

**MEHILÄISPÖLYTYKSEN TALOUDELLINEN ARVO SUOMESSA
VILJELTÄVIEN KASVIEN JA LUONNONMARJOJEN SADON-
TUOTANNOSSA**

Tuula Lehtonen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Maatalouseläintiede
Huhtikuu 2012

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Tuula Lehtonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo Suomessa viljeltävien kasvien ja luonnonmarjojen sadontuotannossa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Maatalouseläintiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Huhtikuu 2012	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 63
<p>Mehiläispölytyksen tiedetään lisäävän hyönteispölytteisten kasvien sadon määrää ja parantavan hedelmien ja marjojen laatua. Joidenkin kasvien pölytys on viljelyekosysteemissä lähes täysin tarhatun mehiläisen (<i>Apis mellifera</i>) varassa.</p> <p>Tämän Suomen Mehiläishoitajien Liiton kanssa yhteistyössä toteutetun tutkimuksen avulla haluttiin laskea mehiläispölytyksen potentiaalinen taloudellinen arvo tärkeillä suomalaisilla viljely- ja luonnonkasveilla. Aiemmat suomalaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että mehiläispölytyksen tuottaman sadonlisän arvo on moninkertainen verrattuna vuotuisen hunajasadon arvoon. Tarkastellut kasvit valittiin aiempien tutkimusten perusteella ja mukaan valittiin myös uusia, tulevaisuudessa mahdollisesti tärkeitä viljelykasveja. Tutkimus tehtiin kirjallisuustutkimuksena hyödyntäen aiempia pölytystutkimuksia. Kirjallisuudesta selvitettiin hyönteis- ja mehiläispölytyksen osuus jokaisella tutkimuksessa mukana olevalla kasvilajilla, jolloin saatiin laskettua mehiläispölytyksen potentiaalinen osuus sadontuotannon kokonaisarvosta. Tämän tutkimuksen arvot perustuvat keskiarvoihin ja vertailukohteeksi laskettiin myös teoreettinen maksimi- ja minimiarvo mehiläispölytykselle.</p> <p>Laskelmat osoittivat, että mehiläispölytyksen tuottaman sadonlisän potentiaalinen arvo valittujen kaupallisten viljelykasvien kohdalla oli 18,3 miljoonaa euroa, eli 17,9 % näiden kokonaisarvosta vuosina 2008–2010. Mustikan ja puolukan kohdalla mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo on 3,9 miljoonaa euroa, mikä on 10 % ko. kasvien sadon arvosta. Tutkimuksessa mukana olleiden kasvien kokonaisarvosta mehiläispölytys kattaa 22,2 miljoonaa euroa eli 15,8 % niiden 140,5 miljoonan euron kokonaisarvosta vuosina 2008–2010. Laskemissa ei otettu lainkaan huomioon kotitarveviljelyä, jonka osuuden on arvioitu kattavan yli puolet kaikesta viljelystä.</p> <p>Tulosten perusteella mehiläispölytyksen arvo on moninkertainen verrattuna vuotuisen hunajan arvoon, vaikka mukana eivät olleet kaikki suomalaiset hyönteispölytteiset viljelykasvit. Pölytyspalvelun aiempaa tehokkaampi kaupallistaminen olisi tulosten perusteella järkevää myös viljelijöiden kannalta, jotta turvattaisiin mahdollisimman suuri ja laadukas sato.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords mehiläinen, <i>Apis mellifera</i> , pölytys, pölytyspalvelu, pölytyksen arvo			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Ohjaajat: Prof. Heikki Hokkanen ja tutkija Eeva-Liisa Alanen			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department the Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Tuula Lehtonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The economic value of honey bee pollination in Finland among the most important crops and wild berries			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agricultural entomology			
Työn laji — Arbetets art — Level Ms Thesis	Aika — Datum — Month and year April 2012	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 63	
<p>Abstract</p> <p>Honey bee pollination is known to increase the yield and the quality of field crops, fruits and berries. For some plants domesticated honey bees (<i>Apis mellifera</i>) are almost the sole pollinators in today's agriculture. Earlier research made in Finland has shown that the value of honey bee pollination is multiple when comparing to the value of honey produced in Finland per year.</p> <p>This research was made in collaboration with Finnish Beekeepers' Association. The research was carried out because the value of honey bee pollination for the most important Finnish crops and wild plants needed to be evaluated. Calculations on this topic in Finland were last made in 1994. The plants in this study were chosen according to earlier studies so it would be easy to compare the results. There are also some new crops included that might be important in the future.</p> <p>The study is based on literary research. The share of insect and honey bee pollination in the pollination of each plant was gathered from earlier studies and then the potential share of honeybee pollination was calculated. The values used in this study are mean values and also minimum and maximum values of honey bee pollination were calculated.</p> <p>Results showed that the potential value of honey bee pollination with the chosen crops and vegetables could be as much as 18,3 million euros per year, based on data from years 2008-2010, which is 17,9 % of their total value. With blueberry and lingonberry the value is 3,9 million euros, which is 10 % of their total value. Considering all the plants in the study, the total value of honey bee pollination is 22,2 million euros or 15,8 % of their total economic value. The total value in the years 2008-2010 was 140,5 million euros.</p> <p>It must be noted that any kind of self-sufficiency farming was not included in this research. However, self-sufficiency farming is considered to cover more than half of all crop production in Finland.</p> <p>Based on this research we can conclude that the value of honey bee pollination is multiple compared to the value of honey produced in Finland, even if all the insect-pollinated crops were not included in this study. The potential of commercial pollination services should be better understood also in Finland. This could help to secure the best quality and quantity of insect-pollinated crops.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords domesticated honey bee, <i>Apis mellifera</i> , honey bee pollination, pollination, pollination service, the economic value of pollination			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Prof. Heikki Hokkanen and researcher Eeva-Liisa Alanen			

SISÄLLYS

1 TUTKIMUKSEN TAUSTAA	6
2. JOHDANTO	7
2.1 Yleistä pölytysbiologiasta	7
2.2 Hyönteispölytys	8
2.2.1 Tarhattu mehiläinen pölyttäjänä	9
2.2.2 Muut pölyttäjähönteiset	10
2.3. Pölytyspalvelu	11
2.3.1 Pölytyspalvelu peltotuotannossa	11
2.3.2 Pölytyspalvelu kasvihuoneissa	12
2.4 Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo	13
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA MENETELMÄT	13
4 TUTKIMUKSESSA TARKASTELLUT VILJELYKASVIT	15
4.1 Öljykasvit	15
4.1.1 Rypsi (<i>Brassica rapa.</i>)	15
4.1.2 Rapsi (<i>Brassica napus</i>)	16
4.1.3 Öljypellava (<i>Linum usitatissimum</i>)	17
4.2. Viherlannoituskasvit	18
4.2.1 Puna-apila (<i>Trifolium pratense</i>)	19
4.2.2 Härkäpapu (<i>Vicia faba</i>)	20
4.3 Muut peltokasvit	21
4.3.1 Kumina (<i>Carum carvi</i>)	21
4.3.2 Tattari (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	22
4.4 Hedelmät ja marjat	23
4.4.1 Omena (<i>Malus domestica</i>) ja muut hedelmäpuut	23
4.4.2 Mansikka (<i>Fragaria x ananassa</i>)	25
4.4.3 Pensasmustikka (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	27
4.4.4 Mustaherukka (<i>Ribes nigrum</i>)	28
4.4.5 Punaherukka (<i>Ribes rubrum</i>)	29
4.4.6 Vadelma (<i>Rubus spp.</i>)	29
4.4.7 Avomaankurkku (<i>Cucumis sativus</i>), kurpitsa ja kesäkurpitsa (<i>Cucurbita pepo</i>)	30
5 TUTKIMUKSESSA TARKASTELLUT LUONNONMARJAT	31
5.1 Puolukka (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	32
5.2 Mustikka (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	33
6 LASKELMAT MEHILÄISPÖLYTYKSEN POTENTIAALISESTA ARVOSTA SUOMESSA	34
6.1 Mehiläispölytyksen arvon laskeminen (V_{kok})	34
6.2 Kokonaissatojen arvon määrittäminen (V)	35

6.3 Sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä (D)	36
6.4 Sadon riippuvuus mehiläispölytyksestä (P)	37
7 TULOKSET	37
7.1 Mehiläispölytyksen kokonaisarvo Suomessa	37
7.1.1 Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo viljely- ja puutarhakasveille	37
7.1.2 Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo metsäkasveille	39
7.1.3 Mehiläispölytyksen kokonaisarvo Suomessa ja sen osuus sadon arvosta	40
8 TULOSTEN TARKASTELU	41
8.1 Mehiläispölytyksen kokonaisarvo Suomessa	41
8.2 Mehiläispölytyksen arvo kaupalliselle sadontuotannolle	41
8.3 Mehiläispölytyksen arvo mustikan ja puolukan sadontuotannolle	42
8.4 Mehiläispölytyksen arvo hunajasadon arvoon verrattuna	43
8.5 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu	44
9 JOHTOPÄÄTÖKSET	47
10 KIITOKSET	48
LÄHTEET	49

1 TUTKIMUKSEN TAUSTAA

Mehiläisen ovat eri arvioiden mukaan osallisia pölytykseen 75–85 %:lla maailman kasvilajeista. Tarhattu mehiläinen (*Apis mellifera*) lisää myös monien tärkeiden suomalaisten viljely- ja puutarhakasvien ja metsämarjojen satoa ja sadon laatua. Joidenkin kasvien pölytys on lähes täysin tarhattujen mehiläisten varassa, ja vailla mehiläispölytystä useiden viljelykasvien satomäärät putoaisivat dramaattisesti. Tässä tutkielmassa arvioidaan sitä, kuinka suuri tarhamehiläisen tuottama potentiaalinen sadonlisä eri viljelykasveilla voi euromääräisesti mitaten olla. Työssä lasketaan mehiläispölytyksen osuus sadontuotannon kokonaisarvosta ja euromääräinen pölytyksen arvo tärkeille hyönteispölytteisille Suomessa viljeltäville viljely- ja puutarhakasveille. Lisäksi arvioidaan mehiläisten vaikutusta kotimaisen mustikan ja puolukan vuotuiseseen sadonarvoon.

Tutkimus on tehty yhteistyössä Suomen Mehiläishoitajain Liiton kanssa. Tutkimuksessa halutaan tuoda esiin se, kuinka paljon kaupallisesta pölytyspalvelusta olisi hyötyä ammattiviljelyssä, ja miksi sitä tulisi lisätä. Suomessa kaupallinen pölytyspalvelu on vielä hyvin pienimuotoista. Mehiläisten arvo mitataan yleensä vuotuisena hunajasadon arvona. On kuitenkin pitkään tiedetty, että pölytysarvo on monikertainen hunajan arvoon verrattuna.

Tarhamehiläisten tuottaman pölytyshyödyn arvo on laskettu samankaltaisessa tutkielmassa viimeksi vuonna 1994 (Yläoutinen, 1994), ja tulokset on aika päivittää euroaikaan. Aiemmissa tutkimuksissa mehiläispölytyksen on arvioitu kattavan 21 % kotimaisen sadontuotannon taloudellisesta arvosta. Vastaavanlaisten tutkimusten haasteena on, että hyönteis- ja mehiläispölytyksen määrää ja arvoa on vaikea mitata. Tarkkoja tuloksia mehiläisen osuudesta sadontuotannosta ei saada, sillä pölytyksen onnistumiseen vaikuttavat monet eri tekijät, kuten sää, muiden pölyttäjien läsnäolo tai kasvilajike. Tämän tutkielman avulla voidaan kuitenkin antaa arvio siitä, mikä potentiaalinen arvo voisi olla.

2 JOHDANTO

2.1 Yleistä pölytysbiologiasta

Pölytys on siitepölyn kulkeutumista kasvin heteistä emiin joko saman tai toisen kasviyksilön välillä. Onnistunutta hedelmöitymistä seuraa siemenen ja hedelmän muodostuminen (Crane ja Walker 1984, Delaplane ja Mayer 2000). Hede- ja emikukat voivat sijaita samassa kasviyksilössä, jolloin kasvi on yksikotinen, tai ne ovat eri kasviyksilöissä, jolloin kasvi on kaksikotinen. Kasvi on yksineuvoinen, mikäli sen kukassa on vain heteet tai emiö. Kaksineuvoisessa kasvissa on kumpikin, heteet ja emiö (Delaplane ja Mayer 2000).

Kasvin pölytyksen onnistumiseksi tarvitaan usein ulkopuolinen tekijä. Elottoman tekijän, kuten tuulen aiheuttamaa pölytystä kutsutaan abioottiseksi pölytykseksi kun taas eläinten aiheuttamaa pölytystä kutsutaan bioottiseksi pölytykseksi. Kasveja pölyttäviä eläimiä ovat nisäkkäät, hyönteiset sekä linnut. Suomen noin 1800 kasvilajista noin 48 % on joko osittain tai kokonaan eläinpölytteisiä. Hyönteispölytystä kutsutaan tarkemmin entomofiliaksi ja mesipistiäispölytystä melittofiliaksi. (Teräs 2003)

Eri kasveilla on erilaisia pölytysmekanismeja. Itsepölytteinen eli itsefertiili kasvi kykenee pölyttymään omalla siitepölyllään. Itsepölytys tapahtuu usein pölyttäjän tai tuulen avulla, mutta myös itsestään, jolloin sitä kutsutaan autoitsempölytykseksi (Crane ja Walker 1984, Delaplane ja Mayer 2000). Ristipölytteiset, eli itsesteriilit kasvit eivät kykene muodostamaan elinkelpoisia siemeniä omalla siitepölyllä, vaan ne vaativat toisen kasviyksilön siitepölyä hedelmöityäkseen. Kasvit voivat olla täysin ristipölytteisiä, mutta myös itsepölytteiset kasvit usein hyötyvät siitä. Ristipölytyksen hyöty on siinä, että sen avulla syntyy enemmän geneettistä variaatiota kuin itsepölytyksellä. Eräät kasvilajit kykenevät muodostamaan hedelmiä ilman sukusolujen yhtymistä, eikä pölytystä tällöin tarvita. Tällaista hedelmän muodostusta kutsutaan partenokarppiseksi hedelmänmuodostumiseksi. Silloin ei synny lainkaan siemeniä, vaan kasvi muodostaa vain hedelmän (Delaplane ja Mayer 2000).

2.2 Hyönteispölytys

Noin 80 % maailman kasvilajeista vaatii eläimen tuottaman pölytyksen. Pölyttäviin eläimiin kuuluvat hyönteisistä mm. pistiäiset (*Hymenoptera*), perhoset (*Lepidoptera*), kaksisiipiset (*Diptera*), ripsiäiset (*Thysanoptera*) sekä kovakuoriaiset (*Coleoptera*). (James ja Pitts-Singer 2008)

Hyönteispölytys perustuu monissa tapauksissa molemminpuoliseen hyötysuhteeseen, mutualismiin (Faegri ja Pijl 1979, Teräs 2003). Se koostuu vaiheista, joiden aikana sekä kasvi että pölyttäjä hyötyvät. Eläinpölyttäjät vierailevat kukilla saadakseen mettä ja siitepölyä. Siitepöly siirtyy kasvin heteistä pölyttäjään ja siitä toisen kukan luotille, jolloin voi tapahtua hedelmöittyminen. Aina hyötysuhde ei kuitenkaan ole molemminpuolinen. Kukat saattavat huijata pölyttäjän luokseen esim. näyttämällä hyönteisnaaraalta. Tällöin koiraat pölyttävät kukan pyrkiessään parittelemaan naaraan kanssa (Gaskett 2011). Tilanne voi olla myös päinvastainen, sillä eräät hyönteiset, esimerkiksi lyhytkieliset mehiläiset saattavat ryöstää mettä kasveista puremalla reiän kukan alaosaan. Ne siis imevät meden pois koskettamatta lainkaan siitepölyyn (Kudo ym. 2004).

Koska meden ja siitepölyn tuottaminen vie kasvin energiaa, pölytyksen on oltava tehokasta. Pölyttäjähyönteisen tehokkuudella on suuri merkitys kasville, eivätkä kaikki pölyttäjät ole pölyttäjinä samanarvoisia. Kasvin kannalta tehokkain pölyttäjä on kukkauskollinen (Grüter ym. 2011). Mikäli pölyttäjiä on runsaasti, kasvin on kannattanut erikoistua houkuttelemaan tietynlaisia pölyttäjiä. Jos pölyttäjistä on puutetta, ei erikoistuminen ole kasvin lisääntymisen kannalta hyödyllistä (Gojmerac 1980, Delaplane ja Mayer 2000).

Se, millaisen pölytyksen ja minkä pölyttäjän kasvi tarvitsee, johtuu kasvien erilaisesta morfologiasta. Esim. hyönteisen kielen pituus vaikuttaa siihen, onko se sopiva kasvin pölyttäjä. Kasveilla on eläimiä houkuttavia sekä primaarisia että sekundaarisia houkuttimia. Primaarisia houkuttimia ovat esimerkiksi kukan tarjoama siitepöly, mesi, öljy- ja ravintoaineet, kasvin tuoma suoja ja kasvin ulkonäköön perustuva seksuaalinen houkutus. Sekundaarihoukuttimina toimivat mm. tuoksu, houkutteleva ulkonäkö, kuten väri, kukkimisaika, kasvin liike sekä lämpötila. (Teräs 2003)

Suomessa mesipistiäiset, kuten kimalaiset ja mehiläiset (Apidae, Hymenoptera), ovat tärkeitä ja runsaslukuisia pölyttäjiä. Mesipistiäiset keräävät siitepölyä ja mettä ravinnoksi itselleen ja toukille. Suomessa on tavattu yli 220 mesipistiäislajia, joista suuri osa on erakkomehiläisiä. Euroopassa lajien lukumääräksi on arvioitu n. 2000. Runslukuisuutensa ja elintapojensa vuoksi mesipistiäiset ovat maapallon tärkeimpiä pölyttäjähyönteisiä. Suomessa ne ovat elintärkeitä ristipölytteisten kasvien pölytykselle. (Söderman ja Leinonen 2003)

2.2.1 Tarhattu mehiläinen pölyttäjänä

Tarhatut mehiläiset (*Apis mellifera*) ovat mesipistiäisistä tehokkaimpia ja tärkeimpiä pölyttäjiä viljellyille kasveille lukumääränsä ja helppohoitoisuutensa vuoksi (Free 1993). Tarhamehiläinen on levinnyt laajalle alueelle Pohjois-Euroopasta Afrikkaan saakka (van Engelsdorp ja Meixner 2010). Suomessa tarhamehiläinen ei ole luonnonvarainen (Ruottinen ym. 2003).

