Tällaisen pellon maalaji on helppo tunnistaa.

on savimaa. Savimaat ovat kosteina sitkeitä ja muovailtavia, kuivina kovia ja halkeilevia. Ne sisältävät luontaisesti paljon kaliumia ja magnesiumia, ja niissä on kivennäismaistamme suurin kationinvaihtokapasiteetti. Savimaat ovat yleensä väriltään ruskeanharmaita (kuva 3.2). Ne ovat raskaita muokata, ja ne ovat vain lyhyen aikaa sopivan kosteita muokattaviksi. Raskas peltoliikenne voi tiivistää märkää savimaata haitallisesti. Savimaiden vedensitomiskyky on suuri, mutta melkoinen osa vedestä on sitoutunut maahan niin tiukasti, etteivät kasvit pysty käyttämään sitä. Talvinen routa murustaa maata. Jos talvet muuttuvat leudommiksi, savimaiden muokkaus vaikeutuu.

Savimaita on Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n tilastojen mukaan 30 % vuosina 2011-2015 analysoiduista maanäytteistä. Savimaavaltaisimmat alueet sijaitsevat Lounais-Suomessa ja Uudellamaalla. Esimerkiksi Loimaalla savipeltojen osuus oli 79 % ja Mäntsälässä 77 %. Aitosavimaissa (AS) on savesta yli 60 %; tällaiset maat ovat peltojen muokkaukskerroksessa hyvin harvinaisia mutta syvemmällä AS on savivaltaisilla seuduilla yleinen maalaji. Hiuesavet (HeS), joissa saveslajitteen ohella on huomattava määrä hietaa ja hiesua, ovat yleisimpiä savimaitamme. Sen ohella hietasavet (HtS) ja hiesusavet (HsS) ovat yleisiä, ja myös liejusavia (LjS) esiintyy.

Hiesumaat (Hs) ovat kuivana väriltään hyvin vaaleita, ja jos niillä ei ole kasvipeitettä, ne erottuvat hyvin maisemasta (kuva 3.3). Maa, jossa on paljon hiesulajitetta, muistuttaa pölyävää perunajauhoa. Hiesu tarttuu käsiin, kun sitä hypistelee. Hiesumaissa on yleensä heikko rakenne. Sen takia loppukevään ja alkukesän sateet voivat liettää hiesumaan pinnan, ja kun maa taas kuivuu, siihen voi syntyä kova kuori, jonka läpi hennot oraat tai taimet eivät pysty tunkeutumaan. Hiesumaat ovat tiiviitä ja kuivuessaan kovia. Hiesumaiden ravinnepitoisuus on keskinkertainen, mutta etenkin vähämultaiset hiesumaat ovat vaikeita viljellä ja sopivat parhaiten nurmituotantoon.

Hiesuja (5 % peltoalasta) esiintyy etenkin Pirkanmaalla, Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalan pohjoisimmissa kunnissa. Hiesuvaltaisia kuntia ovat esimerkiksi Orivesi, jossa 66 % vuosina 2011-2015 Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ssä tutkituista näytteistä oli hiesua, ja Valtimo (47 %). Sen sijaan Varsinais-Suomessa hiesupeltoja ei ole käytännössä lainkaan.

Hietamaat (Ht) jaetaan hienoihin hietoihin (HHt) ja karkeisiin hietoihin (KHt). Hiedat ovat kevyesti muokkautuvia. HHt-maissa on usein melko runsaasti myös hienompia lajitteita, ja niiden ravinteisuus on vähintään keskinkertainen, ja veden kapillaarinen nousu syvemmältä maasta on nopeaa. Etenkin HHt-maat kuuluvat parhaisiin viljelymailhimme. KHt-maat ovat huomattavasti niukkaravinteisempia, sillä ne ovat usein kovin lajittuneita ja sisältävät hienompia lajitteita vain vähän. - Hietamaita (17 %) esiintyy käytännössä kaikkialla Suomessa, ja hietapeltoja löytyy myös savimaavaltaisilta alueilta.

Hiekkamaita (Hk) on viljelyksessä vähän (1 % tutkituista näytteistä), koska ne pidättävät ravinteita ja vettä huonosti ja ovat siksi poudanarkoja. Hienot hiekat (HHk) voivat soveltua viljelyyn, jos pohjamaa on hienojakoisempaa tai kastelu pystytään järjestämään. Karkeat hiekkamaat (KHk) ovat yleensä liian karuja maanviljelyyn.

Hiuemaat (He) sisältävät melko samansuuruiset osuudet hiesua ja hietaa, ja monesti niissä on kohtalaisesti myös savesta. He-maan ominaisuudet muistuttavat hiesua tai hienoa hietaa sen mukaan, mikä on valtalajite. Hiuepeltojen osuus on noin 8 %. Hiue ei ole ollut maalajinimenä aina käytössä, jolloin nämä maat on luokiteltu joko (hienoiksi) hiedoiksi tai hiesuiksi.

Moreenimaista (Mr) maanviljelyskäytössä on verrattomasti eniten hietamoreeneja (HtMr); hiekkamoreenit (HkMr) ja hiesumoreenit (HsMr) ovat selvästi harvinaisempia. HtMr-maat ovat usein hyviä viljelysmaita muistuttaen ominaisuuksiltaan hietaa. Valtakunnallisesti moreenimaita on ollut Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n vuosina 2011-2015 analysoimista maanäytteistä 29 %. Moreenit ovat yleisimpiä viljelysmaita Etelä-Savossa, jossa niitä on ollut 75 % näytteistä. Myös Kainuussa niiden osuus on ollut 46 % ja Keski-Suomessa 36 %. Moreenivaltaisten viljelymaiden alueilla näkee usein kiviaitoja, joihin pelloilta peräisin olevat kivet on kerätty. Kivisimmät moreenit on jätetty metsäksi.

