

Suomen maaperän seuranta, tila ja käytön ohjauskeinot

Teija Haavisto (toim.)

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Publication distribution

**Institutional Repository
for the Government
of Finland Valto**

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Publication sale

**Online bookstore
of the Finnish
Government**

vnjulkaisumyynti.fi

Julkaisija Ympäristöministeriö

Tekijä/t

Toimittaja/t Teija Haavisto

Yhteisötekijä

Kieli Suomi

Tiivistelmä Euroopan komissio on ilmoittanut julkistavansa maaperän terveyttä koskevan direktiiviehdotuksen heinäkuussa 2023. MaaTieto-hankkeessa Suomen ympäristökeskus, Luonnonvarakeskus ja Geologian tutkimuskeskus kokosivat keväällä 2023 direktiivin arvioinnin ja vaikuttamisen tueksi tietoja maaperää koskevista seurannoista, kartoituksista, kartoista ja raportoinneista. Euroopan tilastovirasto (EUROSTAT) ja Euroopan yhteinen tutkimuskeskus (JRC) tekevät kolmen vuoden välein EU:n maankäyttö- ja pinta-alatutkimuksen, johon on vuodesta 2009 lähtien kuulunut myös maaperäseurantaa ja tämän seurannan sisällöstä on kerrottu tässä raportissa. Hyvin monet eri tahot ovat esittäneet ehdotuksiaan maaperän seurannan sisällöstä ja toteutuksesta. Tässä selvityksessä on esitelty lyhyesti neljän keskeisen tahon ehdotuksia siitä millaisia asioita maaperästä tulisi mitata ja seurata. Selvityksessä on tarkasteltu Suomen maaperän tilaa pelto- ja metsämailla, soilla, kaupunki ja taajama-alueilla sekä lisäksi omana teemana maaperän pilaantumista. Selvityksessä on tunnistettu maaperäseurannan kehittämistarpeita. Kustannustietojen kerääminen osoittautui vaikeaksi, mutta selvitys sisältää tietoja kustannuksista peltoseurantojen ja pilaantuneiden maiden kunnostusten osalta. Lopuksi selvityksessä on tarkasteltu olemassa olevia maa- ja metsätalouden, pilaantuneiden maiden ja maankäytön ohjauskeinoja sekä niiden toimivuutta.

Asiasanat maaperä, maatalous, metsätalous, saastuminen, maaperäeliöstö, maaperägeologia, maaperäkemia, maaperänsuojelu, haitalliset aineet, <https://finto.fi/juho/fi/>

1	Johdanto	11
1.1	Euroopan unionin maaperänsuojelun tavoitteet	11
1.2	Suomen maaperän tilaa ja seurantaan koskevan tiedon kokoaminen	13
2	Olemassa olevat seurannat ja kartoitukset	14
2.1	Kemialliset muuttujat	14
2.1.1	Peltomaiden seurannat	14
2.1.1.1	Peltomaiden kemiallisen tilan seuranta	14
2.1.1.2	EU:n LUCAS Soil -maaperäseuranta	16
2.1.1.3	Viljavuusanalyysit	17
2.1.1.4	Peltojen ravinnetase	18
2.1.2	Metsämaiden seurannat	18
2.1.2.1	Valtakunnallinen seuranta (ICP Forests Level I)	18
2.1.2.2	Metsäekosysteemien intensiivinen seuranta (ICP Forests Level II, ICP Integrated monitoring)	19
2.1.3	Turvemaiden kartoitus	20
2.1.4	Geokemiallinen kartoitus	22
2.1.4.1	Moreenimaiden geokemia	22
2.1.4.2	Arseeni- ja metalliprovinsit	26
2.1.4.3	Maatalousmaiden geokemia GTK:n kartoituksissa	26
2.1.4.4	Taajamat ja muut maalajit	28
2.1.4.5	Happamien sulfaattimaiden kartoitus	30
2.1.4.6	Maaperän taustapitoisuudet -karttapalvelu	31
2.2	Fysikaaliset muuttujat	31
2.2.1	Peltojen vesieroosio	31
2.2.2	GTK:n maaperän seuranta-asemaverkostot	32
2.2.2.1	Maaperän lämpötila	32
2.2.2.2	Maaperän lämpötila, vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus	33
2.2.2.3	Peltomaiden vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus	37
2.2.2.4	Muita maaperän seuranta-asemia	37
2.3	Biologiset muuttujat	40
2.3.1	BioValse	40
2.3.2	Suotyyppi ja suon luonnontilaisuus	42
2.3.3	Metsämaiden biologisia muuttujia koskevat seurannat	44

2.4	Rakennettujen ympäristöjen muuttajat.....	46
2.4.1	Pohjatutkimukset	46
2.4.2	Maanpinnan läpäisemättömyys ja sen muutokset.....	46
2.4.3	Kaupunkialueita koskevat tiedot.....	48
2.4.3.1	Elinympäristön tietopalvelu Liiteri.....	49
2.5	Toimintoja koskevat seurannat.....	51
2.5.1	Maankäyttö ja maanpeite	51
2.5.2	LUCAS EU:n maankäyttö ja pinta-alatutkimus (Land Use and Coverage Area frame Survey).....	53
2.5.3	Maaperän tilan tietojärjestelmä.....	56
2.5.4	Suljetut ja hylätyt kaivannaisjätealueet.....	59
3	Kartat.....	61
3.1	Maaperäkartta	61
3.2	Maannoskartta	63
3.3	Happamien sulfaattimaiden esiintyvyysskartta	65
3.4	Orgaanisten maiden kartat, tietokannat ja MaaTi-projektissa tehty mallinnus.....	68
3.4.1	Tarkennettu koko maan laajuinen kartta turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta.....	71
3.5	Vesieroosiokartat.....	71
3.6	Geologisesti arvokkaat kohteet (maaperä).....	73
3.6.1	Arvokkaat moreenimuodostumat.....	74
3.6.2	Tuuli- ja rantakerrostumat.....	74
3.6.3	Luonnon ja maisemansuojelun kannalta arvokkaat kallioalueet.....	75
3.6.4	Valtakunnallisesti arvokkaat kivikot	76
4	Raportoinnit.....	79
4.1	Maankäyttösektorilta raportoitavat tiedot kasvihuonekaasuinventaarissa.....	79
4.2	Aavikoitumissopimuksen raportointi	80
4.3	Kestävän kehityksen tavoitteen 15.3.1 raportointi.....	85
4.4	Euroopan ympäristöviraston pilaantuneiden alueiden hallintaa koskeva indikaattori.....	85
4.5	Raportoinnit päästökattodirektiivin (NECD) seurantaan ja UN-ECE ICP Forests ja ICP IM -ohjelmille	91
4.6	Arviot maaperän hiilivarastoista	92
4.6.1	Arvio orgaanisten maiden hiilivarastoista	92

4.6.2	Mineraalisten maiden hiilivarasto	93
5	LUCAS-maaperäseuranta ja seurattavia muuttujia koskevia ehdotuksia	95
5.1	LUCAS-maaperäseuranta	95
5.1.1	LUCASia koskevat jatkosuunnitelmat	99
5.2	Muut maaperäseurantaa koskevat ehdotukset	100
6	Arvio Suomen maaperän tilasta	107
6.1	Suomen maaperän yleispiirteitä	107
6.2	Pellot	110
6.2.1	Hiilen määrä peltomaassa	110
6.2.2	Pääravinteet ja happamuus	113
6.2.3	Hivenravinteet ja haitalliset metallit	116
6.2.4	Viljavuusanalyysit	116
6.2.5	Peltojen ravinnetaseet	117
6.2.6	Vesieroosio	119
6.3	Metsämaat	120
6.3.1	Hiilen määrä metsämaassa	120
6.3.2	Metsämaan orgaaninen aines ja hiilivarasto ja sen yhteys ravinnetilaan	125
6.3.3	Metsämaiden monimuotoisuus	126
6.4	Suot	127
6.5	Kaupunkialueet ja taajama-alueet	130
6.6	Maaperän pilaantuminen haitallisilla aineilla	134
6.6.1	Paikallinen maaperän pilaantuminen	134
6.6.2	Haitallisten aineiden hajakuormitus	141
7	Seurantojen kehittämistarpeet	144
8	Kustannustietoja	150
8.1	Peltomaiden seuranta	150
8.2	Pilaantuneiden maa-alueiden tutkimuksen ja kunnostuksen kustannukset	150
8.2.1	Maaperä kuntoon -ohjelma	152
8.2.2	SOILI-ohjelma	153

9	Olemissa olevien ohjauskeinojen toimivuus ja kehittämistarpeet.....	155
9.1	Ohjauskeinojen osuvuus ja kehittämistarpeet liittyen tärkeimpiin maaperätavoitteisiin maataloudessa	155
9.1.1	Ehdollisuus ja sen velvoitteet liittyen viljelysmaiden hoitoon	155
9.1.2	CAP-ohjelmakauden 2023–2027 kannustimia ja mahdollisuuksia peltomaiden hoitoon.....	161
9.1.3	Mahdollisuuksia parantaa maaperän hoidon kannustimia maataloudessa	171
9.2	Metsien maaperää koskevat ohjauskeinot	173
9.2.1	Johdanto.....	173
9.2.2	Metsälaki ja -asetus.....	174
9.2.3	Metsätalouden tukijärjestelmät.....	175
9.2.3.1	Suometsien käsittely	175
9.2.3.2	Metsänlannoitus.....	176
9.2.4	Metsäsertifiointit.....	177
9.2.5	Metsänhoitosuosituksset.....	178
9.2.6	Euroopan unionin ohjauskeinot	179
9.2.6.1	Uusiutuvan energian direktiivi (RED)	179
9.2.6.2	Kestävän rahoituksen luokitusjärjestelmä (taksonomia)	181
9.2.6.3	Valtiontuen suuntaviivat	182
9.2.7	Mahdollisuuksia kehittää metsämaaperää koskevia ohjauskeinoja.....	183
9.3	Pilaantuneiden alueiden ohjauskeinot.....	184
9.3.1	Valtakunnallinen pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintastrategia ja sen toteutuminen.....	187
9.4	Maankäytön ohjauskeinot.....	189
10	Johtopäätökset.....	196
10.1	Maaperän tila	196
10.2	Seurannan kehittäminen	198
10.3	Ohjauskeinojen toimivuus ja kehitystarve	198
	Liitteet.....	201
	Lähteet.....	202

Tiivistelmä

Euroopan komissio on ilmoittanut julkistavansa maaperän terveyttä koskevan direktiiviehdotuksen heinäkuussa 2023. MaaTieto-hankkeessa Suomen ympäristökeskus, Luonnonvarakeskus ja Geologian tutkimuskeskus kokosivat keväällä 2023 direktiivin arvioinnin ja vaikuttamisen tueksi tietoja Suomen maaperää koskevista seurannoista, kartoituksista, kartoista, raportoinneista.

Suomessa maaperänäytteen ottoon perustuvia seurantoja on yhteensä kolme (pellot 1 kpl ja metsät 2 kpl). Seurannat ovat pitkälti maaperän fysikaalis-kemiallista seurantaa ja biologisten muuttujien seuranta on ollut vähäistä. Uusien DNA-tekniikoiden myötä mukaan on tullut mahdolliseksi maaperän pieneliöstön ja sen monimuotoisuuden seuranta. Peltomaiden osalta on aloitettu maaperän torjunta-ainejäämien seuranta. Kaukokartoitusmenetelmillä seurataan maanpeitettä, maankäyttöä ja sitä, kuinka suuri osuus maa-alasta on vettä läpäisemätöntä eli on rakennusten tai esimerkiksi asfaltin peittämää. Pilaantuneita alueita koskevia tietoja on koottu maaperän tilan tietojärjestelmään, jota ylläpidetään jatkuvasti.

Kartoituksia on tehty myös turvemaista, maaperän geokemiasta, happamista sulfaattimaista ja geologisesti arvokkaista maaperäkohteista. Karttamuotoista tietoa löytyy maaperästä, maannoksista, happamista sulfaattimaista, turvemaista ja peltomaiden eroosioherkkyydestä.

Kansainvälisiä maaperään liittyviä raportointivelvoitteita Suomella on YK:n ilmastopöytäkirjaan, YK:n aavikoitumissopimukseen ja kestävän kehityksen tavoitteeseen 15.3.1 sekä EU:n päästökattodirektiiviin liittyen.

Raportissa on kerrottu EU:n LUCAS-maaperäseurannan toteutuksesta ja seurattavista muuttujista.

Pelto- ja metsämaiden, soiden, kaupunki- ja taajama-alueiden maaperän tilaa sekä maaperän pilaantumista on tarkasteltu seuranta- ja kartoitustiedon sekä hankkeeseen osallistuneiden omien tutkimusten ja asiantuntemuksen pohjalta. Hankkeen tiiviin aikataulun ja rajallisten resurssien vuoksi tässä hankkeessa ei ole ollut mahdollista tehdä systemaattista ja kattavaa kirjallisuusselvitystä Suomen maaperää koskevista tutkimuksista.

Yksi Suomen maaperän ongelmista on Itämeren jääkauden jälkeisten järvi- ja merivaiheiden perintöä olevat happamat sulfaattimaat. Happamilta sulfaattimailta vapautuva happamuus ja metallit kuormittavat rannikon jokivesistöjä heikentäen niiden kemiallista ja ekologista tilaa. Ne aiheuttavat myös ongelmia ja kustannuksia maan viljelyskäytölle, metsätaloudelle sekä infrarakentamiselle.

Suomen maaperässä on runsaasti hiiltä varsinkin turvemaissa, mutta myös kivennäis- maissa. Suomen ilmasto-olosuhteet ovat edulliset eloperäisten maalajien synnylle ja turvemaat kattavat noin 30 % maa-alasta. Noin 2/3 Suomen hiilivarastoista on turpeessa. Peltomaihin on varastoitunut enemmän hiiltä kuin metsämaihin. Peltomaiden hiilen määrä on vähentynyt vuosina 1974–2018 keskimäärin 0,4 % vuodessa ja tärkeimpiä syitä ovat pellon historiallinen maankäyttö, viljelytoimet ja ilmaston muuttuminen. Vähentyminen on voimakkainta turvepelloilla.

Biologisen maaperän seurannan puuttumisen vuoksi tietoja ei ole Suomen pelto- ja metsämaiden pieneliöstön monimuotoisuuden muutoksista, mutta seurannat ovat alkaneet peltomailla ja ovat alkamassa myös metsämailla.

Suomessa soiden käyttö on ollut intensiivistä mm. maa- ja metsätaloukseen. Kaiken kaikkiaan Suomen soista on ojitettu eri maankäyttömuotoihin lähes 60 %, mikä on johtanut turpeen kiihtyvään hajoamiseen sekä hiilidioksidipäästöihin. Ojitus heikentää monin tavoin suolunnon tilaa ja noin puolet suolunnotyypeistä on arvioitu uhanalaiseiksi.

Suomessa kaupungistumiskehitys on kiihtynyt 2000-luvulla ja kaupunkialueilla asuvien osuus väestöstä on 73 %. Taajama-alueet ovat laajentuneet nopeasti ja rakentaminen on kohdistunut pääosin metsäalueille sekä pelloille ja muille luontoalueille. Suurimmilla kaupunkiseuduilla kehitys on 2010-luvulla kääntynyt tiivistyvämpään suuntaan. Kaupunki- ja taajama-alueilla korostuu rakentamisessa syntyvien kaivettujen maamassojen hyödyntäminen.

Paikallisen maaperän pilaantumisen hallintaan on Suomessa kehittyneet kartoitus- ja tietojärjestelmät ja toimiva kansallinen säädösympäristö, mutta haitallisten aineiden aiheuttamasta hajakuormituksesta seuranta ja tiedot ovat puutteellisia.

Maaperän tilan seurannan osalta tunnistettiin selkeitä resurssipuutteita ja kehittämistarpeita. Keskeistä on turvata pysyvä rahoitus maaperäseurannalle, joka mahdollistaa pitkäjänteisen toiminnan suunnittelun ja kehittämisen. Tuleva EU:n komission maaperän terveyttä koskeva direktiiviehdotus todennäköisesti tulee aiheuttamaan täydennystarpeita maaperän tilan seurantaan.

Maaperän hoidon ohjausta ja kannustimia tulee kehittää etenkin maan hiilipitoisuuden säilyttämiseksi ja peltojen vesistökuormituksen vähentämiseksi. Keinoina voidaan käyttää ehdollisuuden tarkentamista ja lisäämistä sekä tulosperusteisuuden ja kannustavuuden lisäämistä.

Metsätalouden ohjauskeinojen haasteet kivennäismailla koskevat ennen muuta voimakasta maanmuokkausta ja puunkorjuun aiheuttamaa maaperän tiivistymistä. Turve- mailla haasteita on enemmän. Maaperän tilaa parantavia ohjauskeinoja tulisikin jatkossa kehittää erityisesti puustoisilla turvemaidella harjoitettua metsänkäsittelyä koskien.

Maaperän pilaantumiseen keskeisesti liittyvien ympäristösuojelulain ja maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia koskevan valtioneuvoston asetuksen päivitystyö on parhaillaan käynnissä. Sen tavoitteena on selkeyttää ja täydentää sääntelyä, tukea kestävää ja riskiperusteista pilaantuneiden maa-alueiden ja pohjaveden puhdistamista sekä yhtenäistää käytäntöjä.

Maankäytön suunnittelussa tulee sovittaa yhteen monia hyvin erilaisia tavoitteita. Kaa-voituksen ratkaisulla on kauaskantoisia vaikutuksia mm. yhdyskuntien kehittymiselle. Tästä syystä olisi tärkeää etsiä maankäytön suunnittelussa keinoja, joilla voitaisiin edistää niin maaperänsuojelua kuin kiertotaloutta, sekä myös luonnon monimuotoisuutta.

1 Johdanto

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

1.1 Euroopan unionin maaperänsuojelun tavoitteet

Emme ehkä tule ajatelleeksi, että maaperä jalkojemme alla on elävä järjestelmä, joka koostuu kallioista rapautuneista mineraaleista, vedestä, ilmasta, maaperässä elävistä mikrobeista, kasveista ja eläimistä sekä hajoavasta eläin- ja kasviaineksesta syntyvästä humuksesta. Sen toiminta on kuitenkin olennaisen tärkeää ihmiskunnalle. Maaperä tuottaa meille ruokaa, biomassaa, kuituja ja raaka-aineita, vesi puhdistuu suotautuessaan maakerrosten läpi pohjavedeksi ja maaperä on monien eliöiden elinympäristö. Eräät maaperän mikrobien tuottamista aineista voivat osoittautua lupaaviksi uusiksi lääkeaineiksi. Maaperään on sitoutunut suuri määrä hiiltä ja se kykenee sitomaan sitä lisää, mikä auttaa ilmastonmuutoksen hidastamisessa. Maaperä voi auttaa myös sään ääri-ilmiöihin, kuivuuteen ja tulviin, sopeutumisessa. Se säilyttää myös kulttuurihistoriallista perintöä ja on keskeinen osa maisemaa. (Euroopan komissio 2021a)

Komissio haluaa nostaa maaperänsuojelun samalle tasolle vesien- ja ilmansuojelun kanssa. Maaperänsuojelun edistämiseksi komissio päivitti EU:n maaperästrategian (Euroopan komissio 2021a), jonka visiona on, että:

”Vuoteen 2050 mennessä kaikki EU:n maaperän ekosysteemit ovat terveitä ja siten entistä kestävämpiä, mikä edellyttää hyvin määrätietoisia muutoksia tällä vuosikymmenellä. Maaperän suojelusta, kestävästä käytöstä ja ennallistamisesta on siihen mennessä tullut vakiintunut käytäntö. Terve maaperä on keskeinen ratkaisu, joka auttaa vastaamaan suuriin haasteisiimme, joita ovat ilmaston neutraaliuden saavuttaminen ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen, vihreän ja kiertö(bio)talouden kehittäminen, luontokadon pysäyttäminen, ihmisten terveyden suojelu sekä aavikoitumisen ja maaperän huonontumisen pysäyttäminen.”

Strategian (Euroopan komissio 2021a) mukaan maaperä on terve silloin, kun se on hyvässä kemiallisessa, biologisessa ja fysikaalisessa kunnossa ja pystyy siten jatkuvasti tarjoamaan mahdollisimman monia seuraavista ekosysteemipalveluista:

- elintarvikkeiden ja biomassan tuottaminen
- veden imeytyminen, varastointi ja suodattaminen sekä ravinteiden ja aineiden muuntaminen ja siten pohjavesimuodostumien suojeleminen
- perustan luominen elämälle ja luonnon monimuotoisuudelle elinympäristöt, lajit ja geenit mukaan luettuina
- toimiminen hiilivarastona
- fyysisen alustan ja kulttuuripalvelujen tarjoaminen ihmisille ja heidän toimintaansa varten
- toimiminen raaka-aineiden lähteenä
- toimiminen geologisen, geomorfologisen ja arkeologisen perinnön arkistona.

Maaperästrategiassa (Euroopan komissio 2021a), on esitetty keskipitkän ja pitkän aikavälin tavoitteita. Esitetyt tavoitteet eivät ole uusia, vaan ne ovat sisältyneet jo johonkin aiempaan EU-strategiaan, toimintaohjelmaan tai kansainväliseen sopimukseen ja ovat seuraavat:

Keskipitkän aikavälin tavoitteet vuodelle 2030

- Taistellaan aavikoitumista vastaan, ennallistetaan pilaantunut maaperä esimerkiksi aavikoitumiselle, kuivuudelle ja tulville altistuneilla alueilla ja pyritään saavuttamaan maaperän huonontumisen nollassa (United Nations 2015)
- Palautetaan ennalleen ekosysteemit, maaperä mukaan luettuna, joiden tila on huonontunut tai jotka sisältävät runsaasti hiiltä (Euroopan komissio 2020b)
- Toteutetaan EU:ssa 310 miljoonaa hiilidioksidiekvivalentitonnia kasvihuonekaasujen nettopoistumia vuodessa maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsätalouden sektorilla (LULUCF) (Euroopan komissio 2021b)
- Saavutetaan pintavesien hyvä ekologinen ja kemiallinen tila ja pohjavesien hyvä kemiallinen ja määrällinen tila vuoteen 2027 mennessä. (Vesipuitedirektiivi 2000/60/EY)
- Vähennetään ravinnehävikkiä vähintään 50 prosenttia, kemiallisten torjunta-aineiden kokonaiskäyttöä ja -riskiä vähintään 50 prosenttia ja vaarallisempien torjunta-aineiden käyttöä 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. (Euroopan komissio 2020c)
- Edistytään merkittävästi pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamisessa (Euroopan komissio 2020b.)

Pitkän aikavälin tavoitteet vuodelle 2050

- Saavutetaan tilanne, jossa uutta maata ei enää oteta infrastruktuurin käyttöön. (Euroopan komissio 2011), (Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 1386/2013/EU)
- Vähennetään maaperän pilaantuminen tasolle, jota ei enää pidetä haitallisena terveydelle ja luonnon ekosysteemeille ja joka kunnioittaa maapallon resurssien rajoja, ja luodaan näin myrkytön ympäristö. (Euroopan komissio 2021c)
- Saavutetaan ilmastoneutraali Eurooppa (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EU) 2021/1119) ja pyritään ensimmäisessä vaiheessa saavuttamaan maapohjainen ilmastoneutraalius EU:ssa vuoteen 2035 mennessä (Euroopan komissio 2021b).
- Toteutetaan vuoteen 2050 mennessä EU:ssa ilmastokestävä yhteiskunta, joka on kaikilta osin varautunut ilmastonmuutoksen väistämättömiin vaikutuksiin. (Euroopan komissio 2021d)

Näiden tavoitteiden saavuttamista tukemaan Euroopan komissio on ilmoittanut julkaisevansa maaperän terveyttä koskevan direktiiviehdotuksen (Soil Health Law) heinäkuussa 2023. Säädösehdotus tulee esittämään toimenpiteitä, joilla puututaan Euroopan maaperää heikentäviin prosesseihin: eroosio, tulvat ja maanvyöryt, maaperän orgaanisen aineksen vähentyminen, suolaantuminen, pilaantuminen, tiivistyminen, maaperän sulkeminen rakentamalla ja maaperän monimuotoisuuden väheneminen.

Osoituksena maaperän suojelun tärkeydestä on, että EU:n Horizon Europe tutkimus ja innovaatio-ohjelman viidestä keskeistä teemasta yksi on maaperä. Muita ovat syöpä, ilmastokestävyys, meret ja sisävedet sekä ilmastoneutraalit ja -viisaat kaupungit. Horizon Europe ohjelmassa on varattu 320 miljoonaa euroa vuosina 2021–2023 tämän maaperämissiön toteuttamiseen.

1.2 Suomen maaperän tilaa ja seurantaan koskevan tiedon kokoaminen

Tämän hankkeen tavoitteena on ollut koota yhteen olemassa olevaa tietoa kansallisista maaperää koskevista seurannoista, kartoituksista ja raportoinneista ja tehdä niiden perusteella arviota maaperän tilasta Suomessa. Kattavaa tutkimustulosten läpikäyntiä ja kokoamista tässä hankkeessa ei ollut mahdollista tehdä rajallisten resurssien vuoksi. Hankkeessa arvioitiin, mitkä EU:n maaperästrategian (Euroopan komissio 2021a), Mission Board for Soil Health and Food'n (European Commission 2020) raportin ja Soil Health Law'n valmistelupapereiden esille tuomista asioista ovat relevantteja Suomen osalta. Tavoitteena oli myös tunnistaa maaperätiedon puutteita ja seurannan kehitystarpeita. Lisäksi hankkeessa tarkasteltiin maa- ja metsätalouden, pilaantuneiden maa-alueiden ja maankäytön ohjauskeinojen toimivuutta. Hankkeessa selvitettiin saatavilla olevia seurantojen, maaperän huonontumisen ja maaperän tilaa parantavien toimenpiteiden kustannustietojen saatavuutta, mutta niitä löytyi niukasti. Tämän selvityksen tietoja tarvitaan EU:n maaperän terveyttä koskevan direktiiviehdotuksen (Soil Health Law) valmistelun ja vaikuttamisen tueksi. Koottua tietoa maaperän tilasta ei ole julkaistu yli kahteenkymmeneen vuoteen (Kylä-Setälä & Assmuth 1996).

2 Olemassa olevat seurannat ja kartoitukset

2.1 Kemialliset muuttujat

2.1.1 Peltomaiden seurannat

Jaakko Heikkinen, Marleena Hagner, Riitta Lemola, Visa Nuutinen, Tapio Salo, Luonnonvarakeskus

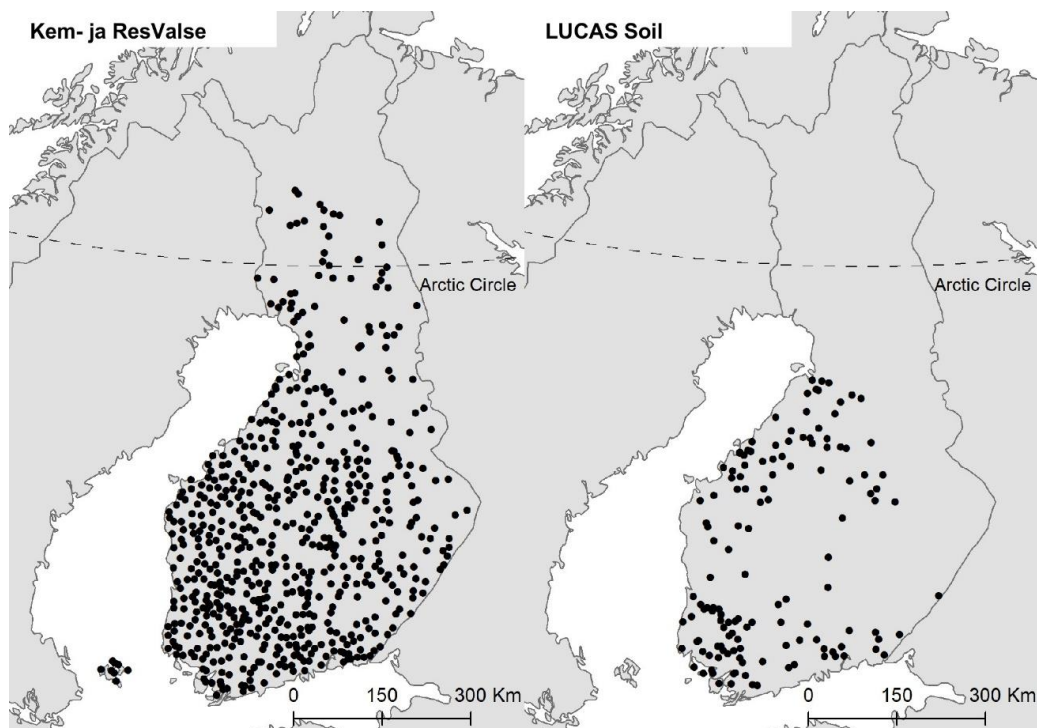
Suomen viljelymaiden kemialliset ominaisuudet ovat parhaillaan varsin aktiivisen tutkimuksen kohteena. Tutkimuslaitosten ja yliopistojen tutkimushankkeiden rinnalle merkittäviksi toimijoiksi ovat nousseet viljelijäverkosto- ja yritysyhteistyöhön perustuvat tutkimus- ja kehityshankkeet. Tärkeänä syynä tutkimuksen aktivoitumiseen on ilmastonmuutokseen liittyvä mielenkiinto maaperän hiileen ja orgaanisen ainekseen. Lisäksi mm. uusien lannoitevalmisteiden kehittäminen ja käyttöönotto sekä vesien- ja muun ympäristönsuojelun tietotarpeet edellyttävät uutta maaperän kemiallisten ominaisuuksien tutkimusta. Eri tutkimusten suuren määrän vuoksi ei tässä raportissa ole mahdollista esittää niiden yhteenvetoa. Sen sijaan keskitytään käynnissä oleviin valtakunnallisiin peltomaiden pitkäaikaisseurantoihin ja muihin päivittyviin tietovarantoihin.

Suomen peltomaiden kemiallisen tilan seurannassa keskeinen pitkäaikaistutkimus on Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja sen edeltäjän (MTT) 1970-luvulla alkanut peltojen kemiallisen tilan valtakunnallinen seurantatutkimus. Sen lisäksi tietoa peltomaiden tilasta kertyy EU:n LUCAS Soil -maaperäseurannassa, joka käynnistyi vuonna 2009. Merkittävät tietovarantot ovat viljelijöiden viljavuuslaboratorioissa teettämien viljavuusanalyysien tulokset. Huolimatta viimeksi mainittujen aineistojen erityisluonteen ja käyttöoikeuksien asettamista rajoitteista, viljavuustutkimusten tuloksia voidaan pyrkiä hyödyntämään viljelymaiden tilan varsinaisen seurannan tukena. Saatavilla olevien lohko- ja kirkonpöytäkirjojen pohjalta on laskettu peltojen typpi- ja fosforitaseita vuosien 1988–2018 tiedoilla.

2.1.1.1 Peltomaiden kemiallisen tilan seuranta

Tutkimus alkoi vuonna 1974 koko maan kattaneena peltojen muokkauskerroksen kemiallisten ominaisuuksien kartoituksena yhteensä 2 042 näytealalla (Sippola & Tares, 1978). Tutkimuksen alusta saakka maanäytteistä on analysoitu viljavuusmuuttujat -pääravinteet, hiilipitoisuus, happamuus ja hivenravinteet - sekä raskasmetallit. Näytteenoton tekee Luken tehtävään koulutettu henkilökunta ja tähän mennessä näytteenotto on toistettu neljä kertaa: 1987 (n = 1 362 näytealaa) (Erviö ym. 1990), 1998 (n = 720) (Mäkelä-Kurtto & Sippola, 2002), 2009 (n = 611) (Heikkinen ym. 2013, Keskinen ym. 2016) ja 2018 (n = 630) (Heikkinen ym. 2021, 2022; Soinne ym. 2022). Tutkimuksessa otetaan käytännön peltoviljelmillä sijaitsevilta aarin kokoisilta näytealoilta kookonäyte 0–15 cm syvyydestä viljavuusnäytteenottoon tarkoitettulla Mikko-kairalla.

Tuoreimmalla viidennellä seurantakerroksella (2018) mukana oli 480 sellaista näytealaa, jotka ovat olleet mukana vuodesta 1974 saakka. Niiden lisäksi perustettiin 150 uutta näytealaa, jotka sijoitettiin satunnaisesti olemassa olleen näytealaverkon lomaan (Heikkinen ym. 2021; Kuva 1). Hiilivarastoarvion tarkentamiseksi jokaisella uudella näytealalla otettiin seurantanäytteen lisäksi kolme näytettä 0–40 cm syvyydeltä ja neljässä kerroksessa (0–5 cm, 5–15 cm, 15–25 cm ja 25–40 cm). Näytteet esikäsiteltiin samalla tavoin kuin seurannan muutkin näytteet ja niiden hiilipitoisuus määritettiin.



Kuva 1. Vasemmalla: Peltomaiden kemiallisen tilan kansallisen seurannan näytealojen sijainti vuonna 2018 (Kem- ja ResValse-tutkimukset); oikealla: LUCAS Soil –tutkimuksen pelloilla sijaitsevien näytealojen sijainti.

Viidennellä seurantakerroksella (2018) kokoomänäytteestä otettiin torjunta-ainejäämä-analyysyä varten osanäyte, joka pakastettiin. Niistä valittiin edustava 150 näytteen otos, joista jäämät määritettiin ResValse-projektissa. Mukaan otokseen valittiin 20 luomupellon satunnaisotos (luomu-osite) sekä 121 otospistettä, jotka valittiin satunnaisotannalla niistä näytealoista, joilla oli viljelty nurmea vähintään 4 vuotta tai viljaa vähintään 7 vuotta (perus-osite). Luomu-ositteelle käytettiin maalajin mukaan ositettua otantaa suhteellisella kiintiöinnillä ja perus-ositteelle kaksisuuntaista ositusta niin, että eri maalajeja ja viljelykiertoja edustavia pisteitä on mahdollisimman samassa suhteessa kuin niitä esiintyi vuoden 2018 näytteenotossa. Molemmissa käytettiin lisäksi spatiaalista tasapainotusta, joka levittää otospisteet mahdollisimman tasaisesti maantieteellisen sijainnin suhteen. Lisäksi mukaan poimittiin lohkot, joilla oli vihannesviljelyä vähintään (7 kpl) tai öljykasveja (2 kpl) vähintään neljä vuotta. Näytteistä on analysoitu 198 torjunta-ainetta tai niiden hajoamistuotteita. Tutkimus on julkaisuvaiheessa.

Analyyseissä käyttämättä jäänyt osa kuivatusta ja jauhetusta näytteestä on säilytetty seurantatutkimuksen maanäytepankkiin. Näytesarjat eivät ole aivan täydellisiä, sillä pieni osa näytteistä on käytetty kokonaan myöhemmissä analyyseissä. Viimeisimmällä näytteenottokierroksella (2018) otettiin maanäytepankkia varten oma, kuivattuna säilytettävä näyte, jota ei jauhettu. Kolmen viimeisimmän näytteenottokierroksen (1998, 2009 ja 2018) näytteitä on säilytetty jatkuvasti huoneenlämmössä sisävarastossa. Nämä näytteet tullaan siirtämään vuoden 2023 aikana Jokioisilla sijaitsevaan Luken Biopankkiin. Kahden ensimmäisen näytteenottokierroksen (1974 ja 1987) näytteet säilytetään lämmittämättömässä ulkovarastossa, jossa ne ovat olleet suurimman osan säilytyshistoriastaan.

Tutkimuksen näytealat sijaitsevat käytännön viljelyssä olevilla pelloilla. Näytteenoton pelloillaan sallineiden viljelijöiden yksityisyyden suojaamiseksi tutkimuksen tuloksia ei ole avattu vapaasti käytettäväksi. Tutkimuksen numeerista aineistoa ja fyysisiä näytteitä kuitenkin luovutetaan muiden tutkimushankkeiden käyttöön aineiston käyttäjän ja Luken välisellä käyttöoikeussopimuksella.

Luken peltomaiden tilan seurannalle annettiin neljännen seurantakierroksen (2009) yhteydessä Valse-nimi. Seurannan laajennettua viidennellä kierroksella (2018) koskemaan laajempaa maaperänmuuttujien kirjoa eri osatutkimuksina, alkuperäiselle kemiallisen tilan seurannalle annettiin nimeksi KemValse ja torjunta-ainejämiä koskevalle osalle ResValse. Vuonna 2022 kummatkin tutkimukset sisällytettiin maa- ja metsätalousministeriön rahoittamiin Luken Viranomais- ja asiantuntijapalveluihin (VOAS) osana maatalousympäristöjen seurantakokonaisuutta. Tutkimusten seuraava kierros toteutetaan vuosina 2028–2030.

2.1.1.2 EU:n LUCAS Soil -maaperäseuranta

Tämän vuonna 2009 alkaneen seurannan järjestämisestä vastaa Euroopan Unionin Joint Research Centre (JRC; Orgiazzi ym. 2018). EU:n jäsenvaltiot kattava tutkimus on toistettu vuosina 2015 ja 2018, neljäs näytteenottokierros toteutetaan vuosina 2022–23. Mukana seurannassa ovat viljelymaiden lisäksi muutkin maankäyttömuodot. Kolmella ensimmäisellä seurantakierroksella on Suomesta näytteenottoon kuulunut n. 130 käytännön peltoviljelmillä sijaitsevaa näytealaa. Kesken olevassa neljännessä kenttäkampanjassa näytealoja on tarkoitus lisätä, mutta näytealojen lopullinen määrä selviää vasta näytteenoton päätyttyä. JRC on ulkoistanut näytteenoton toteuttamisen ja Suomessa kenttätöiden organisoinnista vastaa vuosina 2022–23 saksalainen geoinformatiikan alan yritys EFTAS. Näytealoilta otetaan viisi näytettä, yksi näyte alan keskipoikkeuksesta ja neljä näytettä 2 m:n etäisyydeltä sen ympäriltä ja näytteet yhdistetään kokoomänäytteeksi. Vuosina 2009–2018 maanäytteet on otettu lapiolla 0–20 cm syvyydestä. Käynnissä olevassa näytteenotossa kenttätöproseduuriin on tehty joitain muutoksia (Jones ym. 2021). Näytteiden analysointi tapahtuu JRC:n valitsemissa keskieuropplaisissa laboratorioissa.

Myös LUCAS Soil laajentui vuoden 2018 seurantakierroksella kattamaan torjunta-ainejäämien määrittämisen (Orgiazzi ym. 2022). Suomesta mukana olevien näytealojen tarkkaa määrää ei tätä kirjoitettaessa tiedetä, mutta se on joitain kymmeniä (Orgiazzi ym. 2022, artikkelin kuva 4).

Tällä hetkellä on mahdollista ladata LUCAS Soil aineistoja vuosilta 2009, 2015 ja 2018 kirjautumalla JRC:n palveluun (JRC, 2023). Valmiit LUCAS Soil -aineistot ovat avoimia

joidenkin muuttujien osalta ja saatavilla olevat muuttujat vaihtelevat hieman näytteenotovuoden mukaan. Esimerkiksi vuodelta 2018 on saatavilla happamuus, johtoluku, hiilipitoisuus, fosfori, typpi, kalium ja rauta- ja alumiinioksidit.

Parhaillaan käynnissä olevassa EU:n EJP SOIL-tutkimusohjelmassa, johon Luke osallistuu, verrataan kansallisten ja LUCAS Soil seurantojen tuloksia. Suomessa vertailua tullaan tekemään käyttäen tuloksia samoina vuosina (2009 ja 2018) tehdyistä tutkimuksista. Luke on lisäksi hankkinut EFTAS-yrityksen kanssa tehdyllä sopimuksella käyttöönsä kaksoisnäytteet LUCAS Soil –tutkimuksessa vuonna 2022 kerätyistä peltonäytteistä. Näytteet tullaan analysoimaan Luken maaperälaboratorioissa ja tuloksia verrataan LUCAS Soil –tutkimuksen mittaustuloksiin samoista näytteistä. Lukessa on myös käynnistynyt maa- ja metsätalousministeriön rahoittama tutkimus, jossa verrataan keskeisten viljavuusmuuttujien – hiilipitoisuus mukaan lukien – ajallista muutosta kansallisessa ja LUCAS Soil seurannassa vuosina 2009–2018.

2.1.1.3 Viljavuusanalyysit

Maanviljelijöiden, jotka ovat sitoutuneet ympäristökorvaukseen, on teetettävä pelloilleen viljavuusanalyysit korvauksen sitoutumisehtojen mukaisesti (Ruokavirasto 2021). Velvoite on koskenut n. 90 % maatiloista ja 95 % viljelyalasta (Lemola ym. 2018). Satokasvien viljelyssä uusi viljavuustutkimus on pitänyt teettää, kun edellisestä analyysistä on kulunut viisi vuotta ja tutkimuksen laajuuden vähimmäisvaatimuksena on ns. perustutkimus, joka sisältää aistinvaraisen maalaji- ja multavuusmäärityksen sekä maan happamuuden, johtokyvyn, heppoliukoisen fosforin sekä vaihtuvan kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuden määrityksen. Tutkimuslaboratoriolta on vaadittu erikoistumista maa-analyysien tekemiseen.

Menemättä näytteenoton ohjeistuksen yksityiskohtiin, säädösten mukainen näytteenotto on määräytynyt ns. peruslohkon koon mukaan (Ruokavirasto 2021). Näytteitä otetaan vähintään yksi peruslohkoa kohti, jos peruslohkon koko on yli 0,5 ha. Jos peruslohko on suurempi kuin 5 ha, otetaan yksi näyte jokaista alkavaa viittä hehtaaria kohti. Kukin näyte on vähintään seitsemästä osanäytteestä muodostuva kokoomanäyte. Näytteisiin liitetään peltolohkotunnus. Näytteiden tulisi edustaa tasaisesti koko lohkoa ja näytteet on otettava koko muokkauskerroksen syvyydeltä. Kun muokkaussyvyyden tiedetään vaihtelevan paljon, ohjeessa on tulkinnanvaraisuutta ja on mahdollista, että näytesyvyys vaihtelee merkittävästi ajallisesti ja paikallisesti. Viljavuusnäytteet ottavat tavallisesti viljelijät itse tai maatalousneuvojat. Sen lisäksi muutamat yritykset ja 4H-liitto tarjoavat näytteenottopalvelua (Valve ym. 2022).

Uudella CAP-ohjelmakaudella (2023–2027) viljavuusanalyysi on ympäristökorvaukseen sitoutuneilla tiloilla pakollinen toimenpide (A 78/2023, Ruokavirasto 2023c). Näytteenottoon ja analyysihin liittyvät vaatimukset ovat säilyneet samoina. Fosforilannoituksen enimmäismääriä säätelevän fosforiasetuksen (A 64/2023) astuttua voimaan 23.1.2023 tuli viljavuusanalyysi pakolliseksi kaikille tiloille. Enintään kymmenen vuotta vanha viljavuusanalyysitulokset vaaditaan kaikilta niiltä lohkoilta, joita voidaan lannoittaa. Jos pellon fosforitila ei ole tiedossa, sovelletaan lannoituksessa viljavuusluokan 6 lannoitustasoa.

Viljavuusanalyysien tulokset ovat analyysien teettäjien omaisuutta, mutta osasta viljavuuslaboratorioita tuloksia on ollut mahdollista saada tutkimuskäyttöön ELY-keskus- ja kuntakohtaisten yhteenvetojen laatimista varten. Aineistoja on hyödynnetty maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden arvioinnissa, jossa maan fosforiluvun kehitys on ollut fosforikuormitusriskin indikaattori. Lemola ym. (2018) tarkastelivat peltomaiden

muokkauskerroksen maalajia ja multavuutta (kumpikin aistinvaraisesti arvioituja), happamuutta ja viljavuusfosfori-pitoisuutta vuosina 1996–2000 (n. 880 000 maanäytettä) ja 2005–2009 (n. miljoona näytettä). Vuosien 2010–2014 (n. 800 000 maanäytettä) ja vuosien 2015–2019 (n. 870 000 maanäytettä) viljavuusfosforituloksia maalajiryhmittäin ja ELY-keskuksittain tarkasteltiin yhdessä aikaisempien jaksojen kanssa fosforin kierrätykseen liittyvässä synteesiraportissa (Lemola ym. 2023), jonka liitteenä tulosten tunnuslukuja julkaistiin laajemmin. Vuosilta 2015–2019 esitettiin myös kuntakohtaiset tulokset maalajiryhmittäin.

Maanviljelijöiden ottamien viljavuusnäytteiden tulosten raportointi maalajin, multavuuden ja fosforipitoisuuden osalta kuuluu vuodesta 2022 lähtien maa- ja metsätalousministeriön rahoittamiin Luken Viranomais- ja asiantuntijapalveluihin (VOAS) osana maatalouden ympäristöjen seurantakokonaisuutta. Seuraavat raportointivuodet ovat 2025 ja 2030 kattaen vuosien 2020–2024 ja 2025–2029 tulokset.

2.1.1.4 Peltojen ravinnetase

Peltolohkojen ravinnetaseita vuosilta 1988–2018 on laskettu saatavilla olevien peltolohkokirjanpidon aineistojen pohjalta muutamissa tutkimushankkeissa. Tuloksia on raportoitu "Hyötyä taseista"- ja "Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä"- hankkeissa. Hankkeiden tuloksia on raportoitu julkaisuissa Turtola ym. (2017) ja Ovaska ym. (2021). Saatavilla olevien lohkokirjanpidon tietojen perusteella lasketut ravinnetaseet on tarkoitettu päivittämään kahdesti seuraavan EU:n yhteisen maatalouspolitiikan kauden arviointia varten vuosina 2025 ja 2030. Seuranta toteutetaan osana maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa Luken Viranomais- ja asiantuntijapalvelujen (VOAS) maatalousympäristöjen seurantakokonaisuutta.

Aineisto sisältää peltomaahan liittyen lohkojen viljavuusanalyysitietoja ja ilmoitettujen lannoitus- ja satotietojen perusteella on laskettu lohko-kohtaisia typpi- ja fosforitaseita. Tällä hetkellä aineisto sisältää noin 230 000 havaintoriviä ja yhden vuoden lohkotietojen määrä vaihtelee 1000:sta 15 000:een havaintoon. Tietojen saatavuudessa on keskeisessä osassa Pro Agrian Lohkotietopankin ja Ruokaviraston viljan laatu seurannan jatkuvuus ja niiden tietojen saatavuus tutkimuksen käyttöön.

2.1.2 Metsämaiden seurannat

Hannu Ilvesniemi, Antti-Jussi Lindroos ja Päivi Merilä
Luonnonvarakeskus (Luke)

2.1.2.1 Valtakunnallinen seuranta (ICP Forests Level I)

Valtakunnan tasolla kattavin aineisto metsämaaperän fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista on kerätty osana YK-ECE:n ICP Forests -ohjelmaa (International Cooperative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) sekä EU:n Forest Focus -ohjelman (Säädös (EC)2152/2003) Biosoil-projektia. Biosoil-projektissa Euroopan alueelta kerättiin maaperäaineistoa noin 6 000 havaintoalalta perustuen yhteisesti hyväksytyihin menetelmiin (Törmänen 2016).

Suomen maaperäseurannoissa käytetty havaintoalaverkosto perustettiin alun perin kahdeksannen valtakunnan metsien inventoinnin systemaattiseen verkostoon pohjautuen (= ICP Forests Level I -verkosto). Verkoston havaintoalat sijaitsevat kattavasti ja

systemaattisesti koko Suomessa 16 × 16 km ruuduilla (Lapissa 24 × 32 km). Verkos-
tolta on kerätty maaperäaineistoa kaksi kertaa: ensimmäinen maaperäseuranta toteu-
tettiin vuosina 1985–1995 (488 havaintoalaa) ja toinen 2006–2007 (636 havaintoalaa,
joista turvemaalla 128). Vuosina 2006–2007 kerätty aineisto on Luonnonvarakeskuk-
sen ylläpitämässä BIOSOIL-tietokannassa.

Jokaiselta alalta on kuvattu sijainti, korkeus merenpinnasta, maaperän kosteusolot, rin-
nekaltevuus, topografinen sijainti, kalliopaljastumien osuus (%), maannostyyppi (World
Reference Base for Soil Resources, FAO), maaperän lähtöaines, kivisyys (rassimene-
telmällä, tilavuus-%, (Viro 1952, 1958) sekä kivennäismaan tekstuuri (raekoostumus,
kivisyys; Törmänen 2016). Maaperätunnusten lisäksi jokaiselta kohteelta on määritetty
myös metsätyyppi suomalaisen luokituksen mukaan (Cajander 1949, Pohjanmies ym.
2021), sekä puustotiedot ja aluskasvillisuuden lajisto peittävyyksineen.

Biosoil-projektissa jokaiselta havaintoalalta otettiin näytteet maan orgaaninen kerrok-
sesta ja kivennäismaasta neljältä eri syvyydeltä (0-10, 10-20, 20-40 ja 40-80 cm). Or-
gaanisen kerroksen kokoomanäyte kerättiin 10-20 pisteestä ympyräkoealalta, jonka
säde oli 11 metriä. Kivennäismaanäytteet 40 cm:n syvyydelle saakka kerättiin viidestä
pisteestä maakairalla tai lapiolla, mutta syvyydeltä 40-80 cm yhdestä pisteestä. Kiven-
näismaan pintakerroksista 0-10 ja 10-20 cm määritettiin maaperän tilavuuspaino tila-
vuustarkkojen sylinterien avulla. Jos maa oli liian kivistä tilavuuspainon määrittämiseen,
tilavuuspaino arvioitiin Tammisen ja Starrin (1994) julkaisemilla kaavoilla.

Kaikista maanäytteistä määritettiin kemialliset tunnuksat ICP Forests -manuaalin mu-
kaisesti (Cools & De Vos 2020). Määritettäviä tunnuksia olivat: pH(H₂O), vaihtuvat ka-
tionit (Ca, Mg, K, Na; BaCl₂-uutto), vaihtuva happamuus (titraus, BaCl₂-uutto), kationin-
vaihtokapasiteetti, emäskyllästysaste, orgaanisen aineen pitoisuus, C- ja N-pitoisuus,
metallien ja raskasmetallien pitoisuudet.

2.1.2.2 Metsäekosysteemien intensiivinen seuranta (ICP Forests Level II, ICP Integrated monitoring)

Suomessa on toteutettu maaperäseuranta kymmenen vuoden välein osana YK-
ECE:n ICP Forests intensiivitason (Level II) toimintaa 1990-luvun puolivälistä alkaen.
Suomessa ICP Forests- ja ICP Integrated Monitoring -ohjelmien metsäseurannat on
integroitu ja tällä hetkellä aktiivista seuranta on sekä talousmetsissä (5 alaa) että
luonnontilaisissa tai lähes luonnontilaisissa metsissä (3 alaa). Seurannan havaintoalo-
jen määrä on vaihdellut, mutta ohjelman puitteissa on kerätty yllä Level I -seurannan
yhteydessä kuvattujen maaperätunnusten osalta 21 vuoden aikasarja 14:ltä havainto-
alalta eri puolilta maata (näytteenotot 1995, 2006, 2016).

Intensiivialoille on rajattu yksinomaan maaperäseurantaan pysyvä 30 m × 30 m osaha-
vaintoala, jolla toteutettava maanäytteenotto on varsin kattavaa, koska tarkoituksena
on hallita maaperän ominaisuuksissa esiintyvää suurta vaihtelua mahdollisimman hy-
vin. Tämä on mahdollistanut mm. metsämaan hiilivarastojen muutoksen seurannan
(Lindroos ym. 2022).

Kuten valtakunnan tason seurannassakin, jokaiselta alalta on kohdekuvaus, johon si-
sältyy sijainti, korkeus merenpinnasta, maaperän kosteusolot, rinnekaltevuus, topogra-
finen sijainti, kalliopaljastumien osuus (%), maannostyyppi (World Reference Base for
Soil Resources, FAO), maaperän lähtöaines, kivisyys (rassimenetelmällä, tilavuus-%;
Viro 1952, 1958), sekä kivennäismaan tekstuuri (raekoostumus, kivisyys). Lisäksi on

määritetty maaperän vedenpidätysominaisuudet (kenttäkapasiteetti, lakastumispiste, maan tiheys; Launiainen ym. 2022).

Intensiivisen seurannan aloilta tutkitut maaperäkerrokset ovat orgaaninen kerros ja kivennäismaan kerrokset 0–5, 5–10, 10–20, 20–40 ja 40–80 cm. Orgaanisen kerroksen näytteet kerätään spatiaalisesti systemaattiseen otokseen perustuen 40 näytepisteestä 30 m × 30 m:n alalta. Kivennäismaanäytteet 40 cm:n syvyydelle saakka kerätään 24 kohdasta alaa maakairalla. Sekä orgaanisen kerroksen että kivennäismaakerrosten näytteet yhdistetään kerroksittain kolmeksi kokoomanäytteeksi. Kivennäismaan kerroksista 0–5, 5–10, 10–20, 20–40 ja 40–80 cm on määritetty maaperän tilavuuspaino tilavuustarkkojen sylinterien avulla kerran (Tamminen & Starr 1994).

Kaikista maanäytteistä on määritetty kemialliset tunnuksot ICP Forests -manuaalin mukaisesti (Cools & De Vos 2020). Määritettäviä tunnuksia olivat: pH(H₂O), vaihtuvat kationit (Ca, Mg, K, Na, BaCl₂-uutto), vaihtuva happamuus (titraus, BaCl₂-uutto), kationinvaihtokapasiteetti, emäskyllästysaste, orgaanisen aineen pitoisuus, C- ja N-pitoisuus, metallien ja raskasmetallien pitoisuudet.

Intensiivialoilla seurataan lisäksi maan lämpötilaa ja kosteutta jatkuvatoimisin mittauksin sekä kasvukauden aikana maaveden kemiallisia ominaisuuksia vajo- ja imulysimetrein (syvyydet 0, 20, 40 cm). Seurantaohjelmaan kuuluu lisäksi laskeuma-, karike-, puuston kasvu- latvuskunto-, neulaskemia- ja pintakasvillisuusseurannat (<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>).

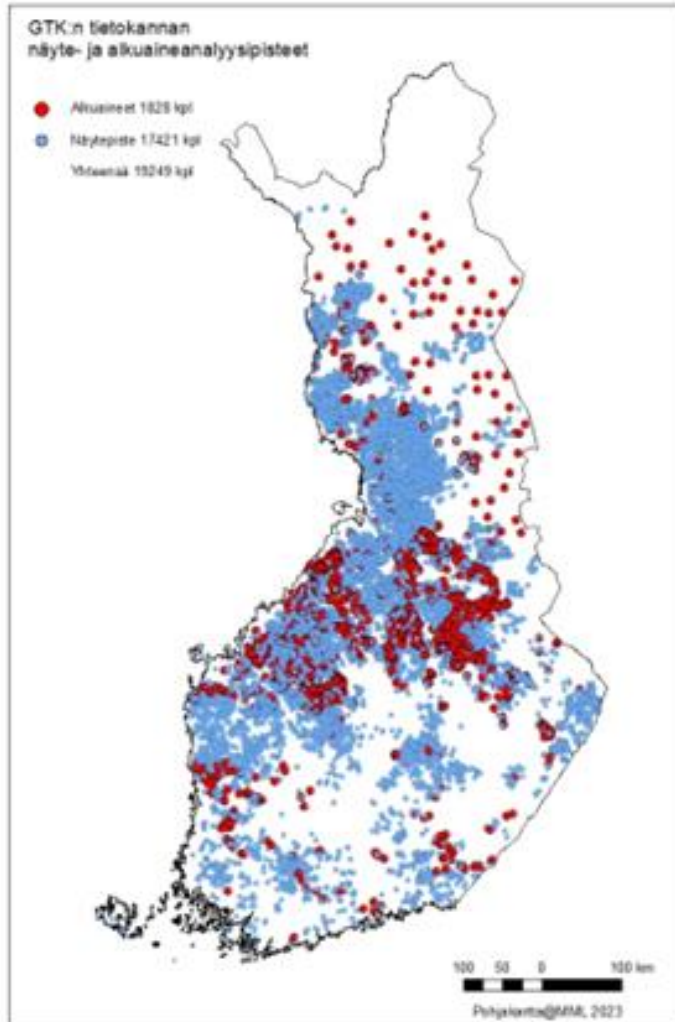
2.1.3 Turvemaiden kartoitus

Jukka Turunen, Geologian tutkimuskeskus

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tutkinut Suomen suopinta-alasta noin 2,3 milj. ha. Turvekartoituksen yhteydessä laboratorionäytteitä on otettu yli 19 000 näytepisteeltä, joista yksityiskohtaisimpia alkuainemäärityspisteitä on yli 1 700 (Kuva 2). Aineisto on tallennettu GTK:n turvetietokantaan, jossa on tietoja lähes 18 000 suosta. Valtaosa GTK:n näyteprofiileista on otettu tilavuustarkkoina 20 cm:n katkeamattomina näytesarjoina suon pinnasta pohjaan. Näytteiden kokonaismäärä on noin 220 000 kpl ja näytteet on tallennettu GTK:n turvearkistoon. Kerätystä aineistosta voidaan siis teettää tarvittavia lisäanalyysijä.

Turvenäytteistä on määritetty systemaattisesti turvelajin ja maatumisasteen lisäksi tuhka- ja vesipitoisuus. Valtaosasta näytteistä on määritetty myös kuiva-ainemäärä, lämpöarvo sekä pH. Kerätty ja analysoitu aineisto on kertaluonteista, inventointijankohdan tilanteeseen sidottua aineistoa, johon ei sisälly seurantaa.

Turpeen fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi tietokanta sisältää laajan ja myös maantieteellisesti kattavan aineiston soiden hiili-, typpi-, rikki- ja monialkuainepitoisuuksista (Kuva 2). Turpeen alkuainepitoisuudet on pyritty määrittämään tutkittujen soiden pinta-, väli- ja pohjakerroksista. Määrittäminen on käytetty menetelmää, jossa kuivatusta ja hienonnetusta turpeesta (0,5 g) tehdään typpihappoliuos mikroaaltouunissa (US EPA 3051A) ja alkuaineiden analysointi ICP-OES- ja ICPMS- tekniikoilla. GTK ylläpitää myös valtakunnallista maaperän taustapitoisuusrekisteriä (<http://gtkdata.gtk.fi/Tapir/>), johon pintaturvenäytteiden (0–50 cm) alkuaineanalyysit on sisällytetty.



Kuva 2. GTK:n tutkimien soiden näytepisteet ja alkuainenäytepisteet.

GTK:n turvemaiden tutkimus- ja analyysiaineisto on paikkatietoon sidottua ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi alueellisesti eri maankäyttöluokkien hiilivarastojen tai soiden vesikemiallisten ekosysteemipalvelujen arvioimiseen (mm. Turunen & Valpola 2020, Turunen & Sallantaus 2023, MMM:n MaaTi-projekti 2020–2022). Luonnontilaiset suot kerryttävät turvetta ja siivilöivät läpivirtaavista vesistä hiukkasmaista ainesta ja liuenneita epäorgaanisia aineita, kuten ravinteita, tuottaen vesikemiallisia ekosysteemipalveluita. Vaikka turpeen alkuainepitoisuudet ovat luontaisesti pieniä, luonnontilainen suoalue pystyy sitomaan aineksia tehokkaasti. Ojitettaessa nämä vesikemialliset ekosysteemipalvelut menetetään. GTK:n aineistoa voidaan hyödyntää mm. arvioitaessa ennallistamisen hyötyjä eli kuinka palauttaa ojitettujen soiden hiilinielut ja samalla parantaa alapuolisten vesistöjen veden laatua vaikuttamalla valuma-alueen virtaamiin. Toisaalta poikkeukselliset anomaliat turpeen alkuainepitoisuuksissa voivat indikoida maankäyttöliisten riskialueiden esiintymistä, kuten esimerkiksi mustaliuskevyöhykkeiden tai happamien sulfaattimaiden paikallista esiintymistä.

GTK:n turvetietokannan tulokset eivät toistaiseksi ole avointa dataa. Suo-, kunta- ja maakuntakohtaiset yhteenvetotiedot tutkituista soista ovat kuitenkin nähtävissä GTK:n turvevarojen tilinpidossa (www.gtk.fi/turvevarat). Aikaisemmin julkaistut kuntakohtaiset raportit, joita on lähes 470 kappaletta, ovat saatavilla GTK:n Hakku-tietopalvelussa (<https://hakku.gtk.fi/fi/reports>).

2.1.4 Geokemiallinen kartoitus

Timo Tarvainen, Geologian tutkimuskeskus

2.1.4.1 Moreenimaiden geokemia

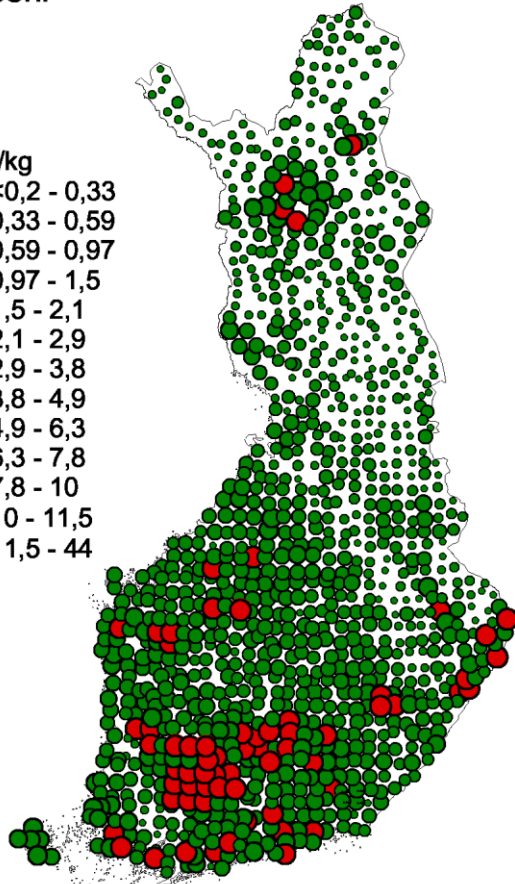
GTK:n suuralueellinen moreenigeokemiallinen kartoitusaineisto kuvaa 37 alkuaineen pitoisuuksia Suomen yleisimmässä maalajissa eli muuttumattomassa pohjamoreenissa. Mannerjäätikön irrottama, murskaama, hienontama ja kuljettama moreeni sisältää kaikkia raekokoja savesta lohkaraisiin. Pohjamoreeni kuvastaa alkuaineiden luonnollisia, geogeenisiä taustapitoisuuksia. Koska suuri osa moreenin sisältämistä kivilaji- ja mineraalikappaleista on kulkeutunut vain muutamia kilometrejä jäätikön mukana, alkuainepitoisuuksiin vaikuttaa eniten paikallisen kallioperän alkuainekoostumus. Kaikkia kapeisiin kivilajiyksiköihin, kuten esimerkiksi mustaliuskeisiin liittyviä korkeita arseenipitoisuuksia ei kuitenkaan havaita harvalla näytteenotolla. Maapeitteen alla olevan kallioperän koostumuksen lisäksi moreenin alkuainepitoisuuksiin vaikuttaa hienoaikaisen ja erityisesti saveksen runsaus, mineraalien ominaispinta-ala, aikaisempien jäätikkövaiheiden sedimenttien ja maannoskerrosten sekoittuminen jäätikön irrottamaan rapautumattomaan kiviainekseen sekä erityisesti moreenin pintaosien huuhtoutuminen sulamisvaiheessa ja sen jälkeisenä aikana. Maankäytöltään useimmat kohteet ovat metsämaita.

Suuralueellisen moreenigeokemiallisen kartoituksen näytteet on otettu muuttumattomasta moreenista (C-horisontti) noin 70 cm syvyydeltä (vaihteluväli 50 cm–200 cm) vuonna 1983 tiheydellä 1 näyte/300 km². Aineisto kattaa koko Suomen, kokonaisnäyttemäärä on 1056. Näytteet ovat kenttäyhdistelmänäytteitä. Aineistoon talletetut laskennalliset näytepisteen koordinaatit on laskettu 5 osanäytteen koordinaattien painopisteestä. Osanäytteet on kerätty 300 m × 1000 m laajuiselta suorakaiteen muotoiselta alueelta. Pohjois-Suomessa näytteet on saatu yhdistämällä aikaisemmin Pohjoiskalotti-projektin yhteydessä otettuja näytteitä. Näytteistä on seulottu analyysiin alle 0,06 mm raekokolajite. Näytteistä on analysoitu alkuaineiden kokonaispitoisuuksia ja kuningasvesiliukoisia pitoisuuksia. Kokonaispitoisuus on määritetty joko neutroniaktivointi-analyysillä tai vahvalla happouuttosarjalla. Kuvassa 3 on esitetty esimerkiksi arseenin kokonaispitoisuus pohjamoreenissa. Kokonaispitoisuuksien lisäksi näytteistä on määritetty kuningasvesiliukoisia pitoisuuksia. Kulta ja palladium on määritetty liekittömällä atomiabsorptioon perustuvalla analyysimenetelmällä. Rikkipitoisuus on määritetty Leco-analysaattorilla. Etelä- ja Väli-Suomen näytteistä on määritetty myös alle 2 mm raekokolajitteen kokonaispitoisuudet ja kuningasvesiliukoiset pitoisuudet.

Moreeni Till

As mg/kg

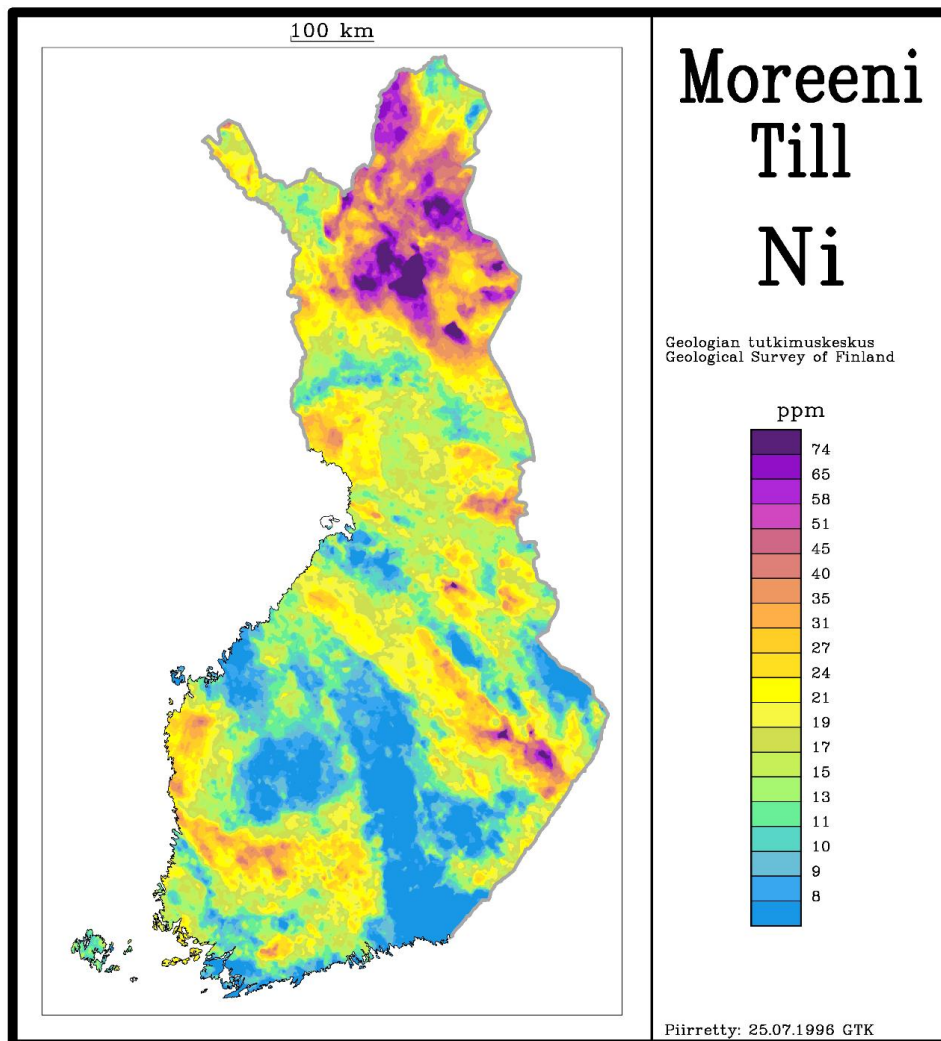
- <0,2 - 0,33
- 0,33 - 0,59
- 0,59 - 0,97
- 0,97 - 1,5
- 1,5 - 2,1
- 2,1 - 2,9
- 2,9 - 3,8
- 3,8 - 4,9
- 4,9 - 6,3
- 6,3 - 7,8
- 7,8 - 10
- 10 - 11,5
- 11,5 - 44



Kuva 3. Suuralueellisen geokemiallisen kartoituksen näytteiden arseenipitoisuudet (alle 0,06 mm raekoko, kokonaispitoisuudet). Lähde: Koljonen (1992).

Tarkin koko Suomen kattava geokemiallinen kartoitus on alueellinen moreenigeokemiallinen kartoitus, joka kuvaa noin 25 alkuaineen pitoisuuksia muuttumattomassa pohjamoreenissa. Maankäytöltään useimmat kohteet ovat metsämaita. Näytteet on otettu muuttumattomasta moreenista (C-horisontti) pohjavesipinnan alta noin 1,5–2 m syvyydeltä vuosina 1983–1991 tiheydellä 1 näyte / 4 km². Aineisto kattaa koko Suomen, kokonaisnäytemäärä on 82 062. Näytteet ovat kenttäyhdistelmänäytteitä ja aineistoon talletetut laskennalliset näytepisteen koordinaatit on laskettu 3–5 osanäytteen koordinaattien perusteella. Osanäytteet saattavat olla myös kokoomanäytteitä linjamuotoisesta moreenista. Näytteistä on seulottu analyysiin alle 0,06 mm raekokolajite. Näytteistä on analysoitu kuumasta kuningasvesiuutoksesta Al, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb (vain osa näytteistä), Sc, Sr, Th, Ti, V, Y, Zn ja Zr ICP-AES -menetelmällä. Kuvassa 4 on esitetty interpoloitu värinpintakartta pohjamoreenin nikkelpitoisuuksista. Lisäksi Au, Te ja Pd määrittämiä on tehty AAS:illa, ja osasta näytteitä on myös määritetty rikki Leco-titraattorilla.

Suuralueellisen ja alueellisen geokemiallisen kartoituksen aineistot ovat saatavana GTK:n Hakku-palvelusta (hakku.gtk.fi). Tulokset on julkaistu myös kirjoina (Koljonen 1992 ja Salminen 1995).

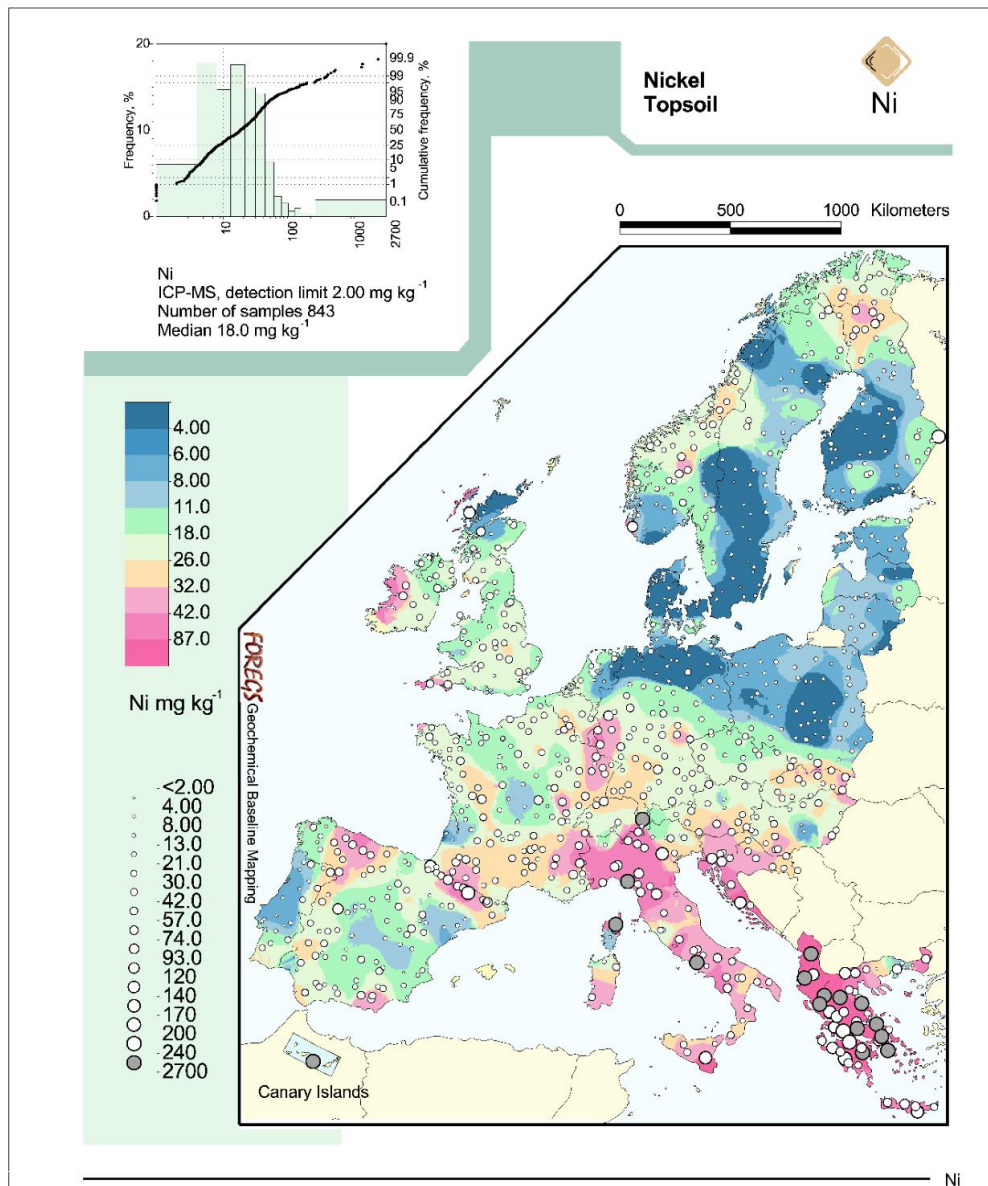


Kuva 4. Pohjmoreenin kuningasvesiliukoinen nikkelpitoisuus (alle 0,06 mm raekoko). Perustuu GTK:n alueelliseen moreenigeokemialliseen kartoitukseen.

GTK koordinoi vuosina 1997–2006 Euroopan geokemiallista kartoitusta (FOREGS), jossa käytettiin useita eri näytemateriaaleja. Maaperänäytteet otettiin pienten valuma-alueiden maaperästä ja näytteet ovat yleensä moreenia. Valtakunnallisissa suuralueellisissa ja alueellisissa geokemiallisissa kartoituksissa oli otettu vain pohjamaanäytteitä, mutta Euroopan laajuisessa kartoituksessa otettiin näytteitä kolmesta kerroksesta: humus, pintamaa (0–25 cm mahdollisen humuskerroksen alapuolelta mineraalimaasta) ja pohjamaa (25 cm paksuinen kerros muuttumattomasta pohjmoreenista). Suomesta maaperänäytteitä otettiin 65 näytesteestä. Moreenimaanäytteiden lisäksi pintamaanäytteitä otettiin suurten valuma-alueiden tulvasedimenteistä, jotka ovat Suomessa lähinnä savikoita. Kuva 5 esittää Euroopan pintamaiden nikkelpitoisuutta, jossa Suomesta mukana ovat pienten valuma-alueiden moreenimaanäytteet.

Euroopan geokemiallinen atlas on julkaistu sekä painettuna kaksiosaisena Atlas-kirjana (Salminen 2005; De Vos & Tarvainen 2006) että sähköisenä julkaisuna

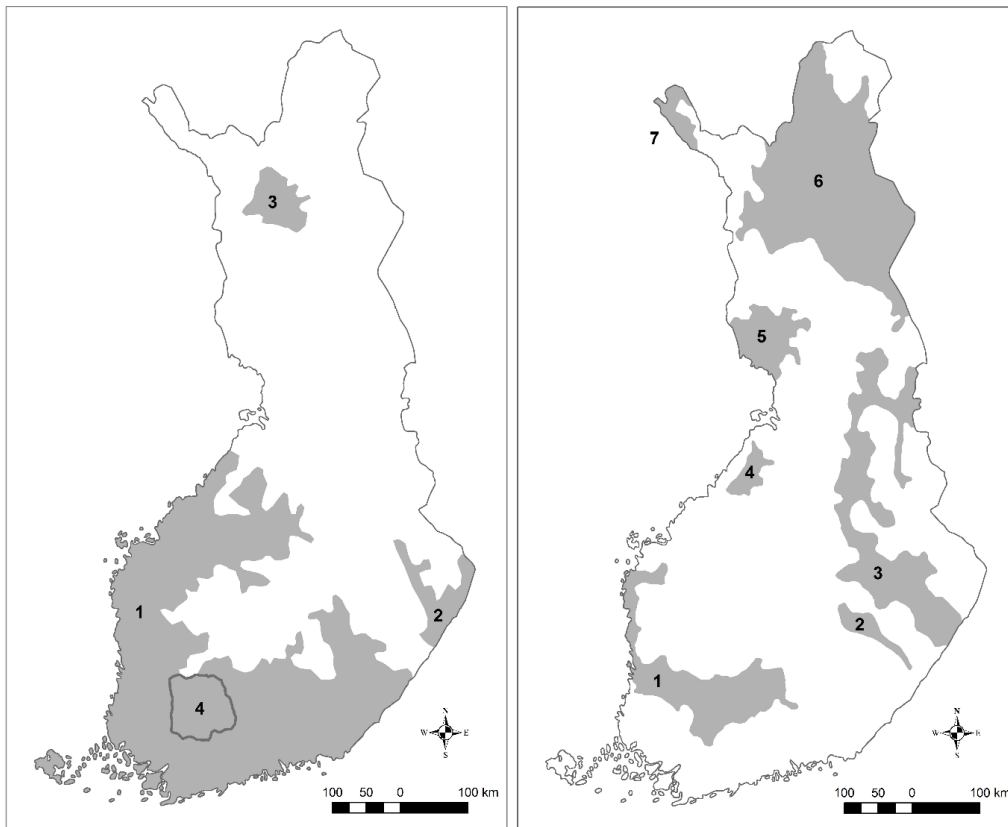
(www.gtk.fi/publ/foregsatlas). Numeeriset aineistot voi ladata sähköisen version liitteestä. Pintamaasta on julkaistu seuraavien alkuaineiden kokonaispitoisuudet: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Su, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, I, In, K, La, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Sc, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, Y, Yb, Zn, Zr sekä orgaaninen hiili (TOC) ja pH.



Kuva 5. Euroopan pintamaiden nikkelpitoisuus (alle 2 mm raekoko, kokonaisliuotus). Lähde: Euroopan geokemian atlas (Salminen 2005).

2.1.4.2 Arseeni- ja metalliprovinsit

Moreenimaiden geokemiallisten kartoitusten perusteella Suomesta on tunnistettu arseeni- ja metalliprovinsseiksi nimettyjä alueita, joilla moreenimaan arseeni- tai metallipitoisuudet ovat usein suurempia kuin Suomessa keskimäärin (Jarva ym. 2010). Metalliprovinsien rajauksessa on käytetty moreenin koboltti-, kromi-, kupari-, nikkeli-, vanadiini- ja sinkkipitoisuuksia. Näillä alueilla voidaan usein käyttää maaperän taustapitoisuutta PIMA-asetuksen (valtionneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (A 214/2007)) kynnyksarvon sijaan maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin. Kynnyksarvoa suurempia maaperän taustapitoisuuksia voi esiintyä myös arseeni- ja metalliprovinsien ulkopuolella, mutta provinsien alueella suurten taustapitoisuuksien esiintyminen on muuta maata yleisempää. Provinsit ovat saatavana GTK:n paikkatietotuotteena GTK:n Hakku-palvelusta (hakku.gtk.fi) ja ne ovat karttatasona käytössä GTK:n maaperän taustapitoisuudet -karttapalvelussa (<https://gtkdata.gtk.fi/tapir>). Kuvassa 6 on esitetty Suomen arseeni- ja metalliprovinsit.

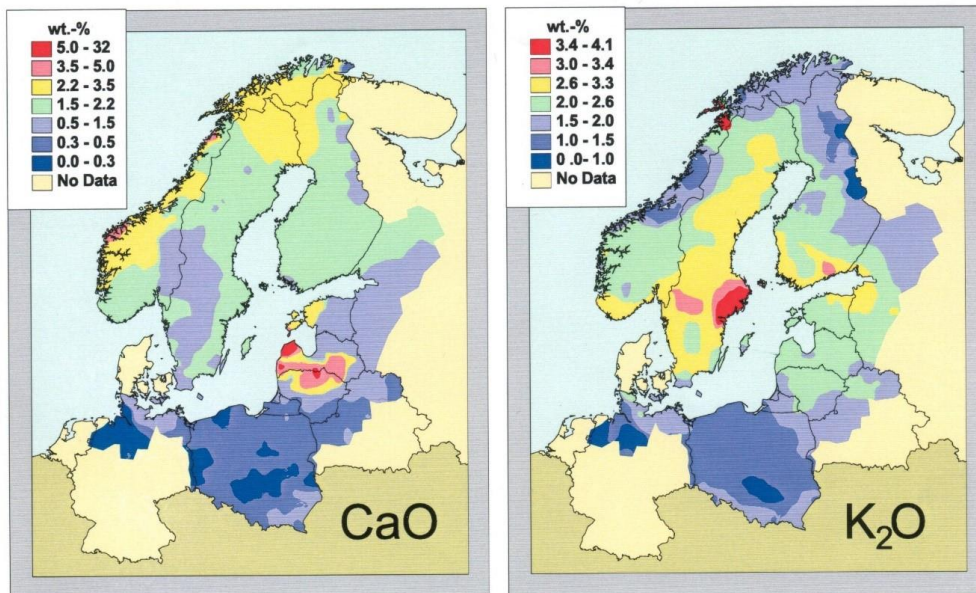


Kuva 6. Suomen arseeniprovinsit (vasen kuva) ja metalliprovinsit (oikea kuva).

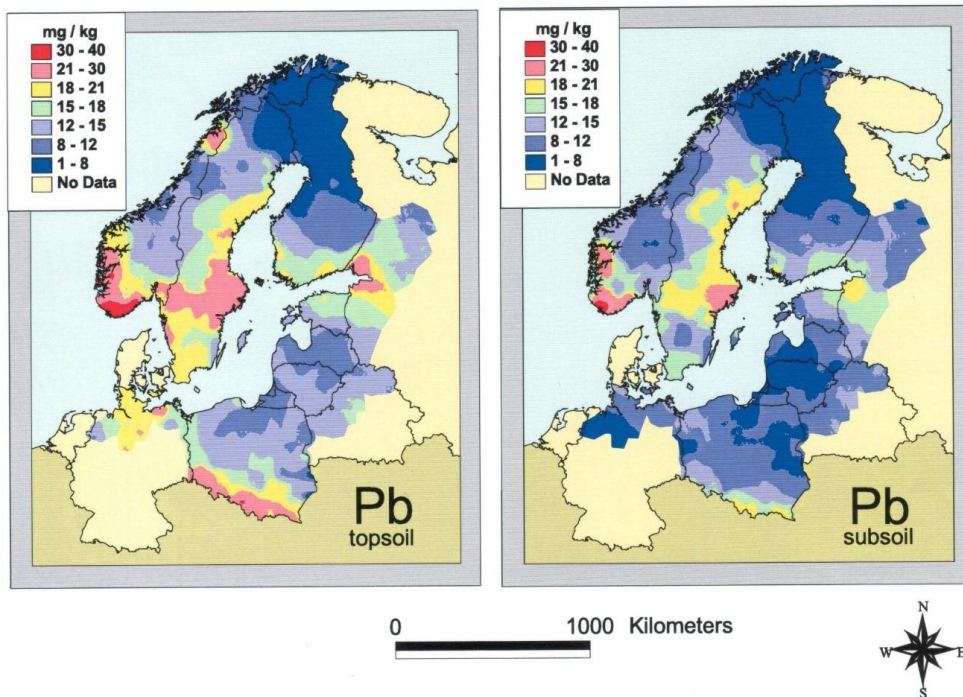
2.1.4.3 Maatalousmaidten geokemia GTK:n kartoituksissa

GTK on osallistunut kahteen kansainväliseen geokemialliseen kartoitukseen, joiden näytemateriaalina on ollut maatalousmaiden (peltomaat tai laidunmaat) maaperänäytteet. Ensimmäinen tällainen kartoitus oli Itämeren reunavaltioiden ja Norjan maatalousmaiden geokemiallinen kartoitus Baltic Soil Survey (Reimann ym. 2003). Siinä otettiin peltomaista pintamaa- (0–25 cm) ja pohjamaanäytteitä tiheydellä 1 näyte/2500 km² eli yksi näyte 50 km × 50 km ruudusta. Näytteet analysoitiin XRF:llä ja erilaisilla uuttomenetelmillä: totaaliuutus (HF-HClO₄-HNO₃-H₂O₂), kuningasvesiliuos ja ammoniumasetaattiliuos.

Kuvassa 7 on esitetty kalsiumin ja kaliumin pitoisuudet Itämeren valuma-alueen ja Norjan peltomaissa. Kuvassa 8 on esitetty lyijypitoisuus saman alueen peltomaiden pinta- ja pohjamassa.



Kuva 7. Itämeren valuma-alueen ja Norjan maatalousmaiden kalsium (CaO) ja kalium (K₂O) pitoisuudet. Lähde: Baltic Soil Survey (Reimann ym. 2003).



Kuva 8. Itämeren valuma-alueen ja Norjan maatalousmaiden lyijypitoisuus pintamaassa (topsoil) ja pohjamaassa (subsoil). Lähde: Baltic Soil Survey (Reimann ym. 2003).

Toinen eurooppalainen maatalousmaiden ja laidunmaiden geokemiallinen kartoitus oli Euroopan geologisten tutkimuslaitosten (EuroGeoSurveys) GEMAS-tutkimus (Reimann ym. 2014a, 2014b). Siinä näytteenottitiheys oli sama kuin aiemmassa Baltic Soil Survey projektissa (1 näyte 50 km × 50 km ruudusta), mutta tutkimus kattoi peräti 33 maata ja 5,6 miljoonaa km². Näytteet otettiin pelloilta ja laidunmailta REACH-asetuksen ((EY) N:o 1907/2006) vaatimusten mukaisesti riskinarvioita varten. Näytteistä analysoitiin alle 2 mm raekokolajitteesta 21 alkuaineen kuningasvesiliukoiset pitoisuudet. Sen lisäksi näytteistä on tehty paljon muita analyysejä.

2.1.4.4 Taajamat ja muut maalajit

Suomen kattavat maaperägeokemialliset kartoitukset perustuivat 1990-luvulle asti moreeninäytteisiin. Kaksi kansainvälistä kartoitusta keskittyi maatalousmaihin, mutta muuten muut maalajit ja asutuskeskukset olivat jääneet hyvin vähälle huomiolle. GTK aloitti vuonna 2002 maaperän taustapitoisuuskartoituksen, jossa otettiin näytteitä myös muista maalajeista. Taajama-alueilla on otettu näytteitä luonnonmaiden lisäksi erilaisista täyttömaista.