Tarhamehiläinen elää yhteiskuntana, jossa on 20 000-100 000 yksilöä, populaation koon ollessa keväällä talvehtimisen jälkeen pienimmillään ja suurimmillaan loppukesästä (Gojmerac 1980). Tarhamehiläisen kasvattamisen tekee mahdolliseksi se, että niillä on kehittynyt sosiaalinen rakenne. Koko mehiläiskolonia toimii kuin yksi yksilö huolehtien ruuasta ja jälkikasvun hoitamisesta ja jokaisella yhteiskunnan jäsenellä on tarkka tehtävä (Gojmerac 1980). Mehiläisyhteiskunta koostuu yhdestä emosta, työläisistä, jotka huolehtivat mm. meden ja siitepölyn keruusta sekä toukkien hoidosta sekä kuhnureista, joiden tehtävä on ainoastaan paritua emon kanssa (Free 1993, Ruottinen ym. 2003). Kaikkiaan kaikkien mesipistiäislajeja, joita on maailmassa noin 25000, arvioidaan tekevän 75–85 % kaikesta pölytyksestä jo pelkästään Euroopan Unionin alueella (Williams 2002, James ja Pitts-Singer 2008). Tarhatun mehiläisen pölytystehokkuus perustuu mm. siihen, että ne ovat hyvin kukkauskollisia (Grüter ym. 2011). Vain 3-10 % kentältä palaavista mehiläisistä tuo monikukkasiitepölyä, eli suurin osa vieraillee pääosin tietyllä kasvilajilla (Gojmerac 1980).

Mehiläisen tehokkuudella tarkoitetaan sen kykyä (sisältäen nopeuden ja tarkkuuden) siirtää siitepölyä kasvusta toiseen ja vierailta halutuilla kasveilla. Työläinen saattaa olla

samalle kasvilajille uskollinen jopa 20 vuorokautta (Gojmerac 1980). Työläismehiläinen osaa myös aikatauluttaa meden keräämisen sen mukaan, mihin aikaan kukin kasvilaji tuottaa parhaiten mettä. Tarhamehiläinen lentää keskimäärin 1-3 kilometrin säteellä pesästä ja tekee 6-47 lentoa pesästä päivässä (Gojmerac 1980). Lisäksi mehiläinen on hyvin karvainen pölyttäjä johon siitepölyhiukkaset tarttuvat helposti. Mehiläiset keräävät siitepölyn jaloissa oleviin siitepölyvasuihin (Gojmerac 1980, Free 1993). Vaikka tarhamehiläinen on tehokas pölyttäjä, sen ongelmana on pölytyksen kärsiminen viileässä säässä. Gojmeracin (1980) mukaan työläiset lopettavat lentämisen 10 celsiusasteessa.

2.2.2 Muut pölyttäjähyönteiset

Tärkeimpiä luonnonvaraisia pölyttäjiä maassamme ovat mesipistiäisiin kuuluvat kimalaiset ja erakkomehiläiset. Myös muut pistiäiset, perhoset, kaksisiipiset, ripsiäiset ja kovakuoriaiset pölyttävät kasveja Suomessa. (Ruottinen ym. 2003)

Kimalaisia (suku *Bombus*) tavataan kaikkialta maailmasta yli 300 lajia (Cameron 2007). Euroopassa tavataan 50–60 lajia ja Suomessa on havaittu 37 lajia (Söderman ja Leinonen 2003). Ne elävät tarhamehiläisen tavoin yhteiskunnissa. Kimalaiset ovat yksiä tehokkaimmista pölyttäjistämme mm. pitkän kielensä ja nopeiden kukkavierailuidensa ansiosta. Ne myös pystyvät lentämään viileämmässä säässä kuin mehiläinen. Kimalaispölytyksen heikkous tarhamehiläiseen verrattuna on niiden pieni ja voimakkaasti vaihteleva populaatio. Kimalaisten on vaikea pölyttää suurta viljelyalaa, mutta kasvihuoneissa ne ovat tehokkaita pölyttäjiä (Free 1993). Esim. Hollannissa kimalaisten kaupallinen käyttö on laajamittaista (Sommeijer ja de Ruijter 2000).

Erakkomehiläisiä on Suomessa noin 190 lajia ja ne kattavat Suomen mesipistiäislajeista yli 80 % (Söderman ja Leinonen 2003). Erakkomehiläiset keräävät siitepölyä tarhamehiläisen tavoin vasuihinsa tai takaruumiin runsaasti karvoihin. Erakkomehiläiset rakentavat itselleen yksittäisen pesän, jonka kennot ne täyttävät siitepölyllä ja medellä. Kennoon erakkomehiläisnaaras munii yhden munan, ja toukka kehittyy kennossa aikuiseksi (Gojmerac 1980, Ruottinen ym. 2003). Osa erakkomehiläisistä on hyvin tehok-

kaita pölyttäjiä ja niille kannattaa rakentaa pesiä, jotta luontainen pölyttäjäkanta pysyisi korkealla. Pesäksi kelpaavat esim. lautaan poratut reiät (Gojmerac 1980).

2.3. Pölytyspalvelu

2.3.1 Pölytyspalvelu peltotuotannossa

Nykyisin mehiläistarhaus on paikoin erittäin laajamittaista ja pölytyspalvelu on taloudellisesti tärkeää sekä viljelijöille että mehiläistarhaajille (Proctor ym. 1996). Mehiläispölytyksen monien hyötyjen vuoksi on tärkeää arvioida pölytyksen ja tuotetun pölytyspalvelun merkitystä myös Suomessa. Suomalaisen mehiläistarhauksen jatkuvuuden kannalta mehiläistarhaajien ikäjakauma on ongelmallinen, sillä tarhaajien keski-ikä oli vuonna 2008 60 vuotta. (Peltotalo 2010).

Luonnonpölyttäjät voivat pölyttää tehokkaasti pienen alan ilman tarhamehiläisten läsnäoloa (Morandin ym. 2007). Suuremmat kasvualat vaativat tasaisen ja korkeatasoisen sadon takaamiseksi myös pölytyspalvelun, eli paikalle kannattaa tuoda mehiläispesiä tasaisen pölytyksen onnistumiseksi (Monck ym. 2008). Pölytyspalvelulla tarkoitetaan viljelijän ja mehiläistarhaajan tekemää yhteistyötä, jossa mehiläispesiä sijoitetaan viljelmien lähelle huolehtimaan kasvuston pölytyksestä. On tärkeää, että mehiläistarhaaja saa tuloja sekä hunajasta että tarjoamastaan pölytyspalvelusta. Viljelijä saa sitä vastoin ansioita kohonneesta sadosta (Korpela 1981). Viljelijän ja mehiläistarhaajan tulee sopia etukäteen mehiläistarhaajalle maksettavasta korvaussummasta ja pesien sijoittamisesta. Pölytyspalvelusta vastaavan mehiläistarhaajan on huolehdittava mehiläisten hoidosta kokonaisuudessaan. Pesien on oltava soveltuvia tehokkaaseen pölytyspalveluun eli niiden tulee olla riittävän vahvoja ja taudittomia. Pesät tulee siirtää paikalleen ajoissa ja niiden on oltava viljelmien välittömässä läheisyydessä viimeistään silloin, kun kukista on avautunut 10 %. (Ruottinen 2005) Mehiläispesien määrä hehtaaria kohden riippuu viljeltävästä alasta, viljelyalan muodosta sekä mehiläisille taloudellisesta lentosäteestä, joka on 2-3 kilometriä.

Myös pölytyksestä kilpailevat kasvilajit ja pölytettävän kasvin houkuttelevuus tulee ottaa huomioon, jotta pystytään maksimoimaan pölytyshyöty (Korpela 1988). Huo-

nomprien hunajakasvien pölytyksestä pyydetään USA:ssa noin 50 % suurempaa hintaa, kuin hyvien hunajakasvien pölytyksestä (Sumner ja Boriss 2006).

Maksullinen pölytyspalvelu on Suomessa vielä pienimuotoista toimintaa. Vaikka mehiläispesät sijoitetaan usein esim. rypsipellon viereen vakitukselle paikalle, mehiläispölytyksestä harvoin maksetaan Suomessa erillistä korvausta. Yleensä vain kasvihuonetuotannossa maksetaan pölytyskorvausta maassamme (Ruottinen 2005). Yksi suurimmista ongelmista Suomessa on viljelyn kannattavuuden alentuminen viime vuosina, minkä johdosta viljelijät eivät halua maksaa erikseen pölytyspalvelusta (Ruottinen 2005). Tehokkaasti tuotettu pölytyspalvelu ottaa huomioon sen, että kasveilla on erilaiset satokaudet. Esim. Pohjois-Amerikassa mehiläispesät siirretään rekoilla seuraavalle kukkimisalueelle, kun satokausi tietyllä alueella loppuu (Morse ja Calderone 2000). Monissa maissa hyödyt on jo tiedostettu ja esim. USA:ssa pölytyspalvelu on erittäin suuri kaupallinen palvelu, jonka vuotuinen arvo voi nousta 14,6 miljoonaan euroon (Gallai ym. 2009). Vuonna 2004 USA:ssa vuokrattiin pölytyspalvelun kautta 2 500 000 mehiläispesää (Sumner ja Boriss 2006). Australiassa maksullisia pölytyspalvelupesiä on noin 200 000 (Monck ym. 2008).

2.3.2 Pölytyspalvelu kasvihuoneissa

Kasvihuoneessa ympäristöolot ovat erilaiset verrattuna peltotuotantoon esimerkiksi tarkasti kontrolloidun ilmankosteuden ja lämpötilan vuoksi. Tämä vaikuttaa pölyttäjien tehokkuuteen ja mehiläisten on havaittu kärsivän stressistä. Sommeijerin ja de Ruijterin (2000) mukaan kasvihuoneiden ilmavirta vaikuttaa negatiivisesti mehiläisten pölytyskykyyn. Pölyttäjiä on pidetty kasvihuoneissa jo 1980-luvulta alkaen, hollantilaisten tutkijoiden kehittäessä kimalaisille kasvihuonepesiä. Kimalainen on kasvihuoneessa mehiläistä helpompi pölyttäjä. Vaikka mehiläisellä on suuremmat yhteiskunnat, parempi työnjako ja ne ovat kukkauskollisempia, kimalaisen rauhallisuus tekee siitä kasvihuoneessa tarhamehiläistä paremman ja turvallisemman pölyttäjän. Mehiläispölytys on tuonut kasvihuoneissa hyviä tuloksia lähinnä vain silloin, kun pesät on tuotu kasvihuoneeseen ainoastaan lyhyeksi kukinta-ajaksi. Tämä on onnistunut esim. melonilla. (Sommeijer ja de Ruijter 2000)

2.4 Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo

Klein ym. (2007) toteaa, että mehiläiset pölyttävät 87 viljelykasvilajia. Gallai ym. (2009) arvioi hyönteispölytyksen arvoksi EU-maissa 14,2 miljardia euroa. Vuonna 2005 koko maailman hyönteispölytyksen arvo oli arviolta 153 miljardia euroa vuodessa, koko ihmisravinnontuotannon arvon ollessa 1618 miljardia euroa. Pölytyksen arvo on siis 9,5 % kaikesta ihmisravinnon tuotannosta. Mehiläisen osuuden kaikesta hyönteispölytyksestä on arvioitu olevan 75–85 % Euroopan Unionin alueella (Bornek ja Merle 1989, James ja Pitts-Singer 2008). Aizen ym. (2009) arvioi, että 10 % satokasveista on täysin riippuvaisia mehiläisistä.

Pölytyksen vaikutusta kotimaisen sadon arvoon on tutkittu Suomessa viimeksi laajasti vuonna 1994 (Yläoutinen). Mehiläispölytyksen vuotuisen arvon suomalaisilla pelto- ja puutarhakasveilla laskettiin tuolloin olevan noin 25 miljoonaa euroa (valuuttakurssi tarkistettu 25.10.2011. Nordea 2011). Tämä tarkoittaa 19 % vuosien 1990–1993 kaupallisesta sadontuotannon arvosta. Kotitarveviljelyn kohdalla Yläoutinen (1994) laski mehiläispölytyksen arvon olevan noin 39 miljoonaa euroa, mikä tarkoittaa 25 % kotipuutarhakasvien sadon arvosta. Metsämarjoilla arvo oli noin 0,9 miljoonaa euroa eli noin 7 % niiden kokonaisarvosta. Mehiläispölytyksen vuotuiseksi kokonaisarvoksi Yläoutinen (1994) arvioi 65,6 miljoonaa euroa, mikä on noin 21 % vuotuisesta kokonaissadon arvosta Suomessa (Yläoutinen 1994).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA MENETELMÄT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on arvioida mehiläispölytyksen taloudellista arvoa eräiden suomalaisten viljelykasvien ja luonnonmarjojen osalta jo olemassa olevien pölytystutkimustulosten perusteella. Vaikka mehiläispölytyksen arvoa voidaan tarkastella eri näkökulmista, päähuomio keskittyy tässä tutkielmassa euromääräiseen taloudelliseen arvoon. Tutkimuskysymys on, kuinka suuri on mehiläispölytyksen potentiaalinen taloudellinen vuotuinen arvo Suomessa. Työssä halutaan myös arvioida mehiläispölytyksen taloudellinen arvo verrattuna mehiläisten tuottamaan vuotuisen hunajan arvoon. Vuosina 2008–2010 Suomessa tuotettiin hunajaa keskimäärin 1500 tn/vuosi ja hunajasadon arvo oli keskimäärin 5,5 miljoonaa €/vuosi (Taulukko 5.).

Työn aineistona toimii kirjallisuuskatsaus valituista kasveista. Tarkasteltaviksi kasveiksi valittiin Suomessa taloudellisesti tärkeitä viljelykasveja, hyviä mehiläiskasveja sekä mahdollisesti tulevaisuudessa tärkeiksi nousevia viljelykasveja. Osa kasveista valittiin tutkimukseen Yläoutisen (1994) valintojen perusteella vertailupohjan saamiseksi. Osa kasveista, kuten tattari ja kumina, koetaan tärkeiksi kasveiksi tulevaisuudessa ja ovat pienestä viljelyalasta huolimatta mielenkiintoisia mehiläiskasveja. Kunkin kasvin esitelyssä kerrotaan siitä, millainen pölytysmekanismi kasvilla on, ja mikä on mehiläisen osuus kasvin pölytyksestä.

Työn laskelmaosuuteen valittiin yksinkertainen laskentakaava Morsen ja Calderonen (2000) mukaan. Kaavassa huomioidaan kunkin kasvin sadon arvo, hyönteispölytyksen osuus sekä mehiläispölytyksen osuus. Pölytyksen osuudet ilmaistaan kertoimina 0-1. Kaavan valintaan vaikutti sen yksinkertaisuus ja aiempi käyttö vastaavissa tutkimuksissa (Robinson ym. 1989, Yläoutinen 1994, Morse ja Calderone 2000). Yksinkertaisen kaavan etu on, että sen avulla voidaan laskea selkeä suuntaa antava tulos mehiläisten tuottaman pölytyksen arvolle. Potentiaalisen, keskimääräisen arvon lisäksi työssä laskettiin mehiläispölytyksen arvo käyttäen pienintä ja suurinta arvoa mehiläispölytyksen osuudesta kasvin pölytykseen.

Useissa aiemmissä tutkimuksissa kasvien riippuvuutta hyönteis- ja mehiläispölytyksestä kuvastaa kerroin 0-1. Se kertoo hyönteis- tai mehiläispölytyksen prosenttiosuuden kaikesta kasvin pölytyksestä (0=0 %, 1=100 %). Tämän työn kirjallisuusosiossa hyönteis- ja mehiläispölytyksen osuutta kuvataan prosenttiosuudella 0-100 %. Kirjallisuusosioon on kerätty tietoa kunkin kasvin ominaisuuksista ja pölytysmekanismeista sekä pölyttäjien vaikutuksesta satoon. Kaikkien kasvien hyönteis- ja mehiläispölytyksen osuudet tärkeimpien tutkimusten mukaan on koottu kahdeksi taulukoksi, joiden mukaan on laskettu tässä työssä käytetyt keskiarvot. Liitteessä 7 esitellään hyönteispölytyksen osuus kasvin sadontuotannosta ja liitteessä 8 mehiläispölytyksen osuus sadontuotannosta.

4 TUTKIMUKSESSA TARKASTELLUT VILJELYKASVIT

Mehiläiset vierailevat useilla suomalaisilla viljelykasveilla keräten mettä ja siitepölyä ja tehden samalla pölytystyötä. Hunajasadon kannalta tietyt kasvit ovat mehiläistarhaille erityisasemassa, mutta tasalaatuisen pölytyksen ja runsaan sekä laadukkaan sadon vuoksi tulisi huolehtia riittävä pölytys myös muille kuin parhaille hunajakasveille (Ruottinen ym. 2003, Ruottinen 2005). Harvalle tutkimuksessa käytetylle satokasville on tehty selvitystä mehiläispölytyksen osuudesta Suomen oloissa ja siksi käytetään tutkimuksia mahdollisimman samankaltaisista ilmasto-oloista, kuten Pohjoismaista. Suomessa on tutkittu muun muassa tattaria (Keskitalo 2008), omenaa ja mansikkaa (Pollari 2012).

4.1. Öljykasvit

4.1.1. Rypsi (*Brassica rapa L.*)

Rypsi (*Brassica rapa L.*) on ristikukkainen (*Brassicaceae*), kaksineuvoinen öljykasvi. Rypsin siemenen öljypitoisuus on noin 40 % (Hyytiäinen ja Hiltunen 1999) ja sivutuotteena syntyvän rypsirouheen valkuaispitoisuus on lajikkeesta riippuen 30–40 %. Rypsiä viljelläänkin öljy- ja rehukasviksi (Seppänen 2008). Suomessa rypsin viljely on keskittynyt kasvuvyöhykkeille I-III. Vuonna 2010 rypsin viljelyala oli maassamme 141 500 hehtaaria (Tike, viitattu kesäkuussa 2011). Rypsin keskisatotaso on 1600–1800 kg/ha (Ruottinen 2005). Rypsi on viljellyimpiä peltokasvejamme ja hyvänä mesikasvina se on yksi mehiläisten pääsatokasveista (McGregor 1976, Ruottinen 2005).

Rypsi on lähes kokonaan itsefertiili kasvi. Laadukkaan, tasaisen ja runsaan sadon takaamiseksi se tarvitsee itsepölytyksen lisäksi ristipölytykseksi tuuli- ja hyönteispölytyksen (Crane ja Walker 1984, McGregor 1976, Williams 2001, Pierre ym. 2010). Suomessakin viljeltävissä hybridirypseissä hyönteispölytyksen tärkeys korostuu, koska kukkien rakenteen vuoksi tuulipölytys on vaikeutunut (Pierre ym. 2010).

Suomessa vuosina 1977–1982 tehdyissä häkkikokeissa havaittiin, että mehiläispölyteisten rypsihäkkien sato oli 10–15 % suurempi kuin häkeissä vailla mehiläisiä. Täysin

avoimet lohkot, eli tuuli- ja hyönteispölytykselle vapaat rypsilohkot tuottivat 28–75 % enemmän satoa kuin suljetut häkit ilman mehiläisiä. (Korpela 1988) Pierre ym. (2010) havaitsi, että pölytys onnistui 26,5 % paremmin mehiläishäkeissä kuin kontrollihäkeissä. Siementen ja palkojen muodostus lisääntyi hybridilajikkeilla mehiläisten läsnä ollessa jopa 8-kertaiseksi (Pierre ym. 2010). Korpela (1988) havaitsi myös, että ilman mehiläisiä rypsin kukinta jatkui 2-3 viikkoa pidempään kuin mehiläisten läsnä ollessa ja mehiläispölytyksen on todettu myös lisäävän siementen itävyyttä ja lisäävän kasvien elinvoimaisuutta (McGregor 1976). Morsen ja Calderonen (2000) ja Monckin ym. (2008) mukaan rypsin riippuvuus hyönteispölytyksestä on 100 %. Yläoutinen (1994) on arvioinut osuudeksi Suomessa 30 %. Mehiläispölytyksen osuudeksi kaikesta hyönteispölytyksestä Morse ja Calderone (2000) määrittelee 90 %. Korpela (1988) sen sijaan sai Suomen olosuhteissa osuudeksi 15 % ja Pierre 25%. Yläoutinen (1994) arvioi mehiläisten osuudeksi kirjallisuustutkimuksessaan 30 %. Tämän tutkielman keskiarvot hyönteis- ja mehiläispölytyksestä löytyvät liitteistä 7 ja 8.

