

Kuinka paljon viherkesanto- ja hoidettu viljelemätön pelto -lohkoilla olisi satoa biokaasun tuotantoon?

Oiva Niemeläinen¹, Elina Virkkunen², Lauri Jauhiainen¹ ja Timo Lötjönen¹

¹MTT Kasvintuotanto, MTT Planta, 31600 Jokioinen, oiva.niemelainen@mtt.fi

²MTT Kotieläintutkimus, Alueet, Kipinäntie 16, 88600 Sotkamo, elina.virkkunen@mtt.fi

Tiivistelmä

Suomessa on sellaisia ”Hoidettu viljelemätön pelto” (HVP) ja viherkesantopeltoja lähes 190000 ha, joilta kasvimassa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi biokaasuntuotantoon. HVP -lohkojen viljelytoimissa mm. lannoittamisessa on rajoituksia. Pääasiassa kasvustot ovat monivuotisia nurmia. HVP- peltojen ala on suuri suhteessa ruokohelpin viljelyalaan bioenergian tuotannossa (16 620 ha). Hoidetun viljelemättömän pellon ja suojavyöhykenurmen käytöllä on vesistöjen suojeluun ja viljelyn monimuotoisuuteen liittyviä tavoitteita. Olisiko ohjelmien eri tavoitteet mahdollista saavuttaa vaikka sato hyödynnettäisiin esim. biokaasun tuotannossa?

Olisiko HVP peltojen sadon määrä riittävä ja sen laatu sovelias biokaasulaitosten syötteenä? ”Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi” -hankkeessa kartoitetaan viljelijöiden pelloilta kerättyjen näytteiden avulla biomassan määrä ja sen laatu. Hankkeessa tehdään arvioita myös biomassan korjuu- ja varastointikustannuksista. Tässä esityksessä raportoidaan vuosina 2010 ja 2011 maatioilta haettujen näytteiden perusteella biomassan määrää ja laatua viherkesannoilla, luonnonhoitonurmilla ja suojavyöhykkeillä. Näytteitä haettiin Etelä-Suomessa Jokioisista käsin ja Pohjois-Suomessa Sotkamosta käsin. Biomassasadon määrä vaihteli suuresti lohkojen välillä. Vuoden 2010 tulosten mukaan eteläisen otanta-alueen luonnonhoitonurmien lohkojen sato (n=27) oli keskimäärin 5540 kg kuiva-ainetta/ha (vaihteluväli 1330–10300 kg ka/ha. Pohjoisen otanta-alueen (n=16) sato oli keskimäärin 4280 kg ka/ha (vaihteluväli 2170-8530 kg ka/ha). Viherkesantopeltojen vastaavat arvot olivat eteläisellä otanta-alueella 4100 kg ka/ha (vaihteluväli 1720-7760 kg ka/ha; n=18) ja pohjoisella otanta-alueella 4050 kg ka/ha (vaihteluväli 2450-6120 kg ka/ha; n=9).

Vuoden 2010 näytteiden analyysitulosten perusteella laskettuna olisi pelloilta poistunut 7–10 kg fosforia hehtaaria kohti jos sato olisi korjattu. Sadon mukana poistunut typpimäärä olisi ollut 40–70 kg N/ha. Noin kaksi kolmasosaa tuoresadon määrästä oli heinäkasveja. Vuoden 2011 tuloksista on käytettävissä kuiva-ainesadot ja botaaninen koostumus. Vuonna 2011 eteläisen otanta-alueen luonnonhoitonurmien lohkojen sato (n=40) oli keskimäärin 5430 kg ka/ha (vaihteluväli 3000-10260 kg ka/ha. Pohjoisen otanta-alueen (n=20) sato oli keskimäärin 4690 kg ka/ha (vaihteluväli 2140-7130 kg ka/ha). Viherkesantopeltojen vastaavat arvot olivat eteläisellä otanta-alueella 5120 kg ka/ha (vaihteluväli 1850-8780 kg ka/ha; n=23) ja pohjoisella otanta-alueella 4330 kg ka/ha (vaihteluväli 2270-6260 kg ka/ha; n=15).

