



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 11/2020

Kuusen ja männyn kukinnan ennustaminen silmuja tutkimalla

Tatu Hokkanen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2020

Kuusen ja männyn kukinnan ennustaminen silmuja tutkimalla

Tatu Hokkanen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2020



Maa- ja metsätalousministeriö



TAPIO 

Viittausohje: Hokkanen, T. 2020. Kuusen ja männyn kukinnan ennustaminen silmuja tutkimalla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 34 s.

Tatu Hokkanen, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1104-7627>



ISBN 978-952-326-917-0 (Painettu)

ISBN 978-952-326-918-7 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-918-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Tatu Hokkanen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Esa Ek

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Tatu Hokkanen

Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Raportissa opastetaan, kuinka silmuja preparoimalla ja mikroskooppisesti tutkimalla voidaan ennustaa kuusen ja männyn kukintarunsautta ja suuntaa antavasti myös siemensatoa. Oppaassa käsitellään lyhyesti silmututkimuksen taustaa, tavoitetta ja merkitystä sekä ohjeistetaan talousmetsien hakkuu-aloilta ja siemenviljelmiltä tapahtuvaa näytteiden keräystä. Silmujen tutkimusmenetelmä-kappaleessa keskitytään emikukka-, hedekukka- ja kasvusilmujen sijaintiin, rakenteeseen ja mikroskooppiseen tunnistamiseen.

Raportissa julkaistaan kuusen ja männyn silmututkimuksen keskeisimmät tulokset vuodesta 1979 lähtien. Pitkäaikaiset tulokset muodostavat tärkeän referenssiaineiston, johon tulevien silmu-analyyysien tuloksia voidaan verrata. Lopuksi tarkastellaan lyhyesti röntgenkuvaukseen perustuvaa silmujen tunnistusmenetelmää.

Oppaaseen sisältyy kuvaliite, jonka tavoitteena on helpottaa erilaisten silmujen tunnistamista. Kukintaennusteet perustuvat emikukkasilmuihin, joten niiden tunnistaminen on ensiarvoisen tärkeää.

Asiasanat: emikukukinta, hedekukinta, kasvusilmu, pikkukäpy, siemensatoennuste, siemenviljelmä

Sisällys

1. Silmututkimuksen tausta, tavoite ja merkitys	5
2. Näytteiden keräys	7
2.1. Kuusen näyteoksien keräys talousmetsistä	7
2.2. Kuusen näyteoksien keräys siemenviljelmiltä	8
2.3. Männyn näyteoksien keräys talousmetsistä.....	9
3. Silmujen tutkimusmenetelmä	11
3.1. Kuusen silmujen sijainti, rakenne ja tunnistaminen	11
3.2. Männyn silmujen sijainti, rakenne ja tunnistaminen.....	14
4. Kukkasilmututkimuksen tulokset vuosilta 1979–2020	16
4.1. Kuusi.....	16
4.2. Mänty.....	19
5. Kukkasilmututkimuksen virhelähteistä	22
5.1. Kuusi.....	22
5.2. Mänty.....	22
6. Silmujen röntgenkuvaus	23
Viitteet	24
Liitteet	25

1. Silmututkimuksen tausta, tavoite ja merkitys

Ajatus siitä, että puiden talvisilmujen sisältöä tutkimalla voitaisiin ennustaa seuraavan kesän kukkimista, on jo viime vuosisadan alkupuoliskolta (Kujala 1931). Metsäntutkimuslaitoksessa silmujen mikroskooppiset analyysit aloitettiin Timo Ylitalon vetämänä Aulangon toimipisteessä kevättalvella 1979. Alkuvaiheessa tarkoituksena oli kehitellä menetelmää ja luoda valmius silmututkimuksen tekemiseen laajemmassa mitassa, mikäli tarvetta tällaiseen käytännön metsätalouden taholta ilmenisi. Näin tapahtuikin vuonna 1994, jolloin Metsäntutkimuslaitos alkoi julkaista metsäyhtiöiden toiveesta vuosittaisia siemensatoennusteita. Pienimuotoisesti toteutetut silmuanalyysit laajenivat ja vakiintuivat pysyväksi tutkimukseksi, joka on jatkunut nyt jo neljän vuosikymmenen ajan.

Luonnonvarakeskuksessa siemensatoennusteisiin liittyviä silmuanalyysijä ovat tehneet Elvi Pääkkönen ja Esa Ek Piikkiössä sekä Erkki Piironen Lapinjärvellä. Analyysit ajoittuvat talvikauteen marrashelmikuulle, jolloin maastotyöntekijöillä on yleensä hiljaisempi työkausi.