McGregor (1976) suosittelee, että mehiläispesät sijoitetaan rypsipellon välittömään läheisyyteen. Tasaisen pölytyksen takaamiseksi kirjallisuudessa suositellaan pesien tiheydeksi 2-15 pesää/ha (McGregor 1976, Delaplane ja Mayer 2000). Suomen oloihin Korpela (1988) suosittelee 2-3 mehiläispesää hehtaarille.

4.1.2. Rapsi (*Brassica napus* L.)

Rapsi (*Brassica napus* L.) on rypsin kaltainen itsefertiili öljykasvi (*Brassicaceae*). Rapsisiemenen öljypitoisuus on lajikkeesta riippuen 30–40 %. Rapsia viljellään maassamme I-III kasvuvyöhykkeillä (Seppänen 2008) ja sen viljelyala vuonna 2010 oli 16 200 hehtaaria (Tike, viitattu kesäkuussa 2011).

Kuten öljykasvit yleensäkin, rapsi tuottaa sitä enemmän satoa, mitä paremmin kasvi pölyttyy. Tuuli on Mesquidan (1988) mukaan tärkein rapsin abioottinen pölyttäjä. Vaikka rapsi on itsefertiili eikä välttämättä tarvitse ristipölytystä, sisäsiittoisuus heikentää sadon laatua ja määrää (Downey 1964, Mesquida 1988). Rapsilla on luonnonvaraisia pölyttäjiä, esim. kimalaiset ja kaksisiipiset, mutta mehiläisen on tutkittu olevan rapsin ensisijainen ja tehokkain pölyttäjä (McGregor 1976). Tämä riippuu tietenkin mehi-

läisten määrästä ja vallitsevista pölytysolosuhteista. Häkkikokeissa Mesquida (1988) toteaa mehiläisten tehokkuuden perustuvan siihen, että mehiläisten aktiivisuus vierailta rapsin kukilla on hyvin korkea. Sabbahin (2005) mukaan mehiläisten tiheyden vaikutuksesta sadonlisään on liian vähän tietoja, esim. mehiläisten vaadittu hehtaarikohtainen määrä ei ole tiedossa. Freen (1993) mukaan mehiläispölytyksessä olevat koehäkit tuottivat 13 % enemmän rapsinsiementä kasvia kohti kuin ilman mehiläisiä olevat häkit. Freen mukaan satotaso nousi 55 % mehiläispölytyksen avulla. Vesely (1962) totesi häkkikokeistaan, että mehiläishäkkien rapsisato oli 25 % korkeampi kuin häkit ilman mehiläisiä. Sabbahi (2005) havaitsi häkkikokeissaan, että vailla mitään hyönteispölytystä rapsin palkotuotanto oli vain 61 % potentiaalisesta maksimisadosta, luonnonvaraisten pölyttäjien läsnä ollessa 65 % ja mehiläisten kera 77 % (pesätiheyden ollessa 1,5-3 pesää/ha). Siemenpainon havaittiin samassa tutkimuksessa nousevan jopa 46 % mehiläispölytyksen avulla.

Carreck ja Williams (1993), Morse ja Calderone (2001) sekä Yläoutinen arvioivat 10 % rapsin sadosta riippuvan hyönteispölytyksestä. Kirjallisuuslähteet (Teittinen, 1979, Gill 1989, Southwick ja Southwick 1992 ja Yläoutinen 1994) kertovat mehiläisen osuuden rapsin pölytyksestä olevan 10 % (Liite 7 ja 8).

Rapsi on houkutteleva kasvi mehiläisille. Eri kirjallisuuslähteet suosittelevat rapsihehtaarille 2-5 mehiläispesää, jotta pölytyspalvelu olisi mahdollisimman toimivaa (Delaplane ja Mayer 2000, Ruottinen 2005, Sabbahi 2005).

4.1.3. Öljypellava (*Linum usitatissimum*)

Pellava (*Linum usitatissimum*) on kaksineuvoinen pellavakasvi (*Linaceae*). Se on yksi-
vuotinen kuitu- ja öljykasvi, jota on viljelty Suomessa 1800-luvulta saakka sekä kuidun että siemenistä saatavan öljyn vuoksi. Tällä hetkellä öljypellava on Suomessa tutkimuskohteena mm. sen elintarvike- ja energiamahdollisuuksien vuoksi. Öljypellavalla on korkea alfa-linoleenihappopitoisuus, joka on ihmiselle tärkeä rasvahappo. (Peltonen 2010) Vuonna 2010 öljypellavaa viljeltiin maassamme 2600 hehtaarilla (Tike, viitattu kesäkuussa 2011). Se menestyy parhaiten I- ja II -viljelyvyöhykkeillä, mutta myös III-vyöhykkeellä viljely on onnistunut hyvin tuloksin (Peltonen 2010).

Pellava on lähes täysin itsepölytteinen ristipölytyksen osuuden ollessa Freen (1993) mukaan 1-2 % ja McGregorin (1976) mukaan 1-6 %, jopa 10 %. Vaikka pellavalla onkin suuri itsepölytysosuus, ristipölytys vaikuttaa positiivisesti sekä laatuun että sadon määrään. Pellavan siitepöly ei sovellu tuulipölytykseen, joten hyönteiset huolehtivat sen ristipölytyksestä (McGregor 1976). Kimalaiset ja mehiläiset ovat tärkeimpiä pölyttäjiä. Gürbüz (1999) havaitsi Turkissa tehdyssä pölytystutkimuksessaan, että hyönteispölytyksen osuus oli 1-10 % ja pölyttävistä hyönteisistä suurin osa oli mehiläisiä. Mehiläinen tekee 26–93 % kaikkien hyönteisten kukkavierailuista (Gürbüz 1999) (Liite 8.).

Pellavan kukka ei McGregorin (1976) mukaan ole mehiläiselle kovin houkutteleva. Suosituksia öljypellavapelloille sijoitettavista mehiläispesien määristä ei ole. McGregorin (1976) mukaan hybridipellava tarvitsee kuitenkin siementuotantoa varten etenkin mehiläispölytystä. Koska kasvi ei ole mehiläiselle houkutteleva, tulisi tarvittaessa kompensoida mehiläisten vähäinen pölytystehokkuus suurella pesämäärällä. (McGregor 1976)

4.2. Viherlannoituskasvit

Viherlannoituskasveilla tarkoitetaan maata parantavia typensidontakasveja. Niiden avulla helppoliukoisten ravinteiden pitoisuuksia maassa pystytään nostamaan, jolloin viljelykierrossa seuraavien kasvien ravinteiden saatavuus paranee ja maan biologinen aktiivisuus kasvaa. Erityisesti viherlannoitusta käytetään luomutuotannossa. Viherlannoituskasvien typensidonta perustuu juurien typpinystyröihin ja niiden kanssa symbioosissa toimiviin typpinystyräbakteereihin. (Rajala 2004)

Maa- ja metsätalousministeriön laatiman skenaarion (MMM 2008) perusteella typpi- lannoituskasvien käyttö lisääntynee maataloudessamme merkittävästi, joten niiden pölytysbiologian ymmärtäminen on tärkeää. Käytön mahdollinen kasvu johtuu mm. nurmipalkokasvien positiivisesta vaikutuksesta ilmastonmuutoksen torjunnassa sekä kasvavasta bioenergian käytöstä. Skenaariossa ennustetaan myös luomutuotannon määrän kasvavan.

4.2.1 Puna-apila (*Trifolium pratense*)

Puna-apila (*Trifolium pratense*) on maamme viljellyin ja tärkein nurmipalkokasvi. Se kuuluu hernekasveihin (*Fabaceae*) ja on tehokas typensitojakasvi (Hyytiäinen ja Hiltunen 1999, Sipilä ym. 2006). Erityisen tärkeä kasvi puna-apila on maamme luomutuotannossa (Sipilä ym. 2006). Vuonna 2010 puna-apilan siementuotannon viljelyala oli maassamme 422 hehtaaria (Jukka Kaseva, Boreal Oy, 25.10.2011, henkilökohtainen tiedonanto). Puna-apilan ominaisuudet hyvänä typensitojakasvina (20–60 kg/ha/vuosi) ja sen korkea rehuarvo taannee sen viljelyn suosion sekä luomu- että tavanomaisessa viljelyssä. Puna-apila on lisäksi yksi tärkeimmistä hunajakasveistamme.

Puna-apila on lähes täysin itseinkompatibiliteetti kasvi ja vaatii ristipölytyksen (McGregor 1976, Delaplane ja Mayer 2000). Sen kukat ovat kaksineuvoisia. Pieni, kapea ja pitkä kukka vaatii paljon pölyttäjältään. Pölytyksen onnistumiseksi runsaan mehiläis- ja kimalaispopulaation on oltava läsnä kukinnan alkaessa, koska pölytyksen on tapahduttava 2-4 päivän kuluessa kukan avautumisesta. Koska puna-apila hyötyy pitkäkielisestä pölyttäjähönteisestä, kimalaiset ovat sen tehokkaimpia pölyttäjiä. Huolimatta lyhytkielisyydestään ja hitaammasta kukkavierailusta, myös mehiläiset ovat erittäin tehokkaita puna-apilapellon pölyttäjiä. Mehiläiset pölyttävät puna-apilaa sen tehokkaammin, mitä houkuttelevampi pelto on - kuiva kasvusto ajaa mehiläiset muille kasveille. Mehiläiset saattavat myös ryöstellä mettä pölyttämättä kukkaa (Delaplane ja Mayer 2000).

Monck ym. (2008) toteaa puna-apilan olevan täysin riippuvainen hönteispölytyksestä. Muut kirjallisuuslähteet tukevat tätä väitettä (McGregor 1976, Yläoutinen 1994). Mehiläisen osuus puna-apilan pölytyksestä on todettu olevan 25-30 % (Teittinen 1979, Southwick ja Southwic 1992, Yläoutinen 1994) (Liite 8). Tammistossa 1940-luvulla tehdyissä tutkimuksissa havaittiin, että mehiläisten osuus puna-apilan siementuotannosta oli maksimissaan 24 %, kimalaisen ollessa merkittävin pölyttäjä (Maatalousministeriön tuotanto-osasto 1948).

Pölytyksen tasoa voi nostaa tuomalla mehiläispesät apilapeltojen läheisyyteen kukinnan alkaessa (Free 1993). Delaplanen ja Mayerin (2000) mukaan mehiläispesien suosi-

teltava tiheys on 2-25 pesää hehtaarilla. Kotimainen kirjallisuus suosittelee määräksi 4-5 pesää/ha. Alle kymmenen hehtaarin puna-apila alalla pesät voidaan sijoittaa yhteen kohtaan, mutta suuremmalla alalla pesät tulisi ryhmittää vähintään kahteen ryhmään, myös kasvuston keskelle (Ruottinen 2005).

4.2.2 Härkäpapu (*Vicia faba*)

Härkäpapu (*Vicia faba*) on nopeasti kasvava kaksineuvoinen hernekasvi (*Fabaceae*). Sitä viljellään Suomessa pääosin rehukasviksi sen korkean valkuaisainepitoisuuden (28–31 %) vuoksi. Vaikka härkäpavun puhdasviljely on maassamme mahdollista vain I-vyöhykkeellä, sitä viljellään kauran kanssa seoksena Keski-Suomessa saakka (Hyytiäinen ja Hiltunen 1999). Vuonna 2010 härkäpavun viljelyala oli 9400 hehtaaria (Tike, viitattu kesäkuussa 2011). Härkäpapu on maailmalla yksi viljellyimmistä viljelykasveista ja se koetaan tärkeäksi etenkin ravitsemuksellisesti ja ympäristön kannalta (Malika ja Salah-Eddine 2008). Härkäpapu on hyödyllinen typensitojakasvi, jonka viljelyalan odotetaan kasvavan Suomessa lähitulevaisuudessa (Peltonen-Sainio ym. 2009). Härkäpavun pölytyksen maksimoimiseen tulisikin kiinnittää aiempaa enemmän huomiota.

Vaikka härkäpapu on itsepölytykseen kykenevä kasvi, vähentää itsepölytys kasvin siementuotantoa ja voi johtaa siementen abortoitumiseen (Malika ja Salah-Eddine 2008). Härkäpavun tärkeimpiä pölyttäjiä ovat tarhamehiläinen, kimalaiset sekä eräät erakkomehiläiset. Härkäpavun kukka on pitkänomainen, joten sen tehokkaimpia pölyttäjiä ovat pitkäkieliset kimalaiset (Malika ja Salah-Eddine 2008). Vaikka tarhamehiläiset eivät ole lyhytkielisinä hyönteisinä härkäpavun tehokkaimpia pölyttäjiä, ne ovat tärkeitä runsautensa vuoksi. Härkäpavun kukka sisältää verrattain vähän vähäsokerista mettä, mutta se houkuttelee pölyttäjiä kukan ulkopuolisella medellä. Vaikka mehiläinen vierailisikin vain näillä ulkoisilla mesiäisillä, kasvi pölyttyy silti (Crane ja Walker 1984).

Hyönteisten tuottaman ristipölytyksen määrän arvioidaan olevan eri kirjallisuuslähteiden mukaan härkäpavulla 2-84 %, keskiarvon ollessa 30–40 % (Liite 7.) (Crane ja Walker 1984, Duc 1997, Suso ym. 2001). Monck ym. (2008) arvioi hyönteispölytyksen osuudeksi 10 %. Hyönteispölytyksen suuri vaihtelu johtuu Suson ym. (2001) mukaan

sekä geneettisistä tekijöistä että ympäristötekijöistä. Ducin (1997) sekä Malikan ja Salah-Eddinen (2008) mukaan 40 % härkäpavun pölyttäjästä on mehiläisiä (Liite 8.). McGregor (1976) sekä Morse ja Calderone (2000) arvioivat kirjallisuustutkimuksessaan mehiläispölytyksen osuuden olevan kaikesta hyönteispölytyksestä 30 %. Härkäpavun talvi- ja hybridilajikkeet voivat olla myös autoitsepölytteisiä (Duc 1997). Häkkikokeissaan Malika ja Salah-Eddine (2008) huomasi että ilman mehiläisiä häkkien siemensadon abortoituminen nousi 37 %:iin sen ollessa vapaasti pölytettävillä lohkoilla vain 19 %.

Tarhamehiläisten läsnäolo onkin vahvasti suositeltua, jotta pölytys onnistuu kokonaisvaltaisesti (Crane ja Walker 1984, Malika ja Salah-Eddine 2008). Mehiläisyhteiskuntia tulisi olla härkäpapupellolla Ruottisen (2005) mukaan 2,5-5/ha ja Delaplanen ja Mayerin (2000) mukaan 2-8/ha.

4.3 Muut peltokasvit

4.3.1 Kumina (*Carum carvi*)

Kumina (*Carum carvi*) on sarjakukkainen (*Apiaceae*) monivuotinen mauste- ja lääkekasvi, jota esiintyy Suomessa myös luonnonvaraisena. Sitä käytetään mausteena esim. leivissä, juustoissa ja juomissa, mutta kasvi sopii myös öljyn tuotantoon (Németh ym. 1999). Kuminan viljely vakiintui Suomeen 1990-luvulla. Vuonna 2010 viljelyala oli 12800 hehtaaria. Kuminan keskisato/ha oli 660 kg ja yhteensä satoa saatiin 8,5 miljoonaa kiloa (Tike, viitattu kesäkuussa 2011).

Suuri osa kotimaisesta kuminasta viedään nykyään ulkomaille. MTT:n mukaan Suomi tuottaakin lähes neljänneksen maailman kuminasta (Keskitalo 2008). Suhteellisen uutena viljelykasvina kuminan viljely- ja käyttöominaisuuksia on tutkittu viime vuosina myös Suomessa. Kuminalla on mm. maan rakennetta parantava vaikutus, koska sen kasvattama paalujuuri kuohkeuttaa maata. Se on myös hyvä maanpeittokasvi. Onkin tärkeää selvittää kuminan merkitystä pölytettävänä kasvina Suomessa, koska tutkimusta on vain vähän.

Kumina ei kykene itsepölytykseen, ja sen mesi ja siitepöly houkutteleekin hyönteisiä tehokkaasti. Myöskään tuulipölytys ei toimi kuminalla, vaan hyönteispölytys on ehdoton (McGregor 1976) (Liite 7.). Aiemman kirjallisuustutkimuksen (Yläoutinen 1994) mukaan mehiläisen osuus suomalaisen kuminan pölytyksestä on 60 %.

Kumina ei tuota satoa ensimmäisenä vuonna, mikä on huomioitava kuminan pölytyspalvelua suunnitellessa (Kjällberg 2011).

4.3.2 Tattari (*Fagopyrum esculentum*)

Tattari (*Fagopyrum esculentum*) on yksivuotinen, ristipölytteinen tatarkasvi (*Polygonaceae*). Kaksineuvoinen tattari kuuluu maamme vanhimpiin viljelykasveihin. Gluteenittomana kasvina se sopii hyvin keliakiaa sairastaville. Tattarilla odotetaan olevan suuret markkinat tulevaisuudessa viljatuotteiden korvaajana, ja tämän vuoksi tattarin pölytyksen onnistumisen tehostaminen Suomessa on tärkeää (Keskitalo 2008, Cawoy ym. 2009). Vuonna 2009 tattaria viljeltiin maassamme Tiken (viitattu kesäkuussa 2011) mukaan 655 hehtaaria. Tattarilla on suuret hehtaarisatovaihtelut 500–2000 kg välillä. Satotasoon vaikuttavat yhdessä sademäärä, pölyttäjien määrä, siitepölyn laatu ja määrä sekä epäkypsien siementen variseminen (Keskitalo 2008, Cawoy ym. 2009).

Tattarin pääkukinta-aika on heinä-elokuussa. Kukinto on päätteetön, eli kasvi jatkaa kukkimista niin kauan kuin kasvullisia resursseja riittää (Keskitalo 2008). Tutkimusten mukaan vain 1 % tattarista pölyttyy tuulipölytteisesti. Hyönteispölytys on siis välttämättömyyttä (Cawoy ym. 2009). MTT:n tutkimuksissa (Keskitalo 2008) havaittiin, että tattaria pölyttävät esim. kaksisiipiset, pistiäiset, kimalaiset ja mehiläiset. Tattarin kukilla vieraili 49 hyönteislajia. Terveyttä tattarista -hankkeen loppuraportissa (Keskitalo 2008) todettiin tattarin antavan lisää elinmahdollisuuksia teollisuusmaissa väheneville pölyttäjälajeille ja lisäävän monimuotoisuutta (Keskitalo 2008).