Uudenlainen maaperägeokemiallinen kartoitus alkoi ensin luonnonmailla erityisesti arseeni- ja metalliprovinssien alueella. Näytteenottoon sisällytettiin moreeninäytteiden lisäksi hiekka-alueita ja hienojakoisia maalajeja (pääasiassa savi). Pohjamaanäytteiden lisäksi kartoituksessa on otettu pintamaanäytteitä (ylin 0–25 cm) ja humusnäytteitä. Analyysimenetelmät ovat kehittyneet 1990-luvulta, joten maaperästä voidaan nykyisin määrittää sellaisten alkuaineiden pitoisuuksia, jotka ovat puuttuneet aiemmista valta-

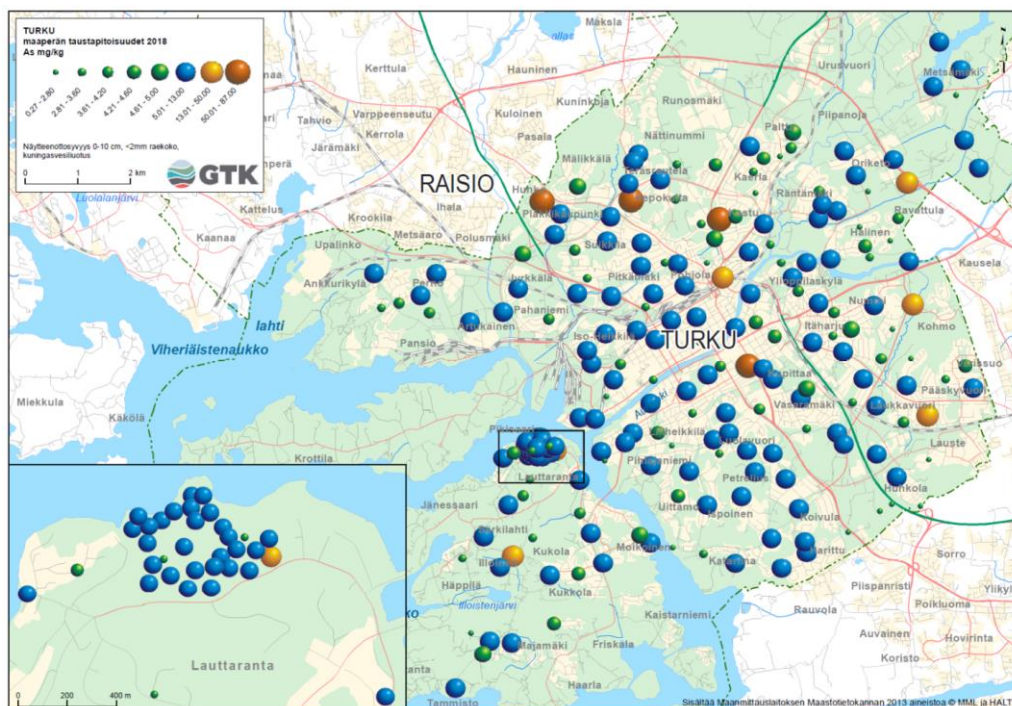
kunnallisista kartoituksista. Ympäristötutkimusten kannalta tärkeitä ovat erityisesti arseeni, kadmium, elohopea ja lyijy. Arseenipitoisuuksia oli aiemmin määritetty noin tuhannesta suuralueellisen moreenigeokemiallisen kartoituksen näytteestä, mutta arseenimääritys puuttui tiheämmän alueellisen moreenigeokemiallisen kartoituksen analyysivalikoimasta. Kuningasvesiliukoisten alkuainepitoisuuksien lisäksi näytteistä on määritetty pH CaCl₂-uutosta sekä hiilipitoisuus. Uudet kartoitustulokset on viety GTK:n Maaperän taustapitoisuudet -karttapalveluun (<https://gtkdata.gtk.fi/tapir>). Joiltakin alueilta on julkaistu alueellisia raportteja (esim. Kuusisto ym. 2007, Kuusisto ja Tarvainen 2008, Hatakka ym. 2010, Tarvainen 2010).

Samantyyppistä tarkempimittakaavaista taustapitoisuuskartoitusta on tehty myös mineralisoituneiden alueiden ympäristössä (esim. Hatakka ym. 2017).

Taajamien kartoitus on poikennut luonnonmaiden maaperän taustapitoisuuskartoituksesta siten, että näytteet on otettu pintamaasta mahdollisen nurmikon alapuolelta 0–10 cm syvyydeltä. Näytteitä on otettu luonnonmaiden lisäksi erilaisista täyttömaista. Näytteistä on analysoitu alle 2 mm raekoosta kuningasvesiliukoiset alkuainepitoisuudet sekä hiili ja pH. GTK on selvittänyt taajamien maaperän taustapitoisuuksia seuraavissa kaupungeissa: Espoo, pääkaupunkiseudun kaupunkien täyttömaat, Hämeenlinna, Tampere, Lahti, Heinola, Kuopio, Rovaniemi, Oulu, Vaasa, Lappeenranta, Turku, Pori ja Seinäjoki. Kotkassa tehdään vastaava kartoitus vuonna 2023. Lisäksi Helsinki ja Vantaa ovat tehneet omia taajamageokemiallisia kartoituksia (Tarvainen ym. 2013).

GTK:n taustapitoisuuskartoitusten raporteissa ja Maaperän taustapitoisuudet -karttapalvelussa esitetään eri maalajeille ja alkuaineille suurimmat suositellut taustapitoisuudet eli SSTP-arvot. SSTP on vähintään 30 mittatuloslaskennan perustuva laskennallinen arvo, joka lasketaan pitoisuuksien jakauman 25. ja 75. prosenttipisteen avulla. Arvo on joissakin tapauksissa sama kuin suurin mitattu alkuainepitoisuus, mutta useissa tapauksissa laskentakaava jättää pois muutaman suuren pitoisuuden, jotka poikkeavat paljon muiden mitatusten jakaumasta. Laskentakaava on esitetty julkaisussa Jarva ym. (2010).

Kuvassa 9 on esitetty esimerkkinä Turun keskustaajaman pintamaan arseenipitoisuudet. Turku kuuluu Etelä-Suomen arseeniprovinssiin ja useimpien näytteiden arseenipitoisuus on suurempi kuin PIMA-asetuksen (A 214/2007) kynnysarvo. Turussa tulisi käyttää paikallista maaperän arseenin taustapitoisuutta kynnysarvon sijaan maaperän pilaantuneisuuden arviointikynnyksenä.



Kuva 9. Turun kaupungin alueelta otettujen maaperänäytteiden arseenipitoisuudet (pintamaanäyte 0-10 cm, <2 mm raesuuruus, AR-liuotus). Symbolien värit: kynnyksarvoa pienemmät tulokset vihreällä värillä, kynnyksarvoa suuremmat mutta SSTP-arvoa (suurin suositeltu taustapitoisuusarvo) 13 mg/kg pienemmät sinisellä värillä, ja SSTP-arvon ylittävät mutta alemman ohjearvon alittavat pitoisuudet keltaisella, alemman ohjearvon ylittävät pitoisuudet oranssilla. Näytteitä yhteensä 218 kpl. Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus. Lähde: Tarvainen & Auri (2019).

2.1.4.5 Happamien sulfaattimaiden kartoitus

Jaakko Auri, Geologian tutkimuskeskus

Happamilla sulfaattimailla (HaSu) tarkoitetaan rikkiä sisältäviä maaperän kerrostumia, joista vapautuu sulfidien hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin. Happamoitumisen seurauksena maaperästä liukenee metalleja, jotka kulkeutuvat happamuuden ohella vesistöihin heikentäen niiden ekologista ja kemiallista tilaa.

Suomessa rikkiä sisältävät sedimentit ovat kerrostuneet pääasiassa viime jääkauden jälkeisten merivaiheiden (erityisesti Litorina-meri) aikana, ja ne ovat nousseet kuivalle maalle maankohoamisen seurauksena. Ylimmillään näitä kerrostumia tavataan nykyisin noin 100 m korkeustasolla meren pinnan yläpuolella. Muinaisen merenpohja-alueen lisäksi happamia sulfaattimaita tavataan satunnaisesti kallioperän mustaliuskevyöhykkeiden läheisyydessä.

HaSu-kartoituksen tavoitteena on tunnistaa happamien sulfaattimaiden esiintymisalueita ja tuottaa tietoa niiden ominaisuuksista riskinarviota varten. Kartoituksen maaperä-näytteistä tehdään myös kemiallisia analyysejä. Laaja-alaisin kartoitus kattaa Suomen rannikot muinaisen Litorina-meren ylimmän rantaviivan alapuolelta. Happamien sulfaattimaiden luotettava tunnistaminen on lähtökohta niiden aiheuttamien riskien hallinnassa (happamat ja metallipitoiset valumavedet / korroosio).

HaSu-kartoituksen lähtökohtana on tutkimussuunnitelma, jossa huomioidaan maankäytön tyyppi, olemassa olevat tiedot maaperästä sekä tulkinta-aineistot, kuten aero-geofysiikan aineistot ja laserkeilausaineistot. Kartoitus perustuu kairauksiin, joilla tehdään havaintoja maaperän ominaisuuksista sekä otetaan näytteet jatkoanalyyseihin laboratorioon. Laboratorioanalyysien perusteella tunnistetaan maa-aines happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi ja voidaan arvioida sen hapontuottopotentiaalia riskinarviota varten. Käytettyjä laboratoriomenetelmiä ovat maasto-pH, pH-inkubaatio, alkuaineanalyysit (kokonaispitoisuudet/liukoiset pitoisuudet), vetyperoksidihapetus, asiditeettimääritys ja sulfaattipitoisuuden määrittäminen.

Havaintoaineiston ja muun tulkinta-aineiston perusteella laaditaan karttoja happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ja ominaisuuksista. Havaintoaineistosta tehdään myös tietotuotteita, jotka esitetään avoimissa karttapalveluissa (GTK:n HaSu-karttapalvelu ja pohjatutkimusrekisteri).

2.1.4.6 Maaperän taustapitoisuudet -karttapalvelu

GTK ylläpitää valtakunnallista maaperän taustapitoisuudet -karttapalvelua (TAPIR). Siihen liittyvään tietokantaan on koottu GTK:n geokemiallisten kartoitusten lisäksi joitakin Luken ja kuntien aineistoja. Tietokantaan on tallennettu näytteiden tunnistetieto, koordinaatit, näytteenotto- ja -syvyys, maalaji yksinkertaistetulla luokittelulla, näytteenottoaikan maankäyttö, tieto mahdollisesta paikallisesta kontaminaatiolähteestä sekä useiden haitta-aineiden pitoisuudet. Metallien ja puolimetallien pitoisuudet perustuvat kuningas-vesiliuotukseen tai väkevään typpihappoliuotukseen alle 2 mm raekokolajitteesta. PIMA-asetuksessa (A 214/2007) mainittujen alkuaineiden (As, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V, Zn) lisäksi tietokantaan voi tallentaa PAH- ja PCB-yhdisteiden pitoisuustietoja ja seuraavien alkuaineiden pitoisuuksia: B, Ba, Be, Mo, Se, Sn, Ti, Au, Pt, Pd.

2.2 Fysikaaliset muuttujat

2.2.1 Peltojen vesieroosio

Timo Räsänen, Luonnonvarakeskus

Maatalous- ja ympäristöohjelmien vaikutusta peltojen vesieroosioon seurataan Luonnonvarakeskuksessa RUSLE-eroosiomallilla (Renard ym. 1997), jota on testattu ja sovitettu Suomen olosuhteisiin (Räsänen ym. 2023). Seuranta toteutetaan vuosina 2024, 2027 ja 2030, jolloin vesieroosion suuruutta mallinnetaan käyttäen Ruokaviraston kasvulohkoaineiston kasvi- ja maanmuokkaustietoja. Seurannassa voidaan huomioida

oida eri kasviryhmien, ympärivuotisten nurmien, talviaikaisen kasvipeitteen, ja kevenetyn muokkauksen vaikutusta eroosioon. Seurannan tulokset kuvaavat maanpinnasta liikkeelle lähteneen maa-aineksen määrää (kg/ha/v ja t/v) vakioituissa sää- ja ilmasto-olosuhteissa, jotta ympäristötoimenpiteiden vaikutus eroosioon voidaan erottaa sään ja ilmaston vaihteluista. Seuranta ei kuitenkaan suoraan kerro vesistöihin päätyneen maa-aineksen määrää vaikkakin indikoi sitä. Ensimmäinen maanlaajuinen tilasto laadittiin käyttäen vuoden 2019 kasvi- ja maanmuokkaustietoja, sekä Salaojajyhdistyksen salaojitustietoja, jolloin koko maan peltojen keskimääräiseksi eroosioksi saatiin 430 kg/ha/v ja kuntien välinen vaihtelu oli 90–1 280 kg/ha/v (<https://www.luke.fi/fi/tilastot/indikaattorit/>). Yksittäisillä peltolohkoilla ja vuositasolla vaihtelu on huomattavasti suurempaa (Räsänen ym. 2023).

2.2.2 GTK:n maaperän seuranta-asetverkostot

Jaana Jarva, Geologian tutkimuskeskus

2.2.2.1 Maaperän lämpötila

Maaperän lämpötilaa mittaava seuranta-asetverkosto perustettiin vuonna 2001 maaperältään ja ilmastoltaan erityyppisille paikoille (Sutinen 2016; [Kuva 10](#)). Seuranta-asetverkostoa laajennettiin tämän jälkeen, mutta Salmatunturia lukuun ottamatta mittaukset on tänä päivänä lopetettu kaikilla asemilla (Taulukko 1). Kaikilla asemilla on mitattu maaperän lämpötilaa syvyyksillä 5, 10, 30, 50, 70 ja 90 cm. Mittaus on tapahtunut seitsemän kertaa päivässä (klo. 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 ja 21:00). Seuranta-asetmien ilman lämpötila on mitattu tiedonkeruulaitteen sisäisellä lämpömittarilla. Lisäksi Nurmijärven Multian, Ilomantsin, Ylistaron ja Haapaveden asemilla on mitattu lämpötilan lisäksi viidellä syvyydellä dielektrisyttä (10, 30, 50, 70 ja 90 cm) (Hänninen ym. 2002).

Taulukko 1. Maaperän lämpötilan seuranta-asetat (Sutinen 2016).

Aseman nimi	m mpy	Alkoi	Loppui	Maa-aines
Nurmijärvi	110	2001	2016	harju
Pori 2	2	2006	2010	liejusavi
Pori 1	2	2006	2010	liejusavi
Multia	180	2001	2016	hiekkamoreeni
Jaamankangas 1	120	2005	2006	hiekkamoreeni
Jaamankangas 2	120	2005	2006	hiekkamoreeni

Ilomantsi 2	150	2005	2009	siltti
Ilomantsi 1	150	2001	2005	siltti
Ylistaro	30	2001	2015	hiesusavi
Haapavesi	110	2001	2006	hienoainesmoreeni
Suomussalmi	220	2004	2011	hiekkamoreeni
Kuusamo	297	2004	2012	hiekkamoreeni
Naruska	215	2003	2016	hiekkamoreeni
Sammaltunturi	375	2003	jatkuu	moreenipeite
Lommoltunturi	380	2010	2015	moreenipeite
Vuotso	250	2005	2016	hiekkamoreeni
Sevettijärvi	125	2003	2005	harju

2.2.2.2 Maaperän lämpötila, vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus

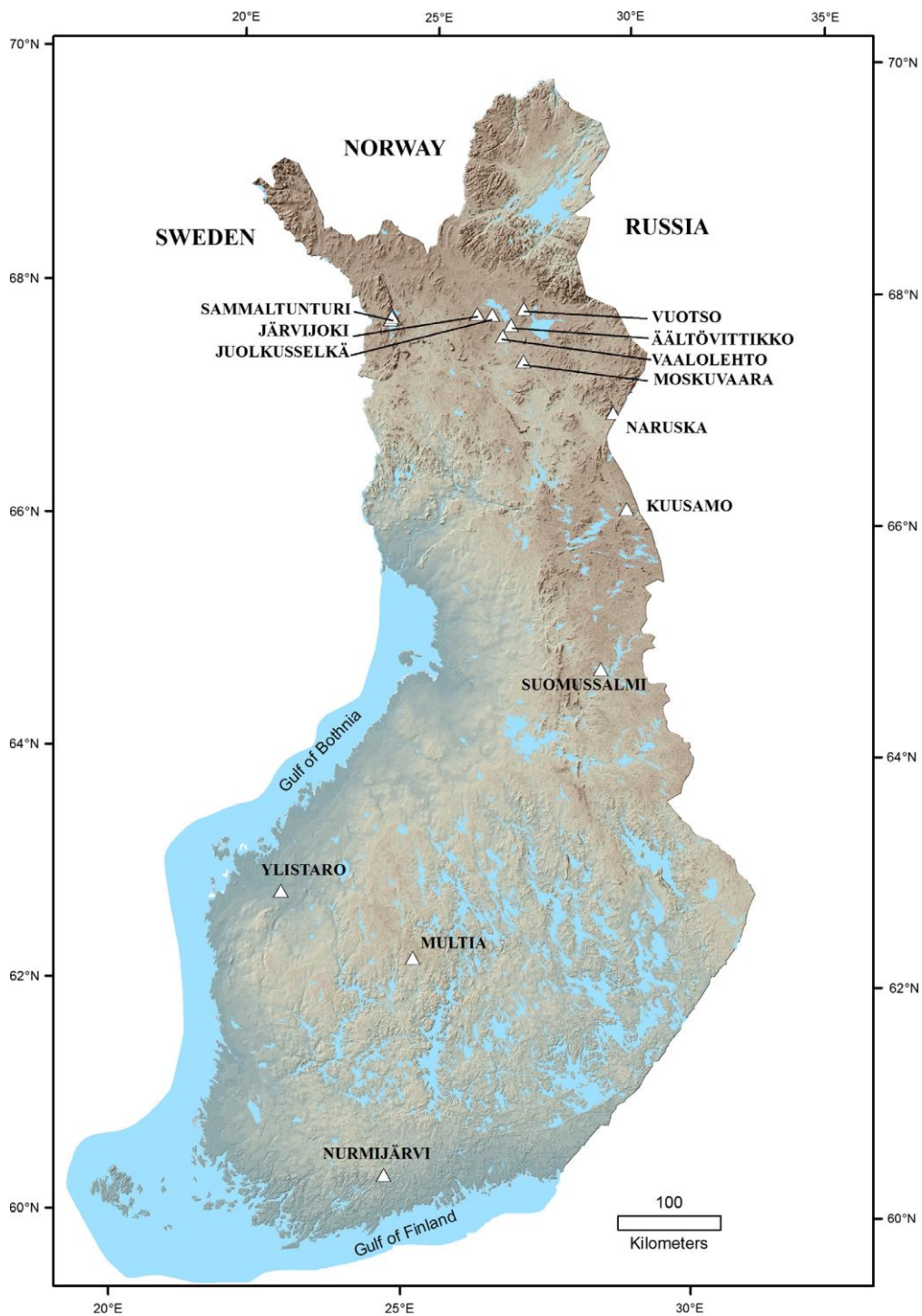
Keski-Lapin nk. Global Change -asemat perustettiin vuonna 2007 (Taulukko 2) (Sutinen 2016). Asemilla on maaperän lämpötilan, vesipitoisuuden ja sähkönjohtavuuden seuranta eri syvyyksillä. Lisäksi asemilla tehdään lumipeitteen paksuuden, kesäajan sadannan ja ilman lämpötilan mittaus kahden metrin korkeudella.

Taulukko 2. Keski-Lapin Globa Change -projektin seuranta-asemat etelästä pohjoiseen (Sutinen 2016).

Aseman nimi	m npy	Alkoi	Loppui	Mittaukset	Maa-aines
Moskuvaara GC1	225	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hienoainesmoreeni

Moskuvaara GC5	225	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hienoainesmoreeni
Äältövittikko GC3	250	2007	lopetettu 2016	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hienoainesmoreeni
Sammaltunturi GC4	445	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Moreenipeite
Sammaltunturi GC7	395	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Moreenipeite
Sammaltunturi GC8	480	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Moreeni
Järvijoki GC2	265	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hiekka
Järvijoki GC6	265	2007	jatkuu	Lämpötila, vesipitoisuus ja sähköjohtavuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hiekka
Peera GC9	460	2007	lopetettu 2016	Lämpötila: 10, 20, 40 ja 60 cm. Turpeen vesipitoisuus: 40 cm	Palsa
Vaalolehto	220	2007	lopetettu 2016	Lämpötila ja vesipitoisuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hienoainesmoreeni

Juolkusselkä	300	2008	lopetettu 2016	Lämpötila ja vesipi- toisuus: 20, 40 ja 60 cm.	Hiekkamoreeni
--------------	-----	------	-------------------	--	---------------



Kuva 10. Taulukoissa 1 ja 2 esitetyt maaperän seuranta-asemat (Liwata ym. 2014).

2.2.2.3 Peltomaiden vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus

Peltoilla on ollut yhteensä viisi seuranta-asemaa (Taulukko 3) (Sutinen 2016). Niissä on seurattu maaperän vesipitoisuutta, sähkönjohtavuutta ja lämpötilaa 30, 60 ja 90 cm syvyyksillä.

Taulukko 3. Peltomaiden seuranta-asemat (Sutinen 2016).

Aseman nimi	m mpy	Alkoi	Loppui	Peltomaalaji
Jokioinen	85	2002	2005	Savi
Hausjärvi	110	2002	2005	Hiesu
Vihti	55	2006	2009	Savi
Juva	100	2006	2009	Hienoainesmoreeni
Vakola	42	2009	2010	Savi

2.2.2.4 Muita maaperän seuranta-asemia

Lisäksi GTK:lla on ollut 18 maaperän seuranta-asemaa erilaisten kokeiden tai projektien erikoistarpeisiin (Taulukko 4) (Sutinen 2016). Näiden asemien seuranta on kuitenkin yleensä kestänyt vain muutamia vuosia.

Taulukko 4. Muut maaperän seuranta-asemat (Sutinen 2016).

Aseman nimi	m mpy	Alkoi	Loppui	Tarkoitus ja mittaukset
Vuotso routa-asema	250	1998	1999	Rakennetun alueen roudan syvyys, piha-alue 11 lämpötila-anturia syvyydellä 10–245 cm
Kunnasenvaara	255	1998	1999	Roudan syvyys, metsäautotie Vesipitoisuusanturit: 20, 40 ja 60 cm Lämpötila-anturi: 40 cm

Aseman nimi	m mpy	Alkoi	Lop- pui	Tarkoitus ja mittaukset
Östersundom	2	2011	2012	Roudan syvyys, asfalttite Vesipitoisuusanturit: 10, 20, 30, 40 ja 50 cm Lämpötila-anturi: 10, 20, 30, 40 ja 50 cm
Vuotso lumi- asema	250	1999	2000	Maaperän vesipitoisuus Kosteusanturi: Maan päällä vertikaalianturit (30, 60 ja 90 cm) ja horisontaalianturit (15, 45 ja 75 cm). maassa vertikaalianturit (20, 40, 60 ja 80 cm).
Hammaslahti	85	2000	2001	Kaivosjätealtaan tihkuminen suolle Sähkönjohtavuus ja lämpötila (100 cm) (kaksi asemaa)
Sotkamo	155	2001	2002	Kaivosjätealtaan tihkuminen suolle Sähkönjohtavuus ja lämpötila (100 cm) (kaksi asemaa)
Puljutunturi	470	2000	2003	Tunturikero Maan kosteus- ja lämpötila orgaanisen kerroksen alla 20–30 cm ja 50 cm
Sammaltunturi laki	470	2000	2003	Tunturikero Maan kosteus- ja lämpötila orgaanisen kerroksen alla 20–30 cm ja 50 cm
Sammaltunturi rinne	370	2000	2003	Lakiaseman metsäreferenssi Maan kosteus- ja lämpötila orgaanisen kerroksen alla 20–30 cm ja 50 cm
Tuntsa 1	430	2001	2003	Rinteen vaikutus maaperän vesipitoisuuteen ja lämpötilaan Maan kosteus, lämpötila ja sähkönjohtavuus 50 cm syvyydellä

Aseman nimi	m mpy	Alkoi	Lop- pui	Tarkoitus ja mittaukset
Tuntsa 2	350	2003	2004	Lumipeitteen vaikutus maaperän vesipitoisuuden ja lämpötilaan Maan kosteus, lämpötila ja sähkönjohtavuus 50 cm syvyydellä
Kangasvaara	187	2001	2003	Moreenipeitteen pohja- ja maavesi Maan vesipitoisuus ja lämpötila 45, 60 ja 80 cm syvyydellä
Tavivaara	115	2014	jatkuu	5 rinnakkaista asemaa. Lumipeitteen merkitys puustolle Vesipitoisuus ja lämpötila: 50 cm Vesipitoisuus, sähkönjohtavuus ja lämpötila 5, 10, 30 cm Vedenpidätyskyky: 5 cm
Hp58 maa	80	2010	2013	Pohjavesiaseman maareferenssi Maaperän vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus: 20, 70, 120, 170 ja 220 cm
Haukkasuo	60	2004	2005	Turpeen vesipitoisuuden ja vedenominaisuuksien vaihtelu Suon vesipitoisuus ja lämpötila: 30 ja 90 cm Sähkönjohtavuus: 50 cm
Hanko	2	2004	2006	Pohjavesiaseman maareferenssi Maaperän vesipitoisuus ja sähkönjohtavuus: 30, 110, 190 ja 230 cm
JuhaTalo / Järvenpää	60	2007	2014	Omakotitalon ryömintätallassa Maaperän vesipitoisuus ja lämpötila

2.3 Biologiset muuttajat

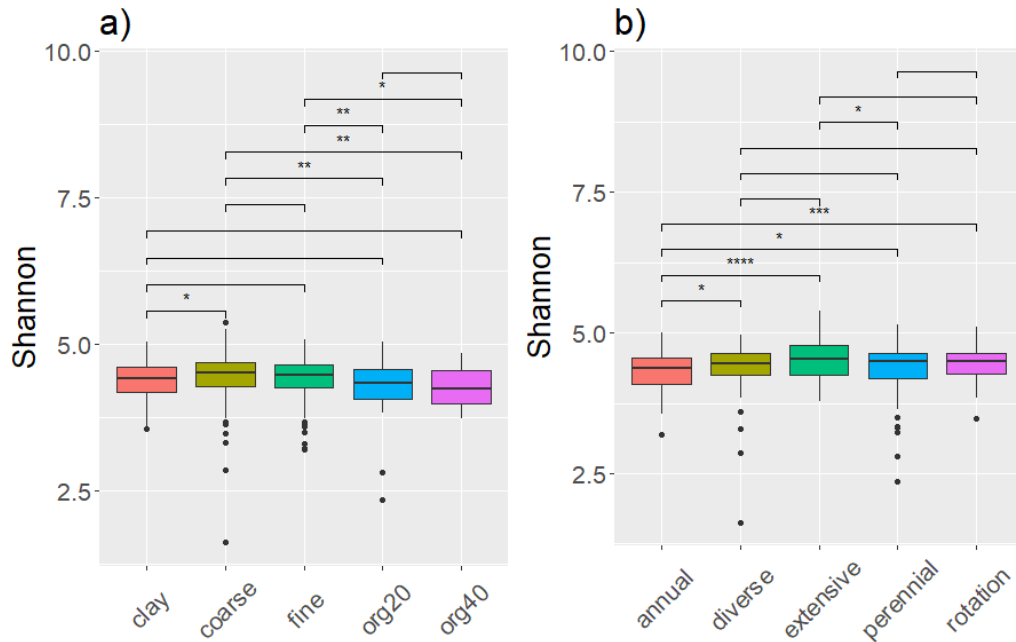
2.3.1 BioValse

Sannakajsa Velmala, Luonnonvarakeskus

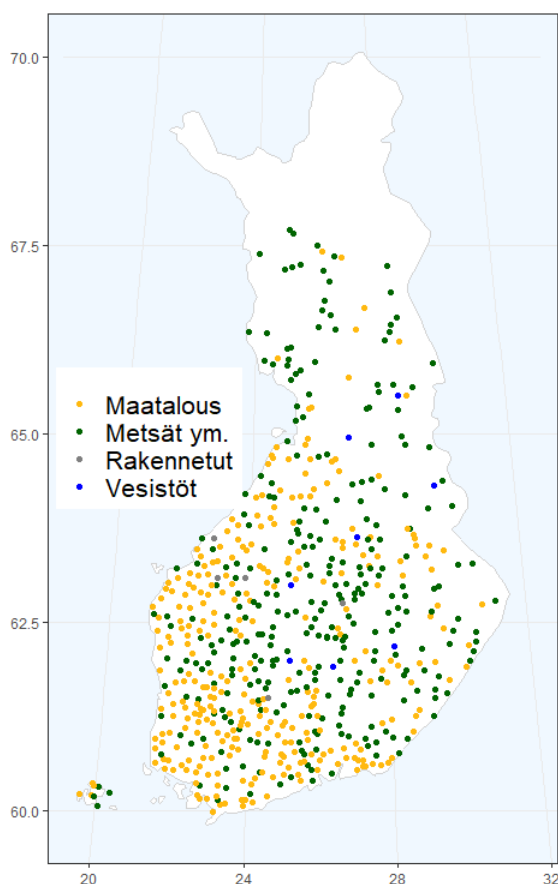
BioValse eli peltomaiden mikrobidiversiteetin valtakunnallinen seurantatutkimus aloitettiin vuonna 2018 osana peltomaiden kemiallisen tilan seurantaa (Heikkinen ym. 2022). BioValse-aineisto linkittyy vahvasti sekä maaperän kemiallisten ominaisuuksien (KemValse) että torjunta-aineiden jäämien kartoituksiin (ResValse). Yli 600 pellolta otettiin kokoomamaanäytteet 10 m × 10 m suuruisilta GPS-paikannetuilta näytealoilta 0–15 cm syvyydestä. Näyte pakastettiin ja Luonnonvarakeskuksen molekyylibiologian laboratoriossa siitä uutettiin kokonais-DNA.

BioValse keskittyy maaperän mikrobiomin tutkimukseen. Näytteistä tutkittiin DNA-menetelmillä maaperän eliöyhteisöjen runsautta ja monimuotoisuutta. Ensimmäisessä näytteenotossa kohdelajeina olivat bakteerit ja sienet (Kuva 11). Myös pienten maaperäeläinten tutkimusta pilotoitiin, mutta menetelmä kaipaa vielä optimointia esim. sopivien näytekokojen valinnassa. Mikrobiston rakenne ja koostumus tutkittiin DNA-pohjaisella menetelmällä monistaen valittuja geenialueita (16S, ITS), joita voidaan verrata tietokantoihin (SILVA ja UNITE). Valittu sekvensointimenetelmä oli Illumina Miseq V3, jonka avulla voidaan monistaa noin 250 emäsparia pitkiä tunnistejaksoja. Tällainen sekvenssipohjainen aineisto ei ole täysin kvantitatiivinen, mutta se kuvaa hyvin näytteiden välisiä eroja mikrobistossa. Menetelmän kokonaishinta reagensseille ja sekvensoinnille oli noin 100 € per näyte vuoden 2020 hinnoin.

Näytteidenottovuonna 2018 Euroopan ympäristökeskus EAA rahoitti uusimman [eu-rooppalaisen maanpeiteseurannan](#) osana Copernicus Land- ohjelmaa (EU, Copernicus Land Monitoring Service 2023), jossa tiedot maankäytöstä ja maapeitteestä on kuvattu (keinotekoiset ja päällystetyt pinnat, metsäalueet, maatalousalueet, kosteikot ja vesitöt) (Kuva 12). Tämä tausta-aineisto (500 m säde pellon keskipisteestä) on BioValse-tutkimuksessa yhdistetty maaperän mikrobiaineiston kanssa koska molemmat aineistot on kerätty samana vuonna. Yhdessä Kem- ja ResValse-seurantojen kanssa BioValse mahdollistaa oivallisesti mikrobien monimuotoisuuden linkittämisen maaperän kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien kanssa (Kuva 11), peltomaiden hiilen muutokseen sekä maatalouden kemikaaleihin.



Kuva 11. Esimerkki BioValse-aineiston luonteesta. Sienten Shannon-monimuotoisuusindeksi (H') a) maalajeittain (savi, karkea ja hienojakoinen kivennäismaa, orgaaniset maat, joissa orgaanisen hiilen pitoisuus on yli 20 ja 40 %). Sienten monimuotoisuusindeksi b) vallitsevan viljelytavan (yksivuotinen, monivuotinen, ekstensiivinen, monivuotinen, kierto viljely) mukaan luokiteltuna. Shannon-indeksi ottaa huomioon lajimäärän (rikkaus) ja kunkin lajin suhteellisen määrän (runsaus). Korkeampi arvo heijastelee suurempaa monimuotoisuutta.



Kuva 12. BioValsen näytealoja ympäröi pääosin maatalous- tai metsämaisema.

BioValse-tukimusta jatketaan osana Luonnonvarakeskuksen peltomaiden tilan seuranta (Kem- ja ResValse-tutkimukset) – noin kymmenen vuoden välein. Tulevaisuuden kartoituksissa sekvensointimenetelmä on nopeasta menetelmäkehityksestä johtuen todennäköisesti eri. Se vaikeuttaa hiukan näytteenotokertojen välisten vertailujen tekemistä, mutta vaikuttaa tuskin merkittävästi kokonaiskuvan hahmottamiseen. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että molekyylibiologian menetelmien avulla voidaan tutkia pelkän lajitiedon lisäksi myös enemmän mikrobiyhteisöjen toiminnallisuutta (esim. metagenomien sekvensointi). Biokemiallisten analyysien avulla aineistosta voisi tutkia myös pelkkien aktiivisten toimijoiden ja toimintojen lisäksi maaperämikrobien biogeokemiallisten prosessien lopputuotteita.

2.3.2 Suotyyppi ja suon luonnontilaisuus

Jukka Turunen, GTK

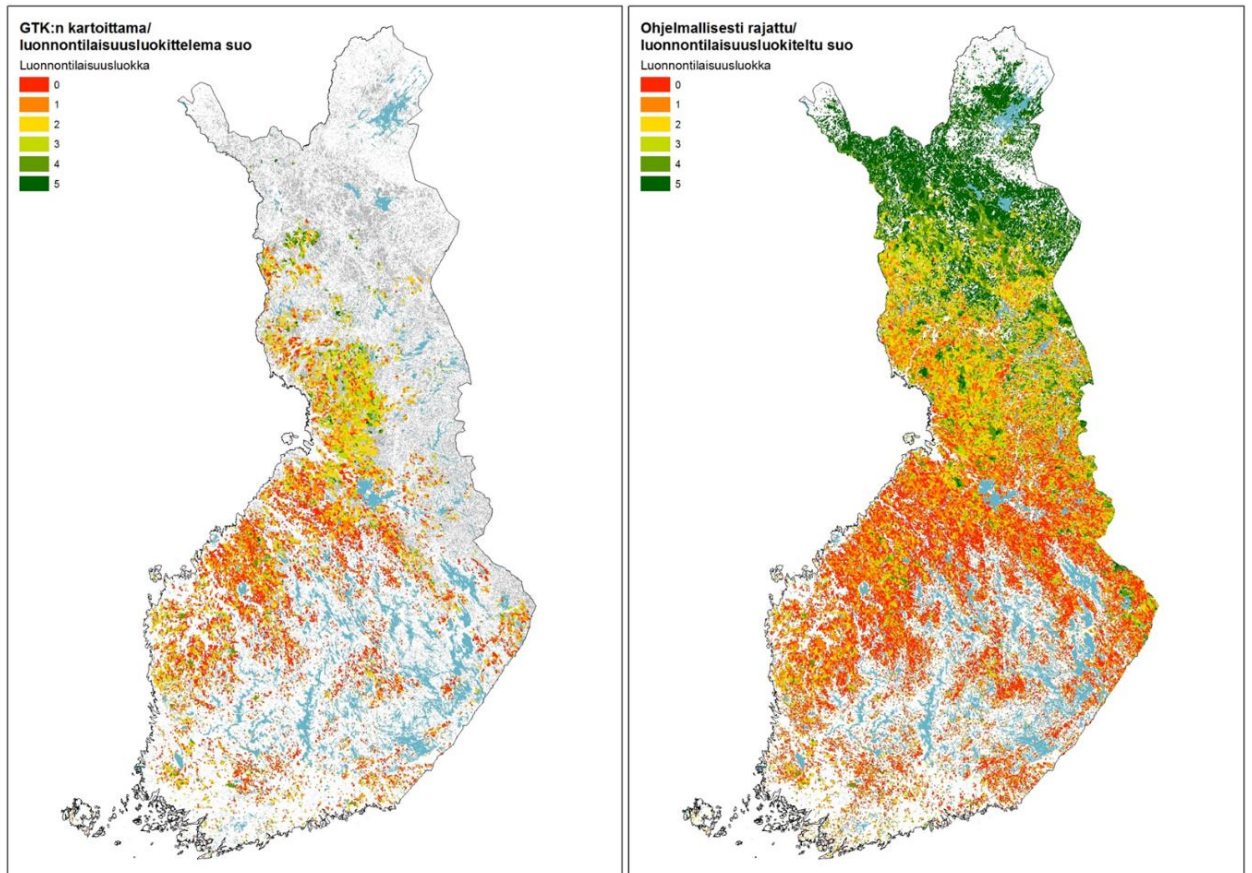
Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) turvevarojen tilinpitopalveluun on määritetty soiden luonnontilaisuusluokka GTK:n kartoittamille geologisille soille. Tämän lisäksi koko Suomen soille on määritetty suoaltaiden laskennallinen luonnontilaisuusluokka (Kuva 13). Luonnontilaisuusluokitus perustuu valtioneuvoston periaatepäätökseen ”Soiden ja

turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta” (30.8. 2012) sekä sen liitteenä olevaan luonnontilaisuusluokitteluasteikkoon sekä ympäristönsuojelulain (L 527/2014 13. § 4) ja ympäristönsuojeluasetuksen (A 713/2014 44. §) soveltamisperiaatteisiin.

GTK:n tutkimat suot (2,3 milj. ha) kattavat noin 45 % Suomen geologisesta suoalasta ja noin 25 % Suomen kokonaissuoalasta (9,1 milj. ha). GTK:n aineisto koostuu 33 500 suoaltaasta, jossa yksittäisen suon pinta-ala on ollut vähintään 20 ha. GTK:n kartoittamien soiden luonnontilaisuusluokittelussa on käytetty hyväksi uusimpia paikkatieto-, ilmakuva- ja laserkeilausaineistoja, GTK:n aerogeofysiikan matalalentojen gammasäteilyaineisto- ja ilmakuvatulkintaa sekä maastotutkimusten antamaa informaatiota mm. suotyypistä, suoluonnon muuttuneisuudesta ja puustosta. Soiden luonnontilan ja muuttuneisuuden arvioinnissa on tarkasteltu suon ojitustilannetta ja ojituksen aiheuttamia vesitalouden ja kasvillisuuden muutoksia.

Suon rajauksen määrittelyllä on keskeinen merkitys luonnontilaisuusluokituksessa. GTK:n rajaukset perustuvat yleensä turpeesta muodostuneen suoaltaan kokonaisuuteen ja yhdellä suokokonaisuudella voi olla vain yksi luonnontilaisuusluokka. Rajaukset on tehty useimmiten turpeen ja mineraalimaan rajakohtaan tai turpeen ja vesistön rajalle. Rajauksissa ovat mukana myös suoaltaaseen mahdollisesti kuuluvat turpepellot ja turvetuotantoalueet sekä kaivetut altaat. Hyvin soisilla seuduilla yksittäisten soiden väliset luontaiset rajat ovat osin hyvinkin liukuvia ja voivat vaikeuttaa luonnontilaisuusluokan määrittämistä. Ns. jatkuvien suoverkostojen alueella suoallas on yleensä erotettu toisesta kapeikkojen tai suon vesitalouden katkaisevien vedenjakajien kohdalta. Tällaisia verkkomaisia suoalueita on runsaasti aapasuoalueilla ja erityisesti Lapissa.

Saadaksemme kattavan käsityksen Suomen soiden luonnontilasta, GTK:ssa laadittiin soiden rajausohjelma, jonka avulla suoaltaille määritettiin laskennallinen luonnontilaisuusluokka (Kuva 13). Laskennallinen luonnontilaisuusluokka perustuu suoaltaan ojituspäätteen, joka laskettiin suoaltaan ojitetun pinta-alan ja suoaltaan kokonaispinta-alan suhteena. Ojituksen vaikutusalueen katsottiin ulottuvan 50 m:n päähän ojasta, tiestä tai muusta vastaavasta kohteesta. Soiden laskennallinen luonnontilaisuusluokka-aineisto on aluemuotoinen rasteriaineisto, jonka käyttömittakaava on noin 1:100 000. Aineisto käsittää pääosan Suomen suo- ja turvema- alasta, joka on ohjelmallisesti rajattu yksittäisiksi, yli 5 ha:n suuruisiksi suoaltaiksi. Rajausaineistossa ei ole mukana soistumia ja mm. tästä johtuen rajausaineiston suopinta-ala (6,2 milj. ha) on Suomen kokonaissuoalaa (9,1 milj. ha) pienempi. Luokittelun käytössä on huomioitava, että aineisto on yleistys, eikä tuotetta näin ollen tulisi käyttää yksityiskohtaiseen suokohtaiseen tarkasteluun. Rajausohjelman merkittävänä etuna on sen alueellinen vertailukelpoisuus. Rajausohjelman aineisto kattaa koko Suomen, ja suoaltaat on rajattu teknisesti samalla menetelmällä. Suoaltaille laskennallisesti määritettyjen luonnontilaisuusluokkien perusteella voidaan arvioida Suomen soiden luonnontilaa tai soiden vesikemiallisten ekosysteemipalvelujen tilaa esim. maakunta- tai kuntakohtaisesti. Vertailtaessa GTK:n tutkimia soita laskennallisesti tehdyn rajausaineiston tuloksiin, voidaan todeta, että erot luonnontilaisuusluokkasuhteissa ovat melko pieniä. Luonnontilaisuusluokittelun loppuraportti on julkaistu ja yksityiskohtainen paikkatietoaineisto julkaistaan keväällä 2023 (Toivonen ym. 2022).



Kuva 13. Vasemmalla GTK:n kartoittamat suot ja niiden luonnontilaisuusluokat. Oikealla on laskennallisesti rajatut ja luonnontilaisuusluokitellut suot. Luokan 0 soilla ojitusprosentin vaihteluväli on 100–96 %, luokan 1 soilla 95–80 %, luokan 2 soilla 79–55 %, luokan 3 soilla 54–24 %, luokan 4 soilla 23–1 % ja luokan 5 soilla 0 %.

2.3.3 Metsämaiden biologisia muuttujia koskevat seurannat

Hannu Ilvesniemi ja Taina Pennanen, Luonnonvarakeskus

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin yhteydessä perustettiin vuosina 1985–1989 noin 3000 pysyvää koealaa, joilta kaikilta arvioitiin kasvupaikka-, toimenpide- ja puustotunnuksia, mitattiin puusto sekä arvioitiin pintakasvillisuuden lajien peittävyys. Osalta koealoista arvioitiin latvusten harsuuntuminen, otettiin sammal- ja jäkälänäytteet raskasmetalliläskeuman kartoittamiseksi ja maanäytteitä. Koealat on sijoitettu koko maan kattavaan inventointilohkojen verkostoon. Lohkojen etäisyydet toisistaan ovat Etelä-Suomessa sekä etelä-pohjoissuunnassa että itä-länsisuunnassa 16 km. Pohjois-Suomessa etäisyydet ovat etelä-pohjoissuunnassa 24 km ja itä-länsisuunnassa 32 km.

Vuonna 2006 EU käynnisti BioSoil- demonstraatioprojektin, jossa toistettiin mittauksia 636 kohteella. Kohteilta mitattiin puusto ja aluskasvillisuus sekä otettiin maanäytteet. Koealat valittiin VMI8:n koealoista systemaattisesti, mutta kuitenkin niin, että harvinaisimmatkin kasvupaikkatyypit tulivat mukaan. Maanäytteiden oton yhteydessä koealat myös valokuvattiin. Puuston inventoinnissa käytettiin 4 aarin suuruisia pysyviä ympyrä-koealoja. Kasvillisuuskartoituksissa kenttä- ja pohjakerroslajien peittävyudet arvioitiin neljältä ympyräkoevalle systemaattisesti sijoitetulta 2 m² suuruiselta näyteruudulta. Kunkin kasvilajin runsautta arvioitiin projektiopeittävyutenä, eli ilmaversojen ja sekovar-sien kattamana prosenttipeittävyutenä näyteruudulla. Kohteilta kerättiin maanäytteet eri maakerroksista, ja näytteistä analysoitiin maan fysikaalisia ja kemiallisia tunnuksia, kuten lajitekoostumus ja vaihtuvien ravinteiden sekä typen määrä.

Kasvillisuus- ja puustoinventoinnit uusitaan 3 000 pysyvällä seurantakoealalla vuonna 2021–2023 Operaatio Mustikka-hankkeessa (<https://www.luke.fi/fi/projektio/operatio-mustikka>). Näytteenotto sisältää myös maanäytteiden keräämisen orgaanisesta kerroksesta (2021 ja 2022 yht. 2063 kpl) ja 2023 (jäljellä 940 kpl). Maanäytteet (12 kairaa/koeala) otettiin tilavuustarkasti, joten koelaoilta on mahdollista laskea maaperätunnuksia pinta-alakohtaisesti. Näytteet ositettiin juuristo- ja humusainekseen ja molemmista ositteista varastoitiiin ilmakeivä näyte mahdollisia kemiallisia analyysejä varten. Juurten osuus koealalla määritettiin kuivapainon perusteella. Noin 50 gramman näytteet pakastettiin (-20°C) myöhempiä molekyylibiologisia eDNA-analyysejä varten.

Tilavuustarkka näytteenotto merkitsee sitä, että maaperänäytteet tarjoavat tilaisuuden tarkastella maan biologisia ja kemiallisia ominaisuuksia ja maanpäällisiä muuttujia suhteessa metsän pintamaan hiilivarastoon. Tulevaisuudessa tehtävä eDNA-pohjainen tieto maan pieneliöstöstä ja sen monimuotoisuudesta on oleellinen tekijä metsämaan hiilivarastojen muutoksien tarkastelussa. Uusin tutkimustieto on osoittanut, että maapallon kaikissa biotoopeissa, ja erityisen runsaasti boreaalisessa metsämaassa (jopa 50–80 %, Kyachenko ym. 2019), maahan varastoituneesta hiilestä on peräisin kuolleiden mikrobien solujäänteistä. Koska useimmat näistä hiilen varastoinnissa tärkeistä mikrobeista ovat kasvien juuristomikrobeja, näytteenotossa eroteltu juurimassan osuus tarjoaa harvinaisen tilaisuuden kytkeä maanpäälliset kasvillisuusmuutokset mahdollisiin maanalaisiin kasvi-mikrobi-vuorovaikutuksiin. Maanäytteet mahdollistavat siis maaperän eliöstön ja kemiallisten ominaisuuksien analysoinnin koelaoilta, joilta on seurattu kasvillisuuden ja puuvarantojen muutoksia sekä dokumentoitu metsänkäsittelytoimenpiteet lähes 40 v. ajan. Tämä tarjoaa tietoa esimerkiksi siitä, onko metsämaan monimuotoisuus yhteydessä hiilen kertymiseen, ja liittyvätkö nämä käytettyihin metsänhoitomenetelmiin tai metsän tuottavuuteen. Aineisto palvelee ennen kaikkea maakäyttösektorin tietopohjan vahvistamista.

Biologinen eDNA-analyysi on suunniteltu tehtävän vastaavasti kuin BioValsen (kts. luku 2.3.1.) sienten ja bakteerien lajistokartoitus, mutta lisäksi pakastetut maanäytteet on mahdollista analysoida ns. metagenomiikan avulla. Maaperän metagenomiadata sisältää näytteen kaiken geenivarantotiedon, eli lajistotiedon lisäksi myös maan eliöstön toiminnallisten geenien varannot. Maaperän geenitiedon määrä tulee olemaan valtava, mutta samalla aineisto varastoi koealojen eliöstön geenivarannot sähköiseen muotoon, jolloin myös uusien eliöiden, maaperän toimintaan tai eliöhistoriaan liittyvien geenien etsiminen on mahdollista pitkälle tulevaisuuteen. Tietokanta tarjoaisi tulevaisuudessa mahdollisuuden saada tietoa boreaalisen metsämaan hiilen varastoinnista ja siihen liittyvistä mekanismeista, sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja ekosysteemin resilienssistä.

Metatietokuvaus BioSoil-aineistosta:

<http://radar.luke.fi/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7BF69A7A4F-14B8-43D8-9795-C6CAE0010551%7D>

2.4 Rakennettujen ympäristöjen muuttajat

2.4.1 Pohjatutkimukset

Jaana Jarva, GTK

GTK:n ylläpitämässä pohjatutkimusrekisterissä on eri tahojen omistamia ja tuottamia maaperän kairaustietoja. Aineisto on syntynyt rakentamisen (rakennukset, tiestö, rataverkko, vesiväylät) yhteydessä tehdyissä tutkimuksissa, jotka ovat kertaluonteisia. Tietoaineisto noudattaa Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen (SGY) määrittämää formaattia. Tiedostot ovat pistemäisiä ja niihin on mahdollisuus tallentaa varsinaisen kairaus-tiedon lisäksi ominaisuustietona seuraavia maaperän ominaisuuksia kuvaavia tietoja:

- Rakeisuusmäärittäminen
- Ödometrikoe
- Kolmiaksaalikoe
- Luokituskoe
- Koekuoppa
- Pohjavesi-/kaivokortti
- Muu tutkimus

Kaikki rekisterissä esitetyt tiedot ovat alkuperäistä tietoa eikä esimerkiksi myöhemmin tehtävää kairausulkintaa viedä rekisteriin.

Rekisteriin tallennettu vanhin aineisto on 1960-luvulta. Nämä aineistot on digitoitu sähköiseen muotoon ja alun perin paaluihin sidottu sijaintitieto on muutettu digitoinnin yhteydessä johonkin yleisesti tunnettuun koordinaatistoon. Uusien aineistojen sijaintitiedot mitataan heti maastossa tarkasti paikalleen.

Pohjatutkimusrekisterin metatietokuvaus: <https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/pohjatutkimukset.html>

Pohjatutkimukset karttapalvelu: <https://gtkdata.gtk.fi/Pohjatutkimukset/index.html>

2.4.2 Maanpinnan läpäisemättömyys ja sen muutokset

Teija Haavisto ja Pekka Härmä, Suomen ympäristökeskus

Euroopan ympäristövirasto on teettänyt keskitetysti maanpinnan läpäisemättömyyttä ja sen muutoksia koskevan aineiston (European Environment Agency 2021). Suomen osalta Suomen ympäristökeskus ja Luonnonvarakeskus ovat verifioineet aineiston laatua (Suomen ympäristökeskus 2022c).

Maanpinnan läpäisemättömyys (0–100 %) kertoo, mikä osuus pikselin alasta on keino-tekoista, esimerkiksi rakennusten tai tie- ja parkkialueiden peittämää. Muutokset maanpinnan läpäisevyydessä voivat olla seurausta maankäytön tehostumisesta tai maan-

peitteen tai maankäytön muutoksesta, mikä puolestaan voi johtua kaupunki- tai teollisuusalueiden laajenemisesta ja niihin liittyvästä tiealueiden lisääntymisestä. Aineisto tuotetaan pääosin tulkitsemalla satelliittikuvista laskettua NDVI-indeksiä (Normalized Difference Vegetation Index; suom. normalisoitu kasvillisuusindeksi). Rasterin pikselinkoko on 10 m, muutosaineistolla 20 m.

Nykyinen aineisto ei ole suoraan vertailukelpoinen aikaisempiin (2006, 2009, 2012) nähden parantuneen resoluution vuoksi (Copernicus 2023). Suomen ympäristökeskuksesta on saatavilla vuosien 2012, 2015 ja 2018 aineistot. Kolmen vuoden välein päivittävät aineistot muodostavat sarjan, ja niistä lasketaan erillinen muutostaso.

Vuosille 2015–2018 on saatavana kahdenlaisia läpäisemättömyys-muutostuotteita:

- Yksinkertainen kerros, joka kuvaa läpäisemättömyyden lisääntymisen tai pienenemisen prosenttiosuutta niille pikseleille, jotka osoittavat todellista läpäisemättömyyden muutosta kyseisenä ajanjaksona.
- Luokiteltu muutostuote, joka kartoittaa tärkeimmät läpäisemättömyysmuutokset (muuttumaton avoin, uusi läpäisemätön, uusi avoin, muuttumaton läpäisemätön, läpäisevyys lisääntynyt, läpäisevyys vähentynyt.).

Vuosien 2006 ja 2009 aineistoissa oli merkittäviä eroja verrattuna myöhempiin aineistoihin ja siksi suositellaan käyttämään näiden vuosien osalta vuonna 2015 uudelleenkäsiteltyjä ja harmonisoituja aineistoja.

Kaudella 2015–2018 aineisto osoittaa läpäisemättömyyden kasvaneen merkittävästi ja tämän muutoksen luotettavuutta selvitetään (Smith 2020). Osa muutoksesta johtuu yksityiskohtaisemmasta aineistosta ja osa on todellista muutosta. Parantuneen kartoituksen ja spatiaalisen resoluution vaikutuksien erottelun jälkeenkin muutos on niin suuri, että sen luotettavuutta selvitetään. Vuoden 2018 kartoituksessa on käytetty ensimmäistä kertaa korkearesoluutioisia Sentinel (1 ja 2) -aineistoja. Toistaiseksi suositellaan, ettei tehtäisi kauaskantoisia johtopäätöksiä 2015–2018 läpäisemättömyyden muutoksen suuruuden perusteella. Sen sijaan yksityiskohtaisemmilla aineistoilla ei ole vaikutusta sellaisten sovellusten käyttöön, jotka keskittyvät muutosten/muutosmallien alueelliseen jakautumiseen.

Tiima-hankkeessa (Tietopohjaa ilmastoviisaaseen maankäyttöön) päivitetään tulvavaarakarttoja ja tuotetaan uusi vesistötulvakartta, joka tulee kattamaan koko Suomen. Tulvamallinnuksen lähtötiedoksi hankkeessa on tuotettu koko Suomen kattava, spatiaalisesti erittäin tarkka (0,5 m) maanpeiteaineisto ilmakuvien ja neurooverkkomallin avulla. Lisäksi aineistoon on upotettu tietoja maastotietokannasta (rakennukset, pellot, tiet). Aineiston tietosisältö on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Tulvamallinnuksen lähtötiedoksi tuotetun koko Suomen kattavan, spatiaalisesti erittäin tarkan maanpeiteaineiston tietosisältö.

Pääluokka	Alaluokat
Läpäisemättömät alueet	Rakennukset Päällystetyt tiet

	Muut läpäisemättömät alueet
Viheralueet	Tiivis kasvillisuus Matala kasvillisuus Pellot
Paljas maa	Päälystämättömät tiet Muu paljas maa
Paljas kallio	
Vesistöt	Sisävedet Meri

2.4.3 Kaupunkialueita koskevat tiedot

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Kaupunkialueiden maaperän tilaa koskevia kartoituksia ja tutkimuksia on taajamien maaperän taustapitoisuuksien osalta tehnyt GTK ja näitä on selostettu edellä luvussa 2.1.4.4 Ainakin toistaiseksi nämä taustapitoisuusselvitykset ovat olleet kertaluontoisia kartoituksia.

Joidenkin kuntien maaperän pohjatutkimuksista on keskitettyä tietoa GTK:n ylläpitämässä pohjatutkimusrekisterissä, joka on kuvattu luvussa 2.4.1. Pohjatutkimuksia on pitkältä aikajaksolta, mutta ne eivät muodosta seurantaverkostoa.

Edellä olevassa luvussa 2.4.2 on kuvattu Euroopan ympäristökeskuksen teettämä maaperän läpäisemättömyyttä ja sen muutoksia koskeva aineisto, joka kuvaa sitä, missä määrin maaperää suljettu läpäisemättömillä pintarakenteilla.

Rakennettua ympäristöä ja kaavoitusta koskevia paikka- ja tilastotietoja sisältyy Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään elinympäristön tietopalvelu Liiteriin, joka on kuvattu seuraavaksi luvussa 2.4.3.1

Maankäyttöä ja maanpeitettä ja niissä tapahtuvia muutoksia kuvaavia Corine Land Cover -aineistoja on tuotettu Suomen ympäristökeskuksessa ja ne on kuvattu luvussa 2.5.1

Alueelliset ympäristökeskukset ylläpitävät toimialueillaan maaperän tilan tietojärjestelmän kohdetietoja alueista, joilla nykyisestä tai aikaisemmin harjoitetusta toiminnasta on

saattanut päästä maaperään haitallisia aineita ja alueista, jotka on tutkittu tai kunnostettu. Tietojärjestelmä on kuvattu luvussa 2.5.3

Euroopan ympäristökeskus ja Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus (Joint Research Centre, JRC) ovat vuodesta 2012 lähtien toteuttaneet yhdessä Copernicus maa-alueiden seuranta palvelua (Copernicus Land Monitoring Service, CLMS), joka tarjoaa geospaatialista tietoa maanpeitteestä ja sen muutoksista, maankäytöstä, kasvillisuuden tilasta, veden kierrosta ja maapallon pintaenergiamuuttujista laajalle käyttäjäjoukolle Euroopassa ja ympäri maailmaa maanpäällisten ympäristösovellusten alalla. Yksi tuotetuista aineistoista on kaupunkiatlas, joka sisältää vuosilta 2012 ja 2018 yleiseurooppalaisia vertailukelpoisia tarkan resoluution maanpeittoaineistoja yli 50 000 asukkaan kaupunkialueilta. Vuoden 2012 aineisto perustuu vuosina 2011–2013 kuvattuihin VHR-satelliittikuviin. Vuoden 2018 aineisto perustuu vuosien 2017–2019 satelliittikuviin. Tulkinta perustuu erittäin korkean resoluution satelliittikuviin sekä kuvien tulkin-taa tukeviin tausta-aineistoihin (mm. Google Earth, kaupunkikartat). Suomessa aineis-toa on seuraavista kaupungeista: Helsinki, Lahti, Turku, Tampere, Jyväskylä, Kuopio ja Oulu. Aineistossa on 17 kaupunkiluokkaa, joiden kuviokoko on vähintään 0,25 ha ja 10 maaseutuluokkaa kuviokooltaan vähintään 1 ha. Kaupunkiatlaksen luokittelu seuraa suurelta osin samaa logiikkaa kuin Corine 2012 -maanpeittoaineiston luokkajako. Se on kaupungin maankäyttömuotojen suhteen kuitenkin yksityiskohtaisempi kuin Corine-luokitus. Kaupunkiluokitus erottelee alueita mm. sen mukaan miten yhtenäistä rakenta-minen on ja kuinka suuri osuus maanpinnasta on suljettu läpäisemättömällä materiaa-lilla. Aineisto sisältää maankäyttö- ja maanpeitetiedon lisäksi polygonikohtaisen väkilu-kuarvion. Tämän selvityksen tekoaikaan vuoden 2018 tietoja eikä muutostietoja 2012–2018 voinut kuitenkaan käyttää, koska Suomen osalta tietoja ei ole validoitu. Kaupunkiatlas aineistot löytyvät Copernicus maa-alueiden seurantapalvelusta (Coper-nicus Land monitoring service) <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

Tämän selvitystyön puitteissa ei ollut mahdollisuuksia kerätä tietoja kaupunkien suoritamista maaperäseurannoista.

2.4.3.1 Elinympäristön tietopalvelu Liiteri

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Liiteri on Syken elinympäristön tieto- ja analyysipalvelu, joka kokoaa yhteen useita rakennettua ympäristöä ja kaavoitusta koskevia paikka- ja tilastotietoja. Liiteri sisältää muun muassa lähes 2 000 tilastoa ja yli tuhat karttatasoa, valtakunnallisia paikkatietoja kaavoista, kuten yleiskaavapalvelun aineistot, n. 25 000 asemakaavan seurantaloma-ketta sekä työtiloja ja jakamismahdollisuuksia. Liiterissä käytössä olevan tietosisällön laajuus ja toiminnallisuudet vaihtelevat sen mukaan, käyttääkö palvelua vieraana vai maksullisesti sopimusasiakkaana. Sopimusasiakas saa käyttöönsä Liiterin laajan tietosisällön, kaikki toiminnallisuudet ja YKR-aineistojakelun.

Liiterin tietosisältö koostuu Syken aineistojen lisäksi muiden organisaatioiden ylläpitä-mistä tilasto- ja paikkatietoaineistoista. Tiedontuottajia ovat muun muassa Tilastokeskus, Väestörekisterikeskus, Maanmittauslaitos, Väylävirasto, Museovirasto, ELY-keskukset, kunnat, ympäristöministeriö, Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA ja Geologian tutkimuskeskus. Liiteri-palvelussa on käytettävissä karttatasoja ja tilastoja useista eri aihepiireistä, kuten:

- Kaavoitus

- Kauppa ja palvelut
- Kiertotalous
- Kuntien ilmastopäästöt
- Lajit ja luontotyypit
- Luonnonvarat ja luonnonsuojelu
- Maankäyttö ja maanpeite
- Rakennukset, kiinteistöt ja asuminen
- Rakentamisen suunnitelmallisuus
- Satelliitti- ja ilmakuvat
- Tulvat, vesihuolto ja vesistöt
- Virkistys- ja viheralueet
- Yhdyskuntarakenne

Lisäksi useat Syken rakennetusta ympäristöstä Liiteriin tuottamat karttatasot ovat käytettävissä avoimelta rajapinnalta.

Liiteri on selainpalvelu, jossa voi tarkastella ja työstää kartta-aineistoja. Siellä voi myös hakea ja laskea tilastoja erilaisille hallinnollisille alueille. Liiteriin on luotu karttatasoista ja tilastoista myös palvelupaketteja, jotka kokoavat erilaisten teemojen aineistoja valmiisiin aloitusnäkyymiin käytön helpottamiseksi. Näiden pakettien teemat ovat: ARA-asunnot, ilmastomuutos, kulttuuriympäristö, poronhoito ja vesihuollon suunnittelu.

Liiterin Asemakaavojen seurantalomakkeet -osiosta voit hakea asemakaavojen seurantalomakkeita ja kaavamerkintöjen selityksiä.

Liiteriin on tallennettu tilastotietoja pääosin vuodesta 2000 lähtien, mutta osa aikasarjoista ulottuu vuoteen 1985 asti. Tilastotietoja on saatavissa koko Suomesta hallinnollisilla ja toiminnallisilla alueilla sekä ruututasolla (250 m – 20 km). Osa tiedoista ei kata Ahvenanmaata. Tilastot päivitetään vuosittain. Eri tilastojen päivitysajankohta vaihtelee. Tarkemmin ajallista ja sijainnillista kattavuutta on kuvattu tilastokohtaisissa taustatiedoissa.

Kartta-aineistot kattavat pääosin koko maan. Kartta-aineistot saadaan tiedontuottajien rajapintapalveluiden kautta, jolloin käytössä on tiedontuottajien tarjoama uusien aineistojen. Tarkemmin ajallista ja sijainnillista kattavuutta on kuvattu karttatasokohtaisissa meta-tiedoissa.

Liiteri palvelee viranomaisia ja yrityksiä, jotka työskentelevät maankäytön suunnittelun ja rakennetun ympäristön parissa. Liiteriä voi käyttää esimerkiksi kaavoituksessa, rakentamiseen liittyvien lupien ja avustusten ratkaisemisessa, strategisten suunnitelmien ja ohjelmien laatimisessa, lausuntojen tukena sekä kaavoituksen ja rakennetun ympäristön tilan seurannassa. Kansalaiset voivat hakea tietoa esimerkiksi oman asuin ympäristönsä lähipalveluista tai kaavoitustilanteesta.

Tietopalvelu löytyy osoitteesta: <https://liiteri.ymparisto.fi/>

2.5 Toimintoja koskevat seurannat

2.5.1 Maankäyttö ja maanpeite

Teija Haavisto ja Pekka Härmä, Suomen ympäristökeskus

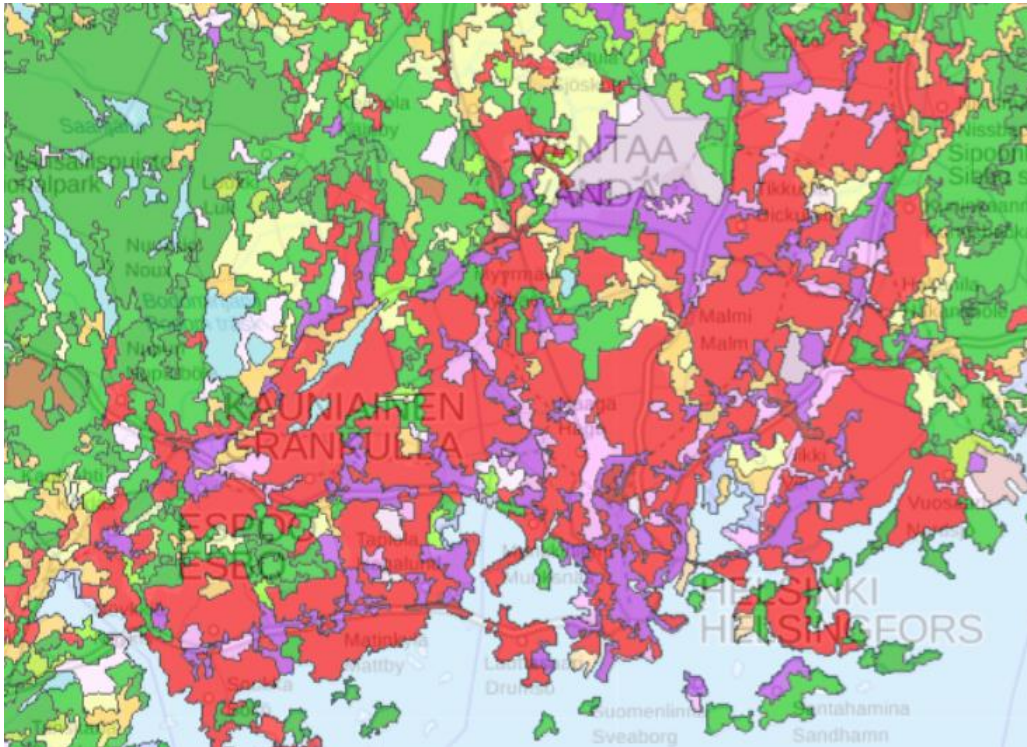
CORINE Land Cover 2018 kuvaa koko Suomen maankäyttöä ja maanpeitettä vuonna 2018. SYKEssä EU:n Copernicus Land -hankkeessa tuotettiin Suomen alueelta maanpeiteaineistot sekä laadittiin maanpeitteen muutoksia välillä 2012–2018 kuvaavat aineistot (Suomen ympäristökeskus 2023a). Aineistot luotiin kahdella tarkkuustasolla: toinen EU-vaatimusten mukaisesti ja toinen kansalliseen käyttöön. Aineisto koostuu rasterimuotoisesta paikkatietokannasta (erotuskyky 20 x 20 m) ja vektorimuotoisesta paikkatietokannasta, jossa pienin maastossa erottuva alue on vähintään 25 ha ja kaapeimmillaan 100 metriä. Kansallisen muutosaineiston 2012–2018 pienin kuvio on 0,5 ha ja eurooppalaisen 5 ha. Aineisto on tuotettu SYKEssä olemassa oleviin paikkatietoaineistoihin sekä satelliittikuvatulkintaan perustuen. Vektoriaineisto tuotettiin yleistämällä rasteriaineistoa EEA:n CORINE-sääntöjen mukaisesti.

Vektoriaineistoissa maankäyttöä ja maanpeitettä kuvataan kolmitasoisella hierarkkisella luokittelulla. Viisi pääluokkaa (rakennetut alueet; maatalousalueet; metsät sekä avoimet kankaat ja kalliomaat; kosteikot ja avoimet suot; vesialueet) jaetaan toisella tasolla yhteensä 15 alaluokkaan. Kolmannella luokittelutasolla luokat jaetaan edelleen yhteensä 44 alaluokkaan. Rasteriaineistossa on joidenkin luokkien kohdalla vielä neljännen tason kansallisia luokkia. (Suomen ympäristökeskus 2023c) Esimerkkinä aineistosta on kuvassa 14 esitetty pääkaupunkiseudun maankäyttöä ja maanpeitettä.

Aineisto kuuluu SYKEN avoimiin aineistoihin (CC BY 4.0). Aineistosta on julkaistu INSPIRE-tietotuote.

Suomen CLC2018-aineistot:

- Suomen kattava satelliittikuvamosaiikki (Satelliittikuvamosaiikki Image2018)
- Rasterimuotoinen kansallinen paikkatietokanta (Corine maanpeite 2018 (20 m))
- Rasterimuotoinen kansallinen muutosaineisto (Corine maanpeitteen muutokset 2012–2018 (0,5 ha))
- Vektorimuotoinen paikkatietokanta (Corine maanpeite 2018 (EU 25 ha))
- Vektorimuotoinen muutosaineisto (Corine maanpeitteen muutokset 2012–2018 (EU 5 ha))



Kuva 14. Pääkaupunkiseudun maankäyttö ja maanpeite.

Vektoriaineisto, jossa minimikuviokoko on 25 ha/muutos 5 ha, on tuotettu Euroopan ympäristövirastolle. Tarkempi 20 m resoluutiolla oleva rasteriaineisto ja 1 ha muutosaineisto on tarkoitettu kansalliseen käyttöön kuvaamaan maanpeitettä ja maankäyttöä. Aineistoja voidaan käyttää paikkatietoanalyysien lisäksi myös taustakarttoina.

Euroopan laajuisia CORINE-hankkeita on tehty neljästi ennen vuoden 2018 hanketta, 1990-luvun alussa, vuonna 2000, vuonna 2006 ja vuonna 2012. Suomi ei ollut mukana vielä ensimmäisessä hankkeessa, mutta osallistui vuosien 2000, 2006 ja 2012 hankkeisiin. Lisäksi on tuotettu aineistot maanpeitteen muutoksista vuosina 2000–2006 ja 2006–2012.

Maankäytön ja maanpeitteen sekä niiden muutoksien seuranta on kehitetty ”Yhteisen tietopohjan kehittäminen maankäytön ja sen muutosten seurannalle (Mammutti)” -hankkeessa (Suomen ympäristökeskus 2023b). Hanke on osa maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni -tutkimusohjelmaa. Hankkeessa on toteutettu useampi valtakunnallinen tietotuote neljään eri teemaan: metsät, suot ja kosteikot, maatalousalueet ja rakennettu maa. Suomen ympäristökeskus tuottaa mm. koko Suomen kattavan maanpeiteaineiston 2022 yhdessä Tiima-hankkeen kanssa sekä rakennettujen alueiden maankäyttöaineiston 2021. Tietotuotteet ovat pääosin avoimia ja ne julkaistaan organisaatioiden omissa avoimen datan palveluissa.

2.5.2 LUCAS EU:n maankäyttö ja pinta-alatutkimus (Land Use and Coverage Area frame Survey)

Teija Haavisto, Pekka Härmä, Suomen ympäristökeskus

LUCAS on Euroopan yhteisön tilastovirasto EUROSTATin toteuttama maastokartoitus, joka kerää tilastotietoa maanpeitteestä ja maankäytöstä kattavasti koko EU:n alueella. Maanpeitteen seurannassa kerätään tietoa maan pinnan peittävien materiaalien, kuten kasvillisuuden, vesistöjen ja rakennusten määrästä ja laadusta. Maankäytön seurannassa puolestaan kerätään tietoa siitä, miten maankäyttö eri alueilla jakautuu eri tarkoituksiin, kuten metsätalouteen, maatalouteen, kaupunkialueisiin ja teollisuusalueisiin. Käytetyt luokitukset on esitetty taulukoissa 6 ja 7.

Maastokartoituksella pyritään tuottamaan tilastotietoa maankäytön ja maanpeitteen nykytilasta ja muutoksista mm. ympäristön ja maatalouden tilan seurantaan varten. Maastokartoitusta on kehitetty vuodesta 2001 lähtien ja vuonna 2009 se laajeni kaikkiin jäsenmaihiin. Tiedot kerätään kolmen-neljän vuoden välein: 2009, 2012, 2015, 2018 ja 2022.

Maastokartoitus tuotetaan keskitetysti koko Euroopan alueella. Näytteenotto perustuu koko Euroopan kattavan, säännöllisen 2 km x 2 km:n ruudukon leikkauspisteisiin, mikä tarkoittaa noin 1 000 000 georeferoitua näytteenottopaikkaa. Jokainen piste on luokiteltu johonkin kahdeksasta maanpeiteluokasta orto- tai satelliittikuvien avulla. Koko tästä pistejoukosta valitaan osittamalla noin 270 000 pistettä, jotka kattavat kaikki mahdolliset maanpeitteen ja maankäytön tyypit. Näissä pisteissä käydään paikan päällä tarkistamassa luokituksen oikeellisuus ja kerätään lisätietoja, joita ei voi arvioida etänä.

Koealoja on (ml. ilmakuvalta tulkitut koealat) Suomessa yhteensä:

2009 19 898 kpl

2012 13 482 kpl

2015 16 183 kpl

2018 16 182 kpl

2022 ei vielä tiedossa, maastotyöt jatkuvat Suomessa kesällä 2023

Taulukko 6. Käytettävän maanpeiteluokituksen hierarkian kaksi ensimmäistä tasoa – yhteensä 8 pääluokkaa, 29 luokkaa ja 76 alaluokkaa.

Maanpeite

Rakennetut alueet	A10	Katetut rakennetut alueet
	A20	Ei-rakennetut muutetut alueet
	A30	Muut muutetut alueet
Viljelymaa	B10	Viljat
	B20	Juurikkaat

	B30	Yksivuotiset teollisuuskasvit
	B40	Palkokasvit, vihannekset, kukat
	B50	Rehukasvit
	B70	Monivuotiset kasvit: Hedelmäpuut
	B80	Muut monivuotiset kasvit
Metsät	C10	Lehtipuumetsä
	C20	Havupuumetsät
	C30	Sekametsät
Pensaikot	D10	Pensaikko, jossa on harvaa puustoa
	D20	Pensaikko ilman puustoa
Nurmet	E10	Nurmet, joilla harvaa puustoa/pensaita
	E20	Nurmet, joissa ei ole puustoa tai pensaita
	E30	Spontaanisti uudelleen kasvittuneet alueet
Paljas maa ja sammalikot, jäkälিকöt	F10	Kalliota ja kiveä
	F20	Hiekkaa
	F30	Jäkälिकöt ja sammalikot
	F40	Muu paljas maa
Vesialueet	G10	Sisävedet
	G20	Virtavedet
	G30	Jokisuistot

	G40	Meret ja valtameret
	G50	Jäätiköt, pysyvä lumipeite
Kosteikot ja suot	H10	Sisämaan kosteikot ja suot
	H20	Rannikon kosteikot ja suot

Taulukko 7. Maankäyttö luokitellaan seuraavan luokituksen mukaisesti (neljä pääluokkaa, 16 luokkaa ja 31 alaluokkaa).

Maankäyttö

Alkutuotanto	U110	Maatalous
	U120	Metsätalous
	U130	Kalanviljely, kalastus
	U140	Kaivokset, louhokset
	U150	Muu alkutuotanto
Teollisuussektori	U210	Energiatuotanto
	U220	Teollisuus ja valmistus
Palveluala, liikenne, julkiset palvelut, asutus	U310	Liikenne, viestintäverkot, varastot, turvajärjestelmät
	U320	Vesi- ja jätehuolto
	U330	Rakentaminen
	U340	Kauppa, rahoitus, asiantuntija- ja tietopalvelu
	U350	Yhteisöpalvelut

	U360	Virkistys, vapaa-aika, urheilu
	U361	Asutus
Käyttämättömät tai hylätyt alueet	U410	Hylätyt alueet
	U420	Osittain/lähes luonnontilaiset ja luonnontilaiset alueet, jotka eivät ole käytössä

SYKE:n metatietopalvelusta löytyy metatietokuvaukset vuosien 2009, 2012, 2015 ja 2018 aineistoista. <https://ckan.ymparisto.fi/>
Suomen maastodatat ovat paikkatietoaineistoina käytettävissä ympäristöhallinnossa Arcmap ja Qgis paikkatietokäyttöliittymien kautta.
Koko Euroopan LUCAS havainnot ja valokuvat pisteistä ovat nähtävissä Copernicus Land Monitoring -palvelun karttasovelluksessa osoitteessa: <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/lucas>
sekä Euroopan tilastokeskuksen (Eurostats) sivulla <https://ec.europa.eu/statistical-atlas/viewer/?config=LUCAS-2018.json&mids=BACK-CNTR,BACK-CRLR,2018-1,CNTOVL&o=1,0.5,1,0.7&ch=2018¢er=60.43304,28.10216,3&> .

2.5.3 Maaperän tilan tietojärjestelmä

Teija Haavisto, Matti Silvola, Suomen ympäristökeskus

Järjestelmä sisältää tietoja maa-alueista, joilla nykyisin tai aikaisemmin harjoitetusta toiminnasta on saattanut päästä maaperään haitallisia aineita, ja alueista, jotka on selvitetty tai puhdistettu. Maaperän tilan tietojärjestelmä (MATTI) otettiin virallisesti käyttöön kesällä 2008. Aikaisempien erillisten alueellisten SAMASE-rekistereiden tiedot koottiin yhteen kansalliseen tietojärjestelmään. Tietojärjestelmän omistaa ympäristöministeriö. Kohdetietojen ylläpidosta vastaavat elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset) sekä Helsinki ja Turku, joille on ympäristöministeriön päätöksellä siirretty toimivalta pilaantuneita maa-alueita koskeissa asioissa ja siten myös velvoite tietojärjestelmän ylläpidosta. Tietojärjestelmän sisällöllisestä ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa Suomen ympäristökeskus ja järjestelmän teknisestä ylläpidosta ja kehittämisestä KEHA-keskus (ELY-keskusten sekä TE-toimistojen kehittämis- ja hallintokeskus). Järjestelmä on osa ympäristönsuojelun tietojärjestelmää (YLVA) ja nykyisin yksi osajärjestelmä ympäristövalvontajärjestelmät-kokonaisuudessa.

Tietojärjestelmä on tarkoitettu pääasiassa valtion ja kuntien käyttöön maaperän suojeleluun, maaperän pilaantumiseen, pohjaveden suojeleluun, vesistöjen suojeleluun ja maankäytön suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä.

Tietosisältö

Tietojärjestelmä sisältää tietoja alueiden sijainnista, alueella nykyisin tai aikaisemmin harjoitetun toiminnan toimialasta, maankäytöstä, etäisyyksistä asutukseen, pohjavesi-alueeseen, vesistöön, pohjaveden ottamoon, suojelualueisiin, maaperässä havaituista haitta-aineista, tehdyistä tutkimuksista ja kunnostuksista.

Toiminta tietojärjestelmään merkityillä alueilla on ollut sellaista, että vastaavien toimipaikkojen tiedetään yleisesti aiheuttaneen maaperän pilaantumista. Kunkin alueen todellinen tila selvitetään toimintahistoriatietojen ja kenttätutkimusten avulla. Osa tietojärjestelmän alueista on mukana niissä havaittujen ongelmien vuoksi. Osa on jo tutkittu tai kunnostettu. Puhtaaksi todetut ja kunnostetut kohteet säilyvät tietojärjestelmässä, jotta myöhemminkin tiedetään, mitä alueella on tutkittu ja miten aluetta on kunnostettu. Kohteet luokitellaan tietojärjestelmässä sen mukaan jatkuuko pilaava toiminta alueelle vai ei ja sen mukaan tarvitaanko alueella toimenpiteitä ja jos, niin millaisia (Taulukko 8).

Vuoden 2022 lopussa tietojärjestelmä sisälsi tietoja 28 815 kohteesta. Kun aluetta ei ole tutkittu tai maaperän pitoisuudet ylittävät kynnyksarvon tai taustapitoisuuden, kohteella on toimenpidetarvehuomio, jolloin maarakentamisessa tai maankäytön muutoksissa tulee ottaa yhteys valvontaviranomaiseen.

Taulukko 8. Kohteiden luokittelu Maaperän tilan tietojärjestelmässä.

Kohteen tilan luokka	Kohteiden lkm	Luokan kuvaus
Toimiva kohde	9 084	Kohteessa harjoitetaan toimintaa, josta voi aiheutua maaperän pilaantumista.
Selvitystarve	8 509	Maaperää mahdollisesti pilaava toiminta on loppunut. Maaperän tilasta ei ole tutkimustietoja.
Arviointitarve	2 110	Maaperää mahdollisesti pilaava toiminta on loppunut. Kohteen maaperässä on todettu haitta-aineita siinä määrin, että maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava [valtionneuvoston asetus (A 214/2007)].
Puhdistustarve	226	Maaperää mahdollisesti pilaava toiminta on loppunut. Maaperän puhdistustarve on todettu [valtionneuvoston asetus (A 214/2007)].
Ei puhdistustarvetta nykyisellä maankäytöllä	3 530	Maaperää mahdollisesti pilaava toiminta on loppunut. Maaperä on puhdistettu päätöksen mukaisesti tai maaperässä ei ole arvioitu olevan puhdistustarvetta nykyisellä maankäytöllä. Alueella on kynnysarvopitoisuuden tai taustapitoisuuden ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia.

Ei puhdistustarvetta	5 356	Maaperää mahdollisesti pilaava toiminta on loppunut. Maaperä on puhdistettu päätöksen mukaisesti tai alueen haitta-aineet on selvitetty. Alueella ei ole kynnysarvopitoisuuden tai taustapitoisuuden ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia.
----------------------	-------	---

Kattavuus

Alueellisesti tietojärjestelmä kattaa Manner-Suomen, mutta ei Ahvenanmaata.

Tietoja on kerätty 1990-luvun alusta lähtien toimintansa lopettaneista ja edelleen toimivista kohteista. Tietojen keruuta tehtiin aluksi alueellisesti ja eri alueilla oli erilaisia painotuksia kartoitettavien toimintojen osalta. Kartoituksia on kohdennettu esim. pohjavesialueille ja tiettyihin toimialoihin, kuten sahoihin ja kyllästämöihin, ampumaratoihin tai vanhoihin kaatopaikkoihin (Pyy ym. 2013). Kaupallisen polttoaineen jakelun kohteita kartoitettiin, tutkittiin ja kunnostettiin varsin kattavasti erillisessä SOILI-ohjelmassa (Öljyalan palvelukeskus Oy 2017). Kemikaali- ja öljyonnettomuustapauksista tietojärjestelmään on merkitty vain ne, joissa palo- ja pelastusviranomaisten puhdistustoimien jäljiltä maaperään on jäänyt merkittävä määrä haitallisia aineita. Myös todetut öljysäilövuodot merkitään tietojärjestelmään. (Pyy ym. 2013)

Toiminnan ajoittuminen vaihtelee nykypäivästä taaksepäin enimmillään noin 150 vuotta. Tietoja päivitetään jatkuvasti.

Aluksi kohteiden kartoitukset rajoituivat lähinnä terveydenhoitoasetuksen 17 §:ssä (55/1967) lueteltuihin laitoksiin, tehtaisiin ja varastoihin, joiden katsottiin voivan aiheuttaa terveyshaittaa ja joilta edellytettiin sijoituspaikkalupaa. (Pyy ym. 2013) Sitten kartoitettavien toimintojen joukkoa on laajennettu ja nykyisin tarkasteltavia toimialaluokkia on kaikkiaan 90 kpl. Tarkasteltavien toimialojen listalta on poistettu eläinsuojat ja uutena on lisätty paloharjoitusalueet sekä sammutusvaahdon käyttö palotilanteessa.

Laatu

Tietojärjestelmän sisällöllistä laatua on pyritty parantamaan ja yhtenäistämään käyttöohjeilla ja käyttäjien koulutuksella. Aineistosta on mm. tehty ajoja, joissa on tarkasteltu kohteiden luokittelun johdonmukaisuutta. Tiedot kohdetietojen ristiriitaisuuksista on toimitettu ELY-keskuksiin kohdetietojen tarkistuksia/korjauksia varten.

Tietojen tarkkuus

Pilaantuneiden maa-alueiden kartoituksen alkaessa 1990-luvulla tietoja kerättiin silloisissa vesi- ja ympäristöpiireissä piirien omista, lääninhallitusten sekä kuntien ympäristö- ja terveysviranomaisten lupa- ja valvonta-asiakirjoista. Mitä vanhemmasta toiminnasta on kyse, sitä epävarmempaa on tieto sen sijainnista, jos ei ole enää näkyvissä rakenteita, jotka liittyvät kyseiseen toimintaan. (Pyy ym. 2013)

ELY-keskukset ja niitä edeltäneet organisaatiot ovat selvittäneet maaperän tilaa isännättömissä ja kiireellisesti kunnostettavissa kohteissa. Yksityiset ovat teettäneet maaperätutkimuksia kiinteistökauppoihin liittyen. Maankäytön muutosten myötä rakentamisen yhteydessä paljastuu paljon uusia pilaantuneita alueita, joita selvitetään ja puhdistetaan. Toimintojen historiaa ja sijainteja tarkennetaan tarvittaessa mm. vanhoja ilmakuvia apuna käyttäen.

Tietojärjestelmän käyttöönoton yhteydessä lähetettiin kaikille tietojärjestelmään merkittyjen kiinteistöjen omistajille kirje, jossa kerrottiin, mitä tietoja tietojärjestelmään on kohteesta tallennettu ja pyydettiin heitä tarkistamaan omaa kiinteistöään koskevat tiedot.

Tietojen saatavuus

Kunnilla on katseluoikeus Maaperän tilan tietojärjestelmään. Yksityiset tiedontarvitsijat saavat pyytäessään tietoja käyttöönsä. Yksittäistä kohdetta koskevat tiedot ovat nykyisin saatavissa Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksilta (ELY-keskuksista), Helsingissä kaupungin ympäristökeskukselta ja Turussa kaupungin ympäristönsuojelun tulosalueelta sekä valtakunnallista tilastotietoa Suomen ympäristökeskukselta.

Spatiaalisuus

Kohteet on tallennettu tietojärjestelmään pistemäisinä ja piste sijaitsee alueen keskipisteessä. Alueella sijaitsevat pilaavat prosessit voidaan merkitä erikseen pisteinä ja näyttää kartalla tarkemmin. Jos kohde ulottuu useamman kiinteistön alueelle, on kaikkien kohteeseen sisältyvien kiinteistöjen kiinteistönumerot ilmoitettu ja näiden kiinteistöjen rajat näkyvät tietojärjestelmän karttanäkymässä punaisena.

Maaperän tilan tietojärjestelmässä ei ole aluemaista tietoa maaperän pilaantumisesta, koska pilaantuneen alueen laajuus selviää vasta tutkimuksissa, joita tehdään usein suunniteltaessa alueen riskinhallintatoimia / puhdistusta. Pilaantunut alue voi olla osa yhdestä kiinteistöstä tai se voi kattaa useita kiinteistöjä. Jatkossa järjestelmään on tulossa mahdollisuus esittää toimintoja alueena.

Hyödynnettävyys

Tietojärjestelmän tietoja käytetään kohteiden kunnostuksen priorisointiin. Kohdekohtaisia tietoja maaperän tilasta voidaan kiinteistöjen myynti- ja vuokraustilanteissa käyttää ympäristönsuojelulain selontekovelvollisuuden täyttämiseen. Tietoja maaperässä mahdollisesti olevista, todetuista tai sinne jääneistä haitta-aineista tarvitaan maanrakennuksen yhteydessä. Tietojärjestelmän tietoja tarvitaan myös maankäytön suunnittelussa ja pohjavesialueiden suojelusuunnitelmissa. Tietoja käytetään raportoitaessa tietoja Euroopan ympäristöviraston pilaantuneiden maiden hallintaa koskevaa indikaattoria varten.

Tietojärjestelmän metatietokuvaus: <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/maaperan-tilan-tietojarjestelma-matti>

2.5.4 Suljetut ja hylätyt kaivannaisjätealueet

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Suomessa on ollut kaivostoimintaa jo keskiajalta lähtien ja lopetettuja sekä toimivia kaivoksia arvioidaan olevan yli tuhat. Kaivosten malmityyppi ja louhitut kivimäärät ovat vaihdelleet huomattavasti, mikä on vaikuttanut kaivosalueille sijoitettujen kaivannaisjätteiden aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Useita vanhoja kaivannaisjätealueita on suljettu tai hylätty aikanaan tavalla, joka aiheuttaa merkittävän ja pitkäaikaisen riskin alueen ympäristölle.

Vuonna 2006 voimaan tulleen kaivannaisjätedirektiivin (2006/21/EY) mukaan tuli käytöstä poistetut tai hylätyt vakavaa ympäristön pilaantumista tai ympäristölle mahdollista vaaraa aiheuttavat kaivannaisjätealueet luetteloida. Vuosina 2011–2013 kartoitettiin Suomen kaivannaisjätealueet direktiivin vaatimusten mukaisesti. Näitä alueita koskeva

tiedonkeruu ja kartoitustyö on kuvattu ”Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden kartoitus” -raportissa (Räisänen ym. 2013).

Kartoitustyössä keskityttiin kaivoslain alaisen toiminnan jätealueisiin, joten tarkastelun ulkopuolelle jäi maa-aineslain alainen toiminta (luonnonkivilouhinta, kivimurske- ja turvetuotanto). Lisäksi tarkastelun ulkopuolelle rajattiin toimivat metallimalmi-, teollisuusmineraali- ja vuolukivikaivokset, vaikka osalla niistä sijaitsee käytöstä poistettuja kaivannaisjätealueita.

Kartoituksessa tunnistettiin 37 kaivokselta yhteensä 53 kaivannaisjätealuetta, jotka voivat aiheuttaa vakavaa ympäristön pilaantumista tai mahdollista vaaraa ympäristölle. Yhdenkään arvioitun alueen ei nykyisessä muodossaan arvioitu aiheuttavan suuronttomuuden vaaraa. Jatkotoimenpiteitä vaativia kaivoskohteita tunnistettiin kaikkiaan 30 ja jätealueita 42.