Silmututkimuksen tavoitteena on ennustaa männyn ja kuusen seuraavan kevään kukintarunsautta syksyllä tai talvella kerättyjen näyteoksien avulla. Kukkasilmut kehittyvät kesän aikana ja ovat jo loka-kuussa kerättyissä näyteoksissa mikroskoopin avulla tunnistettavissa. Männyllä voidaan samoista näyteoksista laskea myös pikkukävyt ja 2-vuotiset kävyt, jolloin saadaan vertailtua kolmen peräkkäisen vuoden kukkimista ja käpysataa.

Tutkittujen silmunäytteiden avulla voidaan laatia alustava ennuste siementen varisemisesta, joka parhaimmillaan ulottuu kuusella 1,5 vuotta ja männyllä lähes 2,5 vuotta tulevaisuuteen. Silmututkimuksen avulla laaditut alustavat ennusteet tarkentuvat myöhemmin siemensadon tarkkailumetsissä tehtävien kukinta- ja käpyhavaintojen myötä. Siemensatoennusteet palvelevat käytännön metsätaloutta muun muassa kävynkeräysten suunnittelussa ja luontaisen uudistamisen toimenpiteiden ajoituksesta päätettäessä (Hokkanen 2020).

Silmuanalyyseistä on kertynyt 40 vuoden pituinen aineisto talousmetsistä. Syksyllä 2018 silmuanalyysit laajenivat kokeiluluonteisesti myös kuusen siemenviljelyksille. Tavoitteena oli kehittää siemenviljelmille menetelmä, jonka avulla voidaan laatia luotettava ennuste kuusen seuraavan kevään kukinnasta käpyjenkeruun suunnittelun ja siemenhuollon päätöksenteon tueksi. Silmuanalyysit toteutettiin neljällä Siemen Forelian ja kahdella Tapion siemenviljelmällä.

Silmuanalyysien yhteydessä on mahdollista saada arvokasta tietoa myös silmu- ja käpytuhojen esiintymisestä (kuva 1). Toistaiseksi silmuanalyysijä on hyödynnetty kuusen silmutuhotutkimuksissa laskemalla toukkien syömien ja muulla tavoin vioittuneiden silmujen lukumäärät näyte-eristä. Kuusen käpytuhojen esiintymisestä saadaan tietoa ottamalla käpyjä talteen näyteoksien keräyksen yhteydessä ja tutkimalla kävyistä siementuholaisten ja ruostesienien esiintyminen.



Kuva 1. Toukan vioittama kuusen silmu. Vioituksen aiheuttanut toukka on merkitty punaisella nuolella (kuva Erkki Oksanen).

2. Näytteiden keräys

Silmuanalyysejä on mahdollista tehdä niin talousmetsien uudistusaloilta kuin siemenviljelmiltäkin kerätyistä oksanäytteistä. Menetelmä ei siis perustu kiinteään koealaverkostoon. Tutkittavien näytteiden määrää voidaan vuosittain säädellä esimerkiksi kukinnan runsauden mukaan. Kuusella esiintyy yleisesti katovuosia tai hyvin heikkoja kukintavuosia, jolloin vähäisempikin näytemäärä riittää luotettavan ennusteen laatimiseen. Tällöinkin näytteitä pitää kerätä eri puolilta Suomea mahdollisten alueellisten erojen havaitsemiseksi.

Ennen näytteenkeruumatkalle lähtöä on syytä ennakolta selvittää potentiaaliset keruukohteet. Jos näytteet kerätään uudistushakkuualoilta, kannattaa etukäteen ottaa yhteyttä esimerkiksi paikalliseen metsänhoitoyhdistykseen, metsäyhtiöön tai Metsähallitukseen sopivien keruukohteiden kartoittamiseksi. Mitä nopeammin hakkuun jälkeen uudistusallalla päästään aloittamaan keräys, sitä todennäköisimmin saadaan hyviä näyteoksia. Lumen alta näytteiden kerääminen on huomattavasti hankalampaa, mutta sitäkin joudutaan tekemään varsinkin Pohjois-Suomessa.

Näytteenkeruualoilta kirjataan seuraavat taustatiedot: koordinaatit, metsä-/kasvupaikkatyyppi, hakkuutapa ja puuston ikä. Tarvittaessa voidaan tallentaa muitakin hakkuuleimikon puusto- ja kuviotietoja.

Näyteoksien ohjeenmukainen keräys on silmututkimuksen onnistumisen kannalta yhtä tärkeää kuin silmujen huolellinen mikroskopiointi.