Tarhamehiläinen on tattarin tärkein pölyttäjä ja häkkikokeissa mehiläisten on todettu pölyttävän parhaimmillaan yli 90 % tattarin kukista (McGregor 1976, Cawoy ym. 2009) (Liite 8). Kirjallisuuslähteestä riippuen mehiläisen osuus tattarin pölytyksestä vaihtelee 40 %:sta 90 %iin (Yläoutinen 1994, Cawoy ym. 2009) (Liite 8). MTT:n tut-

kimuksissa Jokioisilla (Keskitalo 2008) havaittiin, että tattarin pähkyläsato oli 35 % suurempi avoimessa pölytyksessä verrattuna pölyttäjiltä suljettuun tilaan. Vain mehiläisiä sisältävät häkit sen sijaan tuottivat 17 % enemmän kuin kaikille avoin pölytys. MTT:n kokeissa havaittiin kuitenkin häkkien materiaalin vaikuttavan tattarin kasvuun negatiivisesti, joten vertailu ei tuottanut Keskitalon (2008) mukaan täysin oikeaa kuvaa. Australiassa tehdyissä tutkimuksissa sato pieneni 50 %, kun mehiläispölytys estettiin. Amerikkalaisissa tutkimuksissa sato pieneni samassa tilanteessa 30 % (Keskitalo 2008).

Vaikka mehiläinen on tehokas tattarin pölyttäjä, se hylkää tattaripellon helposti, mikäli houkuttelevampaa mettä on tarjolla (Cawoy ym. 2009). Tattaripellolle suositellaan lähteestä riippuen 2-6 pesää/ha (Ruottinen 2005, Nevalainen ja Klemola 2007).

4.4 Hedelmät ja marjat

4.4.1 Omena (*Malus domestica*) ja muut hedelmäpuut

Omena (*Malus domestica*) on ruusukasveihin (*Rosaceae*) kuuluva kaksineuvoinen hedelmäpuu, joka kuuluu maailman viljellyimpiin puutarhakasveihin (Gallai ym. 2009). Suomessa sen viljely keskittyy lähinnä Ahvenanmaalle, Varsinais-Suomeen, Uudellemaalle ja Lounais-Suomen saaristoon (Tahvonen 2007). Vuonna 2010 omenan viljelyala oli maassamme 4 262 hehtaaria (Tike, viitattu kesäkuussa 2011).

Omenan kukinta kestää 4-6 vuorokautta. Hedelmöityksen onnistumiseksi kukka on pölytettävä ensimmäisten päivien aikana kukinnan alkamisesta. Hedelmän kehittyminen suureksi ja tasalaatuiseksi vaatii mahdollisimman usean, vähintään 6-7 siemenaiheen hedelmöittymisen, joten pölytyksen on oltava runsasta. (Tahvonen ym. 2007) Hyönteispölytyksen estyminen aiheuttaa omenissa epämuodostumista (Pollari 2012).

Omena on osittain itsesteriili, eikä osa lajikkeista tuota hedelmää itse-pölytyksen avulla. Useimmat omenalajikkeet vaativat ristipölytyksen toisten omenalajikkeiden kanssa. Myöskään runsas kukinta ei ole tae hyvälle omenasadolle. Omena vaatii hyönteispölytyksen 80–100 %:ssa tapauksista. Eri kirjallisuuslähteet tukevat näitä tuloksia (Liite 7). Suomalaisen arvioiden (Teittinen 1979, Yläoutinen 1994) mukaan mehiläinen pölyttää

25-30 % omenasadostamme, mutta olosuhteiden ollessa otolliset, mehiläinen pölyttää jopa 90 % omenankukista (Liite 8.). Tässä tutkielmassa on laskettu keskiarvo, mikä ei välttämättä päde Suomen olosuhteissa. Pollarin (2012) mukaan mehiläishäkit toivat tilastollisesti suuremman omenasadon. Suomessa olosuhteet ovat viileän kevään vuoksi harvoin mehiläiselle parhaimmillaan omenan kukkiessa. Tahvosen ym. (2007) mukaan mehiläiset eivät lennä mikäli lämpötila on alle 12–15 astetta tai tuulisella säällä, kun taas kimalaiset liikkuvat kylmemmälläkin säällä. Australialaisen tutkimuksen mukaan kaikista omenatarhan pölyttäjistä 97 % oli tarhamehiläisiä (Somerville ja White 2005). Delaplanen ja Mayerin (2000) mukaan tarhamehiläinen onkin taloudellisesti tärkein omenan pölyttäjä, mutta myös kimalaiset ovat erittäin tärkeitä. Suuri uhka hyönteispölytykselle on huonot sääolosuhteet kukintokauden aikana, jolloin pölyttäjät eivät pysty lentämään.

Tahvonen (2007) toteaa, että omenatarhojen välittömään läheisyyteen tulee sijoittaa mehiläis- ja kimalaispesiä. Hehtaarikohtaiset arviot vaihtelevat omenalajikkeesta ja kirjallisuuslähteestä riippuen 1-12 pesän välillä (Delaplane ja Mayer 2000). Ruottinen ym. (2005) suosittelee Suomen oloihin 4-12 pesää/ha. Suuret vaihtelut johtuvat mm. ympäristö- ja maisemaeroista (Monck ym. 2008).

Maassamme viljellään vain vähän muita hedelmäpuita kaupallisessa mittakaavassa. Päärynä (*Pyrus communis*) on Etelä-Suomessa omenapuun tapaan viljeltävä ruusukasvi (*Rosaceae*). Sen ammattimainen viljely on Suomessa vielä vähäistä mutta nousussa. Päärynää viljellään maassamme kasvuvyöhykkeillä I-II/III mutta se voi menestyä pohjoisemmassakin suotuisissa olosuhteissa (Forsblom 1999).

Päärynällä on useita partenokarppeja lajikkeita, mutta osa lajeista vaatii ehdottomasti ristipölytyksen (Aaltonen 2006). Ristipölytyksestä on kuitenkin huomattava hyöty kaikkien lajikkeiden hedelmille, tehden niistä suurempia ja laadukkaampia (Free 1993, Forsblom 1999). Päärynäsadon riippuvuus hyönteispölytyksestä vaihtelee 50 %:sta 80 %:iin (Carreck ja Williams 1993, Morse ja Calderone 2000, Monck ym. 2008) (Liite 7). Vaikka monet pölyttäjät, kuten kärpäset ja mesipistiäiset vierailevat päärynän kukilla, tarhamehiläiset ovat tehokkaimpia ja yleisimpiä, jos pesiä on läsnä. Ne saattavat kattaa kaikista kukkavierailuista 50-90 % (Gill 1989, Southwick ja Southwick 1992, Benedek ja Ruff 1998, Morse ja Calderone 2000) (Liite 8).

Mehiläisen pölytystehokkuuteen vaikuttaa se, että päärynän kukat tuottavat runsaasti siitepölyä, mutta mesimäärä on vähäistä ja sokeripitoisuus pieni (25 %). Mehiläiset vaihtavatkin helposti päärynän muihin houkuttelevampiin mesikasveihin, mikäli niitä on lähistöllä tarjolla. Tämän vuoksi Delaplane ja Mayer (2000) suosittelevat päärynätarhoille suuria mehiläispesämääriä kompensoimaan kukan huonoa houkuttelevuutta. Sateisina vuosina on normaalia, että hedelmät jäävät heikkolaatuisiksi pölytyksen estyessä (Forsblom 1999). Päärynätarhalle suositeltu mehiläispesämäärä vaihtelee lähteestä riippuen välillä 1-5 pesää/ha (Delaplane ja Mayer 2000).

Luumu (*Prunus domestica*) on mehiläiselle hyvä mesikasvi, joka kukkii touko-kesäkuussa 3-5 päivää. (Mali ja Laaksonen 1961, Delaplane ja Mayer 2000) Luumu vaihtelee päärynän tavoin lajikkeittain itsesteriilistä itsefertiiliin. Hyönteisten osuus pölytyksestä vaihtelee 50 %:sta 80 %:iin kirjallisuuslähteen mukaan (Carreck ja Williams 1993, Morse ja Calderone 2000, Monck 2008) (Liite 7). Ristipölytys on luumulle tarpeellista laadukkaan hedelmäntuotannon varmistamiseksi myös itsefertiileillä lajeilla. Luumun kukat houkuttelevat mehiläisiä, jotka pesien läsnäollessa ovat luumun tärkeimpiä pölyttäjiä. Mehiläisten osuus on arvioitu olevan 50 %:sta 90 %:iin (Liite 8). Luumunkukan meden sokeripitoisuus vaihtelee kuitenkin runsaasti lajikekohtaisesti (Delaplane ja Mayer 2000). Kirjallisuuden mukaan suositeltu keskiarvo mehiläispesien määrälle on 3,2 pesää/ha. Määrä vaihtelee 2,5-5 pesän välillä. (Delaplane ja Mayer 2000)

Kirsikka (*Prunus sp.*) on hyönteispölytteinen, ja muiden hedelmäpuiden tavoin mehiläispölytys parantaa ja lisää satoa. Kirjallisuuslähteet arvioivat, että 90 % kirsikasta on hyönteispölytteistä (Carreck ja Williams 1993, Morse ja Calderone 2000, Monck ym. 2008) (Liite 7). Mehiläisten osuus hyönteispölytyksestä vaihtelee välillä 50 % ja 90 % (Liite 8). Kirsikka on hyvä mehiläiskasvi tarjoten runsaasti mettä ja siitepölyä.

4.4.2 Mansikka (*Fragaria x ananassa*)

Mansikka (*Fragaria x ananassa*) on monivuotinen ruusukasvi (*Rosaceae*). Lähes kaikki kaupalliset mansikkalajikkeet ovat itsefertiilejä ja kaksineuvoisia (McGregor 1976,

Delaplane ja Mayer 2000, Matala 2006). Mansikan viljelyala oli Suomessa vuonna 2010 3311 hehtaaria (Tike, viitattu toukokuussa 2011 3/2011).

Mansikan kukinnot kasvavat kukkavarsiin, joista jokaisen kahteen haaraan kehittyy kukka. Ensimmäiset kehittyvät mansikan kukat ovat primaarisia ja ne tuottavat kasvin suurimmat ja kaupallisesti tärkeimmät hedelmät. Myöhäisemmät kukat ovat sekundaarisia ja tertiäärisiä ja tuottavat paljon pienempiä ja vaatimattomampia kuin primaarikuista kehittyneet hedelmät. (McGregor 1976, Delaplane ja Mayer 2000)

Kaupalliset mansikkalajikkeet ovat usein itsepölyttyviä. Silti hyönteispölytyksen on todettu olevan välttämätöntä, jotta marjasato olisi laadukas ja tasalaatuinen, koska mansikan hedelmästä tulee sitä suurempi, mitä useampi siemenaihe pölyttyy (Matala 2006, Pollari 2012). Mansikan kukan morfologia ja kukinnan ajoitus suosii ristipölytystä; luotti on vastaanottavainen ennen kuin saman kasvin ponnet vapauttavat siitepölyn.

Mansikan häkkikokeissa itsepölytyksellä saatiin ainoastaan 53 % mansikoista kehittymään. Tuulipölytys nosti hedelmänkehityksen 67 %:iin ja mehiläispölytys 91 %:iin (Connor ja Martin 1973). Hyönteispölytyksen osuuden mansikalla on havaittu olevan 10-20 % (Carreck ja Williams 1993, Yläoutinen 1994, Morse ja Calderone 2000). Mansikka on houkutteleva mesikasvi. Mehiläisen osuuden hyönteispölytyksestä on tutkittu olevan 10-40 % (Teittinen 1979, Gill 1989, Southwick ja Southwick 1993, Yläuotinen 1994, Morse ja Calderone 2000) (Liite 8). Suonenjoella kesällä 2007 tehdyn tutkimuksen mukaan suurin osa mansikan kukkavierailijoista oli mehiläisiä. Kimalaisia ei havaittu (Mustalahti 2011). Matalan (2006) mukaan mehiläispölytys lisää satoa 15–30 %. Mansikka vaatii useita mehiläisvierailuja, jotta siitepöly leviää tasaisesti ja marjanlaatu muodostuu tasaiseksi. Pollari (2012) havaitsi tutkimuksessaan että täysin mehiläisiltä suljetussa tilassa yli 70 % mansikoista oli hieman tai erittäin epämuodostuneita. Mehiläiselle ja muille pölyttäjille vapailloilla lohkoilla tai mehiläishäkeissä sijaitsevat mansikat tuottivat täydellisiä marjoja.

Mehiläisten aktiivisuus on tärkeää etenkin primaaristen kukkien pölyttäjinä, sillä nämä tuottavat kaupallisesti tärkeimmät suuret hedelmät. Mansikan suositeltu mehiläis-pesämäärä vaihtelee huomattavasti. Scott-Dupree ym. (1995) suosittelee ainoastaan 1,2

pesää/ha kun taas McGregor (1976) ehdottaa jopa 12–25 mehiläispesää hehtaarille. Ruottinen ym. (2005) ehdottaa riittäväksi määräksi 1-2 pesää/ha.

4.4.3 Pensasmustikka (*Vaccinium corymbosum*)

Pensasmustikka (*Vaccinium corymbosum*) on helposti viljeltävä kanervakasvi (*Ericaceae*), jota viljellään intensiivisesti Euroopassa ja etenkin Pohjois-Amerikassa (Delaplane ja Mayer 2000, Isaacs ja Kirk 2010). Suomessa pensasmustikkaa viljeltiin vuonna 2010 74 hehtaaria ja viljelyala on viime vuosina noussut tasaisesti (Tike 2010).

Pensasmustikkalajikkeet ovat enimmäkseen itsefertiilejä, mutta osa on myös itsesteriilejä. Myös itsefertiilit lajikkeet hyötyvät ristipölytyksestä, koska marjoista tulee näin suurempia ja ne kypsyvät nopeammin (Delaplane ja Mayer 2000). Pollari (2012) havaitsi Piikkiössä tehdyissä häkkikokeissaan, että vapaassa tai pakotetussa pölytyksessä 60–80 % pensasmustikan kukista marjoi, estetyn pölytyksen marjomisprosentin ollessa vain 15 %. Hän havaitsi pensasmustikkasadon kasvavan jopa 5-kertaiseksi hyönteispölytyksen avulla. Pölytyksen varmistaminen on tärkeä osa viljelyä, sillä suurilla, hyvin kukkivilla pelloilla voi olla jopa 30 miljoonaa kukkaa hehtaarilla. Delaplanen ja Mayerin (2000) mukaan esim. Sharpblue -lajikkeen ristipölytys nosti marjakohtaista painoa 13 % ja pienikokoisten marjojen määrä väheni 66 %. On arvioitu, että 60–80 % pensasmustikan kukista tulee pölyttyä, jotta viljely olisi kaupallisesti kannattavaa. (Eck 1988, Delaplane ja Mayer 2000)

Pensasmustikan siitepöly ei kohtalaisen painavana sovellu tuulipölytykseen, vaan vaatii aina hyönteispölytyksen (Liite 7). Mikäli mehiläisiä on pensasmustikan ympärillä, ne ovat pääsääntöisiä pölyttäjiä, mutta niidenkin tehokkuus mustikan pölyttäjänä vaihtelee lajikkeen mukaan (Dejeu ja Delaplane 2003, Isaacs ja Kirk 2010). Muita pölyttäjiä ovat mm. erakkomehiläiset ja kimalaiset (Isaacs ja Kirk 2010). Vaikka kimalainen on tehokas pölyttämään pensasmustikkaa, sen ongelmana on lentäminen suppealla alueella (Eck 1988). Pohjois-Amerikassa tehtyjen tutkimusten mukaan villimehiläiset ovat tehokkaimpia pölyttäjiä silloin, kun kyseessä on pieni viljelyala. Tällöin villimehiläisten osuus pölytyksestä on 58 %. Suurilla aloilla tarhamehiläisten pölytyksen osuus on jopa 97 % (Isaacs ja Kirk 2010).

Intensiiviselle pensasmustikan viljelylle suositellaan kirjallisuudesta riippuen 2-12 mehiläispesää hehtaarille (Delaplane ja Mayer 2000, Isaacs ja Kirk 2010). Pölytyspalveluun tarkoitettut pesät tulisi tuoda mustikkatarhoille viimeistään kun 25 % kasveista kukkii (Eck 1988). Eck (1988) painottaa, että myös villimehiläisille ja kimalaisille on jätettävä pensasmustikkaviljelmien ympärille riittävästi luontaisia pesäpaikkoja.

4.4.4 Mustaherukka (*Ribes nigrum*)

Mustaherukka (*Ribes nigrum*) on herukkakasvien (*Grossulariaceae*) sukuun kuuluva yksikotinen pensas. Se on Suomessa alkujaan luonnonvarainen kasvi, joka on sopeutunut hyvin erilaisiin kasvuympäristöihin. Viljeltyä mustaherukkaa löytyykin maastamme Rovaniemen korkeudelta saakka (Matala 1999). Mustaherukan viljelyala oli Suomessa vuonna 2010 1648 hehtaaria (Tike viitattu 3/2011).

Herukoiden kukinta alkaa Etelä-Suomessa toukokuun puolessa välissä ja maan pohjoisosissa kesäkuussa. Kasvi on arvokas aikaisena medentuottajana (Mali ja Laaksonen 1961). Kukinta kestää 2-2,5 viikkoa. Herukoiden siitepöly ei sovellu tahmeutensa takia tuulipölytykseen ja niiden tärkeimpiä pölyttäjiä ovat hyönteiset. Suomen olosuhteissa pölyttäjiä voi olla säästä riippuen verraten vähän herukoiden kukkimisaikaan. Emi on vastaanottavainen siitepölylle 3-4 päivää. Kuitenkin, vaikka herukan kukka tuottaa mettä runsaasti, siinä on kohtuullisen alhainen sokeripitoisuus (Matala 1999).

Useat mustaherukan lajikkeet ovat itsefertiilejä, mutta ristipölytys tuo tutkimusten mukaan paremman satotason (Matala 1999, Denisow 2003). Suomessa vuonna 2009 tehdyissä kokeissa (Pollari 2012) hyönteispölytys lisäsi marjomista 35 %, mutta vuonna 2010 samanlaisessa koejärjestelyssä ei havaittu eroja. Zurawiczin ym. (1993) mukaan lajikkeesta riippuen 20-80 % mustaherukasta on itsepölytteisiä. Autoitsepölytys onnistuu osalla lajikkeista hyvin, koska emi saattaa sijaita hyvin lähellä hedettä. Denisow (2003) havaitsi tutkimuksessaan, että vaikka tutkittu mustaherukkalajike oli itsefertiili, suurin satotaso tuli, kun pölyttäjähyönteisillä oli vapaa pääsy herukkapensaille. Hyönteispölytyksellä jopa 70 % kukista lajikkeesta riippuen kehittyi marjoiksi kun itsepölytyksessä marjomisprosentti oli 49–60%. Joillakin lajikkeilla itsepölytys vähensi sadon-

tuotantoa 25 % verratessa vapaaseen hyönteispölytykseen. Vapaassa hyönteispölytyksessä olevat mustaherukkapensaat myös tuottivat suurimmat marjat (Denisow 2003). Pölytyksokokeissa satotaso on parhaimmillaan saatu kaksinkertaistetuksi (Korpela 1981). Riippuvuus hyönteispölytyksestä on arvioitu Denisowin (2003) tutkimuksessa olevan 20–80 %, muiden arvioiden vaihdella 60 %:sta 90 %:iin (Yläoutinen 1994, Morse ja Calderone 2000) mehiläispölytyksen arvolla ollessa 25–30 % (Teittinen 1979, Yläoutinen 1994, Morse ja Calderone 2000). Crainen ja Walkerin (1984) mukaan 3 pesää/ha lisää herukkasatoa 88 % verrattuna alaan, jossa ei ole tarhattuja mehiläisiä. Mehiläispölyä suositellaan mustaherukkahehtaarille lähteestä riippuen 2-4 kpl (Crane ja Walker 1984, Ruottinen ym. 2003).

