



Selvitys maatalousmaasta peräisin olevia jätteitä ja tähteitä koskevasta seuranta- ja hallintajärjestelmästä

Kristiina Lång, Taru Palosuo, Jaakko Heikkinen, Kauko Koikkalainen, Sari Luostarinen, Antti Miettinen ja Saija Rasi



Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Kristiina Lång, Taru Palosuo, Jaakko Heikkinen, Kauko Koikkalainen, Sari

Luostarinen, Antti Miettinen ja Saija Rasi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Erkki Oksanen

Sisällys

Keskeinen sanasto	4
1. Tausta	3
2. Miten Suomessa voidaan toteuttaa maatalousmaista peräisin olevien jätteitä ja tähteitä koskeva seuranta ja hallintajärjestelmä.....	4
2.1. Mitä raaka-aineita voidaan katsoa maatalousmaasta peräisin oleviksi jätteiksi ja tähteiksi Suomessa?	4
2.2. Mitä negatiivisia vaikutuksia raaka-aineiden korjuusta voi aiheutua maan laadun ja maaperän hiilen kannalta.....	4
2.2.1. Olki	5
2.2.2. Nurmisivuvirrat	6
2.2.3. Alus- ja kerääjäkasvit.....	7
2.2.4. Muut tähteet ja jätteet.....	8
2.3. Vaatimukset maaperävaikutusten hallinta- ja seurantajärjestelmälle kestävyysjärjestelmässä	8
2.4. Milloin kestävyyskriteerien voidaan katsoa täyttyvän Tier 2 -tasolla?.....	9
2.4.1. Millaisia menetelmiä hankinta-alueilla/tilakohtaisesti tulisi edellyttää, jotta kriteerin katsotaan täyttyvän	9
2.4.2. Miten luomutila täyttää vaatimukset?	13
2.4.3. Tilojen toiminnasta kerättävät tiedot	13
2.4.4. Mahdollisuudet seurata maaperän hiilivarastojen muutosta.....	14
3. Johtopäätökset.....	15
Viitteet.....	16

Keskeinen sanasto

Aluskasvit/kerääjäkasvit. Alus- ja kerääjäkasvit ovat kasveja, jotka peittävät maaperää varsinaisten satokasvien välissä. Kerääjäkasveja käytetään sitomaan satokasvilta käyttämättä jääneitä ja maasta vapautuvia ravinteita. Aluskasvit lisäävät kasvipeitteisyyttä. Alus- ja kerääjäkasvit myös lisäävät maaperään sitoutuvan hiilen määrää.

Luonnonhoitopeltonurmi. Luonnonhoitopeltonurmet ovat lannoittamattomia nurmia, joita ei saa muokata eikä niillä saa käyttää kasvinsuojeluaineita kasvuston perustamisen jälkeen. Nurmi voidaan perustaa luonnonhoitopeltonurmeksi tai sellaiseksi voidaan ilmoittaa monilajiseksi kehittyneitä vanhoja nurmia. Luonnonhoitopeltonurmet vähentävät vesistöjen typpikuormitusta ja eroosiota. Niillä on myös myönteisiä vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen. Luonnonhoitopeltonurmet ovat tällä hetkellä maatalouden ympäristökorvauksen lohko-kohtainen toimenpide, mutta Suomen CAP-suunnitelmaluonnoksen mukaan se on jatkossa ekojärjestelmän toimenpide.

Maaperän hiili. Maaperässä olevaa orgaanisesta eli eloperäisestä aineksesta peräisin olevaa hiiltä.

Maatalousmaan laatu. Maaperän laadulla viitataan maaperän fysikaalisiin, kemiallisiin, biologisiin ja ekologiin ominaisuuksiin.

Mädätysjäännös. Mädätyksessä eli biokaasuprosessissa jäljelle jäävä massa, joka voidaan hyödyntää sellaisenaan tai jatkojalostettuna orgaanisperäisenä lannoitevalmisteena. Orgaanisen aineen sisältöön vaikuttavat prosessissa käytetyt syötemateriaalit, valittu laitostekniikka sekä mahdollinen jatkojalostus.

Naatti. Juurikasvin, esim. sokerijuurikkaan, maanpäällinen osa eli lehdet, varret ja kukinnot.

Suojavyöhykenurmi. Suojavyöhyke on yli kolme metriä leveä pellolla oleva vyöhyke, joka rajoittuu vesistön tai valtaojan reunaan. Suojavyöhykkeellä on oltava monivuotinen, lannoittamaton ja kasvinsuojeluaineilla käsittelemätön nurmi. Suojavyöhykkeiden tarkoitus on vähentää peltolohkolta tulevaa eroosiota ja ravinnekuormitusta. Suojavyöhykkeet ovat maatalouden ympäristökorvauksen lohko-kohtainen toimenpide.

Viherlannoitusnurmi. Viherlannoitusnurmen kasvuston tulee koostua edellisenä vuonna suojaviljaan perustetusta tai kyseisenä vuonna kylvetystä nurmi- tai heinäkasvien ja typensitojakasvien siemenseoksesta. Viherlannoituksen avulla viljelykiertoon lisätään tyypeä palkokasvien biologisen typensidonnan avulla. Viherlannoitusnurmet ovat tällä hetkellä maatalouden ympäristökorvauksen lohko-kohtainen toimenpide, mutta Suomen CAP-suunnitelmaluonnoksen mukaan se on jatkossa ekojärjestelmän toimenpide. Viherlannoituskasvustoja käytetään myös luonnonmukaisessa maataloustuotannossa.

1. Tausta

Biopolttoaineita ja bionesteitä koskevaan lakiin on tehty muutoksia, joiden myötä kestävyyskriteerit laajenevat koskemaan biopolttoaineiden ja bionesteiden lisäksi biomassapolttoaineita. Tavoitteena on varmistaa, että Suomessa kulutetut biopolttoaineet, bionesteet ja biomassapolttoaineet on tuotettu kestäväällä tavalla ja että ne voidaan ottaa huomioon EU:n uusiutuvan energian tavoitteissa sekä liikenteen uusiutuvan energian osuutta koskevassa velvoitteessa. Laissa on määritetty, että *”Maatalousmaasta peräisin olevista jätteistä ja tähteistä tuotettujen biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden osalta tulee toiminnanharjoittajalla olla käytössä seuranta- tai hallintasuunnitelmat maan laatuun ja maaperän hiileen kohdistuviin vaikutuksiin puuttumiseksi.”* (5a § 2 mom.). Komission tilaamassa selvityksessä (EC 2021) kuvataan joidenkin jätteiden ja tähteiden korjuusta aiheutuvia vaikutuksia ja ns. parhaita käytäntöjä niihin puuttumiseksi.

Tämän työn tavoitteena on selvittää, mitä sellaisia maatalousmaasta peräisin olevia jätteitä ja tähteitä Suomessa on, joiden energiakäytöllä voisi olla vaikutuksia maan laatuun ja maaperän hiilivarastoihin. Lisäksi tavoitteena on selvittää, onko Suomella velvoite käyttää komission selvityksessä kuvattuja maaperän hiilivarastoa ja maan laatua tukevia menetelmiä tai muita korvaavia menetelmiä, joiden avulla kriteerin voidaan katsoa täyttyvän maatasolla (nk. Tier 1). Jos kriteerin ei katsota täyttyvän maatasolla, työn tavoitteena on ehdottaa, millaisia menetelmiä hankinta-alueilla/tilakohtaisesti tulisi edellyttää (Tier 2), jotta kriteerin katsotaan täyttyvän. Lopputuloksen perusteella Energiavirasto tekee ohjeistuksen toiminnanharjoittajille sekä hakemuskäsittelijöille vaatimusten täyttymisen arviointiin.