Jatkotyössä (KAJAK II, Tornivaara ym. 2018) keskityttiin pääasiallisesti näiden 30 kaivoskohteen ja esille nousseiden kahden lisäkohteen nykytilan ja jatkotoimenpidetarpeiden selvittämiseen. KAJAK I ja II-hankkeiden tulosten perusteella ehdotettiin Suomen EU-kaivannaisjäteluettelosta poistettavaksi 12 kohdetta ja lisättäväksi yksi. Lisäksi katsottiin perustelluksi poistaa luettelosta ne kohteet, joilla ympäristöluvan mukaiset kunnostustoimenpiteet todetaan jälkitarkkailun jälkeen toimiviksi, tai jos kaivostoiminta aloitetaan uudelleen. Hankkeessa kaivosalueet ja niiden jätealueet jaoteltiin ympäristökuormituksen ja -vaikutusten perusteella neljään luokkaan, joille annettiin jatkotoimenpidesuosituksia.

Vuonna 2019 kansallista kaivannaisjäteluetteloa arvioitiin uudelleen ja kohteiden määrä väheni 40:stä 31:een. Kansallinen luettelo on päivitetty viimeksi tammikuussa 2020 ja tällä hetkellä luettelossa on 19 kohdetta, joilla on todettu jatkoselvitystarve ja joilla tulee tehdä tarkempia kohdetutkimuksia. Hankkeen toimenpano on keskitetty Pirkanmaan ELY-keskukselle, joka vastaa näiden kiireellisyysjärjestykseen asetettujen kohteiden riskien arvioimisesta sekä tarvittavista kunnostustoimista. Kohteilta, joiden ympäristö- ja terveysvaikutuksista ei ole olemassa riittävästi tietoa, kerätään ennen varsinaista selvitysvaihetta seurantatietoa. Tavoitteena on aloittaa kaikkien hankkeeseen kuuluvien kohteiden selvitykset vuoteen 2025 mennessä. Yksittäisen kohteen selvittäminen kestää arviolta kaksi vuotta Tällä hetkellä seurantatietoa kerätään 7 kohteelta, selvitysvaihe on meneillään 4 kohteella ja yksi kohde on kunnostettu. (Sanna Pyysing 2023; KAJAK-hanke 2023)

3 Kartat

3.1 Maaperäkartta

Timo Tarvainen, Geologian tutkimuskeskus

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartoitusaineistot ovat saatavana tuotteistetuinä numeerisina aineistoina hakku.gtk.fi-hakupalvelusta.

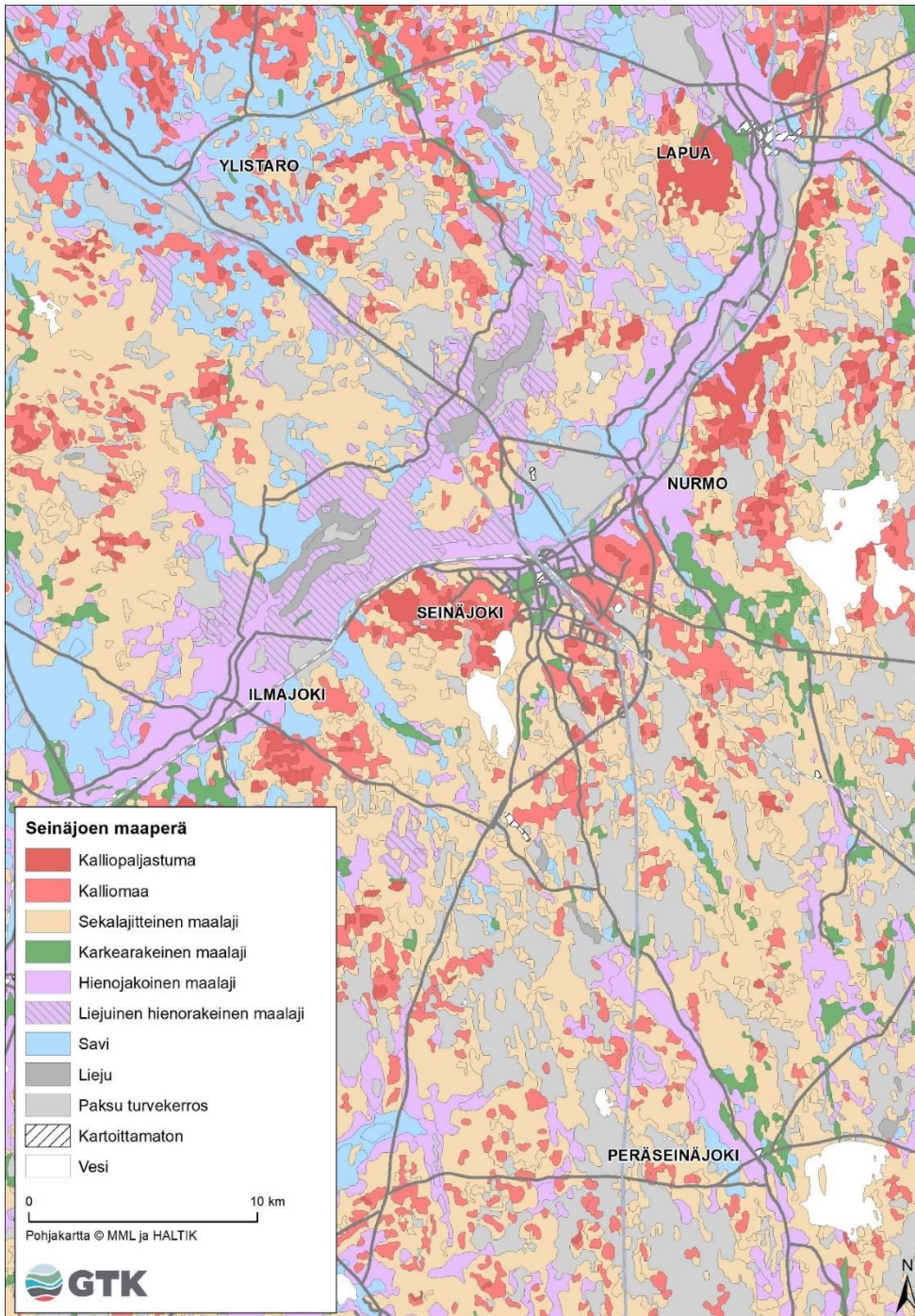
Maaperä 1:200 000 (maalajit) sisältää vuosien 2002–2009 aikana tuotettua aineistoa koko Suomen alueelta. Kartoitusmittakaava on ollut 1:50 000–1:200 000. Keskimittakaavaisen aineiston muodostamiseen on käytetty yleistettyä 1:20 000, 1:50 000 ja 1:100 000 maaperän peruskarttaa, ja 1:200 000 mittakaavaista uustuotantoa, joka perustuu tulkintaan ja maastokartoitukseen. Maalajikuvion minimikoko on yleensä noin 6 ha. Peittävä turvekerrostuma on kuvattu / luokiteltu uustuotannossa soistumana (0–0,3 m turvetta), ohuena turpeena (0,3–0,6 m turvetta) ja paksuna turpeena (yli 0,6 m turvetta). Suot, soistumat, kivikot ja avokalliot on lisätty uustuotantoon Maanmittauslaitoksen maastotietokannan vastaavista kuvioista yleistämällä. Tuote sisältää suomen- ja englanninkielisen kuvaustekniikan. Esimerkki aineistosta on kuvassa 15. Maaperä 1:200 000 -kartan tuottamiseen on käytetty aiempien maaperäkarttojen tietoja.

Pienimittakaavaisin aineisto maaperä 1:1 000 000 esittää maaperää syntyvän mukaan luokiteltuna geologisina kerrostumina. Kerrostumaluokkina kuvataan kallioperän paljastumia, syntyvaltaan erilaisia maaperäkerrostumia ja –muodostumia. Maalajikuvion minimikoko on yleensä 1 km². Kuviolla on esitetty alueen yleisin kerrostumatyyppi. Paikoin on otettu huomioon maaperän kannalta merkittävät neliökilometriä pienemmätkin kerrostumat. Ohjeellinen kuvion kapein kohta oli 0,5 km ja tärkeissä tapauksissa esim. harjuilla 0,3 km. Poikkeuksena pienien harjujen kokoa on liioiteltu. Tuote sisältää suomen- ja englanninkielisen kuvaustekniikan.

Tarkin laaja-alainen maaperäkartoitus on tehty mittakaavoissa 1:20 000 (Etelä-Suomi) ja 1:50 000 (Pohjois-Suomi). Maaperä 1:20 000 / 1:50 000 sisältää maankäytön suunnitteluun, maankamaran raaka-aineiden tutkimukseen ja inventointiin, ympäristönhoitoon ja tieteelliseen tutkimukseen tuotettua aineistoa. Aineisto kattaa Suomen pinta-alasta noin 37 %. Kartoitusmittakaava on pääsääntöisesti ollut 1:10 000. Aineistossa on esitetty pohjamaana 1 metrin syvyydessä oleva maalaji (muokattu RT-luokitus). Pohjamaakuvion minimikoko on yleensä 2 hehtaaria; poikkeuksena saaret, suo- ja peltoaarekkeet sekä geologisesti merkittävät kohteet. Pohjamaan päällä oleva 0,4–0,9 metrin paksuinen maakerros on kuvattu pintamaana. Pintamaan minimikuvio koko on yleensä 4 hehtaaria. Maalajien lisäksi aineistossa kuvataan eri tavoin syntyneitä geologisia maaperämuodostumia, kuten harjuja ja kumpumoreeneja. Muita kartoituskohteita, esimerkiksi dyynit ja muinaisrannat, on esitetty viivamaisina tietoina.

Joiltakin alueilta on olemassa Maaperä 1:100 000 -aineisto, joka esittää yleistäen maaperää osin geologisina jäätikköjoki- ja moreenimuodostumina, tuuli-, joki- ja rantakerrostumina sekä maalajialueina noin yhden metrin syvyydessä. Lisäksi on kuvattu kallioma-alueet, joiden pinnalla on alle metrin paksuinen maapeite. Maalajien laaja-alaisia peittäviä pintakerroksia on kuvattu päällemerkinnöillä. Peittävien maalajien paksuus oli

0,5–0,9 m, lukuun ottamatta turvekerrostumia, joissa se oli 0,3–0,5 m. Kartoituksen havainnoinnin ja kuvioiden paikkatarkkuus oli aina sidoksissa maastotyössä käytettävän aineiston tarkkuuteen. Vektorimuotoiset 1:100 000 maaperäkarttalehdet Etelä-Suomen alueelta täydentävät 1:20 000 maaperäkartoituksen jääneitä kartoittamattomia alueita.



Kuva 15. Esimerkki maaperäkartan aineistosta: Seinäjoen alueen maaperä. Kartta perustuu GTK:n digitaaliseen 1:200 000 -mittakaavaiseen maaperäaineistoon. Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus

Maaperäkartoitustuloksista on kehitetty myös INSPIRE GE Geologia / Geomorfologia (Maaperä 1:1 000 000) -tietotuote, joka on ladattavissa GTK:n hakku.gtk.fi-palvelusta. Tietotuote sisältää vektorimuodossa tiedon Suomen maaperästä luokiteltuna INSPIRE-direktiivin ja sen geologia - sovelluskeeman tietotuotemäärittelyn mukaisesti GML-formaatissa. Tietotuote pohjautuu Maaperä 1:1 000 000 -aineistoon. Abstrakti supertyyppi geomorfologia koostuu kahdesta geomorfologia teemasta; antropogeeninen geomorfologia (AnthropogenicGeomorphologicFeature) ja geomorfologia (NaturalGeomorphologicFeature). Maaperä 1:1 000 000 on geologisen syntyprosessin mukaisia kerrostumia tai muodostumia ja ne eivät sovi ao. antropogeeniseen luokitteluun. Tästä johtuen tuotteesta puuttuu antropogeeninen geomorfologia -tieto. Tietotuotteeseen tehtävät muutokset sisältöön sekä rakenteeseen ovat vielä mahdollisia, koska tietotuotteen ensimmäistä versiota edelleen kehitetään.

Toinen INSPIRE-määrittysten mukainen maaperää kuvaava tietotuote on INSPIRE GE Geologia / Geomorfologia (Maaperä 1:20 000 / 1:50 000). Tietotuote sisältää vektorimuodossa tiedon Suomen maaperästä luokiteltuna INSPIRE-direktiivin ja sen geologia - sovelluskeeman tietotuotemäärittelyn mukaisesti GML-formaatissa. Tietotuote pohjautuu Maaperä 1:20 000/1:50 000 -aineistoon. Abstrakti supertyyppi geomorfologia koostuu kahdesta geomorfologia teemasta; antropogeeninen geomorfologia (AnthropogenicGeomorphologicFeature) ja geomorfologia (NaturalGeomorphologicFeature). Tietotuotteeseen tehtävät muutokset sisältöön sekä rakenteeseen ovat vielä mahdollisia, koska tietotuotteen ensimmäistä versiota edelleen kehitetään.

Geologinen maaperäkartta-aineisto kuvastaa pääasiassa 1 metrin syvyydessä esiintyvää maalajia. Se ei suoraan kerro, minkälainen maannos on muodostunut maaperän pintaosaan mineraalien rapautumisen, maaperän läpi virtaavan veden, lämpötilavaihteluiden, kasvien ja eläinten aiheuttaman maaperän muokkauksen sekä maan pinnalla ja maassa hajoavan orgaanisen aineksen vaikutuksesta. Pinnan maalaji voi myös poiketa metrin syvyydellä kartoitetusta maalajista. Tarkimmissa 1:20 000 ja 1:50 000 -mittakaavan aineistoissa pohjamaan päällä oleva 0,4–0,9 metrin paksuinen maakerros on kuvattu pintamaana.

3.2 Maannoskartta

Timo Tarvainen, Geologian tutkimuskeskus

Suomen maannostietokannan ensimmäinen versio tehtiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT), Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) yhteishankkeessa "Maaperän informaatiojärjestelmä: maannostietokanta 1:250 000". Maaperätietokannan ja maannoskartan laadinta pohjautui EU:n komission alaisen Euroopan maaperätoimiston ohjeeseen ja koko maan kattava aineisto valmistui 2009. Työn pohjana käytettiin geologista maaperäkarttaa, jota täydennettiin muilla paikkatiedoilla. Esimerkiksi geofysikaalisten matalalentoaineistojen tulkinnan avulla voitiin rajata liejuiset alueet ja erottaa ohutturpeiset ja syvät suot toisistaan (Lilja

ym. 2017a). Maannoskartta tuotettiin siten, että pohjamaalajijainei-stoon yhdistettiin vai-heittain tiedot pintamaalajista ja määritettiin kansainvälisen luokituksen mukainen maannos pinta- ja pohjamaalajin välisen suhteen perusteella. Maannoskartta-aineiston pienin kuviokoko on 6,25 hehtaaria (maannoskokonaisuus). Nämä pienet karttakuviot yhdistettiin vähintään 150 hehtaarin suuruiseksi maannosmaisemiksi. Maalajien ja maannosten ominaisuustiedot koottiin tietokantaan hankkeeseen osallistuneiden orga-nisaatioiden tuottamasta aineistosta (Lilja ym. 2017a).

Tietokanta päivitettiin vuosina 2014–2016. Tietokannassa havaittuja puutteita korjattiin ja samalla tietokanta uudistettiin käyttämään WRB-2014 (World Reference Base for Soil Resources) maannosluokitusta. Suomessa esiintyy varmuudella seuraavia WRB-järjestelmän pääluokkia: Arenosols, Cambisols, Cryosols, Gleysols, Histosols, Leptosols, Luvisols, Phaeozems, Planosols, Podzols, Regosols, Stagnosols ja Umbrisols. Lisäksi Suomessa esiintyy todennäköisesti Fluvisols ja Retisols pääluokkiin kuuluvia maannoksia.

Liljan ym. (2017a) mukaan maannostietokannan tietosisältö voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) geometrinen ja 2) semanttinen ja 3) topologinen tieto. Geometrinen tieto liittyy kahteen kohteeseen, jotka ovat maaperän suuralue (soil region) ja maannosmaisema (soilscape). Näiden avulla kuvataan maaperäinformaation spatiaalinen sijainti ja geometrinen muoto. Hankkeessa käytetty maaperägeologinen lähtöaineisto mahdollis-taa geometriatiedon liittämisen myös maannoskokonaisuuteen (Soil Body). ESB:n oh-jeen mukaan toteutettavassa tietokannassa tätä ei vaadita, vaan vasta maannosmaise-makuvioihin liittyy myös geometriatieto. Maannoskokonaisuuksien geometriatiedon saatavuus on kuitenkin tarpeellinen tietokannan kansallisessa käytössä.

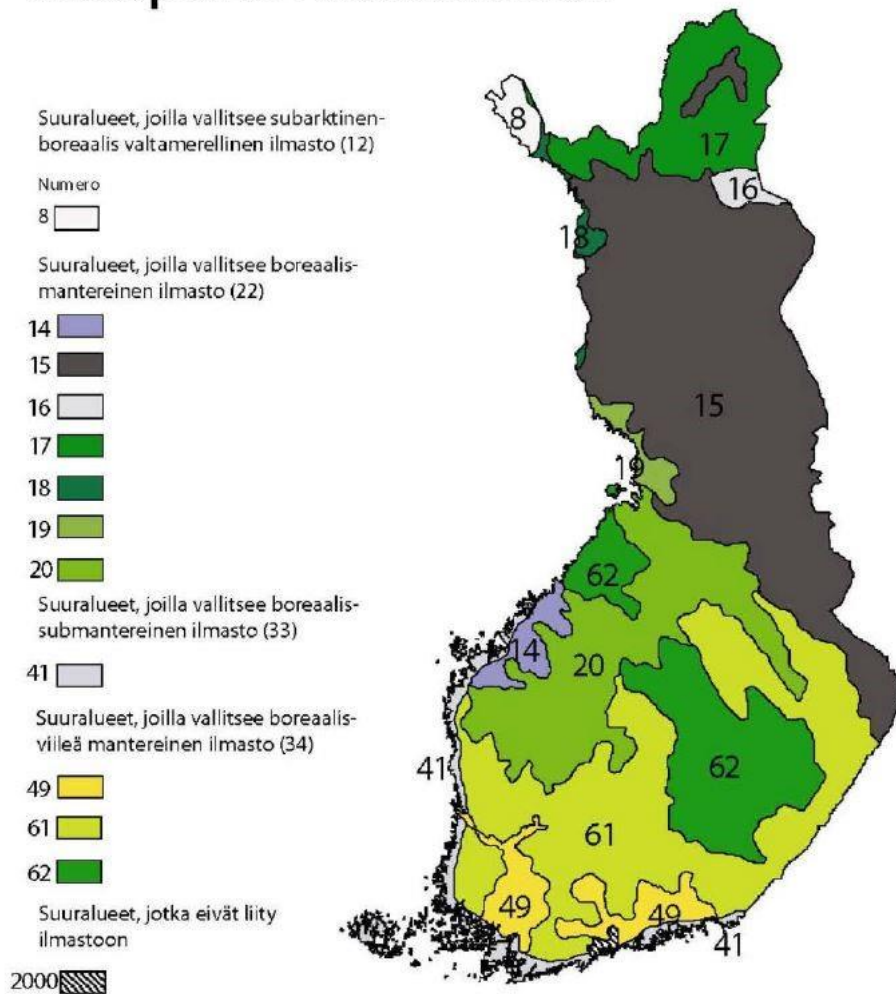
Semanttinen tieto on tyypillistä ominaisuustietoa eli ns. taulukkomuotoista tietoa. Se-manttinen ominaisuustieto tallennetaan kaikista tietokannan kohteista. Maahorison-teista (horizon) ja maannoskokonaisuuksista (Soil Body) tallennetaan erikseen mitattu ja estimoitu tieto. Maannoskokonaisuuksien (Soil Body) ominaisuustietojen avulla mää-ritetään maannosmaisemien (soilscape) ominaisuudet. Tietokannassa on tällä hetkellä vain arvioitua (estimoitua) ominaisuustietoa. Arviot on tehty mitattujen tulosten perus-teella.

Topologisen tiedon avulla tietokannan kohteiden välille voidaan muodostaa kuvailevia spatiaalisia riippuvuussuhteita. Topologisenä tietona tietokannassa kuvataan, miten maatyypit jakautuvat spatiaalisesti kussakin maalajimaisemassa. Topologinen tieto ei kuitenkaan ESB:n ohjeen mukaan ole pakollista tietokannassa.

Olennaista on kohteiden geometriaan ja sijaintiin perustuvat spatiaaliset ja loogiset riip-puvuussuhteet. Tieto riippuvuussuhteista tarvitaan maannoskokonaisuuksien (Soil Body) ja horisonttien (horizon) välille, maannosmaisemien (soilscape) ja maannosko-konaisuuksien (Soil Body) välille sekä maaperän suuralueiden (soil region) ja maan-nosmaisemien (soilscape) välille. Nämä loogiset riippuvuussuhteet on toteutettu tieto-kannassa viiteavainten avulla ja spatiaaliset riippuvuussuhteet voidaan hallita GIS-tek-niikalla.

Toisessa EUSO-foorumissa esitettiin, että maaperän tilaa voitaisiin seurata Soil Health District -alueilla (SHD). Jäsenvaltio määrittelisivät SHD-alueet. Alueiden raja-ehdo-tettiin perustuvan maannoskannan maaperän suuralueiden (Soil Regions, Kuva 16) aluejakoon ja toisaalta NUTS 2/3/4 aluejakoon, Suomessa lähinnä maakuntiin.

Maaperän suuralueet



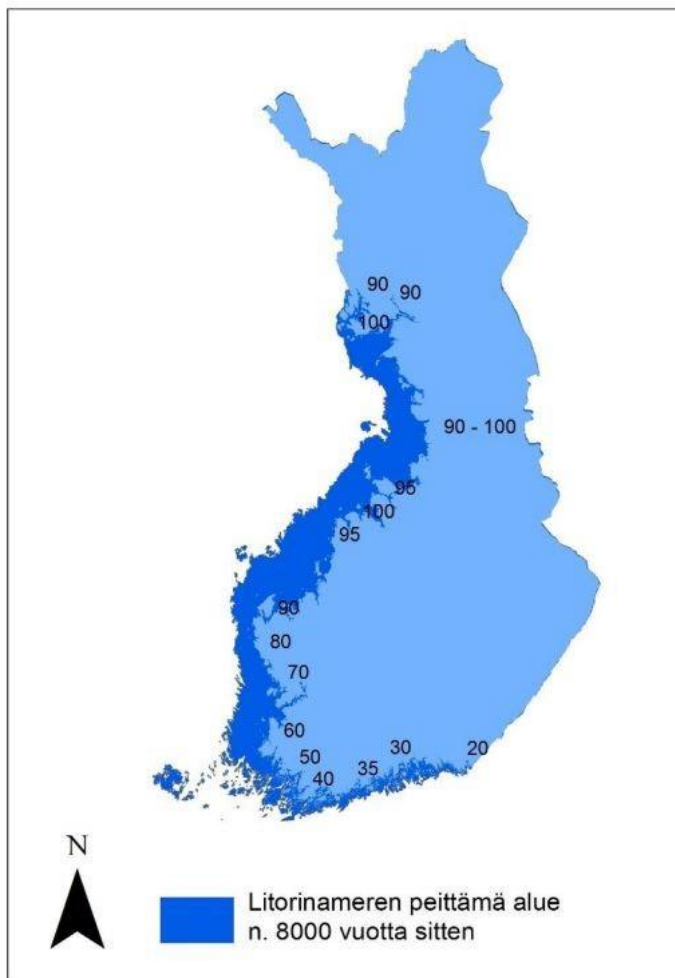
Kuva 1. Suomen maaperän suuralueet.

Kuva 16. Suomen maaperän suuralueet (Soil Regions). Kullekin suuralueelle 8–2000 on määritetty kaksi vallitsevaa maannostyyppiä sekä muut merkittävät maannokset ja vallitsevat lähtöainekset. Lähde: Lilja ym. (2017a).

3.3 Happamien sulfaattimaiden esiintyvyysskartta

Jaakko Auri, Geologian tutkimuskeskus

GTK:n happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen kartoitusalue kattaa karkeasti muinaisen Litorina-meren peittämän alueen, joka ulottuu ylimmillään noin 100 metriä nykyisen merenpinnan yläpuolelle (m mpy) ja on laajuudeltaan noin 50 000 km² (Kuva 17). Kartoituksen mukaan noin 19 % tästä oli hapanta sulfaattimaata (HaSu). Laajimmat sulfaattimaaesiintymät sijoituivat Kemijoen valuma-alueelle, Oulun ympäristöön, Pohjanmaan rannikolle sekä Kokemäenjoen valuma-alueelle. Etelä-Suomessa happamia sulfaattimaita on suhteellisesti vähemmän (Auri ym. 2022).



Kuva 17. Litorina-meren peittämä happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen alue (Auri ym. 2022). Karttaan on merkitty karkeasti Litorina-meren korkein rantataso (metreinä nykyisen merenpinnan yläpuolella, Ojala ym. 2013 mukaan).

GTK:n HaSu yleiskartoitus on pyritty tekemään mahdollisimman yhtenäisin menetelmin, samalla noudattaen ajantasaisia ja yleisesti hyväksytyjä happamien sulfaattimaiden tunnistus- ja luokituskriteerejä. Kartoituksen pitkästä kestästä johtuen (noin 10 vuotta), on kartoitusmenetelmiä kuitenkin muokattu ja kehitetty kartoituksesta kerty-

neen kokemuksen perusteella, jolloin ne ovat vastanneet paremmin muuttuneisiin tietotarpeisiin. Julkaistujen karttojen yhdenmukaisuutta ja vertailukelpoisuutta on pidetty työssä kuitenkin tärkeänä.

Tausta-aineistojen (maaperäkartat, aerogeofysiikan sähkönjohtavuusaineistot, turvetutkimusaineistot, maastokartat, laserkeilausaineistot ja korkeusmallit) perusteella suunniteltiin kartoituspisteiksi kutsuttuja kairauspisteitä. Yleiskartoituksen lähtökohtaisena tarkkuutena on ollut noin 1 kairauspiste / km² potentiaalisilla esiintymisalueilla. Kartoituspisteiden lisäksi tehtiin työssä alueellisia tyyppiprofiileja, joiden sijainti määritettiin kartoituspisteiden avulla niin, että niillä yksityiskohtaisemmin kuvattu ja analysoitu maaprofiili kuvaisi tyyppillistä maaperää alueella.

HaSu yleiskartoituksen laboratorioanalyysiin kuuluivat pH-inkubaatio, kuningasvesiliukoiset alkuainepitoisuudet ICP-OES -menetelmällä (sis. kokonaisrikkipitoisuus), hehkutushäviö (LOI) ja rakeisuusanalyysit. Alkuaineanalyysiä tehtiin systemaattisesti lähinnä tutkimuspisteiltä, joilta on analysoitu 5–15 näytettä / piste. Kartoituspisteiltä analyysiä on tehty epäsäännöllisemmin, lukuun ottamatta kartoituksen viimeisiä vuosia, jolloin alkuaineet analysoitiin joka 20. otetusta näytteestä. Hehkutushäviö (LOI)- ja rakeisuusanalyysiä on teetetty suhteellisen vähän ja epäsäännöllisesti. Niiden tarkoitus on ollut lähinnä tukea maalajien aistinvaraista tunnistamista maastossa (Auri ym. 2022). Osa analysoiduista näytteistä on lisätty myös GTK:n taustapitoisuudet-karttapalveluun. Taustapitoisuus-karttapalveluun valitut näytteet edustavat hapettumattoman kerroksen yläosaa, josta metallit eivät ole huuhtoutuneet pois happaman valumaveden mukana.

Tutkimus- ja kartoituspisteet on luokiteltu happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli jonkin näytteen maasto-pH on ollut alle 4,0, tai inkubaatio-pH alle 4,0 ja pH:n muutos on ollut vähintään 0,5 yksikköä (pois lukien turpeet). Nykyisin happamien sulfaattimaiden tutkimuksissa huomioidaan erikseen orgaaniset maalajit (turve ja lieju LOI>20 %) ja tunnistetaan myös lähellä happaman sulfaattimaan tunnistusrajaa olevat ns. pseudohappamat sulfaattimaat. Orgaanisessa HaSu-materiaalissa käytetään pH-kriteerinä arvoa 3,0. Pseudo HaSu:issa pH on mineraalimailla 4,0–4,5 ja orgaanisilla mailla 3,0–3,5, mutta ne voivat kuitenkin aiheuttaa ympäristöhaittoja, varsinkin hienorakeisissa materiaaleissa, esimerkiksi lisäämällä alumiinin liukoisuutta.

HaSu-yleiskartat on laadittu paikkatieto-ohjelmistossa (ArcMAP) asiantuntijatyönä hyödyntäen luokiteltuja tutkimus- ja kartoituspisteitä sekä GTK:n ja MML:n paikkatietoaineistoja. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen kuvataan kartoilla luokiteltuna neljään esiintymisen todennäköisyyden luokkaan (suuri, kohtalainen, pieni, hyvin pieni). Kunkin kartalla olevan alueen todennäköisyysluokan on piirtänyt ja määrittänyt asiantuntija yhdistäen tietoja edellä mainituista lähteistä. Moreenialueita ei ole rajattu kartoissa happamiksi sulfaattimaiksi, vaikka havaintopisteen näytteessä olisi moreeni tunnistettu HaSu-materiaaliksi. Kyseinen havaintopiste on kuitenkin luokiteltu kartalle happamaksi sulfaattimaaksi.

Yleiskartoituksen aineisto on tuotettu tietotuotteiksi avoimeen karttapalveluun (<https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>). Karttapalvelun lisäksi aineisto on käytettävissä rajapintapalveluiden kautta (WMS ja WFS) sekä ladattavissa Hakku.fi -palvelun kautta. Aineisto käsittää alumuotoisen tason, luokitellut tutkimus- ja kartoituspisteet, sekä tutkimuspisteisiin liittyvät pistekortit (Auri ym. 2022). HaSu-yleiskartat on tarkoitettu hyödynnettäväksi mittakaavassa 1:250 000, eli antamaan alueellinen yleiskuva happamien sulfaattimaiden esiintymisestä esimerkiksi valuma-alue- tai yleiskaavatasolla. Aineisto

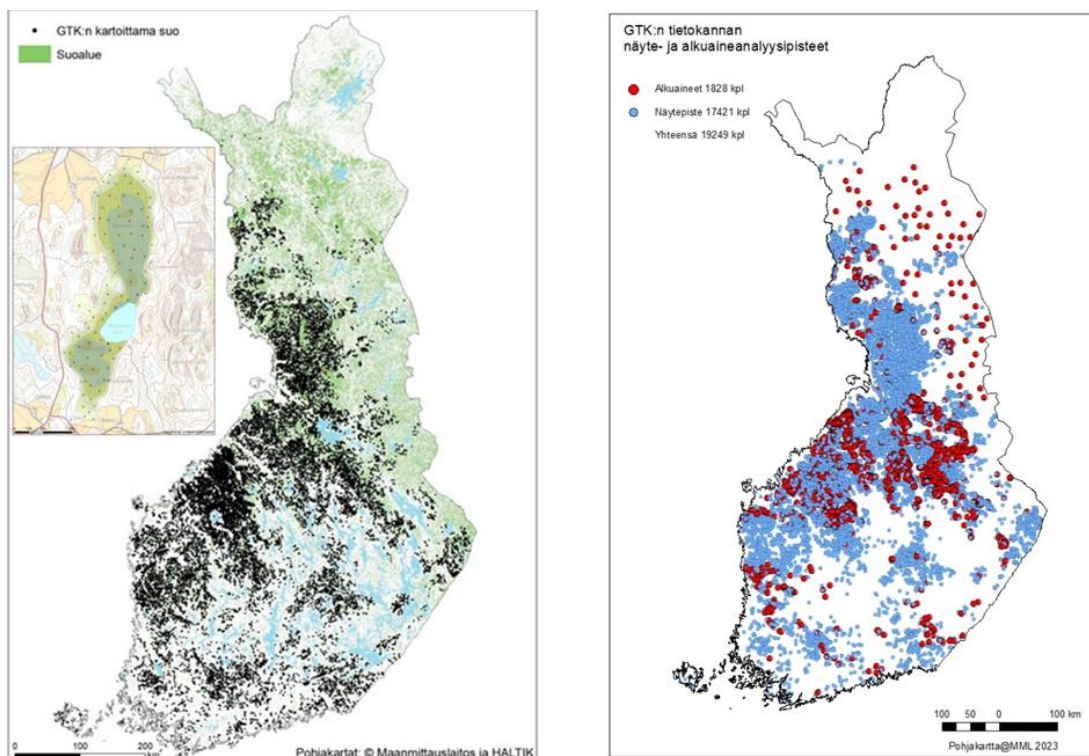
ei siis lähtökohtaisesti sovellu yksityiskohtaiseen (esim. kiinteistö) tarkasteluun. Poikkeuksena tähän ovat kartoituksen havaintopisteaineistot (tutkimus- ja kartoituspisteet), joiden sijainti on määritetty gps-tarkkuudella, ja joilla on todennettu tieto HaSu:n esiintymisestä. Tutkimustarve yksityiskohtaisemmissa hankkeissa on tyypillisesti ilmeinen, mikäli hankealue osuu yleiskartan mukaisille suuren tai kohtalaisen esiintymistodennäköisyyden alueille (Auri ym. 2022).

3.4 Orgaanisten maiden kartat, tietokannat ja MaaTi-projektissa tehty mallinnus

Jukka Turunen, Geologian tutkimuskeskus

Suomessa turvemaiden rooli on merkittävä, sillä ne kattavat noin 30 % maa-alasta ja sisältävät kaksi kolmasosaa suomalaisten ekosysteemien hiilivarastoista. Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tutkinut Suomen noin 5,1 milj. ha:n geologisesta (pinta-ala > 20 ha ja turvesyvyys > 30 cm) suoalasta noin 2,3 milj. ha (Kuva 18). Tietokannassa on tietoja noin 18 000 suosta, joilla on yhteensä 1,8 milj. tutkimus- ja syvyyspistettä. GTK:n turvetietokanta sisältää suokohtaisesti tiedot suotyypeistä, turvelajeista, maatumaisuudesta, turpeen laadusta ja määrästä sekä soiden turvekerrosten laboratoriotuloksista. Laboratorionäytteitä on otettu yli 19 000 näytepisteeltä (Kuva 18). Turvenäytteistä on määritetty mm. tuhka- ja vesipitoisuus, kuiva-ainemäärä, lämpöarvot sekä alkuainepitoisuuksia, kuten hiili-, typpi- ja rikkipitoisuudet. Kerätyn aineiston perustella on arvioitu tutkittujen soiden soveltuvuus eri maankäyttömuotoihin, kuten energia-, kasvu- ja ympäristöturvetuotantoon sekä suojelutarkoituksiin. Nämä tiedot on julkaistu kunta-kohtaisissa turvetutkimusraporteissa, jotka ovat saatavilla GTK:n Hakku-palvelussa (<https://hakku.gtk.fi/>).

Suo-, kunta- ja maakuntakohtaiset yhteenvedotiedot ovat löydettävissä GTK:n turvevarojen tilinpidossa (http://gtkdata.gtk.fi/Turvevarojen_tilinpito/index.html). Aineisto sisältää eri aluetasojille (maakunta, seutukunta, kunta) lasketut valmiit yhteenvedot soiden maankäytöstä ja turvevaroista sekä suokohtaisesti kohteen perustiedot ja tiedot turvevarapotentialista. Alueellisissa yhteenvedoissa on käytetty kokonaissuoalan, suojellun suoalan ja turvetuotannossa olevan suoalan osalta Maanmittauslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen aineistoja ja kartoitettujen turvevarojen osalta GTK:n tuottamia suokohtaisia aineistoja



Kuva 18. GTK:n kartoittama suoalue 2,3 milj. ha ja laboratorionäytteiden jakauma. Indeksikuva osoittaa esimerkin yksittäisen suoaltaan tutkimus- ja syvyyspisteverkosta sekä turpeen syvyysalueista.

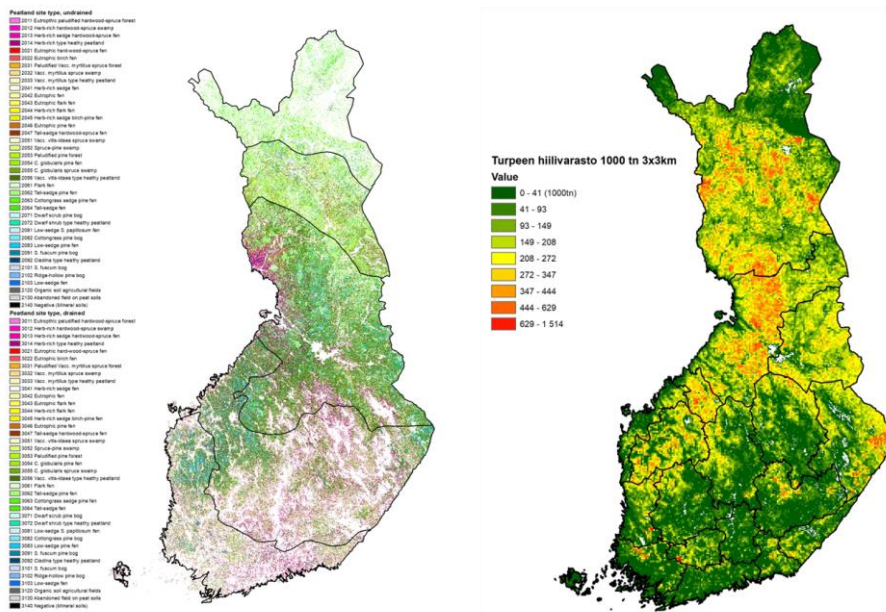
GTK:n turvetietokanta sisältää myös muita turvemaiden paikkatietoaineistoa, kuten soiden ulkorajat, pohjamaalajitiedot, turpeen syvyyskartat, suopinnan korkeudet, puustotiedot sekä soiden luonnontilaisuusluokat. Turvevarojen tilinpitopalveluun on määritetty myös soiden luonnontilaisuusluokka valtioneuvoston periaatepäätöksen taustaraportin mukaisella tavalla (Valtioneuvoston periaatepäätös 30.8.2012, Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi Työryhmämuistio, MMM 2011:1). Kartoitettujen soiden luokittelussa on käytetty hyväksi uusimpia paikkatieto-, ilmakuva- ja laserkeilausaineistoja sekä GTK:n pistehavaintojen antamaa informaatiota esimerkiksi suotyypistä, ojitustilasta ja puustosta. Luonnontilaisuusluokittelun loppuraportti on julkaistu ja yksityiskohtainen paikkatietoaineisto julkaistaan keväällä 2023 (Toivonen ym. 2022).

Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama 2-vuotinen 'Maaperätiedon kehittäminen'-yhteistyöprojekti (MaaTi, GTK, Luke, Helsingin yliopisto, Turun yliopisto) päättyi 2022. Projektin tavoitteena oli kehittää koko maata koskevaa maaperätietoa erityisesti turvemaille ja parantaa tiedon käytettävyyttä avoimeen dataan siirtymällä. Tutkimuksen osatavoitteina GTK:n osalta oli tuottaa valtakunnalliset paikkatietoaineistot koskien turvemaiden maankäyttömuotoa (ravinteisuustaso, suotyyppi ja ojitustilanne) sekä soiden hiilivarastoja (Kuva 19).

Projektissa kaukokartoitusaineistojen ja koneoppimismallinnuksen avulla yleistettiin maastossa havaitut turvemaiden suotyypit, ravinteisuusluokat ja maankäyttöluokat

koko maan kattavaksi tietokannaksi. Satelliittikaukokartoitusaineistoista testattiin Sentinel-1 tutka- ja Sentinel-2 optista aineistoa. Lentoaineistoista mukana olivat Maanmittauslaitoksen 0,5 pisteen laserkeilausaineistoon perustuvat maaston pintamalli ja kasvillisuuden korkeusmalli ja GTK:n matalalentoaineistot. Lisäksi mukaan otettiin Luken monilähteen VMI:n metsäkarta-aineistot. Maastohavaintoaineistot kerättiin GTK:n turveinventointi ja Luken VMI maastokoeala-aineistoista, sekä ilmakuvatulkinnasta. Maastohavaintoja käytettiin opetusaineistona, jolla Random Forest koneoppimisalgoritmi opetettiin tunnistamaan eri suotyypit kaukokartoitus- ja paikkatietoaineistoista.

Turvemaiden maaperän hiilivarastoja koskeva paikkatietoaineisto tuotettiin kahdella eri mittakaavatasolla ja alueellisella kattavuudella; 1) suoallaskohtainen ja 2) valtakunnallinen turpeen hiilivarasto –paikkatietoaineisto. Suoallaskohtainen aineisto tuotettiin GTK:n tutkimalle 2,3 milj. ha turvemaa-alalle. Alue kattaa turvemaa-alueet, joista on olemassa yksityiskohtainen maastokartoitus sekä laboratoriomääryksiä turpeen kuiva-ainemäärästä ja hiilipitoisuudesta. Valtakunnallinen, yleispiirteinen aineisto tuotettiin koko turvemaa-alalle, n. 8,9 milj. ha, perustuen GTK:n turvekartoitusaineistoon, laboratoriomääryksiin sekä Luken VMI-aineistoon. Turvemaa-alan rajauksena käytettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan turvemaa-alueita kuvaavia kohdeluokkia. Projektin tulokset ja niihin liittyvät avoimet datat julkaistaan 2023.



Kuva 19. Esimerkki MaaTi -yhteistyöprojektin (Maaperätiedon kehittäminen, MMM) tuottamista paikkatietoaineistoista. Vasemmalla on kaukokartoitusaineistojen ja koneoppimismallinnuksen avulla tuotetut turvemaiden suotyypit ja ravinteisuusluokat. Oikealla on turvemaiden maaperän hiilivarastoja koskeva paikkatietoaineisto. Punainen väri indikoi suurimpia hiilivarastoja.

3.4.1 Tarkennettu koko maan laajuinen kartta turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta

Jukka Turunen, Geologian tutkimuskeskus

Maatalousmaidien turvetieto (MaaTu) -hankkeessa (2021–2023) parannetaan turve-
maatietoa turvemaiden esiintymisen ja kerrospaksuuden osalta koko maassa hyödyn-
täen maalaji- ja turvepaksuushavaintoja, koneoppimismallinnusta ja kaukokartoitusai-
neistoja. Hankkeen tavoitteena on tuottaa tarkennettu turvemaa-aineisto, jonka poh-
jalta voidaan tunnistaa turvepeltolohkot riittävän luotettavasti, jotta niille voidaan koh-
dentaa tarkoituksenmukaisia ilmasto- ja ympäristötoimenpiteitä. Hankkeessa tuotettava
turvemaa-aineisto on kuitenkin maankäytöstä riippumaton ja se kattaa kaikki maa-alu-
eet 10 m x 50 m ruutukoon tarkkuudella ja sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi met-
sätaloudessa. Aineistossa kuvataan turvealueiden esiintyminen, turvekerroksen pak-
suus sekä malliennusteen epävarmuus. Tuotettavan aineiston on määrä valmistua lop-
puvuodesta 2023. Aineistolla ei ole vielä virallista nimeä.

3.5 Vesieroosiokartat

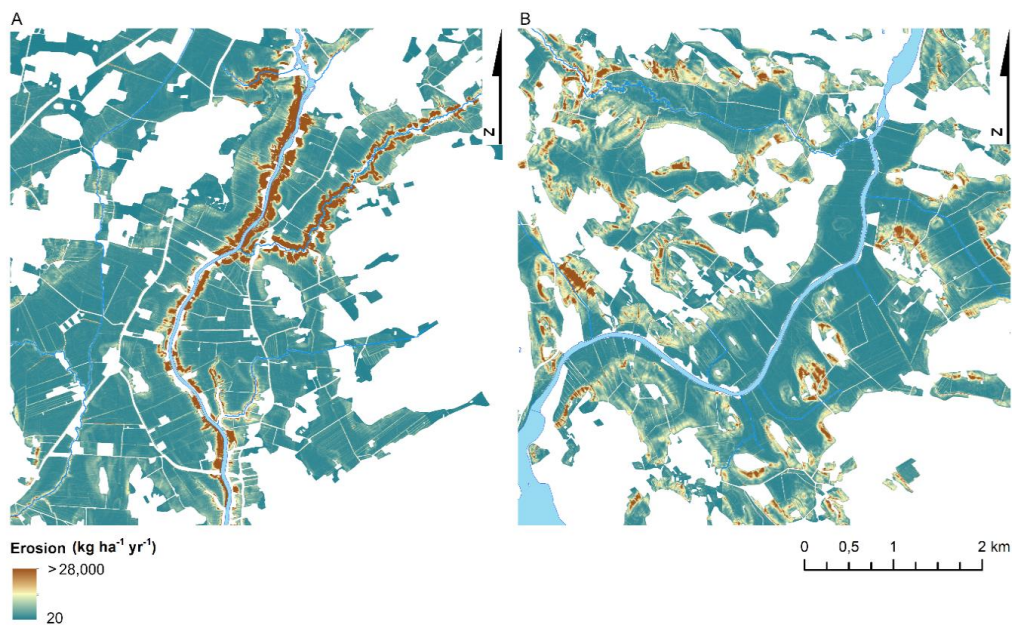
Timo Tarvainen, Geologian tutkimuskeskus; Timo Räsänen, Luonnonvarakeskus

Koko maan kattavaan maatalousmaidien vesieroosioaineistoon tähtäävä työ aloitettiin
MAPERO-hankkeessa 2010–2013 ja sitä jatkettiin MAPERO 2-hankkeessa 2014–
2017. Hankkeiden työ perustui eurooppalaiseen RUSLE2015-malliin (Panagos ym.
2015), jonka soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin arvioitiin kuuden koepellon eroo-
siomittauksia vasten (Lilja ym. 2017b). RUSLE2015-mallilla mallinnettiin myös muut
maa-alueet kuin maatalousmaat. MAPERO-hankkeissa saavutettiin noin 80 % alueelli-
nen kattavuus ja työn etenemiseen vaikutti maanmittauslaitoksen 2 m korkeusmallin
valmiusaste (Lilja ym. 2017c). Vesieroosioaineistojen tuotantoa jatkettiin Luonnonvara-
keskuksessa alkuperäisellä RUSLE-mallilla (Renard ym. 1997), joka on maailmanlaa-
juisesti eniten käytetyin eroosiomalli. RUSLE:n soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin ar-
vioitiin seitsemän koepellon eroosiomittauksia vasten (Räsänen ym. 2023). Mallin pa-
rametrisointia parannettiin ja sen ennustuskyky todettiin Suomessa samansuuntaiseksi
kuin mitä tieteellisessä kirjallisuudessa on esitetty muissa maissa tehdyissä tutkimuk-
sissa.

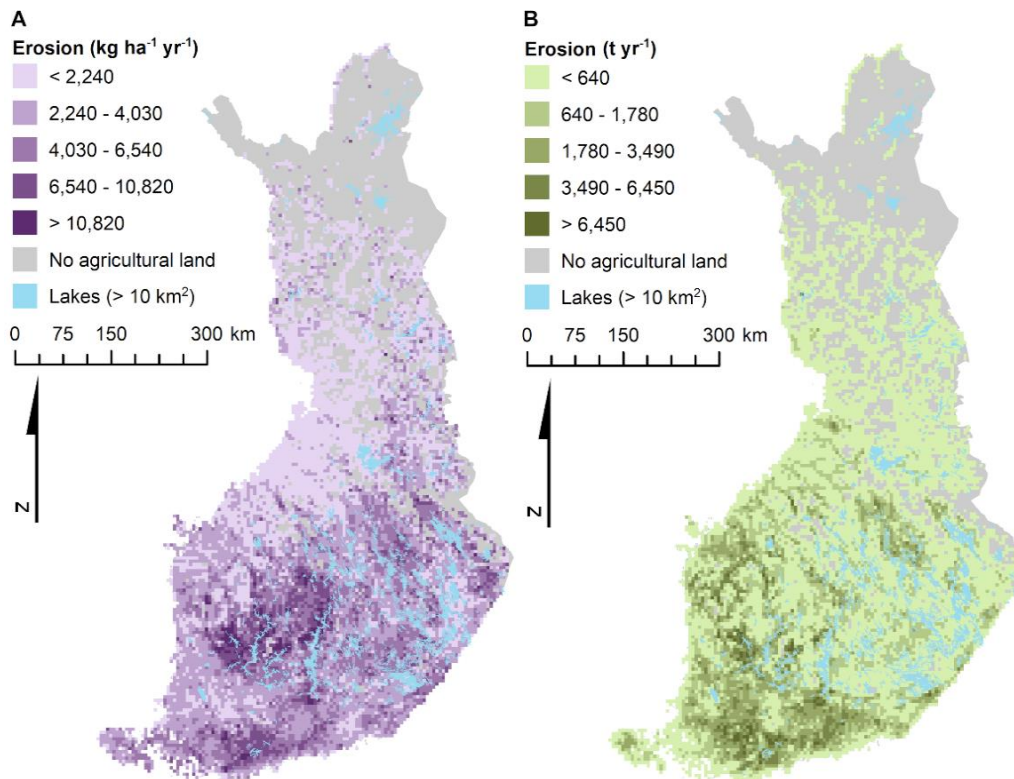
RUSLE-mallilla laskettiin uudet vesieroosioaineistot kaikille maa-alueille ja erikseen
maatalousmaille Ruokaviraston peltolohkokorekterin mukaan vuonna 2019 (Kuvat 20–
21, Luonnonvarakeskus ym. 2021; Luonnonvarakeskus ja Räsänen, T. 2021). Aineis-
tojen laskeminen erikseen paransi eroosioarvioita maatalousmailla vesien virtailun tar-
kemman huomioimisen vuoksi. Molempien aineistojen alueellinen kattavuus on 100 %
ja tarkkuus 2 m.

Aineistot ovat vapaasti ladattavissa CSC:n Paituli-palvelusta (<https://paituli.csc.fi>), joka
tarjoaa myös WMS-rajapinnan. Maatalousmaidien aineistojen pohjalta on laskettu kun-
takohtainen vesieroosiotilasto Ruokaviraston vuoden 2019 kasvulohkotietojen mukaan
(<https://www.luke.fi/fi/tilastot/indikaattorit>), sekä kehitetty verkkoselainpohjainen kartta-
palvelu (<https://luonnonvaratieto.luke.fi>). Tilaston mukaan peltomaiden vesieroosio oli
vuoden 2019 viljelytoimenpiteillä keskimäärin 430 kg/ha/v ja se vaihteli kunnittain välillä

90–1 280 kg/ha/v. Vesieroosioaineistoa hyödynnetään myös maatalouden ympäristötoimenpiteiden suunnittelussa, kuten suojavyöhykkeiden kohdentamisessa yhteistyössä maa- ja metsätalousministeriön ja Ruokaviraston kanssa.



Kuva 20. RUSLE-mallin mukainen vesieroosion (kg/ha/v; engl. kg/ha/yr) jakautuminen peltoilla A) Aurajoella ja B) Mustionjoella 2 m × 2 m ruutukoon tarkkuudella (Räsänen ym. 2023). Kuvassa pellot on asetettu keskenään vertailukelpoisiksi olettamalla niille avokesantomaiset olosuhteet, eikä mahdollista salaojitusta ole huomioitu, ja siksi kuvan eroosioluvut ovat todellisia viljelytilanteita suuremmat.



Kuva 21. RUSLE-mallin mukainen peltomaiden eroosioherkkyys A) kg/ha/v (engl. kg/ha/yr) ja B) t/v (engl. t/yr) koko maassa aggregoituna 5 km × 5 km ruutukoon tarkkuuteen (Räsänen ym. 2023). Kuvassa pellot on asetettu keskenään vertailukelpoisiksi olettamalla niille avokesanto-omaiset olosuhteet, eikä mahdollista salaojitusta ole huomioitu, ja siksi kuvan eroosioluvut ovat todellisia viljelytilanteita suuremmat.

3.6 Geologisesti arvokkaat kohteet (maaperä)

Geologiset tekijät vaikuttavat alueen ilmastoon, maisemaan, kasvillisuuteen ja edelleen alueen muuhun eliöstöön. Geologinen monimuotoisuus on biologisen monimuotoisuuden perusta ja siten tärkeä osa luonnon monimuotoisuutta. Geologisten piirteiden vaikutus elollisen luonnon monimuotoisuuteen on helposti ymmärrettävissä esimerkiksi kalkkia vaativan lajiston esiintymisenä kalkkikivialueilla, mutta yleensä yhteys on monimutkaisempi ja vaikeammin havaittava.

Geologisilla muodostumilla tarkoitetaan kallio- ja maaperässä olevia luonnon muodostumia ja rakenteita, jotka ovat syntyneet yleensä hyvin hitaiden erilaisten ja eri-ikäisten geologisten prosessien tuloksena. Geologisia muodostumia voidaan pitää ihmisen aikaskaalassa tarkasteltuina pysyvinä ja ainutkertaisina osina geologista kehityshistoriaa.

Geologisen monimuotoisuuden selvittämiseksi ja turvaamiseksi ympäristöhallinto on alan asiantuntijalaitosten kanssa inventoinut ja arvottanut geologisia muodostumia maassamme. Arvokkaat harjualueet on suojeltu valtioneuvoston periaatepäätöksellä vuonna 1984 harjusuojeluohjelmalla. Valtakunnallisia inventointeja on tehty 1990-luvulta lähtien luonnon ja maisemansuojelun kannalta arvokkaista kallioalueista, kallioperän pienkohteista, arvokkaista moreenimuodostumista, tuuli- ja rantakerrostumista sekä kivikoista.

3.6.1 Arvokkaat moreenimuodostumat

Jaana Jarva, Geologian tutkimuskeskus

Moreenimuodostumat ovat pääosin moreenista koostuvia kumpuja ja seläniteitä, jotka ovat keskimäärin 5–25 metriä korkeita. Ne erottuvat maanpinnan korkokuvassa itsenäisinä kohomuotoina. Muodostumat on jaetaan syntytapansa ja muotonsa perusteella selännemäisiin drumliineihin, kumpumoreeneihin ja reunamoreeneihin. Moreenimuodostumilla on erityistä merkitystä viimeisen jääkauden kehityshistorian eri vaiheiden tutkimusten kannalta. Niihin liittyy myös muita geologista monimuotoisuutta lisääviä tekijöitä, kuten rantamerkkejä, jäätikön sulamisvesien purkaus uomia sekä dyynejä ja siirtolohkareita. Lisäksi moreenimuodostumilla on sekä maisemallisia että elollisen luonnon arvoja. Moreenimuodostumien kasvipeite vaihtelee moreenialustan ravinteisuuden, kosteuden ja pinnanmuotojen mukaan. Muodostumilla on myös opetuksellista merkitystä ja ne ovat tärkeitä virkistys- ja ulkoilualueita. (Suomen ympäristökeskus 2022a & 2022b)

Selvitys moreenimuodostumien valtakunnallisesta inventoinnista valmistui vuonna 2007. Inventoinnin tekivät GTK ja SYKE ja sen yhteydessä muodostumat arvoitettiin geologisten, biologisten ja maisemallisten arvojen perusteella viiteen arvoluokkaan. Selvitykseen valittiin 2 500 kohdetta, joista 1 369 tarkistettiin maastossa. Valtakunnallisesti arvokkaiksi arvioitiin 607 moreenimuodostumaa, joiden yhteispinta-ala on noin 57 300 hehtaaria, mikä on noin 1,2 % Suomen moreenimuodostumien pinta-alasta. (Mäkinen ym. 2007)

SYKE paikkatiedot: <https://ckan.ymparisto.fi/fi/dataset/valtakunnallisesti-arvokkaat-moreenimuodostumat>

3.6.2 Tuuli- ja rantakerrostumat

Jaana Jarva, Geologian tutkimuskeskus

Tuuli- ja rantakerrostumat ovat syntyneet mannerjäätikön reunan perääntymisen jälkeen vaihtelevissa ympäristöissä erilaisten prosessien tuloksena. Tuuli- ja rantakerrostumat muodostavat merkittäviä geomorfologisia muotoja, joilla on luonnon- ja maisemansuojelullista, opetuksellista sekä virkistys- ja ulkoilukäyttöön liittyvää yleistä merkitystä. (Suomen ympäristökeskus 2022a & 2022b)

Luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen arvokkaita ovat luonnontilaiset hiekkarannat sekä rannikoiden hiekkadyynit. Lentohiekkakinoksia ja -valleja eli dyynejä esiin-

tyy meren rannikoilla ja sisämassa yleensä harjujen ja reunamuodostuminen yhteydessä. Tuulen kasaamat muodostumat ovat pääosaksi hienoa hiekkaa tai karkeaa hietaa. (Suomen ympäristökeskus 2022a)

Rantakerrostumia ovat mäkien laella ja rinteillä sijaitsevat kivi- ja lohkarepellot. Maankohoamisrannikoilla on laajoja hiekasta koostuvia rantavalleja. Lisäksi moreenin peittämällä kalliomäillä ja -vaaroilla voi näkyä huuhtoutumisraja. (Suomen ympäristökeskus 2022a)

Selvitys tuuli- ja rantakerrostumien valtakunnallisesta inventoinnista valmistui vuonna 2011. Inventoinnin tekivät GTK ja SYKE ja sen yhteydessä muodostumat arvoitettiin niiden geologisten, biologisten ja maisemallisten arvojen perusteella. Valtakunnallisesti arvokkaiden tuuli- ja rantakerrostumien yhteispinta-ala on noin 69 900 hehtaaria ja se käsittää yhteensä 165 dyyniä, 179 rantakerrostumaa sekä 73 tuuli- ja rantakerrostumien yhdistelmää. (Mäkinen ym. 2011)

SYKE paikkatiedot: <https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/valtakunnallisesti-arvokkaat-tuuli-ja-rantakerrostumat>

3.6.3 Luonnon ja maisemansuojelun kannalta arvokkaat kallioalueet

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Kallioiden luonnon- ja maisemansuojelullisten arvojen selvittämiseksi ympäristöministeriö käynnisti vuonna 1989 kallioalueiden valtakunnallisen inventoinnin maassamme. Entisen Vesi- ja ympäristöhallituksen (1991–1994) ja sittemmin Suomen ympäristökeskuksen (vuodesta 1995 lähtien) toteuttaman tutkimushankkeen aikana on maa-aineslain tarkoittamien valtakunnallisesti arvokkaiden kallioalueiden nykytilannetta selvitetty suurimmasta osasta maastamme (Suomen ympäristökeskus 2022b). Luonnon ja maisemansuojelun kannalta arvokkaiden kallioalueiden inventoinnin osatuloksia on julkaistu vuosina 1992–2015 lääni- ja maakuntakohtaisina raportteina. Kevään 2023 aikana valmistuu kallioalueinventoinnin tuloksista valtakunnallinen yhteenveto ja loppuraportti, johon kaikki inventointitiedot on koottu yhteen ja julkaisu korvaa vanhat vuosina 1992–2015 julkaistut alueelliset raportit.

Valtakunnallisesti arvokkaiden kallioalueiden loppuraporttiin on päivitetty vuosina 1992–2015 alueellisissa raporteissa julkaistujen valtakunnallisesti arvokkaiden kallioalueiden kohdekuvaukset vastaamaan nykytilannetta lukuun ottamatta viimeisimpiä uhanalaisten lajien tietoja. Samassa yhteydessä joitakin lähekkäisiä, kallioluonnoiltaan samankaltaisia kallioalueita on yhdistetty yhteisen KAO-tunnuksen alle, jolloin aikaisemmissa alueellisissa raporteissa erikseen kuvatuista kallioalueista on muodostettu yhteinen raja- ja yleiskuvaus. Kallioalueiden arvoluokkia ja yksittäisten tekijöiden arvoja on myös tarkistettu ja tarvittaessa muutettu.

Loppuraportin I-osassa esitellään inventoinnin tulokset ja valtakunnallisesti arvokkaihin kallioalueisiin (arvoluokat 1–4) sisältyviä geologisia, biologisia ja maisemallisia arvoja ja piirteitä sekä niiden alueellisia eroja. Valtakunnallisesti arvokkaiden kallioalueiden kohdekohtaiset tiedot karttarajauksineen on esitelty loppuraportin II-osassa.

Valtakunnallisessa inventoinnissa Ahvenanmaa, saaristoalueet ja Ylä-Lappi on jätetty inventoinnin ulkopuolelle.

Inventoinnissa kallioalueet on arvoitettu biologisten, geologisten ja maisemallisten arvonsa perusteella seitsemään erilaiseen arvoluokkaan. Luonnon- ja maisemansuojelun kannalta arvokkaimmat kallioalueet on arvoitettu arvoluokkiin 1–4 ja niillä on maainvoinlain 7 §:n tarkoittamaa valtakunnallista tai muutoin huomattavaa luonnonsuojelullista merkitystä.

Valtakunnallisesti arvokkaiden kallioalueiden inventointiaineisto (arvoluokat 1–4) käsittää yhteensä 1 286 erillistä vaihtelevan laajuista kallioaluetta, joiden yhteispinta-ala on noin 137 000 hehtaaria.

Syken paikkatiedot: <https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/valtakunnallisesti-arvokkaat-kallioalueet>

3.6.4 Valtakunnallisesti arvokkaat kivikot

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Kivikoiden valtakunnallisen inventoinnin tavoitteena oli saada kattava kuva erityyppisistä arvokkaista kivikkomuodostumista ja tuottaa niistä yhtenäinen luonnontieteellinen luokitusaineisto (Suomen ympäristökeskus 2022b). Inventointi ulottuu Ahvenanmaata ja saaristoa lukuun ottamatta koko maahan.

Kivikko on kerrostumatyyppi, jonka aines koostuu pääasiassa kivistä ja lohkareista. Kivikoissa on yleensä myös jonkin verran soraa. Kivikoiden aineksen keskimääräinen koko vaihtelee jonkin verran sekä eri kivikkotyyppien että samaa kivikkotyyppiä edustavien kivikoiden välillä. Aineksen kokoon vaikuttavat kivilaji ja sen ominaisuudet, mm. rakoilu ja kulutuskestävyys sekä aineksen kulkeutumistapa ja kulumiseen kulunut aika. Suurimmat kivet ja lohkareet sijaitsevat tavallisesti kivikoiden pinnalla, ja aineksen koko pienenee alaspäin. Kivikkokerrostumien paksuus vaihtelee kiviaineksen koon ja kivikkotyypin mukaan. Suurista lohkareista koostuvat kivikot ovat paksumpia kuin pienistä kivistä koostuvat kivikot, ja rinteiden juurelle kerrostuneet kivikot ovat yleensä paksumpia kuin muut kivikot.

Kivikoilla on erilaisia syntytapoja. Ne voivat olla esimerkiksi Itämeren eri vaiheiden rantakerrostumin, virtaavan veden muodostamia kerrostumia, rapautumisen aikaan saamia muodostumia tai maastopainanteissa roudan nostamia kivikoita. Moreenialueilla esiintyy siirtolohkareita ja harvahkoa pintakivikkoa. Kumpumoreenimuodostumien pinnalla on usein hyvinkin runsasta pintakivikkoa. Kivikot muodostuvat usein kahdesta tai useammasta syntyavaltaan poikkeavasta osa-alueesta. Tällöin käytetään termiä kompleksinen kivikko.

Osa kivikkoihin kuuluvista merkittävimmistä Itämeren muinaisrantojen kivikkoisista ja lohkareisista rantakerrostumista arvoitettiin valtakunnallisen tuuli- ja rantakerrostumien inventoinnin yhteydessä, joten kivikkoinventoinnissa keskityttiin arviomaan pääasiassa geologiselta syntyavaltaan kaikkia muita kivikkotyyppisiä, joita ei ole aikaisemmissa inventointihankkeissa voitu ottaa riittävässä määrin huomioon.

Kivikot ovat inventoinnissa arvoitettu niiden geologisten, biologisten ja maisemallisten ominaisuuksien perusteella. Arvotukseen ovat vaikuttaneet myös kivikoiden luonnontilaisuus, kulttuurihistoriallinen arvo sekä niiden merkitys virkistyskäytölle ja vesihuololle.

Inventoinnissa käytiin läpi noin tuhat kivikkomuodostumaa, joista maastossa kartoitettiin tarkemmin 640 kivikkomuodostumaa. Inventoinnissa kivikoiden geologiset, biologiset ja maisemalliset tekijät pisteytettiin ja arvotuksen perusteella yhteensä 472 kivikkomuodostelmaa luokiteltiin valtakunnallisesti arvokkaiksi. Niiden yhteispinta-ala on 3 687 hehtaaria.

Valtakunnallisesti arvokkaita kivikoita esiintyy koko maassa, mutta ne keskittyvät selvästi Lappiin sekä Keski-Pohjanmaan ja Keski-Suomen maakuntiin. (Räisänen ym. 2019).

Syken paikkatiedot: <https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/valtakunnallisesti-arvokkaat-kivikot>

Uhanalaiset kallio- ja kivikkoluontotyypit

Koko maan pinta-alasta kalliopaljastumia on noin 2 % ja kivikoita 0.5 %. Näillä alueilla tavattavista luontotyypeistä uhanalaisia ovat kalkki- ja serpentiinikalliot, joiden pinta-ala on alle 1 % kaikista kallioalueista.

Erittäin uhanalaisia kallioluontotyyppijä ovat:

- merenrantakalkkikalliot sekä
- avoimet laakeat kalkkikalliot.

Vaarantuneiksi arvioitiin:

- järvenrantakalkkikalliot,
- valoisat ja varjoiset kalkkikalliojyrkänteet,
- laakeat serpentiinikalliot,
- karut sekä kalkkivaikutteiset serpentiinijyrkänteet,
- serpentiinikivikot ja -soraikot,
- kalkkivaikutteiset jyrkänteiden aluslohkareikot sekä
- kalkkisiirtolohkareet.

Etelä-Suomessa kaikki kalkkikallioiden luontotyypit arvioitiin uhanalaisiksi. Pohjois-Suomessa sen sijaan järvenrantakalkkikalliot katsottiin vaarantuneiksi ja muut kalkkikallioiden luontotyypit silmälläpidettäviksi tai puutteellisesti tunnetuiksi. Serpentiinikallioissa luontotyyppien enemmistö lukeutui uhanalaisiin niin Etelä- kuin Pohjois-Suomessakin.

Kalkki vähentää maaperän happamuutta ja saa muita ravinteita vapautumaan kasvien käyttöön. Kalkkikalliot ovatkin ravinteikkaita kasvualustoja, joilla elää runsaasti erikoistuneita lajeja.

Serpentiinikalliot ovat ultraemäksisiä ja niiden kasvillisuus on hyvin niukkaa. Serpentiinikallioilla elää mm. niin sanottuja serpentiinilajeja, jotka ovat erikoistuneet haastaviin olosuhteisiin. Kasvillisuuteen vaikuttavina tekijöinä on mainittu ultraemäksisissä kivissä oleva magnesiumin poikkeuksellisen runsas määrä suhteessa kalsiumiin, kromin ja nikkelin korkeat pitoisuudet ja tärkeiden ravinteiden, kuten typen, fosforin ja kaliumin, niukkuus. Serpentiinikalliot ovat Suomessa harvinaisia ja ne painottuvat Itä-Suomeen ja Keski-Lappiin

Kalkkikallioiden luontotyyppien uhanalaistumista ovat aiheuttaneet jo 1500-luvulta alkanut kalkin louhinta, rakentaminen, umpeenkasvu sekä metsien uudistamis- ja hoitotoimet. Serpentiinikallioiden merkittävimpiä uhanalaistumisen syitä ja uhkatekijöitä ovat metsätalous ja kaivannaistoiminta, joka liittyy sekä vuolukiven että malmien louhintaan. Metsätaloustoimet

eivät vaikuta itse kallioperään, vaan serpentiinikallioiden eliöyhteisöihin, kun hakkuut muuttavat kallioiden pienilmasto-oloja ja toisaalta tiheät taimikkovaiheet kiihdyttävät kallioiden umpeenkasvua.

Kalkkikallioilla umpeenkasvu etenee todennäköisesti lähitulevaisuudessakin, koska esiintymien hoitotoimet eivät ole riittäviä. Lisätaantumista aiheuttavat suojelemattomilla kohteilla myös rakentaminen sekä intensiivinen metsätalous. Myös serpentiinikalliot katsottiin kehityssuunnaltaan heikkeneviksi, vaikka taantuminen on keskimäärin lievempää ja luultavasti hitaampaa kuin kalkkikallioilla.

Lähde: Kontula & Raunio (toim.) 2018.

4 Raportoinnit

4.1 Maankäyttösektorilta raportoitavat tiedot kasvihuonekaasuinventaariossa

Tarja Silfver, Sofia Vikfors, Luonnonvarakeskus

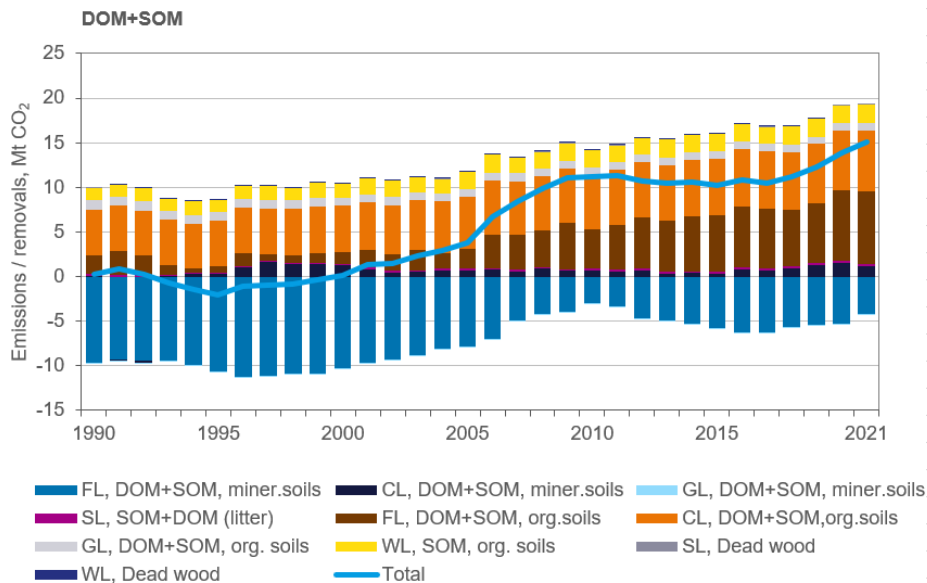
Maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat raportoidaan vuosittain EU:lle ja YK:lle osana kansallista kasvihuonekaasuinventariota, joka kattaa päästö- ja poistumatiedot vuodesta 1990 eteenpäin (Tilastokeskus 2023). Maankäyttösektorilta raportoidaan hiilivarastojen muutoksista aiheutuvat hiilidioksidin päästö- ja poistumatiedot maankäyttöluokissa metsämaa, viljelysmaa, ruohikkoalueet, kosteikot, rakennetut alueet ja muu maa. Raportoinnissa seurataan erikseen maankäyttöluokassa pysyneitä ja maankäytön muutosalueita. Siirtymä muutosalueesta maankäyttöluokassa pysyneeksi tehdään, kun muutoksesta on kulunut 20 vuotta. Puutuotteiden hiilivarastojen muutokset raportoidaan omassa luokassaan. Hiilivarastojen muutoksia seurataan maankäyttöluokissa erikseen maanpäällisessä ja maanalaisessa biomassassa, kuolleessa puuaineessa, karikkeessa ja maaperässä. Lisäksi maankäyttösektorin kasvihuonekaasuinventaariossa raportoidaan metsälannoituksesta ja maankäytön muutoksista aiheutuvat dityppioksidin päästöt, ojitettujen metsämaiden ja turvetuotantoalueiden metaanin ja dityppioksidin päästöt, muiden ei luonnontilaisten kosteikoiden metaanin päästöt sekä maastopalojen, metsäkulutuksen ja ennallistamispoltojen hiilidioksidin, metaanin ja dityppioksidin päästöt. Viljelysmaidien ja ruohikkoalueiden maaperän dityppioksidipäästöt raportoidaan maataloussektorilla.

Kasvihuonekaasuinventaariossa maankäytön ja maankäytön muutosten pinta-aloja seurataan koko maan alueella, mutta päästöt ja poistumat raportoidaan vain niiltä alueilta, joiden katsotaan olevan ihmistoiminnan vaikutuspiirissä. Tähän kuuluu Suomessa kaikki metsät, viljelysmaat ja ruohikkoalueet, sekä kosteikkoluokassa turvetuotantoalueet, tekoaltaat, kosteikoksi muuttuneet alueet ja sellaiset alueet, joiden pohjaveden pintaa on keinotekoisesti muutettu. Luonnonvesien ja muiden kosteikoiden ei katsota olevan ihmisen toiminnan vaikutuspiirissä. Rakennetun maan ja muun maan päästöt ja poistumat raportoidaan vain, jos maankäytössä on tapahtunut muutos viimeisen 20 vuoden aikana. Päästöjen ja poistumien laskelmissa noudetaan hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) menetelmäohjeita (IPCC 2006).

Maankäyttöä ja maankäytön muutoksia seurataan otantaan perustuvalla valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) koealaverkolla, joka nimestään huolimatta kattaa kaikki maaluokat koko maassa. Mitatuilta koealoilta saadaan pinta-alatietojen lisäksi tietoa maannostyyppistä, puuston määrästä ja kasvusta sekä tehdyistä toimenpiteistä. Pelloille tai hakamaana käytettäville ruohikkoalueille ei mennä tekemään mittauksia vaan niiden maannostyyppi selvitetään maannostietokannan ja peltolohkorekisterin tietoja yhdistelemällä. Maankäytön muutosten havaitsemisessa VMI-tietoja tukevat paikkatiedot, kuten ilma- ja satelliittikuvat.

Maaperän hiilivaraston muutoksia seurataan erikseen kivennäismailla ja orgaanisilla mailla (Kuva 22). Kivennäismaiden hiilivaraston muutoksia arvioidaan pääasiassa

maaperän hiilimallilla Yasso07, kun taas orgaanisten maiden osalta käytetään päästökertoimia. Käytetyn mallin seurauksena kuolleen puun, karikkeen ja maaperän hiilivarastojen muutokset raportoidaan yhdistettynä arviona kivennäismaille. Nämä hiilivarastomuutokset raportoidaan yhdistettynä arvoina myös ojitetuille turvemaametsille. Maaperän hiilivaraston muutokset arvioidaan erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle.



Kuva 22. Päästöt (positiivinen luku) ja poistumat (negatiivinen luku) maaperän hiilivaraston muutoksista (DOM = karike ja kuollut puu, SOM = maaperän orgaaninen aines) maankäyttöluokittain kasvihuonekaasuinventaarion mukaan, miljoonaa hiilidioksidiekvivalentttonnia (FL = metsämaa, CL = viljelysmaa, GL = ruohikkoalueet, WL = kosteikot, SL = rakennettu maa). Kuva: Tilastokeskus 2023.

4.2 Aavikoitumissopimuksen raportointi

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

YK:n aavikoitumissopimus on yksi Rion YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa laadituista kolmesta ympäristösopimuksesta ja se osaltaan edistää myös kestävä kehityksen tavoitteiden toimeenpanoa. Aavikoitumissopimus hyväksyttiin vuonna 1994 ja Suomi sitoutui sopimukseen 1996.

Sopimuksen tavoitteena on kaikilla tasoilla estää aavikoituminen ja lieventää kuivuuden vaikutuksia vakavasta kuivuudesta ja/tai aavikoitumisesta kärsivissä maissa kansallisilla toimintaohjelmilla, erityisesti Afrikassa ja tukea tätä toimintaa kansainvälisillä yhteistyö- ja kumppanuusjärjestelyillä. Aavikoitumisesta kärsivillä alueilla pyritään saman aikaisesti maan tuottavuuden parantamiseen sekä maa- ja vesivarojen ennalleen saattamiseen, suojelemiseen ja kestäväan hoitoon, mikä puolestaan parantaa elinolo-

suhteita. Aavikoitumissopimus yhdistää kestävän maankäytön sekä ympäristö- ja kehityskysymykset. Vuonna 2015 tavoitteeksi otettiin se, että yhdenkään osapuolimaan maaperä ei köyhy enää ollenkaan (land degradation neutrality).

Sopimuksessa on kahdenlaisia osapuolia, aavikoitumisesta kärsivät ja kehittyneet sopimusvaltiot, joilla on erilaiset velvoitteet.

Vuodesta 2018 alkaen sopimuksen osapuolet raportoivat säännöllisesti toimeenpanon toteutumisesta sopimuksen sihteeristölle: ajantasainen tieto toteutuneista toimenpiteistä, saavutetuista tuloksista ja toimeenpanon vaikeuksista. Näiden tietojen pohjalta osapuolikokous voi tehdä päätöksiä ja antaa ohjeita tukemaan strategisten tavoitteiden saavuttamista. Vuodesta 2018 lähtien aavikoitumissopimuksen sihteeristö valvoo kestävän kehityksen tavoitteen 15.3.1 toteutumista ja sen tulee käyttää aavikoitumissopimuksen kansallisten raporttien tietoja kyseisen tavoitteen toteutumisen seurantaan ja selontekoon kestävän kehityksen korkeantason politiikka foorumille.

Suomen raportointi on vapaaehtoista. Suomen kehittyneenä sopimusvaltiona tulee raportoida tietoja seuraaviin indikaattoreihin:

- Maanpeitteen muutossuunnat
- Maan tuottavuuden muutossuunnat tai maan toiminta
- Maanpäällisten ja -alaisten hiilivarastojen muutossuunnat
- Kuinka suuri osuus kokonaismaapinta-alasta on tuottokyvyltään heikentyntä
- Kahden- ja monenväliset julkiset resurssit kehityksen tukemisessa
- Kotimaiset julkiset resurssit

Vapaaehtoisia:

- Kansainväliset ja kotimaiset yksityiset resurssit
- Teknologian siirto
- Tulevat tukitoimet liittyen sopimuksen toimeenpanoon

Ulkoministeriö on raportoivat taho ja se on vastannut raportoinnissa aavikoitumissopimuksen toimeenpanoa tukevien toimenpiteiden raportoinnista. Vuoden 2022 raportoinnissa Suomea koskevien tietojen raportoinnista vastasi maa- ja metsätalousministeriö. Tämä kuvaus koskee tietojen tuottamista maanpeitteen muutossuuntien, maantuottavuuden muutosten, hiilivarastojen muutossuuntien indikaattoreihin sekä tuottokyvyltään heikentyneen maa-alueen osuuden laskemista kokonaismaapinta-alasta.

Raportointi tehdään selainpohjaiseen lomakkeeseen, johon esitetyt tiedot globaaleista tietolähteistä. Raportoinnin tueksi on olemassa Good practice guidance -SDG Indicator 15.3.1 Proportion of land that is degraded over total land area. Version 2. (Sims ym. 2021). Tämän yli satasivuinen oppaan on tarkoitus neuvoa osapuolia, miten tulisi laskea tuottokyvyltään heikentyneen maa-alan osuus kokonaisuudesta ja sen alaindikaattorit: maanpeitteen muutossuunnat, maantuottavuuden muutossuunnat ja maanpääallisten ja -alaisten hiilivarastojen muutokset. Indikaattoreiden tarkastelussa käytetään yksi ulos-kaikki ulos -periaatetta, mikä tarkoittaa sitä, että jos yksi alaindikaattoreista osoittaa merkittävää vähenemistä tai kielteistä kehityssuuntaa, kokonaisindikaattorin arvoksi tulee heikentynyt. Indikaattorin arvo alueelle voi olla vain heikentynyt tai ei. Alueen koko ilmoitetaan hehtaareina ja heikentyneiden alueiden osuutena kokonaispinta-alasta. Raportoinnin perustilajaksena käytetään vuoden 2015 tietoja ja jonkin, valitun vuoden tietoja aikaväliltä 2000–2014. Vuonna 2022 raportoitavana ajanjaksona olivat vuodet 2016-2019.

Indikaattori 1 Maanpeitteen muutossuunnat

Maanpeitteen muutossuuntaa tarkastelevaa indikaattoria varten tarvitaan tietoa kokonaisuuspinta-alasta, vesistöjen pinta-alasta ja valtion koko pinta-alasta.

Keskeinen on maanpeiteluokkien välisiä muutoksia tarkasteleva matriisi, josta esimerkki taulukossa 9. Taulukkoa varten tarvitaan kansallinen maanpeiteluokittelu. Lomakkeella kysytään, mitkä ovat keskeiset maanpeiteluokkien väliset muutokset.

Taulukko 9. Esimerkki maanpeiteluokkien välisten muutosten tarkastelusta (-=heikentyminen, punainen, 0=ei muutosta, keltainen. +=parannus, vihreä).

Alku-peräinen / Lopullinen	Metsä	Nurmet	Pellot	Kosteikot	Turvetuotantoalueet	Rakennetut alueet	Muut alueet	Vesistöt
Metsät	0	-	-	0	-	-		
Nurmet	+	0	-	+	-	-		
Pellot	+	+	0	+	-	-		
Kosteikot	-	-	-	0	-	-		

Turvetuotantoalueet	+	+	+	+	0	-	
Rakennetut alueet	+	+	+	+		0	0
Muut alueet	+					-	0
Vesistöt							0

Tulee raportoida vuosittaiset metsien, nurmien, peltojen, kosteikkojen, turvetuotantoalueiden, rakennettujen alueiden, muiden alueiden ja vesistöjen pinta-alat neliökilometreinä.

Tämän jälkeen kysytään kansallista arviota maanpeiteluokkien välillä tapahtuneista pinta-alamuutoksista perustila-aikajaksolla. Tämä jälkeen tulee laskea pinta-alamuutokset raportointiajanjaksolta.

Lopuksi kysytään kansallisia arvioita minkä verran perustila-ajanjaksolla on maa-alueita, joiden maanpeite on heikentynyt edellä esitellyn matriisin mukaisesti. Tieto tulee ilmoittaa neliökilometreinä ja prosenttiosuutena kokonaismaa-alasta. Vastaavat tiedot tulee ilmoittaa raportoitavalta ajanjaksolta.

Suomen kommentteina tähän indikaattoriin todettiin, että kosteikko -luokka pitää jakaa turvetuotantoalueisiin ja muihin kosteikoihin. Matriisitaulukkoon oli lisätty muiden alueiden muuttuminen metsäksi ja tämä muutos oli katsottu parannukseksi.

Indikaattori 2 Muutokset maan tuottavuudessa

Ensimmäisenä kysytään perustila-ajanjaksolta, minkä suuruinen ala (km²) metsistä, nurmista, pelloista, kosteikoista, rakennetuista alueista, muista alueista ja vesistöistä on heikentynyt, kohtalaisesti heikentynyt, räsitetty (stressed), vakaa, kasvanut (increasing) ja minkä verran on alueita, joista ei ole tietoa. Samat tiedot tulee kertoa raportointiajanjaksolta. Increasing -termin tilalla voisi sopia paremmin improving.

Tämän jälkeen tulee kertoa perustila-ajanjaksolta, minkä suuruisia pinta-alamuutoksia (km²) on tapahtunut seuraavien luokkien välillä: kosteikot – metsät, metsät – pellot, nurmet – metsät ja metsät – kosteikot. Tästä pinta-alasta tulee vielä eritellä, kuinka

paljon on heikentynyt, kohtalaisesti heikentynyt, rasitettu (stressed), vakaa, kasvanut (increasing) ja sen jälkeen tulee tehdä vastaava tarkastelu raportoivalle ajanjaksolle.

Lopuksi kysytään kansallisia arvioita maa-aloista (km²), joiden tuottavuus on perustila-ajanjaksolla heikentynyt, ei-heikentynyt (non-degraded) ja niistä alueista, joiden tuottavuudesta ei ole tietoa. Raportointiajanjaksolla pitää kertoa pinta-alat alueista, joiden tuottavuus perustila-ajanjakson tietoihin verrattuna on parantunut, pysynyt samana, huonontunut ja minkä verran on alueita, joiden tuottavuudesta ei ole tietoa.

Tämän indikaattorin osalta oli kommentoitu, että esitetyt tiedot eivät vastanneet valtakunnallisen metsäinventoinnin tuloksia, joissa metsän tuottavuus on ollut vakaa. Suomen kommenteissa on todettu, että vaikuttaisi siltä, ettei kyseinen tietoaineisto anna oikeaa kuvaa boreaalisista metsistä, joissa tehdään harvennus- ja päätehakkuita, vaan arvioi liian suureksi tuottavuudeltaan huonontuneiden alueiden pinta-alan.

Indikaattori 3 Muutokset hiilivarastoissa

Hiilivarastojen osalta ensimmäiseksi lomakkeessa kysytään kansallisia arvioita pinta-maan (0–30 cm) hiilivaraston suuruudesta eri maanpeite luokissa (t/ha): metsät, nurmet, pellot, kosteikot, rakennetut alueet, muut alueet, vesistöt. Jos ei käyttänyt oletusarvoista tietoa, niin tuli täsmentää käyttikö muokattua laskutapaa, maakohtaista tietoa vai monimutkaisempaa laskentaa, joka sisältää mitattua tietoa ja mallinnusta.

Tämän jälkeen kysyttiin arviota maaperän hiilivaraston muutoksesta perustila-ajanjaksolla seuraavien maanpeiteluokkien muutoksien seurauksena: kosteikot – metsät, metsät – nurmet, metsät – kosteikot, metsät – pellot. Tuli raportoida muutoksen netto-pinta-ala, alkuperäinen ja lopullinen hiilivarasto (t/ha) sekä alkuperäinen ja lopullinen kokonaishiilivarasto (t). Vastaavat arviot tuli raportoida raportointijaksolle.

Perustilajaksolle tuli esittää arvio maa-alueiden pinta-alasta, joilla hiilivarasto on heikentynyt, ei ole heikentynyt ja alueet, joilta ei ole tietoa. Tuli vielä kertoa alueiden pinta-alan osuus kokonaispinta-alasta. Vastaavat tiedot tuli kertoa raportointiajanjaksolta.

Tämän jälkeen kysytään kansallisia arvioita heikentyneiden alueiden kokonaispinta-alasta ja niiden prosenttiosuutta koko maan pinta-alasta.

Lopuksi vielä oli kysymyksiä siitä, mitä laskentamenetelmää käytti, miten luotettavaksi arvioi tiedon, mitkä olivat ongelmapaikkoja ja mitkä valopilkkuja.

Indikaattori kolmen osalta Suomen kommenteissa esitettiin, että kasvihuonekaasuintentaarion ja aavikoitumissopimuksen termien tulisi olla yhdenmukaiset ja niin paljon kuin mahdollista myös indikaattoreiden. Suomen osalta oli kerrottu, että maaperä on nuorta. Maaperän hiilen hajoaminen ja haihtuminen hiilidioksidina ilmaan ei ole tuottavuuden kannalta ongelma, vaikka se on ilmastonmuutoksen kannalta relevantti.

Suomen yleisissä kommenteissa oli kerrottu pilaantuneista maa-alueista sekä Metso-ohjelmasta.

4.3 Kestävän kehityksen tavoitteen 15.3.1 raportointi

Teija Haavisto, Pekka Hurskainen, Syke

Kestävän kehityksen tavoitteen 15.3.1 indikaattori on sama kuin edellisessä luvussa kuvattu aavikoitumissopimuksen indikaattori. Tämän tavoitteen indikaattoriksi on sovittu tuottokyvyltään heikentyneiden maa-alueiden osuus kokonaismaa-alasta, joka lasketaan käyttämällä kolmea alaindikaattoria: 1) maanpeitteen muutokset, 2) maa-alueiden tuottavuuden muutokset ja 3) maanpäällisten ja -alaisten hiilivarastojen muutokset.

Suomen ympäristökeskuksen EOSTATS hankkeen (Eurostat Grants- ohjelma) tavoitteena on demonstroida kaukokartoitustiedon käyttöä tämän indikaattorin ja sen kolmen alaindikaattorin tietotuotannossa. Hankkeen erityistavoitteet ovat:

- Testata ja mukauttaa aavikoitumissopimuksen hyvien käytäntöjen ohjeissa esitettyjä menetelmiä maan huonontumisen arvioimiseksi kansallisesti.
- Tutkia ja demonstroida Copernicus kaukokartoitusaineistoon perustuvia ratkaisuja maan huononemisen arvioinnissa Suomessa.
- Määritellä ja esitellä Tilastokeskuksen kaukokartoituspohjainen tilastotarjonta.