4.4.5 Punaherukka (*Ribes rubrum*)

Punaherukka (*Ribes rubrum*) on ominaisuuksiltaan mustaherukan kaltainen herukkasävy (Grossulariaceae). Punaherukkaa viljeltiin Suomessa vuonna 2010 87 ha. (Tike 2011, viitattu toukokuussa 2011)

Punaherukka kukkii toukokuun puolesta välistä lähtien hieman lyhyemmän aikaa kuin mustaherukka. Se on kaksineuvoinen ja osa lajikkeista on itsefertiilejä, mutta laadukkaan ja runsaan sadon takaamiseksi avoin hyönteispölytys on tarpeellista ja voi jopa lähes kaksinkertaistaa marjasadon (Crane ja Walker 1984). Tuulipölytys ei ole riittävä tahmean siitepölyn vuoksi. Hyönteispölytys lisää marjan kokoa ja laatua sekä siemenmäärää (Crane ja Walker 1984, Latet ym. 1999). Noin 70 % kaupallisesta punaherukkasadosta on hyönteispölytteistä eri kirjallisuustutkimusten mukaan (Liite 7). Mehiläispölytys kattaa tästä 25-30 % (Teittinen 1979, Yläoutinen 1994, Morse ja Calderone 2000) (Liite 8.).

4.4.6 Vadelma (*Rubus spp.*)

Vadelmat (*Rubus spp.*) kuuluvat Rosaceae -heimoon. Viljelty vadelma on syntynyt luonnosta risteytetyistä lajikkeista, ja se eroaa metsävadelmista (*Rubus ideaus*) suuremman versomäärän ja vankemman rakenteensa vuoksi (Ruutiainen 2004). Vuonna 2010 vadelman viljelyala Suomessa oli 529 hehtaaria (Tike, viitattu kesäkuussa 2011).

Suomessa satokausi on lyhyt ja vain osa vadelman sadosta ehtii kypsyä. Vadelma kukkii kesäkuussa 2-3 viikkoa runsaana. Luumarjoista muodostuvasta vadelmasta tulee sitä suurempi, mitä useampi luumarja pölyttyy. Hyönteispölytys onkin välttämätön runsaan sadon muodostumiseksi. (Oliveira ym. 1991, Ruutiainen 2004) Canen (2005) mukaan itsepölyttynyt marja oli 30 % kevyempi kuin keskimääräinen mehiläisten pölyttämä marja. Mehiläinen on Canen (2005) mukaan vadelman tärkein pölyttäjä runsautensa vuoksi, vaikka kimalainen olisikin tehokkaampi mm. siitepölyn siirron määrässä mitaten.

Hyönteispölytyksen osuudeksi on Suomessa arvioitu 60 % (Yläoutinen 1994). Vadelma on mehiläiselle ja muille pölyttäjille erittäin houkutteleva kasvi (Delaplane ja Mayer 2000). Mikäli mehiläisiä on vadelmatarhalla, mehiläisten on arvioitu pölyttävän niistä 40-70 % (Liite 8). Kukan sokeripitoisuus on Ruutiaisen (2004) mukaan jopa 50 %, ja se onkin yksi tärkeimpiä ravintokasveja pölyttäjille Suomessa. Myös vadelman siitepöly houkuttelee pölyttäjiä (Oliveira ym. 1991).

Delaplanen ja Mayerin (2000) mukaan vadelmatarhalle tulee sijoittaa 2 mehiläispesää/ha, jotta pölytys on riittävää. McGregor (1976) suosittelee mehiläispesää vadelmatarhoille, koska hyöty on tässä kasvi-hyönteissuhteessa molemminpuolinen vadelman ollessa erinomainen hunajakasvi.

4.4.7 Avomaankurkku (*Cucumis sativus*) ja kesäkurpitsa (*Cucurbita pepo*)

Kurkku (*Cucumis sativus*) on lajikkeesta riippuen yleensä yksineuvoinen kurkkukasvi (*Cucurbitaceae*). Suomessa viljellään kurkkua sekä kasvihuoneissa että avomaalla (Suhonen 1984). Vuonna 2010 avomaankurkkua viljeltiin Suomessa 217 ha (Tike, viitattu kesäkuussa 2011).

Kurkku vaatii ristipölytyksen ja hyönteispölytyksen. Poikkeuksena ovat partenokarpiset lajikkeet. Myös autoitsepölytystä esiintyy. Jotta kurkku kehittyisi laadukkaaksi, on luotin hedelmöityttävä useista sadoista siitepölyhiukkasista (Suhonen 1984). Kurkun siitepöly on hyvin soveltuvaa mehiläispölytykseen, toisin kuin tuulipölytykseen, koska se on tahmaista ja hiukkaset ovat suuria. Kasvihuoneissa käytetään usein apuna kauppal-

lisiä kimalaispesiä, kun taas avomaankurkku hyötyy mehiläispölytyksestä. Mehiläiset vierailevat herkästi kurkussa, vaikka kasvissa on suhteellisen vähän mettä (Delaplane ja Mayer 2000).

Stanghellini ym. (1997) havaitsivat, että kurkun hedelmät voivat jäädä täysin kehittymättä, mikäli hyönteispölytys estyy. Täysin vapaasti pölytyvällä lohkoilla saattaa kehittyä jopa lähes kolminkertainen määrä kurkkuja rajoitettuun pölytykseen verrattuna (Gingras ym. 1999). Mikäli avomaankurkku ei ole partenokarpainen, vaatii se lähes poikkeuksetta hyönteispölytyksen. Tässä tutkielmassa on arvioitu vain ei-partenokasppiset lajikkeet. Mehiläispölytyksen osuus kurkulla vaihtelee 25–90 % välillä, keskiarvon ollessa 30 % (Liite 8). Suositellut mehiläispesien määrät avomaankurkkuhehtaarilla on kirjallisuuden perusteella 2-10 pesää/ha (Delaplane ja Mayer 2000).

Kesäkurpitsa (*Cucurbita pepo*) on ristipölytteinen ja kurkun tavoin lähes täysin hyönteispölytyksestä riippuva (lukuun ottamatta partenokarpisia lajikkeita). Itsepölytys tai tuulipölytys ei onnistu kesäkurpitsalla. Mehiläinen on tärkeä pölyttäjä, mutta myös kimalaiset ja erakkomehiläiset pölyttävät kasvia (Delaplane ja Mayer 2000). Hyönteisten vierailuilta eristetyt kurpitsahäkit ovat tuottaneet yli 80 % vähemmän satoa kuin avoimet lohkot (Free 1993). Mehiläisten osuuden pesien läsnäollessa on arvioitu olevan 60 % kaikesta hyönteispölytyksestä (Liite 8).

Kesäkurpitsahehtaarille suositellaan lähteestä riippuen 2-8 mehiläisyhdyskuntaa (Delaplane ja Mayer 2000).

5 TUTKIMUKSESSA TARKASTELLUT LUONNONMARJAT

Peltokasvien lisäksi Suomen metsäalueet tarjoavat runsaasti ravintokasveja mehiläisille. Useat maamme luonnonmarjat ja yrttikasvit ovat mehiläisille hyviä mesikasveja. Osa niistä on myös metsiemme pääkeruutuotteita. Noin 56 % suomalaisista poimii marjoja kotikäyttöön. Suomessa kasvaa 50 luonnonvaraista marjalajia, joista 37 on ihmiselle syötäväksi kelpaavia. 16 marjalajia poimitaan laajemmin ravintokäyttöön. Kaupallisesti Suomen tärkeimpiä luonnonmarjoja ovat mustikka, puolukka ja lakka. Nämä ovat myös kotitalouksissa eniten käytettyjä marjoja (Hetemäki 2006). Taloudel-

lisesti tärkein luonnonmarjamme on puolukka ja sitä kerätään kauppaan eniten (Marsi 2009 ja Marsi 2010).

Marjojen satomäärät vaihtelevat vuosittain ja alueittain runsaasti (Marsi 2009 ja Marsi 2010). Yhteensä maamme metsämarjojen vuotuisen kokonaissadon arvioidaan olevan heikkona vuonna 500 miljoonaa kiloa ja hyvänä marjavuonna 1000 miljoonaa kiloa. Tästä sadosta 30–40 % on kauppatarkoitukseen poimintakelpoista (Ylitalo 2010).

Luonnonmarjojen taloudellisesta arvosta kertovat niiden kauppahinnat. Luonnonmarjoilla nämä olivat vuonna 2000 järjestäytyneessä kaupassa 14,3 miljoonaa euroa, suoramyyntissä ja torikaupassa 3,4 miljoonaa euroa ja kotitarvepoiminnassa 53,8 miljoonaa euroa. Yhteensä luonnonmarjojen talteenoton taloudellinen arvo vuonna 2000 oli 71,5 miljoonaa euroa. (Hetemäki 2006)

Mehiläisten vaikutusta luonnonmarjojen sadonlisäykseen on vaikea arvioida, sillä tarkkaa tietoa ei ole saatavilla ja tutkimusta ei ole maassamme tehty laajalla mittakaavalla. Mehiläisten merkitys metsämarjojen pölyttäjinä on koettu tärkeänä vain kulttuuriympäristössä, jossa marjat ovat ihmisten lähellä (Nousiainen ym. 1978). Metsämarjojen pölytyksen onnistuminen riippuu paljolti luontaisista pölyttäjästä ja vuosittaisista olosuhteista.

Yläoutinen (1994) laski, että mehiläispölytyksen vuotuinen arvo metsämarjoille (mustikka, puolukka ja karpalo) oli vuonna 1994 noin 1,54 miljoonaa euroa. Tämä tarkoittaa 2,1 % koko metsämarjojen arvosta nykypäivänä. Tässä tutkielmassa tarkastellaan ainoastaan puolukkaa ja mustikkaa.

5.1 Puolukka (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

Puolukka (*Vaccinium vitis-idaea* L.) on kaksineuvoinen kanervakasvi (*Ericaceae*). Se on kaupallisesti tärkein metsämarjamme. Puolukan pääpoiminta-alueita ovat Oulun ja Lapin läänit. Vuonna 2010 puolukkaa kerättiin myyntiin 6,1 miljoonaa kiloa. Kaiken myyntiin menevän puolukan keskihinta oli 1,33 euroa/kg (Marsi 2010). Puolukkaa kerätään Suomessa kotitarvekäyttöön keskimäärin 16 miljoonaa kiloa vuodessa (keskustelu Simo Moision (Arktiset Aromit oy) kanssa 18.10.2011). Tämän lisäksi metsiimme

jää vuosittain valtavat määrät keräämätöntä puolukkaa. Potentiaalia olisi, sillä puolukkaa käytetään moniin teollisuuden tuotteisiin, kuten mehuihin, makeisiin ja likööreihin (Gustavsson 1993).

Puolukan marjomisen onnistuminen riippuu mm. kukinnan onnistumisesta, sääoloista ja pölyttävien hyönteisten määrästä. Puolukka vaatii hyönteispölytyksen, sillä se on hyvin vaikeasti itsepölyttävä, eikä tuulipölytyksestä tule merkittävää sadonlisää (Davis 2003). Hjalmarsson (1997) havaitsi Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa itsepölytysprosentiksi 7 %. Häkkikokeissa hyönteisiltä eristetyt häkit eivät tuottaneet lainkaan satoa. Ristipölytyksellä on myös suotuisat vaikutukset marjojen määrään ja kokoon (Gustavsson 1993, Hjalmarsson 1997). Hjalmarsson suosittelee lisäämään tarhattujen mehiläisten määrää puolukan sadon nostamiseksi. Ristipölytyksen avulla marjominen nousi Hjalmarssonin (1997) häkkikokeissa 64 %:iin. Myös Davis (2003) suosittelee tarhattuja pölyttäjiä luonnonvaraisten marjojen satojen lisäämiseksi Alaskassa. Tutkimuksessa (Davis 2003) havaittiin, että kimalaiset ja mehiläiset olivat runsaimmat kukkavierailijat puolukalla ja että vain ne keräsivät siitepölyä pölytyksen kannalta merkityksellisen määrän. Marjomisprosentti vaihteli 11,6 %:n ja 95,2 %:n välillä, keskiarvon ollessa 53,4 %. Suomessa on arvioitu mehiläisten pölyttävän noin 10 % puolukan kukista (Nousiainen 1978). Tutkimusta on tehty vain vähän ja lisätutkimuksille olisi tarvetta.

Puolukka hyötyy nopeasta pölytyksestä kukkimisen alettua. Etelä-Suomessa puolukan kukinta ajoittuu kuukauden ajalle touko-kesäkuulle, Pohjois-Suomessa kuukautta myöhemmäksi.

5.2 Mustikka (*Vaccinium myrtillus* L.)

Mustikka (*Vaccinium myrtillus* L.) on puolukan tavoin kaksineuvoinen kanervakasvi (*Ericaceae*). Vuonna 2010 kaupallinen mustikkasato oli 2,8 miljoonaa kiloa. Kotimaisen mustikan keskihinta oli 1,60 euroa/kg (Marsi 2010). Kotitarvepoiminnan määrä mustikalla on noin 12 miljoonaa kg/vuosi (keskustelua Simo Moision (Arktiset aromit ry) kanssa 18.10.2011). Mustikkaa kerätään eniten kaupallisiin tarkoituksiin Oulun ja Lapin läänissä. Etelä-Suomessakin satotasot voivat olla runsaita, mutta siellä marjastaminen tapahtuu pääosin kotikäyttöön. Mustikan suosio on noussut viime vuosina sekä

kotimaassa että ulkomailla sen terveysvaikutusten vuoksi. Se onkin tärkein vientimarramme jo nyt ja sen merkitys tulee kasvamaan (Marsi 2010).

Mustikka on erinomainen touko-kesäkuussa kukkiva mesikasvi. Nousiainen (1978) tekemän tutkimuksen mukaan mustikan tuulipölytys oli erittäin vähäistä. Myös itsepölytys oli pölytyspussikokeissa olematonta. Hyönteispölytyksen Nousiainen ym. (1978) arvioi mustikalla tärkeäksi ja välttämättömäksi. Yhteensä hän havaitsi mustikalla 86 hyönteislajia.

Valtakunnallinen sadon keskiarvo vuosina 1997–2008 on mustikan koeruuduilla ollut 22,5 kg/ha. Salo (2009) havaitsi, että parhaimmillaan pölyttäjät (lisätyt kontukimalaiset *B. terrestris*) nostivat satotason jopa 174 kg:aan hehtaarilla. Nousiainen ym. (1978) havaitsi, että mustikan pölytyksen estyessä mustikan kukkien marjomisprosentiksi saatiin 18,4 % sen ollessa pölytykselle avoimilla ruuduilla 61,5 % (Nousiainen ym. 1978).

Mehiläisen merkitys mustikan pölyttäjänä on tällä hetkellä vähäinen, Suomessa arvioiden mukaan 10 % (Nousiainen 1978). Syynä on, ettei mehiläisiä tarhata metsäisillä alueilla. On myös huomioitava, ettei tutkimusta ole tehty. Tuomalla mehiläispesiä mustikka-alojen läheisyyteen olisikin mahdollisuus lisätä mustikan pölytystä huomattavasti. Tämä kuitenkin riippuu myös luontaisista pölyttäjistä, joita saattaa olla tarpeeksi.

6 LASKELMAT MEHILÄISPÖLYTYKSEN POTENTIALISESTA ARVOSTA SUOMESSA

6.1. Mehiläispölytyksen arvon laskeminen (V_{kok})

Tutkimus perustuu kirjallisuudesta saatuihin arvoihin ja siinä lasketaan mehiläispölytyksen tuottama potentiaalinen kokonaisarvo (V_{kok}) kirjallisuuskatsauksessa läpikäytyjen kasvien tuotannossa. Arvo on laskettu erikseen kaupallisten kasvien ja metsämarjojen kohdalla, minkä lisäksi tuloksissa esitellään mehiläispölytyksen tuottama potentiaalinen kokonaisarvo Suomessa.

Mehiläispölytyksen arvo voidaan laskea eri menetelmin. Läpikäytyjen tutkimusten erilaiset arviot hyönteis- ja mehiläispölytyksen arvoista johtuvat pölytyskokeiden erilaisuudesta sekä alueellisista että vuosittaisista vaihteluista. Esimerkiksi Yläoutinen (1994) käytti kotimaisuuskertoimia määrittäessään mehiläispölytyksen osuutta sadontuotannosta. Tässä tutkimuksessa mitään kertoimia eri tutkimuksista saaduille pölytysosuuksille ei käytetä, vaan keskiarvo lasketaan suoraan kirjallisuuskatsauksen perusteella. Eräissä tutkimuksissa on myös määritetty mm. mehiläispölytyksen välillisiä arvoja tai sen merkitystä ravitsemuksessa (Eilers ym. 2011), mutta näihin ei tässä työssä oteta kantaa.

Tämän tutkielman laskelmat mehiläispölytyksen taloudellisesta arvosta on tehty käyttäen Robinsonin ym. (1989) ja Morsen ja Calderonen (2000) käyttämää laskukaavaa. Morse ja Calderone (2000) määrittelevät mehiläispölytyksen kokonaisarvon (V_{kok}) kertomalla kunkin satokasvin kokonaissadon arvon V kertoimilla D (sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä) ja P (sadon riippuvuus mehiläispölytyksestä). Samanlaista kaavaa käyttivät myös Robinson ym. (1989) ja Yläoutinen (1994). Käytetty kaava on:

$$V_{\text{kok}} = V \times D \times P$$

jossa

V_{kok} = mehiläispölytyksen tuottama kokonaisarvo satokasvilla (€)

V = satokasvin kokonaisarvo

D = sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä

P = sadon riippuvuus mehiläispölytyksestä

6.2 Kokonaissatojen arvon määritteleminen (V)

Tätä tutkielmaa varten tarvittavat kasvikohtaiset kokonaissatoarvot määriteltiin laske-
malla ensin kunkin mukana olleen kasvin sadon (milj. kg) keskiarvo vuosilta 2008–
2010. Myös kustakin kasvista maksettujen tuottajahintojen keskiarvot (€/kg) vuosilta
2008–2010 laskettiin kertomalla sadon määrä ja hinta. Näin saatiin kunkin kasvin sa-
don kokonaisarvo (Liite 1 ja 2). Tarhamehiläisen vaikutus päärynän, luumun ja kirsi-
kan sadontuotantoon arvioitiin sadon lisänä kilogrammoina käyttäen Morsen ja Calde-

ronen (2000) kaavaa, koska pienialaiset hedelmäpuut puuttuvat kotimaan virallisista viljelyalatilastoista.