HPV-peltojen lohkokoko on sängen pieni. Valtaosa HVP-lohkojen kokonaispinta-alasta kuitenkin muodostuu lohkojen koon perusteella luokiteltuna suurimman neljänneksen lohkojen pinta-alasta. Maatalousviraston vuoden 2010 lohkotietoaineiston perusteella 60,4 prosenttia eli 78111 ha luonnonhoitonurmen kokonaisalasta 129370 ha muodostui lohkoista joiden koko oli vähintään 1,45 ha. Viherkesantoalasta 62,4 prosenttia eli 27 441 ha muodostui lohkoilta joiden pinta-ala on vähintään 1,61 ha.

Asiasanat: bioenergia, biokaasu, biomassa, fosfori, lohkokoko, luonnonhoitonurmi, suojavyöhyke, typpi, viherkesanto.

Johdanto

Suomessa oli vuonna 2010 "Hoidettu viljelemättömän pelto" (HVP) kategoriassa peltoja 163000 ha. Syntyneen biomassan hyödyntäminen pellon ulkopuolella on mahdollista muilla tämän peltoluokan kategorioilla paitsi "Riistapello" (24500 ha). Biomassan hyödyntäminen on mahdollista myös viherkesannoilta (44000 ha) ja suojavyöhykkeiltä (7500 ha) (ANON. 2009 ja ANON. 2011). Peltoalaa, jolta sato voitaisiin hyödyntää on runsaat 190000 ha. Hoidetun viljelemättömän pellon, viherkesannon ja suojavyöhykkeiden käytöllä on vesien suojeluun ja viljelyn monimuotoisuuteen liittyviä tavoitteita. Olisiko ohjelmien eri tavoitteet mahdollista saavuttaa vaikka sato hyödynnettäisiin esim. biokaasun tuotannossa?

Prochnowin ym. (2009) mukaan nurmibiomassat sopivat hyvin biokaasulaitosten syötteenä vaikkakin nurmimassan käytössä on havaittu teknisiä ongelmia. Heinäbiomassoista saadaan biokaasutuksella energiaa noin 3 MWh/ kuiva-ainetonni (Lehtomäki 2006). MTT:n ”Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi” –hankkeen tavoitteena on selvittää minkä suuruinen ja -laatuinen biomassa muodostuu eri HVP-pellonkäyttökategorioiden pelloille. Näitä ovat mm. luonnonhoitopello (monivuotinen nurmi), viherkesanto sekä suojavyöhykkeet. Lisäksi arvioidaan sadon korjuun kustannuksia, vaikutuksia ravinnevirtoihin ja huuhtoutumisriskeihin ja arvioidaan näiden peltujen merkitystä kasvilajiston monimuotoisuudelle ja ekosysteemipalveluille. Lisäksi tuotetaan ehdotuksia hoito-ohjeistukseksi mahdollisimman tehokasta biomassan tuotantoa varten siten, että samalla saavutetaan ao. ohjelmille asetettut muut tavoitteet. Tässä kirjoituksessa esitetään kahden ensimmäisen tutkimusvuoden tuloksia maataloilta haettujen näytteiden perusteella sadon määrästä ja koostumuksesta sekä lohkokokotarkastelun tuloksia korjuun kannalta. Hanke jatkuu ja tässä esitettävät tulokset ovat alustavia välituloksia.

Aineisto ja menetelmät

Otantatutkimuksen tekemistä varten saatiin Maaseutuvirastolta hoidettu viljelemätön pelto -kategorioiden (viherkesanto, luonnonhoitopellon eri käyttöluokat) sekä suojavyöhykenurmen ja viherlannoitusnurmen kasvulohkotiedot pinta-aloineen koko maasta ja yhteystietoineen Forssan, Hämeenlinnan, Riihimäen, Kajaanin, Kehys-Kainuun, Etelä-Pirkanmaa, Loimaan, Salon seutukuntien sekä Karkkilan, Nummi-Pusulan, Vihdin, Vieremän, Sonkajärven, Iisalmen, Rautavaaran ja Nurmeksen kuntien alueelta.