Laissa ei määritellä prosessitekniikoita, joilla erilaisia biopolttoaineita, bionesteitä tai biomassapolttoaineita voidaan tuottaa. Prosessivalinnalla on kuitenkin suuri merkitys, kun puhutaan maan laadusta ja maaperähiilestä, sillä osasta prosesseja orgaanista ainesta voidaan palauttaa takaisin pelloille. Tarkastelussa tulisikin aina huomioida, poistetaanko jätteitä ja tähteitä maatalousmaasta pysyvästi vai palautuuko osa orgaanisesta aineksesta ja hiilestä takaisin maatalousmaahan. Useissa termisissä prosesseissa (ml. poltto, kaasutus) orgaaninen aines menetetään, jolloin tarkastelu voidaan keskittää siihen, kuinka paljon jätteitä ja tähteitä poistetaan maaperästä verrattuna tilanteeseen, jossa energiantuotantoa ei ole. Muissa prosesseissa, kuten anaerobisessa biokaasuprosessissa ja hidaspölyrolyysissä, jäljelle jää orgaanista ainetta, joka usein palautetaan maatalousmaahan. Esimerkiksi jos jätteitä ja tähteitä käytetään biokaasun tuotantoon, tyypillisesti noin puolet orgaanisesta aineksesta muuntuu kaasumaiseksi (biokaasun metaani ja hiilidioksidi) ja heikoiten hajoava eli pysyvin osuus jää mädätysjännökseen. Tämän orgaanisen aineksen pysyvimmän osan palauttaminen pellolle osaltaan ylläpitää maaperän hiilivarastoa, vaikka samalta pellolta olisi korjattu kasvimassoja laitokseen. On jopa arvioitu, ettei mädätyksellä olisi maaperän hiilivarastoa pienentävää vaikutusta verrattuna kasvintähteiden tai lannan vaikutukseen ilman niiden energiakäyttöä (Thomsen ym. 2013; Heikkinen ym. 2021). Myös bioetanolituotannossa syntyvää sivutuotetta voidaan palauttaa joko suoraan tai biokaasuprosessin kautta maaperään. Käytettävistä raaka-aineista riippuen bioetanolituotannon sivutuotteita voidaan myös käyttää eläinten rehuna, josta edelleen osa orgaanisesta aineksesta palautuu peltoon lannan muodossa.

Mikäli prosessi tuottaa lopputuotteen, joka on palautettavissa maatalousmaahan, tarkastelussa tulisikin huomioida koko prosessointiketju. On mahdollista, että palautettaessa orgaanista ainesta maaperään prosessin jälkeen vaikutukset maan laatuun ja maaperän hiilivarastoihin ovat joko vastaavia tai parempia kuin nykykäytännöissä ilman energiantuotantoa.

2. Miten Suomessa voidaan toteuttaa maatalousmaista peräisin olevien jätteitä ja tähteitä koskeva seuranta ja hallintajärjestelmä

2.1. Mitä raaka-aineita voidaan katsoa maatalousmaasta peräisin oleviksi jätteiksi ja tähteiksi Suomessa?

Biopolttoaineita, bionesteitä ja biomassapolttoaineita koskevassa laissa määritellään jätteet ja tähteet jätelaissa (646/2011) tarkoitetuksi jätteeksi lukuun ottamatta ainetta, jota on tarkoituksellisesti muunnettu, jotta se luettaisiin jätteeksi. Tähteeksi määritellään aine, joka syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa tai on sellaisen tuotantoprosessin lopputuote, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen valmistaminen ja jonka tuottamiseksi tuotantoprosessia ei ole tarkoituksellisesti muutettu. Lisäksi maataloudesta, vesiviljelystä, kalastuksesta ja metsätaloudesta suoraan peräisin olevilla tähteillä tarkoitetaan tähteitä, joita syntyy suoraan maataloudessa, vesiviljelyssä, kalastuksessa ja metsätaloudessa. Niihin eivät sisälly niihin liittyviltä teollisuudenaloilta tai jalostusteollisuudesta peräisin olevat tähteet.

Tässä selvityksessä on katsottu, että seuraavat raaka-aineet voitaisiin luetella maatalousmaasta peräisin oleviksi jätteiksi ja tähteiksi Suomessa:

- olki ja muut puintijätteet
- aluskasvit/kerääjäkasvit
- naatit, esimerkiksi sokerijuurikkaan naatit
- viherlannoitusnurmi
- suojavyöhykenurmi
- luonnonhoitopeltonurmi
- pilaantunut rehu ja nurmi, joka ei kelpaa eläinrehuksi
- rehu tuotannon ylijäämät ja rehuhävikit ruokinnan yhteydessä

Yllä oleva lista on tämän työryhmän määrittelemä ja poikkeaa hieman komission tilaamasta selvityksestä (EC 2021). Lista on laadittu Suomen kasvilajinäkökulmasta ja painottuu niihin maatalousmaasta peräisin oleviin jätteisiin ja tähteisiin, jotka ovat määrältään sellaisia, että niillä voisi olla merkitystä energiantuotannossa. Näiden jakeiden vaihtoehtoiset (nyky-) käytännöt on otettu huomioon arvioita tehdessä.

2.2. Mitä negatiivisia vaikutuksia raaka-aineiden korjuusta voi aiheutua maan laadun ja maaperän hiilen kannalta

Useissa tieteellisissä julkaisuissa on suositeltu, että ennen kuin kasvintähteen korjuuta vaativia energiantuotantojärjestelmiä laajamittaisesti rakennetaan, on selvitettävä paikalliseen aineistoon perustuen, mikä on hyväksyttävä pellolta poistettavan kasvintähteen osuus. Yleisesti arvioidaan, että on peltojen kasvukunnon kannalta riskialtista perustaa näitä järjestelmiä vuotuiselle koko kasvintähteen korjuulle. Viljely ylipäätään kuluttaa maaperän hiilivarastoja, ja kasvintähteen poisto potentiaalisesti voimistaa tätä vaikutusta. Lisäksi on havaittu, että pienikin muutos maaperän hiilen määrässä voi vaikuttaa maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi maan murujen kestävyYTEEN tai veden suotautumiseen maan läpi (Powlson ym. 2011). Näillä muutoksilla voi olla vaikutuksia satotasoihin ja sitä kautta maaperän

hiilivarastoihin pitkällä aikavälillä. Kestäväksi kasvintähteen poiston määräksi eurooppalaisissa olosuhteissa on eri tutkimuksissa arvioitu noin puolet sen kokonaismäärästä, tosin arviot vaihtelevat suuresti (EC 2021; Appendix K).

Suomessa potentiaaliset korjattavat raaka-aineet ja näiden korjuuseen liittyvät vaikutukset kuvataan alla pääosin suomalaisen ja pohjoiseurooppalaiseen tutkimustietoon perustuen. Vaikutukset todennäköisesti riippuvat esimerkiksi maalajista, ojituksesta, pellon kaltevuudesta, maanmuokkaustavasta, lannoituksesta, ilmasto-olosuhteista sekä poistetun kasvintähteen määrästä ja kemiallisesta laadusta. Koska vaikuttavia tekijöitä on runsaasti, tarvitaan vaikutusten arvioimiseen isoja aineistoja ennen kuin saadaan tilastollisin menetelmin varmennettuja tuloksia ja tällä hetkellä kattavia pitkäaikaisia mittausaineistoja on heikosti saatavilla.

2.2.1. Olki

Vuotuinen olkibiomassa Suomessa on n. 2 650 milj. kg kuiva-aineena, ja tällä hetkellä siitä hyödynnetään vain pieni osa (Pahkala ym. 2009). Tavallisin tapa hyödyntää olkea on käyttää sitä kuivikkeena eläinsuojissa, joten nykyään hyödynnetystäkkin oljesta suurin osa palautuu peltoon lannan seassa. Silputtu olki ei yleensä haittaa seuraavan sadon kasvua, joten yleisin käytäntö on jättää kaikki olki silputtuna sadonkorjuun jälkeen maahan. Vaikka olki poistettaisiin, jää kasvintähteistä maahan viljan viljelyssä vielä juuret ja niiden kasvukauden aikana tuottamat eritteet. Lisäksi oljen poistossa tyypillisesti poistuu reilu puolet kasvintähteen kokonaismäärästä sängen jäädessä peltoon. Jokioisilla toteutetussa 30-vuotisessa kokeessa oljen ja sängen osuus maahan tulevasta hiilen määrästä oli 60 % (Singh ym. 2015).