Eloperäisissä maissa on orgaanista ainesta yli 20 %. Multamaiden (Mm) eloperäisen aineksen pitoisuus on 20-40 %, ja turvemaissa (T) sitä on yli 40 %. Eloperäiset viljelymaat sisältävät melkoisen hiilivaraston, ja siksi nämä maat ovat usein esillä myös ilmastonmuutosta koskevassa keskustelussa. Eloperäisten maiden viljelyyn otto ja muokkaus johtavat orgaanisen aineksen hapettumiseen hiilidioksidiksi. Suomessa on arvioitu viljellyltä turvemaalta vapautuvan ilma-kehään hiiltä noin 4000 kg/ha vuodessa. Turpeen kuluminen onkin tuttu ilmiö, ja se on osa maaperän muuttumista. Viljellyt turvemaat voivat ensin muuttua multamaiksi ja multamaat voivat orgaanisen aineksen vähetessä tulla lopulta luokitelluiksi kivennäismaiden ryhmään. Vuosina 1955-1970 peräti 28 % viljavuusanalyyysiin tulleista maanäytteistä edusti multa- ja turvemaita, kun niiden osuus Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n tilastossa v. 2011-2015 oli enää 8 %. Osittain

näiden maiden osuuden huomattava pieneneminen johtuu orgaanisen aineksen hajoamisesta, mutta eloperäisiä maita on myös jäänyt kokonaan pois maatalouskäytöstä. Paikallisesti viljelyssä on kuitenkin vielä runsaasti eloperäisiä maita. Lapin maaseutukeskuksen alueella niitä on ollut 29 % näytteistä, ja niiden osuus on ollut vähintään 20 % koko Pohjanmaan alueella, jossa uusia eloperäisiä maita on viime vuosina raivattu viljelykäyttöön. Kuusamossa eloperäisten viljelymaiden osuus lienee kuntatasolla suurin, 45 %.

Multamaa (Mm) on viljelymailla esiintyvä pintamaalaji, joka on syntynyt useimmiten siten, että ohutturpeinen suo on otettu viljelykäyttöön. Ohueen turvekerrokseen on muokkautunut sen alla ollutta kivennäismaata, jolloin orgaanisen aineksen pitoisuus on laimentunut. Joskus multamaa on voinut syntyä siten, että turvemaalle on ajettu maanparannustarkoituksessa kivennäismaata. Multamaat ovat Suomen heterogeenisin maalaji, koska pohjamaa voi vaihdella hiekasta saveen tai olla jopa turvetta. Saviset multamaat ovat viljavampia kuin ne, joiden pohjamaa on karkeaa kivennäismaata. Huonoin viljavuus on niissä multamaissa, joiden pohjamaa on turvetta. Usein multamaat ovat kuitenkin melko ravinne-rikkaita, ja ne ovat kevyitä muokata. Ne kuuluvat parhaisiin viljelymaihimme.

Turvemaiden päätyypit ovat saraturve (Ct) ja rahkaturve (St). Turvekerros on syntynyt etupäässä suokasvien jäänteistä. Metsäsaraturve (LCt) ja metsärahkaturve (LSt) sisältävät havaittavia määriä puuainesta, koska turve on syntynyt metsämaan soistuessa. Turvemaat sitovat paljon vettä ja lämpenevät siksi hitaasti keväällä. Monissa Ct-maissa varsinkin Etelä-Suomessa vapautuu runsaasti kasveille käyttökelpoista tyypeä kasvukauden aikana. Myös turvemaat ovat ominaisuuksiltaan vaihtelevia osittain sen mukaan, mistä kasveista turve on muodostunut ja osittain turvekerroksen paksuuden mukaan. Paksut rahkaturvemaat ovat turvemaista karuimpia.

Maalajin nimeä voi täsmentää ilmaisemalla varsinaisen maalajin nimen ohella sen, mitä muita maan ominaisuuksiin vaikuttavia kivennäislajitteita maassa on. Yleisintä on savespitoisuuden ilmaiseminen, kun kyseistä lajitetta on 15-30 %, esimerkiksi savinen multamaa, sMm. Tällä tavalla voi multamaan ominaisuudet ilmaista paljon tarkemmin kuin vain maalajin päänimellä. Sorainen karkea hieta, srKHt ja savinen karkea hieta, sKHt, ovat esimerkkejä maalajeista, joiden päänimi (KHt) on sama mutta jotka kuitenkin ovat ominaisuuksiltaan varsin erilaisia maita. – Neuvonnallisessa maa-analyysissä eli viljavuusanalyysissä ilmaistaan maalajin nimen lisäksi myös multavuus käyttäen taulukossa 3.2 olevaa jaottelua.

Maan rakenne ja vesitalous

Maa koostuu kiinteistä partikkeleista ja niiden väliin jäävästä huokostilasta, joka on ilman tai veden täyttämää. Yksittäiset partikkelit eivät yleensä esiinny maassa irrallisina vaan eri tavoin pakkautuneena kosketuksiin toistensa kanssa. Maan rakenteella tarkoitetaan partikkelien ryhmittymiä ja näiden muodostamia huokostiloja, tai hieman yleisemmin maan kiintoaineen ja huokostilojen kolmiulotteista tilajakaumaa ja liittymistä toisiinsa. Maalaji vaikuttaa maan rakenteenmuodotukseen, mutta myös samassa maalajissa rakenne voi vaihdella suuresti. Maan

rakenteen toiminnallinen merkitys on erityisesti siinä, että kemialliset reaktiot tapahtuvat pääosin veden täyttämässä huokosissa ja kiintoaineksen pinnalla, ja että huokosto on juurten ja maaperäeliöiden kasvuympäristö ja mahdollistaa aineiden liikkumisen maassa. Ravinneionit ja muut liukoiset aineet liikkuvat veden täyttämässä huokosissa, kun taas happi ja muut kaasut liikkuvat nopeimmin ilman täyttämässä huokosissa. Niin ikään maan rakenne vaikuttaa partikkelien välisten kontaktien määrään ja laatuun, ja sitä kautta maan lujuuteen. Maan rakenne ja sen muutokset vaikuttavat siis oleellisesti kaikkeen mitä maassa tapahtuu.