Kasvulohkojen koon perusteella rajattiin pienin neljännes otannan ulkopuolelle. Otokseen tulevan lohkon minimikooksi rajautui: viherkesanto 0,39 ha; luonnonhoitopello (nurmikasvit vähintään 2 v) 0,38 ha; suojavyöhykenurmi 0,44 ha. Loput kolme lohkokoon perusteella muodostettua neljänestä muodostivat kolme pinta-alaluokkaa, jotka otettiin otannassa huomioon. Lisäksi otanta-alue jaettiin ensin neljään osaluueeseen: kolme Jokioisista (eri suuntiin Jokioisista) ja yksi Sotkamosta tehtävää näytteiden hakua varten. Ositteita olivat alue ja pinta-alaluokka –kombinaatiot (4x3). Otanta tehtiin kullekin pellon käyttöluokalle erikseen. Kustakin ositteesta poimittiin yksinkertaisella satunnaisotannalla samansuuruinen otos. Satunnaisotantaan tuli Jokioisten keräysalueelta 80 viherkesanto-, 80 HVP monivuotinen nurmi- ja 29 suojavyöhykenurmilohkoa eli yhteensä 199 lohkoa. Sotkamon keräysalueelle tuli 27 viherkesanto-, 26 HVP monivuotinen nurmi- ja 19 suojavyöhykenurmilohkoa eli yhteensä 73 lohkoa. Otantaa täydennettiin haettujen näytteiden jakauman perusteella vuodeksi 2011. Etelä-Suomen kolme otanta-aluetta yhdistetään tulosten käsittelyssä ja raportoinnissa.

Haettavien näytteiden lukumäärätavoitteeksi asetettiin Sotkamon osalta 40 lohkoa ja Jokioisten osalta 80 lohkoa. Sotkamosta näytteet haettiin vuonna 2010 39 lohkolta ja Jokioisista käsin 56 lohkolta. Yhteensä näytteitä saatiin v. 2010 95 lohkolta. Vuonna 2011 Jokioisten keräysalueelta haettiin näyte 73 lohkolta ja Sotkamosta käsin 41 lohkolta. Näytteiden keruu ajoittui noin puolentoista kuukauden ajalle. Valtaosa näytteistä haettiin heinäkuun puolivälin ja elokuun lopun välisenä aikana.

Kultakin lohkolta otettiin neljä satomittausta (4 m pitkä ja 90 cm leveä kaista itsevetävällä sormiteräniittokoneella niitettynä), josta tehtiin edustava yhdistetty näyte sadon botaanista analyysiä ja laatumäärittäystä varten. Näytteistä on tehty kuiva-ainemääritys ja tuoreesta sadosta on tehty botaaninen määritys kolmeen luokkaan: heinäkasvit, palkokasvit, leveälehtiset rikat. Kultakin lohkolta otettiin lisäksi maanäyte normaalia viljavuusanalyysiä varten, että 2,5 cm:n pintamaakerroksesta. Vuonna 2011 57 lohkolta tehtiin myös tarkempi kasvillisuuden monimuotoisuuskartoitus ja otettiin näyte maan siemenpankin määrittämistä varten (tuloksia ei esitetä tässä). Analyysit vuoden 2010 näytteistä on pääosin tehty ja vuoden 2011 näytteiden analysointi on käynnissä. Satonäytteestä tehtiin kaasuntuotannon kannalta keskeisin ominaisuus kuiva-aine (TS=total solids) ja hehkutushäviö eli orgaaninen aine (VS=volatile solids= kuiva-aine, josta vähennetään tuhka=orgaaninen aines). Kaikista näytteistä tehtiin kivennäismääritys

ja osasta vuoden 2010 näytteistä määritettiin myös typpipitoisuus ja orgaanisen aineen sellulaasiliukoisuus.

Alustavat tulokset ja tulosten tarkastelu

Tässä esitettävät tulokset ovat vasta alustavia koska tutkimus jatkuu vielä vuoden 2012. Data analysoidaan yksityiskohtaisemmin kun koko aineisto laatu- ja maa-analyyseineen ja lohkojen viljelyn taustatietoineen ovat käytettävissä. Tässä esitetään tuloksia kuiva-ainesadon määrästä ja kasvuston koostumuksesta sekä yhden vuoden tuloksiin perustuva alustava arvio sadon mukana siirtyvästä typen ja fosforin määrästä. Lisäksi esitetään tuloksia lohkojen koosta.