Oljen poiston vaikutukset maaperän hiileen

Oljen poistolla on yleisesti havaittu maaperän hiiltä vähentävä vaikutus, joka kuitenkin näyttää jäävän melko vähäiseksi ja on harvoin tilastollisesti merkitsevä. Vähäistä vaikutusta voi osaltaan selittää sillä, että olki on vain osa maahan jäävästä biomassasta. Kun olki poistetaan, maanalainen (juuret) ja osa maanpäällisestä kasvintähteestä (säntki) jää maahan. Juuriston merkitys kasvintähteissä korostuu siksi, että juuret tuottavat kuollutta juuritähdettä ja eritteitä pitkin kasvukautta ja tällä kasvintähteellä on hyvä kontakti maahan (Campbell ym. 1991). Juurten hiilen kiertoaika ja pysyvyys maassa on yli kaksinkertainen maanpäälliseen kasvintähteeseen verrattuna, mikä johtuu mm. juurten erilaisesta kemiallisesta koostumuksesta (Rasse ym. 2005; Kätterer ym. 2011). Kun olkitähdettä sekoitetaan pintamaahan, se voi myös edistää maassa jo olevan orgaanisen aineksen hajotusta (ns. priming effect), mikä saattaa johtaa isompaan hajotusaktiiviteettiin silloin, kun olkea jää maahan enemmän (Bell ym. 2003). Tämä kaikki lieventää oljen poiston vaikutuksia.

Suomessa aurattoman viljelyn kokeessa olkien poisto vähensi maan hiilipitoisuutta jonkin verran kyntämättömässä maassa (Pitkänen 1988). Jokioisten 30-vuotisessa olkikokeessa maan pintakerroksen hiilimäärässä puolestaan ei ollut merkitseviä eroja olkikäsittelyjen välillä 30-vuotisen koejakson lopussa. Powlson ym. (2011) kokosivat yhteen 25 kenttäkokeen tulokset, jotka olivat kestoltaan 6–56 vuotta. Sen mukaan olkien poisto näyttäisi vähentävän maan hiili- ja typpipitoisuutta jonkin verran (<10 %), mutta näistä kokeista vain kuudessa olkien poiston negatiivinen vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä.

Oljen poiston vaikutukset maan laatuun

Oljen poisto saattaa lisätä maan pinnan kuorettumista, kun olki ei suojaa maata vesipisaroiden vaikutukselta (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Kuorettuminen voi haitata taimettumista sekä veden, ilman ja lämmön liikkeitä. Maan murujen kestävyyttä kasvintähteiden poisto on heikentänyt useimmissa kokooma-artikkelin raportoimissa kokeissa, mutta ei kaikissa. Jos kasvintähteen poisto vähentää orgaanisen aineksen pitoisuutta tai biologista aktiivisuutta, esimerkiksi lierojen määrää, voi maan tilavuuspaino kasvaa ja maa tiivistyä. Kasvintähteen poisto voi muuttaa maan vesitaloutta esimerkiksi lisäämällä haihduntaa, heikentämällä veden läpivirtausta tai lisäämällä pintavaluntaa tai vähentämällä maan vedenpidätyskykyä. Näitä vaikutuksia on havaittu vaihtelevasti ja vaikutus riippuukin maalajista, ojituksesta ja ympäristötekijöistä.

Maan pH saattaa alentua kasvintähteiden poiston vaikutuksesta, mutta tätä ei ole havaittu kaikissa kokeissa (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Sähkönjohtokyvyn lisääntyminen on havaittu ainakin parissa tutkimuksessa. Monissa kokeissa on havaittu, että kasvintähteiden poisto vähentää hiilen ja typen määrää pintamaassa suhteellisesti enemmän kuin muiden ravinteiden. Fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin määrät ovat joissakin kokeissa toki vähentyneet kasvintähteiden poiston vuoksi.

Yllä mainitussa MTT:n aurattoman viljelyn kokeessa oljen poisto ei vaikuttanut maan tilavuuspainoon, mutta lisäsi pienten murujen osuutta maassa ja heikensi murujen vedenkestävyyttä (Pitkänen 1988). Tällä voi olla vaikutusta maan sadontuottokykyyn ja pellon vesistövaikutuksiin.

Jokioisten 30-vuotisessa olkikokeessa ei havaittu eroja maan mururakenteessa olkikäsittelyjen välillä (Singh ym. 2015). Myöskään tilavuuspainoissa, ravinteiden määrässä tai muissa muuttujissa ei havaittu kovin selkeitä eroja, mutta näitä vaikutuksia ei ole testattu tilastollisesti.

Lierojen, mikrobien ja sienten määrän on usein havaittu olevan pienempi kuin kasvintähteet on poistettu (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Jokioisten olkikokeessa ei kuitenkaan havaittu merkittävää eroa kastelierojen tai mikrobibiomassan määrässä 30-vuotisen oljenpoiston jälkeen (Singh ym. 2015). Aurattoman viljelyn kokeessa oljen poisto vähensi lierojen määrää vain yhdellä kolmesta tutkitusta koepaikasta (Nuutinen 1992).

2.2.2. Nurmisivuvirrat

Tähteksi katsottavia biomassoja voi syntyä nurmikasvustoista, jotka eivät ole varsinaisia rehunurmia. Tällaisia pellonkäyttömuotoja ovat viherlannoitusnurmet, suojavyöhykkeet ja luonnonhoitopellot.

Viherlannoitusnurmen sisältämien ravinteiden on tarkoitus lannoittaa seuraavaa satoa ja samalla kartuttaa maaperän orgaanisen aineksen määrää. Tukehtojen mukaan sadon saa kuitenkin korjata, eikä esimerkiksi ensimmäisen niiton korjuu vaikuta merkittävästi orgaanisen ainekseen määrään, sillä nurmi kasvaa niiton jälkeen uuden sadon, jonka voi niittää ja jättää peltoon lannoitustarkoituksessa.

Suojavyöhykkeitä perustetaan ravinnevalumien pienentämiseksi. Ympäristökorvauksen sitoumusehtojen mukaan suojavyöhykkeen kasvusto on niitettävä vuosittain kasvukauden aikana. Niitetty kasvimassa on korjattava pois suojavyöhykkeeltä ja sen voi käyttää hyödyksi. Suojavyöhykkeiden nurmien käyttö energiantuotannossa ei siis muuta maaperän laadun tai maaperän hiilen määrää nykykäytäntöön verrattuna.

Luonnonhoitopellon on tarkoitus parantaa maaperän laatua ja maatalousympäristön monimuotoisuutta eikä niiltä tyypillisesti poisteta biomassaa vuosittain. Luonnonhoitopellon nurmikasvusto on kuitenkin niitettävä joka toinen vuosi, ja niittojätteen saa halutessaan korjata pois ja hyödyntää taloudellisesti. Korjuu ei kuitenkaan ole pakollinen.

Käytännössä suojavyöhykenurmien korjuu ja käyttö energiantuotannossa olisi maaperän hiilen kannalta hyväksyttävää, koska se on korjattava pois vyöhykkeeltä joka tapauksessa. Viherlannoitusnurmien ja luonnonhoitopeltojen nurmien korjuu ja energiakäyttö ei myöskään merkittävästi vähentäisi niiden vaikutusta maaperän hiileen korjaamattomaan satoon verrattuna. Mikäli energiantuotannon teknologia mahdollistaisi osan hiilestä palauttamisen peltomaahan, prosessiketju voisi kokonaisuudessaan olla maaperän hiilen kannalta kaikilla näillä nurmilla positiivinen.

Säilörehua tuotetaan tiloilla tyypillisesti jonkin verran yli tarpeen, ja tämän ylijäämän voidaan katsoa olevan jätettä. On tavallista, että ylijäämäpaalien sisältö jää hyödyntämättä, eikä niitä aina palauteta pelloille. Ylijäämäpaalien käyttäminen energiantuotantoon ei siksi tuo negatiivisia lisävaikutuksia peltomaan hiilivarastoon tai laatuun. Vaikutus voi olla jopa positiivinen nykytilanteeseen verrattuna, jos niiden orgaaninen aines palautetaan peltoon esimerkiksi biokaasutuotannon mädätysjäännöksenä.