Maan rakenne voidaan luokitella kolmeen päätyyppiin:

- 1) Yksihiukkeisessa rakenteessa eli hiukkasrakenteessa partikkelit ovat selvästi havaittavissa eivätkä ne ole kiinnittyneet toisiinsa (esimerkiksi hiekka).
- 2) Massiivisessa rakenteessa partikkelit ovat kiinnittyneet toisiinsa, mutta yksittäisiä partikkeleita tai rakenteellisia piirteitä ei ole aistinvaraisesti havaittavissa (esim. tiivis savi).
- 3) Aggregaattirakenteessa (yleisesti myös ”mururakenne”) maapartikkelit ovat kiinnittyneet toisiinsa isommiksi ryhmittymiksi eli aggregaateiksi. Näitä voidaan luokitella koon ja muodon perusteella vielä tarkemmin (mm. särmikkäät tai pyöristyneet murut ja kokkareet, levyt, kiilat, prismat, pylväät). Mururakenteisessa maassa huokoskokojakauma on erilaistunut aggregaattien väliseen makrohuokostoon ja aggregaattien sisäiseen mikrohuokostoon. Kaikissa maan rakenteen päätyypeissä voi esiintyä lisäksi vaihtelevassa määrin kasvien juurten ja kaivavien eläinten tuottamia suuria biohuokosia.

Maan toiminnan kannalta aggregaattien välisen ja sisäisen huokoston ominaisuudet ovat tärkeämpiä kuin aggregaattien koko ja muoto sinänsä. Huokosten koko ja määrä vaikuttavat erityisesti siihen, kuinka voimakkaasti ja miten paljon maa voi pidättää vettä. Suuret huokokset (läpimitta $> 30 \mu\text{m}$) pidättävät vettä niin heikosti, että vesi poistuu niistä painovoimaisesti. Maan kosteustilaa, jossa painovoimainen vesi on poistunut maan suurista huokosista, kutsutaan kenttäkapasiteetiksi, ja ilmatilaa (ilman täyttämien huokosten tilavuusosuutta) kenttäkapasiteetissa ilmakapasiteetiksi. Kun ainoastaan hyvin pienissä huokosissa (huokoskoko $< 0,2 \mu\text{m}$) on vettä, vesi on pidättynyt maahan niin voimakkaasti, ettei se ole kasveille käyttökelpoista. Tällöin kasvit lakastuvat pysyvästi ja maan sanotaan kuivuneen lakastumisrajalle. Pieniä huokosia ja kasveille käyttökeltontonta vettä lakastumisrajalla on runsaasti hienojakoisissa savi- ja turvemaissa. Kenttäkapasiteetin ja lakastumisrajan erotusta sanotaan hyötykapasiteetiksi: se kuvaa kasveille käyttökelpoisen veden määrää maassa. Suurten huokosten sisältämä vesimäärä on yleensä vähäinen ja poistuu maasta niin nopeasti, ettei se vaikuta kasvien vedensaantiin.

Maan rakenne vaikuttaa myös veden ja kaasujen liikkumisnopeuteen maassa. Vesi imeytyy maahan ja suotautuu maan läpi sitä nopeammin, mitä enemmän maassa on veden täyttämiä huokosia ja mitä suurempia ne ovat. Veden kyllästä-mässä maassa vedenjohtavuutta (liikkumisnopeutta) määrää erityisesti suurten makrohuokosten (huokoskoko $> 300 \mu\text{m}$) määrä. Samoin mitä enemmän maassa

Maan rakenteenmuodostus

Tärkeimmät maan rakenteenmuodostusprosessit ovat flokkulaatio, kuivumishalkeilu, routa, juurten ja sienirihmojen kasvu ja lierojen toiminta. Hienojakoisissa maissa flokkulaatio eli kolloidisten primääripartikkelien löyhä takertuminen toisiinsa on rakenteenmuodostumisen perusedellytys, jota maanesteen suuri suolaväkevyys ja moniarvoiset kationit edistävät. Maan kuivumishalkeilu ja roudan murustava vaikutus ovat merkittäviä aggregoitumista aiheuttavia prosesseja savisissa kivennäismaissa ja varsinaisissa savimaissa. Maan kuivumisen aiheuttama kutistuminen lisää aggregaattien sisäistä tiiviyyttä ja lujuutta, ja halkeilu synnyttää suuria sekundäärisiä huokosia aggregaattien välille. Karkeilla mailla kuivumishalkeilun ja roudan merkitys on mitätön, mutta niissä on paljon suuria primäärihuokosia johtuen partikkelien suuresta koosta. Juurten kasvu sekä lierot ja muut kaivavat eläimet tuovat maahan orgaanista ainesta sekä tiivistävät ja lujittavat ympäröivää maata. Kasvien vanhat juurikanavat ja lierojen kaivamat käytävät voivat muodostaa maahan isokokoisten biohuokosten jatkuvan verkoston sekä karkeissa että hienojakoisissa maissa. Maan luonnollisen rakenteenmuodostuksen prosessit sitovat orgaanista ainesta maan muihin ainesosiin, mikä suojaa sitä mikrobiologiselta hajotukselta ja tarjoaa keinon lisätä hiilen sitomista maahan.

Maan rakenteenmuodostukselle tärkeimmät ainesosat ovat saves, orgaaninen aines, seskvioksidit (raudan ja alumiinin oksidit) ja moniarvoiset kationit (kuten Ca^{2+}). Aggregaattirakenteen syntyminen edellyttää riittävää savespitoisuutta (yleensä > 15 %) ja multavuutta. Jo vähäinenkin orgaanisen aineksen pitoisuus maassa riittää synnyttämään aggregaatteihin sisäisen rakenteen, jossa isot makroaggregaatit koostuvat pienemmistä mikroaggregaateista. Lisäksi saves, orgaaninen aines ja raudan ja alumiinin oksidit kerrostuvat usein aggregaattien ja partikkelien väleihin ja pinnoille väleihin ohuiksi filmeiksi, jotka lujittavat maan rakennetta. Karkeilla maalajeilla on tyypillisesti yksihiukkeinen rakenne, jossa juuret, sienirihmat, orgaaniset polymeerit ja oksidit yleensä sitovat maapartikkeleita vähäisessä määrin toisiinsa.