2.1. Kuusen näyteoksien keräys talousmetsistä

Näyteoksien keräys käy parhaiten kaadetuista puista ja hakkuualoilta kerätyt näytteet soveltuvatkin alueellisen kukkimisennusteen tekemiseen hyvin. Näytemetsikön tulee olla varttuneessa iässä (> 60-v), joten tarkoitukseen sopivat parhaiten uudistushakkuualueet. Näytepuiksi kelpaavat metsikön valtapuut ja lisävaltapuut.

Ennen lokakuuta kaadetuissa puissa silmut eivät vielä välttämättä ole riittävän kehittyneitä, joten metsikön hakkuun tulee olla aloitettu lokakuun puolivälin jälkeen tai sitä myöhemmin. Hakkuusta ei saisi olla kulunut kovin pitkää aikaa, koska silmut kuivuvat kaadetuissa puissa alkusyksystä melko nopeasti. Lämpiminä syksyinä lokakuussa kaadetuista puista voidaan näytteitä kerätä noin pari viikkoa kaadon jälkeen, myöhemmin kaadetuista koko talven.

Näytepuita valitaan 15 kpl tai mieluummin 30 kpl metsikköä kohden sen mukaan, kuinka monesta metsiköstä näytteitä kaiken kaikkiaan kerätään tai kuinka runsaasti hyviä näytepuita on tarjolla.

Kuusella riittää näyteoksien määräksi 3 kpl/puu. Näyteoksien sopiva pituus on yleensä 20–30 cm. Niiden tulisi sisältää vähintään 10 päätesilmua/oksa (kuva 2).



Kuva 2. Kuusen kolme näyteksää, joiden tulee sisältää vähintään 10 päätesilmua/oksa (kuva Elvi Pääkkönen).

Kuusen näyteksat otetaan puun latvasta 0,5–2,0 metriä latvan huipusta ja puun eteläpuolelta, mikäli se pystytään kaadetusta puusta määrittämään. Näyteksiksi kelpaavat vain pääoksien kärkiosat, hennot riippuvat oksat eivät kelpaa. Tarvittaessa kävyt otetaan talteen tuhotutkimuksia varten (hyönteiset, sienet).

Yhden puun näyteksat ja mahdolliset kävyt pakataan muovipussiin/-kassiin. Kaikki saman metsikön näyteksat pakataan yhteen muovisäkkiin, johon merkitään keräyspaikka ja -päivämäärä sekä näytteenottajan yhteystiedot. Näyteksat säilytetään pakastimessa tai muussa kylmässä paikassa (esim. talvella ulkolämpötilassa).

2.2. Kuusen näyteksien keräys siemenviljelmiltä

Ennen näytteiden keräystä laaditaan otantakehikko eli viljelmäkohtainen luettelo näytteenkeräysklooneista ja -varteista. Yleispätevän otantakehikon, joka soveltuisi sellaisenaan kaikille siemenviljelyksillemme, kehittäminen on vaikeaa. Tämä johtuu mm. kloonien ja varteiden lukumäärän suuresta vaihtelusta eri viljelmillä.

Käytännössä otantaan vaikuttaa huomattavassa määrin taloudelliset reunaehdot eli näytteiden keruun ja analysoinnin kustannukset. Vanhoilla siemenviljelmillä joudutaan yleensä käyttämään nostolavaa oksanäytteiden keräykseen. Toinen, hankalampi vaihtoehto on kerätä näytteet maasta käsin pitkävartisella oksaleikkurilla. Nuorehkoilla viljelmillä näytteiden keruu oksaleikkurilla onnistuu yleensä helpommin.

Seuraavassa esitetään syksyllä 2018 kuusen siemenviljelmillä käytössä ollut otantakehikko, jossa hyödynnettiin aikaisempien vuosien kukinta- ja käpysatotietoja kyseisiltä viljelmiltä. Sopivaksi otosyksiköksi määriteltiin 120 (–150) oksanäytettä/viljelmä, mikä tarkoitti 1 000–1 500 analysoitavaa silmua/viljelmä.

Kovertteet valittiin siten, että ne edustavat mahdollisimman hyvin viljelmän olosuhteita.