Kokonaissatomäärät ja tuottajahinnat öljy- ja viherlannoituskasvien sekä muiden pelto- kasvien osalta ovat peräisin Maa- ja metsätaloustilasto Tiken Matilda- tilastotietopalvelusta. Puutarhakasvien satomäärät ovat peräisin Tiken Puutarhatilastot 2010 –tilastojulkaisusta (Puutarhatilastot 2010). Puutarhatuotteiden tuottajahinnat (2008-2009) ovat Kasvistieto Oy:n kokoamasta tilastosta (http://www.kasvistieto.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=8). Vuoden 2010 tilastot saatiin erikseen Kasvistieto Oy:ltä. Metsämarjojen (mustikka ja puolukka) kaupalliset satomäärät ovat peräisin Maa- ja metsätalousministeriön raportista ”Luonnonmarjojen ja sienten kauppaantulomäärät 2010” (Marsi 2010). Kotitarvepöytä- tiedot ovat peräisin Arktiset Aromit ry:ltä (keskustelu, Simo Moisio 18.10.2011).

6.3. Sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä (D)

Kasvin sadon riippuvuutta hyönteispölytyksestä kuvaa tässä tutkielmassa arvo D. Kunkin läpikäytävän kasvin kohdalla arvo on muodostettu kirjallisuudesta löydettyistä tutkimustuloksista, jotka perustuvat pölytykskokeisiin tai kirjallisiin arvioihin hyönteispölytyksen määrästä.

D:n arvoa kuvaa tässä tutkielmassa arvo 0 ja 1 väliltä. Arvo 1 tarkoittaa, että kasvi tarvitsee hyönteispölytystä tuottaakseen satoa, eikä satoa synny lainkaan ilman hyönteispölytystä. Arvo 0 tarkoittaa, että hyönteispölytyksellä ei ole vähäisintäkään merkitystä sadon muodostukseen.

Mikäli tutkimuksissa on ollut eroja D:n arvon kohdalla, lasketaan näiden keskiarvo (Liite 7). Kasvin sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä ilmaistaan tässä tutkielmassa yhden merkitsevän numeron tarkkuudella.

6.4. Sadon riippuvuus mehiläispölytyksestä (P)

Sadon riippuvuus mehiläispölytyksestä saa tässä tutkielmassa arvon P. Sen arvo saadaan samalla tavoin kuin D:n arvo, eli kirjallisuudesta löydettyjen pölytyskokeiden ja arvioiden tulosten perusteella laskettujen keskiarvojen mukaan (Liite 8). Johtopäätösten avuksi P:n arvolle määritellään myös alin ja ylin arvo käytettyjen kirjallisuuslähteiden avulla. (Liite 4 ja Liite 5). Ylin ja alin arvo tarkoittaa kirjallisuudesta löydettyjä pienimpiä ja suurimpia P:n arvoja.

7 TULOKSET

7.1 Mehiläispölytyksen kokonaisarvo Suomessa

7.1.1 Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo viljely- ja puutarhakasveille

Mehiläispölytyksen tuottaman potentiaalisen sadonlisän osuus tutkimuksessa olevien kotimaisten viljelykasvien sadontuotannosta on tämän tutkimuksen perusteella yhteensä 18,3 miljoonaa euroa (Taulukko 1). Sadontuoton kokonaisarvo tutkimuksessa mukana olleiden kaupallisten viljelykasvien kohdalla oli vuosina 2008–2010 keskimäärin 101,6 miljoonaa euroa. Mehiläispölytyksen osuus oli siis 18 % mukana olleiden viljely- ja puutarhakasvien vuotuisesta kokonaisarvosta.

Taulukko 1. Mehiläispölytyksen potentiaalinen osuus kaupallisten viljelykasvien sadontuotannosta. Pölytyksen osuudet ovat keskiarvoja (0-1).

Kasvi	Sadon arvo milj. € (kes- kiarvo 2008- 2010)	Sadon riippu- vuus hyön- teispölytyk- sestä	Mehiläispöly- tyksen osuus hyönteispöly- tyksestä	Mehiläispöly- tyksen arvo (milj. €)
Rypsi	37,5	0,8	0,3	9,0
Rapsi	6,5	0,1	0,1	0,07
Öljypellava	1,2	0,1	0,6	0,07
Puna-apila	0,1	1	0,3	0,04
Härkäpapu	3,0	0,3	0,4	0,4
Kumina	0,2	1	0,4	0,08
Tattari	0,5	0,9	0,7	0,3
Omena	5,6	0,9	0,6	3,04
Pensasmustikka	0,6	1	1	0,6
Mustaherukka	2,0	0,7	0,3	0,4
Punaherukka	0,4	0,7	0,2	0,06
Mansikka	39,1	0,2	0,3	2,3
Vadelma	4,0	0,6	0,6	1,5
Kesäkurpitsa	0,8	0,9	0,6	0,4
Avomaankurkku*	0,08	0,9	0,4	0,03
Yht.	101,6			18,3

*) huomioitu vain ei-partenokarpiset lajikkeet

Kirsikka, luumu ja päärynä eivät ole mukana laskelmissa pienen viljelymääränsä ja puutteellisten tuottajahintatietojen vuoksi, mutta mehiläisten tuottamaa potentiaalista sadonlisää on arvioitu taulukossa 2 sadon potentiaalisena kilomäärän lisänä kokonaisuutena ”muut hedelmät”. Potentiaalinen sadonlisä kirsikan, luumun ja päärynän kohdalla on tämän laskelman mukaan 4900 kg/vuosi. Kokonaistuotantomäärän ollessa keskimäärin 10 000 kg/vuosi, mehiläisten avulla saadaan jopa 49 % lisää hedelmäsatoa.

Taulukko 2. Muiden hedelmien (kirsikka, luumu ja päärynä) potentiaalinen sadonlisä (kg) mehiläisten avulla. Pölytyksen osuudet ovat keskiarvoja (0-1).

	Sadon määrä (kg, keskiarvo vuosina 2008–2010)	Sadon riippu- vuus hyön- teispölytyk- sestä	Mehiläispöly- tyksen osuus hyönteispöly- tyksestä	Mehiläispöly- tyksen tuoma sadonlisä (kg)
Kirsikka, luumu ja päärynä	10 000	0,7	0,7	4900

7.1.2 Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo metsäkasveille

Kaupallisesti tärkeimmät kotimaiset metsämarjat ovat puolukka ja mustikka, muut metsämarjat jäävät tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo sadontuotannosta on esitetty Taulukossa 3. Mehiläispölytyksen tuottama potentiaalinen arvo pölytyksen keskiarvoilla laskettuna on yhteensä 3,89 miljoonaa euroa koko sadon arvon ollessa 38,9 miljoonaa euroa. Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo on 10 % kauppaan ja kotitarvekäyttöön poimitusta mustikka- ja puolukkasadon arvosta.

Taulukko 3. Mehiläispölytyksen potentiaalinen arvo mustikalla ja puolukalla. Mehiläispölytyksen osuudet ovat keskiarvoja (0-1).

Kasvi	Kauppaan kerätyn sadon arvo		Sadon koko- naisarvo	Sadon riip- puvuus hyönteispö- lytyksestä	Mehi- läispöly- tyksen osuus hyönteis- pölytyk- sestä	Mehiläis- pölytyk- sen arvo (milj. €)
	milj. € (keskiarvo vuosina 2008- 2010)	Kotitarve- poiminnan arvo (milj. €)				
Mustikka	1,23	19,16	20,39	1	0,1	2,039
Puolukka	0,77	17,76	18,53	1	0,1	1,85
Yhteensä	2,01	36,92	38,93			3,89

7.1.3 Mehiläispölytyksen kokonaisarvo Suomessa ja sen osuus sadon arvosta

Mehiläispölytyksen potentiaalinen kokonaisarvo tutkimuksessa mukana olleille kasveille on 22,2 miljoonaa euroa (Taulukko 4.). Niiden vuotuisen sadon keskimääräinen kokonaisarvo on 140,5 miljoonaa euroa, joten mehiläispölytyksen potentiaalinen osuus on yhteensä 15,8 % mukana olleiden viljely- ja puutarhakasvien sekä metsämarjojen kokonaissadon arvosta.

Taulukko 4. Mehiläispölytyksen potentiaalinen vuotuinen kokonaisarvo Suomessa tutkimuksessa mukana olleilla viljely- ja luonnonkasveilla.

	Kokonaissadon arvo milj. €	Mehiläispölytyksen arvo (milj. €)	Mehiläispölytyksen osuus kokonaissadon arvosta (%)
Viljelykasvit	101,6	18,3	18 %
Metsämarjat (kaupallinen ja kotitarve)	38,9	3,9	10 %
Yhteensä	140,5	22,2	15,8 %

7.1.4 Tulokset pienimmällä ja suurimmalla mehiläispölytyksen arvoilla kaupallisessa sadontuotannossa

Koska mehiläispölytyksen osuudesta viljelykasveilla on kirjallisuudessa ristiriitaista tietoa, laskettiin osuus myös pienimmillä ja suurimmilla kirjallisuudesta löytyneillä pölytyksen arvoilla (Liite 4 ja Liite 5). Olettaessa kaikille mukana olleille viljelykasveille pienin kirjallisuudesta saatu mehiläispölytysriippuvuus, saatiin mehiläispölytyksen arvoksi 8,1 miljoonaa euroa. Tämä on 7,9 % kyseisten viljelykasvien kokonaissadosta. Suurimmalla arvolla laskettaessa mehiläispölytyksen arvo oli viljelykasveille 39,9 miljoonaa euroa, joka on 39,2 % kokonaissadosta.

8 TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Mehiläispölytyksen kokonaisarvo Suomessa

Mehiläispölytyksen potentiaalinen kokonaisarvo tässä tutkimuksessa mukana olevien kasvien sadontuotosta on 22,2 miljoonaa euroa. Arvo on yhteensä 15,8 % mukana olleiden kasvien kokonaisarvosta. Vastaavanlainen tutkimus tehtiin viimeksi vuonna 1994. Yläoutisen (1994, 53) tuloksissa mehiläispölytyksen arvoksi muodostui 65,7 miljoonaa euroa (valuuttakurssi tarkastettu 29.10.2011, Nordea 2011), mikä oli 21 % sadon kokonaisarvosta vuosina 1990–1993. Yläoutisen laskelmissa oli mukana osa samoista kasveista kuin tässä tutkimuksessa sekä arvio kotitarveviljelyn kokonaisarvosta, mikä nostaa kokonaissadon arvoa huomattavasti. Tässä tutkimuksessa ei kotitarveviljelyn arvoa ole huomioitu laskelmissa lainkaan. Sen arvo on suurempi kuin kaupallisen kasvintuotannon arvo (Yläoutinen 1994). Yläoutinen arvioi mehiläispölytyksen osuuden kotitarveviljelystä noin 39 miljoonan euron arvoiseksi (valuuttakurssi tarkistettu 29.10.2011, Nordea 2011), mikä oli 25 % silloisesta kotitarveviljelyn kokonaisarvosta. Mikäli tässä tutkimuksessa laskettuun mehiläispölytyksen arvoon lisätään arvio mehiläispölytyksen merkityksestä kotitarveviljelyyn Yläoutisen (1994) mukaan, nousee mehiläispölytyksen kokonaisarvo 63,5 miljoonaan euroon.

Tässä tutkimuksessa mehiläispölytyksen osuus on pienempi kuin Yläoutisen tutkimuksessa. Syynä voi olla aiemmin mainittujen tekijöiden lisäksi se, että Yläoutinen (1994) käytti kotimaisuuskertoimia osalla kasveista, mikä saattaa nostaa mehiläispölytyksen arvoa vuoden 1994 tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa ei käytetty millekään tutkimukselle kertoimia, koska niiden määrittäminen olisi varsin arpapeliä. Koska kertoimia ei käytetty, on tutkimus joillakin kasveilla liian yleistetty, koska suuri osa käytetyistä lähteistä ei ole täysin verrattavissa Suomen olosuhteisiin.

8.2 Mehiläispölytyksen arvo kaupalliselle sadontuotannolle

Kaupallisen kasvintuotannon kohdalla mehiläispölytyksen arvoksi saatiin tässä tutkimuksessa mukana olleille kasveille 18,3 miljoonaa euroa. Se on 18 % kyseisten kasvi-

en kaupallisen sadon kokonaisarvosta. Yläoutinen (1994) laski, että mehiläispölytyksen osuus oli 1990-luvun alussa 19 % kaupallisen sadon kokonaisarvosta. Myös Teittinen (1979) arvioi mehiläispölytyksen arvon Suomessa olevan 21 % kaupallisen kasvintuotannon arvosta. Aiemmat tutkimukset tukevatkin nyt saatuja tuloksia, vaikka pieniä eroja tuloksissa esiintyy. Ero voi johtua tutkimuksissa olevista eri satokasveista tai tuottajahintojen ja pinta-alojen muutoksista. Esim. rypsin viljelyala on noussut, ja rypsin sadon arvo tässä tutkimuksessa on 15,7 miljoonaa euroa suurempi kuin Yläoutisen (1994) tutkimuksessa.

8.3 Mehiläispölytyksen arvo mustikan ja puolukan sadontuotannolle

Mehiläisen osuus mustikan ja puolukan kauppa- ja kotitarvepoiminnan tuottamista tuloista on 3,9 miljoonaa euroa, eli 10 % näiden marjojen kokonaissadon arvosta. Yläoutinen (1994) laski mehiläispölytyksen osuudeksi 7 %. Yläoutisen tutkimus tukee nyt saatuja tuloksia metsämarjojen pölytyksestä. Mehiläisen osuutta metsäkasvien pölytyksestä on kuitenkin vaikea arvioida ja aiheesta on tehty vain vähän tutkimuksia. Mehiläistarhaus ja metsämarjojen tärkeät satoalueet eivät myöskään aina kohtaa: suuri osa kaupallisesta mustikasta ja puolukasta poimitaan Pohjois-Suomesta, jossa mehiläisiä tarhataan vain vähän verrattuna eteläisempään Suomeen (Taulukko 6). Muissa osissa maata mehiläisten merkitys luonnonmarjojen pölyttäjinä sen sijaan voi korostua, mikäli marja-alueilla on runsaasti mehiläistarhausta. Metsämarjojen kaupallinen pölytys mehiläisillä saattaa olla vähänlaista siksi, että mehiläisten merkitys pölyttäjinä on tähän saakka koettu tärkeäksi vain lähellä asutusta ja tärkeimpiä viljelyalueita. Hyvien marja-alueiden sijaitessa kaukana asutuksesta ne eivät välttämättä pääse kaupallisen mehiläispölytyksen piiriin.

Mustikan ja puolukan kotitarvepoiminnasta ei ole tarkkaa tietoa. Tässä tutkimuksessa käytetyn kotitalouspoiminnan kokonaissadon määrä perustuu vain saatuihin arvioihin. Kotitalouspoimintaa tulisikin tutkia tarkemmin.

Mehiläisten tuottaman pölytysarvon arvioiminen mustikalla ja puolukalla on vaikeaa, koska kotimaista pölytystutkimusta on tehty vähän. Tarvetta luonnonkasvien pölytystutkimukselle olisikin marjojen suosion noustessa niiden terveystuotosten vuoksi.

8.4 Mehiläispölytyksen arvo hunajasadon arvoon verrattuna

Hunajantuotannon arvo Suomessa on vuosina 2008–2010 ollut keskimäärin 5,5 miljoonaa euroa vuodessa (Taulukko 5). Keskimääräinen hunajantuotanto noina vuosina on ollut 1566,7 tn/vuosi. Tarhatun mehiläisen tuottama pölytyshyöty tutkimuksessa mukana olleilla viljely- ja puutarhakasveilla voi siis olla 3,3-kertainen hunajan arvoon verrattuna. Tässä tutkimuksessa saatu kerroin on korkeampi kuin aiemmissa tutkimuksissa, vaikka pölytyshyöty onkin tiedetty hunajan arvoa suuremmaksi. Yläoutinen (1994) laski, että mehiläispölytyksen arvo kaupalliselle kasvintuotannolle on 3,1-kertainen hunajasatoon verrattuna Teittisen (1979) laskiessa arvoksi 3,7.

Mustikan ja puolukan pölytysarvo on tämän laskelman mukaan 0,7-kertainen vuotuisen hunajasatoon verrattuna.

Verratessa pölytyksen arvoa hunajan hintaan on huomioitava, ettei mehiläispölytyksen osuutta kotitarveviljelystä arvioitu lainkaan. Yläoutinen (1994) arvioi, että mehiläiset tuottivat kotitarveviljelystä suurimman osan eli noin 39 miljoonaa euroa. Mikäli tämä arvo lisätään tässä tutkielmassa saatuihin tuloksiin, mehiläispölytyksen tuottama arvo voidaan laskea olevan jopa 11,5-kertainen vuotuisen hunajan arvoon verrattuna. Yläoutinen (1994) arvioi kaiken mehiläispölytyksen arvon olevan 8-kertainen hunajan arvoon verrattuna Teittisen (1979) arvioidessa sen 3,5-kertaiseksi.

Taulukko 5. Kotimaisen hunajasadon määrä ja tuottajan saama irtohunajan hinta vuosina 2008–2010.

Vuosi	Kokonaissato (1000 kg)	Irtohunajan hinta (€/kg)	Arvo/vuosi	
			(1000 €)	Arvo (milj. €)
2008	1500	3,15	4725	4,7
2009	1500	3,5	5250	5,3
2010	1700	3,8	6460	6,5
Keskiarvo	1566,6	3,5	5478,3	5,5

Lähde: SML 2011

8.5 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu

Tämän tutkielman laskelmissa käytettiin hyönteis- ja mehiläispölytyksen osuuden keskiarvoa laskettaessa suomalaisen mehiläispölytyksen arvoa. Arvot eri kasveille koottiin kirjallisuuskatsauksen perusteella. Kuitenkin, eri tutkimuksista saadut tulokset mehiläispölytyksen osuudesta sadontuotantoon vaihtelevat kirjallisuudessa paljon. Esimerkiksi arviot mehiläisen osuudesta omenan tuotantoon vaihtelevat välillä 25 % (Teittinen 1979) ja 90 % (Morse ja Calderone 2000). Osa tutkimuksista jätettiin pois laskelmista, koska ne eivät olleet Suomen oloihin verrattavissa tai muuten epäluotettavia. Vaikka tutkimuksia mehiläispölytyksestä onkin tehty, harvoin on tutkittu nimenomaan mehiläisen osuutta kasvin pölytyksestä. Kirjallisuutta oli vaikea löytää pätemään Suomen olosuhteisiin, joten tämä tutkielma on erittäin yleistetty muiden maiden tutkimuksiin sopivaksi. Pensasmustikka oli yksi kasveista, jolle ei löytynyt Suomen oloja vastaavaa tutkimusta. Koska kaikkien muidenkin kasvien kohdalla laskettiin yksinkertaisesti keskiarvo, pensasmustikan kohdalla toimittiin samoin. Tosiasiassa kuitenkin mehiläisen osuus pensasmustikan pölytyksestä ei ole 100 %. Näissä tilanteissa tämä tutkimus on yliarvio.