Maan rakennetta voidaan hoitaa suosimalla rakennetta muodostavia toimenpiteitä, ja välttämällä rakennetta heikentäviä toimia. Viljelytoimilla voidaan vaikuttaa luontaisiin prosesseihin epäsuorasti (kasvinvuorotus, ojitus, kalkitus) tai suoraan maan rakenteeseen (mekaaninen maanmuokkaus, maanparannusaineet, tallaus). Epäsuorat keinot ovat keskeisiä. Maan multavuutta ja rakenteenmuodostusta voidaan lisätä tehokkaimmin vähentämällä maanmuokkausta sekä viljelemällä monivuotisia ja runsasjuurisia kasveja. Maanparannusaineet voivat edistää rakenteenmuodostusta esimerkiksi vähentämällä maan happamuutta tai lisäämällä moniarvoisten kationien (kalkitus) ja orgaanisen aineksen (lanta, komposti, biohiili) määrää maassa. Mekaanisella maanmuokkauksella voidaan hienontaa karkearakenteista tai löyhentää tiivistä maata kasvin kasvulle edullisemmaksi. Tämä jää kuitenkin lähinnä ensiavuksi, ellei luonnon omia prosesseja samalla hyödynnetä maan rakenteen parantamisessa ja ylläpidossa. Toisaalta Suomen ja Euroopan ilmastossa luontaiset prosessit eivät ole yksistään riittäviä korjaamaan voimakkaasti tiivistetyn pohjamaan rakennetta edes useassa vuosikymmenessä (www.poseidon-nordic.dk).

on suuria ilman täyttämiä huokosia, sitä nopeammin happi ja muut kaasut pääsevät liikkumaan maassa. Märässä ja tiiviissä maassa vähäisestä ilmahuokoisuudesta johtuva hapenpuute rajoittaa juurten kasvua ja lisää mikrobiologista denitrifikaatiota ja sen aiheuttamia dityppioksidin (voimakas kasvihuonekaasu) emissioita ilmakehään. Lisäksi tiivissä maassa suuri mekaaninen vastus voi rajoittaa juurten kasvua.

Hyvärakenteisen maan kriteerejä voidaan tarkastella esimerkiksi kasvin, viljelyn ja ympäristön näkökulmista. Kasvin kasvun kannalta maan rakenne on hyvä, kun siinä on suuret kasveille käyttökelpoisen veden ja ravinteiden varastot juuristokerroksessa eivätkä muut fysikaaliset maaperätekijät (mekaaninen vastus, hapensaanti, lämpötila) rajoita juurten kasvua. Viljelyn kannalta hyvärakenteinen maa kuivuu nopeasti muokkauskuntoon, kantaa koneita ja on helppo muokata. Ympäristön kannalta hyvä rakenne vähentää maaperän kasvihuonekaasujen päästöjä, eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista.

Yleensä hyvärakenteiselle maalle asetetut kriteerit ovat pääosin hyvin samankaltaisia valitusta näkökulmasta riippumatta. Luontaiset rakenteenmuodostusprosessit lisäävät ilmapuutusta, mikrobiologista aktiivisuutta, mineralisaatiota, nitrifikaatiota ja juurten kasvua maassa. Juurten tehokas veden ja ravinteiden otto vähentää denitrifikaation ja ravinteiden huuhtoutumisen riskiä samalla kun maan muokkautuvuus ja kantavuus paranee. Tämä edistää yhtä aikaa niin kasvin kasvua, viljeltävyyttä kuin ympäristöpäästöjen vähentämistäkin. Aina näin ei ole. Esimerkiksi turvemaiden ojitus voi parantaa niiden rakennetta, kasvukuntoa ja viljeltävyyttä, mutta samalla orgaanisen aineksen hajoaminen kiihtyy ja hiilidioksidipäästöt ilmakehään lisääntyvät. Samoin ns. happamissa sulfaattimaissa tapahtuva sulfidien hapettuminen rikkihapoksi on paljolti seurausta maan kuivatuksen synnyttämästä ilmapasta rakenteesta (<http://www.catermass.fi>).

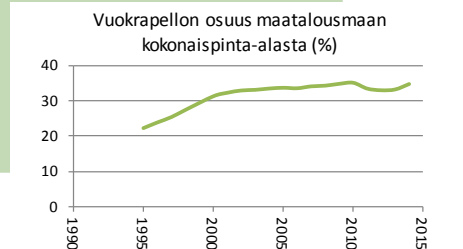
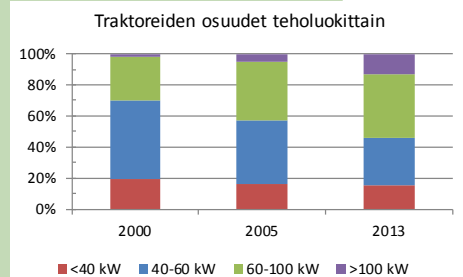
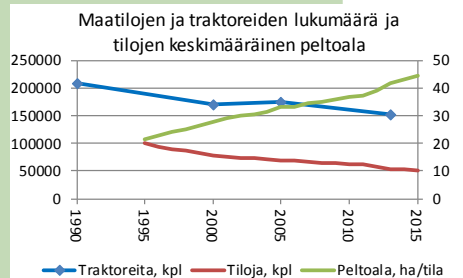
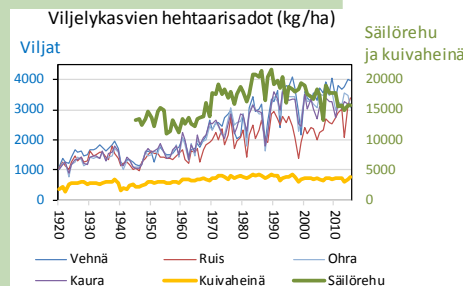
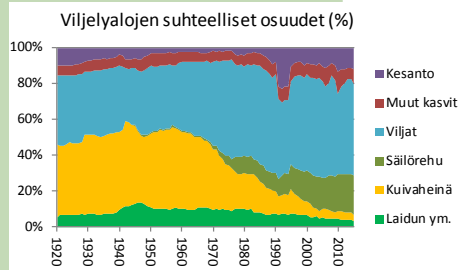
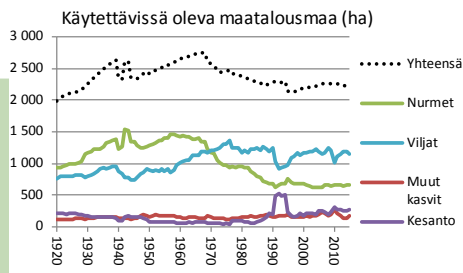
Maan rakenne ei ole ollut mukana maan laadun pitkäaikaisseurannoissa, jotka MTT/Luke aloitti 1974, vaikka maan rakenteeseen on kiinnitetty enenevästi huomiota jo 1980-luvulta lähtien. Mäkelä-Kurtto ja Sippola (2002) tulkitsivat maaperän hiilipitoisuuden vähenemän 8 %:lla ja irtotiheyden nousun 5 %:lla 1987 – 1998 mahdollisesti johtuneen orgaanisen aineksen hajotuksesta ja maan tiivistymisestä. Pitkäaikaisaineiston puuttumisesta huolimatta maan rakenteen ja vesitalouden tiedetään olevan maatalouden vesistökuormituksen vähentämisessä avainasemassa ja myös niiden mahdolliset vaikutusmekanismit tunnetaan varsin hyvin. Monilla maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteillä on pyritty vaikuttamaan suoraan tai epäsuorasti maan rakenteen kehittymiseen: viljavuusanalyysi 5 v välein, talviaikainen tai tehostettu kasvipeitteisyys, kevennetty muokkaus, viljelyn monipuolistaminen, laajaperäinen nurmituotanto ja kerääjäkasvien viljely.