HVP-lohkojen koosta

Koko maan vuoden 2010 peltolohkoaineiston avulla tarkasteltiin nyt tarkastelussa olevien pellon käyttöluokkien lohkojen kokoa ja lukumääriä. Lohkot luokiteltiin lukumäärän perusteella neljään kvartaaliin 0-25%, 25-50%, 50-75% ja 75-100%. Pienimmän neljänneksen yläraja ja suurimman neljänneksen alaraja (ha) olivat eri käyttöluokissa seuraavat: luonnonhoitopelto (nurmikasvit vähintään 2 v) 0,38 ja 1,45 ha; viherkesanto 0,39 ja 1,61 ha, ja suojavyyhykenurmi 0,44 ja 1,45 ha. Yli 60 prosenttia kaikkien kolmen käyttöluokan pinta-alasta muodostuu kooltaan suurimman kvartaalin lohkoista (Taulukko 1). Suurimman kvartaalin luokkien pinta-alakertymä on huomattavan suuri: yli 78 000 ha luonnonhoitonurmella ja yli 27 000 ha viherkesannolla eli runsaat 105 000 ha. Lohkot ovat kooltaan vähintään 1,45 ha. On oletettavaa, että lohkokoon suureneminen edesauttaa hehtaariohtaisten korjuukustannusten alenemista (Nielsen & Mortensen 2001).

Taulukko 1. Pinta-alakertymä (ha) koko maassa lohkojen eri kokoluokissa.

	Lohkoja	Lohkojen jakautuminen lukumäärän perusteella eri kokoluokkiin pienimmästä suurimpaan ja pinta-ala kussakin luokassa (ha)			
		0-25%	25-50%	50-75%	75-100%
LHP nurmi	113912	6174	15437	29647	78113
Viherkesanto	34012	1787	4931	9790	27441
Suojavyyhyke	6212	341	847	1601	4656

Lisäksi tarkasteltiin kuinka suuren osan HVP-lohkot (tarkastelussa käytettiin luonnonhoitonurmea) muodostivat koko peruslohkon pinta-alasta. Kooltaan pienillä (luokat < 1 ha ja 1-5 ha) peruslohkoilla HVP-kasvulohko oli lähes vastaavan kokoinen kuin peruslohkokin. Sen sijaan yli 10 hehtaarin peruslohkoilla yli 50 prosentilla lohkoista HVP-ala oli alle 10 prosenttia peruslohkon alasta. Otanta-alueelta - mistä oli käytettävissä myös viljelijätiedot – tarkasteltiin kuinka paljon HVP-ala yksittäisillä viljelijällä on. Yksittäisellä viljelijällä oli luonnonhoitonurmialaa keskimäärin 3,6 ha, viherkesantoa 2,6 ha ja suojavyyhykenurmea 2,6 ha kukin kategoria itsenäisesti laskettuna. Kun luonnonhoitonurmi- ja viherkesantoalaa tarkasteltiin samalla kertaa, oli niitä tilalla yhteensä keskimäärin 3,9 ha. Kun tarkasteltiin suurimman neljänneksen tiloja (kukin kategoria itsenäisesti) oli luonnonhoitonurmialaa vähintään 6,7 ha, viherkesantoalaa 5,3 ha ja suojavyyhykenurmia 4,8 ha. Tarkasteltaessa suurimman neljänneksen tiloilla luonnonhoitonurmi ja viherkesantoalaa oli yhteensä vähintään 7,3 ha.

Biomassasadon määrästä

Näytteiden keruu ajoittui noin puolentoista kuukauden ajalle. Näytteet haettiin heinäkuun puolivälin ja elokuun lopun välisenä aikana. Maaseutuviraston hoito-ohjeet ohjeistavat ao. lohkojen niiton tehtäväksi suhteellisen myöhään kasvukaudella (ANON. 2011). Melko paljon kasvustoja oli niitetty jo heti heinäkorjuun jälkeen.

Satovaihtelu eri lohkojen välillä oli suurta. Pienin korjattu sato oli 1330 kg ka/ha ja suurin 10300 kg ka/ha (Taulukko 2). Tässä vaiheessa ei ole vielä analysoitu näytteiden hakuajankohdan ja lohkojen taustatekijöiden vaikutusta tuloksiin ja tuloksista esitetään keskiarvot, keskihajonnat ja pienimmän ja suurimman havainnon arvot vuosittain, koepaikoittain ja otanta-alueittain.

Taulukko 2. Kuiva-ainesadon keskiarvo, keskihajonta ja suurin ja pienin arvo lohkon käyttöluokittain vuosina 2010 ja 2011 Jokioisten (Jo) ja Sotkamon (So) otanta-alueella.