Hankkeessa on edistytty soveltuvien menetelmien tarkastelussa ja arvioinnissa. Tietoaineistoista alaindikaattoreiden laskemiseen on pilotissa käytetty kansallista korkearesoluutioista Corine Land Coverin vuosien 2000–2018 muutosaineistoja 20 m tarkkuudella, MODIS Medium Resolution Vegetation Fenologia ja tuottavuus – MR-VPP-aikasarjoja 2000–2018 500 metrin tarkkuudella sekä Soilgrids.org-tietoja, jotka ovat ISRIC:n tuottamaa tietoa maaperän orgaanisen hiilen varastosta 250 metrin tarkkuudella. Suomen kannalta keskeisten maaperän huonontumisprosessien tunnistaminen on käynnissä. Osa huonontumisprosesseista, kuten metsien hakkuut ja kaupunkialueiden levittäytyminen, ovat havaittavissa kaukokartoituksen avulla maanpeitteen muutosten perusteella, mutta osa prosesseista on vaikeasti tai ei ollenkaan havaittavissa kaukokartoitustiedon perusteella. Esille on tullut joitain teknisiä ongelmia, joita pyritään ratkaisemaan. Alaindikaattorien laskemiseen käytetyt tietoaineistot ovat resoluutioltaan erilaisia ja osittain eri vuosilta. Maaperän huonontumisen havaitsemisessa tarkkuus määräytyy resoluutioltaan karkeimman tietoaineiston mukaan.

Hankkeen kesto on 2022–helmikuu 2024.

4.4 Euroopan ympäristöviraston pilaantuneiden alueiden hallintaa koskeva indikaattori

Outi Pyy ja Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Maaperän tilan tietojärjestelmän tietoja käytetään hyväksi toimitettaessa Euroopan ympäristövirastolle (EEA) tietoja pilaantuneiden maiden hallintaa koskevaa indikaatto-

ria varten. Indikaattoritietoja on koottu joiltakin vuosilta (2001–2006, 2011, 2016). Viimeisin vuoden 2016 tietoihin perustuva indikaattori on julkaistu viraston verkkosivuilla: <https://www.eea.europa.eu/themes/soil/soil-threats>

EEA:n indikaattoriin liittyvät termit ja niiden määrittelyt sekä se, miten ne eroavat Suomen lainsäädännön mukaisista termeistä, on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Euroopan ympäristöviraston indikaattorissa käyttämät termit, niiden määritelmät ja termien erot Suomen lainsäädäntöön (YSL = Ympäristönsuojelulaki (L 527/2014)).

Termi	Termin määrittely	Erot Suomen lainsäädäntöön
Mahdollisesti pilaantunut alue	Alue, jonka epäillään olevan pilaantunut, mutta sitä ei ole vielä varmistettu. Tarvitaan kohdekohtaisia tutkimuksia selvittämään, onko ihmisen terveydelle tai ympäristölle aiheutuva haitallisten vaikutusten riski sellainen, ettei sitä voida hyväksyä.	
Pilaantunut alue	Alue, jonka maaperässä on todettu esiintyvän vaarallisia aineita, ja siitä saattaa aiheutua riskiä ihmisen terveydelle tai ympäristölle.	Suomessa "Pilaantunut" termin käyttö edellyttää jo merkittävän vaaran tai haitan olemassaoloa. Haasteena näissä tulkinnoissa on YSL 16 § ja 133 § erilainen sisältö: puhdistaminen edellyttää vain ympäristö- tai terveysvaaran tai -haitan poistamista. Suomessa käytetään vaara-termiä riskin sijaan, mutta riski-sana voisi olla parempi.
Pilaantuneiden alueiden rekisteri	Keskitetysti ylläpidetty pilaavien toimintojen ja / tai mahdollisesti pilaantuneiden alueiden luettelo.	Suomessa tietojärjestelmään koottu tietoa mahdollisesta pilaantuneista alueista sekä ympäristöviranomaisille toimitettua tietoa alueiden tutkimuksista ja puhdistamisista.
Pilaava toiminto	Alueen maankäyttöön liittyvä toiminta, jonka päästöt mahdollisesti sisältävät haitallisia aineita esim. kaatopaikat, teollisuuslaitokset, kaivokset, voimalaitokset, öljyntuotanto ja -	Toiminta, jonka oletetut haitallisten aineiden päästöt yhdessä tai yhdessä muiden päästöjen kanssa muuttavat ympäristön tilaa

Termi	Termin määrittely	Erot Suomen lainsäädäntöön
	varastot, öljyvahingot, sotilaallisen toiminnan alueet	siten, että tästä voi seurata ympäristönsuojelulain 5:ssä määritelty seuraus. Tällaisten toimintojen kirjo on laaja.
Historiallinen pilaantuminen	Pilaantuminen, joka on aiheutunut nyt jo päättyneestä toiminnasta.	Suomessa tällaiseksi toiminnaksi katsotaan ennen vuotta 1979 loppunut toiminta eli aika ennen jätehuoltolain voimaan tuloa.
Maaperän pilaantuminen	Maaperän kemiallista huonontumista esim. sellaisen kemikaalin tai yhdisteen esiintymisen vuoksi, jota ei maaperässä normaalisti esiinny, tai sen pitoisuus on normaalia korkeampi, mikä voi vaikuttaa ihmisen terveyteen ja ympäristöön ja vähentää maaperän kykyä tuottaa ekosysteemipalveluita.	Ympäristönsuojelulain 16 § sisältää laajemmin haitallisia vaikutuksia: maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus. Pilaantuminen on ihmistoiminnan aiheuttamaa.
Teollisuuskäytöstä poistettu alue (brownfield)	Kohde, jonka pilaantuminen on alueella aikaisemmin olleen toiminnan aiheuttamaa. Pilaava aineet voivat edelleen vaikuttaa ilman, alueen ja veden laatuun. Alueella voidaan tarvita riskinhallintatoimia tai puhdistamista, jotta aluetta hyötykäyttö on mahdollista.	Suomessa ei tällaisen alueen määritelmää ole lainsäädännössä.
Isännätön kohde	Pilaantunut alue, jossa ei voida soveltaa pilaaja maksaa-periaatetta, koska pilaajaa ei enää ole tai se ei ole maksukykyinen.	Alue on isännätön, kun ei ole olemassa tahoa, joka olisi vastuussa pilaantumisesta, sen selvittämisestä ja tarvittaessa puhdistamisesta. Vastuullinen voi tapauksesta riippuen olla myös pilaajan ohella alueen nykyinen maanomistaja tai kunta.

Termi	Termin määrittely	Erot Suomen lainsäädäntöön
Riskinarviointi	Prosessi, jolla kerätään, järjestetään ja analysoidaan ympäristötietoa sen arvioimiseksi, voivatko ihmisen toimintaan liittyvät stressitekijät aiheuttaa vaaraa tai todennäköisesti ei-toivottuja vaikutuksia eliölle, eliöyhteisölle tai ekosysteemille.	Suomessa arvioidaan ekologiset, terveys- ja kulkeutumiseriskit, välittömät ja välilliset riskit sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Kestävyyden arvioinnissa otetaan huomioon myös sosiaaliset ja taloudelliset tekijät.
Riskinhallintatoimet	Riskiperusteiset toimet, joilla varmistetaan, ettei pilaantunut alue enää aiheuta ei-hyväksyttävissä olevaa riskiä (alle tiettyjen kynnyksarvojen); sisältää puhdistamisen tai muiden riskien vähentämistoimia (esim. alueen käytön rajoittamista tai turvatoimia).	Riskinhallinta on toimintaa, joka kattaa koko riskiä koskevan suunnittelu- ja päätöksentekoprosessin. Siihen sisältyvät riskinarviointi sekä toimet haittojen ja riskien estämiseksi tai vähentämiseksi. (PIMA ohje 6/2014)

Euroopan ympäristöviraston pilaantuneiden maa-alueiden hallintaa koskeva indikaattori perustuu kohteiden lukumääriin ja niitä koskeviin arvioihin luokiteltuna taulukossa 11 esitettyihin luokkiin.

Taulukko 11. Kohteiden luokittelu EEA:n pilaantuneiden alueiden hallintaa koskevassa indikaattorissa.

Luokka	Luokittelua koskevat kommentit
1 Mahdollisesti pilaantuneiden alueiden määrä	
a. Arvio mahdollisesti pilaantuneiden alueiden määrästä	Tällaista arviota on vaikea esittää ja se muuttuu, kun arviointikriteerit kiristyvät ja tunnistetaan uusia haitallisia toimintoja/aineita.
b. Alueet, joilla on tunnistettu olleen maaperää mahdollisesti pilaavaa toimintaa (kohteet on merkitty kansalliseen rekisteriin)	

Luokka	Luokittelua koskevat kommentit
2 Pilaantuneet alueet ovat alueita, joilla on selkeä epäily maaperän pilaantumisesta ja ne tarvitsevat tutkimuksia	Suomessa näitä alueita nimitetään arvioitaviksi alueiksi, koska alueen pilaantumisesta ei ole varmistettu.
a. Tutkimuksia tarvitsevien kohteiden määrä	Lähes kaikki tutkimukset tulevat PIMA-viranomaisten tietoon vasta, kun ryhdytään puhdistamaan tai pyydetään lausuntoa tehdystä arvioinnista. Yksityisten teettämiä selvityksiä/tutkimuksia ei voida seurata kattavasti.
b. Niiden kohteiden lukumäärä, joissa kohdetutkimukset ovat meneillään tai jo tehty.	Toistaiseksi tällaisten alueiden osalta eivät kaikki yksityisten teettämät tutkimukset / selvitykset ole tulleet viranomaisten tietoon. Ympäristönsuojelulakiin (L 527/2014) suunnitellaan muutosta, jolla edellytettäisiin toimittamaan kaikki riskinarvioinnit viranomaisille.
3 Niiden luokan 2 tutkittujen alueiden kokonaismäärä, jotka eivät tarvitse riskinhallinta- tai puhdistustoimia	4 Niiden kohteiden lukumäärä, jotka tarvitsevat tai saattavat tarvita riskinhallinta- tai puhdistustoimia
a. Toimia tarvitsevien alueiden lukumäärä	Epäselvää millaiset kohteet kuuluisivat tähän luokkaan. Tarkoitetaanko tässä tutkittuja kohteita, jotka osoittautuneet pilaantuneiksi ja joista tarvitaan vielä riskinarviointi.
b. Niiden alueiden lukumäärä, jotka saattavat tarvita toimia	Reaaliaikaista tietoa käynnissä olevista toimista niitä tarvitsevilla alueilla ei ole. Toimenpiteiden kesto voi vaihdella suuresti muutamasta päivästä vuosiin. Kohteet merkitään kunnostetuiksi, kun viranomaisen hyväksyy tehtyjä toimia koskevan loppuraportin.
Alueet, joilla on raportointivuonna menossa riskinhallinta- tai puhdistustoimet	Kumulatiivinen kaikkien koskaan kunnostettujen kohteiden lukumäärä (riskinhallinta- tai puhdistustoimet suoritettu loppuun ja kohteet, joilla jälkihoitotoimia käynnissä)
Kumulatiivinen kaikkien koskaan kunnostettujen kohteiden lukumäärä (riskinhallinta- tai puhdistustoimet suoritettu loppuun ja kohteet, joilla jälkihoitotoimia käynnissä)	Tällaisen luvun esittämiseen liittyy tiettyä epävarmuutta. Joissakin kohteissa joudutaan tekemään useaan otteeseen riskinhallintatoimia, joko uusien tunnistettujen riskien (kuten uudet aineet) tai olosuhteiden muutosten (kuten maankäytön muutos) vuoksi. Suomessa viranomaisen ei anna ns. puhtaustodistusta vaan toteaa kunnostuksen loppuraporttia koskevassa

Luokka

Luokittelua koskevat kommentit

lausunnossaan, että toimet on tehty käytössä olleen tiedon ja suunnitelmien mukaisesti

Suomi on pääosin pystynyt tuottamaan pyydetty lukumäärätiedot, vaikka EEA:n käytämä luokittelu ei täysin vastaa Suomessa käytettävää. Tutkittujen kohteiden kokonaismäärästä, joilla riskinhallinta- tai puhdistustoimet eivät ole tarpeen (luokka 3), ei ole luotettavaa tietoa. Kun yksityiset tahot teettävät maaperätutkimuksia, viranomaiset saavat tiedon vain niistä tapauksista, joissa alue osoittautuu pilaantuneeksi ja tarvitaan lupaa alueella tehtäviin puhdistustoimiin.

Meneillään olevien riskinhallinta- ja puhdistustoimien lukumäärää raportointivuonna ei ole raportoitu, koska tietojärjestelmän kohdetietojen päivittämisessä on viivettä. Kohdeet merkitään kunnostetuiksi sen jälkeen, kun viranomainen on tarkistanut ja hyväksynyt kunnostusraportin.

Tietojärjestelmän kohteet ovat keskenään hyvin erilaisia niin kooltaan kuin suhteen millaisilla aineilla ja missä määrin alue on pilaantunut. Eri maiden välillä on eroa siinä, kuinka laajasti maaperää pilaavia toimintoja on tarkasteltu sekä siinä, miten kohde on määritelty. Kohde voi olla alue, joka on pilaantunut yhden pilaavan toiminnan vaikutuksesta, tai se voi olla laaja alue, johon sisältyy useita pilaavien toimintojen kohteita. Eroja lukumääriin aiheuttaa myös se, poistetaanko puhtaaksi todetut ja puhdistetut rekistereistä vai ei.

Lukumääriä tarkasteltaessa tulee huomata, ettei ole näköpiirissä tilannetta, jonka jälkeen voitaisiin ajatella, ettei maaperän pilaantumistapauksia tulisi enää ilmi. Vanhoja toimintoja ei ole pystytty kartoittamaan kaiken kattavasti. Kaikkia vahinkoja ja onnettomuuksia ei pystytä estämään. Nykyisin maaperän pilaantuminen tulee lähes aina ilmi maankäytön muutostilanteissa tai alueelle rakennettaessa ja tapauksia on 300–500 vuodessa. Haitallisia aineita koskevan tiedon lisääntyessä tulee ilmi uusia pilaavia toimintoja ja aineita, joita ei ole aiemmin osattu ottaa huomioon. Lisäksi aineiden ominaisuuksista ja vaikutuksista kertyy uutta tietoa, mikä saattaa edellyttää kohteen uudelleen arviointia. Usein myös ympäristötavoitteet kiristyvät.

Tietojen keräämistä on yritetty harmonisoida pitkään ja se on osoittautunut vaikeaksi mm. johtuen eroista kansallisissa käytännöissä, lainsäädännössä ja käytettävissä olevissa resursseissa. Eri maiden lukumäärien vertailun sijaan tärkeintä olisi seurata kussakin maassa tapahtuvaa kehitystä eli tunnistettujen, tutkittujen ja kunnostettujen alueiden määrien kehittymistä.

4.5 Raportoinnit päästökattodirektiivin (NECD) seurantaan ja UN-ECE ICP Forests ja ICP IM -ohjelmille

Päivi Merilä ja Liisa Ukonmaanaho, Luke

Luonnonvarakeskus huolehtii EU:n päästökattodirektiivin ((EU) 2016/2284) 9 artiklan mukaisesta ilmaan joutuvien päästöjen aiheuttamien haitallisten ekologisten muutosten seurannasta metsämailla ja YM:n teettämänä suomailla noudattaen UN-ECE:n kaukokulkeutumisopimuksen alaisen ICP Forests ja ICP IM -ohjelmien menetelmiä. Seurantakohteita on suomailla neljä ja metsämailla kolme. Metsäseuranta-alat ovat myös ICP IM seurannan (Ympäristön yhdennetty seuranta, YYS) ja ICP Forests Level II-ohjelmien havaintoaloja.

Direktiivin liitteessä V luetellaan maaperää koskevat pääindikaattorit, joita ovat i) maan happamuus, emäskyllästysaste sekä vaihtuvan alumiinin määrä maaperässä (näytteenotto 10 v. välein), ii) maaperän nitraatin huuhtoutuminen (vuosittain) sekä iii) maaperän hiili-typpisuhde (10 v. välein), sekä välillisesti maaperän tilaa kuvaava iv) lehdistön ravinnetase (N/P, N/K, N/Mg). YM toimittaa seurantatiedot edelleen Euroopan komissiolle ja Euroopan ympäristökeskukselle neljän vuoden välein. Vuonna 2023 indikaattoritiedot toimitetaan EU:lle. Lisäksi koealatiedot toimitetaan vuosittain.

Luke toimittaa UN-ECE:n alaisen ICP Forests-ohjelman mukaiset seuranta-aineistot ohjelman koordinaattorin (Thünen instituutti, Saksa) ylläpitämään tietokantaan vuosittain (Level II maaperäseuranta toteutetaan 10 v. välein ja maavesiseuranta vuosittain). ICP Forests-ohjelma julkaisee Euroopan laajuisiin seuranta-aineistoihin perustuvia raportteja (Policy Briefs, Executive Report, Technical Report). Lisäksi ICP-ohjelmien yhteistyöorganisaationa toimiva the Working Group on Effects (WGE) julkaisee synteesiraportteja alaisuudessaan toimivien kansainvälisten yhteistyöohjelmien tuloksista. Lisäksi ICP Forests ohjelman koordinaattori raportoi keskitetysti kestävän metsätalouden indikaattoritietoa Forest Europe -prosessille myös maaperään liittyen (Criterion 2.2 Soil condition). ICP-IM ohjelman datakeskus on SLU:ssa Ruotsissa.

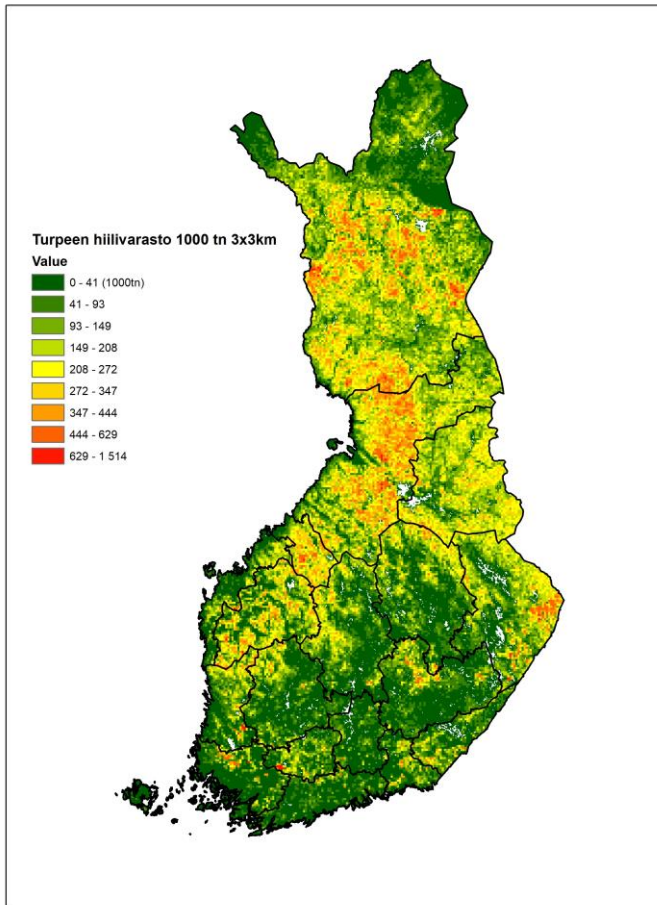
4.6 Arviot maaperän hiilivarastoista

4.6.1 Arvio orgaanisten maiden hiilivarastoista

Jukka Turunen, Geologian tutkimuskeskus

'Maaperätiedon kehittäminen 2020–2022' -yhteistyöprojektin (MaaTi, GTK, Luke, Helsingin yliopisto ja Turun yliopisto) tavoitteena oli kehittää koko maata koskevaa turvemaa-tietoa ja parantaa tiedon käytettävyyttä avoimeen dataan siirtymällä. Tavoitteena oli tuottaa mm. valtakunnalliset paikkatietoaineistot koskien turvemaiden eri maankäyttömuotoja ja niiden hiilivarastoja (Kuva 23). Projektin tulokset ja niihin liittyvät avoimet datat julkaistaan v. 2023.

Turvemaiden maaperän hiilivarastoja koskeva paikkatietoaineisto tuotettiin kahdella eri mittakaavatasolla ja alueellisella kattavuudella; 1) suoallaskohtainen ja 2) valtakunnallinen turpeen hiilivarasto –paikkatietoaineisto. Suoallaskohtainen aineisto tuotettiin GTK:n tutkimalle 2,3 milj. ha turvemaa-alalle. Alue kattaa turvemaa-alueet, joista on olemassa yksityiskohtainen maastokartoitus sekä laboratoriomäärityksiä turpeen kuiva-ainemäärästä ja hiilipitoisuudesta. Valtakunnallinen, yleispiirteinen aineisto tuotettiin koko turvemaa-alalle, n. 8,9 milj. ha, perustuen GTK:n turvekartoitusaineistoon, laboratoriomäärityksiin sekä Luken VMI-aineistoon. Turvemaa-alan rajauksena käytettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan turvemaa-alueita kuvaavia kohdeluokkia. Valtakunnallinen hiilivarasto / turvemäärä on laskettu metsätalousmaan soille, turvepelloille ja turvetuotantoalueille (3 × 3 km ruudut, kuva 23).



Kuva 23. Esimerkki MaaTi -yhteistyöprojektin (Maaperätiedon kehittäminen, MMM) turvemaiden maaperän hiilivarastoja koskevasta valtakunnallisesta paikkatietoaineistosta. Punainen väri indikoi suuria alueellisia hiilivarastoja. Suomen turvemaiden kokonaishiilivaraston suuruus on tässä arvioissa 5 009 Tg (Mt).

4.6.2 Mineraalisten maiden hiilivarasto

Timo Tarvainen, Geologian tutkimuskeskus

Geologian tutkimuskeskuksen maaperän taustapitoisuuskartoituksen yhteydessä on määritetty myös hiilipitoisuus mineraalimaanäytteistä. Näytteitä on eniten Etelä-Suomesta sekä metalli- ja arseeniprovinssien moreenimailta. Näytepisteistä on otettu pintamaanäyte ylimmästä 0–25 cm mineraalimaakerroksesta mahdollisen humuskerroksen alapuolelta ja pohjamaanäyte muuttumattomasta pohjamaasta noin 25 cm pak-susta kerroksesta. Mineraalimaan pintamaanäyte saattaa sisältää sekä huuhtoutumis-että rikastumiskerrosta. Yleisimmistä maalajista eli moreenista on otettu 1086 näyte-

profiilia (pinta- ja pohjamaa), hiekkamailta 432 näyteprofiilia ja savimailta 629 näyteprofiilia. Tiedot on tallennettu GTK:n geotietojärjestelmään. GTK:n taustapitoisuuskaritoituksen hiilitietoja ei ilmeisesti ole hyödynnetty mineraalimaan hiilivaraston arvioinnissa.

Metsien mineraalimaiden hiilivarastoja on tarkasteltu luvussa 6.3.1

5 LUCAS-maaperäseuranta ja seurattavia muuttujia koskevia ehdotuksia

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Kuten tämän raportin johdannossa on kerrottu Mission Board for Soil Health and Food (European Commission 2020) ja EU:n maaperästrategia (Euroopan komissio 2021a) asettavat kunnianhimoiset tavoitteet maaperän tilalle vuoteen 2030 ja 2050 mennessä.

Maaperää ja sen tilaa koskevaa tietoa tarvitaan, jotta tiedetään, mikä on lähtötilanne, miten se muuttuu ja mihin suuntaan ja jotta tunnistetaan toimenpiteitä tarvitsevat huonontuneet alueet. Seurantatietoa tarvitaan myös tehtyjen politiikkatoimien, kestävien käytäntöjen ja suojelutoimien vaikutusten arviointiin. Seurantatiedolla voidaan myös tukea tutkimusta mm. maasto- ja analyysimenetelmien sekä maaperän mallinnuksen kehittämiseksi ja validoinniksi. (Bisbo ym. 2021)

Euroopan tilastokeskus ja Euroopan komissio ovat vuodesta 2009 lähtien tehneet maaperäseurantaa keskitetysti Euroopan yhteisen tutkimuskeskuksen (JRC, Joint Research Centre) vastatessa toteutuksesta. Komissio on ilmoittanut haluavansa vakiinnuttaa tämän seurannan tulevassa maaperän terveyttä koskevassa direktiiviehdotuksessa. Luvussa 5.1 on kuvattu tarkemmin LUCAS-maaperäseurantaa. Komissio pitää tarpeellisena integroida LUCAS-maaperäseuranta jäsenmaiden tekemään maaperäseurantaan.

Useat tahot ovat ehdottaneet mitä maaperää huonontavia prosesseja ja maaperän tilaa kuvaavia indikaattoreita tulisi seurata. Luvussa 2 on esitelty joitakin viime aikaisia ehdotuksia.

5.1 LUCAS-maaperäseuranta

LUCAS EU:n maankäyttö ja pinta-alatutkimuksen yhteydessä on vuodesta 2009 otettu myös pintamaaperänäytteitä 10 prosentilta näytealoista. LUCAS-maaperäseurannan tavoitteena on EU-tasolla ja alueellisesti yhdenmukaistetut tilastot maaperän ominaisuuksista. Lähtökohtana on kerätä koko EU-alueelta säännöllisesti yhden kasvukauden aikana perustietoja maaperän eri ominaisuuksista, kuten orgaanisen aineksen pitoisuus, ravinnetila, viljavuus, happamoituminen ja maaperän pilaantuminen (metallit), jotka perustuvat yhtenäiseen näytteenottoon ja keskitettyyn näytteiden analysointiin yhdessä laboratorioissa. (Fernández-Ugalde ym. 2022)

LUCAS-näytepisteiden valinnassa on käytetty monivaiheista ositettua satunnaisotosmenetelmää, joka huomioi näytepisteen korkeuden, kaltevuuden, rinteiden suunnan, rinteiden kaarevuuden ja maankäytön. (Tóth ym. 2013)

Kultakin näytealalta otetaan 0,5 kg kokoomanäyte, joka koostuu viidestä osanäyteestä. Kivennäismailta poistetaan ennen näytteen ottoa kasvijätteet ja roskat. Näytteenotto-ohjeen (Fernández-Ugalde ym. 2017) mukaan kivennäismaan pintamaanäyte voi sisältää vielä hienojakoisia juuria, niiden osia ja ruskehtavaa, homogeenista orgaanista ainetta, jotka laboratorio poistaa seulomalla määrättyjen menettelytapojen mukaisesti. Näytteet otetaan 0–20 cm syvyydeltä pintamaasta. Näytteistä analysoidut muuttujat on esitetty taulukossa 12. LUCAS-maaperäseurantaa on kehitetty joka näytteenottokierroksella tuomalla mukaan uusia muuttujia.

Vuoden 2009 (Tóth ym. 2013) näytteenotto kattoi 23 jäsenmaata ja näytteitä otettiin lähes 20 000 näytealalta. Yli 1000 metrin korkeudessa sijaitsevat näytealat rajattiin näytteenoton ulkopuolelle. Malta ja Kypros vastasivat itse näytteiden otosta ja Bulgarian ja Romanian osalta näytteiden otto tapahtui 2012. Vuoden 2009 aineistossa peltomaiden näytteet olivat ylläpidettynä, kun taas tietyt maaperätyypit (esim. suola- ja kaupungit, ohutkerroksiset maat) ja tietyt maanpeitettyt (esim. suojelualueet, kosteikot, ylängöt, kaupunkialueet, luonnonnurmet) jäivät aliedustetuiksi.

Vuoden 2015 näytteenottokierros (Jones ym. 2020) toteutettiin 28 EU:n jäsenmaassa sekä lisäksi Albaniassa, Bosnia-Hertsegovinassa, Kroatian, Montenegrossa, Pohjois-Makedoniassa ja Serbiassa. Lisäksi Sveitsi toteutti näytteenoton käyttäen LUCAS-menettelyjä. Tällä näytteenottokierroksella näytepisteet olivat 90-prosenttisesti samoja kuin vuonna 2009 tai 2012 ja 10 % oli uusia alueita, kuten yli 1000 m korkeudessa sijaitsevia alueita. Kaikkiaan näytetietoja on yli 21 800 näytepisteeltä.

Vuoden 2018 näytteenotto (Fernández-Ugalde ym. 2022) toteutettiin silloisissa 28 EU-jäsenmaassa (myös Iso-Britannia) ja näytteitä kerättiin lähes 19 000 pisteeltä. Näistä pisteistä yli 16 500 oli samoja kuin vuonna 2015 ja 75 %:lla pisteistä näytteitä oli otettu kolmesti (2009/2012, 2015, 2018). Näytteitä saatiin kuitenkin suunniteltua vähemmän. Kaikkiaan 71 prosentilta näytepisteistä saatiin näyte, kun vuonna 2015 vastaava prosenttiosuus oli 85 ja vuonna 2009/2012 95 %. Syynä vuoden 2018 tulokseen olivat mm. huonot sääolot, maaston vaikeakulkuisuus ja juridiset esteet ottaa yksityiseltä alueelta näytettä tai maanomistajan kieltä. Näyte saatiin alle 50 %:lta näytepisteistä Saksassa, Kroatian, Irlannissa, Maltalla, Hollannissa, Romaniassa ja Isossa-Britanniassa.

Tätä tekstiä kirjoittaessa keuhällä 2023 ei ole vielä käytettävissä tietoja siitä, miten vuoden 2022 seuranta toteutettiin. Sitä koskevassa suunnitelmassa (Jones ym. 2021) on joitakin epävarmuuksia liittyen käytettävissä olevaan budjettiin. Tarve parantaa maaperän orgaanisen hiilen varastoja koskevan tiedon tilastollista edustavuutta on tunnustettu ja se vaatisi ennen kaikkea peltomaiden näytepisteiden määrän lisäämistä. Suunnitelmasta ei käy ilmi, mikä toimintatapa lopulta valittiin. Suunnitelma ehdottaa näytteenottosyvyyden kasvattamista 30 senttimetriin aikaisemmasta 20:stä, että näytteenotto täyttäisi IPCC:n vaatimukset. Metsämaan, etenkin paljon orgaanista ainesta sisältävien, näytteenoton ohjeistusta ja näytteenottajien koulutusta parannetaan, koska vuosien 2009 ja 2015 tuloksissa on suurta vaihtelua orgaanisten ja runsaasti orgaanista ainesta sisältävien maaperien tuloksissa (Fernández-Ugalde ym. 2020;

Hiederer 2020) etenkin Skandinavian alueella. Tämä epäillään johtuvan siitä, että joissakin tapauksissa näytteenoton yhteydessä on virheellisesti poistettu karike- ja humuskerros ja näyte on otettu vain niiden alla olevasta kivennäismaasta. Ohjeistuksen yhtenevyyttä ICP Forest -käsikirjan kanssa parannetaan. Näytteenoton ajoittamista kevääseen ja syksyyn selvitetään ainakin Välimeren alueella, jotta välttyttäisiin kasvukauden aikaiselta näytteenotolta ja kesäkauden kuivan, kovettuneen maan aiheuttamilta vaikeuksilta näytteenotossa. Rotkoeroosiota ehdotetaan tarkasteltavaksi kaikilta näytepisteiltä. Taulukossa 12 on esitetty mitä muuttujia on ehdotettu sisällytettäväksi vuoden 2022 seurantaan. Näytteenoton ja tietojen julkistamisen välisen ajan lyhentämiseksi suunnitelmassa ehdotetaan, että laboratorioanalyysiin varataan aikaa yksi vuosi aikaisemman kahden sijaan.

Taulukko 12. Analysoidut muuttujat LUCAS-maaperäseurannassa vuosina 2009, 2015, 2018 ja 2022. Kyseisen vuoden seurannassa analysoidut muuttujat on merkitty x:llä tai kyseisen muuttujan kohdalla on solussa kerrottu näytemääriä tms. Lähteet: Tóth ym. (2013), Jones ym. (2020), Fernández-Ugalde ym. (2022), Jones ym. (2021).

	2009	2015	2018	2022
Karkeat lajitteet (%)	x			600 pistettä
Hiukkaskokojakauma	x	Näytepisteet, joissa käydään 1 kerran		
• Savipitoisuus	x			
• Silttipitoisuus	x			
• Hiekkapitoisuus	x			
pH (CaCl ₂)	x	x	x	(Vain pellot ja nurmet)
pH (H ₂ O)	x	x	x	(Vain pellot ja nurmet)
Orgaaninen hiili (g/kg)	x	x	x	x
Karbonaattipitoisuus (g/kg)	x	x	x	
Fosforipitoisuus (mg/kg)	x	x	x	
Kokonaistyyppipitoisuus (g/kg)	x	x	x	x
Uutettavan kaliumin pitoisuus (mg/kg)	x	x	x	(Vain pellot ja nurmet)

	2009	2015	2018	2022
Kationinvaihtokapasiteetti (cmol(+)/kg)	x			
Arseeni (mg/kg)	x		Arseeni ja metallit 997 pisteestä, joista 90 % analysoitu jo 2009/2012, uusia, satunnaisesti valittuja pisteitä 300	Arseeni ja metallit rahoituksen salissa ainakin samat 3000 pistettä kuin 2018, lisäksi 1000 pistettä, joissa jokin kuormittava tekijä
Kadmium (mg/kg)	x			
Koboltti (mg/kg)	x			
Kromi (mg/kg)	x			
Kupari (mg/kg)	x			
Elohopea (mg/kg)	x			
Nikkeli (mg/kg)	x			
Lyijy (mg/kg)	x			
Antimoni (mg/kg)	x			
Vanadiini (mg/kg)	x			
Sinkki (mg/kg)	x			
Monispektrinen heijastussuhde	x			
Monispektrinen spektroskopia		x		
Sähkönjohtavuus (mS m ⁻¹)		x	x	jos suolaantumista
Saviminerologia		x		
Kyntämisen jäljet		x		
Kasvijätteiden esiintyminen		x		
Kivisyys		x		
Tilavuuspaino			osasta näytepisteitä	2000 uutta näytepistettä pelloilta ja nurmilta, uusinta alueilla, joissa tiivistymistä 2018
Eroosion tyypit			850 pistettä	kaikilla pisteillä rotakoerosion tarkkailu
Maaperän kosteus			x	

	2009	2015	2018	2022
Uuttuva alumiini- ja rautaoksalaatti			2510 peltomaapistetä	
Orgaanisen maan paksuus / syvyys			1050 pistettä	
DNA-analysit (monimuotoisuus: arkit, bakteerit, aitotumalliset)			885 näytettä	Samat 1000 pistettä kuin 2018; keskeisten geenien tunnistaminen
Antibiottiresistenssi			630 näytettä	x
Torjunta-aineiden jäämät (90 tehoainetta ja hajoamistuotetta)			n. 3000 pistettä	Rahoituksen salissa ainakin samat 3000 pistettä kuin 2018
Antibiottijäämät (polypeptidit ja fluorokinolonit)			600 pistettä	Rahoituksen salissa ainakin samat 3000 pistettä kuin 2018
Mikromuovi			50 näytettä	Päätetään pilotin perusteella jatko
Rikki (ehkä myös kalسيوم, natrium, magnesium)				(Vain pellot ja nurmet)
Teollisuuden kemikaalit (POPs, PFAS, PAHs, dioksiinit ja fuuraanit, PCBs)				Rahoituksen salissa

5.1.1 LUCASia koskevat jatkosuunnitelmat

Jatkossa JRC (Jones ym. 2021) suunnittelee, että seurantakerrokset voisivat olla sisällöltään erilaisia. Ajatuksena on myös pari-kysely konseptin (paired survey concept) kehittäminen niin, että jäsenmaiden seurannat ja LUCAS-maaperäseuranta integroitaisiin keskenään, jolloin "perusLUCAS"-seuranta (ajanhetkin n, n+2, n+4...) täydentää "väliseurantoja" (intermediate surveys), jota raportissa kutsutaan myös tason 2 seurannaksi (n+1, n+3, n+5...). Vuoden 2026 tason kaksi seuranta tuottaisi edustavuudeltaan tarkempaa tietoa keskeisistä muuttujista, kuten maaperän orgaaninen hiili ja lisäksi seuranta sisältäisi joukon edellisen seurannan keskeisistä pisteistä, joissa seuranta kohdistuisi maaperän monimuotoisuuteen, turvemaihin ja saastumiseen. JRC esittää, että väliseurantojen näytepisteet sovittaisiin jäsenmaiden kanssa.

Vuoden 2022 seurannan (N) jälkeen JRC esittää seuraavien seurantojen pääpiirteiseksi sisällöksi seuraavaa:

N+1 (esim. 2026): Laajennettu perusanalyysi tason 2 näytepisteistä, joita ei ole tutkittu 2022 (määritellään yhdessä jäsenmaiden kanssa) ja lisäksi osa peruspisteistä, joista analysoitaisiin saastumiseen, maaperän monimuotoisuuteen ja turvemaihin liittyviä muuttujia.

N+2: Kaikki vuoden 2022 pisteet, joista analysoitaisiin maaperän orgaaninen hiileen, maaperän monimuotoisuuteen ja saastumiseen liittyviä muuttujia.

N+3: Maaperän hiili v. 2026 kohteista, erityinen kohdennus saastumiseen, maaperän monimuotoisuuteen ja turvemaihin.

N + 4: Kohdistuisi maaperän orgaaniseen hiileen (kaikki maanpeite luokat, vaihtoehdoista vain maatalousalueet)

Mitään näytepistemäärien arvioita näiden seurantakierrosten osalta ei ole raportissa esitetty eikä niistä käy selvästi ilmi, miten vastuut seurannan toteuttamisesta jakautuisivat LUCASin ja jäsenmaiden kesken. Jäsenmaiden halutaan varmistavan pääsyn näytepisteille tunnistamalla maanomistajat ja ottamalla yhteyttä heihin. Jäsenmaiden toivotaan myös toimittavan näytteenottoa täydentäviä tietoja maaperätyypistä ja maan käytöstä ja hoidosta. Jäsenmaiden toivotaan täydentävän LUCAS-maaperäseuranta suuremmalla määrällä näytepisteitä ja syvemmistä maakerroksista otetuilla näytteillä. Yhteistyöllä jäsenmaiden kanssa halutaan ristiinvalidoida tuloksia, varmistaa kansallisten ja EU:n laajuisten tulosten yhdenmukaisuus ja vertailukelpoisuus. JRC toteaa, että Euroopan ympäristökeskuksen Eionet Task Force Soil Monitoring valmistelea esityksen siitä, miten kansalliset maaperäseurannat voitaisiin yhdistää ja integroida LUCAS-seurannan kanssa. Parhaillaan käynnissä olevassa EU:n EJP Soil-projektissa selvitetään LUCAS Soil-tutkimuksen ja kansallisten seurantojen suhdetta toisiinsa ja myös mahdollisuuksia seurantojen harmonisointiin. Luonnonvarakeskus osallistuu työhön varsinkin peltomaiden seurannan osalta (ks. kohta 2.1.1.2.).

5.2 Muut maaperäseuranta koskevat ehdotukset

Ei ole olemassa yhteisesti hyväksyttyä eurooppalaista esitystä maaperän terveyttä koskeviksi seurattaviksi muuttujiksi ja indikaattoreiksi vaan siitä on ollut esillä erilaisia ehdotuksia. Tässä luvussa esitellään muutamia viimeaikaisia keskeisten tahojen tekemiä ehdotuksia, jotka ovat keskenään kovin eri tasoisia. Euroopan ympäristökeskuksen raportti on perusteellinen ehdotus maaperän terveyttä koskevasta seurannasta. EJP Soil -ohjelman SIREN-projektin ehdotus perustuu mm. jäsenmaille suunnattuun kyselyyn käytössä olevista seurantaparametreista. European Soil Observatory Technical Working Group on Soil Monitoring -ryhmän ja Mission Board for Soil Health and Food'n (European Commission 2020) ehdotuksista ei ole tarkentavia lisätietoja.

Tulevaan maaperän terveyttä koskevaan direktiiviehdotukseen sisällytettävistä asioista keskusteltiin komission maaperäasiantuntijaryhmässä keväällä 2022. Maaperäseurantaa ja LUCAS-maaperäseurantaa koskevassa keskustelupaperissa (European Commission 2022) komissio on esittänyt, että seurannan tulisi kattaa kaikki parametrit, jotka sisältyvät maaperän terveyden määritelmään ja viittaa European Soil Observatory Technical Working Group on Soil Monitoring -ryhmän esitykseen indikaattoreista ja muuttujista, jotka on esitetty taulukossa 13 ja taulukossa 14.

Taulukko 13. European Soil Observatory Technical Working Group on Soil Monitoring -ryhmän seurattavaksi ehdottamat indikaattorit maankäytöltään erilaisilla alueilla. (European Commission 2022)

Indikaattori	Maatalous- alueet (pel- lot ja nur- met)	Metsät	Muuttuneet luontoalueet (ml. pen- saikot)	Kosteikot	Kaupunki- alueet
Happamoituminen/ emäk- sisyys	x	x	x	x	
Ei-optimaalinen orgaanisen hiilen pitoisuus kivennäis- mailla	x	-	-	-	-
Ravinteiden häviöt	x	x	-	-	-
Haitallisten aineiden kuor- mitus	x	x	x	x	x
Tuulieroosio	x	x	x	x	x
Vesieroosio	x	x	x	x	x
Maaperän sulkeminen	maaseutu- taajamat				kaupunki / esikaupunki
Pintamaan tiivistyminen	x	x		x	x
Pohjamaan tiivistyminen	x	x			x
Vedenpidätyskyky	x	x		Pohjaveden korkeus	x
Maankosteusvajaus	x	x			x
Ikirouta			x	x	
Mikrobibiomassa	x	x	x	x	x
Kastematojen runsaus ja monimuotoisuus	x	x	x	x	x
Sienirihmastot	x	x	x	x	x

Taulukko 14. European Soil Observatory Technical Working Group on Soil Monitoring -ryhmän ehdottamien indikaattoreiden seurattavat muuttujat. (European Commission 2022)

Indikaattori	Seurattavat muuttujat					
Happamoituminen/ emäksisyys	pH					
Ei-optimaalinen orgaanisen hiilen pitoisuus kivennäismailla	Maaperän org. C	Tilavuuspaino	Kivisyys	Rakenne		
Ravinteiden häviöt	CN	kok. N & P				
Haitallisten aineiden kuormitus	Raskasmetallit	Hiilivedyt	Torjunta-aineet	Uudet haitalliset aineet	Ravinneylimäärät	EC
Tuulieroosio	Hyötykapasiteetti	Maaperän eroosioherkkyys	Epätasaisuus	Maanpeite		
Vesieroosio	Sateen eroosiviteetti	Maaperän eroosioherkkyys	Topografia	Maanpeite	Käytön ja hoidon käytännöt	
Maaperän sulkeminen	Läpäisevyys					
Pintamaan tiivistyminen	Tiivistyminen	0–15 cm	15-30 cm			
Pohjamaan tiivistyminen	Tiivistyminen					
Vedenpidätyskyky	Huokoisuus	Rakenne	Tilavuuspaino			
Maankosteusvaja						
Ikirouta	Aktiivisen kerroksen paksuus	Maaperän lämpötila	Metaanipäästöt			
Mikrobibiomassa	DNA	Mallinnus				
Kastematojen runsaus ja monimuotoisuus						
Sienirihmastot	Maaperän rakenne	Maaperän org. C	DNA			

Euroopan ympäristökeskuksen julkaisu (European Environment Agency 2023) tarkastelee kriteereitä maaperän terveyden määrittelemiseksi. Siinä on ensisijaisesti tarkasteltu maaperää huonontavien prosessien indikaattoreita ja niiden kynnyksarvoja. Raportissa todetaan, ettei se ehdota, miten Euroopan maaperää tulisi seurata. Sen sijaan sen tarkoituksena on luoda vankka tietopohja sille, kuinka yksinkertaisilla maaperän indikaattoreilla voidaan arvioida maaperän tilaa käyttämällä kynnyksarvoja, jotka liittyvät maaperän nykyisen tilan odotettavissa oleviin muutoksiin maaperän toiminnoissa.

Raportissa todetaan, että maaperän terveys -käsitteen tulisi kattaa sekä sen ominaisuudet (luontaiset/pysyvät ja dynaamiset) ja sen missä määrin maaperä pystyy kestävästi suorittamaan keskeisiä toimintoja ja ekosysteemipalveluita. Siksi indikaattoreiden tulee edustaa maaperän tilaa ja sen eri toimintojen potentiaalia.

EEA:n ehdotus seurattavista muuttujista perustuu samankaltaiseen ajatukseen kuin ICP Forestin eri tasoilla tehtävä seuranta. Ehdotettuja seurannan tasoja on kolme. Taso I olisi laajamittaisia maan pintamaan tutkimuksia joko keskitetyillä laboratorioanalyysillä, kuten LUCAS soil ja GEMAS, tai tiiviisti kalibroidulla kansallisten/alueellisten laboratorioiden verkostolla, kuten ICP Forest taso I. Se voi koostua jäsenmaiden kansallisista seurannoista tai osin LUCAS-seurannasta ja osin kansallisista seurannoista tai pelkästään LUCAS-seurannasta. Jos on useampia seurantajärjestelmiä, tulee huolehtia tulosten vertailukelpoisuudesta. Tasolla II olisi laajempi indikaattorijoukko ja tiheämpi näytenäyteverkosto kattamaan paikallista vaihtelua, havaitsemaan trendejä, tunnistamaan systemaattisia virheitä ja kalibroimaan ja validoimaan mallinuksia. Jos valtiot valitsevat LUCAS-maaperäseurannan kansalliseksi seurantajärjestelmäkseen, ne voisivat täydentää LUCASia tehostetulla tason II näytteenotolla. Kansallisia lisänäytenäytteitä tarvitaan kattamaan ongelmakohteita ja syvempiä maakerroksia. Taso III liittyisi erityisiin paikallisiin ongelmiin, esimerkiksi sotilasalueisiin tai pilaantuneiden teollisuusalueiden puhdistamiseen. Taulukossa 15 on esitetty EEA:n ehdottamat seurattavat muuttujat eri seurannan intensiteettitasoilla.

Taulukko 15. EEA:n ehdotus seurattaviksi muuttujiksi näytteenoton intensiteettitasoilla I, II ja III. (Lähde: European Environment Agency 2023)

Maaperää huonontava prosessi	Seurannan intensiteetti		
	Taso I	Taso II	Taso III
		Kuten taso I ja lisäksi:	Kuten taso I ja II sekä lisäksi
Maaperän orgaanisen aineksen väheneminen	Maaperän orgaaninen C ja mineraalinen C KokonaisN (orgaaninen) C:N suhde Tilavuuspaino (määritetty PTF:llä) Rakenne luokka, kivisyys	Orgaanisen hiilen fraktiot Ravinteiden ja pilaavien aineiden biosaataavuus KHK-päästöt Fysikaaliset muuttujat (mittattu)	tarkka paikallinen maaperän orgaanisen hiilen seuranta Maaperän käsittely Maaperän orgaanisen hiilen kierto ekosysteemitasolla (input/output)

Seurannan intensiteetti			
Maaperää huonontava prosessi	Taso I	Taso II	Taso III
Maaperän ravinnehäviöt	Maatalousmaat: KokonaisN, mineraaliN kokonaisP, saatavilla oleva P:Pox/Al+Feox saatavilla oleva K Ei-maatalousmaat: C:N-suhde, emäskyllästys- aste	Maatalousmaat: kationinvaihtokapasiteetti Emäskyllästysaste Ei-maatalousmaat: maanesteen pitoisuudet	Maatalousmaat: hivenaineet Ei-maatalousmaat: kuten taso II
Happamoituminen	Maatalousmaat: pH, savipitoisuus, maaperän orgaaninen C Ei-maatalousmaat: pH, kationinvaihtokapasi- teetti, emäskyllästysaste	Kuten ravinnehäviöiden kohdalla	Kuten ravinnehäviöiden kohdalla
Pilaantuminen	Alkuaineiden kokonaispitoi- suudet (raskasmetallien ku- ningasvesiuutto) Luontaiset taustapitoisuudet (ainakin osasta näytepis- teitä) Orgaaniset yhdisteet, kuten pysyvät orgaaniset yhdisteet	Eryiset maaperä testit esim. reaktiiviset tai saata- villa olevat fraktiot, muovit, mikrobilääkkeet Tasapaino (input – output, esim. mallinnus) rikastumi- sen arviointiin/validointiin	Eryiset pilaantumista- paukset esim. radioaktiivi- set aineet, sotilastoimin- nan alueet, laajat kemian tuotantolaitokset Kohdekohtaisen riskinarvi- oinnin työkalut arvioimaan nykyisiä ja tulevia vaiku- tuksia (erityinen riski kuten elintarvikkeiden laatu)
Monimuotoisuuden vähe- neminen	Kastemadot ja hyppyhäntäi- set	Toiminnallista monimuotoi- suutta koskevat muuttajat ja DNA-tekniikka geneetti- sen monimuotoisuuden tun- nistamiseen	Monimutkaisia biologisia toimintoja kuvaavat para- metrit (esim. hengitys, N:n ja C:n mineralisaatio, mik- robibiomassa)
Erosio	Mallintaminen (käyttäen tie- toja maanpeitteestä / maan- käytöstä, geomorfologiasta, kansallisia maaperätietoja, sadanta)	Näkyvien eroosiopiirteiden kartoitus Yksityiskohtainen maan- käyttö	Seuranta (mittaukset) maaperän eroosiosta (se- dimenttikuoormitus) lohkotasolla valuma-alueetasolla

Seurannan intensiteetti			
Maaperää huonontava prosessi	Taso I	Taso II	Taso III
			sedimentin kertymät lampiin, järviin ja tekojärviin
Tiivistyminen	Esipuristusjännitys (Precompression stress) (PTF) soil rigidity ratio (PTF) penetration resistance (PTF) Morfologiset piirteet maaperän orgaaninen aines hydraulinen johtavuus ilmakapasiteetti kasveille saatavilla olevan veden kapasiteetti (PTF) maaperän rakenne / karkeat jakeet / CaCO ₃ (arvioitu) juurtuminen (arvioitu)	kaikki maaperän perusparametrit PTF:llä on mitattu	Tensiometri, anturit edustavilta osaloikoilta Mittaukset kohdistuvien paineiden mukaan Kuten tasolla II, mutta näytteenottosyvyyssuurempi ja enemmän osanäytteitä

Mission Board for Soil Health and Food (European Commission 2020) ehdotti raportissaan kuutta perusindikaattoria ja kahta täydentävää indikaattoria, mutta ei mitään tarkempia tietoja, seuraavat indikaattorit laskettaisiin:

1. Pilaavien aineiden esiintyminen, ravinteiden ja suolojen ylimäärä
2. Kasvipeite
3. Maaperän orgaaninen hiili
4. Maaperän rakenne sisältäen maaperän tilavuuspainon ja sen, ettei maaperä ole suljettu rakentamisella eikä siinä ole merkkejä eroosiosta
5. Maaperän biodiversiteetti
6. Maaperän ravinteet ja happamuus (pH)
7. sekä
8. maiseman heterogeenisyys (koostumus ja rakenne)
9. metsien ja metsäisten alueiden pinta-ala ja koostumus

EJP-Soil ohjelma Siren-projekti (Faber ym. 2022) kartoitti maatalousmaiden laadun ja ekosysteemipalveluiden arviointiin käytettyjä indikaattorijärjestelmiä EJP-Soil ohjelmaan osallistuvissa jäsenmaissa. Kirjallisuuskatsauksen, kansainvälisen politiikan, kansainvälisten sidosryhmien näkemysten, kansallisissa seurannoissa käytössä olevien muuttujien ja EU-projektien ehdotusten perusteella ohjelma teki synteesin maaperän laadunindikaattoreista, joiden avulla olisi parhaimmat mahdollisuudet yhdenmu-kaistaa kansallista ja eurooppalaista seurantaa. Projekti ehdotti, että maaperä seurantaa tulisi kehittää vaiheittain ja aloittaa minimimäärästä niitä indikaattoreita, jotka ovat nykyisin käytössä yli 50 % jäsenmaista. Nämä on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. EJP-SOIL SIREN -hankkeen ehdottamat maaperäindikaattorit.

Politiikkaindikaattori	Maaperän laadun indikaattorit
Maaperän fysikaalinen tila	Rakenne, huokoisuus, tilavuuspaino
Maaperän viljavuus	C-pitoisuus, kokonais-N, P, K, pH
Erosion arviointi	Mallintaminen
Suolaantuminen	Sähkönjohtavuus
Pilaantuminen	Raskasmetallit
Muut pilaavat aineet (POPs)	Tulee tehdä suosituksia näiden osalta.
Maaperän biodiversiteetti	
Veden säätely/suotautuminen	

6 Arvio Suomen maaperän tilasta

6.1 Suomen maaperän yleispiirteitä

Timo Tarvainen, Jaakko Auri, Juho Kupila, Jaana Jarva, Jukka Turunen, Geologian tutkimuskeskus; Antti-Jussi Lindroos, Luonnonvarakeskus

Suomessa kallioperä ja sitä peittävät irtaimet maalajit eli maaperä rajoittuvat toisistaan yleensä jyrkästi. Tällainen jyrkkä raja kiinteän kallioperän ja maaperän välillä on tyypillistä jäätiköityneille alueille. Ympäristönsuojelulain (YSL, (L 527/2014)) mukaan *maaperällä* tarkoitetaan maankuoren ylintä kerrosta, joka on kallioperän ja maanpinnan välissä ja muodostuu irtomaalajeista, orgaanisesta aineksesta, huokosvedestä ja -ilmasta sekä eliöistä. YSL:n määritelmä vastaa EU:n teollisuuspäästödirektiivin (2010/75/EU) määritelmää maaperälle (englanninkielisessä versiossa soil). Joillakin tieteenaloilla englanninkielisellä termillä "soil" viitataan vain maaperän ylimpään osaan, johon on muodostunut maannos.

Suomen kallioperä koostuu pääasiassa liuskeista, gneisseistä ja graniiteista. Yli 50 % kallioperämme pinta-alasta on runsaspiihappoisia syväkiviä, graniitteja sekä grano- ja kvartsidioritteja, ja noin 20 % migmatiitteja (Aro ym. 1990). Maaperä koostuu kivennäismaalajeista, jotka ovat lähtöisin kallioperän kiviaineksesta tai pääosin kasvinjäänneistä syntyneistä eloperäisistä maalajeista. Irtaimien maalajien keskimääräinen paksuus on noin 5 metriä (Ahonen ym. 2015). Pinta-alastamme vain noin 3 % on avokallioita ja noin 12 % on sellaisia alueita, missä pintamaan paksuus on alle metrin. Joskus maaperä koostuu pelkistä kivistä ja lohkareista. Runsaimmin niitä esiintyy Pohjois-Suomessa, jossa pakkasrapautuminen on rikkonut kalliota rakoiksi. Kivennäismaalajit ovat Suomessa vallitsevia ja niistä yleisin on lähes kaikkialla tavattava moreeni. Moreeni on sekalajitteinen maalaji, joka sisältää eri raekokoja savesta lohkareisiin. Se on syntynyt mannerjäätikön irrottamasta ja kuljettamasta kallion kiviaineksesta. Moreeni esiintyy useimmiten kalliopinnan muotoja myötäilevänä ja tasoittavana peitteenä, mutta myös selänteinä ja kumpuina. Jäätikön alla kerrostunut pohjamoreeni on yleensä tiiviisti pakkautunutta. Moreenaineksesta koostuvia kohomuotoja ovat drumliinit, kumpumoreenit ja reunamoreeniselänteet. Drumliinit ovat jäätikön pohjassa syntyneitä, jäätikön virtauksen mukaan suuntautuneita muodostumia. Niiden korkeus vaihtelee metrillä 120 metriin. Kumpumoreenit ovat syntyneet joko jäätikön pohjassa tai sen päälle. Kumpujen korkeus on yleensä alle 10 metriä. Reunamoreenimuodostumat ja -vallit ovat syntyneet jäätikön reunassa tai reunan välittömässä läheisyydessä. Jäätikön sulamisvedet ja virtaavat vedet ovat huuhtoneet alustastaan irtaimia maalajeja ja kerrostaneet jäätikön alla, sisällä, päällä tai reunalle kivennäismaalajeja (sora, hiekka, siltti ja savi). Harjut, deltat sekä reuna- ja saumamuodostumat ovat syntyneet mannerjäätikön yhteyteen tai sen välittömään läheisyyteen. Ne ovat usein karkearakaisia ja paksuja muodostumia (Aro ym. 1990).

Itämeren rantaviivan muuttumiseen Suomen rannikolla ovat vaikuttaneet sekä maankohoaminen että valtamerenpinnan vaihtelut. Baltian jääjärvi oli valtameren pinnan yläpuolelle patoutunut makeavesinen vesiallas, joka laski valtameren Tanskan salmien kautta. Sitä mukaa kun jäätikön reuna perääntyi Etelä-Ruotsissa, Baltian jääjärvi

peitti yhä suuremman alueen ja ulottui vähitellen myös Suomenlahdelle ja Laatokalle. Mannerjäätikön reunan eteen kerrostuivat lopulta Salpausselät, joiden deltatasaanteiden avulla on määritelty Baltian jääjärven vedenpinnan korkeudet. Baltian jääjärvi-vaihe päättyi noin 11 500 vuotta sitten, kun mannerjäätikkö sulii Billingenin vuoren alueelta Keski-Ruotsissa Vättern-järven länsipuolella ja jääjärven pinta laski lyhyessä ajassa lähes 30 metriä valtameren pinnan tasoon. Yhteys valtameriin laajeni mannerjäätikön reunan perääntyessä Keski-Ruotsissa pohjoisemmaksi. Samalla valtameren suolainen vesi pääsi tunkeutumaan Itämereen jolloin alkoi Itämeren ensimmäinen merivaihe jääkauden jälkeen. Tätä vaihetta 11 590–10 800 vuotta sitten on kutsuttu Yoldiamereksi. Baltian jääjärven aikana oli Itämeren piirissä kerrostunut yksinomaan lustosavea, mutta Yoldiameren aikana kerrostui ensin lustosavea ja sitten homogeenista savea.

Jäätikön hävitessä Itämeren altaasta kohosi Billingenin salmen kynnys maankohoamisen vaikutuksesta vedenpinnan yläpuolelle ja yhteys valtameriin katkesi. Noin 10 800 vuotta sitten patoutunutta järveä kutsutaan Ancylysjärveksi, jonka alkuvaiheessa vielä osa Fennoskandiaa oli jäätikön peitossa. Tornionlaakso vapautui Suomen alueista viimeksi jäätiköstä noin 10 000 vuotta sitten. Korkeimmillaan Ancylysjärven pinta oli hieman yli 10 000 vuotta sitten ennen kuin sen lasku-uoma siirtyi tulvan seurauksena Tanskan salmiin. Vedenpinta laski nopeasti koko Ancylysjärven piirissä. Samanaikaisesti valtameren pinta nousi, ja noin 9 000 vuotta sitten syntyi Tanskan salmien kautta suora yhteys valtameristä Itämereen, jossa alkoi heikkosuolainen Litorinameren Mastogloiamerivaihe.

Valtameren pinnan noustessa suolaista vettä alkoi virrata Tanskan salmien kautta Itämereen, jolloin alkoi Litorinameren aika noin 9 000 vuotta sitten. Litorinameren pohjalle kerrostui liejusavia ja simpukka- ja kotilolöydöt osoittavat veden olleen nykyistä suolaisempaa. Valtameren pinnan nousu oli niin nopeaa, että maankohoamisen reunaosissa, mm. Kaakkois-Suomen rannikolla Helsingistä itään, vedenpinta nousi nopeammin kuin maa kohosi eli tapahtui transgressiota. On arvioitu, että valtameren pinta saavutti korkeimman tasonsa ehkä pari metriä nykyistä pintaa ylempänä – noin 8 000–7 000 vuotta sitten, minkä jälkeen se on vähitellen laskenut nykyiseen tasoonsa. Itämeren suolapitoisuus on myös vähentynyt valtameriyhteyden Tanskan salmien kautta madaltuessa. Suomen rannikolla on vedenpinta maankohoamisen vuoksi näennäisesti laskenut paljon enemmän (Haavisto-Hyvärinen & Kutvonen 2007).

Ilma, vesi ja maaperän ravinteita hyödyntävät organismit muuttavat maaperän koostumusta ja synnyttävät maannoksen. Maannoksen koostumus vaihtelee eri puolilla maapalloa ja sen luonteeseen vaikuttavat lähinnä ilmasto, topografia ja maaperän kemiallinen koostumus (Koljonen & Tanskanen 1992). Suomen metsämaiden yleisimmät maannostyyppit ovat yleisyysjärjestyksessä Podzol, Histosol, Arenosol ja Leptosol (IUSS Working Group WRB 2007, Tamminen & Tomppo 2008). Podzoleita on metsämaan maannoksista noin puolet, ja selvästi yleisin alaryhmä on Haplic Podzol. Haplic Podzolissa maannoksen rikastumiskerrokseen (B-horisontti) on kertynyt runsaasti rautaa ja orgaanista ainetta, siksi maannosta kutsuttiinkin aiemmin rauta-humus-podsoliksi. Histosol on orgaanisesta aineesta muodostunut maannos (usein suokerrostuma), ja sitä on metsämaiden maannoksista neljännes (Tamminen & Tomppo 2008). Arenosol-maannos on yhtenäinen sedimenttikerrostuma, jossa ei ole horisontteja havaittavissa, ja se koostuu karkearakeisista maalajeista. Kehittymättömiä Arenosoleja on noin 10 % kaikista maannoksista (Tamminen & Tomppo 2008). Leptosoleja eli ohuita maannoksia kallion tai louhikon päällä on myös lähes 10 % (Tamminen & Tomppo 2008).

Muita maannostyyppejä esiintyy vain muutamia prosentteja metsämaiden maannoksisista, kuten Regosol (kehittymätön hienojakoinen maannos), Gleysol (pohjaveden vaikutuksen alainen maannos), Cambisol (ruskomaannos) ja Fluvisol (tulvakerrostumista koostuva maannos).

Mahdollisesti haitallisten metallien ja puolimetallien luonnolliset pitoisuudet vaihtelevat eri puolella maatamme. Suomesta on tunnistettu arseeni- ja metalliprovinsseiksi nimettyjä alueita, joilla moreenimaan arseeni- tai metallipitoisuudet ovat usein suurempia kuin Suomessa keskimäärin (Jarva ym. 2010). Metalliprovinssin rajauksessa on käytetty moreenin koboltti-, kromi-, kupari-, nikkeli-, vanadiini- ja sinkkipitoisuuksia. Näillä alueilla voidaan usein käyttää maaperän taustapitoisuutta PIMA-asetuksen (A 214/2007) kynnysarvon sijaan maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa. Maaperän geokemiallisia taustapitoisuuksia käytetään myös kaivettujen maamassojen hyödyntämisessä.

Ympäristön kannalta haasteellisimpia maalajeja ovat happamat sulfaattimaat. Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperää, jossa korkea rikki- tai heikko puskurikyky aiheuttaa happamoitumista ja haitallisten aineiden liukoisuuden kasvua. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen liittyy edellä mainittuihin jääkauden jälkeisiin järvi- ja merivaiheisiin, jolloin rikkiä sedimentoitui laajoille alueille vesialueiden pohjille. Jääkauden jälkeisen maankohomaisen seurauksena kyseisiä sedimenttejä on nyt kuivalla maalla. Pohjanmaalla niitä on karkeasti 100 m korkeustasolle saakka (nykyisestä merenpinnasta) ja Etelä-Suomen rannikolla enimmillään 40 m korkeustasolle saakka. Happamien sulfaattimaiden arvioidaan kattavan noin 10 000 km² suuruisen alueen Suomen rannikkoalueesta (GTK:n HaSu-yleiskartoitus). Veteen kerrostuneiden sedimenttien lisäksi happamia sulfaattimaita voidaan tavata myös kallioperän mustaliuskevyyshyökköiden läheisyydessä, jolloin rikki on peräisin rapautuneesta kallioperästä.

Happamilta sulfaattimailta vapautuva happamuus ja metallit (muun muassa Al, Cd, Co, Cu, Mn, Zn, ja Ni) kuormittavat erityisesti rannikon jokivesistöjä, heikentäen niiden kemiallista ja ekologista tilaa. Happamat sulfaattimaat aiheuttavat myös ongelmia ja kustannuksia maan viljelyskäytölle, metsätaloudelle sekä infrarakentamiselle.

Vuonna 2009 hyväksytyssä vesienhoitosuunnitelmassa arvioidaan noin 30 Pohjanlahteen laskevan joen ja niiden edustalla olevan merialueen kärsivän happamien sulfaattimaiden aiheuttamista vakavista happamuusongelmista ja liuenneista metalleista (Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2011). Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen seurannan (strategian) väliraportissa (Keskisarja ym. 2018) todetaan, että erityisesti Pohjanmaalla alle 60 m korkeustasolla olevat jokivesistöt ovat kemialliselta tilaltaan hyvää huonommassa tilassa johtuen ympäristölaatu normien (muun muassa kadmium ja nikkeli) ylityksistä. Happamilta sulfaattimailta vesistöihin huuhtoutuvien myrkyllisten metallien määrä on kokonaisuudessaan arvioitu suuremmaksi kuin Suomen teollisuusjätevesien kuormitus on yhteensä (Sundström ym. 2002).

Happamat sulfaattimaat voivat aiheuttaa ympäristöongelmia infrarakentamisessa, mikäli rakennuskohteella alennetaan maaperän kuivatustasoa, tai kaivettuja massoja läjitetään hapellisiin olosuhteisiin (esim. massanvaihdot tai maaleikkaukset). Happamat

sulfaattimaat muodostavat myös tyypillisesti normaalista poikkeavat korroosio-olosuhteet maaperään (kemiallinen ja mikrobiologien korroosio), joka joudutaan huomiomaan betonin sekä teräksen mitoituksissa ja/tai suojuuksissa.

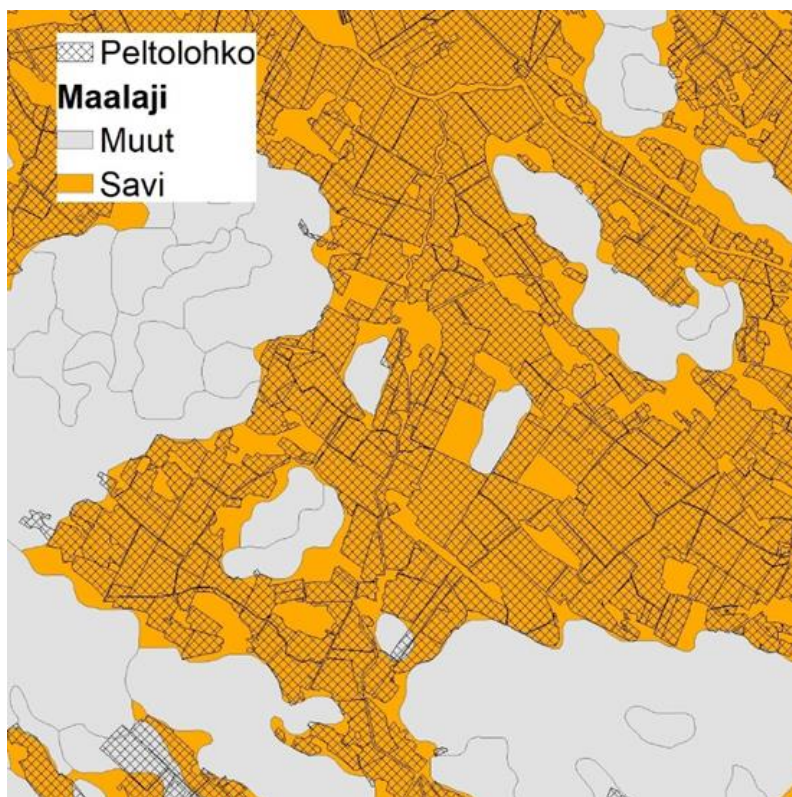
Kallioperän mustaliuskeet sisältävät myös runsaasti hiiltä ja rikkiä. Ne kerrostuivat merenpohjaan jo noin kaksi miljardia vuotta sitten. Hiili on kiteytynyt grafiitiksi ja rikkidisteet sulfideiksi, kuten rikkikiisuksi, magneetikiisuksi ja sinkkivälkkeeksi. Mustaliuskeet rapautuvat herkästi, jos pintavedet pääsevät huuhtelevaan kallioleikkauksiin ja lohkareita. Erityisesti tulivuoriperäisten kivilajien kanssa esiintyvät mustaliuskeet voivat aiheuttaa ympäristöriskejä, koska näiden kivilajien yhteydessä esiintyvien sulfidipitoisten malmiosueiden rapautuminen aiheuttaa happamoitumista. Kallioperästä irronneita mustaliuskekappaleita on myös kallon päällä olevissa irtaimissa maalajeissa ja mustaliuskeainesta on voinut levitä jäätikön kulkusuunnassa. Riskin kannalta erityisen merkityksellisiä mustaliuskealueita ovat sellaiset, joissa mustaliusketta on yli 3 metriä paksu kerros, se sisältää yli 3 % rikkiä ja mustaliuske sijaitsee lähellä maanpintaa tai on paljastuneena, esimerkiksi kalliopaljastumina ojan tai puron reunoilla tai pohjassa (Loukola-Ruskeeniemi ym. 2022). Mustaliuskeiden esiintyminen on otettava huomioon esimerkiksi kiviaineksen ja pohjavesien hyödyntämisessä.

6.2 Pellot

Jaakko Heikkinen, Riikka Keskinen, Riitta Lemola, Tapio Salo, Helena Soinne, Timo Räsänen, Luonnonvarakeskus

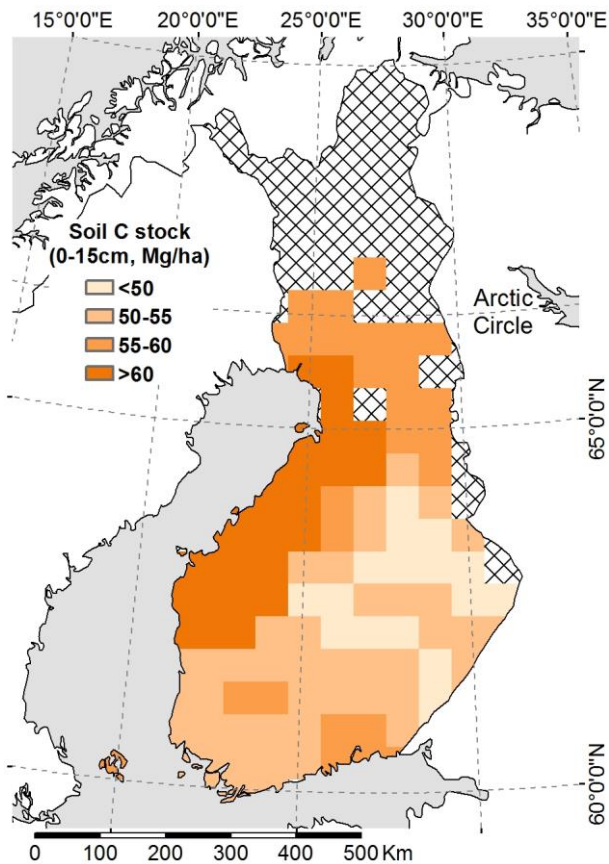
6.2.1 Hiilen määrä peltomaassa

Pohjoisten alueiden maaperään on varastoitunut paljon hiiltä. Suurelta osin tämä selittyy turvemaiden runsaudella, mutta myös kivennäismaissa on Pohjois-Euroopassa enemmän hiiltä kuin esimerkiksi Keski- tai Etelä-Euroopassa. Keskimäärin kivennäismaapeltoihin on sitoutunut hiiltä $8.4\text{--}9.8\text{ kg/m}^2$ (0-30 cm) riippuen maalajista ja pellon viljelyhistoriasta (Heikkinen ym. 2021). Hienojakoisiin maihin on sitoutunut keskimäärin enemmän hiiltä kuin karkeampiin maalajeihin. Maahan sitoutuneen hiilen määrä vaihtelee kuitenkin huomattavasti peltolohkojen välillä. Myös peltolohkon sisällä hiilen määrän vaihtelu on suurta (Heikkinen ym. 2021). Pinta-alaa kohti sitoutuneen hiilen määrä on peltomailla keskimäärin huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi metsämailla, joiden keskimääräinen hiilivarasto on BioSoil-aineiston perusteella noin 4.9 kg/m^2 0-40 cm maakerroksessa (Heikkinen 2008). Peltomaiden suurempi hiilivarasto johtuu siitä, että pelloiksi raivataan hienojakoisia ja kaikkein tuottavimpia maa-alueita. Esimerkiksi Etelä-Suomessa peltoalueet seuraavat hyvinkin tarkasti savi- maiden rajoja (Kuva 24).



Kuva 24. Etelä-Suomesta valitulla esimerkkialueella näkyy, kuinka pellot rajautuvat hyvinkin tarkasti maalajiltaan savimaille.

Koko Suomessa peltomaiden pintaosassa (0–15 cm) on noin 161 Mt hiiltä, josta 117 Mt kivennäismailla (Heikkinen ym. 2013). Keskimääräiset kivennäismaiden hiilivarastot ovat korkeimmat Pohjanmaan alueella ja pienimmät Itä-Suomessa (Kuva 25). Turvepeltojen pintaosaan (0–15 cm) hiiltä on varastoitunut 44 Mt. Turvepelloilla valtaosa hiilestä on kuitenkin varastoitunut muokkauskerrosta syvempiin kerroksiin. Kekkosen ym. (2019) arvion mukaan turvepelloista yli 60 % sijaitsee alueilla, missä turvekerroksen paksuus on yli 60 cm.



Kuva 25. Keskimääräinen kivennäismaapeltojen hiilivarasto (Mg/ha) (Heikkinen 2016).

Luken peltomaiden kemiallisen tilan seurannan (ks. Kappale 2.1.1.1) perusteella kivennäismaiden peltomaan pintakerroksen (0–15 cm) hiilipitoisuus on laskenut vuodessa keskimäärin 0.4 %, mikä vastaa noin 220 kg suuruista hiilivaraston hävikkiä hehtaarilta vuodessa (Heikkinen ym. 2013; 2022). Hiilen väheneminen maaperästä on ollut lähes suoraviivaista koko seurannan ajan 1974–2018. Maaperäseurannan perusteella hiilen määrän muutoksiin vaikuttavat useat tekijät, joista tärkeimpiä ovat pellon historiallinen maankäyttö, viljelytoimet ja ilmaston muuttuminen (Heikkinen ym. 2022). Historiallinen maankäyttö vaikuttaa maan hiilitaseeseen vuosikymmenien ajan. Erityisen nopeaa hiilen häviäminen on entisiltä turvemailta, jotka ovat muuttuneet kivennäismaiksi. Pitkään viljelyssä olleilla pelloilla hiilen määrän muutokset ovat vastaavasti pienempiä. Maaperäseurannan tulosten perusteella myös ilmastonmuutoksen havaittiin johtavan maaperän hiilen hävikkiin maasta. Syynä on se, että orgaanisen aineen hajoaminen kiihtyy ilmastonmuutoksen seurauksena nopeammin kuin maahan päätyvän hiilen määrä kasvaa.

Erityisen nopeaa hiilen häviäminen on turvepelloilta. Turvepellolla tapahtuvia muutoksia ei käytännössä pysty todentamaan maaperänäytteistä, kuten kivennäismailla, vaan arviot hiilivarastomuutoksista perustuvat maan hiilidioksidin tuoton mittaukseen. Esimerkiksi kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariorissa käytetään yksivuotisille kasvuksille päästökertoimena 7 900 kg hiiltä hehtaarilta ja vastaavasti nurmelle 5 700 kg

hiiltä hehtaarilta. Päästökertoimet perustuvat IPCC:n kokoamaan kirjallisuuskatsaukseen boreaalisen alueen turvemaista (IPCC 2014). Peltolohkokohtaiset kasvilajitiedot ovat saatavissa Ruokaviraston aineistoista vuodesta 1995 eteenpäin. Kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion perusteella turvemaiden hiilen väheneminen on koko maan tasolla moninkertaista verrattuna kivennäismaiden hiilivarastomuutoksiin.

6.2.2 Pääravinteet ja happamuus

Ajantasainen seurantatieto peltomaiden ravinnetilasta on keskeistä tehokkaan ruoantuotannon ja ravinteiden käytön mahdollistamiseksi sekä viljelyn haitallisten ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Pitkän aikavälin muutokset maaperän ravinteiden pitoisuuksissa heijastavat syötteen ja poistuman tasapainoa. Peltomaahan pääravinteita päätyy etupäässä lannoitteissa, lannassa ja maanparannusaineissa ja vähemmässä määrin ilmalaskeuman mukana, kun taas ravinteita poistuu korjatussa sadossa, valumavesissä ja eroosioaineksessa. Peltomaiden viljavuusfosforin (P), -rikin (S), -kalsiumin (Ca), -kaliumin (K), -magnesiumin (Mg) ja maan happamuuden (pH) trendejä eri maalajeilla on verrattu näiden ravinteiden laskennallisiin taseisiin ja kalkitusmääriin ajanjaksona 1974–2009 Keskinen ym. (2016) toimesta. Tässä raportissa tarkasteltavat tulokset kattavat aiemmin julkaistun aineiston lisäksi viimeisimmän KemValse-näytteenottokierroksen ravinnetulokset vuodelta 2018.

Viljavuusfosforin yleistrendi oli vuoteen 2009 saakka nouseva selvästi vähentyneestä P-lannoituksesta ja vesiensuojelutoimista riippumatta (Keskinen ym. 2016). Vuoden 2009 aineistossa ainoastaan karkeilla kivennäismailla voitiin havaita merkitsevää keskimääräisen P-luvun pienenemistä. Tosin vuosien 1998 ja 2009 välillä tehty erillistarkastelu osoitti jo toivottua P-luvun laskua mailla, joilla P-luku oli suuri ($>20 \text{ mg P l}^{-1}$). Uusimmat seurantatulokset vuodelta 2018 näyttävät keskimääräisten P-lukujen trendien kasvun pysähtyneen tai kääntyneen laskusuuntaan koko maan tasolla savilla, hienojakoisilla ja karkeilla kivennäismailla sekä multamailla (Kuva 26). Vain turvemailla ei nähdä merkitsevää ajallista muutosta. Tarkasteltaessa erikseen Itämeren ravinnekuormituksen kannalta keskeisiä alueita, kvadraattinen (tasoittuva/laskusuuntaan kääntyvä) trendi nousee merkitseväksi etelässä karkeilla kivennäismailla ja savimailla ja lännessä multamailla. Vuoden 2018 aineistossa keskimääräinen viljavuusluokka on savimailla tyydyttävä, karkeammilla kivennäismailla välttävä-tyydyttävä, multamailla välttävä ja turpeilla hyvä.

Viljavuusrikin keskimääräisessä pitoisuudessa nähtiin vuoden 2009 aineistossa laskua, joka 2018 tulosten perusteella näyttää kuitenkin jääneen notkahdukseksi (Kuva 26). Vuoden 2018 aineistossa keskimääräinen viljavuusrikin pitoisuus on kaikilla maalajeilla viljavuusluokassa hyvä.

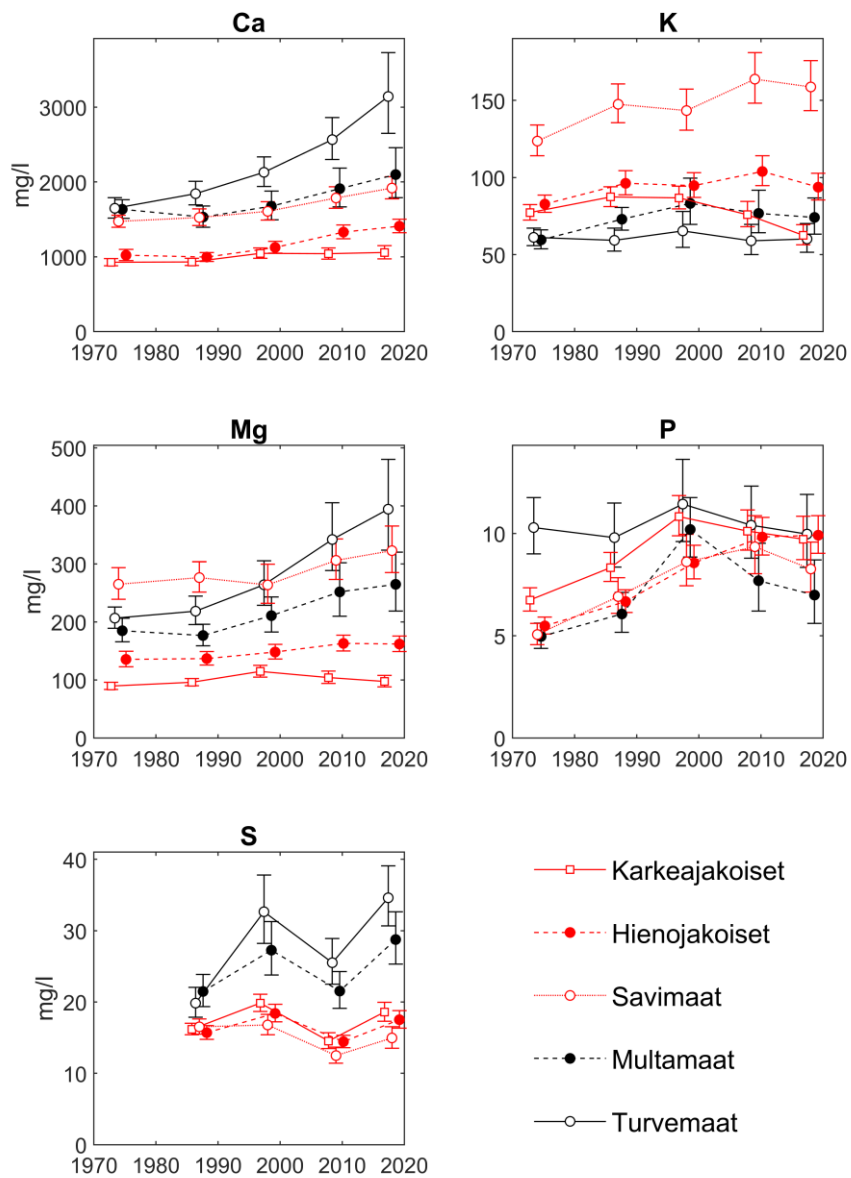
Viljavuusuttoisen kalsiumin yleistrendi on noususuuntainen kaikilla maalajeilla (Kuva 26). Vuoden 2018 aineistossa keskimääräinen viljavuusluokka on savimailla välttävä, karkeammilla kivennäismailla välttävä-tyydyttävä, multamailla tyydyttävä ja turpeilla hyvä.

Viljavuuskaliumin keskimääräiset pitoisuudet ovat seurantajakson alun noususuuntauksen jälkeen tasaantuneet savimaita lukuun ottamatta ja karkeilla kivennäismailla trendi on kääntynyt laskuun (Kuva 26). Turvemailla ei koko maan tasolla havaita merkitsevää trendiä viljavuuskaliumin suhteen. Vuoden 2018 aineistossa viljavuuskalium on kaikilla maalajeilla keskimäärin välttävissä viljavuusluokassa.

Viljavuusmagnesiumin trendi on yleisesti noususuuntainen, mutta karkeilla kivennäismailla keskimääräinen magnesiumiluku on kääntynyt laskuun (Kuva 26). Vuoden 2018 aineistossa keskimääräinen magnesiumin viljavuusluokka on savimailla tyydyttävä, karkeammilla kivennäismailla välttävä-tyydyttävä ja eloperäisillä mailla hyvä.

Maan happamuutta kuvaavan pH-luvun yleistrendi on ollut nouseva, mutta viimeisimmän seurantakerroksen tulosten perusteella nousu on tasoittunut ja mineraalimailla trendi näyttää taittuneen laskusuuntaan (Soinne ym. 2022). Vuonna 2018 kerätyn aineiston mukaan viljelymaiden pH on keskimäärin välttävällä-tyydyttävällä tasolla (5,8 karkeat kivennäismaat, 5,9 savimaat, 5,5 multamaat ja 5,3 turvemaat).

Suomen peltojen viljavuuden suhteen on huolehdittava erityisesti karkeiden maiden riittävästä ravinteisuudesta ja riittävästä kalkituksesta.



Kuva 26. Keskimääräisen viljavuusfosforin (P), -rikin (S), -kalsiumin (Ca), -kaliumin (K), ja -magnesiumin (Mg) pitoisuuksien (mg litrassa maata) ajalliset trendit 1974–2018 savimailla, hienojakoisilla ja karkeilla kivennäismailla, multamailla sekä turvemaa peltomaiden seurantatutkimuksen koko maan aineistosta laskettuna.

6.2.3 Hivenravinteet ja haitalliset metallit

Hivenaineiden (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) ja haitallisten metallien (Al, Cd, Pb) pitoisuuksia sekä pitoisuuksissa vuosien 1974 ja 2018 välillä tapahtuneita muutoksia on tutkittu hyödyntäen peltomaiden kemiallisen tilan seurantatutkimuksen näytteitä (Soinne ym. 2022). Alkuaineiden uuttamisessa maasta on käytetty hapanaammoniumasetaatti-EDTA-liuosta (Lakanen & Erviö, 1971) ja tulosten katsotaan edustavan helppoliukoisten hivenravinteiden ja metallien pitoisuuksia maassa. Soinne ym. (2022) tutkimuksessa ei havaittu huolestuttavaa hivenravinnepitoisuuksien laskua suomalaisissa peltomaissa. Kivennäismaissa hivenaineiden osalta ainoastaan Zn-pitoisuuksissa havaittiin laskeva trendi ja trendi oli tilastollisesti merkitsevä vain karkeissa maissa. Karkeissa kivennäismaissa myös Cd-pitoisuudet olivat laskeneet vuodesta 1974. Multa- ja erityisesti turvemaisissa hivenaine- ja raskasmetallipitoisuudet olivat pääasiassa nousseet viimeisten vuosikymmenten aikana. On kuitenkin huomioitava, että paikallisesti B:n, Cu:n, Mn:n, Mo:n ja Zn:n pitoisuudet maassa voivat olla alhaisia ja siksi hivenravinnepitoisuuksien seuraaminen sekä tarvittaessa lannoituksesta huolehtiminen on kasvien riittävän hivenravinteiden saannin varmistamiseksi tärkeää.

6.2.4 Viljavuusanalyysit

Suomen peltomaista oli 29 % savia, 62 % karkeita kivennäismaita ja 9 % eloperäisiä maita vuosien 2015–2019 viljavuusnäytteiden perusteella. Peltomaiden keskimääräinen fosforipitoisuus Suomessa on laskenut 20 vuoden aikana 26 %. Se oli vuosina 1996–2000 keskimäärin 14,5 mg/l ja vuosina 2015–2019 keskimäärin 10,7 mg/l (Taulukko 17). Suhteellisesti eniten fosforiluvut ovat laskeneet Lapissa (45 %) ja Kainuussa (43 %), kun vähiten muutosta on tapahtunut Pohjanmaalla (18 %), Etelä-Pohjanmaalla (22 %) ja Varsinais-Suomessa (23 %) (Lemola ym. 2023).

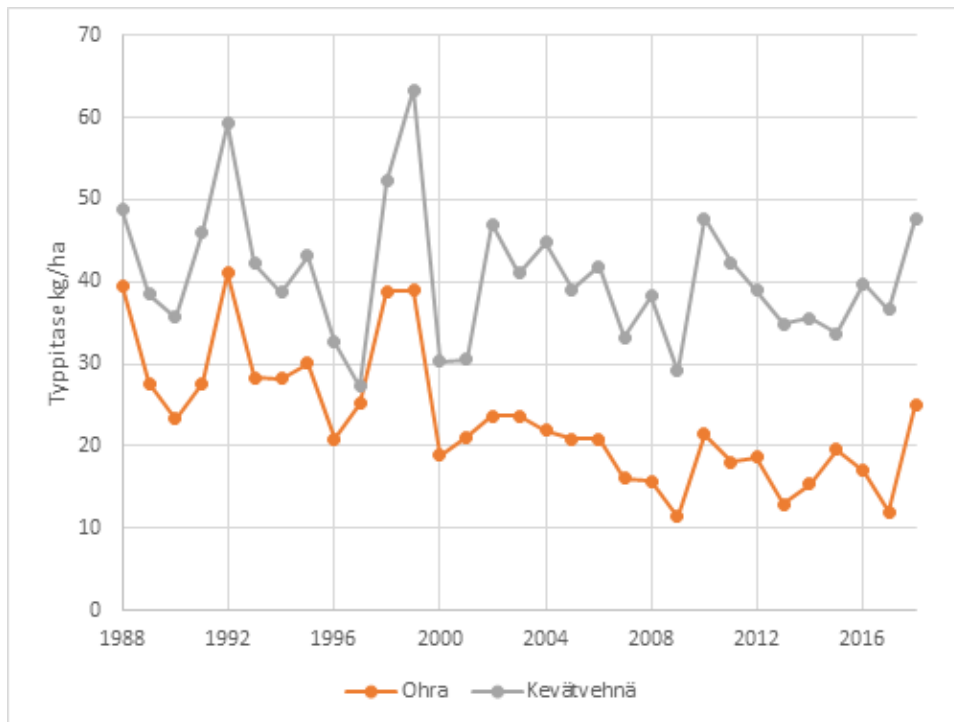
Taulukko 17. Viljavuusnäytteiden lukumäärä ja keskimääräinen fosforipitoisuus (mg/l) vuosina 1996–2000, 2005–2009, 2010–2014 ja 2015–2019 vuoden 2021 mukaisilla ELY-keskusalueilla, Ahvenanmaalla ja koko Suomessa.