Maanmuokkauksen ja peltoliikenteen vähentäminen on periaatteessa tehokas keino parantaa maan rakennetta. Tiken mukaan kevennetysti muokatun alan osuus oli 2010 Suomessa noin 28 % ja suorakylvetyn alan osuus 13 % koko kylvestystä peltoalasta. Muokkauksen vähentäminen yleistyy koko ajan, erityisesti koska sillä voidaan säästää suuri määrä työtä ja samalla parantaa maan rakennetta. Suorakylvökoneiden valmistaja arvioi suorakylvöalaksi jopa 230 000 ha vuonna 2015 (<http://www.vm-koneet.fi/fi/>). Monissa kokeissa kevennetyllä muokkauksella tai

Eräitä maan rakenteeseen vaikuttavia maataloustuotannon kehityskulkuja Suomessa

Suomen maataloustuotanto on muutoksessa. Viljelymaan rakenteen kannalta huolestuttavinta ovat tilojen vähenemisestä ja yksikkökoon kasvamisesta johtuva tarve tehokkaampiin ja painavampiin koneisiin, mikä lisää maan tiivistymisen riskiä. Samalla pellon vuokraus on yleistynyt, mikä voi vähentää rakennetta ylläpitäviä perusparannuksia (ojitus, kalkitus). Tuotantosuuntien muutokset eivät ole keskimäärin juuri muuttaneet maatalouden maankäyttöä 1970-luvun jälkeen. Maan rakenteelle hyödyllisten nurmien ala on pysynyt ennallaan 1990-luvulta lähtien, säilörehun osuus on tosin kasvanut ja kuivaheinän osuus vähentynyt. Suuret satotasot ovat maan rakenteen kannalta toivottavia, koska kasvien voimaas kasvu lisää maan kuivumishalkeilua ja multavuutta. Viljojen hehtaarisadot ovat ruista lukuunottamatta yli kolminkertaistuneet 1920-lukuun verrattuna. Säilörehun hehtaarisadot ovat pienentyneet tasaisesti 1990-luvun alusta. Maailman väestönkasvusta johtuen tarve suurempiin satoihin Suomessa ei vähene lähitulevaisuudessa. Ilmastonmuutoksen odotetaan parantavan kasvintuotannon edellytyksiä pohjoisilla leveysasteilla, mutta roudan väheneminen ja sateiden lisääntyminen keväällä ja syksyllä lisäävät peltojen tiivistymisriskiä.

Lähde: LUKE. Luonnonvarakeskuksen PX-Web tilastotietokanta <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pXweb/fi/LUKE/>. SVT: Luonnonvarakeskus, Sato-tilasto. SVT: Luonnonvarakeskus, Käytössä oleva maatalousmaa. SVT: Luonnonvarakeskus, Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne. SVT: Tike, Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne. SVT: Tike, Maatalouden rakennetutkimus, Maatalouslaskenta 2010.



suorakylvöllä on saatu hyviä tuloksia, joissa satotaso on ollut samaa luokkaa kuin perinteiseen syyskylvöön perustuvassa viljelyssä. Ei kuitenkaan aina. Jos maassa on jo alunperin huono rakenne, siirtyminen kevennettyyn muokkaukseen tai suorakylvöön voi lisätä pintavaluntaa ja maan märkyysongelmia ja vähentää pohjamaan reikäisyyttä. Tällöin ongelman perimmäinen syy ei kuitenkaan ole muokkauksen vähentämisessä sinänsä. Luontaiset prosessit ovat tällöin vain liian hitaita tai tehottomia korjaamaan aiemmin syntyneitä maan rakenneongelmia. Ne ovat tavallisesti syntyneet perinteisessä syyskylvöön perustuvassa viljelyssä, jossa pintamaata kuohkeutetaan vuosittaisella muokkauksella ja pohjamaan yläosa (jankko) on aina enemmän tai vähemmän tiivistynyt. Pohjamaan tiivistymä voi korjautua vasta vuosikymmenien kuluessa tai olla jopa pysyvä.

Maan rakennetta kuvaavien muuttujien puute maan laadun pitkäaikaisseuran-
noissa johtuu osittain siitä, että maan rakenteen mittaaminen on työläämpää ja
vaikeammin automatisoitavissa kuin kemialliset analyysit. Viljavuusanalyysillä
on Suomessa kaupallisia perinteitä jo 1950-luvulta lähtien, mutta viljelymaan ra-
kenteen mittaaminen ei ole synnyttänyt laajaa kaupallista toimintaa. Säännöllisin
väliajoin tehtävä viljavuusanalyysi kuuluu Suomen ympäristötukijärjestelmään,
mutta monipuolisempia mittareita maan laadun seuraamiseen ei ole ollut juuri
tarjolla. Suomessa ensimmäinen vakava yritys tähän suuntaan on Peltomaan
laatutesti (http://www.virtuaali.info/efarmer/peltomaan_laautesti/), josta on
saatu hyviä kokemuksia maatalouden ympäristösuojelun kehittämishankkeissa.
Peltomaan laatutestin itsearvion ottaminen mukaan ympäristökorvausjärjestel-
mään 2015 alkavalle kaudelle lisää viljelijöiden tietoisuutta maan fysikaalisten
ja biologisten ominaisuuksien keskeisestä merkityksestä maan kasvukunnolle
kemiallisen viljavuuden ohella, ja mahdollisesti kiinnostusta näiden mittaami-
seen ([http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelija/Sivut/Ymp%C3%A4rist-
t%C3%B6korvauksen-sitoumusehdot.aspx](http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelija/Sivut/Ymp%C3%A4rist-
t%C3%B6korvauksen-sitoumusehdot.aspx)).