Paikka ja käyttö	Vuosi	Havainnot kpl	Keskiarvo kg ka/ha	Keskihaj. kg ka/ha	Pienin kg ka/ha	Suurin kg ka/ha
Jo LHN	2010	27	5540	2135	1330	10300
Jo LHN	2011	40	5430	1710	3000	10260
So LHN	2010	16	4280	1675	2170	8530
So LHN	2011	20	4690	1390	2140	7130
Jo Viherk.	2010	18	4100	1400	1720	7760
Jo Viherk.	2011	23	5120	1725	1850	8780
So Viherk.	2010	9	4050	1341	2450	6120
So Viherk.	2011	15	4330	1500	2270	6260
Jo Suojav.	2010	4	3950	469	3450	4520
Jo Suojav.	2011	10	5160	1860	2330	9370
So Suojav.	2011	6	3780	1550	1380	5320

Taulukko 3. Sadon botaaninen koostumus prosentteina tuoresadon perusteella määritettynä. Havaintomäärät ovat samat kuin taulukossa 2.

Paikka ja käyttö	Vuosi	Heinä -%	Keski-hajonta	Palko-kasvi-%	Keski-hajonta	Leveälehtiset rikat-%	Keski-hajonta
Jo LHN	2010	66	26	23	25	11	19
Jo LHN	2011	63	14	11	12	26	13
So LHN	2010	76	24	5	11	19	21
So LHN	2011	76	23	7	15	17	20
Jo Viherk.	2010	65	30	23	32	12	16
Jo Viherk.	2011	64	21	13	13	23	18
So Viherk.	2010	75	20	16	15	9	11
So Viherk.	2011	73	24	12	21	15	12
Jo Suojav.	2010	71	18	11	16	18	19
Jo Suojav.	2011	62	23	10	10	28	22
So Suojav.	2011	70	12	3	3	27	11

Noin kaksi kolmasosaa biomassasta oli heinää (Taulukko 3). Palkokasvien keskimääräinen osuus oli alle neljänneksen (Taulukko 3). Leveälehtisten rikkakasvien määrä vaihteli palkokasvien määrää enemmän ja oli useissakin kohteissa suurempi kuin neljännes koko kasvimassan määrästä.

Prochnowin ym. (2009) mukaan nurmibiomassojen syötespesifiset metaanisadot nousevat korjuun aikaistuessa kun taas pinta-ala spesifiset metaanisadot nousevat hehtaarikohtaisten biomassasatojen kohotessa. Muodostuneen biomassan korjuun kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti biomassan määrä ja käyttöarvo, koska esim. korjuu-urakoinnissa käytetään usein hehtaaritaksoja. Nurmikasvusto voi tuottaa suuriakin satoja lannoittamattoman jakson alussa. Muun muassa Pahkalan ym. (1996) agrokulttuuritutkimuksessa nurmet tuottivat kylvön jälkeisenä vuonna lannoittamattomina Jokioisissa 6,4-7,6, Vihdissä 8,3-9,6 ja Ruukissa 5,8-8,8 t ka/ha. Pitkäikäisistä lannoittamattomista nurmista ei satotietoja ole käytettävissä, mutta Hokkanen ja Raatikainen (1977) kartoittivat 1-6 vuotta pakettipeltoina olleiden peltojen kasvimassaa Jyväskylän seudulla. Maanpäällistä vihermassaa oli keskimäärin 2735 kg /ha ja lisäksi kuollutta materiaalia 1300 kg /ha eli maan pinnan yläpuolella olevaa kasvimassaa oli 4000 kg/ha. Raatikaisen ja Raatikaisen (1975) nurmen satoisuutta määrittäneessä tutkimuksessa heinäsaato oli keskimäärin 3700 kg/ha. Typpilannoitus kartoitetuilla pelloilla oli alle 50 kg N/ha/v. Tässä mitatut keskisadot ovat samaa suuruusluokkaa. Tässä todettu vaihtelu oli huomattavan suurta. Mitkä tekijät aiheuttivat vaihtelua (esim. nurmen ikä, korjuun ajankohta) selvinnee kun satotulosten taustatiedot liitetään saatuihin satotuloksiin koko aineiston valmistuttua.