Koska vaihtelua oli paljon, laskettiin mehiläispölytyksen arvo myös suurimmilla ja pienimmillä mehiläispölytyksen arvoilla (Liitteet 4 ja 5). Pienimmällä arvolla (Liite 4) kaupallisen sadon arvoksi määritettiin 9,5 miljoonaa euroa. Se on noin 8,7 % koko sadontuotannon arvosta. Suurimmalla arvolla (Liite 5) kaupallisen sadon arvoksi määritettiin 44,9 miljoonaa euroa, mikä on noin 41,8 % kaupallisen sadon kokonaisarvosta. Puolukan ja mustikan kohdalla arviot eivät vaihdelleet yhtä paljon, mutta näiden kasvien kohdalla oli myös hyvin vähän taustatutkimuksia käytössä. Kaikkien kasvien kohdalla löydettyjen tutkimustulosten määrä ja niiden luotettavuus vaihteli runsaasti.

Mehiläispölytyksen tuottamassa sadonlisässä on niin paljon muuttujia, ettei tarkkaa euromääräistä arvoa tarhatuille mehiläisille voida tässä eikä muissakaan tutkimuksissa määritellä. Lasketuilla arvoilla saadaan kuitenkin käsitys, paljonko mehiläispölytyksellä voidaan lisätä satoa ja mitä tämä tarkoittaa taloudellisessa mielessä. Tässä tutkimuksessa ei ole huomioitu läheskään kaikkia kaupallisia hyönteispölytteisiä kasveja tai tärkeitä luonnonkasveja, joten tutkimuksen tulos on siltä osalta aliarvio mehiläispölytyksen kokonaisarvosta Suomessa. Lisäksi tärkeä

tekijä on kotitarveviljely: mikäli kotitarveviljelyn arvosta olisi saatavilla todenmukainen arvio, pölytyksen kokonaisarvo olisi luultavasti paljon suurempi.

Mehiläisten tuottama sadonlisä ei myöskään kerro kaikkea niiden tuottamasta taloudellisesta hyödystä. Tämä tutkimus huomioi vain mehiläispölytyksen tuottaman sadonlisän euromääräisen arvon, eikä mehiläispölytyksen vaikutusta sadon laatuun ole huomioitu. Kokonaisvaltainen pölytys parantaa hedelmien ja marjojen kokoa, muotoa ja laatua, ja tuottaja saa parempilaatuisesta sadosta paremman hinnan. Tämä on tärkeää etenkin esim. mansikalla ja omenalla. Mehiläispölytys saattaa myös pienentää kustannuksia viljelytoimenpiteissä, pölytyksen edesauttaessa tasaista tuleentumista tietyillä kasveilla. Tasainen tuleentuminen myös lisää sadon määrää.

Tutkimuksessa lasketut satojen hinnat perustuvat tuottajahintoihin. On huomioitava, että hinnat ovat peräisin eri tilastoista. Hinnoissa esiintyy epätarkkuutta, koska ne ovat keskiarvoja vuosilta 2008–2010. Myöskään hintajoustoja ei ole huomioitu. Kaikilta kasveilta ei myöskään ollut hinta- ja pinta-alatietoja saatavilla kaikilta vuosilta (Liite 1), jolloin on otettu huomioon vain esimerkiksi yhden vuoden tilastot.

Tutkimuksessa käytetty laskukaava on yksinkertaistettu ja suuntaa antava. Laskukaavassa on monia virhelähteitä, jotka on huomioitava tulosten tarkastelussa. Kertoimet P ja D on saatu pölytystutkimuksista ja kirjallisuudesta löytyneistä arvioista. Monissa tutkimuksissa on kuitenkin myös virhelähteitä, eikä sadontuoton riippuvuutta hyönteis- ja mehiläispölytyksestä täysin tunneta. Pölytysmekanismeja ei myöskään voida yleistää aina samaksi tietyllä kasvulla. Lähteinä käytetyt tutkimukset eivät myöskään olleet koejärjestelyiltään samanlaisia keskenään. Tutkimukset on myös tehty eri tavoin eri paikoissa, ja pölytyksen määrä riippuu ympäristöoloista ja koejärjestelyistä. Kasvin pölytyksen onnistuminen riippuu hyönteisten ja mehiläisten lisäksi monesta muusta tekijästä, esimerkiksi viljelytekniikasta, säästä, lajikkeista sekä muiden pölyttäjien läsnäolosta. Koska kertoimet on saatu tutkimuksista eri puolilta maailmaa, kaikki pölytyskokeiden tulokset eivät ole täysin verrattavissa Suomen oloihin.

Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo tässä tutkielmassa on laskettu yksinkertaisten sillä oletuksella, että viljelty kasvillisuusala, mustikka, puolukka ja mehiläiset ovat jakautuneet tasaisesti koko Suomeen. Näin ei kuitenkaan ole, ja on huomioitava, että

osassa Suomea mehiläisiä tarhataan enemmän ja niiden merkitys ja taloudellinen arvo on korkeampi (Taulukko 6.). Pohjoisimmassa osassa Suomea mehiläisiä taas ei pysty tarhaamaan lainkaan. Myöskään mehiläispesien sijoittumista suhteessa viljeltäviin alueisiin tai mustikan ja puolukan esiintymisalueisiin ei ole tässä tutkimuksessa huomioitu. Esimerkiksi mehiläisen taloudellinen lentosäde vaikuttaa sen pölytystyöhön. Pölytyspalvelun kannalta tärkeää on se, sijaitsevatko pesät viljelyalan läheisyydessä, koska Suomessa pölytyspalvelu ei perustu pesien siirtoon kuten USA:ssa. Siirtohoidolla mehiläisten tehokkuus pölyttäjänä korostuu ja niiden vuosittainen merkitys nousee.

Taulukko 6. Tuotantopesien määrät, tiheydet ja keskisadot lääneittäin 2008–2010.

Lääni	Pesämäärät			Keskiarvo 2008–2010
	2008	2009	2010	
Etelä-Suomen lääni	20 775	13 795	13 183	15 918
Länsi-Suomen lääni	13 904	21 435	17 032	17 457
Itä-Suomen lääni	5 816	4 453	5 032	5 100
Oulun lääni	2 273	527	1 658	1 486
Lapin lääni	232	790	95	372

Lähde: SML 2011

Pölytystutkimuksista saadut kertoimet eivät myöskään ota huomioon kasvien houkuttelevuutta mehiläisille. Mikäli alueella ei ole muita kasveja, huonostikin mehiläistä houkutteleva kasvi saattaa saada mehiläisen pölyttäjäkseen, mutta mikäli vaihtoehtoja on, mehiläinen vierailee aina houkuttelevimmalla kasvulla. Niinpä kertoimet voivat vaihdella riippuen mehiläispesien sijainnista ja ympäröivistä kasveista. Myös sää ja kasvien kukinta-ajankohdat vaikuttavat mehiläispölytyksen määrään ja muiden pölyttäjien määrään. Muiden pölyttäjien määrä puolestaan vaikuttaa mehiläisen osuuteen pölyttäjänä, sillä mikäli luontaisia pölyttäjiä riittää, mehiläisen suhteellinen osuus kasvin pölyttäjänä pienenee.

Mehiläispölytyksen vuotuinen arvo tärkeimmille kaupallisille satokasveille, tämän laskelman mukaan 18,3 miljoonaa euroa ja mustikalle ja puolukalle 3,9 miljoonaa euroa, on keskimääräinen arvio vuosilta 2008–2010. On otettava huomioon, että muun muassa

kasvien satomäärät ja mehiläispesien ja mehiläisten määrä vaihtelevat vuosittain, eikä pölytysarvo ole sama joka vuonna. Keskimäärin pesiä on vuosina 2008–2010 ollut ammattitarhaajilla 40 333, mutta määrä on vaihdellut vuosien 1982 ja 2010 välillä 35 000 ja 54 000 välillä (SML 2011).

Kuitenkin, huolimatta useista tutkimuksissa olevista virhelähteistä, voidaan tulosten perusteella sanoa, että mehiläinen on Suomessa taloudellisesti erittäin tärkeä pölyttäjä. Lisäksi mehiläispölytys vaikuttaa lukemattomien luonnonkasvien lisääntymiseen, millä on myös tärkeitä välillisiä vaikutuksia. Mehiläisten merkitystä luonnon monimuotoisuudelle on kuitenkin mahdotonta arvioida täysin tarkkaan euromääräisesti. Viljelykasvien sadon määrän ja korkeatasoisen laadun turvaamiseksi mehiläinen on välttämätön osa suomalaista maataloutta. Pölytyspalvelun määrää Suomessa tulisi nostaa, koska taloudellinen hyöty olisi huomattava. Mehiläistarhauksen tulevaisuudennäkymiin on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. Pölytyspalvelua tulisi markkinoida enemmän, jotta viljelijän kynnys ostaa palvelua madaltuisi. Mehiläispesien määrän nostaminen olisi tärkeää maksimaalisen sadon takaamiseksi. Myös tarhaajien riittävästä määrästä on tulevaisuudessa huolehdittava. Esimerkiksi tarhaajien keskimäärin korkea ikä tulee olemaan ongelma lähivuosina suomalaisessa ammattimehiläistarhauksessa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli arvioida tarhattujen mehiläisten vuotuista merkitystä viljelykasvien ja metsämarjojen sadontuotannossa laskien mehiläispölytyksen tuottaman sadonlisän potentiaalinen arvo Suomessa. Mehiläispölytyksen arvo päivitettiin euroaikaan, sillä aiemmasta vastaavasta tutkimuksesta on tullut kuluneeksi jo 18 vuotta. Laskelmissa selvitettiin, kuinka suuri osa valikoitujen viljely-, puutarha- ja luonnonkasvien sadosta on riippuvaista mehiläispölytyksestä, mikä on kokonaissadon keskimääräinen arvo vuodessa ja paljonko siitä tulee mehiläispölytyksen vaikutuksesta. Selvitetiin myös, kuinka suuri on mehiläispölytyksen prosenttiosuus kokonaissadontuotannosta. Suomessa mehiläiset nähdään usein arvokkaina vain tuottamansa hunajan vuoksi. Tämä tutkielma tuo selvästi esiin sen, että mehiläispölytyksen arvo on monin-

kertainen vuotuisen hunajasatoon nähden, ja että kaupallisen pölytyspalvelun lisäämisellä on paljon potentiaalia.

Mehiläispölytyksellä ei ole kaikille kasveille yhtä suurta merkitystä. Mehiläisten pölytysteho riippuu niin kukkien morfologiasta, sijainnista kuin muista pölyttäjäistä. Kuitenkin mehiläispölytyksen tuottama sadonlisä on suomalaisessa sadontuotannossa merkittävä: viljely- ja puutarhakasveilla 18,3 miljoonaa euroa ja mustikalla ja puolukalla 3,9 miljoonaa euroa. Arvioitaessa pölytyksen arvoa on huomioitava, että tässä tutkimuksessa oli mukana vain osa maassamme viljeltävistä kasveista. Silti jo näistä tuloksista voimme vetää johtopäätöksen, että pölytyksen arvo on moninkertainen mehiläisten tuottamaan hunajasatoon nähden. Mikäli olisi mahdollista arvioida kaikki Suomessa kaupallisesti käytettävät kasvit, arvo olisi vielä huomattavasti suurempi.

Tutkimus perustuu arvioihin mehiläispölytyksen osuudesta kunkin kasvin pölytyksessä. Vain harvalla kotimaisella kasvilla on tutkittu mehiläisen vaikutusta sadontuotantoon. Tutkimusta mehiläispölytyksestä Suomessa on erittäin vähän. Saadaksemme parhaan mahdollisen sadon Suomessa viljeltävistä viljelykasveista ja kaupallisesti tärkeistä luonnonmarjoista, lisätutkimusta mehiläistaloudessa tarvitaan aiempaa enemmän. Tulevaisuudessa etenkin ilmastonmuutoksen vaikutukset ja uusien pölytyksestä hyötyvien kasvilajien viljelyn yleistyminen tuovat uusia haasteita viljelysektorille. Vaikka mehiläistutkimus on Suomessa vähentynyt, tarvittaisiin entistä tarkempaa selvitystä mehiläispölytyksestä Suomessa, jotta pystyttäisiin vastaamaan maamme kasvintuotannon haasteisiin ja arvioida paremmin pölytyspalvelun kaupallistamismahdollisuuksia ja näin turvaamaan suomalainen mehiläistalous.

10 KIITOKSET

Lopputyön tekeminen on aina haastava projekti. Suuret kiitokset niille, jotka ovat auttaneet minua työn loppuun saattamiseksi. Ensimmäiseksi haluan kiittää kannustavasta ja rakentavasta ohjauksesta työni ohjaajaa, tutkija Eeva-Liisa Alasta (SYKE). Kiitos myös Helsingin yliopiston maatalouseläintieteen professorille Heikki Hokkaselle toimimisesta työni vastuuprofessorina. Haluan kiittää Suomen Mehiläishoitajain Liittoa

siitä, että sain mahdollisuuden tehdä Pro gradu –työni kiinnostavan aiheen parissa. Kiitos etenkin liiton toiminnanjohtajalle Heikki Vartiainen jatkuvasta kannustuksesta työn loppuun saattamiseksi. Suuren kiitoksen ansaitsevat ystäväni Graduklinikalta jatkuvasta vertaistuesta. Myös perheeni sekä muut ystäväni ansaitsevat valtavat kiitokset loppumattomasta kannustuksesta.

LÄHTEET

- Aaltonen, M. 2006. Suomen kansallisten kasvigeenivarojen pitkäaikaissäilytysohjeet: hedelmä- ja marjakasvit. Jokioinen, Suomi. MTT. 158 s.
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A. & Klein, A. M. 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons for long-term trends in crop production. *Annals of Botany* 103: 1579-1588.
- Benedek, P. & Ruff, J. 1998. Flower constancy of honeybees and its importance during pear pollination. http://www.actahort.org/books/475/475_50.htm.
- Bornek, R & Merle, B. 1989. Trial to evaluate the economical incidence of the pollination honeybee in the European agriculture. *Apiacta* 26:33-38.
- Cameron, S.A. 2007. A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 161-188.
- Cawoy, V., Leden, J.F., Kinet, J. & Jacquemart, A. 2009. Floral biology of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *The European Journal of Plant Science and Biotechnologie* 3: 1-9.
- Connor, L.J. ja Martin, E.C. 1973. Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience* 8(4): 304-306.
- Crane, E. & Walker, P. 1984. *Pollination directory for world crops*. 1. painos. Lontoo, Iso-Britannia. The Cambrian News Ltd. 183 s.
- Davis, A. N. 2003. Insect visitors and potential pollinators of lingonberries, *Vaccinium vitis-idaea* subsp. minus, in sub-arctic Alaska. *Acta Horticulturae* 626: 441-446.
- de Oliveira, D., Gingras, J. & Chagnon, M. 1991. Honey bee visits and pollination of red raspberries. *Acta Horticulture* 288. 6th Pollination Symposium. 415-419.
- Dejeu, S. & Delaplane, K. S. 2003. Honey bee (Hymenoptera: Apidaeae) pollination of rabbit eye blueberry *Vaccinium ashei* var. "Climax" is pollinator density-depend. *Journal of Economic Entomology* 96:1215-1220,

- Delaplane, K. S. & Mayer, D. F. 2000. Crop pollination by bees. 1. painos. Iso-Britannia. CAB Publishing. 344 s.
- Denisow, S. 2003. Self pollination and self-fertility in eight cultivars of black currant (*Ribes nigrum L.*). *Acta Biologica* 45:111-114.
- Downey, R. K. 1964. Effect of bees on seed yield of Arlo rapeseed. *Forage Notes* 10:48-49. Rapeseed (*brassica napus l.*) productivity: the effect of honeybees (*apis mellifera l.*)
- Duc, G. 1997. Faba bean (*Vicia Faba L.*). *Field Crops Research* 53: 99-109.
- Eck, P. 1988. Blueberry Science. 1. painos. USA. Rutgers University Press. 284 s.
- Eilers, E.J., Kremen, C., Smith Greenleaf, S. Garber, A.K., Klein, A-M. 2011. Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. *PLoS ONE* 6. e21363. doi:10.1371/journal.pone.0021363
- Faegri, K & Pijl, L. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press. 244 s.
- Forsblom, J. 1999. Kotipihan puut: 107 koriste- ja hedelmäpuuta. 1. painos. Helsinki. Oy Edita ab. 95 s.
- Free, J. B. 1993. Insect pollination of crops. 2. painos. USA. Academic Press. London Academic press inc. s. 544.
- Gallai, N., Salles, J-M., Settele, J., Vaissiére. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821
- Gaskett, A.C. 2011. Orchid pollination by sexual deception: pollinator perspectives. *Biological review* 86: 33-75.
- Gingras, D., Gingras, J. & De Oliveira, D. 1999. Visits of honeybees (hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field. *Journal of Economic Entomology* 92: 435-438.
- Gojmerac, W. T. 1980. Bees, beekeeping, honey and pollination. 1. painos. Connecticut, USA. The Avi Publishing Company Inc. 192 s.
- Grüter, C., Moore, H., Firmin, N., Helanterä, H. & Ratnieks, F. L. W. 2011. Color constancy in honey bee workers (*Apis mellifera*) depends on ecologically realistic rewards. *The Journal of Experimental Biology* 214: 1397-1402.
- Gustavsson B. A. 1993. <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=1308>. Lingonberry Breeding and Cultivation.

- Gürbüz, B. 1999. Determination of cross-pollination in flax (*Linum usitatissimum*) using different experimental designs. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 133:31–35.
- Hetemäki, L. 2006. Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015. Katsaus Suomen metsäalan kehitykseen ja tulevaisuuden vaihtoehtoihin. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 250 s.
- Hyttiäinen, T. & Hiltunen, S. 1999. Kasvintuotanto 1. 5. painos. Helsinki. Kirjayhtymä. 168 s.
- Isaacs, R & Kirk, A. K. 2010. Pollination services provided to small and large high-bush blueberry fields by wild and managed honeybees. *Journal of Applied Ecology* 47: 841-849.
- James, R.R. & Pitts-Singer, T.L. 2008. Bee pollination in agricultural ecosystems. Oxford University Press. USA. 232 s.
- Kasvistieto. Hedelmien ja kasvien määrät ja tuottajahinnat. http://www.kasvistieto.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=8. Viitattu syyskuussa 2011.
- Keskitalo, M. 2008. Terveyttä tattarista 2003–2007. MMM:n terveysvaikutteiset elintarvikkeet -ohjelman loppuraportti. Jokioinen. MTT. 21 s.
- Kjällberg, D. 2011. Kuminan viljelyopas. Närpiö. Caraway Finland Ab. 16 s.
- Korpela, S. 1981. Marjakasvien pölytys. *Puutarha* 84: 538-539.
- Korpela, S. 1988. The influence of honeybee pollination on turnip rape yield and yield components. *Annales Agriculturae Fenniae* 27: 295–303.
- Kudo, G., Nishikawa, Y., Kasagi, T. & Kosuge, S. 2004. Does seed production of spring ephemerals decrease when spring comes early? *Ecological Research* 19: 255–259.
- Latet, G., Meesters, P. and Keulemans, J. 1999. Aspects of the influence of pollination methods and pollination time on the fruit set of red currants (*Ribes rubrum L.*). *Acta Horticultura* 505:145-152.
- Maatalousministeriön tuotanto-osasto. 1948. Siemenviljelyn opas. Kauppa-lehti oy:n kirjapaino. Helsinki. 201 s.
- Mali, L. & Laaksonen, K. J. 1961. Mehiläiskirja. 1. painos. Porvoo. WSOY. 267 s.