Kasvinravinteet

Kasvinravinteiksi luetaan kaikki ne alkuaineet, jotka ovat välttämättömiä kasvin
kehitykselle siemenestä uuteen itämiskykyiseen siemeneen saakka. Tämän het-
ken käsityksen mukaan kasvinravinteita on 17 kpl. Makroravinteita (9 kpl), joita
viljelykasvit tarvitsevat yli 10 kg/ha, ovat hiili, vety, happi, typpi, fosfori, kalium,
kalsium, magnesium ja rikki. Mikroravinteita (8 kpl), joita tarvitaan alle 1 kg/
ha, ovat kupari, sinkki, rauta, mangaani, boori, kloori, molybdeeni ja viimeisenä
luetteloon liitetty nikkeli. Minkä tahansa kasvinravinteiden ankara puute voi estää
kasvun. Koska kasvilla on toimintoja, joissa tarvitaan juuri jotain tiettyä ravin-
netta, ravinteet eivät voi korvata toisiaan kuin joissain yleisluontoisissa tehtävissä.
On myös muita aineita, joiden on todettu olevan kasveille hyödyllisiä, mutta jotka
eivät täytä kaikkia kasvinravinteiden määritelmän asettamia vaatimuksia. Näihin
kuuluvat ainakin pii, natrium ja seleeni.

Hiilen kasvi ottaa ilmasta hiilidioksidina (CO₂) vihreissä osissa olevien ilma-
rakojen kautta. Kasvit eivät pysty ottamaan hiilidioksidia juurillaan. Sen sijaan
muut ravinteet tulevat kasviin lähes pelkästään maasta juurten kautta. Kaikkia
kasvinravinteita on maassa suuri varasto, josta tosin yleensä vain pieni osuus

on kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kasvit voivat saada ravinteensa maan luontaisista varoista tai lannoitusaineista. Väkilannoitteet ovat teollisesti valmistettuja ravinteiden lähteitä. Yhteiskunnassamme on paljon erilaisia ravinnepitoisia sivuvirtoja, joiden hyödyntämismahdollisuudet ovat saaneet kasvavaa huomiota. Näistä ravinnelähteistä verrattomasti merkittävin on karjanlanta. Lannoituskäyttöön sopivat mm. puhdistamolietteet, kompostit ja teollisuuden ravinnepitoiset sivutuotteet, kuten tuhkat ja lihaluujauho. Kaikista näistä lannoitusaineista vapautuu ravinteita kasveille käyttökelpoisessa muodossa, ja ravinteet osallistuvat maassa tapahtuviin reaktioihin kemiallisen ominaislaatussa ja maan ominaisuuksien säätelämällä tavalla.

tietolaatikko

Ravinteiden kemialliset merkit, muoto, jossa kasvi sen ottaa, ja tärkeimmät tehtävät kasvilla

Kasvinravinne ja sen kemiallinen merkki	Ottomuoto	Tärkeimmät tehtävät kasvilla
Makroravinteet		
Hiili, C	CO ₂	Orgaanisten yhdisteiden rakenneosa
Vety, H	H ₂ O	Veden ja orgaanisten yhdisteiden rakenneosa
Happi, O	CO ₂ , H ₂ O, O ₂	Hengitys, orgaanisten yhdisteiden rakenneosa
Typpi, N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Valkuaisaineiden rakenneosa
Fosfori, P	H ₂ PO ₄ ²⁻	DNA, energia-aineenvaihdunta (ATP-ADP)
Kalium, K	K ⁺	Vesitalous, entsyymitoiminta
Kalsium, Ca	Ca ²⁺	Solunseinän rakenne
Magnesium, Mg	Mg ²⁺	Klorofyllin keskusatomi, entsyymitoiminta
Rikki, S	SO ₄ ²⁻	Valkuaisaineiden rakenneosa
Mikroravinteet		
Rauta, Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Entsyymitoiminta
Mangaani, Mn	Mn ²⁺	Entsyymitoiminta, erit. veden fotolyysi
Sinkki, Zn	Zn ²⁺	Entsyymitoiminta
Kupari, Cu	Cu ²⁺	Entsyymitoiminta
Nikkeli, Ni	Ni ²⁺	Entsyymitoiminta
Boori, B	H ₃ BO ₃	Sokerien kuljetus, solunseinän rakenne
Kloori, Cl	Cl ⁻	Veden fotolyysi
Molybdeeni, Mo	MoO ₄ ²⁻	Nitraatin pelkistys