Ruokinnassa syntyviä rehuhävikkejä levitetään nykyisin ainakin osittain pelloille, mutta vaikutus maaperän hiileen niillä on pieni. Hävikkien hyödyntäminen esimerkiksi biokaasulaitoksen kautta mahdollistaa paremman ravinteiden hallinnan ja on siksi suositeltavampi käytäntö.

Valtakunnallisessa peltomaan laadun seuranta-aineistossa (Valse) havaittiin, että pitkäaikainen nurmiviljely on kerryttänyt hiiltä maaperään (Saarinen ym. 2019). Myös lyhyempi nurmijakso osana viljelykiertoa parantaa maaperän hiilitasetta (Heikkinen ym. 2013). Nurmi on siis yleisesti ottaen hyväksi maaperän hiilivarastolle ja peltomaan laadulle. Jos lisääntyvä nurmenviljely syrjäyttää yksivuotista viljelyä, voisi se parantaa peltojen keskimääräistä hiilitasetta. Mikäli nurmen energiakäyttö tukisi lisääntyvää nurmenviljelyä alueilla, joilla nurmea ei viljelykierroissa ole juuri käytetty ja joilla maaperän hiilivarastot ovat laskeneet, se voisi kokonaisuudessaan edistää peltomaiden hiilivarastojen positiivista kehitystä.

2.2.3. Alus- ja kerääjäkasvit

Alus- ja kerääjäkasvien biomassan määrä ei ole kovin merkittävä Suomessa nykyään ja niiden korjuu voi osoittautua siksi kustannustehottomaksi. Korjuuta ei kuitenkaan ole kielletty. Jos aluskasvin biomassaa käytetään energian tuotantoon, sen positiiviset maaperävaikutukset heikentyvät, ellei sitä palauteta peltoon esimerkiksi mädätysjäännöksenä. Suomessa tyypillisen aluskasvin on arvioitu kerryttävän maaperän hiilivarastoa noin 175 kg hehtaarille vuodessa (Heikkinen ym. 2021). Tämä ei kuitenkaan aivan riitä keskimääräisen pellon havaitun hiilivaraston vähenemän (220 kg; Heikkinen ym. 2013) korvaamiseksi, joten kyseessä ei ole varsinaisesti hiilivaraston nettolisäys. Erityisen onnistunut aluskasvin kasvusto toki pystyy myös kasvattamaan maaperän hiilivarastoa, mutta se ei ole todennäköistä, jos massa käytetään energiantuotannossa ilman, että sitä palautetaan peltomaahan. Alus- ja kerääjäkasvit tuovat peltoon kaivattua kasvipeitteisyyttä ja energiakäyttöön korjuusta huolimatta lisää hiilisytettä verrattuna pelkän yksivuotisen kasvin viljelyyn. Jos niiden energiakäytön lisääntyminen edistäisi alus- ja kerääjäkasvien yleistymistä yksivuotisten kasvien viljelyssä, sillä voisi olla jopa maaperän laatua edistävä nettovaikutus kasvintuotannossa.

2.2.4. Muut tähteet ja jätteet

Energiantuotantoon saattaa tulevaisuudessa tulla tarjolle muitakin kasvintähteitä, kuten erilaiset naatit esimerkiksi sokerijuurikkaan tuotannosta. Nykyään ne jäävät tyypillisesti pellolle korjuun jälkeen. Jos niitä hyödynnetään ja ne viedään takaisin esimerkiksi kompostin tai mädätysjäännöksen muodossa, ei maaperän laatuun kohdistune paineita. Jos niiden sisältämä orgaaninen aines ei palaudu peltoon, on tarpeen ylläpitää maan laatua muilla keinoin, esimerkiksi alus- tai kerääjäkasvin avulla.

Yllä kuvatut näkökohdat oljen hyödyntämisestä soveltuvat myös muihin kasvintähteisiin, kuten naatteihin. On kuitenkin huomattava, että juurikkaista ei maahan jää juurimassaa, joten naattien hyödyntäminen vähentää hiilisyötettä maahan suhteellisesti enemmän kuin viljan oljen hyödyntäminen.

2.3. Vaatimukset maaperävaikutusten hallinta- ja seurantajärjestelmälle kestävyysjärjestelmässä

RED II -direktiivin artiklan 29.2 mukaan jäsenvaltioilla tulee olla seuranta- tai hallintasuunnitelmat maatalouden jätteiden ja tähteiden käytön maaperän laatuun ja maaperän hiileen kohdistuviin vaikutuksiin puuttumiseksi sellaisen bioenergiatuotannon osalta, joka luetaan mukaan uusiutuvan energian osuuteen ja velvoitteeseen ja jolle myönnetään tukia.

Direktiivin teksti:

”Jätteistä ja tähteistä, jotka eivät ole peräisin metsätaloudesta vaan maatalousmaasta, tuotetut biopolttoaineet, bionesteet ja biomassapolttoaineet on otettava huomioon 1 kohdan ensimmäisen alakohdan a, b ja c alakohtaa sovellettaessa vain, jos haltijoilla tai kansallisilla viranomaisilla on käytössä seuranta- tai hallintasuunnitelmat maan laatuun ja maaperän hiileen kohdistuviin vaikutuksiin puuttumiseksi. Näiden vaikutusten seuranta ja hallintaa koskevat tiedot on raportoitava 30 artiklan 3 kohdan nojalla.”

Direktiivi ei tarkkaan määrittele, miten seurantajärjestelmä toteutetaan. IEEP on kirjoittanut ohjeistuksen (EC 2021), jossa on hahmoteltu kaksi vaihtoehtoista lähestymistapaa.

- **Tier 1**; valtakunnan tasolla toteutettava seuranta. Maa, josta käytettävät maatalouden sivuvirrat tulevat, vaatii olennaisten maaperänhoitotoimien toteutusta ja seuraa niiden käyttöä.
- **Tier 2**; tilatason seuranta. Sivuvirtoja toimittava tila tai niitä keräävä toimija osoittavat, että olennaiset maaperänhoitotoimet ovat käytössä.

Tier 1 -tasoinen seuranta ei Suomessa tällä hetkellä toteudu, koska Suomessa ei vaadita maaperänhoitotoimien toteutusta kaikilta tiloilta, ja havaitusta hiilivaraston vähentymisestä voidaan päätellä, etteivät toteutuneet toimet ole olleet riittäviä peltomaan hiilivarastojen säilyttämiseksi ilman energiakäyttöäkään (Heikkinen ym. 2013). Kansallisessa maaperäseurannassa hiilipitoisuuden muutoksia on seurattu vuodesta 1974 lähtien noin 10 vuoden välein tehtävällä näytteenotolla. Tuoreimmassa vuoden 2018 näytteenottoverkostossa oli noin 630 näytteenottopistettä. Maaperäseurannan perusteella peltomaan pintakerroksen hiilipitoisuus on laskenut vuodessa keskimäärin 0,4 % mikä vastaa noin 220 kg:n suuruista hiilivaraston hävikkiä hehtaarilta vuodessa (<https://stat.luke.fi/indikaattori/hiilen-määrä-peltomaassa>). Myöskään kauden 2023–2027 maatalouspolitiikkaa suuntaavan CAP-

suunnitelman luonnos ei sisällä riittävästi kaikille tiloille sovellettavia ehtoja, jotta voitaisiin olettaa maaperän hiilivarastojen kasvavan. Alla keskitytään siksi tarkastelemaan sitä, miten tilatason tiedot voitaisiin kerätä Tier 2:n toteuttamiseksi.

Tier 2:ssa ne tilat, jotka myyvät tai luovuttavat biomassaa energiakäyttöön, joutuvat todistamaan, että tilalla on noudatettu maaperän laatua ylläpitäviä maaperänhoitotoimia. Tällaisia toimia on listattu IEEP:n raportissa (EC 2021) ja ne on kerätty lukuun 2.4.1. Vaihtoehtoisesti jos tilalla on käytetty muita kuin listattuja maaperänhoitotoimia, näiden muiden toimenpiteiden käyttö tulee todistaa ja sen lisäksi pitää toteuttaa maaperän hiilen ja maan laadun seuranta ja siten osoittaa, että energiakäytöllä ei aiheuteta hiilen vähenemää eikä maaperän laadun heikkenemistä. Todistustaakka eli raportointivelvollisuus Tier 2:ssa on biomassaa keräävillä tahoilla, mutta käytännössä he joutuvat keräämään tiedon tiloilta, joilta biomassaa hankkivat. Direktiivin artikla 30.3 määrittelee, miten seurannan tulokset tulee raportoida.