Alue	1996–2000		2005–2009		2010–2014		2015–2019	
	lkm, kpl	P, mg/l	lkm, kpl	P, mg/l	lkm, kpl	P, mg/l	lkm, kpl	P, mg/l
Uusimaa	92 175	13,0	81 648	11,2	72 675	10,4	70 090	9,1
Varsinais-Suomi	127 334	18,5	119 916	17,2	112 140	15,7	108 824	14,0
Satakunta	54 786	20,9	62 019	17,8	52 024	16,5	54 253	14,0
Häme	89 395	13,6	84 144	12,0	72 220	11,0	73 257	9,2
Pirkanmaa	73 201	10,1	73 243	9,3	62 024	8,6	66 591	7,5

Kaakkois-Suomi	63 046	12,9	59 154	11,3	53 947	10,2	50 930	9,0
Etelä-Savo	40 806	13,8	34 333	11,9	35 796	10,9	33 257	9,8
Pohjois-Savo	66 814	11,8	74 222	10,5	54 696	10,0	61 795	8,8
Pohjois-Karjala	41 459	11,6	41 059	9,8	27 926	9,2	32 386	8,2
Keski-Suomi	45 478	11,5	47 514	10,0	34 363	9,4	36 305	8,2
Etelä-Pohjanmaa	85 152	14,4	113 486	12,7	114 120	11,9	117 316	10,8
Pohjanmaa	34 387	18,3	78 368	16,6	69 441	16,1	76 336	15,0
Pohjois-Pohjanmaa	42 214	15,5	101 143	13,1	13 378	11,5	57 256	9,7
Kainuu	10 829	14,4	13 272	11,2	7 299	9,7	10 003	8,2
Lappi	12 290	18,7	22 396	14,1	5 444	11,7	11 698	10,2
Ahvenanmaa	554	32,9	2 631	21,6	10 328	21,1	7 220	21,6
Koko maa	879 920	14,5	1 008 548	13,0	797 822	12,2	867 517	10,7

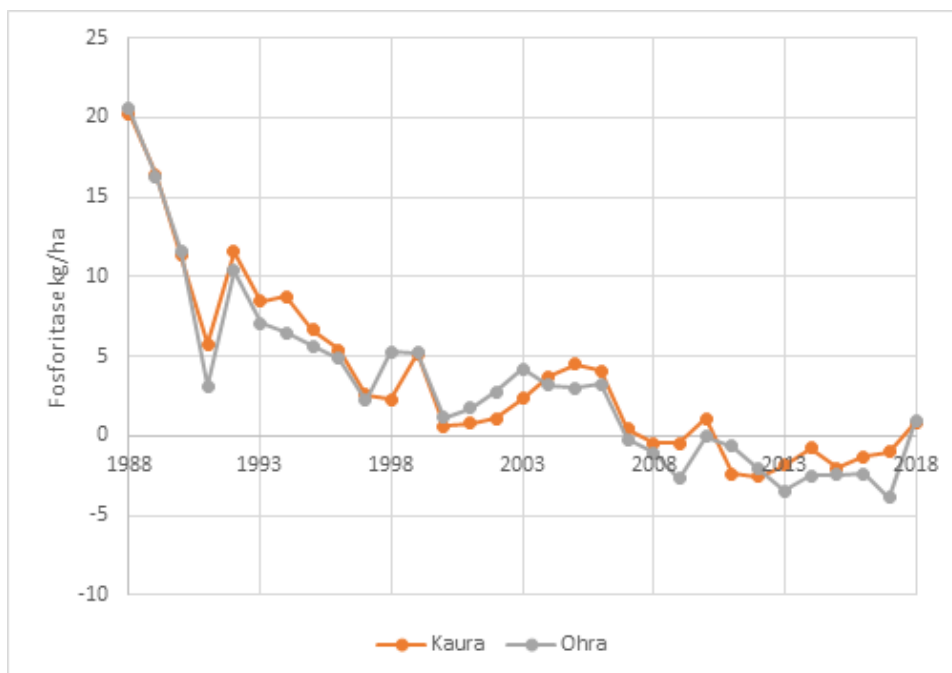
6.2.5 Peltojen ravinnetaseet

Peltolohkojen typpi- ja fosforitaseet laskettuna lannoituksessa annettujen ja sadossa poistuneiden ravinteiden erotuksena ovat alentuneet 1980-luvun lopusta alkaen saman suuntaisesti kuin tilastotietojen perusteella laskettavat koko maan ja alueiden ravinnetaseet (Luke 2023b). Lohkokohtaiset ravinnetaseet osoittavat viljelykasvien väliset erot, koska esimerkiksi kevätvehnä vaatii yleensä muita viljoja suuremman typpilannoituksen tuottaakseen laadukasta satoa (Kuva 27) ja toisaalta rypsin siemenissä poistuu vähemmän ravinteita kuin viljojen jyvissä. Viljelykasvien taseiden vuosittaiset vaihtelut ovat suuria, koska epäedullisten kasvukausien kohdalla sadot ja ravinteiden otto jäävät pieniksi ja taseet nousevat suuriksi.



Kuva 27. Ohran ja kevätvehnän liukoisen typen taseet lohkokirjanpitoaineistojen (Turtola ym. 2017 ja Ovaska ym. 2021) mukaan 1988–2018.

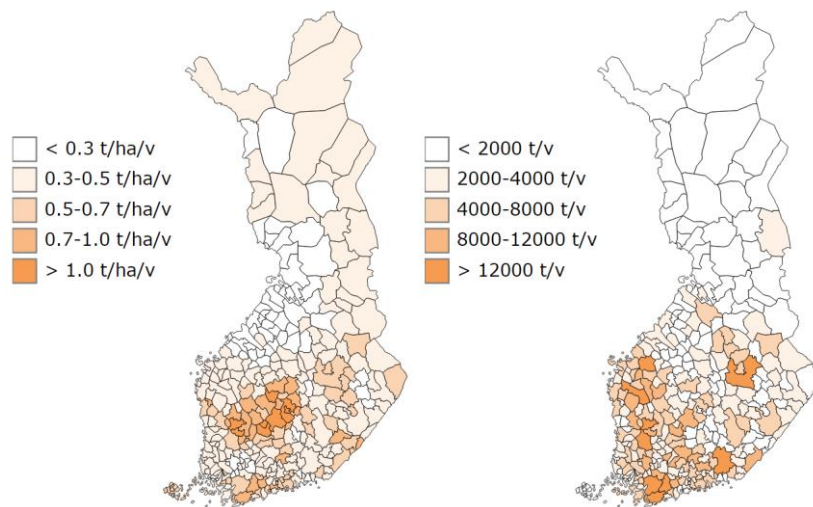
Fosforitaseet ovat alentuneet tarkastelujaksona selvästi, ja 2010-luvun lopulla viljojen taseet ovat yleensä nollan alapuolella (Kuva 28). Fosforilannoitusosuudet olivat korkeat 1970- ja 1980-luvuilla, minkä seurauksena peltomaiden fosforipitoisuudet nousivat ja nykyiset matalat fosforitaseet ovat riittäneet nykyisiin satotasoihin.



Kuva 28. Kauran ja ohran fosforitaseet lohkokirjanpitoaineistojen (Turtola ym. 2017 ja Ovaska ym. 2021) mukaan 1988–2018.

6.2.6 Vesieroosio

Eroosion vaikutuksia peltomaiden laatuun tai satojen suuruuteen on tutkittu vähän, mutta eroosion vesistövaikutukset tiedetään kuitenkin merkittäviksi. Suomalaiset pelot ovat hydrologisesti hyvin kytkeytyneitä vesistöihin tehokkaan kuivatuksen (salaojitus ja avo-ojat) vuoksi, joka edistää maa-aineksen kulkeutumista vesistöihin. Eroosio aiheuttaa vesistöjen samentumista, liettymistä ja rehevöitymistä vaikuttaen veden laatuun ja vesiekosysteemeihin. Peltomailla tehtyjen mittausten perusteella pitkän aikavälin keskimääräinen eroosion suuruus vaihtelee välillä 50–2 010 kg/ha vuodessa, mutta vuositasolla on mitattu yli 4 600 kg/ha vuodessa (Räsänen ym. 2023). Matemaattisilla malleilla tehdyt ennusteet osoittavat, että paikallisesti peltolohkojen sisällä eroosio voi olla vielä vieläkin suurempaa kuin mitä mittauksissa on arvioitu (Räsänen ym. 2023). Koko maan tasolla matemaattisilla malleilla on arvioitu, että peltomaiden eroosio on keskimäärin 430-460 kg/ha vuodessa (Kuva 29), kun otetaan huomioon toteutuneet viljely- ja maanmuokkaustoimenpiteet (Lilja ym. 2017c, Räsänen ym. 2023). Koko maan tason eroosioarvioihin liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia, sillä eroosiomittauksia, joita vasten malleja sovitetaan on vähän, minkä vuoksi koko maan kattavat mallitulokset saattavat olla aliarvioita. Voidaankin sanoa, että vesieroosion tarkkaa suuruutta ja sen vaikutuksia peltojen tilaan ei tunneta kovin hyvin Suomessa.



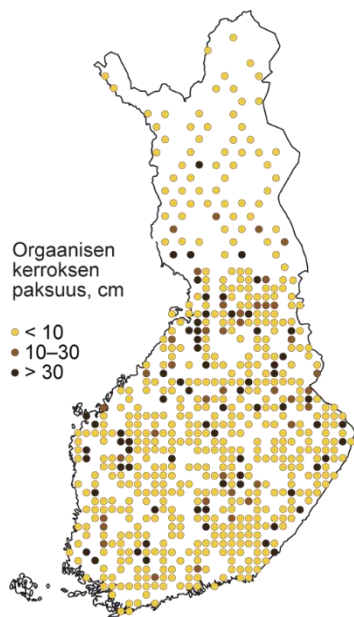
Kuva 29. RUSLE-mallilla arvioitu vesieroosion suuruus (tonnia vuodessa) kunnittain huomioiden vuoden 2019 peltolohkokohtaiset viljely- ja maanmuokkaustoimenpiteet (<https://www.luke.fi/fi-ti-lastot>).

6.3 Metsämaat

Hannu Ilvesniemi, Antti-Jussi Lindroos ja Taina Pennanen, Luonnonvarakeskus

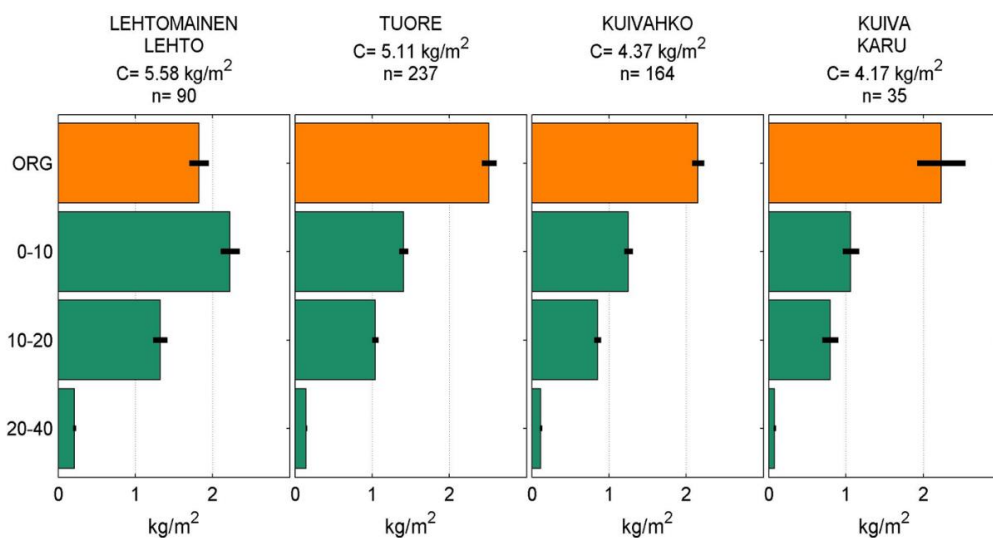
6.3.1 Hiilen määrä metsämaassa

Suomen metsien runkokuun kuutiomäärä, ja sen perusteella johdettujen puun muiden osien määrä tunnetaan hyvin jo vuosikymmenien ajan toistuneiden Valtakunnan Metsien Inventointien ansiosta. Puuston määrän avulla voidaan arvioida varsin tarkasti puuston sisältämän hiilen ja ravinteiden määrä. Maaperän hiilivaraston koko on mitattu kahdesti 636 kohteen otoksella kahdeksannen inventoinnin pysyviltä koelaitoilta (Kuva 30).

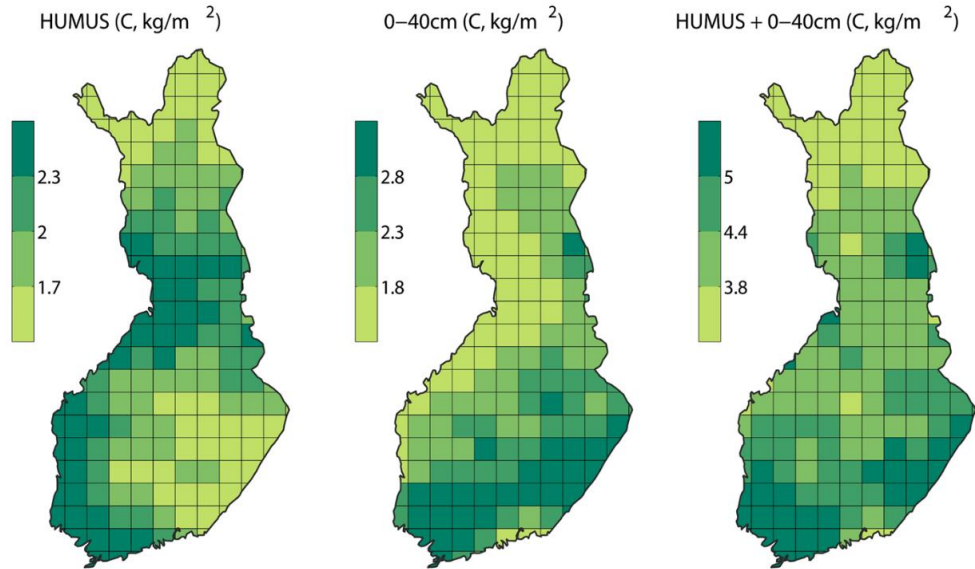


Kuva 30. VMI8:n kysyvillä koelaloilla toteutetussa BioSoil hankkeessa käytetty koelaverkko ja kohteella mitattu orgaanisen kerroksen paksuus.

Viljavinta kasvupaikkatyyppiä (OMT, OMaT) lukuun ottamatta hiiltä on eniten kivennäismaan päällä olevassa orgaanisessa kerroksessa (2,1-2,5 kg m⁻²) (Kuva 31). Maaperän sisältämän hiilen kokonaismäärä alenee kasvupaikan viljavuuden mukaisesti siten että viljavimmilla kasvupaikoilla keskimääräinen hiilen määrä on n. 5,6 kg m⁻² ja karuimmilla kasvupaikoilla n. 4,6 kg m⁻² (Heikkinen 2008). Maaperässä olevan hiilen kokonaismäärä laskee etelästä pohjoiseen. Orgaanisen kerroksen hiilen määrässä näkyy aikaisempi maankäytön historia siten, että voimakkaasti kasketuilla alueilla Itä-Suomessa hiilen määrä on pienempi (Kuva 32).



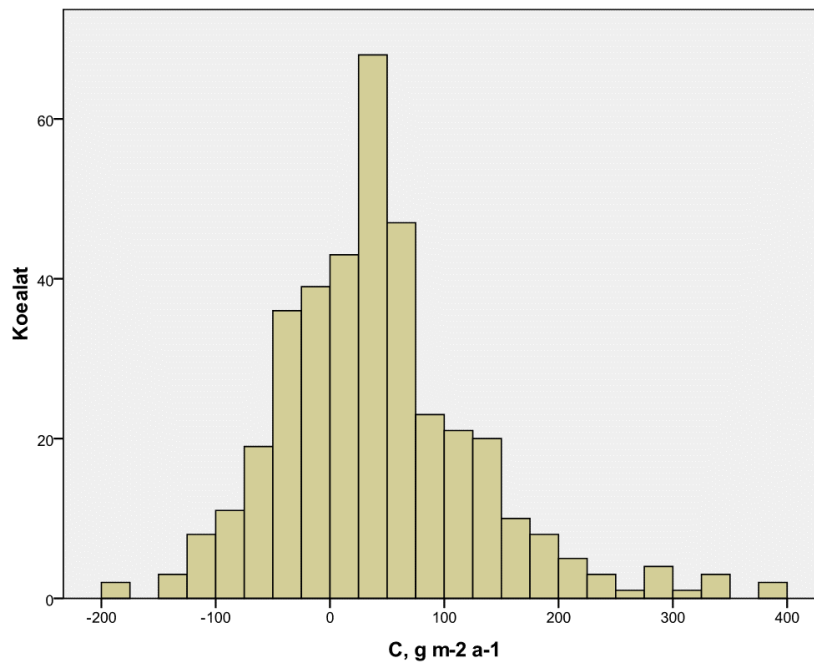
Kuva 31. Hiilen keskimääräinen määrä kivennäismaiden metsien maaperässä eri syvyyksillä. Org viittaa kivennäismaan päällä olevaan humuskerrokseen.



Kuva 32. BioSoil-hankkeessa mitattu maaperän hiilen määrä Suomen eri osissa.

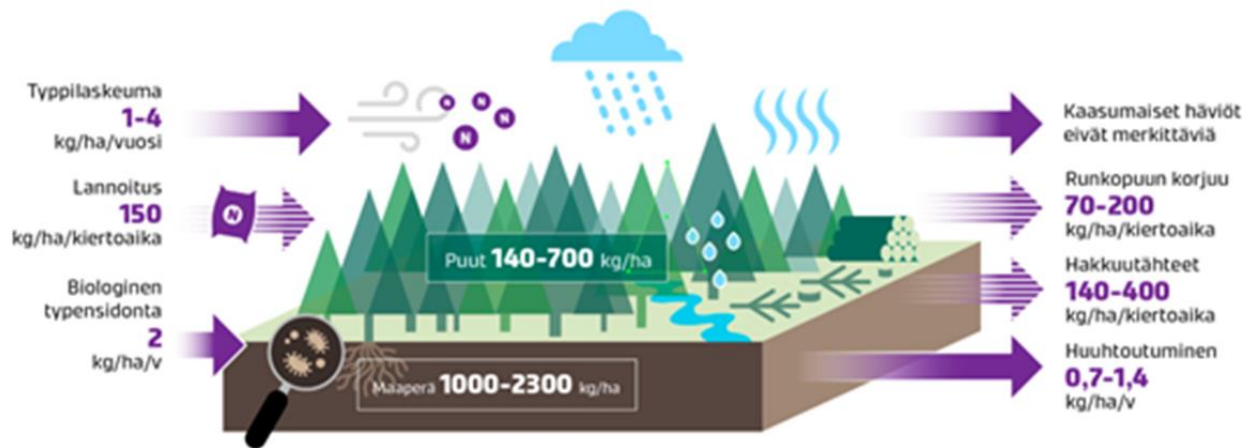
Muissa hankkeissa Valtakunnan metsien 8. inventointiin (1986–1994) pohjautuvaan aineistoon perustuneessa tutkimuksessaan Kauppi ym. (1997) laskivat Suomen kangasmaiden hiilimääräksi 1 536 Tg C, kun maan pinta-alasta jätettiin pois vesistöt sekä suot. Neliömetrille saatiin arvo 10,7 kg C. Tästä 3,4 kg oli sitoutuneena kasvillisuuteen, josta taas 2,1 kg kasvillisuuden maanpäälliseen osaan. Maaperän ensimmäiseen 75 cm:iin hiiltä oli sitoutunut 7,2 kg C m⁻² (Kauppi ym. 1997). Liski ja Westman (1997) saivat kangasmaiden hiilimääräksi 1109 Tg C, josta 315 Tg C (28 %) oli sitoutunut orgaaniseen kerrokseen. Ilvesniemi ym. (2002) saivat Suomen kangasmaiden maaperän hiilen määräksi 921 Tg C (orgaaninen kerros + kivennäismaa 0-40 cm). Heidän tutkimuksessaan orgaanisen kerroksen hiilen määrä oli keskimäärin 2,09 kg C m⁻² ja vastaavasti 40 cm kivennäismaakerroksessa 3,43 kg C m⁻².

Arvioitaessa hiilen kertymistä maahan voimme käyttää samoilla paikoilla kahtena eri ajankohtana (1986–89 ja 2006) tehtyjen hiilen määrän mittauksien erotusta. Mittaustuloksissa on suurta vaihtelua, mutta koko aineistossa muutos mediaanilukuna ilmaistuna oli 34,4 g C m² v⁻¹ (Kramarenko 2012) (Kuva 33). Uuden aikasarjapisteen hankkiminen toteuttamalla BioSoil-hankkeen näytteenotto ja analysointi uudestaan olisi välttämätöntä muutosarvion vahvistamiseksi.



Kuva 33. Kahden perättäisen mittauskerran erotuksena laskettu hiilen määrän muutos kohteilla.

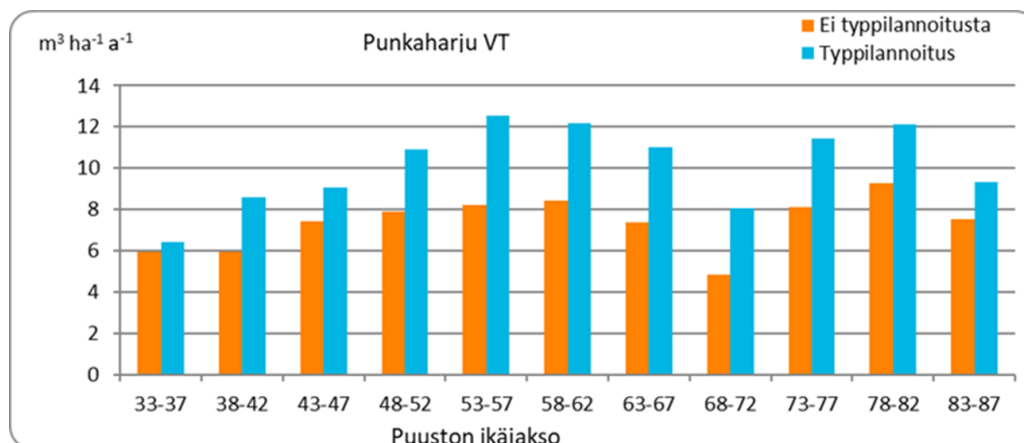
Typeä tulee metsäekosysteemiin laskeuman ja maamikrobien typen sidonnan kautta sekä typpilannoituksena. Typeä poistuu metsästä valuvan veden mukana vesistöihin ja jonkin verran myös ilmakehään. Puihin ja maaperään on sitoutunut huomattavasti suurempia määriä typpeä kuin mitä kasvupaikalle tulee sateen mukana. Metsissä typpi kiertää metsän sisällä puiden ravinteiden oton, kariketuoannon ja hajotuksen välillä. Kuvassa 34 esitetyt luvut edustavat suuruusluokkia erityyppisissä metsissä Suomessa.



Kuva 34. Typen tulo kivennäismaan metsäekosysteemiin ja sen poistuminen sieltä. Puihin ja maaperään on sitoutunut huomattavasti suurempia määriä typpeä kuin mitä typpeä poistuu. Typpi myös kiertää metsän sisällä. Leppien typensidontaa ei ole otettu huomioon. Luvut edustavat suuruusluokkia erityyppisissä kivennäismaan metsissä Suomessa. Lähde: Lehto & Ilvesniemi (2023).

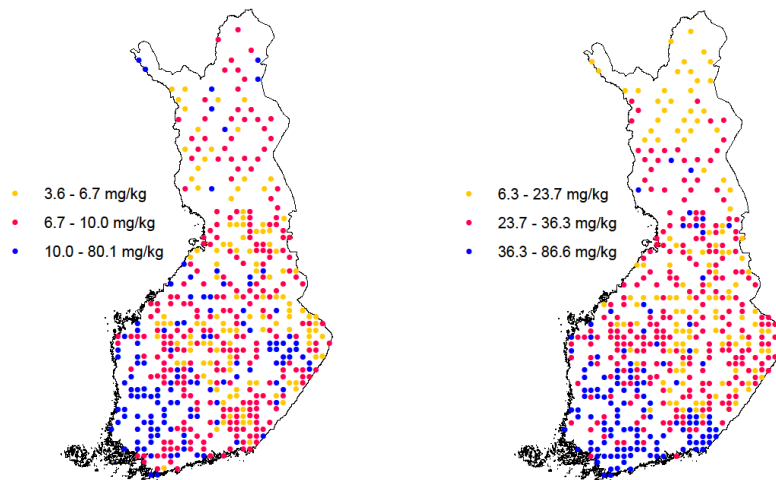
Valtaosalla kivennäismaiden metsiä typpi on niin voimakkaasti kasvua rajoittava ravinne, ettei muiden ravinteiden (kalium, fosfori, magnesium kalsium) puutoksia synny.

Keski-ikäisillä (VT, MT) kivennäismaakohteilla typpilannoitus lisää puuston kasvua selvästi. Yhden lannoituskerran (150 kg N ha⁻¹) lannoitusvaikutus on tyypillisesti 10-20 m³ ha⁻¹ ja lannoituksen vaikutusaika noin 10 vuotta, kuusikoissa jonkin verran männiköitä pidempi. Lannoitusvaikutus toistuu peräkkäisissä lannoituksissa samankaltaisena eli lannoituksella voidaan lisätä metsien hiilinielua niin haluttaessa (Kuva 35).



Kuva 35. Toistuvien lannoitusten vaikutus puuston kasvuun puolukkatyyppin metsässä.

BioSoil-hankkeessa mitattiin myös muiden ravinteiden kuin typen kokonaismäärät ja vaihtuvien ravinteiden määrät ja tiedot ovat käytettävissä vertailuaineistona eri tarkoituksiin. Aineistossa ei havaittu haitallisen korkeita raskasmetallipitoisuuksia (Kuva 36).



Kuva 36. Kuparin (vas) ja lyijyn määrät metsämaassa

Puun korjuu vaikuttaa metsäekosysteemin ravinnetaseen; esimerkiksi kokopuun korjuussa ravinnepoistumat ovat suurempia kuin korjattaessa pelkästään runkopuuta (Ukonmaanaho ym. 2018). Kun halutaan palauttaa puunkorjuussa menetettyjä ravinteita, esimerkiksi tuhkalannoitusta ja typpilannoitusta voidaan käyttää myös kangasmailla (Mälkönen 2003, Huotari 2012). Puuntuhka sisältää kaikkia keskeisiä ravinteita puuston kannalta oikeassa suhteessa lukuun ottamatta typpeä, joka haihtuu puun palaessa (Karlton ym. 2008). Tuhkalannoituksella on maata neutraloiva vaikutus, eli maan pH kohoaa (Eriksson 1998, Eriksson ym. 1998, Saarsalmi ym. 2001, Saarsalmi ym. 2014).

6.3.2 Metsämaan orgaaninen aines ja hiilivarasto ja sen yhteys ravinnetilaan

Metsämaan ravinnetila vaikuttaa biomassan tuotantoon ja edelleen metsäekosysteemin orgaanisen aineksen ja hiilen määrään kuten edellä on esitetty typpilannoituksen osalta kangasmailla. Näin ollen on tärkeä seurata metsämaan ravinnetilaa säännölli-

sesti valtakunnallisilla kartoituksilla, pitkäaikaisilla kenttäkokeilla ja yksittäisillä tutkimuksilla. Typpilannoituksella voidaan haluttaessa lisätä kangasmaiden metsäekosysteemin biomassaa ja hiilimääriä.

Ilmaston lämpeneminen lisää puiden kasvua, jos sitä ei rajoita esimerkiksi vesitalous ja tarvittavien ravinteiden riittävä saanti tai epävakaaat talviolot tai kuivuus. Lisääntyvä kasvua varten tarvitaan suurempia ravinnemääriä (Lindroos ym. 2023). Myös hiilidioksidipitoisuuden nousu voi teoriassa lisätä kasvua, mutta ravinteiden niukkuus voi rajoittaa kasvua (Lindroos ym. 2023). Metsäekosysteemiin ilmakehästä tuleva typpilaskeuma muodostaa typen syötteen kangasmaiden metsäekosysteemille verrattuna hakkuissa poistuviin typpimääriin nähden (Merilä ym. 2014), ja typpilannoitusta voidaan käyttää haluttaessa lisäämään metsäekosysteemin biomassan määrää.

Tarkasteltaessa lannoituksen vaikutusta puuston kasvuun, kivennäismailla kasvuvaste ja sen myötä hiilen sitoutuminen metsään ja maahan syntyy lähinnä lisätyn typen määrän vaikutuksesta. Turvemaidella fosfori ja kalium, mutta myös esimerkiksi tuhkan mukana tulevat muut pää- ja hivenravinteet lisäävät puuston kasvua, mutta lannoituksen vaikutusta hiilitaseeseen on vaikea kvantifioida turpeen suuresta hiilivarastosta johtuen. Haitallisten metallien määrät ovat lannoitteissa niin alhaiset, ettei niistä odoteta seuraavan haitallisia vaikutuksia.

Kangasmaiden ravinnetilaa tulee jatkossa seurata tarkasti, ja ravinteita lisäämällä voidaan vaikuttaa biomassan ja hiilen määrään. Muuttuvassa ilmastossa monet ravinnepuutokset voivat tulla myös ajankohtaisiksi. Tarkkailtavia ravinteita ovat esimerkiksi fosfori ja rikki (Lehto & Ilvesniemi 2023).

6.3.3 Metsämaiden monimuotoisuus

Metsämaiden eliöiden monimuotoisuudesta Suomessa ei ole seurantatietoa. Tietovaje johtuu biologisen maaperäseurannan puuttumisen lisäksi myös siitä, että perinteiset mikrobiologiset tutkimusmenetelmät mahdollistavat yleensä vain mikrobien kokonaismäärän mittaamisen. Vasta viime vuosina ovat yleistyneet eDNA-pohjaiset menetelmät, jotka tarjoavat mahdollisuuden saada tietoa myös maaperän pieneliöiden laji- tai sukutason monimuotoisuudesta.

Erityyppisten metsämaiden luontaisesta monimuotoisuuden vaihtelusta tiedetään vain vähän, mutta maaperämikrobien kokonaismääriä tutkittaessa on havaittu, että kasvupaikan aleneva viljavuus lisää yleisesti maaperän sienien osuutta suhteessa bakteeribiomassaan (Pennanen ym. 1999) ja symbionttisten juuristosienien merkitys kasvaa Suomessa pohjoisia leveysasteita kohti (Helmisaari ym. 2009). Lukuisiin yksittäisiin metsänkäsittelykokeisiin perustuvien tutkimuksien perusteella tiedetään, että hakkuut vähentävät etenkin puiden symbionttisten juuristosienien lajistoa (Huusko ym. 2015). Metsänhoitomenetelmillä, kuten säästöpuilla, voidaan yleisimpien symbionttisten juuristosienien vähenemistä hillitä, mutta tuoreissa eDNA-pohjaisissa tutkimuksissa on havaittu, että harvinaisempiin lajeihin sillä ei ollut vaikutusta (Sterkenburg ym. 2019). Eri metsänhoidon menetelmät vaikuttavat myös maaperäeläimien määrään ja lajistoon (Siira-Pietikäinen & Haimi 2009).

Metsän typpi- ja tuhkalannoitusten merkitystä maan eliöstöön on myös tutkittu yksittäisten koeasetelmien avulla, ja niiden tiedetään aiheuttavan maaperän eliöstön määrään muutoksia, ilmeisesti pääasiassa käsittelyjen maaperäkemiallisen vaikutuksen kautta.

Typpilannoitus mm. vaikuttaa symbionttisten juuristosienten säätelemään isäntäpuun typen oton mekanismeihin ja tuhka puolestaan suosii pH:n noususta hyötyviä maaperäbakteereita. Yleisesti raportoidaan maahengityksen nousua tuhkalannoituksen myötä, mikä on liitetty muuttuneeseen ja biomassaltaan kasvaneeseen bakteeriyhteisöön (Bang-Andreasen ym. 2017). Tuhkalannoituksen aiheuttamat vaikutukset saattavat kuitenkin olla hyvin ekosysteemikohtaisia sillä Suomesta on tietoa vain ojitettujen turvemaiden osalta, ja niissä tuhka lisäsi sekä symbionttisten että lahottajasienten määrää (Peltoniemi ym. 2016). Myös Latviassa pitkäaikaisessa kenttäkokeessa turvepohjaisella metsämaalla havaittiin symbionttisten juuristosientien lajistossa selviä muutoksia, vaikka positiivinen vaikutus niiden monimuotoisuuteen oli hyvin pieni (Klavina ym. 2016).

Typpilannoituksen vaikutuksista ei ole Suomesta tiedossamme monimuotoisuustutkimuksia, mutta perinteisillä biomassaan keskittyvillä menetelmillä typpilannoituksen on Ruotsissa havaittu vähentävän sekä bakteerien ja sienten biomassaa (Demoling ym. 2008). Toisaalta tuoreessa peräti 125 koealaa käsittävässä ruotsalaistutkimuksessa typpilannoitus lisäsi sienibiomassaa (Jørgensen ym. 2022). Tuloksien vaihtelua voi selittää se, että (mineraali)typpilannoitus voi vähentää isäntäpuille suoraan maan orgaanisesta aineksesta typpeä ottavien symbionttisten juuristosienilajien merkitystä ja siten puu vähentää hiilen syöttöä kyseisille sienilajeille, mikä voi johtaa muutoksiin sieniryhmien keskinäisissä määräsuhteissa. Jørgensen ym. (2022) osoittivat että typpilannoitus vähentää puille orgaanista typpeä tehokkaasti ottavia sieniä, kuten eräitä seitikkilajeja, mutta lisää etenkin varpujen juuristoissa eläviä kotelosieniä. Maan pintakasvillisuudella, mikrobilajiston koostumuksella ja maaperän hiilen määrällä onkin uusien ruotsalaiskokeiden mukaan havaittu yhteys; erityisesti varpujen juuristosientien on arveltu olevan tärkeässä roolissa maaperän hiilivaraston muodostumisessa (Fanin ym. 2022).

Nämä tuoreet esimerkit ovat osoitus siitä kuinka eDNA-pohjaiset tutkimusmenetelmät voivat tulevaisuudessa tarjota tietoa maaperässä paitsi lajitason monimuotoisuudesta, myös siitä miten yhteisömuutokset ja monimuotoisuus vaikuttavat metsämaan toimintoihin, kuten hiilen kiertoon. Suomessa metsämaan maaperäeliöiden monimuotoisuuden vaikuttavista tekijöistä olisi mahdollista saada seurantatietoa vuosina 2021-2023 Operaatio Mustikan yhteydessä kerätyistä maanäytteistä (kts. luku 2.3.3.).

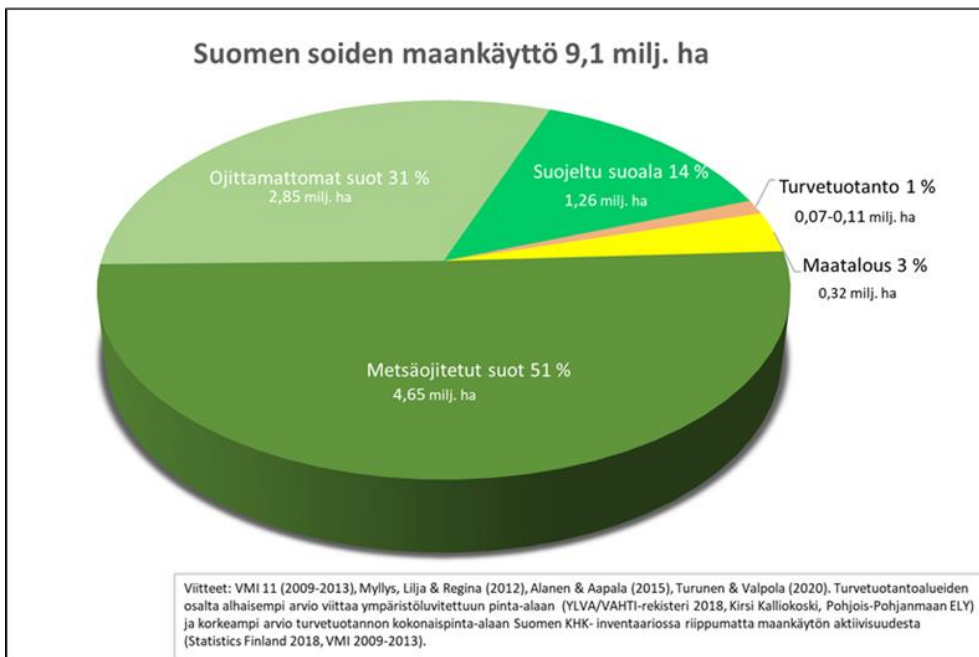
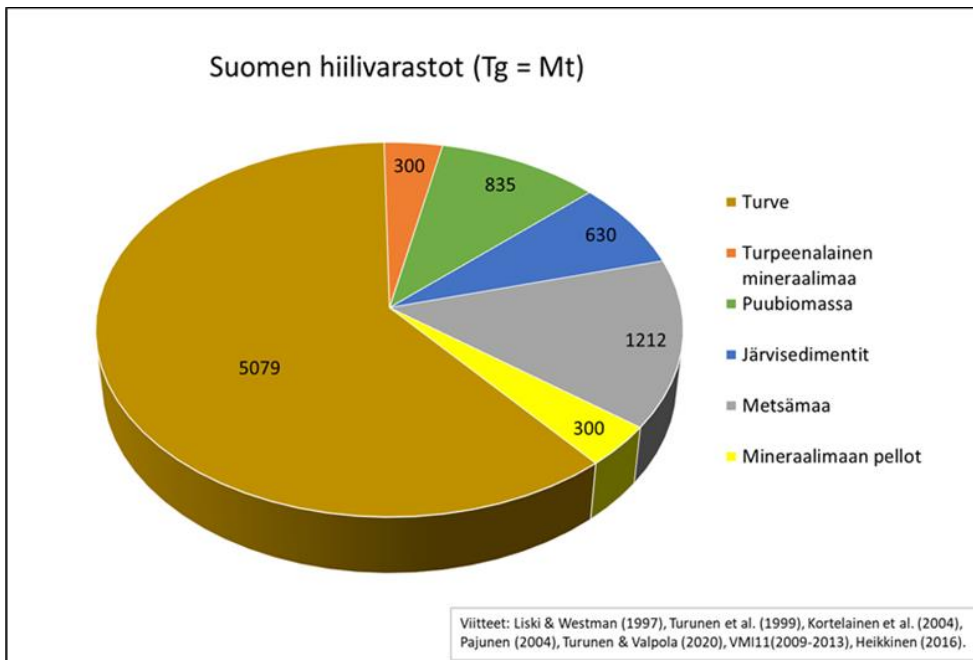
6.4 Suot

Jukka Turunen, Geologian tutkimuskeskus

Suomessa turvemaiden rooli on merkittävä, sillä ne kattavat noin 30 % maa-alasta ja noin 2/3 Suomen hiilivarastoista on turpeessa (Kuva 37a). Soiden hiilensidonta ja hiilivaraston pysyvyys on riippuvainen vähähappisista eli määristä olosuhteista, joissa orgaanisen aineen hajotus on hidasta ja epätäydellistä. Tässä suhteessa olosuhteet eloperäisten maalajien synnylle ovat Suomessa hyvät, koska ilmastossamme eloperäiset maalajit hajoavat hitaasti (Eronen ym. 1990; Koljonen & Tanskanen 1992; Mäkinen ym. 2007).

Suomessa soiden käyttö on ollut intensiivistä mm. maa- ja metsätaloukskäyttöön. Soita on käytetty mm. metsäojitukseen, maatalouteen, energiantuotantoon, turvetuotantoon ja laajoja alueita on jäänyt tekoaltaiden alle (Kuva 37b). Kaikki tämä käyttö on pienen-

tänyt Suomen suopinta-alaa. Kaiken kaikkiaan Suomen soista on ojitettu eri maankäyttömuotoihin lähes 60 % (Turunen & Valpola 2020, Ojanen ym. 2021). 1950-luvulta lähtien metsäojitus on ollut soidemme laaja-alaisin maankäyttömuoto. Noin 5,7 milj. ha on kuivattu metsätalouteen. Historiallisesti arvioiden noin 700 000 ha on hyödynnetty maataloudessa turvepeltoina ja noin 100 000 ha turvetuotannossa.



Kuva 37. a). Suomen hiilivarastojakauma. Soiden hiilivarastot turpeessa ovat merkittävimmät (noin 6 x suuremmat kuin puubiomassan sisältämä ja 4 x suuremmat kuin metsämaan sisältämä hiilivarasto) b) Suomen soiden maankäyttöjakauma (Turunen & Valpola 2020).

Turvemaiden taloudellinen hyödyntäminen vaatii yleensä aina kuivatuksen, mikä johtaa hapellisen pintakerroksen syvenemiseen ja turvepatjan kiihtyvään hajoamiseen. Ojitus vähentää myös suoluonnon monimuotoisuutta, hävittää suon keskeisimmät toiminnalliset piirteet, luontaisen vesitalouden ja turpeenmuodostuksen ja aiheuttaa sukession kohti metsäkasvillisuutta. Turpeen hajoaminen on selvästi nopeinta muokatuilla ja lannoitetuilla turvepelloilla, mutta merkittävää turpeen hävikkiä tapahtuu myös ravinteikkailla metsäojitetuilla turvemaidella. Ojitettujen soiden turve vapauttaa hajotessaan hiilidioksidia ilmakehään. Vuodesta 1950 lähtien Suomen soiden pinta-ala on laskenut 10,2 milj. hehtaarista 9,1 milj. hehtaariin ja turvemaiden turpeen kokonaishiihilarasto on pienentynyt 3–10 % eli noin 170–510 Tg (Turunen & Valpola 2020).

Suoluonnon tilassa on merkittäviä alueellisia eroja maamme eri osien välillä (Laitinen ym. 2021, Kontula & Raunio 2018). VMI11-tulosten mukaan (VMI11 2016) ojitettujen soiden osuus koko maassa oli 53 %, Etelä-Suomessa 71 % ja Pohjois-Suomessa 21 %. Pinta-alallisesti tarkasteltuna valtaosa metsäojituksista sijaitsee kuitenkin Pohjois- ja Länsi-Suomessa, jossa suoalueita on suhteellisesti selvästi enemmän maapinta-alasta.

Suotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa suoluonnon tilaa (määrä ja laatu) on arvioitu laajasti käyttäen hyväksi kaikkea saatavilla olevaa tietoaineistoa (Kontula & Raunio 2018, mm. VMI, GTK, Metsähallitus, Ympäristöhallinto). Suotyyppien uhanalaisuus keskittyy hemi-, etelä- ja keskiborealiselle vyöhykkeelle eli Etelä-Suomeen. Uhanalaistumista on tapahtunut eniten letoissa, korvissa sekä neva- ja lettokorvissa. Koko maan tasolla arvioituista 50 suoluontotyypistä 54 % arvioitiin uhanalaisiksi. Silmälläpidettäväksi arvioitiin 20 %, säilyväksi 18 % ja puutteellisesti tunnetuksi 8 % arvioituista suotyypeistä. Suoluonnon kehityssuuntaa koko maan tasolla arvioitaessa 76 % suotyypeistä / suotyyppiryhmistä katsottiin lähiajan kehityssuunnaltaan edelleen heikkeneväksi ja 22 % vakaaksi. Heikkenevä kehityssuunta etenkin Etelä-Suomessa johtuu yleensä ympäröivien ojitusten ja muun maankäytön aiheuttamista vesitaloushäiriöistä tai, kuten osalla korpityypeistä, metsätaloustoimenpiteistä. Kehityssuunnaltaan vakaiksi arvioitujen joukossa on karuja rämeitä, nevarämeitä ja nevoja, jotka eivät ole niin herkkiä vesitaloushäiriöiden aiheuttamalle kuivahtamiselle.

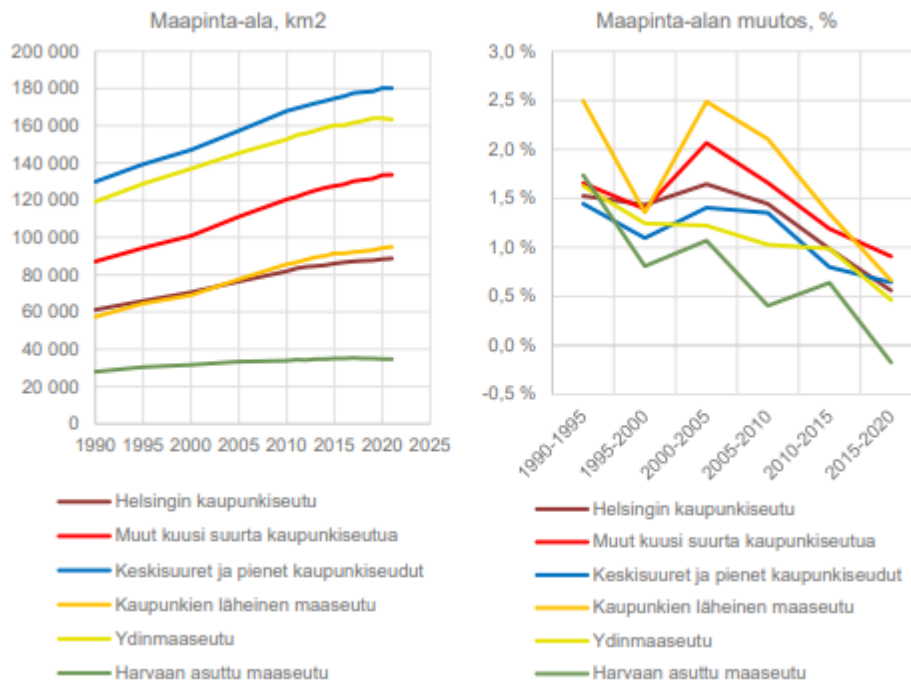
Yksityiskohtaiset tulokset koskien luontotyyppitasoa (suotyypit) sekä luontotyyppiyhdistelmätasoa (suoyhdistymätyypit ja maankohoamisrannikon soiden kehityssarjat) ovat luettavissa Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018 -raportista (Kontula & Raunio 2018). Maakunta- tai kuntakohtaisesti suoluonnon tilaa voidaan arvioida tarkemmin mm. GTK:n suoaltille määritettyjen luonnontilaisuusluokkien perusteella. Yksittäisten suoaltilden tai suokokonaisuuksien osalta suoluonnon tilan arviointi on haastavaa tietopuutteiden vuoksi ja arviointi vaatii usein laajan tietoaineisto- ja maastotarkastelun. Suomessa suoluonnon tilan arviointiin ei liity tällä hetkellä seurantaa, vaan arviot perustuvat eri tietolähteistä kerättyyn aineistoon.

6.5 Kaupunkialueet ja taajama-alueet

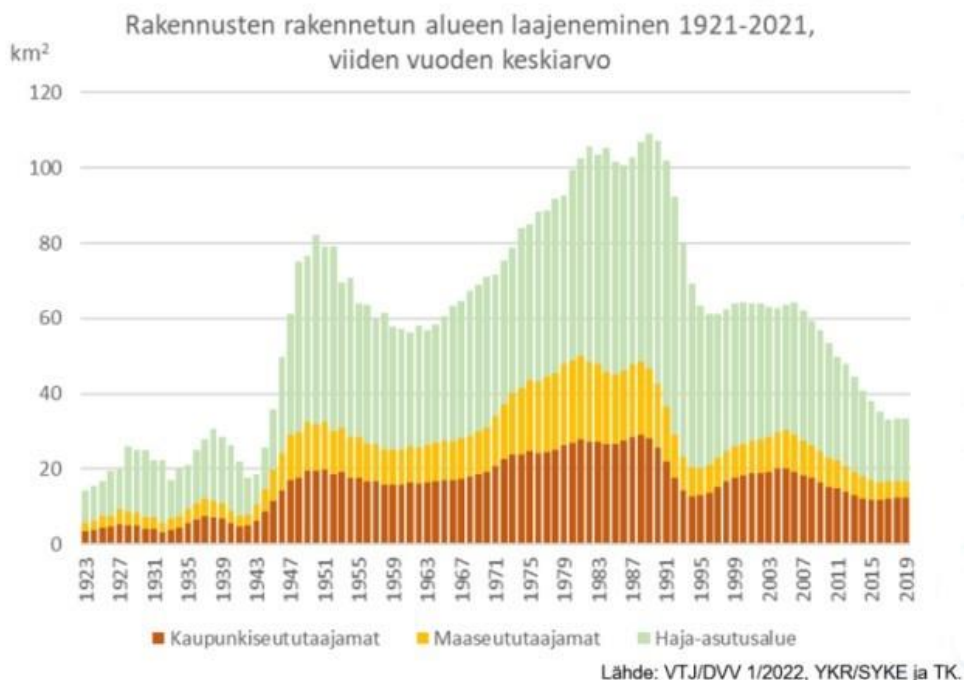
Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Koska ei ole keskitetysti tietoa kaupunkialueilla mahdollisesti tehtävästä maaperän seurannasta eikä kaupunkialueiden maaperän tilasta, tässä luvussa tarkastellaan yleisellä tasolla EU:n maaperästrategiassa esille nostettuja asioita, jotka ovat tunnusomaisia etenkin kaupunkialueille, mutta toki myös muiden kuntien taajama-alueille: rakentamattomien maa-alueiden ottaminen rakennuskäyttöön, kaivetut maa-ainekset, maaperän pilaantuminen, maaperän sulkeminen rakentamisella.

Kaupunkialueet ovat Suomessa arkipäivän elinympäristö suurimmalle osalle asukkaista. Kaupungistumiskehitys on kiihtynyt 2000-luvulla ja kaupunkialueilla asuvien osuus väestöstä on kasvanut 64 %:sta 73 %:iin. Kasvu on keskittynyt etenkin seitsemälle suurimmalle ja muutamalle muulle kaupunkiseudulle. Taajama-alueilla asui vuonna 2021 kaikkiaan 87 % koko maan asukkaista ja haja-asutusalueilla 13 %. Samaan aikaan taajamien asukasmäärän kasvamisen kanssa asukastiheys on laskenut johtuen asutokuntien keskikoon pienentymisestä, asumisväljyyden kasvamisesta ja asuntorakentamisen painottumisesta välttämään rakennetuille taajamien reuna-alueille. Tämän seurauksena taajama-alueet ovat laajentuneet nopeasti ja rakentaminen on kohdistunut pääosin metsäalueille sekä pelloille ja muille luontoalueille. Koska Suomen kaupungistuminen on tapahtunut myöhään ja nopeasti, vain pieni osa uudisrakentamisesta on sijoittunut aiemmin rakennetuille alueille. 2010-luvulla kehitys on kääntynyt suurimmilla seuduilla tiivistävämpään suuntaan, kun entistä suurempi osa rakentamisesta on ollut täydennysrakentamista, joka sijoittuu olemassa olevan infrastruktuurin yhteyteen. (Ympäristöministeriö 2023) Myös taajama-alan kasvu on hidastanut. Taajama-alan laajeneminen on ollut vuoden 2015 jälkeen vain kolmasosa verrattuna kehitykseen ennen vuotta 2005. (Airikkala 2022) Vielä 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä huomattava osa uudisrakentamisesta sijoittui uudelle taajama-alueelle tai taajamien sisällä aiemmin rakentamattomille viheralueille. Myös yhdyskuntarakenteellisesti hyvin sijoittuvia teollisuus-, varasto- ja liikennealueita on otettu asuinkäyttöön. (Ympäristöministeriö 2023) Airikkala ym. (2022) arvioivat kuitenkin taajama-alan laajenemisen jatkuvan, mutta hitaampana.



Kuva 38. Taajamien maapinta-alan laajeneminen neliökilometreinä (vasemmalla) ja suhteellinen muutos prosentteina (oikealla) vuosina 1990–2019. Lähde: YKR/Syke ja Tilastokeskus



Kuva 39. Yllä on tarkasteltu rakennusten viemää maankäyttöä nykyisen rakennuskannan valmistumisvuoden perusteella. Tarkastelussa ei ole otettu huomioon liikennealueita tai infrastruktuurin viemää maa-alaa. Lähde: Syke, Väestötietojärjestelmä 2/2022, Corine Land Cover 2018

EU:n maaperästrategiassa (Euroopan komissio 2021a) maan ottaminen rakennuskäyttöön on tunnistettu yhdeksi keskeiseksi maaperään huonontavaksi tekijäksi Euroopassa, joka johtaa maaperän ekosysteemipalveluiden merkittävään ja palautumattomaan menetykseen (esim. biomassan tuotanto, hiilen sidonta, veden pidätys, ravinteiden kierrätys). Siksi strategiassa veloitetaan jäsenmaita vähentämään rakentamattomien alueiden rakennuskäyttöön ottamista, uudelleenkäyttämään jo rakennettuja alueita, minimoimaan vaikutuksia ja viime kädessä toteuttamaan kompensoivia toimenpiteitä. Viimeaikainen kehitys täydennysrakentamisen sijoittamisesta infrastruktuurin yhteyteen sekä teollisuus-, varasto- ja liikennealueiden muuttaminen asuinkäyttöön on strategian tavoitteiden mukaisia toimia, mutta mitään kansallisia tavoitteita maanrakennuskäyttöön ottamisen vähentämisestä ei ole tehty. Arvioidaan, että vihreään siirtymään liittyvät teolliset investoinnit, elinkeinorakenteen ja energiantuotannon muutokset sekä infrastruktuurin kehittäminen tulevat viemään merkittävästi maa-alaa, josta osa tulee olemaan rakentamatonta (Suomen ympäristökeskuksen lausunto Valtioneuvoston selvityksestä ”Ennakkovaikuttaminen: EU:n maaperän terveyslaki” 2.2.2023).

Kaupunkialueilla rakentamisen volyyymi on suurta ja sen mukaisesti rakentamisessa tarvitaan suuria määriä maa-aineksia ja siinä muodostuu suuret määrät kaivettuja maamassoja, joiden tehokkaampi, mutta turvallinen hyödyntäminen on niin maaperästrategian kuin kiertotalousajattelunkin mukaista. Suurissa kaupungeissa (mm. Helsinki, Espoo, Turku, Tampere, Vantaa) on palkattu työntekijöitä keskitetysti koordinoimaan rakentamisessa syntyvien kaivuumaisten, louheiden ja purkujätteiden kuljetuksia, välivarastointia ja loppukäyttöä. Maamassojen hyödyntämisen lisäksi toiminnalla on saavutettu mm. kustannussäästöjä ja vähennetty hiilidioksidipäästöjä. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus SYKE valmistelevat lainsäädäntöä, jolla edistetään rakentamisen maa-ainesten hyödyntämistä. Ympäristönsuojelulakia (L 527/2014) ehdotetaan muutettavaksi siten, että siihen sisällytettäisiin nykyisten pilaantuneiden alueiden puhdistamista koskevien säännösten ohella laajemmat säännökset rakentamisen tai vastaavan toiminnan yhteydessä syntyvien maa-ainesten käsittelystä ja sitä koskevasta hallinnollisesta menettelystä. Ehdotus perustuu ympäristönsuojelulain täydentämiseen (uusi 14 a luku) maa-aineksia koskevilla yleissäännöksillä, ml. menettelysäännökset, sekä niitä tarkentavan valtioneuvoston asetuksen laatimiseen.

Taajamien maaperän pintaosan tavanomaista isommat haitta-ainepitoisuudet voivat johtua joko geologiasta tai ihmisen toiminnasta. Maaperän geokemiallinen taustapitoisuus vaihtelee eri puolilla maata ja voi olla jopa saman taajaman sisällä erilainen eri maalajeissa. Siksi yhden raja-arvon ylityksellä ei yleensä voida arvioida maaperän kemiallista tilaa joka puolella Suomea tai Eurooppaa. Maaperän geokemiallisista taustapitoisuuksista saa tietoa GTK:n taustapitoisuus-karttapalvelusta.

Maaperän pilaantumista kaupungeissa ovat voineet aiheuttaa onnettomuudet, tavanomaiseen toimintaan kuuluvat pitkäaikaiset päästöt ja hyvin monenlaiset toiminnot, joissa käytetään, valmistetaan, kuljetetaan tai varastoidaan haitallisia aineita tai jät-

teitä. Menneiden vuosikymmenten tai jopa vuosisatojen aikainen ihmistoiminta on jättänyt jälkensä kaupunkien maaperään. Pilaantuminen voi olla paikallista tai useista pienistä, mahdollisesti vaikeasti yksilöitävistä lähteistä, peräisin olevaa hajakuormitusta. Pilaantuneita maa-alueita koskevia tietoja on koottu Maaperän tilan tietojärjestelmään, josta kerrotaan luvussa 2.4.1.3. Maaperän pilaantumista on tarkasteltu seuraavassa luvussa 6.6.

Rakentaminen muuttaa maaperää merkittävästi, kun maamassoja kaivetaan pois ja korvataan toisilla rakentamiseen paremmin soveltuvilla aineksilla sekä tiivistetään. Eri-laiset pintarakenteet vähentävät tai estävät vesien imeytymisen maaperään ja kaasujen vaihdon maaperän ja ilmakehän välillä. Asfaltilla, kivetyksillä tai muilla vettä läpäisemättömillä materiaaleilla katetuilla alueilla rankkasateet voivat aiheuttaa nopeasti syntyvän ja vaikeasti ennakoitavan hulevesitulvan sadevesien virratessa kaduilla ja kertyessä notkoihin ja alaville alueille. Laki tulvariskien hallinnasta (L 620/2010) velvoittaa kuntia tunnistamaan merkittävien hulevesitulvien riskialueet ja tekemään tulvariskien hallintasuunnitelman. Hulevesien muodostumista voi vähentää ja samalla säilyttää maaperän toimintoja välttämällä maaperä päällystämistä tai käyttämällä läpäiseviä pintarakenteita. Tulvariskejä voidaan vähentää hulevesijärjestelmällä, jolla pyritään sekä vähentämään hulevesien muodostumista että johtamaan muodostuvat hulevedet haitattomasti pois. Järjestelmään voi kuulua muun muassa hulevesiä viivyttäviä ja niiden imeytymistä ja puhdistumista edistäviä rakenteita, kuten viherkattoja, hulevesialtaita, -lammikoita ja -kosteikkoja. (Suomen Kuntaliitto 2012)

Rakentamisen yhteydessä tehtävän routasuojauksen vuoksi maaperän pintakerros poistetaan 60–120 senttimetrin syvyydeltä ja korvataan soralla tai kalliomurskeella. Tämän vuoksi rakennusten ja läpäisemättömien pintojen alapuolella olevassa maaperässä on hyvin vähän hiiltä, $1,20 \text{ kg C m}^{-2}$. Pintakerroksen (0–10 cm) hiilen määrä oli 24 ja 56 kertaa pienempi kuin läpäisevillä puistoalueilla. Routasuojauksen alapuoliossa pohjamaassa hiilen määrä on samanlainen kuin ympäröivillä rakentamattomilla alueilla. Mikrobiaktiivisuus oli pohjamaassa pieni, joten orgaanisen aineen hajoaminen on hidasta läpäisemättömän kerroksen peittämien alueiden pohjamaassa. Verrattuna lämpimämpien ilmastoalueiden tuloksiin suomalaisessa maaperässä oli 11 kertaa vähemmän hiiltä läpäisemättömien pintojen alla, minkä arvioitiin johtuvan juuri routasuojauksen vuoksi poistettavasta paksummasta pintamaatakerroksesta kuin lämpimämmän ilmaston alueilla. (Lu ym. 2020)

Kaupunkien puistoalueiden on todettu varastoivan hiiltä huomattavia määriä. Helsingissä 30 puistoa koskeneessa tutkimuksessa arvioitiin puistoalueille varastoituneen noin 130 t hiiltä hehtaarille. Tästä määrästä puustoon oli sitoutunut $22\text{--}28 \text{ t ha}^{-1}$ ja maaperään 104 t ha^{-1} . Puiston ikä vaikutti varastoituneen hiilen määrään ja eniten hiiltä oli vanhoissa puistoissa. (Lindén ym. 2020) Havupuiden todettiin lisäävän maaperään varastoituneen hiilen määrää. (Lu ym. 2021)

6.6 Maaperän pilaantuminen haitallisilla aineilla

6.6.1 Paikallinen maaperän pilaantuminen

Outi Pyy ja Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

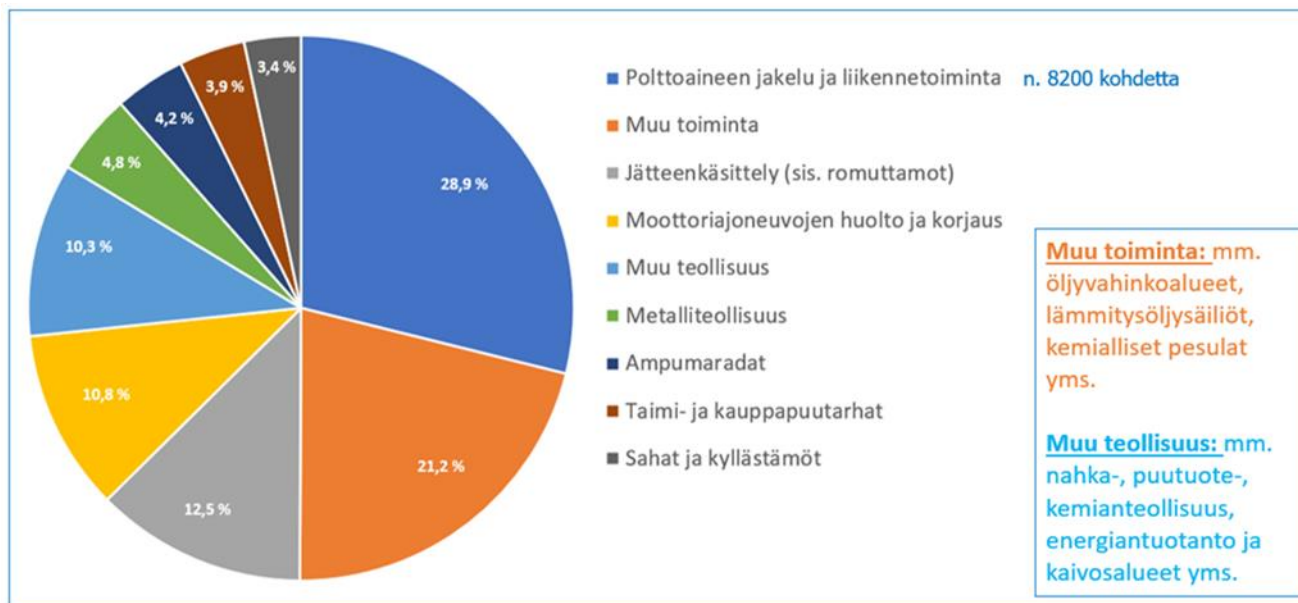
Maaperä ja pohjavesi voivat pilaantua erilaisista toiminnoista, joissa käytetään, valmistetaan, kuljetetaan tai varastoidaan haitallisia aineita tai jätteitä. Myös ilman ja veden mukana tuleva kuormitus tai alueelle tuodut täyttömaat ja jätteet voivat pilata maaperän. Pilaantuminen voi aiheutua joko yksittäisestä onnettomuudesta tai tavanomaiseen toimintaan kuuluvista pitkäaikaisista päästöistä.

Vuoden 2022 lopussa Maaperän tilan tietojärjestelmä (MATTI-tietojärjestelmä) sisälsi tietoja lähes 29 000 kohteesta. Ne jakautuivat seuraavasti:

- toimiva noin 9 100 kpl,
- selvitystarve noin 8 500 kpl,
- arviointitarve noin 2 100 kpl,
- puhdistustarve noin 230 kpl
- ei puhdistustarvetta lähes 5 400 kpl
- ei puhdistustarvetta nykyisellä maankäytöllä yli 3 500 kpl.

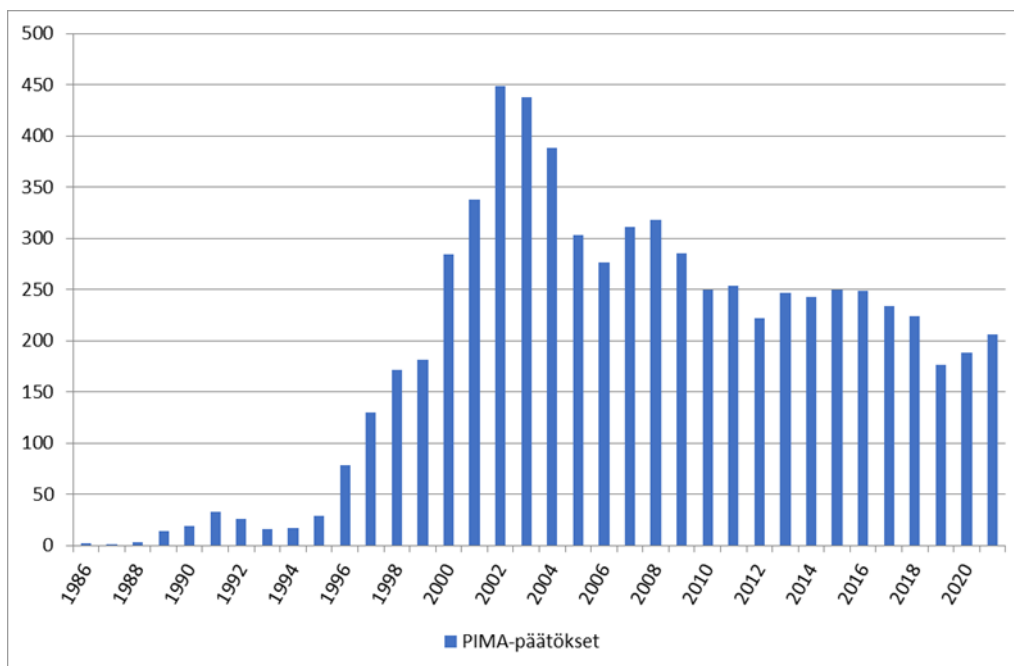
Tietojärjestelmään viedyistä kohteista, joilla mahdollisesti pilaava toiminta on jo päättynyt, 10 000:lla tarvitaan maaperän tilan selvittämistä tai haitallisten aineiden aiheuttamien riskien arviointia ja runsaat 200 kohdetta tarvitsevat riskinhallintatoimia. Alueilla, joissa toiminta jatkuu, voi maaperän tilan selvittäminen tulla ajankohtaiseksi muun muassa toiminnan loppuessa tai merkittävästi muuttuessa taikka kiinteistön omistus- tai hallintasuhteiden muuttuessa.

On tunnistettu kaikkiaan 90 toimialaa, jotka voivat aiheuttaa maaperän pilaantumista. Vajaalla kolmanneksella MATTI-tietojärjestelmän kohteista on ollut polttoaineen jakelua tai siihen liittyvää liikennetoimintaa (esim. erilaiset varikot), noin viides osa kohteista kuuluu luokkaan muu toiminta ja hiukan yli 10 prosentilla alueista on ollut jätteenkäsittelyä. (Kuva 40).

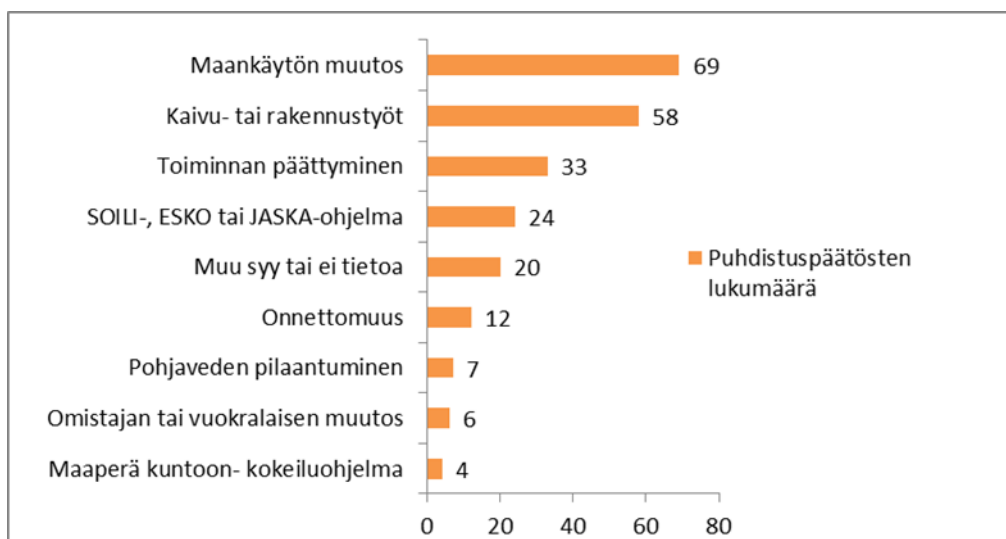


Kuva 40. Maaperän tilan tietojärjestelmän kohteiden jakautuminen alueella olleen toiminnan mukaan.

Pilaantuneiden alueiden puhdistaminen edellyttää ympäristöviranomaisten lupa- tai ilmoituspäätöstä. Tilastoitujen puhdistuspäätösten kokonaismäärä oli vuoden 2022 lopussa yli 7 000. Kunnostuspäätöksien määrä on pitkälti ollut riippuvainen rakentamisesta ja alueiden käytön muutoksista, joihin alueiden puhdistustoimet yleisimmin liittyvät. (Jylhä ym. 2019; Luvut päivitetty Pyy 2023) Lisäksi 1990- ja 2000-luvuilla puhdistustöiden ajureina olivat erityisesti valtakunnallisen saastuneiden alueiden kartoitusprojektin (SAMASE) raportin valmistuminen 1996 sekä käytöstä poistettujen polttoaineenjakelu- ja huoltoasemien kunnostusohjelman käynnistyminen (SOILI-ohjelma 1997–2015). Viime vuosina viranomaisten tekemien maaperän puhdistuspäätösten määrä on ollut keskimäärin noin 200. (Kuvat 41 ja 42).



Kuva 41. Ympäristöviranomaisten pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamiseen antamien päätösten lukumäärät vuosina 1986–2022. Mukana ovat ympäristölupa- ja ilmoituspäätökset sekä päätökset koeluonteisesta toiminnasta ja hallintopakoista. (Pyy 2023)



Kuva 42. Vuoden 2017 päätöksissä mainittuja puhdistamisen syitä ja päätösten lukumäärät, joissa kyseisen syyn tulkittiin olevan pääasiallinen puhdistustöiden laukaiseva tekijä. (Jylhä ym. 2019)

Vuonna 2021 valmistuneen selvityksen perusteella kuitenkin jopa 60 % maaperän puhdistuksista saatetaan tehdä ilman puhdistuspäätöstä. Nämä tapaukset liittyvät yleensä onnettomuuksiin, yllättäen maanrakennustöiden yhteydessä havaittuun pilaantumiseen tai vähäiseen määrään haitta-ainepitoista maa-ainesta. (Jylhä 2020)

Päätösten perusteella yleisimmät maaperän pilaantumista aiheuttaneet haitta-aineryhmät olivat öljyt ja oksygenaatit sisältäen bensiini- ja öljyjakeet sekä bensiinin lisäaineet (MTBE ja TAME). Myös kohonneita metallien ja puolimetallien sekä polyaromaattisten ja aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia havaittiin yleisesti. Puhdistettavat alueet olivat useimmiten sekapilaantuneita (esimerkiksi vuonna 2017 yli 60 %). (Jylhä ym. 2019)

Puhdistuksista yli puolet on yrityksiä (mukaan lukien asunto-osakeyhtiöt) toteuttamia (55 % vuonna 2017) ja kunnat ovat vastanneet noin viidenneksestä puhdistushankkeista (20 % vuonna 2017). Valtion hankkeista vastaavat lähinnä puolustusvoimat, rajavartiolaitos ja Senaatti-kiinteistöt. (Jylhä ym. 2019)

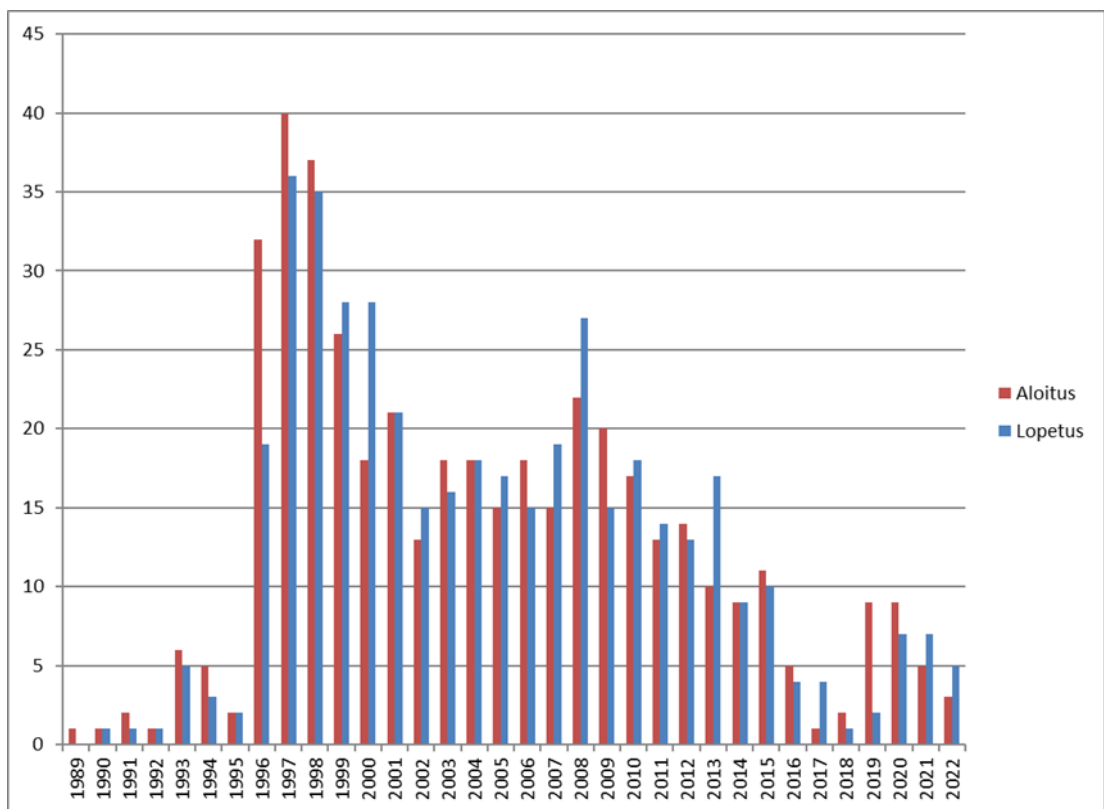
Toissijaisten rahoitusjärjestelmien kautta valtio tukee lähinnä vanhojen, isännättömien pilaantuneiden alueiden puhdistamista. Valtio voi nykyisin tukea pilaantuneisuuden selvittämistä tai pilaantuneiden alueiden puhdistamista kahdella tavalla: valtionavustuksella tai järjestämällä selvitys- ja puhdistustoimien toteutuksen (Laki pilaantuneiden alueiden puhdistamisen tukemisesta (L 246/2019)). Valtion tukeen liittyvät tehtävät on keskitetty vuodesta 2016 lähtien Pirkanmaan ELY-keskukselle, kun aikaisemmin paikalliset ELY-keskukset vastasivat alueillansa puhdistushankkeiden toteuttamisesta. Valtion jätehuoltotyöjärjestelmän kautta on yli 35 vuoden aikana kunnostettu yli 430 pilaantunutta aluetta, usein yhdessä kuntien kanssa (Kuva 43).

Polttoaineiden vähittäisjakelutoiminnassa öljyllä pilaantuneiden alueiden kunnostamista varten perustettiin SOILI-ohjelma (Öljyalan palvelukeskus Oy 2017), joka aloitti toimintansa vuonna 1996. Ohjelmassa olivat mukana ympäristöministeriö, silloinen Öljyalan Keskusliitto, Suomen Kuntaliitto ja öljy-yhtiöt, Ohjelman aikana kohteita tutkittiin kaikkiaan 953 ja kunnostettiin 586.

Vuodesta 2012 lähtien ympäristöministeriön öljysuojarahaston JASKA-hankkeessa tutkitaan ja kunnostetaan riskialueilla sijaitsevia vanhoja, isännättömiä öljyllä pilaantuneita kiinteistöjä, kuten entisiä kyläkauppoja, toimintansa lopettaneita huoltoasemia ja korjaamoja. Selvitykset on tehty 436 alueella, joista 186 on todettu tarvitsevan puhdistamista ja näistä 150 kohteella toimenpiteet on aloitettu. Uusien hakemusten vastaanottaminen JASKA-hankkeeseen päättyi 31.12.2020.

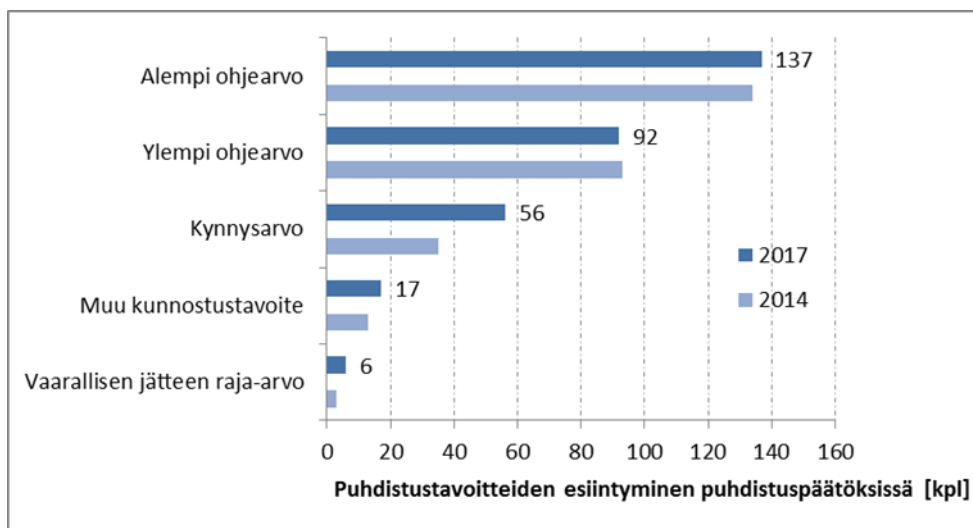
Öljysuojarahasto on rahoittanut myös yksittäisten, öljyllä pilaantuneiden ns. ESKO-kohteiden, jotka eivät täyttäneet JASKA-hankkeen soveltuvuuskriteereitä, selvittämistä 54 kohteessa ja puhdistamista 41 kohteella.

Kaikkiaan öljysuojarahastosta on rahoitettu ainakin 577 öljyllä pilaantuneen alueen kunnostukset Soili-, JASKA- ja ESKO-hankkeissa.



Kuva 43. Vuosittain aloitettujen ja valmistuneiden valtion jätehuoltotyönä tai valtion järjestämänä toteutettujen hankkeiden lukumäärät. (Pyy 2023).

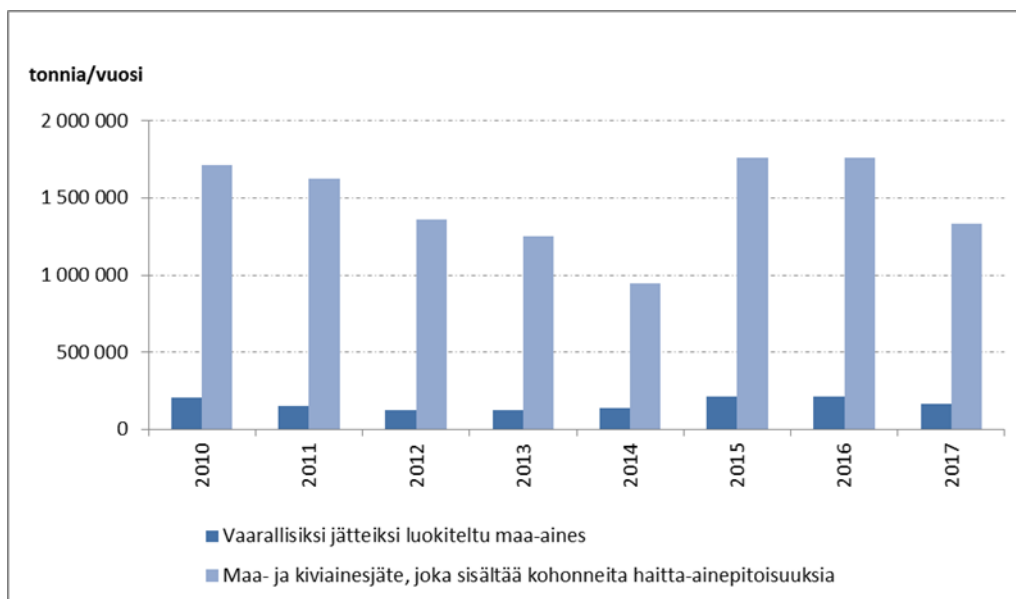
Maaperän puhdistamisen tavoitteena käytettiin yleisesti puhdistuspäätöksissä PIMA-asetuksessa (A 214/2007) esitettyjä pitoisuustasoja sekä vuonna 2014 että 2017 (Kuva 44). Puhdistettavalla alueella saattoi olla useita puhdistuksen tavoitetasoja. Taso oli tällöin määritelty ominaisuuksiltaan erilaisille haitta-aineille, aineiden esiintymiselle maan eri kerroksissa tai puhdistuskohteen osa-alueiden erilaisten käyttötarkoitusten perusteella. (Jylhä ym. 2019)



Kuva 44. Maaperän puhdistuksen tavoitetaso vuosien 2017 ja 2014 puhdistuspäätöksissä. Yhdessä päätöksessä voi esiintyä useampi kuin yksi puhdistuksen tavoitetaso riippuen haitta-aineista ja eri maankäyttömuodoista kohteessa (Jylhä ym. 2019).

Pilaantuneiden alueiden puhdistaminen toteutettiin edelleen pääsääntöisesti massanvaihtona. Esimerkiksi vuoden 2017 PIMA-päätösten mukaan lähes 95 %:lla puhdistettavista alueista maa-aineksia kaivettiin ja kuljetettiin muualle loppusijoitettavaksi, väli-varastoitavaksi tai käsiteltäväksi. *In situ*-käsittely ja sen erilaiset vaihtoehdot kuitenkin ovat yleistymässä. Niitä käytettiin 21 alueella, kun vastaava luku oli 14 vuonna 2014. *In-situ* -puhdistusmenetelminä mainittiin PIMA-päätöksissä anaerobinen reduktiivinen deklorinaatio (ADR), kemiallinen hapetus (ISCO), kemiallinen pelkistys (ISCR) ja adsorptioon perustuvat reaktiiviset seinämät. (Jylhä ym. 2019)

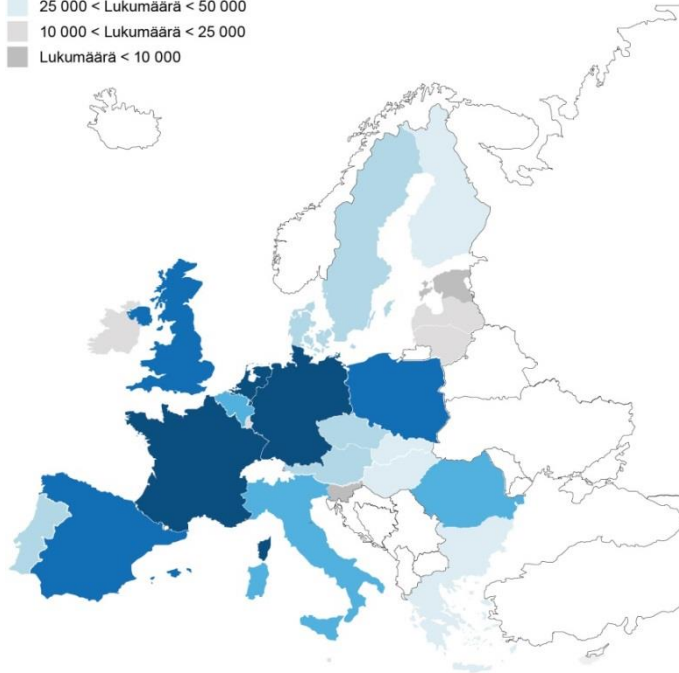
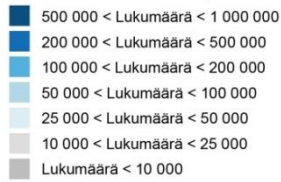
Kohonneita haitta-ainepitoisuuksia sisältäviä maa-ainesjätteitä (EWC-koodit 170504P ja 170503*) on vastaanotettu käsittely- ja loppusijoituspaikoille vuosittain 1–2 miljoonaa tonnia 2010-luvulla. Näistä vaaralliseksi jätteeksi luokiteltujen maa-ainesten (EWC-koodi 170503*) osuus on ollut keskimäärin noin 10 % (Kuva 45). Vastaanotto- paikoilta osa maa-ainesjätteestä on jatkanut edelleen matkaa, useimmiten toisille loppusijoituspaikoille



Kuva 45. Käsittely- ja loppusijoituspaikoilla vastaanotettujen kohonneita haitta-ainepitoisuuksia sisältävien ja vaaralliseksi jätteiksi luokiteltujen maa-ainesten määrät vuosina 2010–2017.

Euroopan ympäristöviraston keräämien vuoden 2016 tietojen mukaan Euroopassa oli tuolloin 1 380 000 maa-aluetta, joiden maaperään on voinut joutua pilaavia aineita ja nämä alueet olivat 98 prosenttisesti 11 valtion alueella (Kuva 46). Tämä kuvastaa sitä, että pilaantuneiden alueiden riskinhallinta on eri tasolla eri maissa. Eri maiden kohteiden lukumäärien vertailu ei kerro paljoakaan eri maiden tilanteesta, koska kartoituksia on tehty eri maissa eri tavoin ja eri tarkkuudella. Lisäksi alueiden koko ja pilaantumisen aste vaihtelevat. (Payá Pérez & Rodríguez Eugenio 2018) Suomessa on kartoitettu varsin laajasti erilaisia pilaavia toimintoja. Lisäksi komission teettämän arvioinnin mukaan Suomen kartoitus- ja tietojärjestelmät ovat kehittyneitä sekä kansallinen sääntöympäristö on toimiva. (Ernst & Young 2013)

Arvio mahdollisesti pilaantuneista maa-alueista



Kuva 46. Mahdollisten pilaantuneiden maa-alueiden määrät Euroopan unionin jäsenvaltioissa. (Payá Pérez & Rodríguez 2018).

Ympäristöministeriön johdolla valmistui vuonna 2015 Valtakunnallinen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategia, jonka päämääränä on saada Suomessa pilaantuneista maa-alueista aiheutuvat riskit terveydelle ja ympäristölle kestävällä tavalla hallintaan vuoteen 2040 mennessä. (Ympäristöministeriö 2015) Jotta strategian tavoitteet saavutetaan, tarvitaan laaja joukko erilaisia toimia, joita on kuvattu paitsi strategiassa myös siitä tehdystä ensimmäisessä väliarvioinnissa (Pyy & Jylhä 2020).

6.6.2 Haitallisten aineiden hajakuormitus

Teija Haavisto ja Noora Perkola, Suomen ympäristökeskus

EU:n maaperästrategia ja saasteettomuustoimintaohjelma asettavat molemmat tavoitteeksi myrkyttömän ympäristön vuonna 2050, jossa maaperän pilaantuminen ei enää ole haitallista terveydelle ja luonnon ekosysteemeille ja joka kunnioittaa maapallon resurssien rajoja. Ne myös toteavat, että tehokkain ja edullisin keino varmistaa maaperän säilyminen puhtaana ja terveenä pitkällä aikavälillä on maaperän haja- ja piste-kuormituksen ehkäiseminen, minkä tulisi tapahtua ensisijaisesti kuormituksen lähteellä.