Kasvukauden aikana Suomessa on runsaasti valoa, joka energian turvin kasvit valmistavat hiilihydraatteja hiilidioksidista ja vedestä. Lämpöolotkin ovat kohtalaisen edulliset, ja vettä on enimmäkseen riittävästi, monesti jopa liikaa. Vaikka tavanomaisen kivennäismaan muokkauskerroksessa olevan typen kokonaismäärä on noin 7 tonnia hehtaaria kohti, kasveille käyttökelpoisen typen määrä maassa on pieni ja se on lähes poikkeuksetta kasvun minimitekijä lannoittamattomassa maassa. Ilman typpilannoitusta saatava viljasato on tavallisesti 1-1,5 tonnia hehtaarilta. Kasveille välittömästi käyttökelpoiset typen muodot ovat ammonium (NH_4^+) ja nitraatti (NO_3^-). Ammoniumtyyppiä vapautuu mikrobitoiminnan tuloksena maan orgaanisesta aineksesta ja eloperäisistä lannoitevalmisteista ja se muuttuu peltomaassa nitraattimuotoon. Varsinkin luonnonmukaisessa viljelyssä viljelykasvien typentarve tyydytetään karjanlannan ohella biologisen typensidonnan avulla. Palkokasvien juurinystryöissä elävät *Rhizobium*-bakteerit pystyvät sitomaan ilmakehän tyyppiä (N_2) kasveille käyttökelpoiseen muotoon isäntäkasviltaan saamiensa hiilihydraattien energian avulla. Väkilannoitteet sisältävät tavallisesti ammonium- ja nitraattityyppiä, ja myös eloperäisten lannoitusaineiden tyypestä osa on näissä epäorgaanisissa muodoissa. Ammoniumtyppi sitoutuu maan kationinvaihtopaikoille, mutta nitraattimuotoinen typpi ei käytännössä sitoudu maan kiintoainekseen vaan on liuenneena maan huokosvedessä. Koska ammoniumtyppi ei ole peltomaassa pysyvää, maahan ei pääse kertymään liukoisien typen varastoa. Talvikauden vedet huuhtovat maan huokosvedessä liukoisena olevan typen pois.

Suomessa niin kuin kaikkialla muuallakin maaperässä on luontaisesti vähän kasveille käyttökelpoista fosforia. Maan helppoliukoisen fosforin varoja onkin tietoisesti kasvatettu lannoituksen avulla. Teollisesti valmistettujen fosforilannoitteiden käyttö oli runsainta 1970-luvulta 1990-luvun puoliväliin saakka, minkä jälkeen käyttö on olennaisesti pienentynyt. Väkilannoitteet sisältävät fosforin epäorgaanisessa fosfaattimuodossa (H_2PO_4^-). Myös huomattava osa lannan fosforista on tässä muodossa ja loppu on orgaanisina fosforiyhdisteinä. Maassa fosfori sitoutuu varsinkin rauta- ja alumiinihydroksideihin, ja hyvin pieni osuus maahan lisätystä fosforista jää liukoisessa muodossa huokosveteen. Maassa, jota ei ole koskaan lannoitettu, fosfori sitoutuu näihin hydroksideihin tiukasti, koska lähes kaikki sitoutumiseen käytettävissä olevat kohdat ovat vapaina. Mitä kauemmin ja mitä runsaampana fosforilannoitus jatkuu, sitä täydemmiksi sitoutumispaikat tulevat ja myös huokosveteen liunneen fosforin pitoisuus kasvaa. Lannoitefosforia on siis kertynyt maahan, ja osa siitä on säilynyt käyttökelpoisena kasveille. Koska maan fosforivarat ovat kasvaneet ja maan viljavuus tältä osin parantunut, fosforilannoituksella saatavat sadonlisäykset ovat vastaavasti pienentyneet. Parikymmenen vuoden ajan jatkunut väkilannoitefosforin käytön vähentyminen on huomattava kasvinviljelyssä tapahtunut muutos. Viljelymaiden helppoliukoisen fosforin keskimääräinen pitoisuus onkin lähtenyt lievään laskuun 2010-luvulla. Parhaillaan käydäänkin vilkasta keskustelua siitä, onko fosforilannoitus jo käynyt kasvien fosforinsaannin näkökulmasta riittämättömäksi.

Maan viljavuusanalyysi

Neuvonnallista maa-analyysiä eli viljavuusanalyysiä varten otettava maanäyte koostuu yhden peruslohkon alalta osanäytteistä. Näyte otetaan koko muokkauskerroksen paksuudelta. Yksi näyte voi edustaa enintään viiden hehtaarin aluetta. Jos peruslohko on tätä suurempi, siltä täytyy ottaa useampia näytteitä. Viljavuusanalyysissä määritetään maalaji, multavuus ja maan pH. Perustutkimukseen kuuluu lisäksi helppoliukoisen fosforin (P), kaliumin (K), kalsiumin (Ca), magnesiumin (Mg) ja rikin (S) määrittäminen. Nämä ravinteet uutetaan maasta happamalla (pH 4,65) ammoniumasetaatiliuoksella, joka on suomalaisiin oloihin kehitetty menetelmä. Tähän liuokseen liukenee vain pieni osa näiden ravinteiden kokonaismäärästä, mutta tulosten on tarkoitus kuvata nimenomaan kasveille käyttökelpoisten osuuksien suuruutta. Määrittäytulosten tulkitaan viljavuusluokkiin siten, että pH:n ja jokaisen määritetyn ravinteen osalta todetaan erikseen, mitä tulos kasvin näkökulmasta tarkoittaa. Käytössä on seitsemän viljavuusluokkaa: huono, huononlainen, välttävä, tyydyttävä, hyvä, korkea ja arveluttavan korkea. On huomattava, että tietty pelto voi esimerkiksi fosforin osalta edustaa tyydyttävää viljavuusluokkaa ja kaliumin osalta hyvää viljavuusluokkaa. Viljavuusanalyysin tulos johtaa kalkitus- ja lannoitus-suosituksiin siten, että heikommassa luokissa suositellut ravinne- tai kalkitusmäärät ovat suuremmat kuin luokissa, joissa pH on korkeampi tai ravinteen pitoisuus suurempi. Se, miten määrittäytulokset tulkitaan viljavuusluokkiin, perustuu enimmäkseen kenttäkokeiden tuloksiin. Nykyisin suositusten määrittämiseen käytetään viljelysuunnitteluohjelmistoja.

Viljavuustutkimuksen perustutkimuksessa ei tehdä typpimäärittäystä. Multavuus antaa kuitenkin karkean käsityksen maan typpivarojen suuruudesta. Mitä multavampaa maa on, sitä enemmän typpeä siitä oletetaan vapautuvan kesän aikana kasvien käyttöön. Tästä syystä typpilannoitustarve pienenee maan multavuuden kasvaessa. Viljavuustutkimuksessa ei määritetä myöskään esimerkiksi maan rakennetta tai biologista tilaa.