Heinäbiomassoista saadaan biokaasutuksella energiaa noin 3 MWh/ kuiva-ainetonni (Lehtomäki 2006). os hoidetun viljelemättömän pellon heinäsadon arvioidaan olevan 4 ton ka/ha, niin energiaa tästä saataisiin 12 MWh/ha. Biokaasusähköksi muunnettuna (hyötysuhde 33 %) tämä vastaisi 4 MWh/ha, jonka arvo maatilan omassa käytössä olisi noin 400 e/ha. Lisäksi saadaan lämpöenergiaa.

Energian tuotannon lisäksi HVP-peltojen sadon korjaamisella voi olla myönteisiä tai kielteisiä

vaikutuksia muihin tavoitteisiin johon ympäristötukiohjelmalla pyritään. Viherkesantojen ja suojavyyhykkeiden monimuotoisuusvaikutuksista on jonkun verran tutkimustietoa olemassa (Hyvönen 2007, Salonen ym. 2007). Sen sijaan Hoidettu viljelemätön pelto –kategoriassa olevista pelloista ei ole tietoa. Niillä on kuitenkin potentiaalisesti suuri merkitys monimuotoisuudelle johtuen niiden kesantomaisesta luonteesta ja suuresta pinta-alasta esim. verrattuna ympäristötuen piirissä oleviin viherkesantoihin. Ravinteiden huuhtoutumisen kannalta sadonkorjuun vaikutukset voivat olla moninaiset.

Taulukko 4. Arvio sadon mukana poistuva fosforin ja typen määrästä. Alustavia tuloksia vuoden 2010 näytteistä (suluissa näytelohkojen lukumäärä joista analyysit on tehty):

Sadon laskennallinen typpi- ja fosfori poistuma olisi ollut v. 2010 (kg/ha):

	Typpi (kg N/ha)		Fosfori (kg P/ha)	
	Jokioinen	Sotkamo	Jokioinen	Sotkamo
LHN nurmi	72 (27)	62 (16)	9,2	10,1
Viherkesanto	58 (18)	53 (9)	6,7	7,7
Suojavyöhyke	39 (4)	.	6,9	.

Nurmiviljely vähentää eroosioriskiä, mutta saattaa lisätä liuenneen fosforin kuormaa kevään pintavalunnassa (Turtola 1993, Bechmann ym. 2005, Uusi-Kämpä & Jauhiainen 2010). Esimerkiksi suojavyyhykkeiltä, joilta kasvillisuutta ei niitetty ja korjattu, liuenneen fosforin määrä kasvoi kevään sulamisvesissä (Uusi-Kämpä ym. 2011). Syynä oli fosforin vapautuminen kasvisoluista. Ensimmäisen syyshallan jälkeen suojavyyhykkeen maanpäällisessä biomassassa havaittiin fosforimäärän vähentyneen jopa 6 kg/ha (Räty ym. 2009). Pintavalumaveteen liennut fosfori oli peräisin pakkasen rikkomista kasvisoluista ja maan pintakerrokseen kertyneestä fosforista. Fosforikuormitusta voitaisiin pienentää korjaamalla vuosittain osa maanpäällisestä kasvimassasta. Heinien ja luonnonvaraisten kasvien fosforimäärä oli suurimmillaan kukinnan aikana ja heti sen jälkeen (Uusi-Kämpä & Kilpinen 2000). Siten suojavyyhykkeen tai luonnonhoitopellon niittoajankohdalla on merkitystä, kun kasvillisuuden mukana halutaan poistaa pelolta mahdollisimman paljon fosforia.

Johtopäätökset

- HVP-lohkoilta saadun biomassan määrä vaihteli huomattavasti (1330-10300 kg ka/ha). On siis sellaisiakin HVP-lohkoja, joilla on huomattavan suuri sato hyödynnettäväksi.
- Heinäkasvien osuus maanpäällisestä biomassasta oli noin kaksi kolmasosaa.
- Valtaosa HVP-peltojen pinta-alasta muodostuu lohkoilta joiden pinta-ala on vähintään 1,45 ha. Pienillä lohkoilla korjuutyö on suuria lohkoja hitaampaa. Tilanne on kohtalaisen hyvä, sillä työntutkimusten mukaan säilörehun ja oljen korjuun työmenekki ei enää merkittävästi pienene, kun lohkokoko ylittää koneketjusta riippuen 2-3 ha (Klemola ym. 2002, Nielsen & Mortensen 2001). Alle 1 ha:n lohkoilla työmenekki on suurimmillaan.