Raportoitujen tietojen oikeellisuutta valvotaan tarkastusten avulla. Kriteerit riippumattomalle tarkastukselle on esitetty dokumentissa, jonka on julkaissut International Sustainability & Carbon Certification (ISCC 2016a). Dokumentin alussa määritellään, että ohjeistus koskee RED-direktiivin aiempia versioita, mutta sitä on mahdollisesti tarkoitus käyttää myös RED II -direktiiviä sovellettaessa. Ohjeistuksen mukaan auditoinnit suoritetaan jälkikäteen, vuosittain, tiloilla. Myös tilojen ryhmäauditointi on mahdollinen.

Biomassatuotannon kestävyysvaatimusten tulee seurata paikallisia ja kansallisia lakeja ja vaatimuksia sekä ISCC:n kestävyysvaatimuksia (ISCC 2016b) (https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC_202_Sustainability_Requirements_3.0.pdf). Näiden erotessa seurataan tiukempaa ohjeistusta. Maatilojen auditoinnin tulee kattaa tilan koko pinta-ala, myös vuokratut maa-alat, huolimatta siitä kattaako tarkastettava toiminta kaikki alat.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään Tier 2 -ehtojen toteutumista Suomessa tyypillisissä viljelyjärjestelmissä.

2.4. Milloin kestävyyskriteerien voidaan katsoa täyttyvän Tier 2 -tasolla?

2.4.1. Millaisia menetelmiä hankinta-alueilla/tilakohtaisesti tulisi edellyttää, jotta kriteerin katsotaan täyttyvän

IEEP:n selvityksessä nimetään maaperänhoitotoimia, joiden tiedetään tukevan orgaanisen aineksen kertymistä maaperään ja tukevan maaperän laadun ylläpitoa ja paranemista (EC 2021). Toimet on valittu niin, että ne olisivat laajasti käyttöön otettavissa EU:n alueella ja niillä on matala riski muille negatiivisille ympäristövaikutuksille. Listatut toimet ovat:

1. **Monipuoliset viljelykierrot.** Vähintään viiden eri kasvin viljelykierto sisältäen vähintään yhden palkokasvin.
2. **Maanpeitekasvien käyttö.** Maanpeitekasvien kylvö paikallisilla lajiseoksilla sisältäen vähintään yhden palkokasvin. Tavoitteena on, että tilan peltoalasta on vuosittain katettuna vähintään 75 %.
3. **Maaperän tiivistymisen ehkäiseminen.** Toimenpiteet pelloilla suunnitellaan niin, että voidaan välttää märällä pellolla liikkumista, märkien peltojen muokkausta vältetään.

4. **Niittotähteen polton välttäminen.** Poikkeuksena tapaukset, joissa polttokehoitus on annettu kasvinterveyteen liittyvistä syistä.
5. **Happamien maiden kalkitus.** Kalkitusta suositellaan tapauksissa, joissa sillä on kasvintuotantoon positiivinen vaikutus.

Kaikki mainitut toimet ovat käytössä Suomessa, mutta niiden käyttö niittotähteen polton välttämistä lukuun ottamatta ei ole pakollista. Kaikkien näiden toimien toteutumista ei seurata systemaattisesti.

Ympäristöohjaus on muuttumassa vuodesta 2023 alkaen. Kansallinen CAP-suunnitelma valmistuu vuoden 2022 loppuun mennessä, jonka jälkeen se lähetetään hyväksyttäväksi Euroopan komissioon. Uuden ohjelmakauden tukiehdoista ei ole vielä saatavilla lopullista tietoa. Alla arvioidaan menetelmien yleisyyttä käytettävissä olevien alustavien tietojen mukaan.

Monipuoliset viljelykierrot: Viiden kasvin viljelykierto on Suomessa hyvin harvinainen, eikä sellaisen tukemiseen ole tulossa toimia myöskään uuteen CAP-suunnitelmaan tavanomaisessa maataloustuotannossa. Luomutiloilla viljelykierrosta 30 % täytyy olla nurmipalkokasveja (apiloita, mailasia, virnoja ym.). Tavanomaista maataloustuotantoa harjoittavien maatilojen on ollut mahdollista valita ympäristökorvauksen lohkokohtainen toimenpide viherlannoitusnurmien. Viherlannoitusnurmien perustamiseen käytettävän siemenen painosta vähintään viidesosa on oltava typensitojakasvien siemeniä. Nykyisessä markkinatilanteessa on kuitenkin epätodennäköistä, että viljelijä haluaisi myydä lannoitustarkoitukseen kasvatetun nurmen kasvimassan nykyisillä bioenergiakasveista saatavilla hinnoilla bioenergiakäyttöön. Poikkeuksena voisi olla biokaasukäyttö, jossa kasvimassapohjainen mädätysjäännös palautetaan samaan peltoon mädätyksen jälkeen. Tällöin tila saisi kasvimassan typen käyttöönsä liukoisempana ja kasveille käyttökelpoisemmassa muodossa. Voidaan arvioida, että bioenergian tuotanto tähän tapaan ei vaikuttaisi maaperän hiilivarastoa alentavasti, koska käsittelyn jälkeen jäljellä oleva orgaaninen aines on luonteeltaan hyvin pysyvää ja tyypillisesti se osa kasvista muutenkin varastoituisi maahan. Tieto tavanomaisen ja luonnonmukaisen tuotannon viljelykierroista, luonnonhoitopelloista ja viherlannoitusnurmista on saatavissa Ruokaviraston IACS-rekisteristä lohkokohtaisesti.

Maanpeitekasvien käyttö: Kerääjäkasvilla tarkoitetaan kasvustoa, joka käyttää yksivuotisen varsinaisen viljelykasvin jälkeen maahan jääviä ja viljelykasvin tähteistä tai maasta vapautuvia ravinteita ja suojaa maata lisäämällä kasvipeitteisyyttä viljelykasvin sadonkorjuun jälkeen (Ruokavirasto 2021c). Kerääjä- ja aluskasvit ovat olleet suosittuja, ja rahoitus niihin todennäköisesti kasvaa siirryttäessä seuraavalle ohjelmakaudella vuonna 2023. Kerääjäkasvit ovat useimmiten raiheinää tai apilaa (Känkänen 2019), joista apilat täyttäsivät vaatimuksen typensitojakasvista, jos sitä on seoksessa. Lohkokohtainen tieto kerääjä- ja aluskasveista on tilattavissa Ruokaviraston aineistoista niiltä pelloilta, joille on maksettu toimesta ympäristökorvausta. Korvausta maksetaan enintään 25 %:lle tilan pelloista, joten vaatimus 75 %:n kattavuudesta ei toteudu nykyisellä ympäristökorvaustoimella. Tulevalla ohjelmakaudella korvausta on suunniteltu maksettavaksi 30 %:lle tilan ympäristökorvauskelpoisesta peltoalasta. On siis todennäköistä, että vaadittu 75 %:n peittävyysvaatimus ei toteudu laajassa mittakaavassa.

Maaperän tiivistymisen ehkäiseminen: Maan tiivistymisestä ei ole tilastotietoa saatavilla. Ruokavirastossa on aineisto, johon on tallennettu viljelijöiden itsearvio lohkojensa tilasta. Peltomaan laatu testi on tehty kaikilla ympäristökorvaukseen sitoutuneilla tiloilla, eli yli 90 % tiloista on tehnyt arvion kaikilta yli 0,5 hehtaarin suuruisilta peruslohkoilta ajanjaksolla 2014–2020. Voidaan arvioida, että viljelijät omaehtoisesti välttävät maaperän tiivistymistä, koska se

on Suomen oloissa tärkeää peltojen kasvukunnon säilyttämiseksi. Myös tukiehdoissa vaaditaan määrällä pellolla ajamisen välttämistä.