- Malika, A-S. & Salah-Eddine, D. 2008. Pollination of the broad bean (*Vicia faba L*) by wild bees and honey bees and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzoa area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research* 3:366-372.
- Marsi. 2010. Marsi 2009: Luonnonmarjojen ja –sienten kauppantulomäärät vuonna 2009. Helsinki. Maa- ja metsätalousministeriö. 40 s.
- Marsi. 2011. Marsi 2010: Luonnonmarjojen ja –sienten kauppantulomäärät vuonna 2010. Helsinki. Maa- ja metsätalousministeriö. 42 s.
- Matala, V. 1999. Herukan viljely. 2. painos. Helsinki. Puutarhaliiton julkaisuja. 267 s.
- Matala, V. 2006. Mansikan viljely. 3. uud. painos. Helsinki. Puutarhaliitto. 335 s.
- Mburu, J., Hein, G. L., Gemmill, B. & Collette, L. 2006. Economic Valuation of Pollination Services: Review of Methods. Italy. FAO. 43 s.
- McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Washington, USA. 411 s.
- Mesquida, J., Renard, M. & Pierre, J-S. 1988. Rapeseed (*brassica napus l.*) productivity: the effect of honeybees (*apis mellifera l.*). *Apidologie* 19: 51-71.
- MMM. 2008. Maa- ja metsätalousministeriö: pitkän aikavälin skenaariot - maatalous, metsätalous ja maankäyttö. Helsinki. 28 s.
- Monck, M., Gorodn, J. & Hanslow, K. 2008. Analysis of the market for pollination services in Australia. Australia. RIRDC Pulication 08/058. 60 s.
- Morandin, L. A., Winston, M. L., Abbott, V. A. & Franklin, M. T. 2007. Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? *Basi and Applied Ecology* 8 (2): 117-124.
- Morse, R. A. & Calderone, N. W. 2000. The Value of Honey Bees as Pollinators of U.S crops in 2000. New York. USA. Cornell University. 16 s.
- Mustalahti, A-M. 2011. Mehiläisten (*Apis mellifera*) kukkavierailut mansikalla (*Fragaria x ananassa*) ja vadelmalla (*Rubus idaeus*) sekä kukkavierailuihin vaikuttavat tekijät. Helsinki. Helsingin yliopisto. 114 s.
- Németh, É., Bernáth, J. & Petheô F. 1999. Study on flowering dynamic and fertilization properties of caraway and fennel. *Acta Horticulturae* 502: 77-83.
- Nevalainen, H & Klemola, S. 2007. Erikoispeltokasvit - viljelytekniikka: tarkastelussa camelina, hamppu, rypsi, kumina, speltti ja tattari. Kuopio. Savonia ammattikorkeakoulu. 135 s.
- Nordea. 2011. <http://service.nordea.com/nordea-openpages/fi/calculators/moneyValue.action?language=fi>

- Nousiainen, H., Teräs, I. & Viramo, J. 1978. Mustikka ja puolukka - hyönteispölytteiset metsämarjamme. *Suomen luonto* 37: 91-94.
- Peltonen, J. 2010. Öljypellavan viljelyopas. Agrimedia Oy. Helsinki. Suomi. 16 s.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala K. & Ojanen H. 2009. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 171-190.
- Peltotalo, P. 2010. Hunajan tasausvarastointi ja mehiläistarhauksen sivujakeiden bioenergiantuotanto –selvitys. Helsinki. Suomen Mehiläishoitajain Liitto. 39 s.
- Pierre, J., Vaissiere, B., Vallée, P. & Renard, M. 2010. Efficiency of airborne pollen released by honeybee foraging on pollination in oilseed rape: a wind insect-assisted pollination. *Apidologie* 41:109-115.
- Pollari, H. 2012. Julkaisematon materiaali. Turun yliopisto.
- ProAgrian lohkotietopankki. 2010. Kuminan viljelyn kannattavuus. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/agronet/Kasvi/kumina/seminaarit/Kuminan%20viljelyn%20kannattavuustuloksia%20k%E4yt%E4nn%E6n%20viljelyksilt%E4.pdf>
- Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. 1996. The Natural history of pollination. Harper Collins Publication. 479 s.
- Rajala, J. (toim.) 2004. Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, julkaisu no 80. 496.
- Robinson, W. S., Nowogrodski, R. & Morse R. A. 1989. The Value of Honey Bees as pollinators of U.S. crops. *American Bee Journal* 129: 477-478.
- Ruottinen, L. 2005. Mehiläishoitoa käytännössä, osa 2. 1. painos. Helsinki. Suomen Mehiläishoitajain Liitto. 316 s.
- Ruottinen, L., Ollikka, T., Vartiainen, H. & Seppälä A. 2003. Mehiläishoitoa käytännössä, osa 1. 1. painos. Helsinki. Suomen Mehiläishoitajain Liitto. 219 s.
- Ruutiainen, I. 2004. Vadelman viljely. Helsinki. Puutarhaliitto. 363 s.
- Sabbahi, R. 2005. Influence of honey bee (Hymenoptera: Apidae) density on the production of canola (Crucifera: Brassicaceae). *Journal of economic entomology* 98: 367-372.
- Salo, K. 2009. <http://www.metla.fi/tiedotteet/2009/2009-04-08-marjat-ja-kimalaiset>. Tulostettu 13.10.2011.
- Scott-Dupree, C. 1995. A guide to: Managing bees for crop pollination. Canadian association of professional apiculturists. Kanada. 34 s.

- Seppänen, M. (toim.). 2008. Peltokasvien tuotanto. Helsinki. Opetushallitus. 206 s.
- Sipilä, A., Nykänen, A. 2006. Puna-apila. Nurmitieto 2.1.3. Suomen Nurmiyhdistyksen ja MTT:n julkaisusarja. 2 s.
- SML. 2011. Suomen mehiläishoitajain Liiton tilastoja. Julkaisematonta materiaalia.
- Sommeijer, M. J. & de Ruijter, A. 2000. Insect pollination in greenhouses. Utrecht, Netherlands. University of Utrecht. 220 s.
- Stanghellini, M., Ambrose, J. T. & Schultheis, J. R. 1997. The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of cucumber and watermelon. *American Bee Journal* 137:386-391.
- Suhonen, I. 1984. Vihannesviljely avomaalla. 2. painos. Helsinki. Puutarhaliiton opaskirjoja no 32 (237). 162 s.
- Sumner, D. A., & Boriss, H. 2006. Bee-conomics and the Leap in Pollination Fees. *Agricultural and Resource Economics Update* 9: 9-11.
- Suso, M. J., Pierre, J., Moreno, M. T., Esnault, R. & Le Guen, J. 2001. Variation in outcrossing levels in faba bean cultivars: role of ecological factors. *The Journal of Agricultural Science* 136: 399–405.
- Söderman, G. & Leinonen, R. 2003. Suomen mesipistiäiset ja niiden uhanalaisuus. 1. Painos. Helsinki. Tremex Press. 420 s.
- Teittinen, P. 1979. Mehiläistalouden merkitys ja sen vahvistaminen. *Mehiläishoitaja* 11:136-140.
- Teräs, I. 2003. Eläimet kasvien pölyttäjinä. Helsinki. Helsingin Yliopisto. 31 s.
- Tike (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus). 2011. Puutarhatilastot 2010. Helsinki. Edita oy. 112 s.
- Tike. 2011. Tike maataloustilastopalvelu Matilda. <http://www.maataloustilastot.fi/satotilasto>. Viitattu kesäkuussa 2011.
- vanEngelsdorp, D. & Meixner, M. D. 2010. A Historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 101: 80-95.
- Vesely, V. 1962. The economic effectiveness of bee pollination on winter rape (*Brassica napus L. var. oleifera metz.*) *Sbornik Ceskoslovenske Akademic Ved. Zemedelskych Ekonomie* 35: 659-678 (Ref. McGregor, S. E. 1976).
- Williams I. H. 2002 Insect Pollination and Crop Production: A European Perspective in Kevan P & Imperatriz Fonseca VL - Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature. Ministry of Environment. Brasil. 59–65.

- Ylitalo, E. (toim.) 2010. Metsätilastollinen vuosikirja: 6 Metsien monikäyttö. Vantaa. Metsäntutkimuslaitos. 472 s.
- Yläoutinen, T. 1994. Mehiläispölytyksen arvo Suomessa – maisterintutkielma. Helsinki. Helsingin yliopisto. 80 s.
- Zurawicz, E., Pluta, S. & Chlebowska, D. 1993. The Influence of pollination methods on yielding of new black currant cultivars. *acta horticultrae* 352: 509-514.

LIITTEET

LIITE 1 Tutkielmassa mukana olleet pelto- ja puutarhakasvit, niiden sadot, tuottajahinnat ja sadon arvot vuosina 2008–2010.

Kasvi	Vuosi	Sato milj. Kg	Tuottajahinta (€/1000 kg)	Sadon arvo (milj. €)
Rypsi	2008	70,6	361,9	25,5
	2009	118,0	277,8	32,8
	2010	158,6	333,1	52,8
	\bar{x}	115,7	324,3	37,5
Öljypellava	2008			
	2009	2,1	510	1,1
	2010	2,7	500	1,3
	\bar{x}			1,2
Puna-apila (siemen)	2008			
	2009			
	2010	0,026	4600	0,12
	\bar{x}			0,12
Härkäpapu	2008			
	2009			
	2010	16,3	185	3,0
	\bar{x}		16,3	3,0
Kumina	2008	4,7		0
	2009	3,3		0
	2010	8,5		0
	\bar{x}	5,5	350	0,2
Tattari	2008			
	2009	0,8	590	0,48
	\bar{x}			0,48
rapsi	2008	18,3	361,9	6,6
	2009	21,9	273,5	6,0
	2010	19,9	333,1	6,6
	\bar{x}	20,0	322,8	6,5

Lähteet: Tike 2011

LIITE 2 Ammattimaisen puutarhatuotannon sadot, tuottajahinnat ja sadon arvot vuosina 2008–2010

Kasvi	Vuosi	Sato 1000 kg	Tuottajahinta (€ kg)	Sadon arvo (milj. €)
Omena	2008	4282	1,3	5,5
	2009	4268	1,2	5,1
	2010	4262	1,5	6,3
	\bar{x}	4271	1,3	5,6
Pensasmustikka	2008			
	2009			
	2010	90,6	8,6	0,8
	\bar{x}	74	8,6	0,8
Mustaherukka	2008	974	1,6	1,5
	2009	1692	1,5	2,6
	2010	973	1,9	1,8
	\bar{x}	1213	1,7	2,0
Punaherukka	2008	143	2,0	0,3
	2009	261	1,4	0,4
	2010	326	1,6	0,5
	\bar{x}	243	1,7	0,4
Mansikka	2008	11151	3,9	43,4
	2009	11578	3,5	40,8
	2010	10286	3,2	33,3
	\bar{x}	11005	3,6	39,1
Vadelma	2008	534	8,1	4,3
	2009	567	6,2	3,5
	2010	529	8,0	4,2
	\bar{x}	543,3	7,4	4,0
Avomaankurkku	2008	8012	0,8	6,2
	2009	9279	0,9	8,4
	2010	10069	0,8	8,5
	\bar{x}	9120	0,8	7,7

Lähde: Tike (2011), Kasvistieto oy (2011)

LIITE 3 Mustikan ja puolukan kauppantulomäärät ja sadon arvot ja keskiarvo vuosina 2008–2010.

Kasvi	Vuosi	Kauppamäärä (milj. kg)	Poiminta- palkkio (€/kg)	Sadon arvo (milj €)
Puolukka	2008	0,3	1,0	0,3
	2009	0,6	1,0	0,6
	2010	1,2	1,3	1,6
	$\bar{x} =$	0,7	1,1	0,8
Mustikka	2008	0,4	1,8	0,8
	2009	0,8	1,3	1,1
	2010	1,04	1,6	1,7
	$\bar{x} =$	0,8	1,6	1,2

Lähde: Marsi (2010), Marsi (2009)

LIITE 4. Mehiläispölytyksen osuuksien suurimmat ja pienimmät arvot kirjallisuudesta liitteen 8 mukaan.

Kasvi	Vaihteluvälit (pienimmästä suurimpaan)
Rypsi	0,15...0,9
Rapsi	0,1...0,7
Öljypellava	0,3...1
Puna-apila	0,25...0,3
Härkäpapu	0,1...0,4
Kumina	0,6...0,6
Tattari	0,6.0,6
Omena	0,25...0,9
Pensasmustikka	0,9...1,0
Mustaherukka	0,25...0,4
Punaherukka	0,25...0,3
Mansikka	0,1...0,4
Vadelma	0,4..0,7
Avomaankurkku	0,25...0,9
Puolukka	0,1...0,1
Mustikka	0,1...0,1

LIITE 5. Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo pölytysosuuden pienimmällä arvolla laskettuna.

Kasvi	Sadon arvo milj. € (kes- kiarvo vuosina 2008-2010)	Sadontuoton riippuvuus hyönteispöly- tyksestä	Mehiläispöly- tyksen osuus hyönteispöly- tyksestä	Mehiläispöly- tyksen arvo (milj. €)
Rypsi	37,5	0,8	0,1	3,0
Rapsi	6,5	0,1	0,1	0,1
Öljypellava	1,2	0,1	0,3	0,03
Puna-apila	0,1	1	0,3	0,04
Härkäpapu	3,0	0,3	0,3	0,3
Kumina	0,2	1	0,6	0,1
Tattari	0,5	0,9	0,6	0,3
Omena	5,6	0,9	0,25	1,3
Pensasmustikka	0,6	1	0,9	0,5
Mustaherukka	2,0	0,7	0,25	0,4
Punaherukka	0,4	0,7	0,25	0,1
Mansikka	39,1	0,2	0,1	0,8
Vadelma	4,03	0,6	0,4	1,0
kesäkurpitsa	0,8	0,9	0,1	0,1
Avomaankurkku*	0,1	0,9	0,25	0,01
Yht.	101,7			8,1

* ei-partenokarpiset lajikkeet

LIITE 6. Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo pölytysosuuden suurimmalla arvolla laskettuna

Kasvi	Sadon arvo (milj. €, keskiarvo vuosina 2008–2010)	Sadontuoton riippuvuus hyönteispöly- tyksestä	Mehiläispöly- tyksen osuus hyönteispöly- tyksestä	Mehiläispöly- tyksen arvo (milj. €)
Rypsi	37,5	0,8	0,9	27,0
Rapsi	6,47	0,1	0,7	0,45
Öljypellava	1,2	0,1	1	0,12
Puna-apila	0,13	1	0,3	0,037
Härkäpapu	3,01	0,3	0,4	0,361
Kumina	0,19	1	0,6	0,11
Tattari	0,48	0,9	0,9	0,38
Omena	5,63	0,9	0,9	4,56
Pensasmustikka	0,63	1	1	0,63
Mustaherukka	2,01	0,7	0,4	0,56
Punaherukka	0,41	0,7	0,3	0,08
Mansikka	39,1	0,2	0,4	3,12
Vadelma	4,03	0,6	0,7	1,69
Kesäkurpitsa	0,8	0,9	0,9	0,64
Avomaankurkku	0,078	0,9	0,9	0,06
Yht.	101,7			39,86

LIITE 7. Kasvien riippuvuus hyönteispölytyksestä

Kasvi	McGregor (1976)	Carreck ja Williams (1993)	Yläoutinen (1994)	Morse ja Calderrone (2000)	Monck ym. (2008)	Muut lähteet	Keskiarvo
Rypsi			0,3	1	1		0,8
Rapsi		0,1	0,1	0,1			0,1
Öljypellava	0,1	0,1				0,1 a)	0,1
Puna-apila	0,9		0,9		1		1
Härkäpapu	0,4			0,4	0,1	0,3 b)	0,3
Kumina	1		0,9				1
Tattari			0,7			1,0 c)	0,9
Omena		0,9	0,8	1	1		0,9
Luumu		0,5		0,7	0,7		0,6
Päärynä		0,5		0,7	0,8		0,7
Kirsikka		0,9		0,9	0,9		0,9
Pensasmustikka	1			1	1		1
Mustaherukka		0,9	0,6			0,5 d)	0,7
Punaherukka		0,9	0,7			0,5	0,7
Mansikka		0,1	0,2	0,2			0,2
Vadelma			0,6				0,6
Avomaankurkku			0,7	0,9	1		0,9
Kesäkurpitsa	0,9			0,9	1		0,9
Puolukka			1				1
Mustikka			1	1		1 e) 0,9 f)	1

a) Gürbüz (1999)

b) Duc (1997) ja Suso (2001)

c) Cawoy (2009)

d) Denisow (2003)

e) Nousiainen ym. (1978)

f) Hjalmarsson (1997)

LIITE 8. Kasvien riippuvuus mehiläispölytyksestä

Kasvi	Teittinen (1979)	McGregor (1976)	Gill (1989)	Southwick ja Southwick (1992)	Yläoutinen (1994)	Morse ja Calderone (2000)	Muut lähteet	Keskiarvo
Rypsi	0,1				0,3	0,9	0,15a) 0,25 b)	0,3
Rapsi	0,1		0,1		0,1			0,1
Öljypellava							0,3 1,0 c)	0,6
Puna-apila	0,25			0,25	0,3		0,25d)	0,3
Härkäpapu		0,3				0,3	0,4 e)	0,4
Kumina					0,6			0,6
Tattari					0,4		0,9 f)	0,7
Omena	0,25		0,9	0,8	0,3	0,9		0,6
Luumu			0,7	0,5		0,9		0,7
Päärynä			0,5	0,5		0,9		0,6
Kirsikka		1	0,9			0,9		0,9
Pensasmustikka		0,9	1			0,9	1 g)	1
Mustaherukka	0,25				0,3	0,3		0,3
Punaherukka	0,25				0,1	0,3		0,2
Mansikka	0,25		0,4	0,3	0,1	0,1		0,3
Vadelma				0,7	0,4			0,6
Avomaankurkku	0,25			0,6				0,4
Kesäkurpitsa		0,6			0,6			0,6
Puolukka					0,07		0,1h)	0,1
Mustikka					0,07		0,1h)	0,1

- a) Korpela 1988
b) Pierre ym. (2010)
c) Gürbüz (1999)
d) Maatalousministeriön tuotanto-osasto (1949)
e) Malika ja Salah-Eddine (2008), Duc (1997)
f) Cawoy ym. (2009)

- g) Isaacs ja Kirk 2010
h) Nousiainen ym. (1978)