Otantakehikko oli seuraava:

- 30 klooniva/viljelmä, 2 vartetta/klooni, 2 (–3) oksaa/varte
- aiempien vuosien käpylaskentoihin perustuen jokaiselle kloonille laskettiin keskimääräinen vartekohtainen käpymäärä
- käpymäärä kerrottiin vartteiden lukumäärällä, jolloin saatiin tieto kloonin tuottamasta käpymäärästä viljelmällä
- kyseisen käpymäärän perusteella aineisto jaettiin klooneittain kolmeen yhtä suureen ryhmään:
 - hyvät
 - keskinkertaiset
 - huonot
- jokaisesta ryhmästä valittiin 10 klooniva, joissa oli eniten vartteita

Siemenviljelmillä kovertteet on syytä merkitä maastoon ennen keruun aloitusta. Näyteoksat kerätään vartteen eteläpuoliskolta latvuksen siitä osasta, missä käpyjä esiintyy yleensä eniten. Näyteoksan tulee sisältää kolme viimeistä vuosikasvainta siten, että mukaan tulee kaksi viimeistä sivuoksakiehkuraa (verso katkaistaan kolmannen vuosikasvaimen kärkiosasta). Erityistä huomiota tulisi kiinnittää siihen, että näyteoksat ovat terveitä ja sisältävät vähintään 10 päätesilmua/oksa. Näyteoksiksi kelpaavat vain pääoksien kärkiosat, hennot riippuvat oksat eivät kelpaa.

Vartteen sijainti kirjataan ylös, jotta varte voidaan tarvittaessa myöhemmin paikantaa. Yhden vartteen näyteoksat pakataan puhtaaseen muovikassiin, johon merkitään kloonin numero ja vartteen sijainti. Lopuksi vartepussit pakataan muovisäkkiin, johon merkitään siemenviljelmä ja keräyspäivämäärä sekä näytteenottajan yhteystiedot.

2.3. Männyn näyteoksien keräys talousmetsistä

Näytteet kerätään hakkuualoilta, joiden hakkuu on aloitettu aikaisintaan lokakuun puolivälin jälkeen. Hakkuusta ei saisi olla kulunut kovin pitkää aikaa, koska silmut kuivuvat alkusyksystä melko nopeasti. Lämpiminä syksyinä lokakuussa kaadetuista puista voidaan näytteitä kerätä noin pari viikkoa kaadon jälkeen, myöhemmin kaadetuista koko talven.

Näytepuiden tulee olla varttuneessa iässä ja vallitsevan latvuserroksen puita, joten kyseeseen tulevat lähinnä väljennys- ja päätehakkuumetsiköt. Näytteitä voidaan kerätä myös siemenpuiden poistohakkuualoilta. Näytepuita valitaan 15 kpl tai mieluummin 30 kpl metsikköä kohden sen mukaan, kuinka monesta metsiköstä näytteitä kaiken kaikkiaan kerätään tai kuinka runsaasti hyviä näytepuita on tarjolla.

Männyllä näyteoksia otetaan 10 kpl/puu. Näyteoksat otetaan latvuksen yläosasta, enintään kahden metrin etäisyydeltä latvan huipusta. Hedeoksat eivät kelpaa näyteoksiksi. Hedeoksat voidaan erottaa siitä, että oksassa on neulaseton alue ja neulasia on vain vuosikasvaimen kärkiosassa.

Näyteoksien pituuden tulee olla sellainen, että viimeinen vuosikasvain tulee mukaan kokonaan ja vielä pieni pätkä edellistä niin, että mahdollinen 2-vuotinen käpy tai kävyt tulevat näyteoksaan mukaan (kuva 3). Näyteoksan kärkisilmun tulee olla terve. Yhden puun näyteoksat suljetaan esimerkiksi kahden litran muovipussiin tai niputetaan yhteen kumirenkaalla. Kävyt jätetään oksiin kiinni. Yhden metsikön näytteet laitetaan isompaan muovipussiin tai -säkkiin, mihin merkitään keräyspaikka ja -päivämäärä sekä näytteenottajan yhteystiedot. Näyteoksat säilytetään pakastimessa tai muussa kylmässä paikassa (esim. talvella ulkolämpötilassa).



Kuva 3. Männyin näyteoksia kerätään 10 kpl/puu (kuva Tatu Hokkanen).

3. Silmujen tutkimusmenetelmä

Emikukkasilmut voidaan erottaa kasvusilmuista ja hedesilmuista halkaisemalla silmu preparoisveitsellä ja tarkastelemalla sisustaa mikroskoopilla (kuva 4). Silmujen tutkimisessa käytetään apuna preparoisimikroskooppia (suurennus 10–25 x), preparoisveistä ja "kaksiipiikkistä". Preparoisveitsen terämalleista hyväksi on osoittautunut sellainen, missä on suora teräosa noin 45 asteen kulmassa varteen nähden. Kaksiipiikkinen on valmistettu itse siten, että noin 10 cm:n puuvarteen kiinnitetään lähekkäin kaksi teräväkärkistä neulaa. Sopiva neuulojen väli on noin kolme millimetriä ja näkyvässä oleva neuulojen kärkiosa 4–5 mm. Hyönteisneulat ovat tarkoitukseen erittäin hyviä. Kaksiipiikkisen sijasta voidaan käyttää myös esimerkiksi teräväkärkistä pinsettiä.