Niittotähteen polton välttäminen: Sängen poltto on ollut kiellettyä vuodesta 2021 alkaen (Ruokavirasto 2021b). Sängellä tarkoitetaan viljan, öljykasvien, kuitukasvien, palkokasvien tai siemenmausteiden sänkeä, eli leikatun kasvin maahan jäävää tyviosaa. Aikaisemmin sängen poltto oli sallittua silloin, jos se oli välttämätöntä kylvön toteutuksen tai rikkakasvien, kasvitautien tai tuholaitosten torjunnan vuoksi. Tilastoja lohkoista, joilla polttoa on tapahtunut, ei ole, mutta kasvihuonekaasuinventaarioon kerättyjen asiantuntija-arvioiden mukaan se on viime vuosikymmeninä ollut erittäin vähäistä. Tämän ehdon voidaan siis katsoa täyttyvän koko maan tasolla hyvin ja valtakunnallisen kiellon vuoksi tämän osalta voidaan Tier 1 -ehdon katsoa toteutuvan.

Happamien maiden kalkitus: Kalkitusmääriä seurataan koko maan tasolla kasvihuonekaasuinventaariossa, jossa lasketaan kalkituksesta johtuvia hiilidioksidipäästöjä (Tilastokeskus 2021). Lohkokohtaista tietoa kalkituksesta ei ole saatavilla. Tämän ehdon voidaan katsoa täyttyvän Suomessa hyvin, koska kalkitus on välttämätöntä peltojen sadontuoton kannalta.

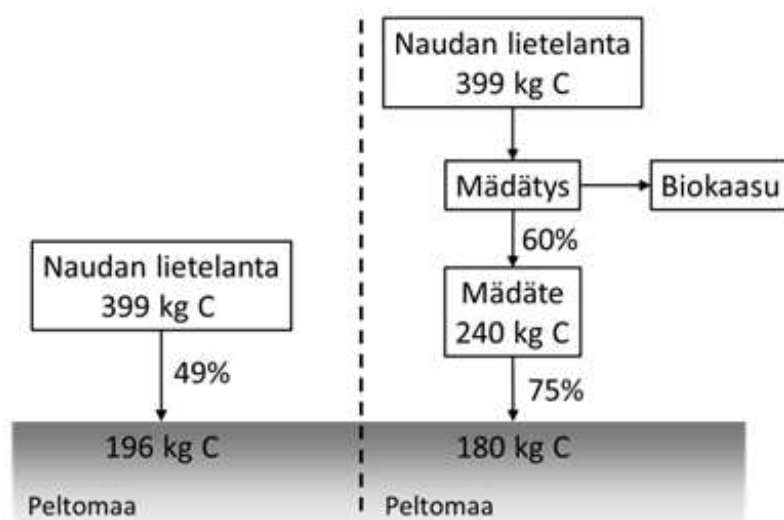
Monipuolisten viljelykiertojen tai 75 % kasvipeitteisyyden voidaan arvioida säilyttävän maaperän hiilivarastoja huomattavasti keskimääräisiä käytäntöjä paremmin, ja biomassan energiakäyttö tällaisilta pelloilta todennäköisesti olisi Suomessakin kestäväällä pohjalla. Tämän tyyppisiä käytäntöjä ei kuitenkaan Suomessa toteuteta kovin yleisesti. Suomessa tiedetään olevan tiivistyneitä pelloja, joten tiivistymisen välttämisen ei voi katsoa yleisesti toteutuvan, vaikka pyrkimys siihen on tavallista. Niittotähteen polton välttämisen vaatimus toteutuu Suomessa hyvin. Kalkitusehdon voi myös katsoa täyttyvän Suomessa melko hyvin, koska viljely ei Suomen happamassa maaperässä onnistu ilman kalkitusta. Kolmen viimeisen käytännön (tiivistymisen ja kulotuksen välttäminen sekä kalkitus) eivät kuitenkaan yksittäisinä toimina todennäköisesti riitä takaamaan pellon hiilivarastojen säilymistä.

Vaihtoehtoiset Suomeen soveltuvat toimet:

Peltomaan pitkäaikaisen seurannan perusteella tiedetään, että monivuotinen nurmi on keskimäärin johtanut maaperän hiilivaraston kasvuun (Saarinen ym. 2019). Siten monivuotisten nurmikasvustojen voidaan katsoa täyttävän tavoitteen hiilivaraston ylläpitämisestä, vaikka biomassaa vietäisiin energiantuotannon raaka-aineeksi. Pitkäaikaisista nurmista voidaan saada lohkokohtainen tieto Ruokavirastosta.

Meneillään olevassa Maahinen-hankkeessa (<https://www.luke.fi/projektit/maahinen/>) tutkitaan tarkemmin viljelykiertojen vaikutusta maaperän hiileen käyttäen tuoreinta maaperäseurannan dataa. Alustavien tulosten perusteella monipuolinen viljelykierto, jossa on mukana vähintään kolmen eri viljelykasvir ryhmän kasvia, on huomattavasti parempi hiilen kannalta kuin pääosin yksivuotiset kierrot, mutta heikompi kuin nurmivaltainen. Tarkempia tuloksia hankkeesta on odotettavissa vuoden 2022 aikana.

Oleellisinta maaperän hiilen kannalta on, että orgaanista ainesta edelleen sisältävä lopputuote, kuten mädätysjäännös tai biohiili, palautetaan peltoon. Se, palautuuko orgaaninen aines juuri samalle tilalle, saati samalle lohkolle, ei ole olennaista. Kokonaisuuden kannalta on tärkeintä, että orgaanista ainesta sisältävät energiantuotannon lopputuotteet levitetään peltomaahan jollain tilalla. Prosessoinnin kautta orgaanista ainesta voidaan jopa siirtää pelloille/alueille, jotka erityisesti kärsivät orgaanisen aineksen puutteesta. Koska em. lopputuotteissa on aina myös ravinteita, niiden käyttöä säädellään sallittujen enimmäislannoitusmäärien kautta (rajoittavana ravinteena yleensä fosfori) ja niiden käyttö lannoitteena mahdollistaa yhtä aikaa myös ravinteiden kierrätyksen sinne, missä niitä tarvitaan. Parhaassa tapauksessa samalla siirtyy sekä orgaanista ainesta että ravinteita kohteisiin, joissa niille suurin tarve on.



Kuva 1. Arvio lannan mädätyksen vaikutuksesta maaperän hiilivarastoon (Heikkinen ym. 2021). Vaikka hiiltä poistuu energiantuotannossa, maahan palautettu orgaaninen aines on hitaammin hajoavaa kuin prosessiin syötetty raaka-aine. Siten maahan jäävän hiilen määrä on miltei sama raakalietteestä kuin mädätetystä. Kasvintähteen osalta mädätyksen voidaan arvioida vaikuttavan samansuuntaisesti.

2.4.2. Miten luomutila täyttää vaatimukset?

Luonnonmukainen tuotanto perustuu viljelykierron hyödyntämiseen. Luomusääntöjen mukaan jokaisella loholla palkokasvien osuus viljelykierrosta on oltava vähintään 30 % (Evira 2018). Typensitojakasvien avulla tuotetaan pääosa myyntikasvien tarvitsemasta typestä. Viljelykierron avulla pyritään myös pitämään kurissa rikkakasvit, kasvitaudit ja tuholaiset. Näin ollen voidaan olettaa, että luomupellot täyttävät viiden kasvin viljelykiertovaatimuksen. Luonnonmukaisesti viljeltyä ja luomuvalvonnassa olevaa peltomaata on noin 14 % Suomen kokonaispeltopinta-alasta (Iivonen ym. 2021).

Luomuviljelyssä paljaan maan osuus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Avokesantoja käytetään vain vaikeissa rikkakasvitilanteissa, ja silloinkin syksyllä peltoon kylvetään viljelykasvi tai kerääjäkasvi. Valtaosa (63 %) luomuviljelystä pinta-alasta on nurmea (Iivonen ym. 2021). Kerääjäkasveja käytetään myös luomutuotannossa, mutta ei ole olemassa tilastoja siitä, kuinka paljon muusta kuin nurmialasta (37 %) on luomussa kasvipeitteisenä ympäri vuoden.