Kirjallisuus

ANON. 2009. Hakuopas. 2009. Tilatuki. Maatalouden ympäristötuki. Luonnonhaittakorvaus. Kansalliset tuet. Maaseutuvirasto. Elektroninen julkaisu. 148 p. <http://www.mavi.fi/fi/index/viljelijatu/oppaatjaohjeet/hakuopas.html>

ANON. 2011. Hakuopas. 2011. Tilatuki, Maatalouden ympäristötuki. Luonnonhaittakorvaus, Kansalliset tuet. Maaseutuvirasto. Elektroninen julkaisu. 156 p. <http://www.mavi.fi/attachments/mavi/viljelijatu/hakuopas/5wOT3BjZz/Hakuopas2011.PDF>

Bechmann, M.E, Kleinman, P.J.A., Sharpley, A.N., Saporito, L.S., 2005. Freeze-thaw effects on phosphorus loss in runoff from manured and catch-cropped soils. J. Environ. Qual. 34, 2301–2309.

Hokkanen, H. and M. Raatikainen, 1977. Yield, vegetation and succession in reserved fields in Central Finland. J. Sci. Agric. Soc. Finland 49: 221-238.

- Hyvönen, T. 2007. Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille. In: Jukka Salonen, Marjo Keskitalo ja Marjo Segersvedt (tom.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110: s. 13-25.
- Klemola, E., Karttunen, J., Kaila, E., Laaksonen, K. ja Kirkkari, A.-M. 2002. Lohkon koon ja muodon taloudelliset vaikutukset. Työtehosteuran julkaisuja 386. 48 s.
- Lehtomäki, A. 2006. Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues. Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science 163. Academic Dissertation. Jyväskylä: University of Jyväskylä, 91 p.
- Nielsen, V. and Mortensen, H. S. 2001. Baling of straw into round bales or mini big bales. DJF rapport nr. 57. Danmarks JordbruksForskning. 33 p.
- Pahkala, K., Mela, T., Hakkola, H., Järvi, A. ja Virkajärvi, P. 1996. Agrokuidun tuotanto ja käyttö Suomessa. Tutkimuksen loppuraportti, I osa. Agrokuitukasvien viljely. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A. 3. 68 s.
- Prochnow, A., Heiermann, M., Phlöchl, M., Linke, B., Idler, C., Amon, T. and P.J. Hobbs. 2009. Bioenergy from permanent grassland – A review: 1. Biogas. *Bioreource Technology* 100: 4931-4944.
- Raatikainen, M. ja T. Raatikainen, 1975. Heinänurmien sato, kasvilajikoostumus ja sen muutokset. *Annales Agriculturae Fenniae* 14. 57-191.
- Räty, M., Uusi-Kämpä, J., Yli-Halla, M., Rasa, K. & Pietola, L. 2009. Phosphorus and nitrogen cycles in the vegetation of differently managed buffer zones. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* DOI 10.1007/s10705-009-9277-4
- Salonen, J., Keskitalo, M. ja M. Segerstedt. 2007. Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. 331 s.
- Sharpley, A.N., Smith, S.J. & Menzel, R.G. 1986. Phosphorus criteria and water quality management for agricultural watersheds. *Lake and Reservoir Management*. 2:177–182.
- Turtola, E. 1993. Phosphorus and nitrogen leaching during set-aside No. 228. In: Edited by Paavo Elonen ja Jyrki Pitkänen. Proceedings of NJF-seminar no. 228 : Soil Tillage and Environment : Jokioinen, Finland, June 8-10, 1993. NJF-Utredning. Rapport 88: 207–217.
- Uusi-Kämpä, J. ja M. Kilpinen. 2000. Suojakaistat ravinnekuormituksen vähentäjinä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja Sarja A 83. 49 p.
- Uusi-Kämpä, J. & Jauhiainen, L. 2010. Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in Boreal conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 137: 78-85. doi:10.1016/j.agee.2010.01.002
- Uusi-Kämpä, J., E. Turtola, A. Närvänen, L. Jauhiainen and R. Uusitalo. 2011. Phosphorus mitigation during springtime runoff by amendments applied to grassed soil. *J. of Environmental Quality* 40: x-x.