Hajakuormituksen seurannan järjestämistä ja toimenpiteiden kohdentamista kuormituksen vähentämiseksi vaikeuttaa se, että hajakuormitus on useista, vaihtuvista tai muutoin vaikeasti yksilöitävistä lähteistä peräisin olevaa kuormitusta. Sen lähteitä ovat mm. liikenne, maa- ja metsätalous, energiantuotanto, kaukokulkeutumaan leviävät teollisuuspäästöt ja kotitaloudet. Hajakuormitusta voivat aiheuttaa hyvin monenlaiset aineet: raskasmetallit, erilaiset orgaaniset yhdisteet esim. polysykliset aromaattiset hiilivedyt, dioksiinit ja niiden kaltaiset yhdisteet, bromatut palonestoaineet, per- ja polyfluoratut alkyylilyhdisteet tai torjunta-aineet. Viime vuosina huomiota ovat saaneet ns. uudet huolta aiheuttavat aineet (emerging contaminant). Ne ovat laaja ryhmä erilaisia synteettisiä tai luontaisesti esiintyviä yhdisteitä, partikkeleita ja mikro-organismeja, joiden osalta ei ole tietoa niiden esiintymisestä ympäristössä ja niiden tiedetään tai epäillään aiheuttavan haitallisia ympäristö- tai terveysvaikutuksia. Tällaisia aineita ovat mm. lääke- ja itsehoitotuotteet, muovit ja synteettiset polymeerit, ftalaatit ja muut muovin lisäaineet ja nanomateriaalit.

Suomessa on metsäseurantojen yhteydessä mitattu raskasmetallien pitoisuuksia maaperässä eikä niissä ole havaittu haitallisen korkeita pitoisuuksia.

Kyllönen (2020) on mitannut kaukana päästölähteistä sijaitsevilla tausta-alueilla etenkin haitallisten alkuaineiden elohopean, arseenin, kadmiumin, nikkelin ja lyijyn pitoisuuksia laskeumassa, mutta mukana selvityksessä olivat myös alumiini, koboltti, kromi, kupari, mangaani, rauta, sinkki ja vanadiini. Useimpien raskasmetallien laskeumat vähenivät etelästä pohjoiseen mentäessä johtuen eroista paikallisissa päästöissä sekä pidemmästä etäisyydestä Euroopan suuriin päästöalueisiin. Etelän pohjoista lyhyempi lumikausi nosti joidenkin metallien pitoisuuksia. Vuosien 1998–2018 aikana useimpien raskasmetallien pitoisuuksien todettiin vähentyneen tilastollisesti merkitsevästi. Poikkeuksena nikkelin muita korkeammat pitoisuudet pohjoisimmilla mittauspisteillä, joiden katsottiin johtuvan Kuolan niemimaan nikkelisulattojen päästöistä. Rikastumiskertoimien perusteella suurin osa metalleista oli peräisin ihmistoiminnasta ja muutamat maaperän pölyämisestä (Al, Fe, Mn).

Arktisen ympäristön seuranta- ja arviointiohjelman (AMAP) elohopea-arviota varten tuotetuissa Suomen tiedoissa todetaan, että elohopealaskema on suurempi etelässä kuin pohjoisessa eikä siinä ei ole havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta tällä vuosituhanella. Arviossa todetaan, että tutkimuksissa on havaittu metsän hakkuiden tai hakkuiden ja metsän uudistamisen yhdessä voivan lisätä elohopean huuhtoutumista. (Ympäristöministeriö 2021)

Elohopean metyloitumista metyylielohopeaksi edistävät mm. hapettomat olosuhteet, orgaaninen aines, alhainen pH, korkea lämpötila ja mm. sulfaattipelkistäjäbakteerit. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti lisäämään elohopean huuhtoutumista maaperästä ja metyloitumista myrkylliseksi metyylielohopeaksi. Ennusteiden mukaan tulevaisuudessa ilma lämpenee ja talvisateiden osuus lisääntyy, jolloin maaperä on alttiimpi eroosiolle ja valunnan kasvulle erityisesti talvisaikaan, kun maaperää aiemmin suojannut lumipeite puuttuu. Ilman lämmitessä myös maaperä lämpenee, mikä voi kiihdyttää elohopean metyloitumisprosessia. Lisääntyvien tulvien myötä maaperä vettyy jolloin hapelliset olosuhteet muuttuvat hapettomiksi, mikä voi edesauttaa elohopean metyloitumista. (Ympäristöministeriö 2021)

Orgaanisten haitta-aineiden aiheuttamasta hajakuormituksesta ei ole seurantatietoja. Yksittäisissä hankkeissa on sen sijaan tutkittu mm. mikromuovien, lääkeaineiden, perfluoriyhdisteiden, bromattujen palonestoaineiden ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia ja/tai niiden aiheuttamia ympäristöriskejä peltomaissa ja viheralueilla, joilla on käytetty jätevesilietepohjaisia tuotteita (esim. Äystö 2014, Fjäder 2016, Vieno ym. 2018, Ylivainio ym. 2020). Tiettyjen orgaanisten yhdisteiden on todettu voivan ylittää maaperäeliöille turvallisen pitoisuustason pintamaassa jätevesilietepohjaisten tuotteiden käytön seurauksena. Syke ja GTK selvittävät ympäristöministeriön rahoituksella per- ja polyfluoriyhdisteiden taustapitoisuuksia suomalaisissa moreenimaissa ja kaupunkialueilla ja tulokset julkaistaan raportissa vuonna 2023.

Mikromuovia maaperää tulee jätevesilietteiden mukana, kapseloitujen hidasliukoisten lannoitteiden ja torjunta-aineiden mukana, katekalvoista, säilörehupaaleista ja muista maataloudessa ja viherrakentamisessa maassa käytettävistä muovituotteista, kun ne ajan myötä hapertuvat tai niitä rasietaan mekaanisesti. Tutkimusten mukaan jäteveden puhdistamolle tulevista mikromuoveista 80 % päätyi jätevesilietteeseen. Auton renkaista ajon aikana irtoava rengaspöly on myös merkittävä päästölähde. Kaupunkiympäristössä mikromuovi lähteitä voivat olla muovituotteet ja -roskat, maalit ja pinnoitteet. Mikromuovien on todettu vaikuttavan maaperän ominaisuuksiin ja haitallisesti maaperäeliöihin, kuten lieröihin, hyppyhäntäisiin ja etanoihin. Maaperäeliöiden kautta mikromuoveja voi kulkeutua niitä ravintonaan käyttäviin maan päällä eläviin eläimiin. Mikromuovien määrää maaperässä tai niiden vaikutuksia ei tunneta riittävästi. (Fjäder ym.) Mikromuovit maatalousmaassa – Päästöt, vaikutukset ja vähentäminen (MicrAgri) -hankkeen raportti on tulossa painosta kesäkuussa 2023.

7 Seurantojen kehittämistarpeet

Hannu Ilvesniemi, Eeva Vainio, Timo Räsänen, Marleena Hagner, Tapio Salo, Jaakko Heikkinen, Visa Nuutinen, Antti-Jussi Lindroos, Taina Pennanen, Helena Soinne, Esa-Jussi Viitala, Antti Miettinen, Luonnonvarakeskus

Timo Tarvainen, Jukka Turunen, Jaana Jarva, Jaakko Auri, Juho Kupila, Geologian tutkimuskeskus

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

EU:n maaperästrategiassa todetaan, että on olennaisen tärkeää lisätä ja parantaa maaperää koskevaa tietämystä ja tiedon hyödyntämistä (Euroopan komissio 2021). Ilmaston lämpeneminen, monimuotoisuuden väheneminen ja kaupungistuminen muuttavat maaperän toimintoja. Biokiertoisuus lisää erilaisten biomassojen käyttöä ja vaikuttaa maaperään. Nykyisiin seurantojen toteutustapoihin tarvitaan muutoksia, jotta näiden ilmiöiden vaikutuksia maaperän tilaan pystytään seuraamaan. Ymmärryksen lisääminen ilmiöistä, ja niiden huomioon ottaminen seurannassa vaatii monialaista ja poikkialinnollista keskustelua, tiedonvaihtoa ja yhteiskehittämistä. Toisaalta olemassa olevien pitkäaikaisseurantojen merkitys on korostunut ympäristömuutosten havaitsemisessa. (Ympäristöministeriö 2022)

Koska tätä selvitystä tehtäessä ei ollut tietoa tulevaan maaperän terveyttä koskevaan direktiiviehdotukseen sisällyvistä seurantavelvoitteista, on seuraavassa tarkasteltu seurantojen kehittämistarpeita kansallisista lähtökohdista käyttäen kuitenkin pohjana EU:n komission listaa maaperää huonontavista prosesseista. Olemme siis arvioineet, mikä on tiedon taso kunkin tarkasteltavan prosessin osalta. Rajallisten resurssien ja tii-viin aikataulun vuoksi ei ole ollut mahdollista tehdä kattavaa kirjallisuusselvitystä. Tarkastelu perustuu olemassa olevien seurantojen tuloksiin sekä projektiin osallistuvien asiantuntemukseen Suomessa tehdystä maaperätutkimuksesta. Listaan tehtiin joitakin tarkentavia lisäyksiä. Yhteenveto tarkastelusta on esitetty taulukossa 18. Seuraavaksi on esitetty perusteluita taulukossa esitetyille arvioille.

Maaperän orgaanisen aineksen ja hiilen osalta kivennäismaapeltojen KemValse-seuranta on valtakunnallista ja nykyisin sisällytetty Luonnonvarakeskuksen viranomais-toimintoihin, mikä takaa toiminnan resurssoinnin myös jatkossa. Olemassa olevissa peltomaiden seurannoissa on edustavasti näytteenottopisteitä sekä kivennäismailla että turvemaiden, mutta turvemaiden orgaanisen hiilen seurantamenetelmät vaatisivat optimointia, koska niillä pintamaan näytteenotto ei ole yhtä edustava kuin kivennäismaapelloilla. Luotettavampi tieto orgaanisen hiilen määrästä saataisiin kaasumittauksilla. Kivennäismaiden kohdalla tavoitteena on lisätä niiden näytealojen määrää, joilla tehdään syvempi näytteenotto (0-40 cm) peltomaiden hiilivarastoarvion tarkentamiseksi. Metsämaiden osalta mittauksien täydennystarve johtuu siitä, ettei valtakunnallista metsämaaperäkartoitusta (BioSoil) ole toistettu vuoden 2006 jälkeen sekä siitä, että tehtävää ICP Forest Level II seurantaa on jouduttu jatkuvasti supistamaan resurssien puutteen vuoksi. Soiden osalta on paljon tutkittu orgaanisen aineksen varastoitumista ja maankäytön vaikutuksia hiilitaseisiin, mutta pitkäaikaisia seurantakohteita ei ole. Helsingin yliopistolla, Luonnonvarakeskuksella, Ilmatieteen laitoksella ja Geologian tutkimuskeskuksella on käynnissä tutkimuksia turvemaiden hiilitaseista, jotka ovat keskitty-

neet suometsiin, turvepeltoihin, ennallistettaville alueille ja rakkasammaleen keruualueille. Kaupunkialueilla on tutkittu maaperän orgaanista hiiltä ja sen määrää, mutta ei ole tietoa, että olisi säännöllistä tätä koskevaa seurantaa.

Ravinnehävikin vaikutukset pelloilta näkyvät ehkä enemminkin vesistöissä kuin maaperässä. KemValse-seuranta ja viljavuustutkimukset kertovat ravinnetasoista ja niissä tapahtuvista muutoksista, joiden katsottiin kuitenkin olevan olennaista tietoa tästä aiheesta. Vesiensuojelun näkökulmasta tehdyt ehdotukset viljelijöiden pelloiltaan teettämien viljavuusanalyysien tulosten laadun ja tutkimuskäytön parantamiseksi ovat varteenotettavia myös peltomaiden seurantatutkimuksen kannalta (Valve ym. 2022). Metsien osalta ravinnehävikki on kokonaisuus, johon vaikuttaa myös metsien käyttö, kun puuston ja hakkuutähteiden mukana metsistä poistuu ravinteita. Ei ole kovin hyvää käsitystä siitä, miten kokopuukorjuu eroaa runkopuukorjuusta. Tehtyjen seurantojen kautta on kuitenkin käsitys siitä, millaisia ravinnemääriä metsissä on. Kivennäismaiden metsien osalta päädyttiin arvioissa siihen, että on olemassa säännöllisiä seurantoja, joissa on täydentämistarve. Turvemaiden kohdalta katsottiin, että on olemassa tutkimustietoa, mutta ei seurantaa. Indikaattoreina eri maankäyttömuotojen vaikutuksista voisi maaperän ravinnehäviöiden rinnalla olla myös turpeen alkuainesuhteet (C:N:H:S). Ojittamattomat suot puolestaan varastoivat hiiltä, kerryttävät ravinteita ja toimivat samalla hiilen ja ravinteiden pitkäaikaisina varastoina. Turvemaiden eri maankäyttömuotojen osalta tarvittaisiin pysyviä, pitkäaikaisia koaloja.

Orgaanisten haitta-aineiden ja uusien huolta aiheuttavien aineiden osalta todettiin tiedon taso vielä vähäiseksi. Orgaanisten haitta-aineiden seuranta puuttuu kokonaan. Torjunta-aineiden ja uusien huolta aiheuttavien aineiden osalta tarvitaan tutkimusta siitä, mitä aineita maaperässä esiintyy ja missä määrin, jotta tunnistetaan aineet, joiden pitoisuuksia maaperässä on tarpeen seurata sekä sellaiset maankäyttömuodot tai maaperätyypit, joissa riski aineiden kertymiselle on suuri. Torjunta-ainejäämien seurannassa KemValse-tutkimuksen 10 vuoden sykli näytteenotossa on liian harvoin, koska muutokset näiden aineiden käyttäytymisessä tapahtuvat nopeammin kuin esimerkiksi muutokset hiilen kertymisessä. Markkinoilla olevien aineiden valikoima muuttuu ja näytteenottovuoden kesä ja ruiskutusten ajankohta voi vaikuttaa tuloksiin paljon. Sen vuoksi on tarpeen selvittää mahdollisuudet lyhentää jäämätutkimuksen (ResValse) näytteenottoväliä. Lisäksi näytteenottoverkkoa on tarpeen täydentää kattamaan paremmin eri kasvilajien viljelyyn. On tarpeen selvittää voiko orgaanisista jätteistä valmistettujen lannoitteiden käyttö metsälannoituksessa johtaa tarpeeseen seurata lannoitteissa mahdollisesti jääminä olevien lääkeaineiden, mikromuovien ja orgaanisten haitta-aineiden (ml. PFAS-yhdisteet) pitoisuuksia metsämaassa. Rakennetuilta alueilta on jonkin verran tieteellistä tietoa näistä aineista, mutta mitään seurantaa ei ole käynnissä. Mikromuovien esiintymistä maaperässä koskeva tutkimustieto vielä puutteellista kaikkien maankäyttömuotojen osalta.

Paikallinen pilaantuminen on seurausta haitallisten aineiden valmistamisesta, käsittelystä tai varastoinnista tai jätteen käsittelystä. Se on yleensä keskittynyt sinne, missä on asutusta, teollisuutta ja muuta ihmistoimintaa. Tavanomaisen maa- ja metsätalouden ei ole yleensä katsottu aiheuttavan maaperän pilaantumista ja siksi on merkitty, ettei se ole oleellinen näiden maankäyttömuotojen kohdalla. Tosin vanhojen kasvihuoneiden, kauppapuutarhojen ja metsätaimatarhojen alueilla on todettu torjunta-aineiden aiheuttamaa maaperän pilaantumista.

Peltojen vesieroosioseurantaa toteutetaan RUSLE-eroosiomallilla (Renard ym. 1997), jota on testattu Suomessa koepeltojen eroosiomittauksia vasten (Lilja ym. 2017b ja Räsänen ym. 2023) ja jolla on tuotettu koko maan kattavat eroosioaineistot (Räsänen ym.

2023). Mallin osatekijöitä ja parametreja olisi kuitenkin parannettava, jotta seurantojen tarkkuus ja luotettavuus saataisiin mahdollisimman hyväksi, erityisesti kun eroosiota tarkastellaan laaja-alaisesti koko Suomen tasolla ja eri alueiden välillä. Esimerkiksi mallin sadanta-aineistoja olisi päivitettävä, maaperätekijän epävarmuutta olisi tarkasteltava nykyistä paremmin, ja eri kasvilajien ja maanpeitteiden parametrisointia olisi tarkennettava.

Tähän mennessä Suomesta on puuttunut maaperän biologisen monimuotoisuuden seuranta. Luonnonvarakeskuksen peltomaan kemiallisen tilan seurantatutkimuksen yhteydessä vuonna 2018 on ensimmäisen kerran tutkittu peltomaiden mikrobiyhteisöä neljäsosasta näytteitä BioValse-tutkimuksessa. Näytteistä tutkittiin DNA-menetelmillä eliöyhteisön runsautta ja monimuotoisuutta kohderyhminä bakteerit ja sienet. Myös pienten maaperäeläinten tutkimusta pilotoitiin, mutta menetelmä kaipaavaa vielä optimointia esim. sopivien näytekokojen valinnassa. Ensimmäisen näytteenottokierroksen jälkeen ei voi vielä varsinaisesti puhua seurannasta, mutta monimuotoisuuden seuranta on liitetty osaksi Luken viranomaistehtäviin sisällytettyä peltomaiden seurantaa. Tulevan toiminnan suunnittelussa on varattu resurssit seuraavaan näytteenottokierrokseen ja näytteenoton laajentamiseen. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin yhteydessä perustettiin vuosina 1985–1989 noin 3 000 pysyvää koealaa, joilta otettiin maaperänäytteet, arvioitiin kasvupaikka-, toimenpide- ja puustotunnuksia, mitattiin puusto sekä arvioitiin pintakasvillisuuden lajien peittävyys. Vuonna 2006 BioSoil- demonstraatioprojektissa toistettiin mittauksia 636 kohteella. Operaatio Mustikka-hankkeessa uusitaan kasvillisuus- ja puustoinventoinnit 3 000 seurantakoealalla vuosina 2021-2023. Lisäksi Luonnonvarakeskuksessa on kuivattu ja pakastettu maaperänäytteet kaikilta 3000 koealalta mahdollisia myöhempiä kemiallisia ja molekyylibiologisia eDNA-analyysjä varten. Biologinen eDNA-analyysi on suunniteltu tehtävän vastaavasti kuin BioValsen sienten ja bakteerien lajistokartoitus, mutta lisäksi pakastetut maanäytteet on mahdollista analysoida ns. metagenomiikan avulla. Suoturpeen monimuotoisuudesta on olemassa tieteellistä tutkimusta etenkin metaanin kiertoon liittyvien mikrobien sekä sienten osalta, mutta ei seurantaa. Rakennettujen alueiden maaperän monimuotoisuudesta arvioitiin tiedon tason olevan vielä puutteellinen. Suurimpien kaupunkiemme viheralueiden monimuotoisuudesta (kasvillisuus, mikrobi) on käynnissä tutkimuksia. On myös meneillään olevaa tutkimusta siitä, miten rakentaminen kaupunkien viheralueilla vaikuttaa maaperäeliöstön monimuotoisuuteen.

Maaperän tiivistymistä koskevan seurannan peltomailla katsottiin olevan puutteellista. Aiheesta on hyvää kokeellista tutkimustietoa, muttei varsinaista alueellisesti kattavaa seurantatietoa. Vuoden 2018 KemValse-näytteenoton yhteydessä otettiin 40 cm:n syvyyteen kerroksellisia maanäytteitä, joiden tilavuuspaino määritettiin. Vaikka näytteenottoa ei oltu suunniteltu maan tiivistymisen seurantaa ajatellen, vastaava näytteenotto tullaan toistamaan ja tulokset voivat olla hyödyllisiä maan tiivistymisen seurannan kannalta. Myös LUCAS Soil -seurantaan on liitetty tilavuuspaino käynnissä olevalla seurantakierroksella. Metsämaiden osalta on satunnaisia yksittäisiä tutkimuksia tiivistymisestä. Rakennettujen alueiden osalta maaperän tiivistäminen on tarpeen rakennettaessa rakennuksia ja infrastruktuuria. Runsas virkistyskäyttö voi tiivistää maaperää puistoissa ja virkistysalueilla. Maaperän tiivistyminen vaikuttaa osaltaan hulevesitulvien syntymiseen.

Maaperän sulkeminen rakentamisella eli peittäminen läpäisemättömällä pintakerroksella koskee rakennettuja alueita. Läpäisemätön pintakerros estää kaasujen ja veden kulkeutumisen maaperään, mikä heikentää merkittävästi maaperän toimintoja. Euroopan ympäristövirasto on teettänyt keskitetysti maanpinnan läpäisemättömyyttä ja sen

muutoksia koskevan aineiston, joka tuotetaan pääosin satelliittikuvatulkinnalla. Suomen osalta Suomen ympäristökeskus ja Luonnonvarakeskus ovat verifioineet aineiston laatua. Aineisto on tuotettu kolmen vuoden välein vuodesta 2006 alkaen.

Taulukko 18. Maaperää huonontavien prosessien seurannan tila tai tiedon taso maankäyttömuodoltaan erilaisilla alueilla. Seurantojen tilanteen luokittelu: Säännölliset valtakunnalliset seurannat=+++ , Säännöllisiä seurantoja, joissa täydennystarvetta=++ , Tieteellistä tutkimusta= +, Ei seurantoja, tieteellinen tieto puutteellista=0, ei oleellinen= -

Maaperää huonontavat prosessit	Pellot		Metsät		Suot	Rakennetut alueet
	Kivennäismaa	Turve	Kivennäismaa	Turve		
Org.aineksen / hiilen vähentyminen	+++	++	++	++	+ ¹	+
Ravinnehävikki	+++	+++	++	+	+ ¹	
Happamoituminen	+++	+++	++			
- sulfaattimaat	++	+			+ ²	
- lannoitus	+++	+++	+	+		
laskeuma			++			
Laaja-alainen kem. kuormitus						
- raskasmetallit	+++	+++	+	+	+	+
torjunta-aineet	+(+)	+(+)				0
- orgaaniset haitta-aineet / uudet huolta aiheuttavat aineet	0	0	0	0	0	+
mikromuovi	0	0	0	0	0	0
Paikallinen pilaantuminen ³	-	-	-	-	-	++
Vesieroosio	++	+	+	+		0
Monimuotoisuuden väheneminen	+(+)	+(+)	++	++	+	0
Tiivistyminen	+	+	+	+		+
Maaperän sulkeminen	-	-	-	-	-	++

¹ Suot varastoivat ja kerryttävät orgaanista ainesta, hiiltä ja ravinteita

2 turvetuotantoalueet

3 Maaperän pilaantuminen on ihmistoiminnan aiheuttamaa, pilaantumista on tässä taulukossa merkitty vain rakennetuille alueille vaikka pilaantumista voi tuki esiintyä myös pelto- tai metsämailla

Maaperänäytteisiin perustuvaa edustavaa seurantaa tarvitaan todentamaan maaperän tilaa, siinä tapahtuneita muutoksia. On tärkeää, että seurannalle olisi pysyvä rahoitus, joka mahdollistaa pitkäjänteisen toiminnan suunnittelun ja kehittämisen. Pitkäaikaiset aikasarjat pysyviltä koealoilta ovat erityisen arvokkaita nyt, kun ympäristö muuttuu aikaisemmasta poikkeavilla tavoilla ilmaston lämpenemisen, luonnon monimuotoisuuden vähenemisen ja ympäristön kemikalisoitumisen vaikutuksesta.

Seurannoissa olisi tärkeää huomioida kerättävän tiedon monikäyttöisyys. Tällöin seurannoista kerättävää tietoa voisi hyödyntää paremmin myös uuden tutkimustiedon tuottamiseen. Mahdollisuuksien mukaan seurantapisteen olisi hyvä kohdentaa paikoille, joista on saatavilla myös muuta dataa, esim. puuston kasvuun liittyvää tietoa metsäkohteilta (ns. integroitu näytteenotto). On tärkeää järjestää otettujen seurannäytteiden säilytys siten, että näytteet ovat mahdollisimman hyvälaatuisina käytettävissä myöhemmin esimerkiksi uusien teknisten menetelmien kehittyessä. Tämä mahdollistaa ajan myötä tapahtuvien muutosten seurannan myös myöhemmin kehitetyillä työkaluilla.

Koska muutokset tapahtuvat maaperässä hitaasti ja näkyvät mitattavissa muuttujissa viiveellä ja maaperän ennallistaminen tai puhdistaminen on usein vaikeaa ja kallista verrattuna ennalta ehkäisevien toimien kustannuksiin, olisi hyvä selvittää, voidaanko tunnistaa sellaisia maaperän muospaineista kertovia muuttujia, joita voitaisiin seurata ajallisesti tiheämmin kuin maaperänäytteenottoon perustuvaa seurantaa on järkevää tehdä. Tulisi myös ennakoida näiden muospaineiden ja niihin vaikuttavien yhteiskunnallisten ilmiöiden kehityssuuntia, jotta voitaisiin ajoissa muuttaa kehityksen suuntaa. Tällaisen muospaineiden seurannan kehittäminen ei poista tarvetta ylläpitää ja kehittää näytteenottoon perustuvaa maaperäseurantaa.

Haasteena seurannoissa on Suomelle tyypillinen maaperäolojen ja maankäytön mosaikkimainen vaihtelevuus pienelläkin alueella. Siksi seurantatietojen alueellista edustavuutta on vaikea saavuttaa, ja peruskartoituksetkin maaperämuodostumista ovat osin vielä puutteellisia. EU:n komission aikoo tukeutua politiikkatoimien vaikutusten arvioinnissa enenevässä määrin LUCAS-maaperäseurantatuloksiin. LUCAS-seurannan näytteenottoverkko on suhteellisen harva ja tarvitaan kansallista seurantaa varmentamaan ja täydentämään LUCAS-tuloksia.

Kansainväliset sitoumukset voivat osaltaan lisätä tarpeita maaperäseurannan kehittämiseen. Kansainvälisistä sopimuksista tällaisia ovat ainakin Minamatan elohopeasopimus, pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) koskeva Tukholman sopimus sekä niiden täytäntöön panemiseksi annetut EU-asetukset (2017/939/EU; 2006/507/EY), YK:n biodiversiteettisopimus (78/1994) ja EU:n biodiversiteettistrategia. Kahteen viimeksi mainittuun liittyy ympäristötilinpidon kehittäminen. (Ympäristöministeriö 2022)

Komissio on kertonut maaperästrategiassa aikovansa laatia vuoteen 2024 mennessä EU:n prioriteettilistan erityistä huolta aiheuttavista ja/ uusista huolta aiheuttavista pilaavista aineista, jotka ovat merkittävä riski Euroopan maaperän laadulle ja edellyttä-

vät valppautta ja ensisijaisia toimia unionin ja kansallisesti jäsenmaiden tasolla. Tois-
taiseksi ei ole tietoja tämän listan valmistelusta. Tätä selvitystä tehtäessä ei niin ikään
ole tietoa, millaisia seurantavelvoitteita tulevaan maaperän terveyttä koskevaan direk-
tiiviehdotukseen sisältyy, joten sen julkaisun jälkeen tulee tarkistaa vastaavatko ole-
massa olevat seurannat tietotarpeisiin ja miltä osin seurantoja on tarpeen kehittää.

8 Kustannustietoja

8.1 Peltomaiden seuranta

Luonnonvarakeskuksen peltomaita koskevat seurannat liitettiin vuonna 2022 tutkimuslaitoksen Viranomais- ja asiantuntijapalveluihin (VOAS) ja siinä yhteydessä niiden kustannukset arvioitiin (Taulukko 19). Kustannusarvioissa on pyritty huomioimaan seurantojen kattavuuden ja sisällön kehittämistarpeet. KemValse-tutkimuksessa tehdään Res- ja BioValse –tutkimuksia palveleva kenttätyö, mikä selittää sen muita osia suuremmat kustannukset.

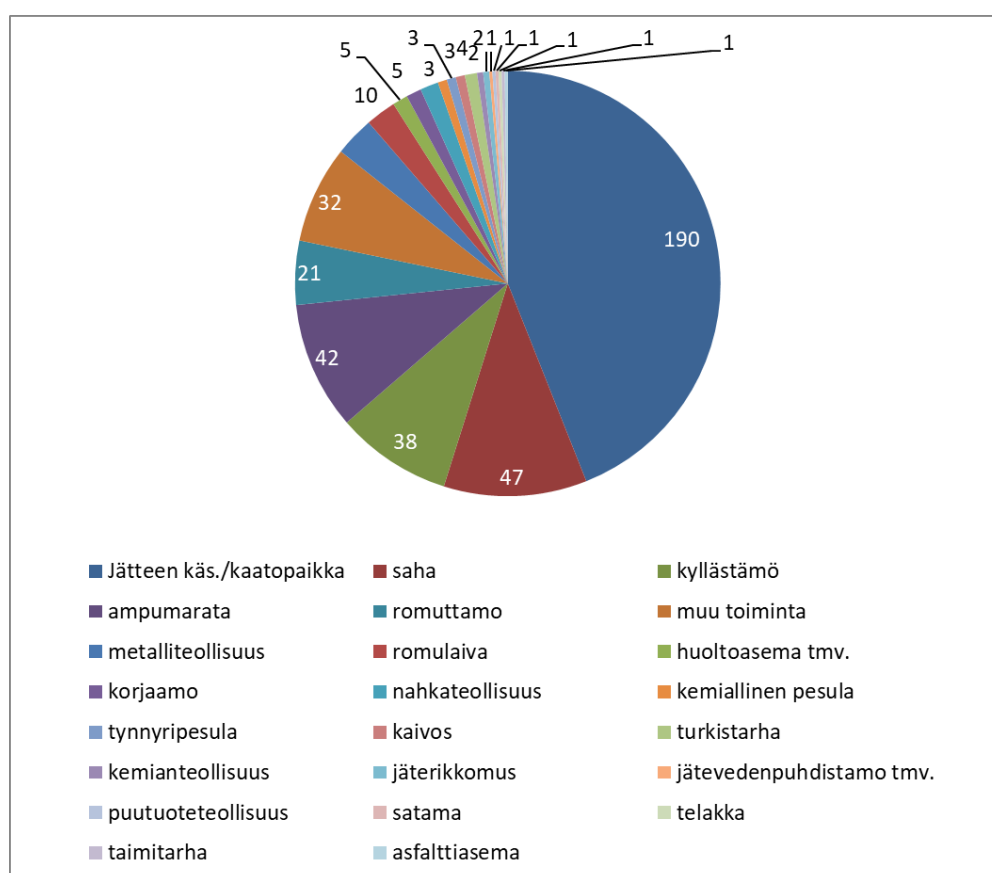
Taulukko 19. Luonnonvarakeskuksen viranomais- ja asiantuntijapalveluihin kuuluvat peltomaa-seurannat, niiden toteuttamisväli, seuraava ajankohta ja yhden seurantakierroksen arvioidut kustannukset vuoden 2022 kustannustason mukaan (seurantojen lyhenteet: ks. Luku 2).

Seurantatutkimus	Seurantaväli (v)	Seuraava tutkimus	Kustannusarvio (t€)
KemValse	10	2028–2030	600
ResValse	10	2028–2030	320
BioValse	10	2028–2030	240
Viljavuuden kehitys	5	2025	55
Ravinnetase	5	2025	30
Vesieroosio	3	2024	75

8.2 Pilaantuneiden maa-alueiden tutkimuksen ja kunnostuksen kustannukset

Outi Pyy, Suomen ympäristökeskus

Pilaantuneiden maa-alueiden tutkimusten ja kunnostusten kustannukset vaihtelevat tapauksittain suuresti, kymmenistä tuhansista kymmeneen miljooniin euroihin. Valtion osittain rahoittamien valtionjätehuoltotyöhankeiden keskimääräinen kunnostuskustannus on 433 hankkeen perusteella laskettuna 204 000 euroa (mediaani 75 000 euroa) (Pyy 2023). Pääosa näistä hankkeista on ollut kaatopaikkojen sekä saha-, kyllästämö- ja ampumarata-alueiden kunnostamisia (Kuva 47), mikä poikkeaa huomattavasti puhdistamista koskevien viranomaispäätösten toimialajakaumasta. Vuosina 2017 että 2014 tehdyissä puhdistuspäätöksissä merkittävimpiä toimialoja olivat polttonesteiden jakelu ja muut öljyhiilivedyillä maata pilanneet toimialat, öljy- ja kemikaalivahinkoalueet sekä vaihteleva joukko erilaisia teollisuuden toimialoja (Jylhä ym. 2019).



Kuva 47. Valtion jätehuoltotyönä toteutettujen 433 hankkeen jakauma eri toimialojen kesken.

Pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamista koskevia viranomaispäätöksiä on tehty vuodesta 1986 lähtien. Vuoteen 2023 alkuun mennessä päätösten määrä on 7 064, näistä noin 6 % on ollut valtion jätehuoltotyönä puhdistettujen alueita. Mikäli keskimääräinen kustannustaso kaikissa hankkeissa vastaisi valtion jätehuoltotyöhankeiden keskimääräistä (keskiarvo ja mediaani) puhdistuskustannusta, 36 vuoden aikana olisi käytetty kaikkiaan 1,4– 0,5 miljardia euroa. (Pyy 2023) Koska osa pilaantuneiden alueiden puhdistamisista on toteutettu ilman viranomaispäätöstä ja koska valtion jätehuoltotyönä toteutettujen hankkeiden joukossa ei juurikaan ole miljoonien eurojen

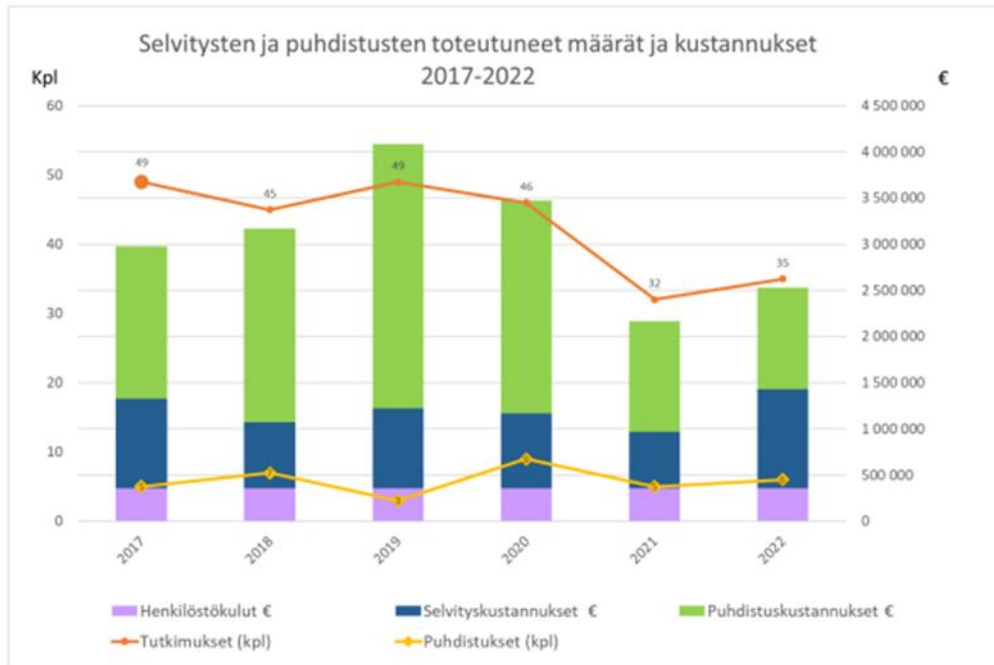
puhdistushankkeita (toteutetaan lähinnä kaupunkien aluekehityshankkeissa) todennäköisesti kokonaiskustannukset ovat edellä esitetty huomattavasti korkeammat. Esimerkiksi pelkästään Helsingin kaupunki panostaa vuosittain pilaantuneiden maa-alueiden selvittämiseen ja puhdistamisen vaatimiin toimenpiteisiin 12–15 miljoonaa euroa (Järvinen 2023). Vuosittain pilaantuneiden alueiden puhdistamiseen käytettäisiin siten yli 100 miljoonaa euroa.

8.2.1 Maaperä kuntoon -ohjelma

Tutkimuskustannusten keskimääräiset kulut Maaperä kuntoon -ohjelmassa olivat vuonna 2022 tehdyissä selvityksissä 23 800 euroa. (Pirkanmaan ELY-keskus 2023) Taulukkoon 20 on koottu kustannustietoja Maaperä kuntoon -vuosiraporteista vuosilta 2020–2022 (Pirkanmaan ELY-keskus 2021, Pirkanmaan ELY-keskus 2022, Pirkanmaan ELY-keskus 2023). Maaperä kuntoon -ohjelmassa toteutuneiden selvitysten ja kunnostusten määrät ja kustannukset vuosilta 2017–2022 on esitetty kuvassa 48.

Taulukko 20. Maaperä kuntoon -ohjelman kustannustietoja vuosilta 2020–2022.

	Kustannukset (€)		
	2020	2021	2022
Selvitykset			
yksi hanke keskimäärin	19 000	20 200	23 800
Vaihteluväli		7 500–48 000	7 400–63 200
Öljypilaantuneet alueet			
Yksi hanke keskimäärin		14 000	8 900
Vaihteluväli		8 500–31 500	7 200–10 400
Kunnostaminen			
yksi hanke keskimäärin	100 000		220 000
Vaihteluväli	15 000–330 000		44 900–492 600
Öljypilaantuneet alueet			
yksi hanke keskimäärin			67 500
vaihteluväli			23 000–226 000



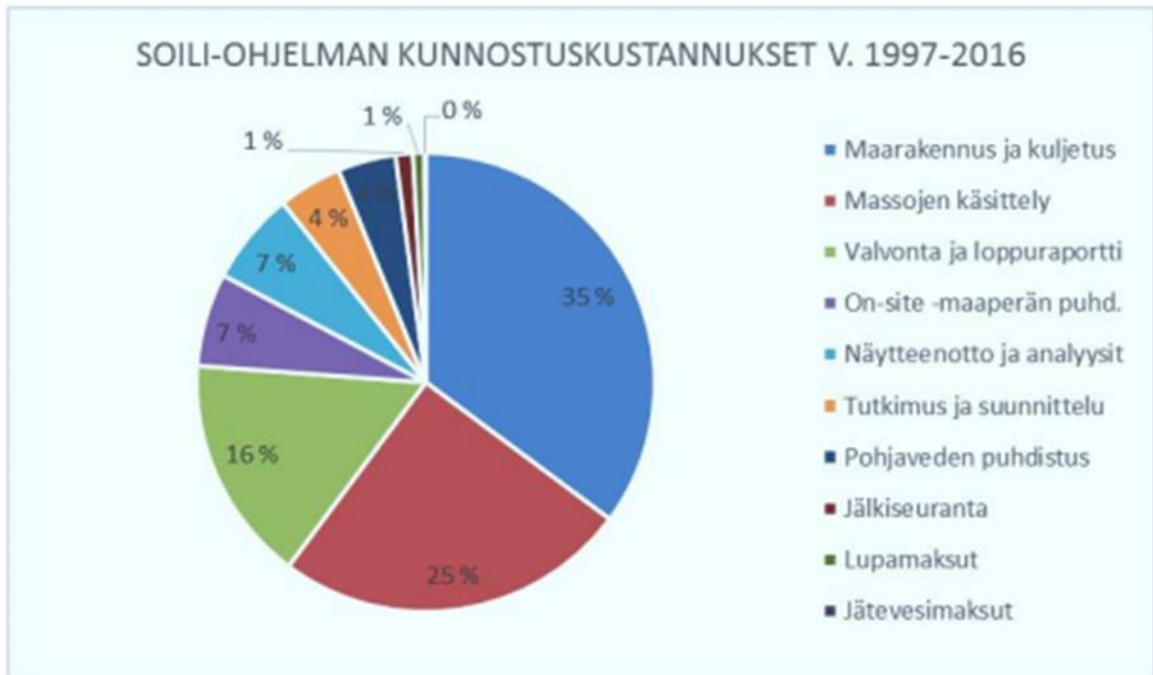
Kuva 48. Maaperä kuntoon -ohjelman kautta tehtyjen selvitys- ja puhdistushankkeiden määrät ja kustannukset vuosina 2017–2022. Vuosien 2017–2020 kustannukset eivät sisällä kokeiluhankkeiden kustannuksia, vuoden 2021 kustannuksiin ne on sisällytetty. (Lähde: Pirkanmaan ELY-keskus 2023)

8.2.2 SOILI-ohjelma

Valtakunnallinen nestemäisten polttoaineiden vähittäisjakelutoiminnassa öljyllä likaantuneiden alueiden kunnostamisohjelman (Öljyalan palvelukeskus Oy 2017) kulut vuosilta 1997–2015 olivat yhteensä noin 50 miljoonaa euroa (ALV 0 %). Tästä öljysuojarahaston osuus oli noin 23 miljoonaa euroa. Öljy-yhtiöiden suora rahoitus niiden hallinnassa olleiden kohteiden kunnostamiseen ohjelmassa oli noin 27 miljoonaa euroa. Nämä kulut jakaantuivat siten, että noin 75 % kuluista kohdistui itse maaperän kunnostamisen toteuttamiseen, 9 % kohdeselvitysten tekemiseen, 8 % hallintoon, 7 % projektinjohtoon ja 1 % jälkikontrolliin eli seurantaan.

Koko ohjelman aikana maarakennus-, kuljetus ja massojen käsittely muodosti 75 % ohjelman kustannuksista. Paikalla (*on site*) tehtyjen kunnostustoimien osuus kustannuksista koko ohjelman aikana oli vain 7 %. Kun huomioitiin myös pohjaveden puhdistus, tuli *on site* -kunnostamisen osuudeksi 11 %. Ohjelmassa panostettiin *in situ* -menetelmien kehittämiseen ja käyttämiseen ja niinpä ohjelman loppuaikoina (2015) paikalla suoritettu (*on site/in situ*) kunnostus muodosti 50 % kunnostuskustannuksista ja tämän lisäksi tuli pohjaveden puhdistamisen 11 %. Maarakennuksen ja kuljetuksen osuus kustannuksista supistui 35 %:sta noin 5 %:iin. Toisaalta *in situ* -kunnostamisen

edellyttämät projektinjohtoon ja valvonnan voimavarat näkyivät valvonnan ja raportoinnin kustannusten osuuden kasvuna. Seuraavassa kaaviossa on esitetty kunnostuskustannusten suhteellinen jakauma koko Soili-ohjelman aikana.



Kaavio 6. Kunnostuskustannusten suhteellinen jakauma ohjelman aikana

Kuva 49. SOILI-ohjelman kunnostuskustannusten suhteellinen jakauma ohjelman aikana (Öljyalan palvelukeskus Oy 2017).

9 Olemassa olevien ohjauskeinojen toimivuus ja kehittämistarpeet

9.1 Ohjauskeinojen osuvuus ja kehittämistarpeet liittyen tärkeimpiin maaperätavoitteisiin maataloudessa

Heikki Lehtonen ja Antti Miettinen, Luonnonvarakeskus

Maatalousmailla on tärkeä merkitys liittyen ruokaturvaan, ruoantuotannon omavaraisuuteen, viljelijöiden talouteen ja useisiin ympäristötavoitteisiin, kuten vesiensuojeluun, luonnon monimuotoisuuden edistämiseen ja kasvihuonekaasupäästöjen (hiilidioksidi, dityppioksidi, metaani) vähentämiseen. Maataloutta ja maatalousmaiden käyttöä ohjataan ja säädellään laajasti ja monin tavoin. Viljelysmaihin liittyvää ohjausta ja sen kehittämistarpeita tarkastellaan seuraavassa maatalouspolitiikan ja siihen läheisesti liittyvän ympäristöpolitiikan näkökulmasta.

9.1.1 Ehdollisuus ja sen velvoitteet liittyen viljelysmaiden hoitoon

EU:n maatalouspolitiikka muuttui 2000-luvun alussa niin, että maataloustuotanto vastaisi ensi sijassa markkinakysyntään. Tästä syystä suurin osa EU:n maataloustuesta maksetaan pellon hallinnan perusteella tuotannosta riippumattomana hehtaaritukena.

Kaikki viljelijöille maksettava maataloustuki (Suomessa vuosittain noin 1,9 mrd. euroa; Latvala ym. 2022) on ehdollinen hyvälle viljelykäytännölle ja pellon kasvukunnon säilyttämiselle. Ehdollisuus koostuu hyvän maatalouden ja ympäristön vaatimuksista (GAEC) sekä lakisääteisistä hoitovaatimuksista (SMR), jotka ovat ympäristöä, kansanterveyttä, kasvien terveyttä sekä eläinten terveyttä ja hyvinvointia koskevia EU-säädösten vaatimuksia. Ehdollisuuden noudattaminen on EU:n kokonaan rahoittamien suorien tukien ja osarahoittamien maaseudun kehittämisen viljelijäkorvausten täysimääräisen saamisen ehtona (MMM 2023a).

Ehdollisuuden laiminlyönnin seuraamukset kohdistuvat kaikkiin viljelijätukiin. Jos laiminlyönti aiheutuu esim. maatalousmaahan kohdistuvasta rikkeestä, tukivähennys kohdennetaan sekä pinta-ala- että eläinperusteisiin tukiin. Ehdollisuuden vaatimusten täyttämistä ei makseta viljelijöille erikseen tukea, joten niistä aiheutuvat kustannukset ja tulonmenetykset jäävät viljelijöiden maksettavaksi ilman kompensatiota (Ruokavirasto 2023a).

Ehdollisuuden eri osa-alueet ovat seuraavat, ja niille on kullekin omat täsmennetyt kuvauksensa:

1. Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen
2. Vesien suojelu
3. Maaperän suojelu ja laatu
4. Luonnon monimuotoisuuden ja maiseman suojelu ja laatu
5. Käytä kasvinsuojeluaineita oikein
6. Huolehdi rehujen turvallisuudesta
7. Tuota turvallisia elintarvikkeita
8. Kielletyt aineet, sallitut eläinlääkkeet ja lääkityskirjanpito
9. Eläinten hyvinvointiin liittyvät lakisääteiset hoitovaatimukset
10. Sosiaalinen ehdollisuus

Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen tarkoittaa pysyvän nurmen säilyttämistä, turvemaiden suojelua ja ehtoja maatalousmaaksi muusta käytöstä otetulle alalle sekä sängen polttokieltoa.

Pysyvän nurmen säilyttämisen tavoitteena on ympäristön huomioiminen viljelyssä ja hiilen talteenoton varmistaminen. Pysyvää nurmea on maa, jota käytetään heinäkaskasvien tai muiden nurmirehukasvien kasvattamiseen joko luontaisella tavalla (itseuudistuva) tai viljelemällä (kylvämällä), ja joka ei ole kuulunut tilan viljelykiertoon vähintään viiteen vuoteen. Tällaista nurmialaa, jota ei ole viiteen vuoteen viljelijätoimin uudistettu (kynnetty ja kylvetty) yksivuotiselle kasville, on kuitenkin tuotantokäytössä Suomessa hyvin vähän. Valtaosa pysyvän nurmen alasta (175 000 ha) ei ole aktiivisessa maatalouskäytössä. Jos pysyvän nurmen osuus maatalousmaasta vähenee Suomessa yli viisi prosenttia, otetaan käyttöön pysyvän nurmen ennallistamismenettely, eikä ole-massa olevia pysyviä nurmia saa ottaa muuhun viljelykäyttöön (Ruokavirasto 2023a).

Turvemaalla tarkoitetaan Suomen CAP-tukijärjestelmässä maata, jonka muokkauskerroksen orgaanisen aineksen pitoisuus on vähintään 40 %. Ehdollisuus edellyttää, että vuodesta 2023 alkaen raivaamalla tai muutoin maatalousmaaksi otettu ala on pidettävä pysyvästi nurmikasvustona, jota ei saa kyntää. Alan pitää kuitenkin olla sellaisessa kunnossa, että sitä voidaan viljellä tavanomaisen sadon tuottamiseksi. Nurmikasvuston voi uusia suorakylvönä tai kevennetyllä muokkauksella niin, että uusi kasvusto kylvetään välittömästi aiemman kasvuston muokkauksen jälkeen. Käytännössä nämä vaatimukset johtavat Suomen olosuhteissa heikkenevään nurmirehun laatuun ja määrään (syynä esim. nurmen erilaiset talvihuhot, rikkakasvien lisääntyminen, turvepellon pinnan painuminen ajourien kohdalta, ellei koskaan kynnetä jne.), kun koko nurmikasvustoa ei voida käytännössä uusia kerralla. Näistä syistä viljelijät välttävät pysyvää nurmea. Ehdollisuuden vaatimukset uusille raivoille vähentävät siksi merkittävästi kannustinta uusien turvepeltojen raivaukseen. Vaatimus pysyvästä nurmikasvustosta ei koske sellaisia maatalousmaan aloja, jotka olivat viljelykelpoisia viimeistään 31.12.2022 (Ruokavirasto 2023a).

Sängen polttokiellon tavoitteena on säilyttää maaperän orgaanista ainesta. Sängellä tarkoitetaan leikatun kasvin maahan jäävää tyviosaa. Sängen polttokielto ei koske nurmisänkiä (Ruokavirasto 2023a).

Vesien suojele sisältää vaatimuksia suojakaistoista, veden ottamisesta ja vesitalous-hankkeiden luvanvaraisuudesta, maaperän ja pohjaveden suojelusta sekä ympäristö-luvista. Lisäksi vaatimukseen sisältyy lannoittamiseen ja lannan varastointiin liittyviä ehtoja nitraattiasetuksen (A 1250/2014) ja fosforiasetuksen (A 64/2023) mukaisesti (Ruokavirasto 2023a).

Jos peltolohko sijaitsee vesistön varrella, vesistön puoleiselle lohkon reunalle on jätet-tävä kasvipeatteinen, muokkaamaton ja vähintään 3 metriä leveä suojakaista.

Peruslohko ei sijaitse vesistön varrella, jos pellon ja vesistön välillä on muuta aluetta vähintään keskimäärin 10 metriä eikä vesi tulvankaan aikana nouse maatalousmaalle tai jos pelto sijaitsee tulvapenkereen takana ja kuivatusvedet johdetaan pois pump-paamalla tai muulla vastaavalla tavalla.

Suojakaistan kasvillisuus voi koostua kylvetyistä nurmikasveista tai muista kuin puu-vartisista kasveista. Kasvinsuojeluaineiden käyttö ja lannoitus eivät ole sallittuja suoja-kaistalla. Vaikeissa rikkakasvitilanteissa voi käyttää kasvinsuojeluaineita niiden käyttö-rajoitusten mukaisesti pesäketorjuntana, mutta tähän on anottava lupa ELY-keskuk-sesta (Ruokavirasto 2023a).

Ehdollisuuteen kuuluu, että maaperän ja pohjaveden kaikenlainen pilaaminen ja pi-laantumisen vaaran aiheuttaminen on kielletty. Ympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden päästäminen suoraan tai välillisesti pohjaveteen on kielletty. Vaikka ehdolli-suuden nimenomaisena vaatimuksena on maaperän ja pohjaveden suojeleminen fos-foripäästöiltä, viljelijän on huolehdittava, ettei pohjaveteen pääse mitakaan ympäris-tölle vaarallisia tai haitallisia aineita.

Ehdollisuuden vesiensuojeluvaatimukseen kuuluu, että lantaa tai orgaanisia lannoite-valmisteita ei saa levittää pellolle 1.11.–31.3. välisenä aikana. Tästä voi poiketa vain hyvin painavista syistä, ja levityksestä on tehtävät lokakuun loppuun mennessä ilmoi-tus ELY-keskukselle. Jos viljelijä käyttää lannoitteena lantaa tai orgaanisia lannoite-valmisteita, pitää lanta mullata tai pelto kyntää vuorokauden sisällä levityksestä. Mul-taamista ei edellytetä, jos lannan tai orgaanisen lannoitevalmisteen levittää kasvus-toon letkulevityksellä tai hajalevityksenä. Lannoitus on kiellettyä viittä metriä lähem-pänä vesistöä. Seuraavan viiden metrin vyöhykkeellä vesistöä lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden pintalevitys on kielletty, ellei peltoa muokata vuorokauden kulu-essa levityksestä (Ruokavirasto 2023a).

Ehdollisuudessa lannoituksen perusteena voidaan hyväksyä korkeintaan 10 vuotta vanha viljavuustutkimus. Jos lohkoista on eri aikoina otettuja viljavuustutkimuksia, lan-noituksen tulee perustua uusimpaan käytettävissä olevaan analyysitulokseen. Lan-noittaa voi analyysien mukaisten lannoituslohkojen mukaan tai käyttämällä analyysien keskiarvoa tai painotettua keskiarvoa.

Lanta-analyysivelvoite koskee tilaa, jolla syntyy tai/ja joka käyttää lantaa lannoitteena suoraan pellolla enemmän kuin 25 m³ vuodessa. Lanta-analyysissä tulee määrittää lannan sisältämä liukoinen tyyppi, kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori. Tuotantoeläinten lannassa ja lantaa sisältävissä orgaanisissa lannoitevalmisteissa vuosittain levitettävä kokonaistypen määrä saa olla enintään 170 kg/ha. Jos liukoisen typen lannoitus-

määrä ylittää 150 kg/ha vuodessa, on määrä jaettava vähintään kahteen erään. Levittämisen välillä on oltava vähintään kaksi viikkoa. Syksyllä 1.9. alkaen tuotantoeläinten lannassa ja orgaanisissa lannoitevalmisteissa levitettävän liukoisen typen määrä saa olla enintään 35 kg/ha. Liukoisen typen lannoitukselle (eloperäisille maille noin 40 kg/ha pienemmät rajat kuin kivennäismaille) on annettu vuotuiset kasvilajiryhmäkohtaiset enimmäismäärät. Fosforilannoitukselle pätevät kasvilajiryhmäkohtaiset enimmäismäärät (kg/ha) viljavuusluokan perusteella. Fosforilannoituksessa voidaan kasvulohkokohtaisesti soveltaa 5 vuoden tasausta, eli lannoittaa kerralla viiden vuoden tarvetta, kuitenkin kasvikohtaista enimmäismäärää, vastaava määrä fosforia (Ruokavirasto 2023a).

Osana ehdollisuutta viljelijän on noudatettava myös lannan varastointia koskevia ehtoja. Tilan lantalaan pitää mahtua 12 kuukauden aikana kertyvä lanta lukuun ottamatta lantaa, joka jää laidunnuksessa laitumelle laidunkauden aikana. Nautojen osalta voidaan ottaa huomioon enintään neljän kuukauden aikana laitumelle jäävä lanta. Lantaloille on annettu ohjetilavuudet eläinlajikohtaisesti. Rakenteiden ja laitteiden tulee olla sellaisia, ettei lannan tai orgaanisten lannoitevalmisteiden siirron, käsittelyn ja varastointitilan tyhjennyksen aikana pääse nesteitä ympäristöön (Ruokavirasto 2023a).

Lantaa ja lannoitusta koskevilla määräyksillä on tarkoitus paitsi vähentää vesistökuormitusta, myös maaperän pilaantumista runsaiden maahan joutuvien ravinteiden vuoksi.

Maaperän suojeleminen ja laatu

Vuodesta 2023 lähtien vähintään 33 % viljelijän hallinnassa olevan pellon ja pysyvien kasvien alasta pitää olla talvikaudella kasvipeitteistä. Kasvipeite suojelee maaperää ravinteiden huuhtoumilta ja vähentää maan eroosiota.

Maaperän eroosion vähentämiseksi on osana ehdollisuutta yksityiskohtaiset määräykset talviaikaisesta vähimmäismaanpeitteestä ja kesantojen hoidosta (viher-, avo- ja sänkikesantoja koskevat määräykset). Kesanto voi kuitenkin olla ilman kasvipeitettä, jos viljelijä parantaa kesantopellon viljelykuntoa torjumalla vaikeasti hävitettäviä rikkakasveja, jos tehdään lyhytaikaisia kunnostustoimenpiteitä, tai jos ylivoimaisen esteen tai poikkeuksellisen olosuhteen tilanteissa tai poikkeamiseen on joku muu erityinen syy sille, että kesanto on ilman kasvipeitettä.

Jos lohkolla on toisen vuoden tai vanhempi viherkesanto, kesanto on niitettävä tai sillä on laidunnettava viimeistään 31.8. Myös sänki- ja avokesanto on niitettävä viimeistään 31.8., jos lohkolla on kasvustoa.

Maaperän suojeleminen koskevaan ehdollisuuteen kuuluu myös viljelykierto. Viljelykierto-vaatimuksen tavoitteena on maaperän kasvukunnon säilyttäminen ja parantaminen. Vaatimus koostuu kahdesta erilaisesta viljelykiertovaatimuksesta, vuotuisesta ja usean vuoden viljelykiertovaatimuksesta. Vaatimus ei koske monivuotisia viljelykasveja, heinä- ja nurmirehukasveja, kesantoja, perunaa, porkkanaa, sokerijuurikasta, keräkaaleja, sipuleita, puna- ja keltajuurikasta.

Vuosittaisessa viljelykierrossa yksivuotisen viljelykasvin pitää vaihtua vuosittain vähintään 33 prosentilla maatalan hallinnassa olevalla peltoalalla. Vuonna 2023 vuotuinen viljelykierto koskee poikkeuksellisesti vain niitä tiloja, jotka valitsevat ympäristökorvauksen kerääjäkasvitoimenpiteen. Viljelykierron toteutumista verrataan alalla edellisvuonna ilmoitettuihin yksivuotisiin kasveihin. Erikseen on annettu lista viljelykierrossa eri viljelykasveiksi luettavista kasveista ja seoskasvustoista.

Viljelykiertovaatimus ei kuitenkaan jatkossakaan koske maatiloja, joilla yli 75 % peltoalasta on heinäkavien tai muiden nurmirehukasvien tuotannossa, kesantona tai pallokasvien viljelyssä tai näiden käyttötapojen yhdistelmänä, jos yli 75 % tilan maatalousmaasta on pysyvää nurmea tai heinäkavien tai muiden nurmirehukasvien tuotannossa tai näiden käyttötapojen yhdistelmänä, jos maatila on luonnonmukaisessa tuotannossa, tai jos tilan peltoala on enintään 10 hehtaaria.

Nämä poikkeukset koskevat myös tuottamattoman alan vaatimusta, jonka mukaan maatalan on jätettävä 4 % peltoalastaan kesannoksi, jos maatila sijaitsee Uudenmaan, Varsinais-Suomen ja Ahvenanmaan maakunnissa sijaitsevia tiloja. Muu Suomi vapautuu vaatimuksesta metsäisyyden perusteella. Tuottamattoman alan vaatimuksen tavoitteena on luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen ja parantaminen. Vuoden osalta 2023 osalta tuottamatonta alaa ei tarvitse olla (Ukrainan kriisin vuoksi).

Ehdollisuus velvoittaa säilyttämään suojellut maisemapiirteet ja kieltää kaatamasta tai leikkaamasta puita 1.5.–31.7. välisenä aikana lintujen pesimärauhan vuoksi. Ehdollisuus velvoittaa haitallisten vieraslajien, hukkakauran ja jättiputkien, torjuntaan.

Ehdollisuuden vaatimukseen kuuluu myös lintujen ja erityisesti lintudirektiivissä (2009/147/EY) tarkoitettujen lintulajien sekä niiden elinympäristöjen suojeleminen. Ehdollisuuden lintuja koskevat vaatimukset täyttyvät, kun viljelijä noudattaa luonnonsuojelulain mukaisia suojeluohjelmiin liittyviä toimenpiderajoituksia, luonnonsuojelualueita, suojeltuja luontotyypppejä ja erityisesti suojeltavien lajien esiintymispaikkoja koskevia päätöksiä ja määräyksiä sekä kansallispuistojen, luonnonpuistojen sekä Natura 2000 –alueita koskevia säännöksiä.

Ehdollisuuteen kuuluu, että käytetään vain Suomessa hyväksytyt kasvinsuojeluaineita. Viljelijän on käytettävä kasvinsuojeluaineita käyttöohjeen mukaan siten, että hyväksyttävä teho saavutetaan pienimmällä tarvittavalla kasvinsuojeluaineen määrällä. Integroidun kasvinsuojelun vaatimukset eivät kuulu ehdollisuuden vaatimukseen, mutta niitä on silti noudatettava, koska ne kuuluvat lainsäädännön vaatimukseen. Kaiken kaikkiaan kasvinsuojeluaineiden käyttöön liittyvillä määräyksillä pyritään estämään mm. kasvinsuojeluaineiden kerääntyminen maaperään.

Lisäksi ehdollisuuteen kuuluu myös rehujen turvallisuudesta huolehtiminen, turvallinen elintarvikkeiden tuotanto (monine yksityiskohtaisine määräyksineen), kiellettyjä aineita, sallittuja eläinlääkkeitä ja lääkityskirjanpitoa koskevat määräykset, sekä eläinten hyvinvointiin liittyvät lakisääteiset hoitovaatimukset (Ruokavirasto 2023a).

Edellä on esitetty lähinnä ehdollisuuden vaatimuksista lähinnä suoraan tai välillisesti maaperää koskevat määräykset (Ruokavirasto 2023a).

Johtopäätöksiä ehdollisuuden vaikutuksista peltomaiden maaperään

Ehdollisuus asettaa rajoituksia ja edellyttää viljelijältä useita hyvin keskeisiä maaperään vaikuttavia toimia. Ne ehkäisevät tai ainakin vähentävät monia maaperän kuntoon liittyviä riskejä. Ehdollisuuteen kuuluu, että maaperän ja pohjaveden kaikenlainen pilaaminen ja pilaantumisen vaaran aiheuttaminen on kielletty. Etenkin lannoitukseen ja kasvinsuojeluaineisiin liittyvät ehdot ja rajoitukset vähentävät niihin liittyviä riskejä. Ehdollisuuden vaatimuksiin kuuluvat myös vaatimus integroidusta kasvinsuojelusta ja kirjanpito vaatimus kasvinsuojeluaineiden käytöstä. Integroidussa kasvinsuojelussa yhdistellään erilaisia kasvintuhoojien torjuntakeinoja (Tukes 2023). Käytännössä se tarkoittaa, että kasvinsuojeluaineiden käyttö yhdistetään harkitusti ja tarpeen mukaisesti muihin torjuntakeinoihin. Kasvinsuojelun perusedellytys on tarkoituksenmukainen viljelykierto, jossa suositaan kasveja, joilla on vähän tai ei lainkaan samoja kasvinsuojeluriskejä, kuten kasvitauteja. Jokaiseen tilanteeseen mietitään sopiva torjuntakeino viljelykasvi ja kokonaistilanne huomioon ottaen. Tavoitteena on vähentää kasvinsuojeluaineiden käyttöön liittyviä riskejä. Kuten integroitu kasvinsuojelu, myös maanpeitteeseen liittyvät vaatimukset, jotka tähtäävät paljolti myös vesiensuojeluun, ovat hyvin sopusoinnussa maaperän kasvukunnon säilyttämisen kanssa.

Turvemaiden osalta hiilivaraston vähenemistä ei kuitenkaan voida pysäyttää pelkästään ehdollisuuden vaatimuksilla. Ehdollisuuden vaatimukset eivät edellytä turvemaiden vettämistä, nurmipeitteisyyttä, pitkäaikaisia nurmia tai ennallistamista, vaan sallivat turvepeltojen pitämisen kuivina kasvihuonekaasupäästöjen lähteinä. Vaatimus pysyvän nurmen säilyttämisestä merkittävästi vaikuttaa turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöihin, koska pysyviä nurmia on etenkin viljelykäytössä Suomessa vähän. Turvemaat ovatkin merkittäväälle osalle maatiloja ja niiden tuotannolle tärkeitä monin paikoin Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa. Näillä alueilla viljelykäyttöön on myös raivattu lisää turvemaita, mikä lisää haitallisi päästöjä ilmakehään ja vesistöihin. Kaudella 2023–2027 ehdollisuus kuitenkin edellyttää raivatun pellon pitämistä pysyvänä nurmena, jota ei saa kyntää, mikä todennäköisesti hillitsee pellonraivausta.

Kivennäsmaiden osalta ehdollisuus ja etenkin sen kasvipeitevaatimukset hidastavat hiilivarastojen vähenemistä. Riippuen siitä millaisia viljelykasveja on kierrossa, ehdollisuuteen kuuluva viljelykiertovaatimus voi osaltaan edistää hiilipitoisuuden säilyttämistä kivennäismaissa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että useat ehdollisuuden vaatimukset tukevat maaperän hyvän kunnon säilyttämistä. Etenkin turvemaiden osalta ja osin myös kivennäsmaiden osalta ehdollisuuden vaatimukset ovat kuitenkin yksinään riittämättömiä maan hiilen säilyttämiseksi. Esimerkiksi vuotuisen viljelykiertovaatimuksen mukainen viljelykasvin vaihtuminen edellisvuodesta koskee vuosittain vain 33:a prosenttia maatilan peltoalasta.

9.1.2 CAP-ohjelmakauden 2023–2027 kannustimia ja mahdollisuuksia peltomaiden hoitoon

Ohjelmakaudella 2023–2027 on useita vapaaehtoisia toimia, joilla viljelijät voivat tuetusti edistää viljelysmaiden kasvukuntoa ja vähentää haitallisia vaikutuksia ilmakehään ja vesistöihin sekä edistää maatalousympäristön, myös viljelysmaiden, luonnon monimuotoisuutta.

Ekojärjestelmä

Ekojärjestelmätukeen kuuluu neljä toimenpidettä, joihin viljelijä voi vapaasti sitoutua vuosittain. Toimenpiteet ja arvioidut vuosittain maksettavat hehtaaritukien määrät ovat:

- 1) talviaikainen kasvipeite (50 €/ha)
- 2) luonnonhoitonurmet (65 €/ha)
- 3) viherlannoitusnurmet (80 €/ha)
- 4) monimuotoisuuskasvit (300 €/ha)

Luonnonhoitonurmia, viherlannoitusnurmia ja monimuotoisuuskasveja koskevien ekojärjestelmien tukea myönnetään enintään 25 prosentille tuenhakijan suoriin tukiin tukikelpoisesta alasta. Tukialueella C luonnonhoitonurmia koskevan ekojärjestelmän tukea voidaan myöntää enintään 10 prosentille tuenhakijan suorien tukien tukikelpoisesta alasta. Toimenpiteisiin sitoudutaan kalenterivuodeksi, paitsi talviaikaisessa kasvipeitteisyydessä lokakuun lopusta seuraavaan kevääseen asti (Ruokavirasto 2023b).

Maaperän kannalta ekojärjestelmän toimenpiteistä voi todeta yleisesti, että mitä enemmän toimenpide sisältää nurmea, sitä myönteisemmin se vaikuttaa maan laatuun, rakenteeseen, eroosiokestävyyteen ja orgaanisen aineksen määrään. Myös monimuotoisuuskasvien voidaan olettaa parantavan maan kasvukuntoa, mutta tutkittua tietoa monimuotoisuuskasvien vaikutuksesta maahan ei ole (Hyvönen ym. 2020).

Esimerkki ekojärjestelmän toimenpiteiden ketjutuksesta

Ekojärjestelmän toimenpiteitä yhdistelemällä on mahdollista valita esimerkiksi monivuotinen monimuotoisuus-maanparannus-maisema-pelto-toimenpideyhdistelmä. Se sitoo maahan hiiltä ja typpeä ja on hyödyllinen tiivistyneille pelloille. Siemenseos voi olla riista- tai maisemapellon tukiehdot¹ täyttävä luonnonhoitonurmen tai viherlannoitusnurmen seos. Osana nurmiseosta voi olla myös esimerkiksi auringonkukkaa, hunajakukkaa, kuminaa, keltamesikkää, valko- tai veriapilaa tai sikuria. Syväjuurisia, typpeä sitovia ja kukkivia kasveja sisältävä seos kelpaa monelle riistaeläimelle ja pelto houkuttelee myös pölyttäjiä.

Toteutus voi mennä esimerkiksi siten, että ensimmäisenä kasvukautena pelto on riista- tai maisemapelto. Toisena kasvukautena pellon voi ilmoittaa esimerkiksi luonnonhoitonurmeksi tai viherlannoitusnurmeksi, joiden perustamiseen suojakasvustoon pitää olla tukiehtojen mukainen siemenseos (Ruokavirasto 2023b). Viherlannoituskasvien käyttö pelloilla tulee viljelijöille aiempaa kannattavammaksi, jos lannoitteiden hinnat ovat korkeat.

Ympäristösitoumus

Ympäristösitoumus on keskeinen vapaaehtoisia toimia viljelijöille tarjoava kokonaisuus ekojärjestelmän lisäksi. Ympäristösitoumus on viisivuotinen sitoumus², joka sisältää tilakohtaisia- ja lohko kohtaisia toimenpiteitä. Lohko kohtaisia toimenpiteitä voi valita, kun on antanut ympäristösitoumuksen ja samalla sitoutunut tilakohtaisen toimenpiteen toteuttamiseen. Korvausta maksetaan kustannuksista ja tulonmenetyksistä, joita näiden toimenpiteiden noudattaminen aiheuttaa (Ruokavirasto 2023c).

Tilakohtaisen toimenpiteen yleiset vaatimukset

Perusedellytyksenä ympäristösitoumuksen vapaaehtoisille toimille ovat kuitenkin ”Tilakohtaisen toimenpiteen yleiset vaatimukset”. Niihin kuuluu **viljavuustutkimus** (ei vaadita pellonkäytön muodoilta ja kasveilta, joita ei lannoiteta), johon kuuluu maanäytteen otto jokaiselta peltolohkolta kerran viidessä vuodessa (Ruokavirasto 2023c). Yleisiin vaatimuksiin kuuluu myös **lohko kohtainen kirjanpito** perus- ja kasvulohkoilta: lohkon tunnus ja pinta-ala, lohkolle kylvetyt kasvit, lannoitus, viljelykierto, kalkitus, muokkaus, kastelun käyttö, ojitus, havaitut taudit ja tuholaiset, käytetyt kasvinsuojeluaineet ja -menetelmät, muut vastaavat lohkolta tehtävät viljelyyn ja muuhun maankäyttöön liittyvät toimenpiteet. Lisäksi tilakohtaisen toimenpiteen yleisiin vaatimuksiin sisältyy **maatilan ilmasto- ja ympäristösuunnitelma**, jossa toisena tai kolmantena sitoumusvuonna (1.5.2024–30.4.2026) laaditaan tilakohtainen ympäristö- ja ilmasto-suunnitelma, jossa kartoitetaan tilan ympäristöhaasteita ja kehittämismahdollisuuksia. Ne voivat liittyä maatalouden vesiensuojeluun, maaperän kasvukunnon parantami-

¹ Riista- ja maisemakasvien siemenillä perustetut pellot kuuluvat ekojärjestelmätuen monimuotoisuuskasvien toimenpiteeseen. Muita tähän toimenpiteeseen luettavia monimuotoisuuskasveja ovat pölyttäjähyönteis-, niitty- ja peltolintukasvit.

² Viisivuotisen sitoumuskauden jälkeen ympäristösitoumusta voidaan jatkaa enintään kahdella vuodella kerrallaan.

seen, ilmastonmuutoksen hillintään, ilmastonmuutokseen sopeutumiseen, ilmansuojeluun, energiaan, ja maatalousluonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseen ja edistämiseen.

Tilakohtaiset valinnaiset toimenpiteet

Edellä mainittujen tilakohtaisen toimenpiteen yleisten vaatimusten lisäksi ympäristösitoumuksen antaneen viljelijän on valittava vuosittain kaksi tilakohtaista toimenpidettä seuraavista vaihtoehdoista: ilmasto- ja ympäristökoulutus, monivuotiset monimuotoisuuskaistat, maaperän seuranta, orgaaniset ravinteet, pölyttäjien ravintokasvit, täsmäviljelymenetelmät, kasvintuhoojien ja kasvitautilien seuranta- ja tunnistussovellukset.

Jos viljelijä valitsee **ilmasto- ja ympäristökoulutuksen**, hänen on suoritettava jokin seuraavista: hiilensidonta peltomaahan ja maaperän kasvukunto, kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen maatilalla, maatalousluonnon monimuotoisuuden edistäminen, maatalon vesiensuojelu, integroidun torjunnan menetelmät.

Jos viljelijä valitsee **monivuotiset monimuotoisuuskaistat**, hänen on säilytettävä tai perustettava keskimäärin kolme metriä leveä monivuotinen nurmi- ja niittykasvusto vähintään kahden peruslohkon kaikille reunoille. Toimenpide on monivuotinen ja voimassa koko 5-vuotisen sitoumuskauden. Toimenpiteen voi valita vain peruslohkolle, jolla viljellään yksivuotisia tuotantokasveja. Lohkon on oltava vähintään 0,5 hehtaarin kokoinen. Lohko ei saa sijaita vesistön varrella, eikä sitä saa koskea suojakaistavaatimus, koska näille lohkoille pätevät jo ehdollisuuden vaatimukset.

Jos viljelijä valitsee toimenpiteen **maaperän seuranta**, hänen on teetettävä vähintään kahdesta tilan yli 0,5 hehtaarin suuruisesta peruslohkosta joko a) laaja maa-analyysi tai b) analyysi peltomaan laatutekijöistä maaperän skannauslaitteistolla (Ruokavirasto 2023c).

Laajasta maa-analyysistä pitää käydä ilmi peruslohkon kokonaishiilen määrä ja orgaanisen aineksen määrä. Kokonaishiilen määrä voi olla myös johdettu orgaanisesta aineesta. Lisäksi lohkolle pitää tehdä jonkin maan kasvukuntoa tai ravinnetilaa kuvaava tutkimus, joka kuvaa esimerkiksi jotain seuraavista asioista lohkolle: maan mikrobiologista aktiivisuus, kationinvaihtokapasiteetti, vedenpidätyskyky, varastoravinteet, varastoravinteet tai hivenaineet (Ruokavirasto 2023c).

Maaperän skannauslaitteistolla tehty analyysi peltomaan laatutekijöistä pitää tehdä laitteistolla, joka mittaa kasvien kasvuun vaikuttavia maaperän ominaisuuksia ja tuottaa reaaliajassa paikkatietoon yhdistettävää visuaalista tietoa lohkon sisäisestä vaihtelusta. Laitteiston pitää mitata reaaliajassa antureita käyttäen ja paikkatietoon yhdistäen kasvien kasvuun vaikuttavia maaperän ominaisuuksia ja tuottaa visuaalista tietoa lohkon sisäisestä vaihtelusta (Ruokavirasto 2023c).

Viljelijä voi valita toimenpiteen **orgaaniset ravinteet**, jos jokin seuraavista ehdoista täyttyy:

- Erotellaan separaattorilla vähintään 25 kuutiometriä lannan kuiva- ja nestejakeita.

- Erotellaan vähintään 25 kuutiometriä kuiva-ainetta nestejakeesta sellaisella lietteen laskeutusmenetelmällä, jossa hyödynnetään painovoimaa.
- Käsitellään maataloustoiminnasta syntynyttä lantaa biokaasulaitoksessa vähintään 25 kuutiometriä.
- Luovutetaan vähintään 25 kuutiometriä maataloustoiminnasta syntynyttä lantaa tiloille, jotka tuottavat itse yhteensä alle 25 kuutiometriä lantaa vuodessa.
- Toimitetaan vähintään 25 kuutiometriä nurmikasvustoa biokaasulaitokseen.

Viljelijä voi toimittaa nurmikasvustoa tilan ulkopuoliseen biokaasulaitokseen, mutta vaatimus täyttyy myös, jos viljelijällä on oma biokaasulaitos tai hän on osakkaana laitoksessa, johon toimittaa nurmea.

Lohkomuistiinpanoihin on merkittävä lannan separoinnin ja lietteen laskeutusmenetelmän materiaalimäärä. Lannan luovutuksesta tai käsittelystä ja toimitetusta nurmikasvustosta pitää olla kuitti, sopimus tai muu asiakirja viimeistään 30.11.

Jos viljelijä valitsee tilakohtaisen valinnaisen toimenpiteen **täsmäviljelymenetelmät**, tilalla pitää käyttää sitoumusvuoden aikana täsmäviljelymenetelmiä yhdessä tai useammassa työvaiheessa. Viljelijä voi toteuttaa menetelmää itse tai käyttää urakoitsijaa. Menetelmää ei tarvitse käyttää tilan kaikilla lohkoilla (Ruokavirasto 2023c).

Lohkokohtaiset toimenpiteet

Tilakohtaisen toimenpiteen lisäksi viljelijä voi valita tilan peruslohkoille tai kasvulohkoille yhden tai useamman lohkokohtaisen toimenpiteen, joita ovat:

- maanparannus- ja saneerauskasvit
- kerääjäkasvit
- kiertotalouden edistäminen
- suojavyöhykkeet
- turvepeltojen nurmet
- valumavesien hallinta (säättösalaojitus ja kuivatusvesien kierrätys)
- puutarhakasvien vaihtoehtoinen kasvinsuojelu
- lintupellot

Ympäristösitoumuksen korvaustasot, ts. ympäristökorvausten määrä hehtaaria kohden on esitetty lähteessä Ruokavirasto (2023b). Korvaus tilakohtaisista toimenpiteistä (yleiset vaatimukset ja valinnaiset toimenpiteet) on peltokasveilla 45 €/ha ja puutarhakasveilla 113 €/ha. Lohkokohtaisten toimien korvaustasot on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Lohkokohtaiset toimenpiteet: ympäristökorvauksen määrä €/hehtaari. Korvaukset edellyttävät toimenpidekohtaisten ehtojen ja vaatimusten täyttymistä. Lähde: Ruokavirasto 2023c.

Lohkokohtaiset toimenpiteet	Korvaus €/ha
Maanparannus- ja saneerauskasvit	190
Kerääjäkasvit	97
Kiertotalouden edistäminen	37
Suojavyöhykkeet	350
Turveltojen nurmet	100
Valumavesien hallinta: säätösalaojitus	77
Valumavesien hallinta: altakastelu ja kuivatusvesien kierrätys	214
Puutarhakasvien vaihtoehtoiset kasvinsuojelumenetelmät	500
Lintupellot	600

Maanparannuskasveja tai saneerauskasveja voi ilmoittaa lohkoille, joilla on viljelty edellisenä vuonna yksivuotisia tuotantokasveja. Toimenpiteestä voidaan maksaa enintään 20 prosentille korvauskelpoisesta alasta (Ruokavirasto 2023c). Maanparannus- ja saneerauskasvien tavoitteena on parantaa maan kasvukuntoa, rakennetta ja laatua viljelykierron monipuolisuutta lisäämällä. Saneerauskasveilla pyritään myös vähentämään sukkulamatoihin kuuluvien ankerosten määrää peruna-, sokerijuurikas- ja avomaan puutarhakasviviloilla.

Kerääjäkasveja voi yksivuotisen tuotantokasvin viljelyssä olevalle alalle. Toimenpiteestä voidaan maksaa enintään 30 prosentille korvauskelpoisesta alasta (Ruokavirasto 2023c). Kerääjäkasvien maaperävaikutukset muistuttavat nurmia, mutta ovat heikompia. Kerääjäkasvien avulla saadaan lisää hiilisyötettä maahan, mikä hidastaa maan orgaanisen aineksen vähenemistä. Globaalin meta-analyysin mukaan kerääjäkasvit kerryttävät maaperän hiiltä kivennäismailla vuosittain noin 0,3 tonnia/ha (Poeplau & Don 2015).

Jos viljelijä valitsee **kiertotalouden edistämisen**, hänen on noudatettava peltolohkolla jompaa kumpaa seuraavista ehdoista (Ruokavirasto 2023c):

- A. Levitä peltolohkolle lietelantaa, virtsaa, lietelannasta erotettua nestejaetta tai nestemäistä orgaanista lannoitetta sijoittavilla tai multaavilla laitteilla.
- B. Lisää peltolohkolle orgaanista materiaalia, jonka kuiva-ainepitoisuus on vähintään 20 prosenttia. Orgaanisella materiaalilla tarkoitetaan:
 - orgaanisia lannoitteita
 - orgaanisia maanparannusaineita
 - orgaanisten lannoitteiden ja orgaanisten maanparannusaineiden seoksia
 - toiselta tilalta hyötykäyttöön hankittua kuivalantaa tai kompostoitua lantaa

- lannasta erotettua kuivajaetta.

Kiertotalouden edistäminen -toimenpiteestä voidaan maksaa enintään 80 prosentille korvauskelpoisesta alasta (Ruokavirasto 2023c).

Lietettä multaavat koneet ovat raskaampia kuin lieteen hajasijoitukseen tai letkulevi-tykseen käytettävät koneet. Myös vetokoneen tehontarve ja paino ovat suuremmat. Nämä tekijät sisältävät riskejä maan rakenteen kannalta, erityisesti maan tiivistymiselle, mistä voi edelleen aiheutua satopotentiaalin heikentymistä (Hyvönen ym. 2020). Orgaanisen materiaalin lisäämisen tavoitteena on lisätä ravinteiden kierrätystä sekä parantaa maaperän rakennetta, kasvukuntoa ja mikrobiaktiivisuutta.

Monivuotisen nurmikasvuston peittämä **suojavyoöhyke** voi sijaita pohjavesialueella tai Natura-alueella. Suojavyoöhyke voi sijaita lisäksi myös vesistön varrella tai kosteikon reuna-alueella, jos peruslohkon osa on enintään 10 metrin päässä vesistöstä tai kosteikosta. Suojavyoöhykkeen kasvusto on niitettävä ja korjattava vuosittain viimeistään 31.8. (Ruokavirasto 2023c). Suojavyoöhykkeet vähentävät tehokkaasti typen huuhtoutumista ja peltomaan eroosiota. Maata tehokkaasti sitova monivuotinen nurmikasvillisuus parantaa myös maan rakennetta syvemmillä maaperässä sekä lisää maaperän orgaanisen aineksen määrää juuristomassan kautta (Hyvönen ym. 2020).

Turvelpeltojen nurmet -toimenpiteessä monivuotinen nurmikasvusto perustetaan kokonaan turvemaata olevalle peruslohkolle ohjelmakauden alussa vuonna 2023 tai 2024, ja se säilytetään muokkaamatta ja kasvinsuojeluaineilla käsittelemättä sitoumuskauden loppuun. Muuten nurmea viljellään normaalin viljelykäytännön mukaisesti ja pellon nurmisato on korjattava vuosittain viimeistään 31.8. Nurmikasvustoa ei tarvitse erikseen perustaa, jos lohkolle on aikaisemmin perustettu monivuotinen nurmikasvusto (Ruokavirasto 2023c). Turvelpeltojen nurmet -toimenpiteen myönteiset vaikutukset maaperään ovat samankaltaisia kuin muillakin pysyvillä nurmilla (luonnonhoitonurmet ja suojavyoöhykkeet).

Valumavesien hallinta -toimenpiteessä toteutetaan kuivatusjärjestelmien avulla peltoilta lähtevien valumavesien määrän säätelyä joko säätösalojitetulla lohkolle tai lohkolle, jossa on altakastelu- tai kuivatusvesien kierrätysjärjestelmä. Toimenpiteellä voidaan hidastaa orgaanisen aineksen hajoamista nostamalla pohjaveden pintaa.

Puutarhakasvien vaihtoehtoisilla kasvinsuojelumenetelmiin kuuluvat muun muassa kasvukauden aikainen orgaaninen tai biohajoava kate yksivuotisilla kasveilla sekä kasvukauden aikainen orgaaninen tai biohajoava kate tai leikattava nurmikate monivuotisilla kasveilla (Ruokavirasto 2023c). Hyvönen ym. (2020) arvioivat katteiden vähentävän maan pinnan kulumista ja vaikuttavan positiivisesti maan laatuun orgaanisen materiaalin lisäyksen kautta.

Lintupelloilla ei oletettavasti ole merkittäviä maaperävaikutuksia.

Yhteenvetona voidaan todeta, että useat ympäristösitoumuksen toimenpiteet edistävät maaperän kasvukuntoa ja ravinteiden hyödyntämistä, jolloin riski ravinteiden huuhtoutumisesta tai haitallisesta kertymisestä maaperään vähenee.

Viljelysmaiden hiili

Maan hiilen säilyttäminen on katsottu tärkeäksi EU-tason tavoitteeksi, mutta sitä edellytetään vain tietyin osin viljelijältä osana maataloustukien ehdollisuutta. Sen vuoksi viljelysmaiden hiilen lisäämisen ja säilyttämisen kannustimia maatalouden ohjauksessa on syytä tarkastella lähemmin.

Pellon kasvukunnon osalta lähtökohta on Suomessa hyvä, sillä hiilen määrä maaperässä (myös kivennäismaissa) on Euroopan mittakaavassa melko suuri (Heikkinen ym. 2022). Tämä johtuu osin kylmästä ilmastosta ja siitä, että osa Suomen pelto- maista on suhteellisen nuoria, koska peltoja raivattiin paljon erityisesti toisen maailmansodan jälkeisinä kahtena vuosikymmenenä.

Tiukempaan maan hiilen säilyttämisen velvoitteeseen olisi kuitenkin aihetta, koska nykyisin viljelijöille maksetaan täysi CAP-tuki (CAP-pilarin 1 suora tuotannosta irrotettu tuki), vaikka viljely vähentäisi maan hiilipitoisuutta. Esimerkiksi yksipuolinen viljely peltolohkotasolla, kuten vuodesta toiseen jatkuva yksivuotisen kasvin (esim. perunan) viljely on edelleen mahdollista tuotannosta irrotettua tukea menettämättä. Se johtaa kivennäismailla maan hiilipitoisuuden vähenemiseen ja turvemailla suuriin kasvihuonekaasupäästöihin verrattuna nurmen ja muiden monivuotisten kasvien viljelyyn.

Erilaisia maan hiilen säilyttämistä edistäviä toimia, kuten kasvipeitteisyys, kesannot ja kerääjäkasvit, on 2000-luvulla pitkään tuettu ympäristökorvauksen kautta lähinnä maatalouden ravinnekuormituksen vähentämiseksi ja luonnon monimuotoisuuden lisäämiseksi. Tämä ohjaus ei ole ollut riittävää, jotta kivennäismaiden hiilipitoisuuden lasku olisi pysähtynyt (Heikkinen ym. 2013). Siksi tarvitaan voimakkaampaa ohjausta maan hiilen säilyttämiseksi.

Ohjelmakaudelle 2023–2027 on tullut pakollisia viljelykierto-ohjeita ja maanpeitevaatimuksia (MMM 2022). Näiden vaatimusten vaikutuksia viljelysmaiden hiilen säilyttämiseen heikentää se, että nämä vaatimukset koskevat vain 33:a prosenttia maatalon peltotalasta. Vaatimukset ovat kuitenkin ilmastotavoitteiden kannalta oikeansuuntaisia, ja niiden toteutuksesta maatiloilla riippuu, johtavatko ne muutoksiin peltolohkokohdissa viljelykiertoissa ja maan hiilivaraston kehityksessä. Lisäksi vapaaehtoisia toimia ovat ns. ekojärjestelmän ja ympäristökorvauksen järjestelmän toimet.

Tiloilla, joita viljelykiertovaatimus koskee, yksivuotisen viljelykasvin tulee vaihtua vuosittain vähintään 33 prosentilla määriteltävästä peltotalasta. Vuonna 2023 sovellettavan poikkeuksen myötä vuotuista viljelykiertoa edellytetään kaikilta tiloilta vasta vuodesta 2024 alkaen. Viljelykiertovaatimuksen tulee kuitenkin täytyä jo vuonna 2023 niillä tiloilla, jotka valitsevat ympäristökorvauksen kerääjäkasvitoimenpiteen.

Ehdollisuuden viljelykiertovaatimus edellyttää myös monivuotista viljelykiertoa siten, että samaa yksivuotista viljelykasvia voi viljellä samalla peltotalalla enintään kolme vuotta peräkkäin. Tämä tarkoittaa, että jokaisella loholla yksivuotisen viljelykasvin on vaihdettava viimeistään neljäntenä vuonna. Viljelykiertoa tarkastellaan ensimmäisen kerran vuonna 2025, ja tarkastelussa ensimmäinen tarkasteltava vuosi tulee olemaan jo vuosi 2022.

Viljelykiertovaatimukset eivät koske seuraavia yksivuotisia viljelykasveja: peruna, sokerijuurikas, keräkaalit, sipulit, puna- ja keltajuurikas, porkkana. Viljelykiertovaatimukset eivät koske myöskään heinäkasveja ja muita nurmirehukasveja, monivuotisia kasveja tai kesantoja.

Luomutilat sekä tilat, joiden peltopinta-ala on enintään 10 hehtaaria, on vapautettu viljelykiertovaatimuksesta. Samoin tilat, joiden tukikelpoisesta maatalousmaasta yli 75 prosenttia on heinäkasvien tai muiden nurmirehukasvien tuotannossa, pysyvää nurmea, kesantona tai palkokasvien viljelyssä tai sitä käytetään näiden käyttötapojen yhdistelmään.