Luomutilojenkaan osalta maan tiivistymisestä ei ole saatavilla tilastotietoa. Sängen polttokiello koskee kaikkia maatiloja, myös luomutiloja. Tietoja kalkituksesta tai maanparannuskalkin myynnistä luomutiloille ei ole saatavilla.

Luomutilat täyttävät pääosin listatut toimet (EC 2021). Maanpeitevaatimus ei täyty suoraan luomuehdoista, koska luomuehtojen mukaan myyntikasvien viljelyosuuden pitää olla 30 % tilan pinta-alasta. Luomutiloilla viljellään suhteellisen paljon syyskylvettäviä viljoja ja valkuaiskasveja, joten 75 % maanpeitekasvuston tavoite saavutetaan useimpina vuosina. Ympäristökorvauksessa mukana olevien tilojen (myös luomutila voi kuulua ympäristökorvauksen piiriin) talviaikaisen kasvipeitteisyyden määrä ilmoitetaan vuosittain Ruokavirastolle lokakuun loppuun mennessä (Ruokavirasto 2021d).

2.4.3. Tilojen toiminnasta kerättävät tiedot

Maatalouden ympäristöohjaus on perustunut EU:n kaikkia viljelijöitä velvoittaviin täydentäviin ehtoihin (Ruokavirasto 2021b) ja viljelijöille vapaaehtoiseen maatalouden ympäristökorvausjärjestelmään (Ruokavirasto 2021c), joka on toteutettu maaseudun kehittämisohjelman kautta (MMM 2021). Lohkokohtaisiin muistiinpanoihin merkitään lohkon perustiedot ja tiedot vuosittaisista viljelytoimenpiteistä joka vuosi. Lohkokohtaisiin muistiinpanoihin merkittävät tiedot ja niiden säilytysajat on lueteltu yksityiskohtaisesti Ruokaviraston oppaassa Maataloustuotannon kirjaamisvaatimukset (Ruokavirasto 2021a). Muistiinpanoille ei ole muodollisia vaatimuksia ja niitä säilytetään tilalla. Osa tiedoista liittyy ilmoittamisvelvoitteita viranomaisille. Lohkokohtaiset muistiinpanot eivät sisällä tietoa, josta voisi suoraan seurata maaperän laatua tai hiilivarastomuutoksia.

Lohkokirjanpidosta voidaan todentaa listatuista toimista käytetty viljelykierto, maanpeitekasvien käyttö ja happamien maiden kalkitus. Lohkokirjanpidosta ei välttämättä voida todeta maan tiivistymisen ehkäisyä suoraan eikä niittotähteen polton ehkäisyä, koska se on lakisääteisesti kielletty toimenpide. Maaperän tiivistymisen ehkäisystä lohkokirjanpidossa voi olla mainintoja, mutta se ei ole suoraan minkään vaadittavan toimenpiteen ehtona. Lohkokirjanpidon perusteella voitaisiin seurata hiilivarastoa ylläpitävien menetelmien käyttöä jo nykyisellään soveltuvien osin (mm. käytetyt viljelykasvit, orgaaninen lannoitus, korjattu sato). Jos lohkokirjanpitoon kuuluvaan maan viljavuuden seurantaan (viljavuustutkimus) pystyttäisiin kehittämään luotettava maan hiilipitoisuuden mittaustapa, ja siihen liittyvä näytteenotto

toteutettaisiin ammattimaisesti, siitä olisi mahdollista kehittää kohtuullinen peltomaan hiilen seurantaväline.

2.4.4. Mahdollisuudet seurata maaperän hiilivarastojen muutosta

Maatalouden ympäristökorvauksen tilakohtaiseen toimenpiteeseen on suunnitteilla vaatimukseksi maanäytteenotto viljelyssä olevista pelloista kerran viidessä vuodessa. Näytteestä analysoitaisiin orgaanisen aineksen pitoisuus, ja toimenpide koskisi kaikkia ympäristösitoumuksen tekeviä tiloja eli tiloja, jotka sitoutuvat noudattamaan ympäristökorvauksen sitomusehtoja. Vaikka näytteenotto näin ollen tapahtuisi lohkokohteisesti, ei tälläkään tavalla todennäköisesti pystytä todentamaan lohkokohkaisia maaperän hiilivarastomuutoksia. Maaperän hiilen vaihtelu yksittäisen peltolohkon sisällä on suurta, minkä lisäksi maaperänäytteenottoon, näytteiden käsittelyyn ja analyysiin sisältyy epävarmuutta. Hiilen muutosten luotettava mittaaminen maaperänäytteistä vaatii tästä syystä suurta näytemäärää ja pitkää ajallista väliä näytteenoton välillä (Smith 2004; Smith ym. 2020). Asiaa on tutkittu myös suomalaisilla peltomailla, missä havaittiin, että suurienkin hiilivarastomuutosten todentamiseen tarvitaan vähintään kymmeniä näytteitä (Heikkinen ym. 2021). Maaperänäytteisiin perustuva todentaminen olisi siis aivan liian työläs ja kallis peltolohko- tai tilatasolla. Sama koskee menetelmiä, jotka perustuvat kaasuntuoton mittaukseen.

Lohkotason maaperän hiilivarastomuutoksia voisi periaatteessa mallintaa hyödyntämällä kaukokartoitusaineistoja ja maaperän hiilimalleja (esim. RothC, Yasso, ICBM). Tämän suuntaista kehitystyötä tehdään esim. Biohila- ja Multa-hankkeissa, mutta ainakaan toistaiseksi valmista mallinnustyökalua ei kuitenkaan vielä ole. Näin ollen hyvää, luotettavaa ja edullista mittaria lohkokohkaisten muutosten seurantaan ei tällä hetkellä ole. Toimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa joudutaankin tukeutumaan kirjallisuudesta saataviin keskimääräisiin arvioihin.

3. Johtopäätökset

Selvityksen perusteella Tier 1 -tason seuranta ei riittäisi todentamaan maatalousmaasta peräisin olevien jätteiden ja tähteiden käytön kestävyyttä Suomessa. Tier 2 -tason mukainen seuranta- ja hallintasuunnitelma voidaan Suomessa toteuttaa parhaiten seuraamalla peltoviljelyn toteutusta tilojen lohkokirjanpidon tai Ruokavirastosta saatavien vastaavien lohkokohtaisten tietojen perusteella. Toimijoilta tulee siis vaatia lohkokirjanpidon toteutusta ja säilyttämistä mahdollista auditointia varten. Biomassaa keräävän toimijan pitää myös olla tietoinen eri biomassojen alkuperästä.

Jos kuitenkin päädyttäisiin hiilivarastomuutosten seurantaan, se kannattaa toteuttaa mittaussaineistojen perusteella verifioitujen maaperän hiilimallien avulla eikä mittaamalla maaperän hiilipitoisuutta suoraan.

Jos toimien seurantaan halutaan käyttää IEEP:n selvityksessä annettua listausta, niin tiedot näistä toimenpiteistä saa lohkokirjanpidosta ainakin monipuolisten viljelykiertojen, maanpeitekasvien, kulotuksen ja kalkituksen osalta. Peltojen tiivistymisestä siinä ei ole tietoa, mutta tiivistymisen mahdollisuuden pystyy epäsuorasti arvioimaan pellolla ajoa vaativien toimenpiteiden toteutuspäivämäärien perusteella. Ruokavirastosta puolestaan voi pyynnöstä saada tiedon lohkolla olleesta viljelykasvista tai maanpeitekasvista.

Jos kestäviksi käytännöiksi voidaan hyväksyä myös kansallisin kriteerein valittuja toimenpiteitä, niitä on hyvä listata tiedoksi toimijoille. On tunnistettavissa käytäntöjä ja biomassoja, joiden osalta biomassan energiakäyttö ei todennäköisesti aiheuta riskiä maaperän laadulle tai hiilivaraston koolle Suomessa verrattuna pellon vaihtoehtoiseen nykykäyttöön. Tällaiseksi voidaan katsoa kaikki käytännöt, joissa biomassa palautuu käsittelyn jälkeen peltoon. Lisäksi alla listatut biomassat olisivat hyväksyttävissä energiakäyttöön, ja niiden kohdalla riittäisi melko yksinkertainen tieto lohkolla toteutetuista toimenpiteistä tai biomassan alkuperästä (mikä on viljelykasvi, mikä osuus biomassasta poistettu ja palautettu peltomaahan). Näiden osalta ei tarvittaisi vaatimusta edes biomassan palauttamisesta käsittelyn jälkeen peltomaahan.