Viljavuustutkimuksen teko vähintään viiden vuoden välein on maatalouden ympäristökorvauksen saamisen edellytys. Ympäristökorvauksen säännöissä ilmaistaan typpi- ja fosforilannoituksen ylärajat niillä tiloilla, jotka ovat mukana ympäristökorvausjärjestelmään. Fosforilannoituksen enimmäismäärät määräytyvät ennen kaikkea viljelykasvin ja viljavuusanalyysin tuloksen perusteella. Typpilannoituksen enimmäismäärä riippuu viljelykasvista ja maan multavuudesta, joka sekin määritetään viljavuusanalyysissä. Muiden ravinteiden käyttöön ympäristökorvausjärjestelmä ei ota kantaa.

Kalium kuuluu typen ja fosforin ohella kolmen ravinteen ryhmään, jota kutsutaan pääravinteiksi. Nimitys johtuu siitä, että niistä on (ollut) eniten pulaa viljelymaissamme ja niitä on eniten lisätty lannoitteissa. Kiillemineraalit sisältävät paljon kaliumia ja näitä mineraaleja on runsaasti erityisesti savimaissa. Tästä syystä savimailla on yleensä melko runsaat kasveille käyttökelpoisen kaliumin varat. Karkeilla kivennäismailla ja etenkin turvemailla maan kaliumvarat voivat ehtyä etenkin voimaperäisessä nurmiviljelyssä, jossa satojen mukana poistuvat kaliummäärät ovat helposti yli 200 kg/ha vuodessa. Kalium sitoutuu maassa tavanomaisille kationinvaihtopaikoille ja vaikeammin vaihtuvaan muotoon kiillemineraalien levymäisten kerrosten väliin. - Kalsium ja magnesium ovat maan valtakationeja, ja ne sitoutuvat maassa kationinvaihtopaikoille.

Maan orgaanisessa aineksessa on rikkiä, jota vapautuu mikrobitoiminnan tuloksena kasvien käyttöön sulfaattimuodossa (SO_4^{2-}). Tässä muodossa rikkiä ei varastoidu maahan vaan sulfaatti huuhtoutuu helposti pois. Aikaisemmin ilmasta tuleva rikkilaskeuma oli vartenotettava rikin lähde myös Suomessa, mutta laskeuma on vähentynyt tuntuvasti viime vuosikymmeninä.

Metalliset mikroravinteet kupari ja sinkki sitoutuvat maassa yleensä tiukasti raudan ja alumiinin oksideihin ja/tai orgaaniseen ainekseen. Raudan merkitys kasvinravinteena tiedostetaan Suomessa yleensä vain kasvihuoneissa, mutta maapallon kuivilla ja kalkkipitoisilla mailla viljelykasvien raudanpuutos on yleistä. Peltomaissamme on paljon rautahydroksidia ruostesaostumina, jotka ovat helposti nähtävissä etenkin muokkauskerroksen alapuolisessa maassa. Myös mangaani saostuu oksideina ja hydroksideina ja liukenee veden kyllästämissä oloissa samoin kuin rautakin.

Maan happamuus ja kalkitus

Viljelymaamme ovat luontaisesti happamia, eli niissä on runsaasti yhdisteitä, joista vapautuu vetyioneja (H^+). Maaperämme on muodostunut pääasiassa happamista kivilajeista. Eloperäisessä aineksessa on karboksyyli-ryhmiä, joista vapautuu vetyioneja. Humidi ilmasto, huuhtoutuminen ja kasvien kationisten ravinteiden otto lisäävät happamuutta. Myös hapan laskeuma lisää maan happamuutta, mutta viljelymailla tämän tekijän merkitys on vähäinen. Happamassa maassa on kasvien juurille myrkyllistä liukoista alumiinia, joka korkeammassa pH:ssa saostuu hydroksidina ja muuttuu haitattomaksi. Fosfori sitoutuu happamassa maassa tiukasti. Ammoniumtyppi lisää myös maan happamuutta, sillä ammoniumin muuttuessa nitraattimuotoon reaktiossa vapautuu vetyioneja:



Suomen peltujen pH oli viljavuusanalyysin perusteella vuosina 1955–60 keskimäärin 5,5, ja se on kohonnut Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n tuoreiden tilastojen mukaan jaksolla 2011–2015 arvoon pH 6,03. Eloperäisten maiden pH 5,5 on

selvästi alempi kuin kivennäismaiden pH-keskiarvo 6,1. Nämä ovat vieläkin alle viljelykasvien optimiarvojen, jotka yleisesti ottaen on eloperäisillä mailla pH 6, karkeilla kivennäismailla 6,5 ja savimailla niinkin korkea kuin pH 7.

Peltoja onkin kalkittava 5–10 vuoden välein. Kalkitukseen käytetään yleensä kalsiumkarbonaattia eli kalsiittikalkkia (CaCO_3), tai dolomiittikalkkia ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), jolloin maahan tulee myös kasveille tarpeellista kalsiumia ja magnesiumia. Kalsiumkarbonaatti reagoi happamassa maassa seuraavalla tavalla:



Vetyionit siis sitoutuvat vedeksi ja syntyy myös hiilidioksidiä. Viljelymaiden kalkituksesta peräisin oleva hiilidioksidi otetaan huomioon myös laskettaessa maataloudesta tulevien kasvihuonekaasujen määrää. Tarvittavan kalkin määrä vaihtelee maaljain ja multavuuden mukaan. Puolen pH-yksikön nostoon tarvitaan kalkkia multavalla savimaalla 6 t/ha kun multavalla hietamaalla 3–4 t/ha saa aikaan saman vaikutuksen.

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta:

- EU 2002. Kohti maaperänsuojelun teemakohtaista strategiaa Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. KOM/2002/0179 lopullinen. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A52002DC0179>
- Paasonen-Kivekäs, M., Peltoma, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (toim.). 2016. Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. 2. täydennetty painos. Salaojayhdistys ry. 488 s. <http://www.salaojayhdistys.fi/fi/2015/10/maan-veesi-ja-ravinnetalous-ojitus-kastelu-ja-ymparisto/>
- Palojärvi, A., Myllys, M., Jauhiainen, L. & Alakukku, L. 2014. Maan rakenne ja viljavuus. Teoksessa Aakkula, J. & Leppänen, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3): loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö 3/2014. s. 64–74. <http://mmm.fi/mytvas>.