Ehdollisuuden vaatimus luonnon monimuotoisuuden ja maiseman suojelusta edellyttää, että Uudellamaalla, Varsinais-Suomessa ja Ahvenanmaan maakunnassa olevilla tiloilla tilan peltopinta-alasta vähintään neljä prosenttia on oltava tuottamattoman alan kesantoa. Kyseisellä kesannolla ei saa tuottaa maataloustuotteita eikä käyttää lannoitteita tai kasvinsuojeluaineita (MMM 2022).

Ei-tuotannollisten investointien tukea voi saada vuodesta 2023 lähtien kosteikkoinvestointeihin, jotka parantavat luonnon monimuotoisuutta ja torjuvat ilmastonmuutosta. Ei-tuotannollisten investointien avulla voidaan myös ennallistaa turvepeltoja kosteikoiksi tai suonkaltaisiksi alueiksi (MMM 2022).

Maatalouden turvemaat ovat suuria hiilivarastoja. Maatalouden kaikista kasvihuonekaasupäästöistä yli puolet tulee turvemaista. Rungas viidennes maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu viljelysmaiden lannoituksesta. Yhteensä maaperästä tulee noin 75 % maatalouden kokonaispäästöistä. Noin viidennes maatalouden kokonaispäästöistä aiheutuu suoraan kotieläimistä ja niiden lannan käsittelystä. Viljelysmaiden päästöihin vaikuttavat kasvivalinnat, viljelykierto, lannoitus ja etenkin turveilla pohjaveden pinnankorkeus.

Ojituksen ylläpitäminen heikkotuottoisillakin turvepelloilla lisää kasvihuonekaasupäästöjä, koska perustulotuen ehtona on pellon soveltuvuus markkinakelpoisen sadon tuottamiseen, jonka edellytyksenä puolestaan on riittävä kuivatus. Näin ollen heikkotuottoisetkin turvemaat pidetään perustulotuen turvin ja sen ehtojen mukaisesti viljelyksessä ja kuivatettuina päästölähteinä. Sen sijaan hyvätuottoisilla turveilla viljelijän kannattaa ylläpitää riittävän kuivatustehon ojitusta perustulotuesta ja sen ehdoista riippumatta.

Suomessa kesantojen tulee pääsääntöisesti olla sänki- tai viherpeitteisiä, jotta ne olisivat tukikelpoisia. Nurmeksi perustetut kesannot voivat lisätä hiiltä kivennäismaihin ja hidastaa hiilen vähenemistä turvemailta verrattuna yksivuotisten kasvien viljelyyn.

Edellä esitetyt CAP-ohjelmakauden 2023–2027 toimet tuovat aiempia ohjelmakausia enemmän kannustimia ja vaihtoehtoja maaperän hiilen ylläpitämiseen. Tämä on tarpeen, koska peltomaiden hiilen säilyttämisen kannustimet on nähty riittämättömiksi, ja koska maaperän hiilipitoisuus edistää myös ravinteiden ja veden saatavuutta ja käytökelpoisuutta kasveille ja siten maaperän terveyttä. Edellä on kuitenkin tuotu esille, että esimerkiksi ehdollisuudet vaatimukset ovat melko lieviä maan hiilen säilyttämisen näkökulmasta, ja myös kannustimet kivennäismaiden ja turvemaiden hiilipitoisuuden säilyttämiseen ovat edelleen melko vähäisiä ohjelmakaudella 2023–2027. Viitala ym.

(2022a,b) ovat todenneet, että tähänastinen julkinen ohjaus ja kannustimet ovat olleet melko heikkoja paitsi maan hiilen säilyttämiseen, myös laajemmin maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat kokonaisuutena pysyneet melko vakaina 2000-luvulla. Eri keinoja ja niiden kokonaisuuksia laajamittaisiin maatalouden päästövähennyksiin ja osin myös niihin tarvittavia ohjauksia ja kannustimia ovat tarkastelleet ja arvioineet mm. Lehtonen ym. (2020), Lehtonen (2022), Maanavilja ym. (2021) ja Miettinen ym. (2022). Maatalouden ohjauksen kehittämistä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi mm. tulosperusteisuutta lisäämällä ovat tarkastelleet Lehtonen ym. (2022a,b).

Peltomaan tiivistyminen

Pellon tiivistymishaitalla tarkoitetaan ruokamultakerroksen ja pohjamaan tiivistymisen aiheuttamaa taloudellista menetystä, mikä ilmenee sadon alenemisena ja viljelykustannusten lisääntymisenä. Tiivistyminen on yleinen ongelma viljelysmailla. Se aiheuttaa haittoja viljelijälle ja ympäristölle hyvin vaihtelevassa määrin, ja edellyttää lähempää tarkastelua.

Tiivistymiseen vaikuttavat sekä kuormituksen suuruus että maan ominaisuudet. Tärkein tiivistymisen syntyyn vaikuttava tekijä on kuitenkin maan kosteus. Tietty tiivistymisaste saavutetaan kosteassa maassa pienemmällä kuormituksella kuin kuivassa maassa. 2000-luvulla maatilojen koon kasvu on johtanut myös maatalouskoneiden koon kasvuun ja painon nousuun. Samalla rengaskoon kasvu ja leventyminen ovat hillinneet ja osin jopa estäneet maahan kohdistuvan pintapaineen nousua, Koneiden painon nousu lisää kuitenkin riskiä pellon tiivistymiseen pintaa syvemmältä (Keller ym. 2019). Sään ääri-ilmiöiden, kuten rankkasateiden, yleistyminen asettaa haasteita peltojen peruskuivatukselle ja lisää riskiä peltojen tiivistymiselle (Keller ym. 2019). Pääsääntöisesti pellolle ei tule mennä koneilla, jos peltoma on märkää. Joskus kuitenkin pellolle joudutaan esimerkiksi huomattavan suurten satotappioiden välttämiseksi menemään, raskaat koneet tiivistävät kosteissa olosuhteissa ruokamultakerroksen lisäksi sen alapuolisia osia. Mitä suurempi akselikuorma on, sitä syvemmälle painevaikutus ulottuu, vaikka pintapaine pidettäisiin samana (Maanmittauslaitos 2022).

Tiivistyneessä maassa kasvin juuret eivät pysty tunkeutumaan alaspäin, jolloin juuret haaraantuvat, mutkittuvat ja lyhenevät (Keller ym. 2019). Kasvusto kärsii tällöin veden, hapen ja kasviravinteiden puutteesta. Tiivistymisestä aiheutuvia haittoja ovat sadon aleneminen, pellon hitaasta kuivumisesta keväällä aiheutuva maan kantavuuden huonontuminen sekä muokkausominaisuuksien heikkeneminen (Maanmittauslaitos 2022).

Keskeistä on välttää peltomaan tiivistymien syntyminen huolehtimalla pellon vesitaloudesta ja maan rakenteesta, johon voidaan vaikuttaa monipuolisella viljelykierrolla ja lisäämällä maahan orgaanista ainesta. Olennaista on huolehtia riittävästä kuivatuksesta ennen peltotöiden aloitusta.

Mikäli pelto on jo päässyt tiivistymään, viherlannoitusnurmet ym. kesannot, joissa käytetään syväjuurisia kasveja, voivat vähitellen kuohkeuttaa peltoa ja korjata tiivistymää. Jankkurointi eli maan mekaaninen syväkuohkeuttaminen on yksi keino korjata tiivistymistä. Sen lisäksi tarvitaan usein samalla muitakin tapoja, kuten syväjuuristen kasvien viljelyä. Näihin voi liittyä merkittäviä kustannuksia. Keller ym. (2019) arvioivat, että Ruotsissa peltomaan tiivistymisen aiheuttama taloudellinen haitta on vuositasolla

useita satoja miljoonia euroja (Keller ym. 2019). Suomessa vastaavaa arviota ei ole tiettävästi tehty. Eri tutkimushankkeissa, joissa on tehty mm. peltolohkojen läpileikkausmittauksia, on todettu peltomaan tiivistymiä ja peltomaan laadun heikkenemistä useilla maatiloilla (Mattila & Rajala 2017, Mattila & Girz 2022). Pienestä otoskoosta huolimatta on aihetta epäillä, että peltomaan tiivistyminen on Suomessa yleistä, mutta tiivistymisen vaikutuksia satoihin ja viljelijöiden talouteen on tämän perusteella vaikea arvioida. Erilaiset maan rakenteen, tiiviyden ja heikon vedenläpäisyn ongelmat on todettu yleisiksi sekä hyvä- että heikkokasvuksilla lohkoilla (Mattila & Rajala 2017).

Purola & Lehtonen (2020) (tutkimuksen suomenkielinen tiivistelmä Nurmi & Lehtonen 2020) arvioivat tiivistyneen pellon saneerauksen kannattavuutta tapauksessa, jossa peltomaan tiivistymän korjaaminen ja sen sadontuottokyvyn palauttaminen vaatii useita toimenpiteitä. Tehdyssä mallipohjaisessa tarkastelussa ensimmäisenä vuonna levitettiin jankkuroiduille peltolohkolle myös maata parantavaa puukuitua. Tiivistyneet peltolohkot pidettiin viherlannoitusnurmena kolmen vuoden ajan. Lisäksi oletuksena on, että näillä tiivistyneillä peltolohkoilla on jatkossa viljeltävä nurmea viherkesantona tai öljykasveja kolmena vuonna kymmenestä, jotta vältetään näiden tiivistymiselle herkkien peltolohkojen tiivistyminen uudelleen. Kannattavuushaasteena tässä tapauksessa oli se, että pellon saneeraus jankkuroinnin, puukuidun levityksen ja viherlannoitusnurmen keinoin vie alussa kuitenkin kolme vuotta, jolloin kyseisiltä lohkoilta ei saada markkinatuottoja.

Kahden vaihtoehdoisen skenaarion (pellon saneeraus/saneeraamatta jättäminen) vertailussa koko tilan pellonkäyttö painottuu osittain eri lailla. Ellei saneerata, tilan kahdelta tiivistyneeltä peltolohkolta saadaan 30 % pienemmät sadot kuin muilta lohkoilta, joiden satoisuus oletettiin vastaavan Varsinais-Suomen keskisatoja. Tässä asetelmassa luonnonhoitonurmet kohdennetaan pääosin tiivistyneille peltolohkoille, kun taas kunnostusskenaariossa ne sijoittuvat logististen kustannusten takia kaukaisimmille lohkoille. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa, jossa kaksi peltolohkoa kymmenestä on kunnostettu yhtä hyvään kasvukuntoon kuin muutkin, voi viljellä enemmän vaativampia kasveja, kuten mallasohraa tai syysvehnää, sillä niiden viljely, joka vaatii kevätrehuviljoja enemmän tuotantopanoksia, kannattaa huonosti alhaisen satotason peltolohkoilla. Ero kahden skenaarion välillä muodostuu käytännössä pääosin tiivistyneiden lohkojen käytön perusteella, mutta tiivistymän korjaaminen vaikuttaa välillisesti koko maatilan, myös muiden peltolohkojen, viljelyyn 30 vuoden aikajänteellä. Toimenpiteiden osalta typpilannoituksessa ei ollut eroja, mutta esimerkiksi kalkitusta tai torjunta-aineiden käyttöä ei kannattanut kohdistaa tiivistyneille peltolohkoille.

Laskelmien perusteella peltojen saneerauksen avulla maatilan peltojen vuosittainen katetuotto (30 vuoden ajanjaksolla keskimäärin) voi nousta 18 €/ha. Täten saneerausinvestoinnin nettohyötyarvo on 2,7 % ja kokonaistuotanto 3 % korkeampi kuin ilman saneerausta. Maan tiivistymisen korjaaminen maksaa siis itsensä takaisin, mutta kasvintuotannon suhteellisen heikon kannattavuuden takia saneerausinvestoinnin takaisinmaksuajat ovat pitkiä. Keskimäärin ne vaihtelevat 8–11 vuoden välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että saneerauksen tehnyt viljelijä saa investointikustannukset ja alkuvaiheen tulonmenetykset kiinni vasta 8–11 vuoden kuluttua, verrattuna tilanteeseen, jossa ei saneerata. Oletuksena oli 30 % sadonalennus pellon tiivistymisen vuoksi. Tulokset laskettiin myös olettaen 20 % ja 10 % sadonalennus. Tulosten mukaan saneeraus oli nipin napin kannattava vielä silloin, jos tiivistymän sadonalennus oli 20 % (nettotuotto investoinnista 9 €/ha, takaisinmaksuaika 13 vuotta), mutta investoinnin nykyarvo oli negatiivinen, jos tiivistymän sadonalennus oli vain 10 %. Tällöin saneerausinvestoinnin

vestoinnin kuluja ei saatu takaisin edes 30 vuoden aikajaksolla, joten pienen tiivistymän korjaaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa oletetuilla melko korkeilla investointikustannuksilla. Tilanne voi olla toinen, jos tiivistymän aiheuttama sadonalennus on korjattavissa pienemmillä kustannuksilla, esim. ilman puukuidun käyttöä tai kolmen vuoden viherlannoitusnurmea.

Maatalouden ympäristöluvut

Maatalousinvestointien ympäristölupien ehdot, jotka koskevat todella isoja maatalousinvestointeja erityisesti kotieläintaloudessa, edellyttävät riittävää peltoalaa ympäristöhaittojen estämiseksi (Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2023b, MTK 2023).

Isoille tuotantoyksiköille vaadittavilla ympäristöluvilla pyritään torjumaan ympäristöhaittoja ja myös maaperän ja vesien pilaantumista. Paikoin Länsi-Euroopassa (esim. Tanskassa, Hollannissa ja Saksassa) nitraatit ovat päässeet pohjavesiin ja myös muuta ympäristöhaittaa, esim. ravinnekuormitusta vesistöihin, on tapahtunut, kun maaperän on nitraatin ja fosforin kyllästämää kotieläintuotannon vuoksi. Ympäristöluvituksella on tärkeä merkitys viljelymaiden maaperän kunnolle jatkossa, kun maatilojen koko jatkaa kasvuaan, ja yhä suurempi osa investoinneista edellyttää ympäristölupaa.

Viljelysmaiden maaperän hoidon, metsäkadon ehkäisyn ja suopinta-alan kannalta on merkitystä sillä, onko metsämaasta tai suosta raivattu uusi peltoala hyväksyttävää peltoalaa, kun tarkastellaan ympäristölupien edellyttämää peltoalaa. EU:n metsäkatoasetus (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2023/1115) pyrkii minimoimaan EU:n osuutta maailmanlaajuiseen metsäkatoon ja metsien tilan heikkenemiseen sekä vähentämään EU:n osuutta kasvihuonekaasupäästöissä ja biologisen monimuotoisuuden vähenemisessä. Asetus koskee nimenomaan pellonraivauksesta aiheutuva metsäkatoa. Tällöin vuoden 2021 alusta ja sen jälkeen raivatulla pellolla tuotettu naudanliha ei olisi markkinakelpoista. Samoin voi osoittautua ongelmalliseksi sekin, jos nauta- ja lypsykarjatalouden käytössä olevien tuotantorakennusten tontilta tai rakennuspaikalta on raivattu metsämaata. Metsäkatoasetuksen toimeenpano ei ole vielä yksityiskohtineen selvillä. Asetus saattaa vaikuttaa jatkossa maatalouden ympäristöluvituksiin.

9.1.3 Mahdollisuuksia parantaa maaperän hoidon kannustimia maataloudessa

Lehtonen ym. (2022a) suosittavat, että toimenpiteet maan hiilipitoisuuden ylläpitämiseksi ja kasvattamiseksi tulisi ottaa osaksi ehdollisuutta ja/tai maatalouden tukijärjestelmän toteutusta siten, että osan viljelyalaperusteisista tuista saisi vain, jos viljelijä on sitoutunut toteuttamaan ja myöhemmin osoittanut toteuttavansa aiempaa enemmän tai laajemmin toimenpiteitä maaperän hiilipitoisuuden ylläpitämiseksi. Nykyisin on mahdollista se, että viljelyalaperusteiset tuet maksetaan täysimääräisesti, vaikka merkittävää osaa maatalon peltoalasta viljeltäisiin pääosin ja pitkään yksipuolisesti. Se on mahdollista peltolohkokokohtaisesti, vaikka ehdollisuuden vaatimuksia muuten noudattaisiinkin – jokaisella loholla yksivuotisen viljelykasvin on vaihduttava viimeistään neljäntenä vuonna. Esimerkiksi kevätiljojen – pelkkä viljalajin vaihtaminen luetaan jo

viljelykierroksi, mutta se on edelleen melko yksipuolista viljelyä maaperän hoidon näkökulmasta – tuottaminen samoilla peltolohkoilla pääsääntöisesti ja pitkään vähentää hiilipitoisuutta kivennäismailla ja aiheuttaa maaperän kasvukunnon heikkenemistä (ravinteiden ja veden saatavuus kasveille heikkenee) ja suuria kasvihuonekaasupäästöjä turvemilla. Tämän perusasetelman korjaaminen jo osana tukiehtoja on tärkeää, ja tähän suuntaan on ehdollisuuden viljelykiertovaatimus myötävaikuttamassa tukikaudella 2023–2027. Maaperän ja ilmastotavoitteiden näkökulmasta ei riitä se, että CAP-tukien edellytyksissä ensin sallitaan toimet, jotka johtavat maan hiilen vähenemiseen, ja siten melko pienin kustannusperusteisten lisäkannustimin, kuten esim. ympäristökorvauksen kasvipeitteisyys- ja kerääjäkasvituin, pyritään korjaamaan asiaa melko vähäisillä kustannusten korvauksilla.

Periaatteessa täysiä viljelyalaperusteisia tukia ei kuitenkaan ole maaperän hyvän hoidon ja ilmastotavoitteiden näkökulmasta perusteltua maksaa, jos viljelijä ei voi osoittaa toteuttaneensa tiettyä minimilajuutta maan hiiltä edistäviä toimia, kuten viljelykiertoja, kasvipeitteisyyttä tai kerääjä- ja aluskasvien käyttöä. Maan hiilen säilyttämisen toimia edellytettäisiin minimin ylittävää laajuus sekä turve- että kivennäismailla. Minimien ylittävistä lisätoimista voitaisiin edelleen palkita esim. ympäristökorvauksen kautta.

Hiilipitoisuuden ylläpitoon kannustaminen ei kuitenkaan tarkoittaisi maan hiilipitoisuuden mittaamista ja seuranta lohkoittain, joka tulisi kalliiksi ja jonka tulokset voisivat olla epävarmoja, vaan kannustamista tutkitusti maan hiilipitoisuutta ylläpitäviin toimenpiteisiin. Maan hiilipitoisuuden ylläpito edistäisi myös maan multavuutta ja satoisuuden myönteistä kehitystä ilmaston muuttuessa. Näiden painoarvo on noussut merkittävästi EU:n ja kansallisten ilmastotavoitteiden vuoksi, joten maan hiilipitoisuuden ylläpidon tukiehtojen ja eri toimenpiteiden tukemisen kautta tulisi näkyä myös maataloustukien ehdollisuudessa, myöntöperusteissa ja rakenteessa 2028 alkavalla CAP-kaudella.

Lehtonen ym. (2022a) mukaan maaperän hiilen säilyttämiseksi turvemilla voidaan suositella rajallista määrää ilmastokosteikkoja, joille maksettaisiin kosteikkojen hoitotukea maataloustukien sijaan ilmasto-, vesistö- ja biodiversiteettihyötyjen tuottamiseksi. Tällaiset kosteikot olisivat yksi rajallinen osaratkaisu turvepeltojen kosteikkojen luomiseen. Laajamittaisempi ratkaisu turvepeltojen kosteampana pitämiseen olisivat säättösalojitettut pellot ja niiden yhteydessä mahdollisesti toteuttava altakastelu, jolloin vedenpintaa voidaan pitää korkealla kasvukauden ulkopuolella ja laskea alemmas peltotöiden aikaan pellon kantavuuden varmistamiseksi. Tällöin turvekerroksen väheneminen pellossa hidastuu. Myös pellon pinnan aleneminen osin turvekerroksen kuivumisen ja siitä johtuvan painumisen vuoksi hidastuu, ja siitä johtuva ojien madaltuminen ja ojien syventämisen tarve vähenee. Samalla säättösalojitettu pelto tuottaa edelleen nurmirehua ruoantuotantoon eli maidon- ja naudanlihantuotantoon. Säättösalojitukselle maksetaan jo ennestään investointitukea 40 % ja hoitopalkkiota 77 €/ha vuodessa. Jos viljelijä toteuttaa säättösalojituksen siten, että siihen sisältyy altakastelumahdollisuus pumppaamalla vettä vesienkeruultaasta tai muusta vesistöstä, siitä maksetaan vuosittain hoitotukea 214 €/ha (Ruokavirasto 2023c). Säättösalojitus turvemilla on ollut melko vähäistä, mutta viljelijöiden kiinnostus sitä kohtaan on kasvussa.

Hiilensidonta ja siihen kannustaminen on ollut viime vuosina suosittu tutkimusaihe Suomessa ja ulkomailla, ja siitä on jo saatavissa erilaisia synteisiraportteja ja johto-

päätöksiä (esim. Carsten ym. 2023, Droste ym. 2023, Rosinger ym. 2023). Viljelysmaan hiili ja sen lisääminen edistää viljelykasvien veden ja ravinteiden käyttöä, vähentää ravinnevalumia, ja on sopusoinnussa ympäristöä, ilmastoa ja viljelijän talouden kanssa (Droste ym. 2023). Eri asia on se, millä kustannuksilla ja tulojen muutoksilla viljelijä voi toimillaan lisätä hiiltä kivennäismaapeltoon.

Tiivistäen voidaan todeta, että hiiltä voidaan lisätä asteittain mutta melko hitaasti maaperään (suhteessa maaperän hiilipitoisuuteen) etenkin jos voidaan monipuolistaa aiemmin yksipuolista viljelyä. Etenkin Suomessa viljanviljely on ollut viime vuosikymmeninä yksipuolista monin paikoin, ja tämä on vaikuttanut kivennäismaiden hiilipitoisuuden keskimääräiseen laskuun (Heikkinen ym. 2013). Maan hiilipitoisuudessa ja sen lisäämisen edellytyksissä on kuitenkin paljon maalajeista ja pellon viljelyhistoriasta johtuvaa vaihtelua (Rosinger ym. 2023). Tästä syystä samat muutokset viljelytoimissa voivat johtaa hyvin erilaiseen hiilen kertymiseen maaperään. Kertyneen hiilen pysyvyys viljelymaassa on epävarmaa, etenkin koska se riippuu tulevaisuuden viljelypäätöksistä. Ilmaston lämpeneminen lisää hiilen vapautumista pelloista ilmakehään, mikä lisää tarvetta edistää maaperän hiilipitoisuutta (Heikkinen ym. 2022). Hiilensidonnain lisäämisen toimien tulee olla viljelijälle kannattavia, myötävaikuttaa satotasojen nousuun tai ainakin satoriskien vähentämiseen ja siten edistää ruokaturvaa ja maatilojen taloutta (Lehtonen 2022). Erilaisten kannustinjärjestelmien luominen hiilen lisäämiseksi viljelymaihin on kuitenkin ongelmallista sen vuoksi, että hiilen lisääminen peltomaahan on melko hidasta ja sen pysyvyyttä tai viljelijän toimien lisäisyyttä on vaikea pitävästi todentaa (Carsten ym. 2023). Ilmaston lämpeneminen kiihdyttää maaperän hiilen vähenemistä ja siten lisää haastetta lisätä peltomaan hiilipitoisuutta, mutta Suomessa on kuitenkin mahdollista lisätä peltomaan hiilipitoisuutta seuraavina vuosikymmeninä (Tao ym. 2023).

9.2 Metsien maaperää koskevat ohjauskeinot

Esa-Jussi Viitala, Luonnonvarakeskus

9.2.1 Johdanto

Suomen metsätaloudessa maaperän tilaan ei yleensä kiinnitetä erityistä huomiota muutoin kuin puuntuotannon ja puunkorjuun edellytyksiä tarkasteltaessa. Tällöinkin kyse on lähinnä metsänuudistamiseen liittyvän maanmuokkauksen tarpeen ja voimakkuuden arvioinnista, puunkorjuun aiheuttamista maastovaurioista, metsänlannoituksesta, sekä suometsien ojitusten vaikutuksista maaperän eroosioon, tiivistymiseen ja ravinnehuuhtoutumiin. Niiden lisäksi maaperän tila on esillä metsälain (L 1093/1996) 10 §:n mukaisten erityisen tärkeiden elinympäristöjen käsittelyssä sekä vesistöjen ja pienvesien suojavyöhykkeillä, joissa kaikissa pyritään yleensä välttämään maanmuokkauksista, metsänlannoitusta ja avohakkuuta.

Seuraavassa käsitellään sellaisia kansallisia ja EU-tason ohjauskeinoja, joissa metsämaaperän tila on tavalla tai toisella tuotu esiin tai pyritty ottamaan huomioon.

9.2.2 Metsälaki ja -asetus

Metsälaissa (L 1093/1996) maaperän tilaa ei mainita sen puuntuotannollista merkitystä lukuun ottamatta. Poikkeuksia tästä ovat edellä mainittu erityisen tärkeitä elinympäristöjä koskeva 10 § ja puunkorjuun toteutusta koskeva 6 §. Tosin jälkimmäisessäkään ei puhuta suoraan maaperästä vaan maastovaurioista – ja niistäkin vain siltä osin kuin ne heikentävät ”puuston kasvuolosuhteita”. Maaperän tilaa tai sen parantamista ei mainita myöskään metsälakia koskevissa hallituksen esityksissä (HE 63/1996 vp, 75/2013 vp).

Metsälain 6 §:n mukaan ”puunkorjuu on toteutettava niin, että vältetään käsittelyalueelle kasvamaan jätettävän ja käsittelyalueen ulkopuolella kasvavan puuston vaurioitumista. Lisäksi on vältettävä aiheuttamasta puuston kasvuolosuhteita heikentäviä maastovaurioita.” Valtioneuvoston asetuksella metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä (A 1308/2013) on säädetty tarkemmin siitä, milloin puu katsotaan vaurioituneeksi, vaurioituneiden puiden määrästä ja maastovaurioista. Maaperän kannalta kyse on raskaiden metsäkoneiden aiheuttamista ajourapainaumista, joten tässä keskitytään niihin. Ajourapainumat aiheuttavat maaperän tiivistymistä ja lisäävät ravinteiden huuhtoutumista vesiin. Rinne- ja turvemailla sekä veden vaivaamilla kangasmailla ne voivat aiheuttaa myös eroosiota.

Asetuksen (A 1308/2013) mukaan kivennäismaiden kasvatushakkuissa metsäkoneiden aiheuttamien urapainaumien keskimääräinen osuus ei saa ylittää kangasmaalla 20 prosenttia ja turvemaalla 25 prosenttia käsittelyalueen ajourien kokonaispituudesta. Urapainaumaksi katsotaan kangasmaalla ”yli metrin pituinen ja kenttäkerroksen alareunasta laskettava yli 10 senttimetriä syvä painauma”. Turvemaalla sellaiseksi katsotaan ”yli metrin pituinen turpeeseen leikkautunut yli 20 senttimetrin syvyinen painauma”. Turvemailla ajourapainumat voivat siis olla kaksi kertaa syvempiä kuin kivennäismailla.

Metsälakia ja -asetusta valvoo Suomen metsäkeskus. Se selvitti ajanjaksolla 2017–2021 vuosittain vain 2–4 korjuuvaurioita koskevaa metsälain rikkomusepäilyä (SMK 2022). Suomessa hakkuukohteita on vuosittain yli 100 000. Metsäkeskus ei erittele, kuinka suuri osa rikkomusepäilyistä on johtunut yhtäältä kasvamaan jätetylle puustolle aiheutuneista vaurioista ja toisaalta maastopainaumista, mutta jos puolet niistä olisi johtunut maastovaurioista, Suomen puunkorjuukohteista yli 99 % olisi tehty maastovaurioiden näkökulmasta lain mukaisesti. Asetuksessa määritelty raja säädöstenvastaiselle puunkorjuulle vaikuttaa tällä perusteella väljältä. Samaa suuntaa viittaa se, että asetuksen mukaista on puunkorjuu, jossa yli joka seitsemännelle kasvamaan jätetylle puulle aiheutuu vaurioita. Toisaalta korjuuvauriotarkastuksia tehdään vähän, vain 0,3 prosentilla kohteista (Kärkkäinen & Pynnönen 2023).

Suomessa kerätään paljon hakkuutähdettä (latvat, oksat, neulaset ja lehdet) energia- tuotantoon. Vuonna 2022 määrä oli noin kolme miljoonaa kuutiometriä, kolme kertaa enemmän kuin 2000-luvun alussa (Luke 2023a). Hakkuutähteiden korjuu vaikuttaa maaperän fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, mutta lopputulos riippuu paljon siitä, kuinka paljon ja millaista hakkuutähdettä kerätään, millaisilta kasvupaikoilta ja millaisissa olosuhteissa. Kuten muussakin puunkorjuussa, raskaat metsäkoneet ja niiden kuormat aiheuttavat eniten maaperän tiivistymistä silloin, kun maa on märkää.

Lainsäädäntö ei suoraan rajoita hakkuutähteiden korjuuta Suomessa, mutta EU- ja kansallisella lainsäädännöllä vaikutetaan siihen, voidaanko hakkuutähteistä ja muusta metsäbiomassasta tuotettu energia katsoa uusiutuvaksi. Nämäkin säädökset ovat kuitenkin varsin väljät maaperävaikutusten kannalta (ks. luku 9.2.6.1 jäljempänä).

9.2.3 Metsätalouden tukijärjestelmät

Myöskään metsätalouden tukijärjestelmissä ei ole kiinnitetty erityistä huomiota maaperän tilaan tai sen parantamiseen (kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki (L 34/2015), laki metsätalouden määräaikaisesta kannustejärjestelmästä (L 71/2023)). Tukijärjestelmissä maaperä tila ja sen parantaminen liittyy ennen muuta suometsien käsittelyyn: kunnostusojitukseen ja metsänlannoitukseen.

9.2.3.1 Suometsien käsittely

Ojitus muuttaa suometsien maaperän fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia merkittävästi. Se muuttaa kasvupaikan vesitalouden yleensä kokonaan toisenlaiseksi ja myös tiivistää turvekerrosta alentaen maanpinnan tasoa. Myös eroosio lisääntyy, ja kasvi- ja muu lajisto muuttuu ajan mittaan pääosin tai kokonaan kangasmaiden kaltaiseksi.

Suomessa on tuettu soiden metsäojitusta valtion rahoituksella lähes sata vuotta, erityisesti 1960-luvulta 1980-luvulle. Tällöin oli kyse **uudisojituksesta** eli kokonaan uusien ojien kaivamisesta. Vuodesta 1993 lähtien metsänparannusvaroin on tuettu vain **kunnostusojitusta**, joka sisältää pääasiassa vanhojen ojien perkausta, mutta myös uusien ojien kaivamista eli niin sanottua **täydennysojitusta** (Viitala ym. 2022a, s. 43–45) Uusia oja kaivetaan tyypillisesti silloin, kun vanhojen ojien sarkaleveys tai muut seikat eivät ole saaneet aikaan tarpeelliseksi katsottua kuivatustehoa. Suomen metsäkeskus ei julkaise uusien ojien (täydennysojien) kaivuumääriä, vaikka tällainen tieto valtion tuella tehdyistä ojituksista kerätään. Viitala ym. (2022a, s. 45) ovat arvioineet VMI-tietojen perusteella, että 10 vuoden ajanjaksolla 2004/2008–2014/2018 joka neljäs turvemaille tehty oja kaivettiin ensimmäistä kertaa, ts. kyse oli joko täydennysojituksesta tai uudisojituksesta.

Suomen metsäkeskus toimitti tätä selvitystä varten aineiston, jonka perustella voitiin laskea kunnostusojitusmäärien (km) jakaantuminen vanhojen ojien perkauksiin ja uusien ojien kaivamiseen (täydennysojitukseen) vuosina 2017–2022 päättyneissä kestävän metsätalouden rahoituslain (L 34/2015) mukaisissa hankkeissa. Tulosten mukaan eteläisissä maakunnissa täydennysojituksen osuus oli alle 10 % kaivuumääristä mutta Lapissa 45 % ja Pohjois-Pohjanmaalla 17 %. Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla kaivettiin mainitulla ajanjaksolla lähes 70 % kaikista valtion osarahoittamista täydennysojista. Täydennysojitusten osuus oli koko maassa 14 % valtion osarahoituksella kaivetuista ojista.

Kunnostusojituksia tehtiin kemera (L 34/2015) mukaisella rahoituksella historiallisen vähän ajanjaksolla 2017–2022. Kun aineistona käytettiin edellisen kemera-lain (L 1094/1996) mukaisia vuosina 2012–2019 päättyneitä hankkeita, täydennysojien osuus kaivetuista ojametreistä oli 20 %. Korkein osuus oli jälleen Lapissa (47 %),

Pohjois-Pohjanmaalla (25 %) ja Kainuussa (18 %). Ojitushankkeet kestävät tyypillisesti useita vuosia, joten samana vuonna toteutuksia voidaan tehdä eri rahoituslakien perusteella.

VMI-tuloksia ja metsäkeskuksen aineistolla laskettuja tuloksia vertailtaessa on huomattava, että metsäkeskuksen aineisto kattaa vain kemera-rahoituksella toteutetut täydennysojitukset, mutta VMI-aineisto kaikki täydennysojitukset. Myös mittayksiköt poikkeavat toisistaan: VMI:ssä se on ojitushehtaari, metsäkeskuksen aineistossa kaivettu ojametri.

Metsätalouden tukijärjestelmä (kestävän metsätalouden rahoituslaki (L 1094/1996), kemera (L 34/2015)) on ollut voimassa jokseenkin muuttumattomana yli 25 vuotta. Vuoden 2024 alussa voimaan tulevassa uudessa tukijärjestelmässä (metsätalouden määräaikainen kannustejärjestelmä, Metka (L 71/2023)) ei tulisi enää tukemaan ojien kaivamista toimenpiteenä, mutta kunnostusojituksen **suunnittelua** tulisi edelleen tukemaan. Tätä kautta tulisi edelleen epäsuorasti tukemaan myös täydennysojitusta eli uusien ojien kaivamista (Viitala ym. 2022a, Lehtonen ym. 2022a).

Uuden tukijärjestelmän (Metka) vaikutuksia suometsien maaperän laatuun on vaikea arvioida, koska ei ole tietoa eikä kokemusta siitä, millaisia toimenpiteitä suometsän hoidon suunnitelmat tulevat sisältämään – ja ennen kaikkea, millaisia toimenpiteitä suometsissä tullaan toteuttamaan. On mahdollista, että kovin suuria muutoksia nykykäytäntöihin verrattuna ei tapahdu, mutta yhtä lailla on mahdollista, että kunnostusojitukset vähenevät ja jatkuvapeitteinen metsänkasvatus lisääntyy merkittävästi etenkin runsasravinteisilla turvemilla.

9.2.3.2 Metsänlannoitus

Metsämaaperään vaikuttaa myös metsänlannoitus, mutta valtiontuki siihen on ollut 2000-luvulla kohtalaisen vähäistä. Lannoitustuki on ohjattu pääosin suometsien PK- ja tuhkalannoituksiin, mitä on kutsuttu **terveyslannoitukseksi**. Kivennäismaiden typpilannoituksia valtio ei ole tukenut vuoden 1992 jälkeen (ks. Viitala ym. 2022a). Tutkimusten mukaan kivennäismaiden typpilannoitukset ovat metsänhoidon kannattavimpia investointeja ilman tukiakin. Kivennäismailla tuhkalannoituksia ei yleensä kannata tehdä.

Suometsien PK- ja tuhkalannoituksia (terveyslannoituksia) perusteltiin alun perin kahdella seikalla. Ensinnäkin ravinne-epätasapainosta kärsivillä ojitusalueilla tehdyt investoinnit olivat valumassa hukkaan, kun puuston kasvu taantui (HE 63/1996 vp). Toinen tavoite oli lieventää ilman epäpuhtauksien, erityisesti happosateiden ym., vaikutuksia maaperään neutraloimalla niitä. Voidaan kuitenkin aiheellisesti kysyä, missä määrin suometsien usein pysyvien ravinnepuutosten ja -epätasapainojen korjaamista PK- ja tuhkalannoitteilla voidaan nykyään pitää "terveyslannoituksena". Puunkorjuussa turvemailta poistetaan monia sellaisia keskeisiä ravinteita, etenkin kaliumia, fosforia ja booria, joista niillä on usein niukkuutta tai puutosta, mikä johtaa toistuvaan lannoitustarpeeseen. Hallituksen esityksessä kestävän metsätalouden rahoituslaiksi (HE 63/1996 vp) todetaan, että jos alueen kasvukyvyn säilyttäminen vaatii jatkuvaa terveyslannoitusta, kunnostusojitukseen ei tulisi ryhtyä.

Terveyslannoitusta on tehty ja tehdään valtiontuella edelleen jonkin verran myös kivennäismailla, mutta tältä osin on kyse boorin levittämisestä. Boorin puutoksesta kärsiviä kuusikoita on etenkin entisillä kaskialueilla Pohjois-Savossa mutta mahdollisesti muuallakin sisämaassa. Toiminta on ollut varsin pienimuotoista, muutamia tuhansia hehtaareita vuodessa. Tällaisillakin kohteilla PEFC-metsäsertifiointi (2014, 2022) sallii kokopuun ja latvusmassan korjuun, ”jos puuston ravinnetasapaino [hakkuun jälkeen] turvataan boorilannoituksella”. Tukipolitiikkaa, jossa ensin tuetaan kokopuukorjuuta ja sen johdosta usein tarpeelliseksi käyvää boorilannoitusta, ei voida pitää kovin järkevänä yksityisen metsänomistajan ja kansantalouden kannalta (Lehtonen ym. 2022a, s. 33).

9.2.4 Metsäsertifiointit

PEFC- ja FSC-metsäsertifiointit ohjaavat Suomessa metsänkäsittelyä monella keskeisellä tavalla. Siksi on mielenkiintoista tarkastella, sisältyykö niihin erityisiä maaperän tilan säilyttämistä tai parantamista koskevia vaatimuksia. Toinen kiinnostava kysymys on, missä määrin metsäsertifioinneissa on asetettu metsälakia (L 1093/1996) ja metsätalouden tukijärjestelmiä kunnianhimoisempia maaperän tilaa koskevia tavoitteita.

PEFC-metsäsertifioinnin kriteereihin ei sisälly erityisiä maaperää koskevia vaatimuksia (PEFC 2014, 2022). Suojakaistojenkin tarkoitus liitetään vesiensuojeluun; suoja-kaistan pituudesta yli 90 prosentilla maanpinnan tulee pysyä rikkoutumattomana.

FSC-metsäsertifikaatti edellyttää yleisesti, että metsänomistajalla on riittävät resurssit metsänhoitoon sekä biologisen monimuotoisuuden, maaperän ja vesistöjen suojeluun (FSC 2011). Lisäksi todetaan yleisenä periaatteena, että metsätaloudessa ylläpidetään metsän ekologista toimintaa ja eheyttä suojelemalla luonnon monimuotoisuutta ja siihen liittyviä arvoja, vesivaroja, maaperää sekä ainoalaatuisia ja herkkiä ekosysteemejä ja alueita. Myöskään FSC-sertifikaattiin ei kuitenkaan sisälly maaperän tilaan koskevia yksityiskohtaisia vaatimuksia. Poikkeuksena kriteeri, jonka mukaan ”maaperän rakennetta, ravinteisuutta ja biologista aktiiviteettia ylläpidetään tai parannetaan”, mutta tämä kriteeri (10.6) koskee vain puuviljelmää. Suomessa niihin lasketaan mm. hybridihaapa-, joulukuusi- ja energiapajuviljelmät, joten tällä vaatimuksella ei ole Suomen metsätaloudessa käytännön merkitystä.

PEFC-metsäsertifioinnissa puunkorjuun aiheuttamille maaperäpainaumille käytetään samaa määritelmää kuin metsälaissa (kangasmaalla yli metrin pituinen ja yli 10 senttimetriä syvä painauma). PEFC:n mukainen enimmäismäärä ajourapainauksille kivennäismailla on kuitenkin selvästi alempi kuin metsälaissa, enintään 5 % ajourien pituudesta (metsälaissa 20 %). Tosin on huomattava, että PEFC:n mukainen luku lasketaan viiden vuoden liukuvana keskiarvona koko sertifiointialueelle (PEFC 2014, 2022), kun taas metsälaissa asiaa katsotaan kohteittain. Jostakin syystä PEFC-metsäsertifioinnissa ei ole samanlaista vaatimusta ajourapainauksien enimmäismäärälle *turveilla* vaan metsälain vähimmäisvaatimus riittää sertifikaatin saamiseksi, vaikka painauksien merkitys on turveilla yleensä suurempi kuin kivennäismailla. Syytä tälle puutteelle pyrittiin selvittämään tätä selvitystä kirjoitettaessa, mutta se jäi epäselväksi.

Hakkuutähteen korjuuta uudistushakkuusaloilta rajoitetaan PEFC- ja FSC-metsäsertifikaateissa niin, että vähintään 30 prosenttia latvusmassasta (latvat, oksat, neulaset ja lehdet) tulee jättää keräämättä ja karuimmilta kasvupaikoilta sitä ei saa korjata lainkaan (PEFC 2014, 2022; FSC 2011). Vaatimus koskee sekä kivennäismaita että turvemaita. Kuten aiemmin mainittiin, metsälaissa ei ole vastaavaa rajoitusta.

PEFC-sertifikaatti sallii myös kokopuun korjuun kasvatushakkuissa; poikkeuksena kohteet, joissa kuusen osuus runkoluvusta on ennen harvennusta yli 75 %. Lisäksi se mahdollistaa kantojen korjuun, mitä voidaan pitää nykyisen tutkimustiedon valossa kyseenalaisena. Kannot juurineen muodostavat pitkään säilyvän hiilivaraston. Lisäksi tiedetään, että kantojen nostaminen on tehoton keino juurikäävän torjunnassa. Myös valtioneuvoston asetuksessa juurikäävän torjunnasta (264/2016) todetaan erikseen, että kantojen nosto ei ole hyväksyttävä torjuntakeino. Osin tämän takia metsätalouden tukijärjestelmissä luovuttiin kantojen noston tuesta vuonna 2015 (ks. HE 138/2014).

Kantoja käytettiin energiaksi 2010-luvun alussa vuosittain yli miljoona kuutiometriä. Viime vuosina määrä on pudonnut noin neljännekseen, 280 000 kuutiometriin. Eniten kantoja poltetaan energiaksi ja luultavasti myös korjataan Keski-Suomessa ja Pirkanmaalla, joiden maakuntien osuus kokonaisuudesta on noin kolmannes (Luke 2023). Suomessa tiettävästi enää yksi suuri metsäteollisuusyhtiö eli UPM harjoittaa kantojen korjuuta, oman ilmoituksensa mukaan lähinnä Keski- ja Länsi-Suomessa (UPM Metsä 2023).

Uudisojituksia on VMI-tietojen mukaan tehty 2000-luvulla ainakin 20 000 hehtaaria (ks. Viitala ym. 2022a, s. 45). Osasyynä tähän saattaa olla se, että varsinkin PEFC-metsäsertifioinnissa (2014) luonnontilaisten soiden ojituskielto on sisältänyt poikkeuksia. Vuoden 2023 alkupuolella voimaan tullessa uudessa PEFC-sertifioinnissa tällaisia poikkeuksia ei enää ole, minkä voisi olettaa lopettavan luonnontilaisten soiden ojitukset tai ainakin vähentävän niitä merkittävästi. Toistakymmentä vuotta voimassa olleessa FSC-metsäsertifioinnissa luonnontilaisten soiden ojitukset on kielletty selkeämmin (ks. FSC 2011).

PEFC-sertifiointi kattaa lähes 90 prosenttia Suomen metsistä ja FSC-sertifiointi noin 10 prosenttia. Suurilla metsänomistajilla on tyypillisesti molemmat sertifikaatit. Jos metsänomistajan metsät eivät ole kummankaan sertifiointijärjestelmän piirissä, luonnontilaisten soiden ojitus on edelleen mahdollista. Tällaisten ojitusten lopettaminen vaatisi lainsäädännöllisiä toimia, käytännössä uudistusojitusten kieltoa tai lupakäytännön uudelleenarviointia.

9.2.5 Metsänhoitosuosituks

Maa- ja metsätalousministeriön julkaisemissa ja Tapion koordinoimana laadituissa metsänhoidon suosituksissa maaperään kiinnitetään huomiota metsäsertifiointien taivoin lähinnä puunkorjuun, metsänuudistumisen ja soiden ojitusten näkökulmasta (MMM 2023b). Maaperä suositellaan otettavaksi huomioon myös vesistöjen ja pienvesien suojavyöhykkeillä sekä muiden arvokkaiden tai ulkoisille häiriöille herkkien luon- tokohteiden käsittelyssä.

Maaperän lajiston monimuotoisuus tuodaan esille tärkeiden elinympäristöjen ja metsäluonnon hoidon kohdalla sekä lehtisekapuuston merkityksen kautta. Suositusten mukaan lehtipuun karike vaikuttaa myönteisesti maaperän ravinnekiertoon lisäten maaperän tuotoskykyä ja maaperän lajiston monipuolisuutta.

Metsänhoidon suositusten mukainen enimmäismäärä ajourapainaumille on selvästi alempi kuin metsälaissa. Suositusten mukaan ajourapainauksia tulisi olla kivennäismailla ja kuusivaltaisilla turvemaiden enintään 5 % sekä muilla turvemaiden enintään 10 % ajourien pituudesta (metsälain enimmäismäärä kivennäismailla 20 % ja turvemaiden 25 %). Laskentatavan vuoksi metsänhoidon suositusten enimmäismäärät painaumille ovat myös tiukempia kuin PEFC-sertifioinnissa. Painaumien määritelmät ovat kaikissa samat.

Kantojen korjuuseen suhtaudutaan metsänhoidon suosituksissa varauksella, koska kantojen noston pitkän aikavälin seurannaisvaikutuksia ei tunneta vielä riittävästi. Suositusten mukaan kantojen korjuu voi lisätä maan tiivistymistä ja ajourien syntyä, sillä ajokertoja tulee enemmän. Lisäksi se vähentää ravinteiden ja eloperäisen aineksen määrää maaperässä ja rikkoo humuskerroksen, jolloin maaperän veden ja kiintoaineksen pidätyskyky voi heikentyä, mikä lisää päästöjä vesiin. Suositusten mukaan kantojen korjuu myös vähentää ehjäksi jäävän maanpinnan osuutta, mikä kasvattaa maaperäeliöstön elintilaa.

Metsänhoidon suositukset ovat nimensä mukaan suosituksia – ne eivät velvoita toimijoita.

9.2.6 Euroopan unionin ohjauskeinot

Euroopan unionilla ei ole yhteistä metsäpolitiikkaa, mutta unionin politiikat vaikuttavat Suomen metsätalouteen ennen kaikkea ympäristöä koskevien lainsäädäntöjen, strategioiden ja tavoitteiden sekä valtiontukimääräysten kautta. Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen (SEUT) mukaan unionilla on ympäristöasioissa jaettu toimivalta jäsenvaltioiden kanssa.

Metsien maaperää koskevaa ohjausta unioni toteuttaa erityisesti uusiutuvan energian direktiivin ((EU) 2018/2001) ja kestävän rahoituksen luokitusjärjestelmän (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EU) 2020/852) kautta. Ensin mainittu on toimijoita velvoittavaa lainsäädäntöä mutta jälkimmäisen noudattaminen on vapaaehtoista. Metsämaaperän ominaisuuksien turvaamiseen on kiinnitetty huomiota myös olemassa olevan EU-lainsäädännön tarkistusesityksissä.

9.2.6.1 Uusiutuvan energian direktiivi (RED)

Uusiutuvan energian direktiivin ((EU) 2018/2001) artiklassa 29 määritetään kestävyyskriteerit maa- ja metsätalouden biomassoille. Metsämaan osalta artiklan 29 kohdan 6 vaatimus on seuraava:

”korjuun yhteydessä otetaan huomioon maaperän laadun ja biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen; [korostus tässä]

Vaatimusta voidaan pitää jossain määrin epäselvänä. Kohdassa 14 todetaan edelleen, että jäsenvaltiot voivat asettaa biomassapolttoaineille kestävyyttä koskevia lisäkriteerejä. Nämä voivat koskea myös puunkorjuun vaikutuksia maaperään.

RED II -direktiivin artiklan 29 kestävyyskriteerien soveltamisesta metsäbiomassojen osalta on säädetty tarkemmin komission täytäntöönpanoasetuksella ((EU) 2022/2448), joka tuli voimaan tammikuussa 2023. Asetuksen 3 artiklassa todetaan, että talouden toimijoiden on tehtävä riskiperusteinen arviointi, joka tarjoaa näytön siitä, että puunkorjuu toteutetaan siten, että *”maaperän laatuun ja luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvat kielteiset vaikutukset minimoidaan”*. Tämä voidaan osoittaa esittämällä näyttöä siitä, että sovellettavassa lainsäädännössä tai asiaa koskevissa metsänhoitosäännöissä edellytetään:

- 1) ettei aarniometsien (*primary forests*) ja määrättyjen muiden suojeltujen metsien tila heikkene eikä niitä korvata viljelymetsillä;
- 2) säädetään maaperän sekä lajien ja luontotyyppien suojelusta, mukaan lukien ne, joita suojellaan kansainvälisellä tai kansallisella lainsäädännöllä;
- 3) minimoidaan tarvittaessa kantojen, juurien ja kuolleen puuaineksen poistaminen.

Talouden toimijat voivat päättää osoittaa puunkorjuun kriteerien täyttymisen myös suoraan hankinta-alueella artiklan 4 mukaisesti. Tällöin metsäbiomassan kestävyys edellyttää maaperän osalta, että *”korjuu suoritetaan tavalla, jolla pyritään ainakin estämään maaperän laatuun ja luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvat kielteiset vaikutukset”*. Tämä voidaan osoittaa esittämällä näyttöä siitä, että energiantuotantoon käytettävän metsäbiomassan korjuuseen liittyvät riskit on yksilöity etukäteen ja että on toteutettu asianmukaiset lieventämistoimet, kuten seuraavat:

- 1) suojeltujen aarniometsien tai alueiden tila ei heikkene eikä niitä korvata viljelymetsillä;
- 2) kantojen ja juurien korjuu minimoidaan;
- 3) korjuuta ei suoriteta herkällä maaperällä;
- 4) korjuu tapahtuu hakkuujärjestelmillä, joilla minimoidaan maaperän laatuun kohdistuvat vaikutukset, maaperän tiivistyminen mukaan luettuna;
- 5) korjuu suoritetaan tavalla, jolla minimoidaan luonnon monimuotoisuuden ominaispiirteisiin ja luontotyypeihin kohdistuvat vaikutukset, mukaan lukien kansainvälisellä tai kansallisella lainsäädännöllä suojellut kasvit ja eläimet;
- 6) metsään jää paikallisesti sopiva määrä ja valikoima kuollutta puuainesta; ja
- 7) avohakkuut minimoidaan lukuun ottamatta tapauksia, joissa se on väliaikaisesti perusteltua dokumentoitujen metsäntuhojien, myrskyjen tai muiden luonnonhäiriöiden vuoksi.

Lieventämistoimet voidaan todistaa muun muassa käyttämällä kansainvälisiä ja kansallisia tietokantoja, virallisia kartoja ja satelliittikuvia, metsänhoitosuunnitelmia, toimintaohjeita ja korjuusuunnitelmia sekä asiaankuuluvien vaatimustenmukaisuuden tarkastusten tuloksia.

Maaliskuussa 2023 EU:ssa päästiin sopuun päivitetyn RED II -direktiivin sisällöstä. Tätä säädöstä kutsutaan usein myös RED III -direktiiviksi. Komission ehdotuksessa RED III -direktiiviksi maaperää koskeva vaatimus noudattelee pitkälti edellä esitetyn täytäntöönpanoasetuksen tekstiä. Lopullista RED III -säädöstä ei ole kuitenkaan vielä julkaistu.

9.2.6.2 Kestävän rahoituksen luokitusjärjestelmä (taksonomia)

EU:n kestävän rahoituksen luokitusjärjestelmällä (taksonomia-asetus, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2020/852) pyritään edistämään Euroopan unionin kuutta ympäristötavoitetta. Tähän mennessä noin sadalle taloudelliselle toiminnalle (*economic activity*) on luotu kriteerit, millainen toiminta edesauttaa taksonomia-asetuksessa mainittua kahta ensimmäistä ympäristötavoitetta, **ilmastomuutoksen hillintää** ja **ilmastonmuutokseen sopeutumista**. Lopuille neljälle ympäristötavoitteelle ollaan parhaillaan laatimassa vastaavia kestävyyskriteereitä toiminnoittain. Taksonomian tavoite on ohjata pääomia ympäristön kannalta kestäviin sijoituksiin.

Metsätalouden osalta kestävän rahoituksen 1.1.2022 voimaan tulleet ilmastokriteerit (hillintä ja sopeutuminen, Komission delegoitu asetukset (EU) 2021/2139) edellyttävät, että laadittavaan metsänhoitosuunnitelmaan tai vastaavaan välineeseen sisältyy analyysi puunkorjuun edellytyksistä maaperään kohdistuvien vaikutusten minimoimiseksi. Myös tätä vaatimusta voidaan pitää hieman epäselvänä. Lisäksi edellytetään, että toiminta ei sisällä paljon hiiltä sitovan maan huonontumista. ”Paljon hiiltä sitovalla maalla” (*land with high carbon stock*) tarkoitetaan RED II -direktiivin ((EU) 2018/2001) mukaisia kosteikkoja, mukaan lukien turvemaata, ja pysyvästi metsän peittämiä alueita. Suomen metsätaloudessa tämä tarkoittaa erityisesti paksuturpeisia turvemaita. Vaatimukset tullaan päivittämään RED III -direktiivin mukaisiksi.

Metsätalouden ilmastokriteereissä vaaditaan myös erityisen ilmastohyötyanalyysin tekemistä. Analyysissa suunniteltua metsänkäsitteilyä verrataan perusuraan eli käytäntöihin, joita olisi harjoitettu kyseisellä alueella tavanomaisessa *business-as-usual*-tilanteessa. Ilmastokriteerien täyttämiseksi harjoitetun metsätalouden tulee 30 vuoden ajanjaksolla tuottaa nettohyötyä kasvihuonekaasutaseiden muodossa. Analyysi tehdään IPCC:n ohjeiden mukaan ja siihen sisältyy myös maanalainen biomassa, karike ja maaperä. Analyysi voidaan tehdä tilatasolla (vähintään 13 hehtaarin metsätilat) tai suuremman maantieteellisen alueen (hankinta-alueen) puitteissa ryhmäarviointina samaan tapaan kuin PEFC- ja FSC-metsäsertifiointit.

Taksonomiassa asetetaan maaperään liittyviä ilmastokriteereitä (hillintä ja sopeutuminen) myös uusien rakennusten rakentamiselle, Komission delegoitu asetukset ((EU) 2021/2139). Silloin kun kyse on uusien asuntojen tai muiden rakennusten rakentamisen hankekehityksestä sekä niiden varsinaisesta rakentamisesta myöhempää myyntiä varten, uutta rakennusta ei saa rakentaa:

- a) EU:n LUCAS-tutkimuksen mukaiselle viljelysmaalle, jonka viljavuus ja maanalainen biologinen monimuotoisuus on kohtalainen tai korkea (*arable land and crop land with a moderate to high level of soil fertility and below ground biodiversity as referred to in the EU LUCAS survey*),

- b) rakentamattomalle korkean biodiversiteetin maalle (*greenfield land of recognised high biodiversity value*) tai maalle joka on uhanalaisten lajien elinympäristö,
- c) maa-alueelle, joka vastaa metsän määritelmää (metsäksi ei katsota pääosin maatalousmaana tai kaupunkialueiden käytössä olevaa maata).

Nämä sisältyvät uusien rakennusten rakentamista koskeviin ”ei merkittävää haittaa” -vaatimuksiin. ”Ei merkittävää haittaa” -vaatimuksilla pyritään varmistamaan, että taksonomia-asetuksen mukaisen yhden ympäristötavoitteen tavoittelu, tässä tapauksessa ilmastomuutoksen hillintä tai ilmastomuutokseen sopeutuminen, ei aiheuta merkittävää haittaa millekään muulle asetuksen sisältämälle viidelle ympäristötavoitteelle, tässä tapauksessa **biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojelelulle ja ennallistamiselle**.

Taksonomia-asetuksen kolmas ympäristötavoite on **vesivarojen kestävä käyttö ja suojeleminen**, ja kuudes tavoite biodiversiteetin ja ekosysteemien suojeleminen ja ennallistaminen. Useita näitä ympäristötavoitteita edistämään pyrkiviä taloudellisia toimintoja koskee sama vaatimus paljon hiiltä sisältävän maan heikentymisen välttämiseksi ”ei merkittävää haittaa” -vaatimusten kautta.

Kestävän rahoituksen neljäs ympäristötavoite on **kierotalouden edistäminen**. Myös sen kohdalla maaperä tuodaan esille ”ei merkittävää haittaa” -periaatteen kautta. Uudet kiinteistösiioitustarkoituksessa rakennetut rakennukset hyväksytään taksonomian piiriin, jos niissä käytetään vaadituilta osin kierrätettyjä materiaaleja. Tässäkään tapauksessa kiinteistöjä ei saa kuitenkaan rakentaa edellä esitettyjen kohtien a–c mukaiselle maalle.

Muita kuin ilmastotavoitteita koskevat kestävän rahoituksen kriteerit eivät ole vielä voimassa vaan kyseessä on komission 13.6.2023 julkistama ehdotus delegoiduksi asetukseksi (European Commission 2023). Komission tarkoitus on saada se voimaan 1.1.2024.

9.2.6.3 Valtiontuen suuntaviivat

Komission antamat maa- ja metsätaloutta koskevat uudet valtiontuen suuntaviivat tulivat voimaan 1.1.2023 (Euroopan komissio 2022). Suuntaviivat ohjaavat metsätalouden julkisia tukia ja tukijärjestelmiä Suomessa ja useissa muissakin Euroopan unionin jäsenvaltioissa merkittävällä tavalla.

Suurin muutos aikaisempaa on se, että uusien suuntaviivojen mukaan metsätalouden tukia voidaan myöntää tuensaajille (maanomistajille) myös tuotettujen **markkinattomien ympäristöhyötyjen** perusteella (alaluku 2.3). Tällaiset ympäristöhyödyt ja toimenpiteet voivat tarkoittaa myös maaperän tilan parantamista. Ennen vuotta 2023 tällainen tuki ei ollut mahdollista, koska metsätalouden ympäristötukien tuli perustua (maanomistajalle) koituneeseen **tulonmenetykseen** tai **lisäkustannukseen**.

Muutos avaa kokonaan uudenlaisia mahdollisuuksia tukea markkinattomien ympäristöhyötyjen tuotantoa Suomen metsissä myös maaperän osalta. Asiaa on käsitelty tarkemmin julkaisussa Lehtonen ym. (2022a, s. 16–18). Suuntaviivojen alaluvun 2.3.

kohtaa 557b tarkasteltaessa on syytä huomata, että suomenkielinen käännös olennaisesti tekstistä on virheellinen. Tällaisissa tilanteissa englanninkielinen teksti on määräävä.

Suuntaviivojen alaluvussa 2.3. todetaan erikseen, että markkinattomien ilmasto- ja muiden ympäristöhyötyjen tuottamista voidaan tukea myös aikaansaatuisten tulosten perusteella (*result-based payment schemes*), esimerkiksi **hiiliviljelyjärjestelmien** kautta. Hiiliviljelyjärjestelmillä tarkoitetaan EU-säädöksissä

”tukijärjestelmiä, jotka koskevat sellaisia maanhoitokäytäntöjä, joiden tuloksena hiiltä varastoituu aikaisempaa enemmän elävään biomassaan, kuolleeseen orgaaniseen ainekseen ja maaperään sen ansiosta, että hiilidioksidin talteenottoa tehostetaan ja/tai hiilen vapautumista ilmakehään vähennetään” (ks. esim. Euroopan komissio 2022).

Suuntaviivojen (alaluku 2.8.2.) mukaan tukea on mahdollista myöntää myös maaperän laadun säilyttämiseksi ja parantamiseksi (*maintaining and improving soil quality*). Jäsenvaltion on tällöin kuitenkin osoitettava, etteivät toimenpiteet vähennä luonnon monimuotoisuutta, aiheuta ravinteiden huuhtoutumista tai vaikuta kielteisesti vesien luonnollisiin ekosysteemeihin tai vesien suojelualueisiin. Suomi ei ole ottanut tätä tukimuotoa käyttöön.

Suuntaviivojen (alaluku 2.1.5.) ja maa- ja metsätaloutta koskevan ryhmäpoikkeusasetuksen ((EU) 2022/2472, artikla 50) perusteella tukea on mahdollista myöntää myös investointeihin maaperää ja luonnonvaroja säästäviin puunkorjuuvälineisiin ja -käytäntöihin (*soil-friendly and resource-friendly harvesting machinery and practices*). Jäsenvaltioista ainakin Saksassa on otettu tällaisia metsätalouden tukia käyttöön, tosin tuet ovat pienimuotoisia (ks. Viitala ym. 2018).

9.2.7 Mahdollisuuksia kehittää metsämaaperää koskevia ohjauskeinoja

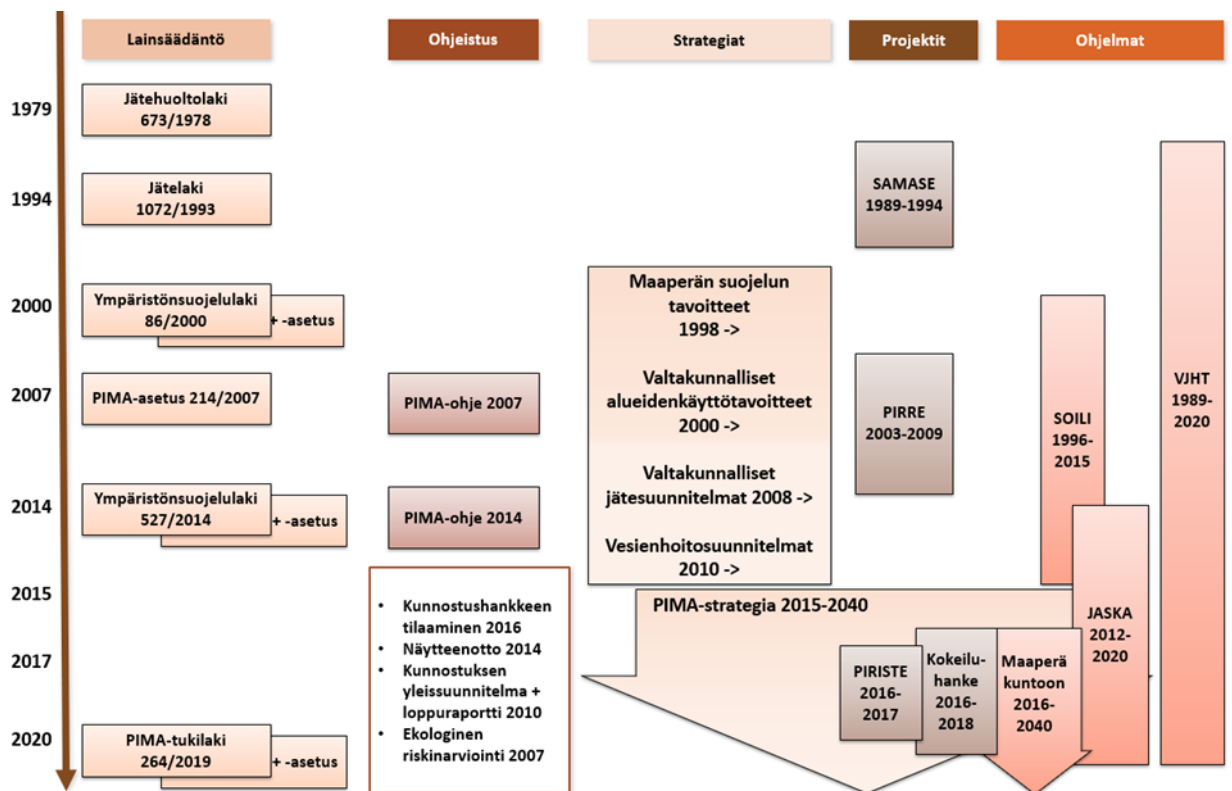
Metsämaaperän tilan parantamiseen kannattaa jatkossa kiinnittää huomiota nykyistä selvästi enemmän huomiota etenkin turvemaidella. Nykytietämyksen valossa ja maaperän tilan kannalta olisi tärkeä kehittää sellaisia ohjauskeinoja, joilla voitaisiin välttää uusien ojien kaivamista ja tarpeettomia kunnostusojituksia sekä rajoittaa ojasyvyys- ja -leveys- vanhojen ojien perkauksessa. Ohjauksen tulisi myös kannustaa välttämään avohakkuuta ja siirtymään jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen erityisesti runsasravinteisilla turvemaidella, koska tämä vähentäisi kasvihuonekaasu- ja vesistö-päästöjä (ks. Viitala ym. 2023) ja vaikuttaisi myönteisesti myös maaperän tilaan, kun muun muassa eroosio ja maanmuokkaus vähenisivät. Toisaalta jatkuvapeitteinen kasvatustavoitettaisi sitä, että puunkorjuu toistuisi useammin kuin jaksollisessa kasvatuksessa, mikä voisi lisätä maastovaurioita ja maaperän tiivistymistä turvemaidella. Lopputulos riippuisi kuitenkin osin siitä, millaisilla metsäkoneilla puunkorjuu tapahtuisi ja mihin vuodenaikaan. Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vaikutus maaperän tilaan turvemaidella voisi kuitenkin olla kokonaisuutena myönteinen, joskin kattavaa yhteenve-toa tai arviota asiasta ei ole tiettävästi tehty.

Puunkorjuun aiheuttamia vaurioita koskeva sääntely vaikuttaa Suomessa varsin väljältä. Tässä mielessä olisi perustelua ottaa metsäasetuksen (A 1308/2013) määräykset uuteen tarkasteluun nykytiedon ja -tavoitteiden pohjalta. Erityisen tärkeää tämä olisi turvemaiden osalta, koska yleisesti käytetty PEFC-sertifikaatti ei edellytä metsäasetuksen minimivaatimuksia parempaa korjuujälkeä turvemaiden ajourapainaumien osalta. Myös kantojen ja kokopuun korjuun rajoittamista nykyistä enemmän tulisi harkita, ensisijaisesti metsäsertifiointien ja metsätalouden uuden tukijärjestelmän (Metka) vaatimusten kautta.

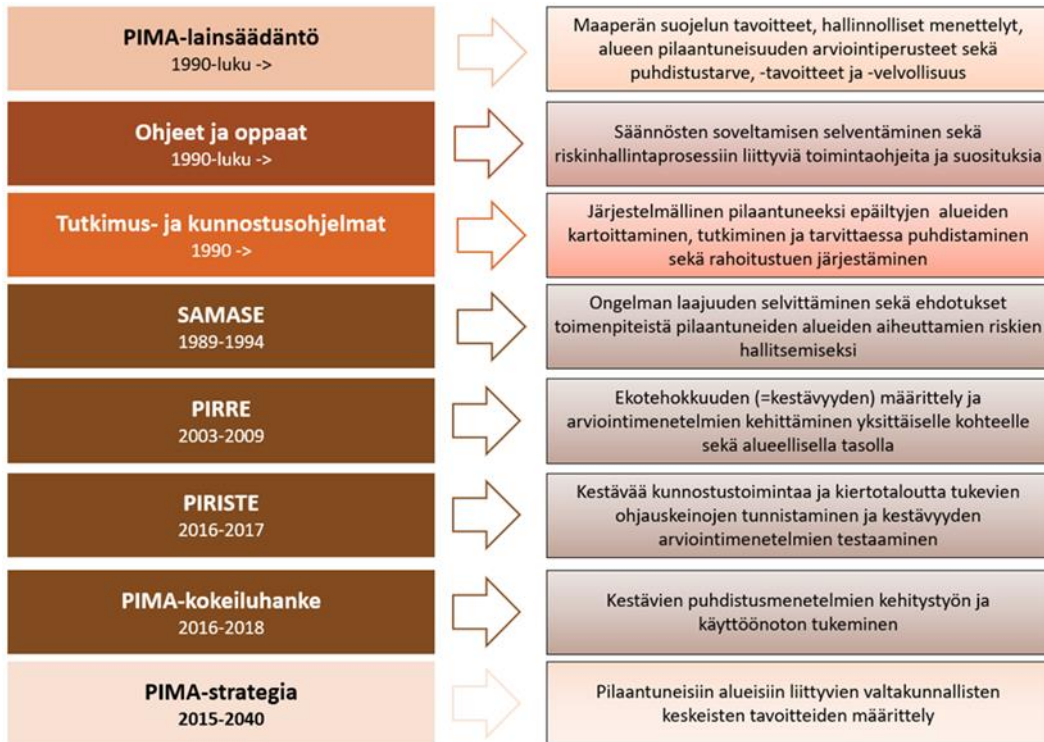
9.3 Pilaantuneiden alueiden ohjauskeinot

Outi Pyy ja Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaratkaisuihin voidaan vaikuttaa erilaisilla ohjauskeinoilla. Käytännössä toimintaa on ohjattu yhdistelemällä useita erityyppisiä hallinnollisia, taloudellisia ja informatiivisia ohjauskeinoja. Toimintaa ovat ohjanneet myös vakiintuneet toimintakäytännöt, asenteet ja käytettävissä olevat resurssit. Kuvassa 50 on esitelty Suomessa 1980-luvulla alkanutta hallinnollisten ohjauskeinojen kehitystyötä. Viime vuosien aikana Pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategia on selkeyttänyt riskinhallinnan tavoitteita ja nivonut yhteen ohjelmia ja hankkeita, joilla pyritään edistämään kestävä riskinhallintaa. Ohjauskeinojen ja hankkeiden tavoitteita on esitetty kuvassa 51. (Jylhä ym. 2021)



Kuva 50. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaa ohjaavia hallinnollisia, informatiivisia ja taloudellisia ohjauskeinoja. SAMASE = Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti (Puolanne ym. 1994), PIRRE = Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus (Sorvari ym. 2009), PIRISTE = Pilaantuneiden maa-alueiden kestävät riskinhallintakeinot (Pyy ym. 2017), VJHT = Valtion jätehuoltotyöjärjestelmä. (Jylhä ym. 2021)



Kuva 51. Ohjauskeinojen ja kestäväää riskinhallintaa tukevien hankkeiden tavoitteita. (Jylhä ym. 2021)

Suomessa maaperän ja pohjaveden pilaantumisesta ja pilaantuneen alueen puhdistamisesta säädetään ympäristönsuojelulaisissa. Se sisältää muun muassa säännökset maaperän ja pohjaveden pilaamiskielloista, pilaantuneen alueen selvitys- ja puhdistamisvelvollisuudesta sekä puhdistamisen viranomaismenettelyistä. Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista on säädetty erikseen tarkemmin valtioneuvoston asetuksella, jonka tueksi on lisäksi julkaistu ohjeistusta. Lisäksi jätelaki (L 646/2011) ohjaa puhdistuksen yhteydessä kaivettujen maa-ainesten käsittelyä ja sijoittamista. Laki pilaantuneiden alueiden puhdistamisen tukemisesta (L 246/2019) mahdollistaa harkinnanvaraiset avustukset alueen pilaantuneisuuden selvittämiseen ja pilaantuneen alueen puhdistamiseen sekä sen, että Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus voi kustannuksellaan järjestää alueen pilaantuneisuuden selvittämisen ja puhdistamisen.

Ympäristönsuojelulakia (L 527/2014) uudistettiin vuonna 2014. Uudistuksen taustalla oli erityisesti teollisuuspäästädirektiivin (IE-direktiivi, 2010/75/EU) uudet velvoitteet mm. direktiivilaitoksilta vaadittava maaperän ja pohjaveden perustilan määrittäminen lupaa

myönnettäessä tai ensimmäistä kertaa muutoksen jälkeen lupaa päivitettäessä sekä maaperän ja pohjaveden tilan palauttaminen perustilaan toiminnan päättyessä (82 § ja 95 §). Uudistuneessa laissa määriteltiin myös ensimmäisen kerran maaperä (5 §). Maaperän puhdistamisen osalta ilmoitusmenettely nostettiin ensisijaiseksi ympäristölupamenettelyyn nähden ja sen soveltamista laajennettiin kattamaan myös pohjaveden puhdistaminen pilaantuneella alueella ja puhdistamisen yhteydessä kaivetun maa-aineksen hyödyntäminen kaivualueella (136 §). Lisäksi puhdistamisesta vastuussa olevat (133 §) veloitettiin toimittamaan valtion valvontaviranomaiselle selvitykset, jotka liittyvät pilaantuneisuuteen ja puhdistamistarpeen arviointiin. (Jylhä ym. 2021)

Maaperän pilaantumista koskevan lainsäädännön kehittyminen

Lainsäädännössä ympäristövastuuasioita käsitellään tapahtuma-ajan lainsäädännön mukaan tietyn edellytyksin ja siksi myös vanhoja säädöksiä joudutaan edelleen soveltamaan, kun on kyse pilaantumisesta, joka on tapahtunut ennen vuotta 1994. Pilaantuneiden maa-alueiden osalta taannehtivuus ympäristönsuojelulain asettamien vastuiden osalta vaikuttaa 1.1.1994 jätelain voimaantulon jälkeen tapahtuneisiin, ns. uusiin maaperän pilaantumistapauksiin.

Kansallinen maaperän pilaantuneisuutta koskeva erityissääntely alkoi kehittyä 1980-luvun lopulla. Sitä ennen toimintaa ohjasivat lähinnä terveydensuojelun, jätehuollon, vesiensuojelun ja rakentamisen säännökset. Ensimmäistä kertaa maaperän pilaantumiseen haitallisilla aineilla ja niiden aiheuttamiin haittoihin viitattiin jätehuoltolaissa (JHL, 673/1978). Jätehuoltolaki kumottiin ja korvattiin jätelailla (kumottu JäteL 1072/1993) vuonna 1994, kun Suomi liittyi Euroopan talousalueeseen (ETA). Tällöin tuli ajankohtaiseksi päivittää jätteitä ja jätehuoltoa koskevat säännökset yhdenmukaiseksi Euroopan yhteisöjen säännösten kanssa. Jätelain yleisenä tavoitteena oli ”tukea kestävää kehitystä edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä sekä ehkäisemällä ja torjumalla jätteistä aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle”. Jätelaissa säädettiin aikaisempaa kattavammin maaperän saastumisen ehkäisemisestä ja saastuneen alueen puhdistamisesta.

Vuonna 1994 voimaan tulleeseen jätelaikiin sisällytettiin erilliset säännökset roskaantumuksesta (19–21 §) ja maaperän saastuttamisesta (22–26 §). Maaperän saastuttamiskiellossa korostettiin velvollisuutta pyrkiä ennalta ehkäisemään maaperän laadun huononemista ja saastumista. Säännöksen soveltamisessa ei ollut merkitystä sillä, oliko jäte tai muu aine joutunut maaperään vahingossa, huolimattomuudesta, piittaamattomuudesta tai tahallisesti (ankara vastuu). Saastuttajan tuli selvittää alueen maaperän tila ja puhdistamistarve sekä tarvittaessa puhdistaa alue sellaiseen tilaan, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden merkityksellistä vähentymistä tai muu yleisen tai yksityisen edun loukkaus. Laissa säädettiin myös toissijainen puhdistamisvelvollisuus 22.2 §:n mukaisten edellytysten täytyessä saastuneen alueen haltijalle ja edelleen täydentävä velvoite kunnalle. Myös valtio pystyi tietyn edellytyksin osallistumaan alueen selvittämisestä ja puhdistamisesta kunnalle aiheutuviin kustannuksiin (35 §). Toissijaisten ja täydentävien vastuiden sääntelyn tavoitteena oli varmistaa, ettei maaperä jäisi hallitsemattomaan tilaan, mikäli saastuttaja ei suoriutuisi velvoitteistaan.

Vuonna 2000 maaperän pilaantumiseen liittyvä sääntely siirrettiin ympäristönsuojelulakiin (kumottu YSL, 86/2000). Ympäristönsuojelulaissa saastuminen korvattiin käsitteellä pilaantuminen ja samalla selvitys- ja puhdistamisvelvoitteet laajennettiin koskemaan maaperän ohella pohjavettä. Vanhan ympäristönsuojelulain (86/2000) 14 §:n 1 momentin nojalla annettiin vuonna 2007 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistamistarpeen arvioinnista (214/2007, PIMA-asetus). Asetuksella säädettiin yhtenäisistä oikeudellisista perusteista, joilla tapauskohtaisia riskinarviointia tulee tehdä sekä 53:lle yleisimmin maaperän pilaantumista aiheuttaneelle aineelle kynnysarvot, jotka laukaisevat

alueen arviointitarpeen, sekä tapauskohtaista riskinarviointia tukevat alemmat ja ylempät ohjeavot. PIMA-asetuksen tavoitteena oli yhtenäistää ja parantaa maaperän pilaantumiseen liittyvien selvitysten laatua sekä kohdentaa riskinhallintatoimet aikaisempaa tarkoituksenmukaisemmalla ja kustannustehokkaammalla tavalla merkittävää ympäristö- tai terveyshaittaa tai niiden vaaraa aiheuttaviin alueisiin.

Ympäristöministeriössä on tätä selvitystä tehtäessä keväällä 2023 käynnissä säädösvalmistelu, jossa on tarkoituksena päivittää ympäristönsuojelulain (L 527/1994) pilaantuneiden alueiden kunnostamista koskevaa luku 14 sekä lisätä lakiin uusi Luku 14 a. Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia koskevaa valtioneuvoston asetusta on tarkoitus päivittää ja antaa uusi pilaantumattomien maa-ainesten hyödyntämistä koskeva asetus. Uudistamisessa ei muuteta olemassa olevia vastuusäännöksiä. Uudistustyön tavoitteena on selkeyttää ja täydentää säätelyä ja samalla:

1. Tukea kiertotaloutta edistämällä kaivettujen maa-ainesten turvallista hyödyntämistä selkeyttämällä ja yhtenäistämällä hyödyntämiseen liittyviä kriteereitä ja keventämällä hyötykäyttöön liittyvää hallinnollista menettelyä.
2. Edistää kestävää ja riskiperusteista pilaantuneiden maa-alueiden ja pohjaveden kunnostamista ohjearvoihin perustuvan kunnostustoiminnan sijaan.
3. Yhtenäistää käytäntöjä muun muassa laajentamalla ilmoitusmenettelyä. Ilmoituspäätös tehtäisiin silloinkin, kun maaperä riskinarvion perusteella jätetään puhdistamatta tai kun haitta-aineita sisältäviä maa-aineksia kaivetaan rakentamisen, ei pilaantuneen maa-alueen puhdistamisen vuoksi. Ilmoitusmenettely kytkeytyisi maaperän laatuun, ei alueen olosuhteista riippuviin mahdollisiin ympäristö- tai terveysvaikutuksiin. Laajennettu ilmoitusmenettely vastaisi monien viranomaisten nykyisiä käytäntöjä ja yhdenmukaistaisi valtakunnallisesti toimijoiden velvoitteita.
4. Lisätä valvontamaksutuloja, koska ilmoitusmenettelyn laajentaminen mahdollistaa päätös- ja valvontamaksujen keräämisen tasapuolisesti viranomaisten tekemästä ennakko- ja jälkivalvonnasta, eikä pelkästään maaperän ja pohjaveden puhdistukseen liittyvistä toimenpiteistä.

9.3.1 Valtakunnallinen pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintastrategia ja sen toteutuminen

Ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2015 Valtakunnallisen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategian (PIMA-strategia). Sen tavoitteena on luoda kansallinen näkemys ja tavoitetila siitä, miten pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinta hoidetaan tulevaisuudessa. PIMA-strategiassa on asetettu päämäärä kahdenkymmenen vuoden päähän, vuodelle 2040. Tuolloin pilaantuneista maa-alueista aiheutuvien merkittävien terveys- ja ympäristöriskien tulisi olla kestäväällä tavalla hallinnassa. Strategiatyön aikana on tunnistettu kuusi tavoitetta ja niihin liittyviä toimenpiteitä, joiden avulla tämä päämäärä olisi mahdollista saavuttaa (Kuva 52). (Ympäristöministeriö 2015.)



Kuva 52. Valtakunnallisen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategian päämäärä ja sitä tukevat kuusi tavoitetta. (Pyy & Jylhä 2020)

PIMA-strategian toteutuksen keskeisimpiä vaikutuksia odotetaan olevan:

- Pilaantuneisiin maa-alueisiin liittyvät toimintakäytännöt kehittyvät ja yhdenmukaistuvat kansallisella tasolla samalla kun riskinhallintamenetelmät ja -ratkaisut monipuolistuvat.
- Terveysten- ja ympäristön kannalta erityisen merkittävät riskikohteet tutkitaan ja tarvittaessa kunnostetaan systemaattisesti.
- Tutkimus- ja kunnostusohjelma toteutetaan kustannustehokkaasti voimavaroja keskittämällä ja kilpailuttamalla.
- Ennakoivat toimet ja käytännöt vähentävät tarvetta kiireellisiin ja kalliisiin riskinhallintatoimiin.
- Valtakunnalliset tutkimus- ja kunnostusohjelmat edistävät maa-ainesten ja -alueiden hyödyntämistä ja kestävien tutkimus-, arviointi- ja riskinhallintamenetelmien kehittämistä ja käyttöönottoa sekä vauhdittavat cleantech-liiketoimintaa. (Pyy & Jylhä 2020)

PIMA-strategian valmistumisesta on kulunut kahdeksan vuotta. Toimintatapojen muutokset ja menetelmien kehitystyö vaativat vuosien, jopa vuosikymmenten työn. Viitteitä toimialalla tapahtuneista muutoksista ja toiminnan kehittymisestä kestävämpään suuntaan on kuitenkin havaittavissa. PIMA-strategian valmistumisen jälkeen toimintaympäristössä havaittuja muutoksia ovat muun muassa:

- *In situ* -puhdistusmenetelmien käyttö on yleistynyt ja menetelmävalikoima on monipuolistunut.
- Puhdistustöiden yhteydessä kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen kaivuualueilla on lisääntynyt.
- On aloitettu hankkeita, joiden tavoitteena on ollut tunnistaa sellaisia toimia, joilla edistetään kestävään kunnostamiseen perustuvaa päätöksentekoa.

- Kunnat ja yritykset ovat yhteistyössä etsineet ratkaisuja, joilla tuetaan ylijäämämaiden käsittelyä ja hyödyntämistä.
- Kiireellisten, isännättömien pilaantuneeksi epäiltyjen alueiden tilan selvittämistä ja tarvittaessa puhdistamista tukemaan on käynnistetty Maaperä kuntoon -ohjelma ja siihen liittyvä valtion toissijainen rahoitusjärjestelmä on uudistettu.
- Vuorovaikutteinen ja eri tahoille kohdennettu viestintä maaperän pilaantumisesta, siihen liittyvistä riskeistä ja riskienhallinnasta on yleistynyt laajoissa aluekehityshankkeissa sekä julkisin varoin toteutetuissa puhdistushankkeissa.

PIMA-strategian väliarviointi osoitti päämäärän ja sitä tukevien tavoitteiden saavuttamisen vaativan lisätoimia. Monet niistä liittyvät alan toimijoiden käytäntöjen ja erityisosaamisen kehittämiseen. Lisäksi on lisättävä yleistä ymmärrystä pilaantuneisiin alueisiin ja haitta-aineisiin liittyvistä riskeistä ja niiden hallinnasta. Erityisesti lainsäädännön ja ohjeistusten kehittämiseen, osaamisen ja tiedon jakamiseen sekä alan toimijoiden välisen yhteistyön tiivistämiseen panostamalla voidaan edistää PIMA-strategian päämäärän ja tavoitteiden saavuttamista. (Pyy & Jylhä 2020).

9.4 Maankäytön ohjauskeinot

Teija Haavisto, Suomen ympäristökeskus

EU:n maaperästrategian (Euroopan komissio 2021a) mukaan tulisi kansallisesti, alueellisesti ja paikallisesti asettaa kunnianhimoiset tavoitteet vähentää rakentamattoman maan rakennuskäyttöön ottamista vuoteen 2030 mennessä niin, että vuonna 2050 saavutetaan nollassa. Lisäksi tulisi kaupunkien viherryttämissuunnitelmissa käyttää maanottamishierarkiaa (vältä – uudelleen käytä – minimoi – hyvitä), jonka mukaisesti tulisi ensisijaisesti pyrkiä välttämään luonnontilaisten maa-alueiden rakennuskäyttöön ottamista ja edistää jo rakennettujen maa-alueiden uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Koska maaperän muodostuminen on hyvin hidasta, tulisi maa-ainesten käyttö olla harvinaista ja niitä tulisi käyttää uudelleen tai kierrättää.



Kuva 53. EU:n maaperästrategian (Euroopan komissio 2021a) maanottamishierarkia.

EU:n jäsenmaissa kaupungistumiskehitys ja -aste ovat erilaisia, joten niillä on myös erilaiset tarpeet ja edellytykset toteuttaa maanottamishierarkiaa.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (1.1.2025 Alueidenkäyttölaki ja Rakentamislaki) säätelee alueiden käyttöä ja sen suunnittelua (L 132/1999). Sen tavoitteena on luoda terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö sekä edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Laissa (5 §) alueiden käytön suunnittelulle on asetettu tavoitteeksi monien erilaisten tavoitteiden edistäminen. Sen tulee edistää mm.:

- turvallista, terveellistä, viihtyisää, sosiaalisesti toimivaa ja eri väestöryhmiä palvelevaa elin- ja toimintaympäristöä
- yhdyskuntarakenteen ja alueiden käytön taloudellisuutta
- luonnon monimuotoisuuden ja muiden luonnonarvojen säilymistä
- ympäristönsuojelua ja ympäristöhaittojen ehkäisyä
- luonnonvarojen säästeliästä käyttöä

Edellytyksiä tulee myös luoda asuntotuotannolle, elinkeinoelämän toiminnalle, palveluille ja liikenteen tarkoituksenmukaiselle järjestämiselle. Näin ollen maankäytön suunnittelu on useita näkökulmia, tavoitteita ja vaatimuksia yhteensovittava prosessi.

Käynnissä on säädöksen uudistaminen, jonka päätavoitteita ovat hiilineutraali yhteiskunta, luonnon monimuotoisuuden vahvistaminen, rakentamisen laadun parantaminen sekä digitalisaation edistäminen. Eduskunta hyväksyi rakentamislain 1.3.2023, joka tulee voimaan 1.1.2025. Samassa yhteydessä maankäyttö- ja rakennuslaki (L 132/1999) muuttuu nimeltään alueidenkäyttölaksi.

Alueiden käytön suunnittelujärjestelmä koostuu valtakunnallisista maankäytön tavoitteista, maakuntakaavasta ja kuntatason yleiskaavasta ja asemakaavasta. Yleispiirteisempi suunnittelu ohjaa yksityiskohtaisempaa suunnittelua eivätkä eri suunnittelutasot voi olla keskenään ristiriitaisia. Maankäyttöön vaikutetaan myös esimerkiksi erilaisilla maakunnallisilla tai kunnallisilla strategioilla ja toimenpideohjelmilla, kunnan maapolitiikalla ja tontinluovutusehdoilla. Muita sektoreita, kuten asunto-, elinkeino- ja ympäristöpolitiikkaa, koskevat tavoitteet vaikuttavat osaltaan yleis- ja asemakaavoitukseen.

Maankäytön suunnittelun ohjauskeinoja on esitelty taulukossa 22. Kaavoitus on lähtökohdiltaan strategista ja ennakoivaa suunnittelua: maankäytön valinnoilla on kauaskantoisia vaikutuksia mm. yhdyskuntarakenteen kehittymiseen ja mahdollisuuksiin toteuttaa esimerkiksi EU:n maaperästrategiaan liittyviä alueellisia tai paikallisia ratkaisuja.