- Olki, jos puolet olkimassasta (vuositasolla tai vuosien yli) jää peltoon
- Suojavyöhykkeiltä poistettu kasvusto
- Viherlannoitusnurmen kasvusto
- Luonnonhoitopellolta poistettu kasvusto
- Ylijäämärehujen käyttö
- Tähän kategoriaan voitaisiin mahdollisesti lukea myös kaikki luomutilojen pellot

Aluskasvien, kerääjäkasvien ja naattien energiakäytön yhteydessä on syytä vaatia biomassan palauttamista peltoon käsittelyn jälkeen, koska muuten on oletettavissa hiilivaraston vähenemä verrattuna näiden biomassojen tavanomaiseen käsittelyyn. Naattien poiston negatiivinen vaikutus maaperän hiilivarastoon voidaan tarvittaessa korvata käyttämällä esimerkiksi aluskasvia viljelyssä.

Kaikkien yllä mainittujen biomassojen ja viljelymenetelmien maaperävaikutuksista voi kuitenkin tulla uutta tietoa saataville, joka kannattaa huomioida seurannan toteutuksessa mahdollisuuksien mukaan.

Viitteet

- Bell, J.M., Smith J.L., Bailey, V.L. & Bolton, H. 2003. Priming effect and C storage in semi-arid no-till spring crop rotations. *Biology and Fertility of Soils* 37: 237–244. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0587-4>
- Blanco-Canqui, H. & Lal, R. 2009. Crop Residue Removal Impacts on Soil Productivity and Environmental Quality. *Critical Reviews in Plant Sciences* 28: 139–163. <https://doi.org/10.1080/07352680902776507>
- Borresen, T. 1999. The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. *Soil and Tillage Research* 51: 91–102. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00030-6)
- Campbell, C.A., Lafond, G.P., Zentner, R.P. & Biederbeck, V.O. 1991. Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 443–446. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90007-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90007-7)
- EC 2021. Technical Assistance for the preparation of guidance for the implementation of the new bioenergy sustainability criteria set out in the revised Renewable Energy Directive REDIIBIO – final report. Saatavissa: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1fe27161-abbb-11eb-927e-01aa75ed71a1/language-en>
- Evira. 2018. Luonnonmukainen tuotanto 1. Yleiset ja kasvintuotannon ehdot. 7. painos. Eviran ohje 18219/7. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Helsinki. 63 s. Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran_ohje_18219_7_fi_050718.pdf
- Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V. & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469. <https://doi.org/10.1111/gcb.12137>
- 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>
- Iivonen, S., Koikkalainen, K., Miettinen, A. & Autio, S. 2021. Tavoite 5: Luonnonmukaiseen maatalouden piiriin kuuluva maatalousmaa ja agroekologisten käytäntöjen käyttö. Julkaisussa: Kärkkäinen, L. ja Koljonen, S. (toim.). Arvio EU:n biodiversiteettistrategian 2030 vaikutuksista Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 75/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 148–167. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-298-8>
- ISCC 2016a. ISCC 204 Audit Requirements and Risk Management. Saatavissa: [https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC 204 Audit Requirements and Risk Management 3.0.pdf](https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC_204_Audit_Requirements_and_Risk_Management_3.0.pdf)
- ISCC 2016b. ISCC 202 Sustainability Requirements. Saatavissa: [https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC 202 Sustainability Requirements 3.0.pdf](https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC_202_Sustainability_Requirements_3.0.pdf)

- Känkänen, H. 2019. Kerääjäkasvitoimenpiteen laadullinen toteutuminen tiloilla. Julkaisussa: Yli-Viikari, A. (toim.). Maaseutuohjelman (2014–2020) ympäristöarviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 63/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 46–67. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-822-7>
- Kätterer, T., Bolinder, M.A., Andrén, O., Kirchmann, H. & Menichetti, L. 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.029>
- MMM. 2021. Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2014–2020. Versio 9.3. Saatavissa: <https://www.maaseutu.fi/uploads/PDF/Manner-Suomen-maaseudun-kehittämisohjelma-2014-2020.pdf>
- Nuutinen, V. 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil and Tillage Research* 23: 221–239. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(92\)90102-H](https://doi.org/10.1016/0167-1987(92)90102-H)
- Pahkala, K., Hakala, K., Kontturi, M. & Niemeläinen, O. 2009. Peltobiomassat globaalina energianlähteenä. *Maa- ja elintarviketalous* 137. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. 53 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-214-0>
- Pitkänen, J. 1988. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. *Tiedote* 21/88. Maatalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. s. 62–166. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014042925156>
- Pitkänen, J. 1994. A long-term comparison of ploughing and shallow tillage on the yield of spring cereals in Finland. Julkaisussa: Jensen, H.E. ym. (toim.). *Proceedings of the 13th Conference of International Soil Tillage Research Organization*. Vol. II. s. 709–715.
- Powlson, D.S., Glendining, M.J., Coleman, K. & Whitmore, A.P. 2011. Implications for Soil Properties of Removing Cereal Straw: Results from Long-Term Studies. *Agronomy Journal* 103: 279–287. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0146s>
- Rasse, D.P., Rumpel, C. & Dignac, M.-F. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant and Soil* 269: 341–356. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0907-y>
- Ruokavirasto. 2021a. Maataloustuotannon kirjaamisvaatimukset – Opas 2021. Julkaisupäivä 23. helmikuuta 2021. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/opaat/hakuoppaat/maataloustuotannon-kirjaamisvaatimukset/maataloustuotannon-kirjaamisvaatimukset-2021/>
- Ruokavirasto. 2021b. Täydentävien ehtojen opas 2021. Julkaisupäivä: 23. helmikuuta 2021. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/opaat/hakuoppaat/taydentavien-ehtojen-opas/taydentavien-ehtojen-opas-2021/>
- Ruokavirasto. 2021c. Ympäristökorvauksen sitoumusehdot 2021. Julkaisupäivä: 23. huhtikuuta 2021. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/opaat/sitoumus-ja-sopimusehdot/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot/ymparistokorvauksen-sitoumusehdot-2021/>

Ruokavirasto. 2021d. Ympäristökorvauksen syysilmoitus. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/lomakkeet/465.pdf>

Saarinen, M., Kaljonen, M., Niemi, J., Antikainen, R., Hakala, K., Hartikainen, H., Heikkinen, J., Joensuu, K., Lehtonen, H., Mattila, T., Nisonen, S., Ketoja, E., Knuuttila, M., Regina, K., Rikkonen, P., Seppälä, J. & Varho, V. 2019. Ruokavaliomuutoksen vaikutukset ja muutosta tukevat politiikkayhdistelmät. RuokaMinimi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:47. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-773-4>

Singh, P., Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Palojärvi, A., Sheehy, J., Esala, M., Mitra, S., Alakukku, L. & Regina, K. 2015. Tillage and crop residue management methods had minor effects on the stock and stabilization of topsoil carbon in a 30-year field experiment. *Science of the Total Environment* 518–519: 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.027>

Smith, P. 2004. How long before a change in soil organic carbon can be detected? *Global Change Biology* 10: 1878–1883. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00854.x>

Smith, P., Soussana, J.-F., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D.P., Batjes, N.H., van Egmond, F., McNeill, S., Kuhnert, M., Arias-Navarro, C., Olesen, J.E., Chirinda, N., Fornara, D., Wollenberg, E., Álvaro-Fuentes, J., Sanz-Cobena, A. & Klumpp, K. 2020. How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology* 26: 219–241. <https://doi.org/10.1111/gcb.14815>

Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Møller, H.B., Sørensen, P. & Christensen, B.T. 2013. Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biology and Biochemistry* 58: 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.11.006>

Tilastokeskus 2021. Kansallinen inventaarioraportti. Saatavissa: https://stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nir_un_2019_2021_04_14.pdf



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000