Taulukko 22. Maankäytön suunnittelun ohjauskeinot. (Lähteet: L 132/1999, Vierikko ym. 2020, Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2022, 2023a)

Ohjausjärjestelmä

Kuvaus

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT)	Varmistavat valtakunnallisesti merkittävien asioiden huomioon ottamisen maakuntien ja kuntien kaavoituksessa sekä valtion viranomaisten toiminnassa, edistävät kansainvälisten sopimusten ja sitoumusten täytäntöönpanoa Suomessa, auttavat saavuttamaan maankäyttö- ja rakennuslain (L 132/1999) ja alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, (mm. hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys), toimivat kaavoituksen ennakoivan ja vuorovaikutteisen viranomaisyhteyden välineenä valtakunnallisesti merkittävässä alueidenkäytön kysymyksissä. Tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.
Maakuntakaava	Maakuntakaava on maankäyttö- ja rakennuslain (L 132/1999) mukainen, kartalla esitetty yleispiirteinen suunnitelma alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueella. Siinä kuvataan maakunnan alueiden käytön- ja yhdyskuntarakenteen periaatteet sekä osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Maakuntakaavan tehtävänä on ratkaista valtakunnalliset, maakunnalliset ja seudulliset alueiden käytön kysymykset.
Maapolitiikka	Kunnan maapolitiikka käsittää kunnan maanhankintaan ja kaavojen toteuttamiseen liittyvät tavoitteet ja toimenpiteet, joilla luodaan edellytykset yhdyskuntien kehittämiselle. Keinoja ovat maanhankinta, tonttien tai rakennuspaikkojen luovuttaminen, kaavoitukseen liittyvien sopimusten teko sekä yksityisessä omistuksessa olevien tonttien rakentamisen edistäminen.
Maankäyttöpolitiikka	Yhdessä maapolitiikka ja kaavoitus muodostavat kunnan maankäyttöpolitiikan. Maankäyttöpolitiikan avulla suunnitellaan ja toteutetaan kunnan eri toimintojen tarvitsemat maankäyttöratkaisut. Toteutus edellyttää muitakin kunnan toimia, erityisesti kunnallistekniikan ja muun yhdyskuntatekniikan sekä julkisten palvelujen edellyttämää rakentamista.
Maankäyttösopimukset	Maankäyttösopimuksilla kunta ja alueen maanomistaja sopivat keskenään asemakaavoituksen käynnistämisestä sekä kaavan toteuttamiseen liittyvistä osapuolten välisistä oikeuksista ja velvoitteista. Maanomistajan osallistumisesta kunnalle aiheutuviin yhdyskuntarakentamisen kustannuksiin sovitaan ensisijaisesti maankäyttösopimuksin. Kaavojen sisällöstä ei voida sopia. Maankäyttösopimus voidaan tehdä vasta, kun kaavaluonnos tai ehdotus on ollut julkisesti nähtävillä.
Yleiskaava	Yleiskaavassa osoitetaan alueiden käytön päämäärät kunnassa. Yleiskaavassa määritetään kunnan kehityksen suuret linjat sekä

kaava-alueen käyttö, esimerkiksi asuinalueiden, työpaikkojen ja liikenneväylien sijainti. Osayleiskaava voidaan tehdä vaikkapa ranta-alueille ja se voi olla tarkempi kuin yleiskaava. Yleiskaava ohjaa alueen asemakaavojen laatimista. Yleiskaava voidaan toteuttaa myös kuntien yhteisenä yleiskaavana.

Asemakaava	Asemakaava on yksityiskohtaisin kaavataso. Sillä ohjataan maankäyttöä ja rakentamista paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan ja muiden yhdessä sovittujen tavoitteiden edellyttämällä tavalla. Asemakaavassa määritellään alueen tuleva käyttö: mitä säilytetään, mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Kaavassa osoitetaan esimerkiksi rakennusten sijainti, koko ja käyttötarkoitus. Asemakaavan laatii ja hyväksyy kunta. Ranta-alueiden rakentamista voidaan ohjata ranta-asemakaavalla, jonka voi laatia myös maanomistaja.
Tontinluovutusehdot	Kunta maanomistajana voi joko myydä tai luovuttaa tontin vuokralle. Tontinluovutusehtojen on oltava tasapuolisia ja syrjimättömiä, eivätkä ne saa aiheuttaa häiriötä yritysten väliseen vapaaseen kilpailuun. Kunnan poliittiset strategiat, maapolitiikka ja aluesuunnittelu voivat asettaa tontinluovutukselle ehtoja ja kriteereitä.
Rakentamistapaohjeet	Tarkentavat asemakaavaa tai rakennusjärjestystä ja ne voivat olla joko sitovia tai ohjeellisia. Asemakaavaan liittyvät rakentamistapaohjeet tulevat sitoviksi, jos ne käyvät kaavan mukana läpi saman prosessin kuin itse kaavakin. Rakennusjärjestykseen liitettävät rakentamistapaohjeet tulevat sitoviksi, jos ne hyväksytään valtuustossa. Noudattamista valvoo rakennusvalvontaviranomainen rakennusluvan yhteydessä.
Rakennuslupa	Rakennusvalvontaviranomainen tarkistaa rakennussuunnitelman suhteessa säädöksiin ja asemakaavassa asetettuihin ehtoihin (yleiset ja merkintäkohtaiset määräykset). Jos suunnitelma täyttää määräykset, on lupa myönnettävä ts. ei voi vaatia minimitason ylittämistä.
Kunnan rakennusjärjestys	Kunnassa tulee olla rakennusjärjestys. Rakennusjärjestyksen määräykset voivat olla erilaisia kunnan eri alueilla. Rakennusjärjestyksessä annetaan paikallisista oloista johtuvat suunnitelmallisen ja sopivan rakentamisen, kulttuuri- ja luonnonarvojen huomioon ottamisen sekä hyvän elinympäristön toteutumisen ja säilyttämisen kannalta tarpeelliset määräykset. Rakennusjärjestyksen määräykset eivät saa olla maanomistajalle tai muulle oikeuden haltijalle kohtuuttomia. Rakennusjärjestyksen määräykset voivat koskea rakennuspaikkaa, rakennuksen kokoa ja sen sijoittumista, rakennuksen sopeutumista ympäristöön, rakentamistapaa, istutuksia, aitoja

ja muita rakennelmia, rakennetun ympäristön hoitoa, vesihuollon järjestämistä, suunnittelutarvealueen määrittelemistä sekä muita niihin rinnastettavia paikallisia rakentamista koskevia seikkoja.

Vierikko ym. (2020) ovat todenneet, että perinteisesti kuntien toteuttaman yleis- ja asemakaavoituksen rinnalle ovat tulleet kumppanuuskaavat, joissa kunta tai kaupunki valitsee itselleen jonkin alueen kehittämiseksi kaavoitukseen ja rakentamiseen yhteistyö- ja toteutuskumppanin. Tällöin kunnan maankäyttöä ohjaavat sen omien tavoitteiden lisäksi rakennusliikkeiden tai kehittämissyhtiöiden päämäärät. Lisääntynyt kiinteistöliiketoiminta ja kiinteistösijoittaminen ovat vaikuttaneet rakennushankkeiden toteutumiseen ja lisänneet vuokratonttien tarjontaa. Kunnat ovat myös merkittäviä rakennuttajia.

Vierikko ym. (2020) selvittivät Kiertotalous maankäytön suunnittelussa-hankkeessa kaavoituksen roolia kestävän ja luonnonvaroja säästävän kaupunkiympäristön edistämiseksi. Lähtökohtana työssä olivat kiertotalouden keskeiset periaatteet - välttä, käytä uudelleen, vähennä, korjaa, valmista uudelleen, kierrätä. Näissä periaatteissa on samankaltaisuutta EU:n maanottamishierarkian periaatteiden välttä – uudelleen käytä – minimoi – kompensoi kanssa, joten ainakin osa heidän tunnistamistaan keinoista voisi sopia myös maanottamishierarkian edistämiseen.

Vierikko ym. (2020) tunnistivat maankäytön suunnittelun kannalta viisi keskeistä kiertotalouden osa-alueita:

- biologinen kierto ja viherrakenne,
- uusiokäyttö ja muuntojoustavuus,
- energiatehokkuus ja paikalliset energiaratkaisut,
- maa-aines- ja materiaalikierron rakentamisessa,
- jätehuolto ja teolliset kiertotalousyksiköt.

Näistä osa-alueista maaperän, maa-alueiden käytön ja maanottamishierarkian kannalta olennaisia ovat biologinen kierto ja viherrakenne, uusiokäyttö ja muuntojoustavuus sekä maa-aines ja materiaalikierron rakentamisessa.

EU:n maaperästrategian tavoitteita toteuttavia keinoja voisivat olla biologisiin kiertoihin ja viherrakenteeseen liittyen viherverkostoselvitykset, viheralue- ja hulevesiohjelmat, hulevesien aluekohtainen hallintasuunnitelma, viherkerroin-työkalu, Kestävän ympäristörakentamisen KESY-toimintamalli, ekologinen kompensatio, hiilinieluna toimivien alueiden kartoitus ja materiaalivirta-arviot. Uusiokäytön ja muuntojoustavuuden osalta alueella jo käytössä olevien alueiden, tilojen ja rakennusten käytön ja elinkaaren pidentäminen ja uudelleenkäyttö. Maa-aines ja materiaalikierron rakentamisessa osa-alueella keskeistä on rakentamisen aikaisten maa- ja kiviainesten, rakennusmateriaalien ja -elementtien sekä -jätteiden uudelleen käyttö tai kierrättäminen uusiomateriaaliksi, joita voi edistää mm. varaamalla kaavoituksessa alueita maamassojen ja purkumateriaalien käsittelyyn logistisesti järkeviltä sijainneilta, maa- ja kiviainesten hallintaohjelmilla, masakoordinaattoreiden avulla sekä sijoittamalla toimintoja niin, että ylijäämämaita syntyi mahdollisimman vähän tai ne olisivat hyödynnettävissä suunnitelmallisesti muualla.

Vierikon ja Oinosen (2020) ehdottamat alueiden suunnittelun kiertotalousindikaattorit soveltuisivat myös EU:n maaperästrategian tavoitteiden seurantaan. Ne ovat:

- Uudisrakentaminen ja rakennetun alueen laajeneminen kaupunki- ja maaseutualueilla
- Taajamien kasvu ja täydennysrakentaminen

- Olemassa olevan rakennuskannan hyödyntäminen
- Taajama-alueen asukas- ja työpaikkatiheys
- Maa- ja kiviainesten otto ja maamassojen kierrätys
- Kiertotalouteen liittyvien aluevarausten määrä/ala kaavoissa.

Näyttäisi siltä, että maaperänsuojelun ja kiertotalouden edistämässä maankäytön suunnittelussa voisi olla löydettävissä synergia hyötyjä, mutta asia on syytä selvittää tarkemmin. Selvittämisen arvoinen asia voisi myös olla olisiko löydettävissä sellaisia ratkaisuja, jotka olisivat hyödyllisiä niin maaperänsuojelun ja kiertotalouden kuin maaperän monimuotoisuuden tai hiilensidonnallisuuden kannalta.

10 Johtopäätökset

10.1 Maaperän tila

Suomessa kallioperä ja sitä peittävät irtaimet maalajit eli maaperä rajoittuvat toisistaan yleensä jyrkästi. Irtaimien maalajien keskimääräinen paksuus on noin 5 metriä. Yleisin kivennäismaalaji on moreeni. Alla olevan kallioperän koostumus vaikuttaa selkeimmin moreenin alkuainepitoisuuksiin, ja alkuaineiden taustapitoisuudet poikkeavat toisistaan maan eri osissa. Suomen ilmasto-olosuhteet ovat edulliset eloperäisten maalajien synnylle ja turvemaat kattavat noin 30 % maa-alasta. Noin kaksi kolmasosaa Suomen hiilivarastoista on turpeessa.

Suomen rannikkoalueilla esiintyy monin paikoin ympäristölle haitallisia tai potentiaalisesti haitallisia happamia sulfaattimaita. Pelkistyneessä tilassa pohjavedenpinnan alapuolella sulfidipitoiset sedimentit eivät aiheuta haittaa ympäristölleen. Jos pohjaveden pinta laskee, sulfidit hapettuvat ja muodostuu rikkihappoa. Rikkihappo liuottaa metalleja, jotka huuhtoutuvat vesistöihin. Happamat sulfaattimaat aiheuttavat myös ongelmia ja kustannuksia maan viljelyskäytölle, metsätaloudelle sekä infrarakentamiselle.

Suomen maaperässä on runsaasti hiiltä varsinkin turvemaissa, mutta myös kivennäismaissa. Keskimäärin kivennäismaapeltoihin on sitoutunut hiiltä $8.4\text{--}9.8\text{ kg/m}^2$ (0–30 cm) riippuen maalajista ja pellon viljelyhistoriasta. Peltomaiden hiilen määrä on vähentynyt vuosina 1974–2018 keskimäärin 0,4 % vuodessa, ja tärkeimpiä syitä ovat pellon historiallinen maankäyttö, viljelytoimet ja ilmaston muuttuminen. Turvemaiden hiilen väheneminen on koko maan tasolla moninkertaista verrattuna kivennäismaiden hiilivarastomuutoksiin. Suomen turvemaapeltojen hiilimäärä on mineraalimaihin verrattuna lähes kymmenkertainen, noin 56 kg m^{-2} .

Metsämaissa hiiltä on yleensä viljavinta kasvupaikkatyyppiä lukuun ottamatta kivennäismaan päällä olevassa orgaanisessa kerroksessa ($2,1\text{--}2,5\text{ kg m}^{-2}$). Maaperän sisältämän hiilen kokonaismäärä alenee kasvupaikan viljavuuden mukaan ja on $4,6\text{ kg m}^{-2}\text{--}5,6\text{ kg m}^{-2}$. Maaperässä olevan hiilen kokonaismäärä laskee etelästä pohjoiseen. Voimakkaasti kasketuilla alueilla Itä-Suomessa hiilen määrä on pienempi.

Peltoilla fosforipitoisuuksien kasvu on pysähtynyt tai on kääntynyt laskuun viimeisten 20 vuoden aikana lukuun ottamatta turvemaita. Peltojen alentuneet fosforitaseet eivät ole kuitenkaan johtaneet satotasojen alentumiseen. Peltomaan happamuus on vuoden 2018 tietojen mukaan keskimäärin välttävällä-tydyttävällä tasolla. Hivenainepitoisuuksissa ei ole havaittu huolestuttavaa laskua. Suomen peltojen viljavuuden suhteen on huolehdittava karkeiden maiden riittävästä ravinteisuudesta ja kalkituksesta.

Metsämaan tilaan vaikuttavat sekä metsätalouden toimenpiteet että ilmastossa ja laskeumassa tapahtuvat muutokset. Laskeuman mukana tulevat ravinnepitoisuudet ovat alhaisia, eivätkä siten aiheuta merkittävää rehevöitymistä. Kokopuun korjuussa poistuvien ravinteiden pitkäaikaisia vaikutuksia uuden puusukupolven kasvuun ei vielä

tunnetta riittävästi. Aiemmin metsän uudistamisen yhteydessä käytettyjen voimakkaampien maanmuokkausmenetelmien jäljet näkyvät maastossa pitkään, vähemmän maan rakennetta rikkovien menetelmien vaikutukset ovat melko lyhytaikaisia. Varsinaisia seurantajärjestelmiä metsämaassa tapahtuvien muutosten havaitsemiseksi ei Suomessa vielä ole. Tämän tilanteen parantaminen olisi tarpeellista.

Biologisen maaperän seurannan puuttumisen vuoksi erityyppisten metsämaiden luontaisesta monimuotoisuuden vaihtelusta tiedetään vain hyvin vähän. Kasvupaikan aleneva viljavuus lisää yleisesti maaperän sienien osuutta bakteeribiomasseen, ja symbiontisten juuristosien merkitys kasvaa Suomessa pohjoisia leveysasteita kohti. Hakkuilla on vaikutusta maaperämikrobien määrään, mutta vaikutusta voidaan lieventää vähentämällä voimaperäisiä metsänhoitotoimia. Metsien typpi- ja tuhkalannoituksien on yksittäisissä tutkimuksissa todettu vaikuttavan eri tavoin eri maaperämikrobeihin.

Suomessa soiden käyttö on ollut intensiivistä mm. maa- ja metsätalouksikäyttöön. Kaiken kaikkiaan Suomen soista on ojitettu eri maankäyttömuotoihin lähes 60 %, mikä on johtanut turpeen kiihtyvään hajoamiseen sekä hiilidioksidipäästöihin. Turpeen hajoaminen on selvästi nopeinta muokatuilla ja lannoitetuilla turvepelloilla, mutta merkittävää turpeen hävikkä tapahtuu myös ravinteikkailla metsäojitetuilla turvemilla. Ojitus vähentää suoluonnon monimuotoisuutta, hävittää suon keskeisimmät toiminnalliset piirteet, luontaisen vesitalouden ja turpeenmuodostuksen ja aiheuttaa suokasvun kohti metsäkasvillisuutta. Koko maan tasolla arvioiduista 50 suoluontotyypistä 54 % arvioitiin uhanalaisiksi. Suoluonnon kehityssuunta arvioitiin koko maan tasolla olevan 76 % suotyypeistä / suotyypiryhmistä edelleen heikkenevä ja 22 % vakaa.

Kaupungistumiskehitys on kiihtynyt 2000-luvulla ja kaupunkialueilla asuvien osuus väestöstä on 73 %. Samaan aikaan taajamien asukasmäärän kasvamisen kanssa asukastiheys on laskenut, minkä seurauksen taajama-alueet ovat laajentuneet nopeasti ja rakentaminen on kohdistunut pääosin metsäalueille sekä pelloille ja muille luontalueille. 2010-luvulla kehitys on kääntynyt suurimmilla seuduilla tiivistyvämpään suuntaan. Rakentamisesta 2010-luvulla entistä suurempi osa on ollut täydennysrakentamista, joka sijoittuu olemassa olevan infrastruktuurin yhteyteen tai entisille teollisuus-, varasto- ja liikennealueille. Rakentamisen suuren volyymin vuoksi kaupunkialueilla syntyy suuria määriä kaivettuja maamassoja, joiden hyödyntämisestä on niin taloudellisia kuin ympäristöhyötyjäkin. Maaperän sulkeminen läpäisemättömällä pintarakenteella heikentää maaperän toimintaa, vähentää veden imeytymistä maaperään ja edistää siten hulevesitulvien syntymistä kaupunki- ja taajama-alueilla. Tulvia voidaan ehkäistä välttämällä tarpeetonta maapinnan sulkemista sekä erilaisilla hulevesiä viivyttävillä ja niiden imeytymistä ja puhdistumista edistävillä rakenteilla. Kaupunkipuistojen maaperään on varastoitunut merkittävä määrä hiiltä. Havupuut lisäävät varastoituneen hiilen määrää samoin puiston ikä ja suuret puut.

Pilaantuneita maa-alueita on yleensä siellä missä ihmistoimintaakin on ollut ja on nykyään paljon. Maaperän tilan tietojärjestelmä sisältää tietoja lähes 29 000 kohteesta. Niistä noin 9 000 kohteella ei ole tällä hetkellä puhdistustarvetta. Toiminta jatkuu noin 9 100 kohteella. Maaperän tilan selvittämistä ja arviointia tarvitsee noin 10 600 kohdetta ja puhdistustarve on todettu 230 kohteella. Pilaantuneiden alueiden puhdistaminen edellyttää ympäristöviranomaisten lupa- tai ilmoituspäätöstä, joita on viime vuosina annettu n. 200 vuodessa. Valtio tukee lähinnä vanhojen, isännättömien pilaantuneiden alueiden puhdistamista ja tuki voi olla valtionavustusta tai selvitys- ja puhdistustoimien toteutuksen järjestämistä. Pilaantuneiden alueiden puhdistaminen tehdään

pääsääntöisesti massanvaihtona, mutta *in situ* -käsittely ja sen erilaiset vaihtoehdot kuitenkin ovat yleistymässä. Komission teettämän arvioinnin mukaan Suomen kartoitus- ja tietojärjestelmät ovat kehittyneitä.

Haitallisten aineiden hajakuormituksen osalta metsäseurannoissa ei ole todettu haitallisen korkeita raskasmetallipitoisuuksia ja laskeumamittaukset osoittavat useimpien raskasmetallien pitoisuuksien vähentyneen tilastollisesti merkitsevästi vuosien 1998–2018 aikana. Orgaanisia haitta-aineita koskevaa maaperäseurantaa ei ole olemassa. Yksittäisiä tutkimuksia on tehty liittyen mikromuoveihin, lääkeaineisiin, perfluoriyhdisteisiin, bromattuihin palonestoaineisiin ja PAH-yhdisteisiin. Tiettyjen orgaanisten yhdisteiden on todettu voivan ylittää maaperäeliöille turvallisen pitoisuustason pinta- maassa jätevesilietepohjaisten tuotteiden käytön seurauksena.

10.2 Seurannan kehittäminen

Maaperän seurannassa on paljon kehittämistarpeita, jotta maaperän tilassa tapahtuvia muutoksia voidaan havaita kattavasti. Peltomaiden seurannan kohdalla tilanne on kohentunut tutkimuksen laajennuttua koskemaan myös maaperän biodiversiteettiä ja torjunta-ainejäämiä. Seuranta on myös liitetty osaksi Luonnonvarakeskuksen viranomais- ja asiantuntijatehtäviä, mikä takaa tutkimuksen jatkuvuuden. Peltolohkoilla tehtävien toimien, kuten maanmuokkauksen ja lannoituksen, sekä saavutettujen sato-määrien kerääminen yhteiseen tietokantaan antaisi mahdollisuuden yhdistää toimenpiteiden vaikutuksia havaittuihin muutoksiin peltomaassa. Metsämaiden seurannan osalta on havaittavissa selkeitä resurssitarpeita valtakunnan tason metsämaaperän seurannassa ja ICP Forests Level II intensiiviseurannassa. Lisäksi kehittämistarpeita on esimerkiksi vesieroosion, haitallisten aineiden hajakuormituksen, happamien sulfaattimaiden, maaperän tiivistymisen, monimuotoisuuden vähenemisen ja kaupunkialueiden maaperän seurannassa.

EU:n maaperästrategiaan liittyvä prioriteettilista huolta aiheuttavista haitta-aineista sekä tulevan maaperän terveyttä koskevan direktiiviehdotuksen seurantavelvoitteet voivat tuoda lisävaatimuksia Suomen maaperäseurannalle. Metsien maaperäseurannalle olisi saatava pysyvä rahoitus, joka mahdollistaa pitkäjänteisen toiminnan suunnittelun ja kehittämisen. Pitkäaikaiset aikasarjat ovat erityisen tärkeitä nyt, kun ympäristö muuttuu aikaisemmasta poikkeavilla tavoilla ilmaston lämpenemisen, luonnon monimuotoisuuden vähenemisen ja ympäristön kemikalisoitumisen vaikutuksesta.

10.3 Ohjauskeinojen toimivuus ja kehitystarve

Maataloustukien ehdollisuuden vaatimukset vähentävät merkittävästi lannoituksen ja kasvinsuojeluaineiden käytön riskejä ja haittoja sekä edistävät pellon kasvukuntoa ja maaperän tilaa. Tukien edellytyksenä olevat ehdollisuuden vaatimukset ovat laaja kokonaisuus, jossa on paljon viljelijöitä käytännön tasolla sitovia ehtoja.

Periaatteessa ehdollisuus sulkee monin osin pois mahdollisuuden, että maaperää pilaattaisiin maataloudessa. Käytännössä kuitenkin esimerkiksi maatalouden rakennehityksen ja teknisen kehityksen mukanaan tuoma maatalouskoneiden koon ja painon kasvu on viime vuosikymmeninä johtanut peltojen tiivistymiseen ja kasvukunnon eri asteiseen heikentymiseen, mistä on kuitenkin melko rajallisesti tutkimusnäyttöä.

Sen sijaan peltomailta lähtevä ravinnekuormitus vesistöihin ja kasvihuonekaasupäästöt ilmakehään ovat laajan tutkimusnäytön valossa hyvin merkittäviä, ja niihin ehdollisuudella ja muilla ohjauskeinoilla on ollut vähentävä, mutta etenkin kasvihuonekaasupäästöjen tapauksessa rajallinen vaikutus.

Maaperän hoidon ohjausta ja kannustimia voidaan ja on syytä kehittää etenkin liittyen maan hiilipitoisuuden säilyttämiseen sekä kivennäis- että turvemaiden, ja liittyen peltojen vesistökuormitukseen. Maaperän ja ilmastotavoitteiden näkökulmasta ei riitä se, että CAP-tukien edellytyksissä ensin sallitaan toimet, jotka johtavat maan hiilen vähenemiseen, ja sitten menetystä pyritään korvaamaan melko pienin kustannusperusteisin lisäkannustimin, kuten esimerkiksi ympäristökorvauksen kasvipeitteisyys- ja kerääjäkasvituin.

Jatkossa tulosperusteisuuden lisääminen maatalouden ympäristö- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi voisi tuoda merkittäviä mahdollisuuksia myös peltomaiden kestävään hoitoon ja hyödyntämiseen. Esimerkiksi hiilensidonnan lisäämisen toimet voivat ja niiden tulisi olla viljelijälle kannattavia, myötävaikuttaa satotasojen nousuun tai ainakin satoriskien vähentämiseen ja siten edistää ruokaturvaa ja maatalojen taloutta. Eri-laisten kannustinjärjestelmien luominen hiilen lisäämiseksi viljelymaihin on kuitenkin ongelmallista sen vuoksi, että hiilen lisääminen peltomaahan on melko hidasta ja sen pysyvyyttä tai viljelijän toimien lisäisyttä on vaikea pitävästi todentaa. Ehdollisuutta tarkentamalla ja lisäämällä sekä tulosperusteisuutta ja kannustavuutta lisäämällä voidaan päästä eteenpäin.

Metsätaloudessa on tähän mennessä kiinnitetty huomiota metsämaaperän tilaan lähinnä puuntuotannon ja puunkorjuun näkökulmasta. Poikkeuksena tästä ovat monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeitä ja arvokkaat elinympäristöt sekä vesistöjen ja pienvesien suojakaistat. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että kivennäismailla maaperän tilaa koskevat haasteet koskevat ennen muuta voimakasta maanmuokkausta ja puunkorjuun aiheuttamaa maaperän tiivistymistä. Turvemaiden haasteita on enemmän, ja ne koskevat erityisesti ojitusten ja voimaperäisen maanpinnan käsittelyn aiheuttamaa eroosiota ja kasvihuonekaasupäästöjä, ojitusten ja puunkorjuun aiheuttamaa maaperän tiivistymistä, ojitusten aiheuttamia ravinnehuuhtoutumia sekä tuhkalannoituksen vaikutuksia. Maaperän tilaa parantavia ohjauskeinoja tulisikin jatkossa kehittää erityisesti koskien puustoisilla turvemaiden harjoitettua metsänkäsittelyä.

Suomessa on tehty maaperän pilaantumista koskevien hallinnollisten ohjauskeinojen kehitystyötä 40 vuotta. Keskeisiä säädöksiä ovat ympäristönsuojelulaki (L 527/2014) ja valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Jätelaki (L 646/2011) ohjaa puhdistuksen yhteydessä kaivettujen maa-ainesten käsittelyä ja sijoittamista. Laki pilaantuneiden alueiden puhdistamisen tukemisesta (L 246/2019) mahdollistaa valtion tuen vanhojen, isännättömien alueiden pilaantuneisuuden selvittämiseen ja pilaantuneen alueen puhdistamiseen. Ympäristöministeriössä on kesällä 2023 käynnissä säädösvalmistelu, jonka tavoitteena on mm. edistää kai-

vettujen maa-ainesten turvallista hyödyntämistä, kestävää ja riskipohjaista pilaantuneiden maa-alueiden ja pohjaveden puhdistamista ja laajentamalla ilmoitusmenettely yhtenäistää käytäntöjä. Viime vuosien aikana Pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategia on selkeyttänyt riskinhallinnan tavoitteita ja nivonut yhteen ohjelmia ja hankkeita, joilla pyritään edistämään kestävää riskinhallintaa. Tavoitteena on, että vuonna 2040 pilaantuneista maa-alueista aiheutuvat merkittävät terveys- ja ympäristöriskit ovat kestäväällä tavalla hallinnassa.

Maankäytön suunnittelussa tulee sovittaa yhteen monia hyvin erilaisia tavoitteita. Kaa-voituksen ratkaisuihin on kauaskantoisia vaikutuksia mm. yhdyskuntien kehittymiselle. Kerran rakennettua aluetta on vaikeaa palauttaa entiselleen. EU:n maaperästrategiassa on esitetty, että jäsenmaiden tulisi vähentää rakentamattomien maa-alueiden otamista rakentamiseen niin, että vuonna 2050 ollaan saavutettu nollassa. EU:n jäsenmaissa kaupungistumiskehitys ja -aste ovat erilaisia, joten niillä on myös erilaiset tarpeet ja edellytykset toteuttaa maanottamishierarkiaa. Näyttäisi siltä, että maaperänsuojelun ja kiertotalouden edistämiseksi maankäytön suunnittelussa ja toimien seurannassa voisi olla löydettävissä synergiahyötyjä, mutta asia on syytä selvittää tarkemmin. Selvittämisen arvoinen asia voisi myös olla, olisiko löydettävissä sellaisia ratkaisuja, jotka olisivat hyödyllisiä niin maaperänsuojelun ja kiertotalouden kuin maaperän monimuotoisuuden tai hiilensidonnallisuuden kannalta.

Liitteet

Lähteet

- A 214/2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 1.3.2007/214. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>
- A 1308/2013. Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 30.12.2013/1308. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131308>
- A 713/2014. Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 4.9.2014/713. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>
- A 1250/2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 18.12.2014/1250. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141250>
- A 64/2023. Valtioneuvoston asetus fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä 12.1.2023/64. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230064>
- A 78/2023. Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta 19.1.2023/78. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230078>
- Ahonen, J., Huusko, A., Sallasmaa, O., Palmu, J-P., Virkki, H., Valjus, T., Saarelainen, J., Räisänen, J., Martinkauppi, A., Väänänen, T., Putkinen, N., Putkinen, S., Hutunen, T., Laxström, H. & Nurminen, T. 2015. Thickness of superficial deposits in Finland. https://tupa.gtk.fi/posteri/tp_0310.pdf
- Airikkala, M., (toim.), Castrén, A., Helminen, V., Karhinen, S., Kosonen, K.-J., Kuivalainen, V., Lindholm, M., Mattila, H., Mäntysalo, R., Nieminen, H., Piippo, T., Rehunen, A. & Sahlberg, M. 2022. Alue- ja yhdyskuntarakenteen mahdolliset tulevaisuudet: PERUS-SKENE-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:58. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 244 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-455-2>
- Aro, K., Laitakari, I., Lukkarinen, H., Luukkonen, E., Simonen, A., Talvitie, J., Vormaa, A. & Vuorela, P. 1990. Kallioperä. Julkaisussa: Alalammi, P. (toim.). Suomen kartasto, vihko 123–126: Geologia. 5. laitos. Maanmittaushallitus ja Suomen Maantieteellinen Seura. Helsinki.
- Auri, J., Mattbäck, S., Boman, A., Liwata-Kenttälä, P., Räisänen, J. & Hirvasniemi, H. 2022. Happamien sulfaattimaiden yleiskartta: loppuraportti. GTK:n Työraportti 25/2022. Geologian tutkimuskeskus. Helsinki. 16 s. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/25_2022.pdf
- Bang-Andreasen, T., Nielsen, J.T., Voriskova, J., Heise, J., Rønn, R., Kjøller, R., Hansen, H.C.B. & Jacobsen, C.S. 2017 Wood Ash Induced pH Changes Strongly Affect Soil Bacterial Numbers and Community Composition. *Frontiers in Microbiology* 8: 1400. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01400>

Bispo, A., Arrouays, D., Saby, N., Boulonne, L. & Fantappiè, M. 2021. Deliverable 6.3 Proposal of methodological development for the LUCAS programme in accordance with national monitoring programmes. Report. EJP SOIL. https://ejpsoil.eu/fileadmin/projects/ejpsoil/WP6/EJP_SOIL_Deliverable_6.3_Dec_2021_final.pdf

Cajander, A.K. 1949. Forest types and their significance. *Acta Forestalia Fennica* 56(5): 1–71.

Carsten, P., Bartkowski, B., Dönmez, C., Don, A., Mayer, S., Steffens, M., Weigl, S., Wiesmeier, M., Wolf, A. & Helming, K. 2023. Carbon farming: Are soil carbon certificates a suitable tool for climate change mitigation? *Journal of Environmental Management* 330: 117142. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117142>

Cools, N. & De Vos, B. 2020. Part X: Sampling and analysis of Soil. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany. 29 p + Annex.

Copernicus 2023. Imperviousness. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness> . Viitattu 1.3.2023

De Vos, W. & Tarvainen, T. (Chief-Editors) 2006. *Geochemical Atlas of Europe. Part 2: Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures, Maps, and Related Publications*. Geological Survey of Finland, Espoo. 690 p.

Demoling, F., Nilsson, L.O. & Bååth, E. 2008. Bacterial and fungal response to nitrogen fertilization in three coniferous forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 370–379. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.08.019>

Droste, N., May, W., Clough, Y., Börjesson, G., Brady, M.V. & Hedlund, K. 2020. Soil carbon insures arable crop production against increasing adverse weather due to climate change. *Environmental Research Letters* 15(12): 124034. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5e3>

Eriksson, H.M. 1998. Short-term effects of granulated wood ash on forest soil chemistry in SW and NE Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13 (Suppl. 2): 43–55.

Eriksson, H.M., Nilsson, T. & Nordin, A. 1998. Early effects of lime and hardened and non-hardened ashes on pH and electrical conductivity of the forest floor, and relations to some ash and lime qualities. *Recycling of wood-ash: selected results from Swedish R&D programme*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13 (Suppl. 2): 56–66.

Ernst & Young. 2013. Evaluation of expenditure and jobs for addressing soil contamination in Member States. ENV.B.1/ETU/2011/0012. Final report to the European Commission. Directorate-General Environment. Brussels.

Eronen, M., Grönlund, T., Hirvas, H., Hyyppä, J., Kujansuu, R., Kukkonen, E., Kurkinen, I., Lappalainen, E., Nenonen, K., Niemelä, J., Nuotio, T., Raikamo, E., Räisänen, M-L., Stén, C-G. & Winterhalter, B. 1990. Maaperä. Julkaisussa: Alalammi, P. (toim.). Suomen kartasto, vihko 123–126: Geologia. 5. laitos. Maanmittaushallitus ja Suomen Maantieteellinen Seura. Helsinki.

Erviö, R., Mäkelä-Kurto, R. & Sippola, J. 1990. Chemical Characteristics of Finnish Agricultural Soils in 1974 and in 1987. In: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds.). Acidification in Finland: Finnish Acidification Research Programme HAPRO 1985–1990. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 217–234.

Euroopan komissio 2011. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa. KOM(2011) 571 lopullinen. Bryssel 20.9.2011. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:FI:PDF>

Euroopan komissio 2020b. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia. Luonto takaisin osaksi elämäämme. COM(2020) 380 final. Bryssel 20.5.2020. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF

Euroopan komissio 2020c. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Pellolta pöytään -strategia oikeudenmukaista, terveyttä edistävää ja ympäristöä säästävää elintarvikkejärjestelmää varten. COM(2020) 381final. Bryssel 20.5.2020. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0005.02/DOC_1&format=PDF

Euroopan komissio 2021a. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n maaperästrategia. Terveestä maaperästä hyötyä ihmisille, elintarvikkeille, luonnolle ja ilmastolle. COM (2021) 699 final. Bryssel 17.11.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699>

Euroopan komissio 2021b. ”Ehdotus LULUCF-asetuksen muuttamisesta”. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/841 muuttamisesta siltä osin kuin on kyse soveltamisalasta, vaatimusten noudattamista koskevien sääntöjen yksinkertaistamisesta, jäsenvaltioiden tavoitteiden asettamisesta vuodelle 2030 ja sitoutumisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseen yhteisesti vuoteen 2035 mennessä maankäytön, metsätalouden ja maatalouden sektorilla sekä asetuksen (EU) 2018/1999 muuttamisesta seurannan, raportoinnin, edistymisen seurannan ja uudelleentarkastelun osalta. COM(2021) 554 final. Bryssel 14.7.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0554&from=IT>

Euroopan komissio 2021c. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Terve maapallo kaikille. EU:n toimintasuunnitelma: ”Kohti ilman, veden ja maaperän saasteettomuutta”.

COM(2021) 400 final. Bryssel 12.5.2021. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a1c34a56-b314-11eb-8aca-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF

Euroopan komissio 2021d. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Ilmastokestävä Eurooppa – Uusi EU:n strategia ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi. COM(2021) 82 final. Bryssel 24.2.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082&from=EN>

European Commission 2020. Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Report of the Mission Board for Soil health and food. Directorate-General for Research and Innovation and Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Publications Office of the European Union. Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/821504>

European Commission 2022. Working paper for Soil Health Law: Soil Health Monitoring and LUCAS. EU:n maaperäasiantuntijaryhmän kokous 19.5.2022.

European Commission 2023. Annex to the Commission delegated regulation (EU) .../... (C(2023) 3851 /2). Brussels.

European Environment Agency. 2023. Soil monitoring in Europe – Indicators and thresholds for soil health assessments. EEA report No 08/2022. Copenhagen: European Environment Agency. 181 p. <https://doi.org/10.2800/956606>

European Environment Agency 2021. INDICATOR SPECIFICATION – Imperviousness and imperviousness change in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/imperviousness-change-2>. Viitattu 2.3.2023

Euroopan komissio 2022. Komission tiedonanto. Maa- ja metsätalouseläimen ja maaseutueläimien valtiontukia koskevat suuntaviivat (2022/C 485/01). Euroopan unionin virallinen lehti 21.12.2022. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC1221\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC1221(01))

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006 (ns. REACH-asetus), annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/EY ja 2000/21/EY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 30.12.2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&qid=1686806462946>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2020/852 (ns. taksonomia-asetus), annettu 18 päivänä kesäkuuta 2020, kestävästä sijoittamisesta helpottavasta kehyksestä ja asetuksen (EU) 2019/2088 muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 22.6.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&from=nl>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2021/1119 (ns. eurooppalainen ilmasto-asetus), annettu 30 päivänä kesäkuuta 2021, puitteiden vahvistamisesta ilmasto- ja ympäristöpolitiikan osana sekä asetuksen (EY) N:o 401/2009 ja (EU) 2018/1999 muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 9.7.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119&from=EN>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2023/1115, (ns. metsäkatoasetus), annettu 31 päivänä toukokuuta 2023, tiettyjen metsäkatoon ja metsien tilan heikkeneeseen liittyvien hyödykkeiden ja tuotteiden asettamisesta saataville unionin markkinoilla ja viennistä unionista sekä asetuksen (EU) N:o 995/2010 kumoamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1115>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY (ns. vesipuitteidirektiivi), annettu 23 lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti 22.12.2000. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-52c6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0010.02/DOC_1&format=PDF

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/21/EY (ns. kaivannaisjätedirektiivi), annettu 15 päivänä maaliskuuta 2006, kaivannaisteollisuuden jätehuollosta ja direktiivin 2004/35/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 11.4.2006. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c370006a-063e-4dc7-9b05-52c37720740c.0008.02/DOC_1&format=PDF

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/147/EY (ns. lintudirektiivi), annettu 30 päivänä marraskuuta 2009, luonnonvaraisten lintujen suojelusta. Euroopan unionin virallinen lehti 26.1.2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0147&from=FI>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU (ns. teollisuuspäästädirektiivi), annettu 24 päivänä marraskuuta 2010, teollisuuden päästöistä. Euroopan unionin virallinen lehti 17.12.2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=SK>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2016/2284 (ns. päästökattodirektiivi), annettu 14 päivänä joulukuuta 2016, tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisten päästöjen vähentämisestä, direktiivin 2003/35/EY muuttamisesta sekä direktiivin 2001/81/EY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 17.12.2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001 (ns. RED II -direktiivi), annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi. Euroopan unionin virallinen lehti 21.12.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 1386/2013/EU, annettu 20 päivänä marraskuuta 2013, vuoteen 2020 ulottuvasta yleisestä unionin ympäristöalan toimintaohjelmasta ”Hyvä elämä maapallon resurssien rajoissa”. Euroopan unionin virallinen lehti 28.12.2013. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013D1386&from=en>

Faber, J.H., Cousin, I., Meurer, K.H.E., Hendriks, C.M.J., Bispo, A., Viketoft, M., ten Damme, L., Montagne, D., Hanegraaf, M.C., Gillikin, A., Kuikman, P., Obiang-Ndong, G., Bengtsson, J. & Taylor, A. 2022. Stocktaking for Agricultural Soil Quality and Ecosystem Services Indicators and their Reference Values. EJP SOIL Internal Project SIREN Deliverable 2. Report. 153 p. https://ejpsoil.eu/fileadmin/projects/ejpsoil/1st_call_projects/SIREN/SIREN_D2_final_report.pdf

Fanin, N., Clemmensen, K.E., Lindahl, B.D., Farrell, M., Nilsson, M.-C., Gundale, M.J., Kardol, P. & Wardle, D.A. 2022. Ericoid shrubs shape fungal communities and suppress organic matter decomposition in boreal forests. *New Phytologist* 236: 684–697. <https://doi.org/10.1111/nph.18353>

Fernández-Ugalde, O., Ballabio, C., Lugato, E., Scarpa, S., Jones, A. 2020. Assessment of changes in topsoil properties in LUCAS samples between 2009/2012 and 2015 surveys. JRC Technical Reports, JRC120138, EUR 30147 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 80 p. <https://doi.org/doi:10.2760/5503>

Fernández-Ugalde, O., Orgiazzi, A. Jones, A., Lugato, E. & Panagos, P. 2017. LUCAS 2018 – Soil Component: Sampling Instructions for Surveyors. JRC Technical Reports, JRC105923, EUR 28501 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 43 p. <https://doi.org/10.2760/023673>

Fernández-Ugalde, O., Scarpa, S., Orgiazzi, A., Panagos, P., Van Liedekerke, M., Marechal, A. & Jones, A. 2022. LUCAS 2018 Soil Module. Presentation of dataset and results. JRC Technical Reports, JRC129926, EUR 31144 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 110 p. <https://doi.org/10.2760/215013>

Fjäder, P. 2016. Yhdyskuntajätevesilietteiden maatalouskäytön ja viherrakentamisen riskit – RUSSOA I-III Loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2016. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 58 s. + Liitteet. <http://hdl.handle.net/10138/169282>

Fjäder, P., Korkalainen, M., Kauppi, S., Lehtiniemi, M., Salminen, J., Selonen, S., Setälä, O., Sillanpää, M., Sorvari, J., Suikkanen, S., Talvitie, J., Turunen, T., Virkkunen, H., Ala-Ketola, U. 2022. Muovien haitalliset ympäristö- ja terveysvaikutukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17 | 2022 Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

Haavisto-Hyvärinen, M. & Kutvonen, H. 2007. Maaperäkartan käyttöopas. Geologian tutkimuskeskus. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 61 s. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/gtk_maaperakartan_kayttoopas.pdf

Hatakka, T., Pietilä, R., Räisänen, M.L., Stranius, T. & Tarvainen, T. 2017. Kaivosalueiden maaperän taustapitoisuus – pilottitutkimus v. 2016. GTK arkistoraportti 12/2017. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 106 s. + 3 liitettä. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/12_2017.pdf

Hatakka, T. (toim.), Tarvainen, T., Jarva, J., Backman, B., Eklund, M., Huhta, P., Kärkkäinen, N. & Luoma, S. 2010. Pirkanmaan maaperän geokemialliset taustapitoisuudet. Summary: Geochemical baselines in the Pirkanmaa region. Tutkimusraportti

182. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 104 s. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_182.pdf

HE 63/1996 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle metsälaiksi sekä laeiksi kestävän metsätalouden rahoituksesta ja rikoslain 48 luvun 1 §:n 3 momentin muuttamisesta. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Documents/he_63+1996.pdf

HE 75/2013 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi metsälain ja rikoslain 48 a luvun 3 §:n muuttamisesta. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2013/20130075.pdf>

HE 138/2014. Hallituksen esitys eduskunnalle kestävän metsätalouden määräaikaiseksi rahoituslaiksi sekä laeiksi kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain ja kiinteistön yhteisomistajien osallistumisesta metsätalouden rahoituslainsäädännössä tarkoitettuun toimenpiteeseen annetun lain kumoamisesta sekä kestävän metsätalouden rahoituslain kumoamisesta. <https://finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140138>

Heikkinen, J. 2016. Carbon storage of Finnish agricultural mineral soils and its long-term change. Doctoral dissertation. University of Helsinki. Department of Agricultural Sciences. Publications 44. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-0149-5>

Heikkinen, J. 2008. Maaperän hiilen määrän maantieteellinen ja vertikaalinen vaihtelu kivennäismailla ja vaihtelun syyt. Pro gradu – tutkielma. Oulun yliopisto, Geotieteiden laitos.

Heikkinen, J., Keskinen, R., Kostensalo, J. & Nuutinen, V. 2022. Climate change induces carbon loss of arable mineral soils in boreal conditions. *Global Change Biology* 28(12): 3960–3973. <https://doi.org/10.1111/gcb.16164>

Heikkinen, J., Keskinen, R., Regina, K., Honkanen, H. & Nuutinen, V. 2021. Estimation of carbon stocks in boreal cropland soils – methodological considerations. *European Journal of Soil Science* 72: 934–945. <https://doi.org/10.1111/ejss.13033>

Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19(5): 1456–1469. <https://doi.org/10.1111/gcb.12137>

Helmisaari, H.-S., Ostonen, I., Lohmus, K., Derome, J., Lindroos, A.-J., Merilä, P. & Nöjd, P. 2009. Ectomycorrhizal root tips in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands in boreal forests. *Tree Physiology* 29(3): 445–456. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpn042>

Hiederer, R. 2020. Data evaluation of LUCAS soil survey laboratory data – Survey 2009, 2012 and 2015. JRC Technical Reports, JRC119881, EUR 30092 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 142 p. <https://doi.org/doi:10.2760/791714>

Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Metsäntutkimuslaitos Metla. 47 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2371-2>

Huusko, K., Tarvainen, O., Saravesi, K., Pennanen, T., Fritze, H., Kubin, E. & Markkola, A. 2015. Short-term impacts of energy wood harvesting on ectomycorrhizal fungal communities of Norway spruce saplings. *ISME Journal* 9: 581–591.
<https://doi.org/10.1038/ismej.2014.154>

Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. 2020. Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO). Liite 1. Arviot ympäristökorvauksen toimenpiteiden ympäristövaikutuksista. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-919-4>

Hänninen, P., Sutinen, P., Suomi, T., Äikää, O., Penttinen, S. & Majaniemi, J. 2002. GTK:n maaperän seuranta-asetat 2000–2002. Raportti P31.4.035. 21 s.
https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/p31_4_035.pdf

Ilvesniemi, H., Forsius, M., Finer, L., Holmberg, M., Kareinen, T., Lepistö, A., Piirainen, S., Pumpanen, J., Rankinen, K., Starr, M., Tamminen, P., Ukonmaanaho, L. & Vanhala, P. 2002. Carbon and nitrogen storages and fluxes in Finnish Forest Ecosystems. In: Käyhkö, J. & Talve, L. (eds.) *Understanding the Global system, The Finnish Perspective*. Finnish Global Change Research Programme FIGARE. pp. 69–82.

IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa K., Ngara, T. & Tanabe, K. (eds). IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (eds). IPCC, Switzerland.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf

IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome.
https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/wrb2007_red.pdf

Jarva, J., Tarvainen, T., Reinikainen, J. & Eklund, M. 2010. TAPIR – Finnish national geochemical baseline database. *Science of the Total Environment* 408(20), 4385–4395. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.050>

Jones, A, Fernández-Ugalde, O. & Scarpa, S. 2020. LUCAS 2015. Topsoil Survey. Presentation of dataset and results. JRC Technical Reports, JRC121325, EUR 30332 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 75 p.
<https://doi:10.2760/616084>

Jones, A., Fernández-Ugalde, O., Scarpa, S. & Eiselt, B. 2021. LUCAS Soil 2022. ISSG Planning Document. JRC Technical Report, JRC121253, EUR 30331 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 40 p.
<https://doi.org/doi:10.2760/74624>

JRC 2023. Datasets. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets>. Accessed 8.3.2023.

Jylhä, H. 2020. Hallinnollinen päätöksenteko pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa. Diplomityö. Master's Programme in Water and Environmental Engineering (WAT). Aalto-yliopisto. Espoo. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202008234994>

Jylhä, H., Pyy, O., Reinikainen, J., Sorvari, J., Tuomainen, J., Lappalainen, J., Mikkonen, J. & Rouvinen, E. 2021. Pilaantuneiden maa-alueiden hallintomenettelyjen kehittäminen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2021. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 96 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5374-7>

Jylhä, H., Pyy, O. & Tuomainen, J. 2019. Pilaantuneiden maa-alueiden puhdistuksiin liittyvät päätökset vuonna 2017. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2019. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 31 s. <http://hdl.handle.net/10138/299787>

Järvinen, S. 2023. Sähköposti Satu Järviseltä Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimiala, Maaomaisuuden kehittäminen ja tontit-palvelu Outi Pyyille 9.6.2023.

Jörgensen, K., Granath, G., Strengbom, J. & Lindahl, B.D. 2022. Links between boreal forest management, soil fungal communities and below-ground carbon sequestration. *Functional Ecology* 36: 39–405. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13985>

KAJAK-hanke 2023. KAJAK-hankeen verkkosivu. Maaperä kuntoon -ohjelma. <https://maaperakuntoon.fi/kajak-hanke>. Vitattu 5.4.2023.

Karltun, E., Saarsalmi, A., Ingerslev, M., Mandre, M., Andersson, S., Gaitnieks, T., Ozolincius, R. & Varnagiryte-Kabasinskiene, I. 2008. Wood ash recycling – possibilities and risks. In: Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K. & Stupak, I. (eds.). Sustainable use of forest biomass for energy: A synthesis with focus on the Baltic and Nordic region. *Managing Forest Ecosystems* 12: 79–108.

Kauppi, P.E., Posch, M., Hänninen, P., Henttonen, H.M., Ihalainen, A., Lappalainen, E., Starr, M. & Tamminen, P. 1997. Carbon reservoirs in peatlands and forest in the boreal regions of Finland. *Silva Fennica* 31(1): 13–25. <https://doi.org/10.14214/sf.a8507>

Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D. 2019. Historical Increase in Agricultural Machinery Weights Enhanced Soil Stress Levels and Adversely Affected Soil Functioning. *Soil and Tillage Research* 194: 104293. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293>

Keskinen, R., Ketoja, E., Heikkinen, J., Salo, T., Uusitalo, R. & Nuutinen, V. 2016. 35-year trends of acidity and soluble nutrients in cultivated soils of Finland. *Geoderma Regional* 7: 376–387. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2016.11.005>

Keskisarja, V., Salminen, E. & Westerberg, V. (toim.) 2018. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Väiliraportti.

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2018:1. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 48 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-975-3>

Klavina, D., Pennanen, T., Gaitnieks, T., Velmala, S.M., Lazdins, A., Lazdina, D. & Menkis, A. 2016. The ectomycorrhizal community of conifer stands on peat soils 12 years after fertilization with wood ash. *Mycorrhiza* 26: 153–160. <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0655-2>

Koljonen, T. (toim) 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni – The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 218 s. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_008.pdf

Koljonen, T. ja Tanskanen, H. 1992. Maaperä. Julkaisussa: Koljonen, T. (toim.) Suomen geokemian atlas, osa 2: Moreeni – The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. s. 40–49. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_008.pdf

Komission asetus (EU) 2022/2472, annettu 14 päivänä joulukuuta 2022, tiettyjen maa- ja metsätalouden ja maaseutualueiden tukimuotojen toteamisesta sisämarkkinoille soveltuviksi Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen 107 ja 108 artiklan mukaisesti. Euroopan unionin virallinen lehti 21.12.2022. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2472>

Komission delegoitu asetus (EU) 2021/2139, annettu 4 päivänä kesäkuuta 2021, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2020/852 täydentämisestä vahvistamalla tekniset arviointikriteerit, joilla määritetään, millä edellytyksillä taloudellista toimintaa pidetään ilmastonmuutoksen hillintää tai ilmastonmuutokseen sopeutumista merkittävästi edistävänä ja aiheuttaako kyseinen taloudellinen toiminta merkittävää haittaa millekään muulle ympäristötavoitteelle. Euroopan unionin virallinen lehti 9.12.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139>

Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2022/2448, annettu 13 päivänä joulukuuta 2022, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2018/2001 29 artiklassa säädettyjen metsäbiomassaa koskevien kestävyyskriteerien noudattamisen osoittavaa näyttöä koskevista toimintaohjeista. Euroopan unionin virallinen lehti 14.12.2022. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2448>

Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). 2018a. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö. Helsinki. 338 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4816-3>

Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). 2018b. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö. Helsinki. 925 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4819-4>

Kramarenko, D. 2012. Metsämaan hiilen määrään ja sen muutokseen vaikuttavat tekijät. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos, Metsäekologia. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201507211942>

Kuusisto, E. & Tarvainen, T. 2008. Alkuaineiden taustapitoisuudet eri maalajeissa Pirkanmaan alueella. Arkistoraportti S41/2008/30. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 25 s. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s41_2008_30.pdf

Kuusisto, E., Tarvainen, T. & Huhta, P. 2007. Alkuaineiden taustapitoisuudet eri maalajeissa Satakunnan alueella. Arkistoraportti S41/1141/2007/1. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 22 s. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s41_1141_2007_11.pdf

Kyaschenko, J., Ovaskainen, O., Ekblad, A., Hagenbo, A., Karlton, E., Clemmensen, K. & Lindahl, B.D. 2019. Soil fertility in boreal forest relates to root-driven nitrogen retention and carbon sequestration in the mor layer. *New Phytologist* 221: 1492–1502. <https://doi.org/10.1111/nph.15454>

Kyllönen, K. 2020. Fluxes, trends and source characterisation of atmospheric trace elements. Academic Dissertation in Analytical Chemistry. Finnish Meteorological Institute Contributions no. 164. Finnish Meteorological Institute. Helsinki. 62 p. <http://hdl.handle.net/10138/320505>

Kylä-Setälä, A. & Assmuth, T. 1996. Suomen maaperän tila, kuormitus ja suojele. Suomen ympäristö 10. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 171 s. <http://hdl.handle.net/10138/340670>

Kärkkäinen, L. & Pynnönen, S. 2023. Metsälain valvonnan tehokkuuden parantaminen ilmastovaikutusten näkökulmasta. Julkaisussa: Hynynen, J., Korhonen, K.T., Kärkkäinen, L., Mehtätalo, L., Mutanen, A., Rautio, P. & Viitala, E.-J. (toim.). Metsälain ilmastovaikutusten arviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 49/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 75–88. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-696-2>

L 1093/1996. Metsälaki 12.12.1996/1093. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>

L 1094/1996. Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta 12.12.1996/1094. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19961094>

L 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki) 5.2.1999/132. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

L 620/2010. Laki tulvariskien hallinnasta 24.6.2010/620. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>

L 646/2011. Jätelaki 17.6.2011/646. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>

L 527/2014. Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

- L 34/2015. Kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki 23.1.2015/34.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150034>
- L 246/2019. Laki pilaantuneiden alueiden puhdistamisen tukemisesta 246/2019.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190246>
- L 71/2023. Laki metsätalouden määräaikaisesta kannustejärjestelmästä 19.1.2023/71.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2023/20230071>
- Laitinen, J., Ojanen, P., Aapala, K., Hotanen, J.-P., Kokko, A., Puntila P., Rehell, S., Tiainen, J. & Vasander H. 2021. Soiden kasvillisuus. *Suo* 71(2): 141–148.
<http://suo.fi/article/10589>
- Lakanen, E. & Erviö, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agralia Fennica* 123: 223–232.
- Latvala, T., Niemi, J. & Väre, M. (toim.) 2022. Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsaus 2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 44/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 92 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-434-0>
- Launiainen, S., Kieloaho, A.-J., Lindroos, A.-J., Salmivaara, A., Ilvesniemi, H. & Heiskanen, J. 2022. Water Retention Characteristics of Mineral Forest Soils in Finland: Impacts for Modeling Soil Moisture. *Forests* 13(11): 1797.
<https://doi.org/10.3390/f13111797>
- Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.). 2023. Metsälannoitus nyt ja tulevaisuudessa: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 146 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkonen, P., Räty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 122 s.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-275-9>
- Lehtonen, H. 2022. Ruoantuotannon hiili-euro-ohjelma (HERO). Luonnonvarakeskuksen tekemä työ Maa- ja metsätalousministeriölle. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2022. 67 s. <https://mmm.fi/-/hiili-euro-ohjelma-linjaa-toimet-maatalouden-paastovahennystavoitteen-saavuttamiseksi>
- Lehtonen, H., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Mäkipää, R., Nieminen, M., Rämö, J., Wall, A., Wejberg, H. & Viitala, E.-J. 2022a. Tehokkaat ohjaukeinot maa- ja metsätalouden ilmastovaikutusten edistämiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 84 s.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-506-4>

Lehtonen, H., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Mäkipää, R., Nieminen, M., Rämö, J., Wall, A., Wejberg, H. & Viitala, E.-J. 2022b. Poliittikkasuositus: Maa- ja metsätalouden tukijärjestelmiä on kehitävä rohkeasti ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Luke Policy Brief 6/2022. 6 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-540-8>

Lehtonen, H., Saarnio, S., Rantala, J., Luostarinen, S., Maanavilja, L., Heikkinen, J., Soini, K., Aakkula, J., Jallinoja, M., Rasi, S. & Niemi, J. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta – Tiekartta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry. Helsinki. 131 s. <https://www.mtk.fi/ilmasto-tiekartta>

Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M. & Turtola, E. 2018. Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus: Vuodet 1996–2000 ja 2005–2009. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2018. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 209 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-558-5>

Lemola, R., Uusitalo, R., Luostarinen, S., Tampio, E., Laakso, J., Lehtonen, E., Skyttä, A. & Turtola, E. 2023. Fosforin kierrätyksen tarve ja potentiaali kasvintuotannossa: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 56 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-612-2>

Lilja, H., Hyväluoma, J., Puustinen, M., Uusi-Kämppe, J. & Turtola, E. 2017b. Evaluation of RUSLE2015 erosion model for boreal conditions. Geoderma Regional 10: 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.05.003>

Lilja, H., Puustinen, M., Turtola, E. & Hyväluoma, J. 2017c. Suomen peltojen kartta-pohjainen eroosioluokitus: Valtakunnallisen kattavuuden saavuttaminen ja WMS-palvelu. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2017. 34 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-431-1>

Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T., Tamminen, P. & Tuhtar, J. 2017a. Suomen maannostietokanta. Käyttöopas versio 1.1. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2017. 68 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-357-4>

Lindén, L., Riikonen, A., Setälä, H. & Yli-Pelkonen, V. 2020. Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions. Urban Forestry & Urban Greening 49: 126633. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126633>

Lindroos, A.-J., Lehto, T., Piirainen, S. & Ilvesniemi, H. 2023. Ympäristönmuutokset ja ravinteet. Julkaisussa: Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.). Metsälannoitus nyt ja tulevaisuudessa: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 26–30. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>

Lindroos, A.-J., Mäkipää, R. & Merilä, P. 2022. Soil carbon stock changes over 21 years in intensively monitored boreal forest stands in Finland. Ecological Indicators 144:109551. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109551>

Liski, J. 1995. Variation in soil organic carbon and thickness of soil horizons within a boreal forest stand – effects of trees and implications for sampling. *Silva Fennica* 29(4): 255–266. <https://doi.org/10.14214/sf.a9212>

Liski, J. & Westman, C.J. 1995. Density of organic carbon in soil at coniferous forest sites in Southern Finland. *Biogeochemistry* 29: 183–197. <https://doi.org/10.1007/BF02186047>

Liski, J. & Westman, C.J. 1997. Carbon storage in forest soil of Finland. 2. Size and regional patterns. *Biogeochemistry* 36: 261–274. <https://doi.org/10.1023/A:1005742523056>

Liwata, P., Hänninen P., Okkonen, J. & Sutinen, R. 2014. Time-stability of soil water through boreal (60–68°N) gradient. *Journal of Hydrology* 519: 1584–1593. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.009>

Loukola-Ruskeeniemi, K., Hyvönen, E., Lerssi, J., Arkimaa, H. & Auri, J. 2022. Maan käytön vaikutus pintavesien laatuun mustaliuskealueilla. *Ympäristö ja Terveys -lehti* 4/2022.

Lu, C., Kotze, D.J. & Setälä, H.M. 2020. Soil sealing causes substantial losses in C and N storage in urban soils under cool climate. *Science of the Total Environment* 725: 138369. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138369>

Lu, C., Kotze, D.J. & Setälä, H.M. 2021. Evergreen trees stimulate carbon accumulation in urban soils via high root production and slow litter composition. *Science of the Total Environment* 774: 145129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145129>

Luke 2023a. Tilastotietokanta [verkkajulkaisu]. Metsähakkeen kokonaiskäyttö maakunnittain. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu: 19.5.2023. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__07%20Puun%20kaytto__10%20Puun%20energiakaytto/01b_metsahakkeen_kokkaytto_maak.px/

Luke 2023b. Tilastotietokanta [verkkajulkaisu]. Typpi- ja fosforitaseen (kg/ha) kehitys ELY-keskuksittain. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu: 10.5.2023. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__08%20Indikaattorit__06%20Ymp%c3%a4rist%c3%b6__12%20Typpi-%20ja%20fosforitase/01_Typpi_fosforitase.px/table/tableViewLayout2/?loadedQueryId=fb7fd5b5-71e9-48de-a5ef-16275d8ebb27&timeType=from&timeValue=1995

Luonnonvarakeskus, Karelia, & Räsänen, T. 2021. Maa-alueiden eroosioherkkyys, 2021. CSC - Tieteen tietotekniikan keskus Oy. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:att:f658fb82-ef83-48c3-a48b-181fdb87cda0>

Luonnonvarakeskus & Räsänen, T. 2021. Peltomaiden eroosioherkkyys, 2021. CSC - Tieteen tietotekniikan keskus Oy. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:att:fdb14fe3-dd2d-499f-81a5-e1e799d8db8a>

Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2011. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2/2011. 26 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-629-5>

Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035: Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:63. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 102 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>

Maanmittauslaitos 2022. Pellon tiivistymishaitta. <https://ak.maanmittauslaitos.fi/2022/maatalous/pellon-tiivistymishaitta>

Mattila, T.J. & Rajala, J. 2017. Mistä ja miten tunnistaa maan hyvän kasvukunnon? Havaintoja kahdeksalta tilalta Varsinais-Suomesta, Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta. Helsingin yliopisto, Ruralia-Instituutti, Raportteja 171. 36 s. <http://hdl.handle.net/10138/229450>

Mattila, T.J. & Girz, A. 2022. Carbon action MULTA Finnish carbon sequestration experimental field dataset 2022 [Data set]. Zenodo. <https://zenodo.org/record/7142977>

Merilä, P., Mustajärvi, K., Helmisaari, H.-S., Hilli, S., Lindroos, A.-J., Nieminen, T.M., Nöjd, P., Rautio, P., Salemaa, M. & Ukonmaanaho, L. 2014. Above- and below-ground N stocks in coniferous boreal forests in Finland: Implications for sustainability of more intensive biomass utilization. *Forest Ecology and Management* 311: 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.029>

Miettinen, A., Aakkula, J., Koikkalainen, K., Lehtonen, H., Luostarinen, S., Myllykangas, J.-P., Sairanen, A. & Silfver, T. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035: Maatalouden liisätoimenpiteiden ja ruokavaliomuutoksen päästövähennysvaikutukset. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 73/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 69 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-500-2>

MMM 2022. Suomen CAP-suunnitelma 2023–2027. Maa- ja metsätalousministeriö. 1140 s. <https://mmm.fi/cap27/cap-suunnitelma>

MMM 2023a. Maatalouden ehdollisuuden hoitovaatimukset vahvistettiin. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote 12.1.2023. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410837/maatalouden-ehdollisuuden-hoitovaatimukset-vahvistettiin>

MMM 2023b. Metsänhoidon suositukset. Maa- ja metsätalousministeriö. <https://metsanhoitonsuosituks.fi/fi> Viitattu 8.5.2023.

MTK 2023. Ympäristölupa- ja ilmoitusmenettely. <https://www.mtk.fi/ymparistoluvat>

Mäkelä-Kurtto, R. & Sippola, J. 2002. Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. *Agriculture and Food Science in Finland* 11(4): 273–284. <https://doi.org/10.23986/afsci.5730>

- Mäkinen, K., Palmu, J.-P., Teeriaho, J., Rönty, H., Rauhaniemi, T. & Jarva, J. 2007. Valtakunnallisesti arvokkaat moreeni muodostumat. Suomen ympäristö 14/2007. Ympäristöministeriö. Helsinki. 120 s. <http://hdl.handle.net/10138/38399>
- Mäkinen, K., Teeriaho, J., Rönty, H., Rauhaniemi, T. & Sahala, L. 2011. Valtakunnallisesti arvokkaat tuuli- ja rantakerrostumat. Suomen ympäristö 32/2011. Ympäristöministeriö. Helsinki. 185 s. <http://hdl.handle.net/10138/37025>
- Mälkönen, E. 2003. Metsämaan ravinteisuuden hoito. Julkaisussa: Mälkönen, E. (toim.). Metsämaa ja sen hoito. Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus. s. 175–197.
- Nurmi, E. & Lehtonen, H. 2020. Blogi: Kannattaako pellon tiivistymän korjaaminen taloudellisesti? Luonnonvarakeskus. <https://www.opal.fi/2020/04/07/blogi-kannattaako-pellon-tiivistymän-korjaaminen-taloudellisesti/> Viitattu 21.4.2023.
- Ojala, A.E.K., Palmu, J.-P., Åberg, A., Åberg, S. & Virkki, H. 2013. Development of an ancient shoreline database to reconstruct the Litorina Sea maximum extension and the highest shoreline of the Baltic Sea basin in Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 85: 127–144. https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/bulletin_vol85_2_2013_ojala.pdf
- Ojanen, P., Aapala, K., Hotanen, J.-P., Hökkä, H., Kokko, A., Minkkinen, K., Myllys, M., Punntila, P., Päivänen, J., Rehell, S., Turunen, J., Valpola, S. & Vähäkuopus T. 2021. Soiden käyttö Suomessa. Suo 71(2), 115–124. <http://www.suo.fi/article/10593>
- Orgiazzi, A., Ballabio, P., Panagos, P., Jones, A. & Fernández-Ugalde, O. 2018. LUCAS Soil, the largest expandable soil dataset for Europe: a review. European Journal of Soil Science 69: 140–153. <https://doi.org/10.1111/ejss.12499>
- Orgiazzi, A., Panagos, P., Fernández-Ugalde, O., Wojda, P., Labouyrie, M., Ballabio, C., Franco, A., Pistocchi, A., Montanarella, L. & Jones, A. 2022. LUCAS Soil Biodiversity and LUCAS Soil Pesticides, new tools for research and policy development. European Journal of Soil Science 73(5): e13299. <https://doi.org/10.1111/ejss.13299>
- Ovaska, S., Liski, E., Äijö, H., Häggblom, O. & Paasonen-Kivekäs, M. 2021. Perusparrannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 36. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry. Helsinki. 94 s. <https://www.salaojitutkimus.fi/wp-content/uploads/2021/05/36-2021.pdf>
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L. & Alewell, C. 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environmental Science & Policy 54: 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Payá Pérez, A. & Rodríguez Eugenio, N. 2018. Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator “Progress in the management Contaminated Sites in Europe”. JRC Technical reports, JRC107508, EUR 29124 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 190 p. <https://doi.org/doi:10.2760/093804>

PEFC Suomi – Suomen Metsäsertifiointi ry. 2022. Metsien kestävä hoidon ja käytön vaatimukset. (PEFC FI 1002:2022). PEFC Suomi – Suomen Metsäsertifiointi ry. 60 s. https://pefc.fi/wp-content/uploads/2022/09/PEFC-FI-1002_2022-SUO-20220914.pdf

PEFC Suomi 2014. Suomen PEFC-standardi. PEFC-metsäsertifiointin kriteerit. 41 s. https://pefc.fi/wp-content/uploads/2019/03/PEFC-FI-1002_2014-Mets%C3%A4sertifiointin-kriteerit-20141027.pdf

Peltoniemi, K., Pyrhönen, M., Laiho, R., Moilanen, M. & Fritze, H. 2016. Microbial communities after wood ash fertilization in a boreal drained peatland forest. *European Journal of Soil Biology* 76: 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.08.004>

Pennanen, T., Liski, J., Bååth, E., Kitunen, V., Uotila, J., Westman, C.J. & Fritze, H. 1999. Structure of the microbial communities in coniferous forest soils in relation to site fertility and stand development stage. *Microbial Ecology* 38:168–179. <https://doi.org/10.1007/s002489900161>

Pirkanmaan ELY-keskus 2021. Maaperä kuntoon -ohjelman vuosiraportti 2020. <https://maaperakuntoon.fi/documents/114921275/120960531/Maaper%C3%A4+kuntoon+vuosiraportti+2020.pdf/d46cb7be-0123-d6b3-4a8f-db18c3669a1c/Maaper%C3%A4+kuntoon+vuosiraportti+2020.pdf?t=1655873999272>

Pirkanmaan ELY-keskus 2022. Maaperä kuntoon -ohjelman vuosiraportti 2021. <https://maaperakuntoon.fi/documents/114921275/120960531/Maaper%C3%A4+kuntoon+vuosiraportti+2021.pdf/77b5e631-acbc-d4a4-09d5-f867e55b2ff5/Maaper%C3%A4+kuntoon+vuosiraportti+2021.pdf?t=1655873964323>

Pirkanmaan ELY-keskus 2023. Maaperä kuntoon -ohjelman vuosiraportti 2022. <https://maaperakuntoon.fi/documents/114921275/120960531/Vuosiraportti+2022.pdf/1c745109-8e76-8233-89e5-dcd9777e3ec0/Vuosiraportti+2022.pdf?t=1683548925976>

Poeplau, C. & Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 200: 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>

Pohjanmies, T., Genikova, N., Hotanen, J.-P., Ilvesniemi, H., Kryshen, A., Moshnikov, S., Oksanen, J., Salemaa, M., Tikhonova, E., Tonteri, T. & Merilä, P. 2021. Site types revisited: Comparison of traditional Russian and Finnish classification systems for European boreal forests *Applied Vegetation Science* 24: e12525. <https://doi.org/10.1111/avsc.12525>

Puolanne, J., Pyy, O. & Jeltsch, U. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa - Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöministeriön Ympäristön ja luonnonsuojelun osaston muistio 5/1994. 218 s. ISBN 951-47-4823-9

Purola, T. & Lehtonen, H. 2020. Evaluating profitability of soil-renovation investments under crop rotation constraints in Finland. *Agricultural Systems* 180: 102762.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102762>

Pyy, O. 2023. Tilastotiedot vuosien 1988–2022 pilaantuneisiin maa-alueisiin liittyvästä kunnostustoiminnasta Suomessa (julkaisematon).

Pyy, O. & Jylhä, H. 2020 Valtakunnallisen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategian ensimmäinen seurantaraportti. Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:15. Ympäristöministeriö. Helsinki. 78 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-224-2>

Pyy, O., Tikkanen, S., Reinikainen, J., Nihtilä, M. & Sorvari, J. 2017. Pilaantuneiden maa-alueiden kestävät riskinhallintakeinot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2017. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 108 s.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-359-0>

Pyy, O., Haavisto, T., Niskala, K. & Silvola, M. 2013. Pilaantuneet maa-alueet Suomessa – Katsaus 2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27/2013. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 57 s. <http://hdl.handle.net/10138/41048>

Pyysing, S. 2023. Sähköpostiviesti: VS: KAJAK-hankkeen tilanne, tietojen saatavuus. 12.4.2023 Sanna Pyysing, Pirkanmaan ELY-keskus.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (Eds.) 2014a. Chemistry of Europe's Agricultural Soils, Part A. Methodology and Interpretation of the GEMAS Data Set. *Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Band B 102*. Schweizerbarth, Hannover. 528 p.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P. & O'Connor, P. (Eds.) 2014b. Chemistry of Europe's Agricultural Soils, Part B. General Background Information and Further Analysis of the GEMAS Data Set. *Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Band B 103*. Schweizerbarth, Hannover. 352 p.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Lukashev, V., Matinian, N.N. & Pasieczna, A. 2003. Agricultural Soils in Northern Europe: A Geochemical Atlas. *Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Reihe D, Heft SD 5*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 279 p.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. & Yoder, D.C. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agricultural Handbook 703*. US Department of Agriculture, Washington, DC. 404 p.

Rosinger, C., Keiblinger, K., Bieber M., Bernardini, L.G., Huber, S., Mentler, A., Sae-Tun, O., Scharf, B. & Bodner, G. 2023. On-farm soil organic carbon sequestration potentials are dominated by site effects, not by management practices. *Geoderma* 433: 116466. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116466>

Ruokavirasto 2021. Ympäristökorvauksen sitomusehdot 2021. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/oppaat/situmus-ja-sopimusehdot/ymparistokorvauksen-sitomusehdot/ymparistokorvauksen-sitomusehdot-2021/>

Ruokavirasto 2023a. Ehdollisuuden opas. <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/perusehdot/ehdollisuus/ehdollisuuden-opas/ehdollisuuden-opas-2023/#Liite1>

Ruokavirasto 2023b. Tukiehdot: ekojärjestelmätuki. <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/peltotuet/ekojarjestelmatuki/tukiehdot-ekojarjestelmatuki/tukiehdot-ekojarjestelmatuki-2023/>

Ruokavirasto 2023c. Ympäristökorvauksen sitomusehdot 2023. <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/peltotuet/ymparistokorvaus/ymparistokorvauksen-sitomusehdot/ymparistokorvauksen-sitomusehdot-2023/#ymparistokorvauksen-sitomusehtoihin-tehdy-muutokset-vuonna-2023>

Räisänen, J., Teeriaho, J., Kananoja, T. & Rönty, H. 2019. Valtakunnallisesti arvokkaat kivikot – Osa 1. Suomen ympäristö 2/2018. Ympäristöministeriö. Helsinki. 194 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4795-1>

Räisänen, M. L., Tornivaara, A., Haavisto, T., Niskala, K. & Silvola, M. 2013. Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden kartoitus. Ympäristöministeriön raportteja 24/2013. Ympäristöministeriö. Helsinki. 45 s. <http://hdl.handle.net/10138/41486>

Räsänen, T.A., Tähtikarhu, M., Uusi-Kämpä, J., Piirainen, S. & Turtola, E. 2023. Evaluation of RUSLE and spatial assessment of agricultural soil erosion in Finland. *Geoderma Regional* 32: e00610. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00610>

Saarsalmi, A., Mälkönen, E. & Piirainen, S. 2001. Effects of wood ash fertilization on forest soil chemical properties. *Silva Fennica* 35(3): 355–368. <https://doi.org/10.14214/sf.590>

Saarsalmi, A., Smolander, A., Moilanen, M. & Kukkola, M. 2014. Wood ash in boreal, low-productive pine stands on upland and peatland sites: Long-term effects on stand growth and soil properties. *Forest Ecology and Management* 327: 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.031>

Salminen, R. (toim.) 1995. Alueellinen geokemiallinen kartoitus Suomessa vuosina 1982–1994. Tutkimusraportti 130. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 47 s. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_130.pdf

Salminen, R. (Chief-Editor) 2005. *Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps.* Geological Survey of Finland, Espoo. 525 p.

Siira-Pietikäinen, A. & Haimi, J. 2009. Changes in soil fauna 10 years after forest harvestings: Comparison between clear felling and green-tree retention methods. *Forest Ecology and Management* 258(3): 332–338. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.04.024>

Sims, N.C., Newnham, G.J., England, J.R., Guerschman, J., Cox, S.J.D., Roxburgh, S.H., Viscarra Rossel, R.A., Fritz, S. and Wheeler, I. 2021. Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1, Proportion of Land That Is Degraded Over Total Land Area. Version 2.0. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany. [UNCCD_GPG_SDG-Indicator-15.3.1_version2_2021.pdf](#)

Sippola, J. & Tares, T. 1978. The soluble content of mineral elements in cultivated Finnish soils. *Acta Agriculturae Scandinavica (Suppl.)* 20: 11–25.

Smith, G. 2020. Hrl imperviousness degree 2018 validation report. Validation Services for the geospatial products of the Copernicus land Continental and local components including in-situ data (lot 1). CLMS_HRL_IMD_Validation_Report_SC04_1_3. https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/clms_hrl_imd_validation_report_sc04_1_3.pdf

SMK. 2022. Metsäkeskuksen selvittämät metsälakirikkomusepäilyt vuosina 2017–2021. Suomen metsäkeskus. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tiedote-liite-metsalakirikkomusepailyt.pdf>

Soinne, H., Kurkilahti, M., Heikkinen, J., Eurola, M., Uusitalo, R., Nuutinen, V. & Keskinen, R. 2022. Decadal trends in soil and grain microelement concentrations indicate mainly favourable development in Finland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 185: 578–588. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200141>

Sorvari, J., Antikainen, R., Kosola, M-L., Jaakkonen, S., Nerg, N., Vänskä, M. & Pyy, O. 2009. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus. Suomen ympäristö 33/2009. Suomen ympäristökeskus. <http://hdl.handle.net/10138/38014>

Sterkenburg, E., Clemmensen, K.E., Lindahl, B.D. & Dahlberg, A. 2019. The significance of retention trees for survival of ectomycorrhizal fungi in clear-cut Scots pine forests. *Journal of Applied Ecology* 56: 1367–1378. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13363>

Sundström, R., Åström, M. & Österholm, P. 2002. Comparison of the metal content in acid sulfate soil runoff and industrial effluents in Finland. *Environmental Science and Technology* 36: 4269–4272. <https://doi.org/10.1021/es020022g>

Suomen FSC-yhdistys. 2011. Suomen FSC-standardi. 12.5.2011. Helsinki. <https://fi.fsc.org/fi-fi/metsasertifiointi>

Suomen Kuntaliitto 2012. Hulevesiopus. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopus>

Suomen ympäristökeskus 2022a. Geologinen monimuotoisuus. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/geologinen-monimuotoisuus>. Viitattu 5.4.2023.

Suomen ympäristökeskus 2022b. Geologisten muodostumien inventoinnit. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/geologien-monimuotoisuus/geologisten-muodostumien-valtakunnalliset-inventoinnit>. Viitattu 5.4.2023

Suomen ympäristökeskus 2022c. Korkean erotuskyvyn aineistot (High Resolution Layers) – Vuoden 2018 aineistot -Maanpinnan läpäisemättömyys 2018 ja muutos 2015-2018 (Imperviousness density) https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Seurantatie-dot/Maanpeiteen_seuranta/Korkean_erotuskyvyn_aineistot. Viitattu 1.3.202.

Suomen ympäristökeskus 2023a. Maankäyttö- ja maanpeiteaineistojen tuottaminen CORINE Land Cover 2018 -hankkeessa ja Copernicus Land -aineistojen validointi Suomessa https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Maankaytto_ja_maanpeiteaineistojen_tuottaminen_CORINE_Land_Cover_2018_hankkeessa_ja_Copernicus_Land_aineistojen_validointi_Suomessa. Viitattu 27.2.2023

Suomen ympäristökeskus 2023b. Yhteisen tietopohjan kehittäminen maankäytön ja sen muutosten seurannalle (Mammutti). https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Yhteisen_tietopohjan_kehittaminen_maankayton_ja_sen_muutosten_seurannalle_Mammutti. Viitattu 1.3.2023.

Suomen ympäristökeskus 2023c. Corine maanpeite 2018 -aineiston kuvaus SYKE:n Metatietopalvelussa: <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/%7B0B4B2FAC-ADF1-43A1-A829-70F02BF0C0E5%7D>. Viitattu 27.2.2023.

Sutinen, R. 2016. GTK:n seuranta-asemat 1998–2016. Muistiinpanot (julkaisematon).

Tamminen, P. & Starr, M. 1994. Bulk density of forested mineral soils. *Silva Fennica* 28: 53–60. <https://doi.org/10.14214/sf.a9162>

Tamminen, P. & Tomppo, E. 2008. Finnish forest soils. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 100. Finnish Forest Research Institute. Vantaa. 21 p. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2139-8>

Tao, F., Palosuo, T., Lehtonen, A., Heikkinen, J. & Mäkipää, R. 2023. Soil organic carbon sequestration potential for croplands in Finland over 2021–2040 under the interactive impacts of climate change and agricultural management. *Agricultural Systems* 209: 103671. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103671>

Tarvainen, T. 2010. Hämeen maaperän taustapitoisuudet. Esiselvitys. Arkistoraportti S41/2010/22. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 24 s. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s41_2010_22.pdf

Tarvainen, T. & Auri, J. 2019. Turun taajama-alueen maaperän taustapitoisuudet. GTK:n työraportti 97/2019. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 37 s. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/97_2019.pdf

Tarvainen, T., Hatakka, T., Salla, A., Jarva, J., Pitkäranta, P., Anttila, H. & Maidell-Münster, L. 2013. Pääkaupunkiseudun maaperän taustapitoisuudet. Summary: Geochemical Baselines in the Helsinki Metropolitan Area. Tutkimusraportti 201. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 91 s. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_201.pdf

Tilastokeskus. 2023. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2021. National Inventory Report under the UNFCCC. Submission to the European Union. 15.3.2023. https://www.stat.fi/media/uploads/tup/khkinv/fi_nir_eu_2021_2023-03-15.pdf

Toivonen, T., Herranen, T., Kivilompolo, J., Kujala, H., Laatikainen, M., Suomi, T., Turunen, J., Valo, O. & Vähäkuopus, T. 2022. GTK:n tutkimien soiden tutkimustilanne ja luonnontilaisuusluokitukset maakunnittain. Summary: Peatland research by the Geological Survey of Finland and classification of the natural state of peatlands. Tutkimustyöraportti 40/2022. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 38 s. https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/40_2022.pdf

Tornivaara, A., Räisänen, M. L., Kovalainen, H. & Kauppi, S. 2018. Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden jatkokartoitus (KAJAK II). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2018. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 155 s. <http://hdl.handle.net/10138/235617>

Tóth, G., Jones, A. & Montanarella, L. (eds.). 2013. LUCAS Topsoil Survey methodology, data and results. JRC Technical reports, JRC83529, EUR 26102 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/doi:10.2788/97922>

Tukes 2023. Integroitu kasvinsuojelu. <https://tukes.fi/kemikaalit/kasvinsuojeluaineet/kasvinsuojeluaineiden-turvallinen-kaytto/integroitu-kasvinsuojelu>

Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Iho, A., Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Tuomisto, J., Sipilä, A., Muurinen, S., Turakainen, M., Lemola, R., Jauhiainen, L., Uusitalo, R., Grönroos, J., Myllys, M., Heikkinen, J., Merilaita, S., Bernal, J. C., Savela, P., Kartio, M., Salopelto, J., Finér, A. & Jaakkola, M. 2017. Hyötyä taseista. Ravinnetaseiden tulkinta ympäristön ja viljelyn hyödyksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2017. 70 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/538541>

Turunen, J. & Sallantausta, T. 2023. Chemical element concentrations and accumulation in boreal mire ecosystems in Finland. *Boreal Environment Research* (in press).

Turunen, J. & Valpola, S. 2020. The influence of anthropogenic land use on Finnish peatland area and carbon stores 1950–2015. *Mires Peat* 26(26): 1–27. <https://doi.org/10.19189/MaP.2019.GDC.StA.1870>

Törmänen, T. 2016. Verification of field-based classification of Podzols and their development in relation to soil formation factors. Master's thesis. University of Helsinki. Department of Forest Sciences. 82 p. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201608292654>

Ukonmaanaho, L., Starr, M., Lindroos, A.-J., Nieminen, T.M., Nöjd, P., Derome, K. & Merilä, P. 2008. Impacts of logging practice on base cation budgets of boreal coniferous stands – a sustainability study. Abstract P.3.38. North American Forest Soil Conference – International Symposium of Forest Soils 2018 / Program & Abstract Booklet.

United Nations 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

UPM Metsä 2023. Kantojen korjuu energiaksi. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/videoartikkelit/kantojen-korjuu-energiaksi/> Viitattu 19.5.2023.

Valve, H., Taipale, K., Ekholm, P., Kauppila, J., Koikkalainen, K. & Miettinen, A. 2022. Maatalouden ravinnetietovaranto – työkalu viranomaisille ja viljelijöille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2022. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 47 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5459-1>

Vieno, N., Sarvi, M., Salo, T., Rämö, S., Ylivainio, K., Pitkänen, T. & Kusnetsov, J. 2018. Puhdistamolietteiden sisältämien haitta-aineiden aiheuttamat riskit lannoitekäytössä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2018. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 130 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-661-2>

Vierikko, K., Nieminen, H., Salomaa, V., Häkkinen, J., Salminen, J. & Sorvari, J. 2020. Kiertotalous maankäytön suunnittelussa – Kaavoitus kestävän ja luonnonvaroja säästävän kaupunkiympäristön edistäjänä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 45/2020. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 103 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5336-5>

Vierikko, K. & Oinonen, K. 2020. Alueidenkäyttö. Teoksessa: Berg, A., Räisänen, M. & Salo, H. 2020. Kiertotalouden tieto käyttöön -Kahdeksan keskeistä teemaa ja uudet tietotarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 6 | 2020. Suomen ympäristökeskus. <http://hdl.handle.net/10138/310568>

Viitala, E.-J., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Wall, A., Wejberg, H. & Lehtonen, H. 2022a. Maa- ja metsätalouden kannustinjärjestelmien ilmastovaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 99 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-388-6>

Viitala, E.-J., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Wall, A., Wejberg, H. & Lehtonen, H. 2022b. Maa- ja metsätalouden tukijärjestelmiä on kehitettävä rohkeasti ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Luke Policy Brief 6/2022. 6 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-540-8>

Viitala, E.-J., Hänninen, H. & Leppänen, J. 2018. De minimis -tukien soveltuvuus Suomen metsätalouteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2018. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 93 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-649-0>

Viitala, E.-J., Nieminen, M., Ahtikoski, A., Hökkä, H., Mäkipää, R., Saarinen, M., Sarkola, S., Tolvanen, A. & Valkonen, S. 2023. Tehokkaat ohjaukset jatkuvapuiteisen

metsänkasvatuksen edistämiseksi runsasravinteisilla turvemaidilla. Raportti maa- ja metsätalousministeriölle 14.5.2023. Luonnonvarakeskus. 46 s.

Viro, P.J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. On the determination of stoniness. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40.3. 23 s.

Viro, P.J. 1958. Suomen metsämaiden kivisyydestä. Stoniness of forest soil in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49.4. 45 s.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171081>

Ylivainio, K., Äystö, L., Fjäder, P., Suominen, K., Lehti, A., Perkola, N., Ranta, J., Meriläinen, P., Välttilä, V. & Turtola, E. 2020. Jätevesilietteen pitkäkestoinen fosforilannoitusvaikutus ja yhteys ympäristö- ja ruokaturvallisuuteen: Jätevesilietteen potentiaali kasvintuotannossa ja vaikutukset ympäristöön ja elintarviketurvallisuuteen (PProduct) -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 120 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-018-2>

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2022. Maakuntakaavat. <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/kaavoitus-ja-alueidenkaytto/kaavoitus/maakuntakaavat>. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Julkaistu 21.4.2022 / Päivitetty 9.3.2023. Julkaisija: Ympäristöministeriö. Viitattu 17.5.2023.

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2023a. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/kaavoitus-ja-alueidenkaytto/valtakunnalliset-alueidenkayttotavoitteet> Julkaistu 2.3.2023 / Päivitetty 9.3.2023. Ympäristöministeriö. Viitattu 17.5.2023.

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2023b. Ympäristölupa. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ymparistolupa>. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Julkaistu 28.2.2022 / Päivitetty 29.3.2023. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. Viitattu 29.5.2023.

Ympäristöministeriö 2015. Valtakunnallinen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategia. Suomen ympäristö 10/2015. 68 s. <http://hdl.handle.net/10138/159058>

Ympäristöministeriö 2021. Ympäristön ja ihmisen altistuminen elohopealle arktisella alueella – Johtopäätökset ja suositukset. AMAP Mercury Assessment 2021. Ulkomministeriön IBA-hanke / Ympäristöministeriö. <https://www.syke.fi/download/no-name/%7B76040217-63B9-4334-9E92-A8839F331B2E%7D/170053>

Ympäristöministeriö 2023. Alue- ja yhdyskuntarakenteen tilanne ja tulevaisuuskuva 9.5.2023. Alueidenkäytön kehityskuvan liite. <https://ym.fi/documents/1410903/40549091/Alue-+ja+yhdyskuntarakenteen+tilanne-+ja+tulevaisuuskuva+090523.pdf/39e89055-2cca-4947-b1a7-862d116fa387/Alue-+ja+yhdyskuntarakenteen+tilanne-+ja+tulevaisuuskuva+090523.pdf?t=1683572473036>

Äystö, L. 2014. Puhdistamolietteen sisältämien orgaanisten haitta-aineiden käyttäytyminen suomalaisilla maatalousmailla. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. 96 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20180115168>

Öljyalan palvelukeskus Oy 2017. Soili-ohjelman loppuraportti. Marraskuu 2017. Helsinki. 48 s. + Liitteet.