Kuva 4. Silmut halkaistaan preparointimikroskoopin alla (kuva Esa Ek).

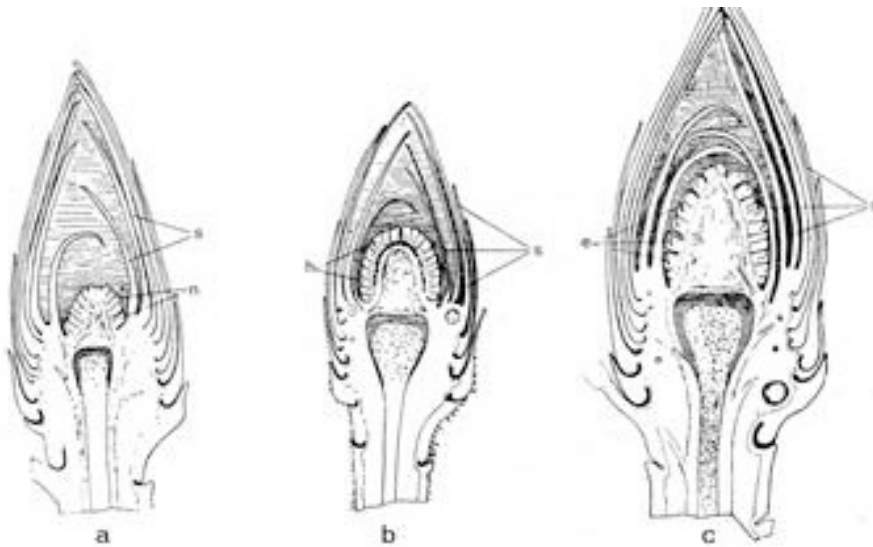
3.1. Kuusen silmujen sijainti, rakenne ja tunnistaminen

Kuusen *emikukkasilmut* sijaitsevat oksien kärjessä puun latvaosassa. Aukealla kasvavissa puissa niitä voi olla myös alempien oksien kärkiosissa. Olennaista niiden kehittymiselle on riittävä lämmön ja valon saanti. *Hedekukkasilmut* sijaitsevat viimeisen vuosikasvaimen tyvellä rengasmaisena ryhmänä, mutta joskus myös yksittäin oksan kärjessä. Ne ovat jakautuneet puussa laajemmalle alueelle kuin emikukkasilmut, sillä niitä voi esiintyä runsaasti myös latvuksen alaosassa ja hennommissa oksissa.

Kuusella näytteet tutkitaan puittain ja oksittain eriteltyinä. Ensiksi oksista erotellaan 10 hyvää päätesilmua leikkaamalla ne oksasaksilla tai preparoisveitsellä irti ja niiden lukumäärä merkitään lomakkeelle (kuva 5). Sen jälkeen jokainen silmu halkaistaan mikroskoopin alla ja tutkitaan, onko kyseessä emikukkasilmu vai kasvusilmu (kuva 6).



Kuva 5. Päätesilmujen leikkaus näyteeksista (kuva Esa Ek).



Kuva 6. Halkileikkaus kuusen kasvusilmusta (a), hedekukkasilmusta (b) ja emikukkasilmusta (c) Kujalan (1931) mukaan.

Emikukkasilmun sisus on huomattavasti kasvusilmun sisusta suurempi ja siinä erottaa selvästi käpysuomun aiheet, jotka ovat litteitä ja päästä halkinaisia. Käpysuomujen aiheissa erottuu käpysuomun ja siemenaiheen väli halkeamana, kun käpysuomun kärkeä taivuttaa taaksepäin. Emikukkasilmujen käpysuomujen aiheet ovat päästä katsottuna enemmän vinoneliöitä kuin kasvusilmujen neulasaiheet, jotka lähentelevät suorakulmaista neliötä (kuva 7).



Kuva 7. Kuusen halkaistu emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).

Kasvusilmu sisältää lyhyitä nelikulmaisia neulasen aiheita. Hedekukkasilmuissa on jo selvästi erotettavissa hedekukan rakenne. Myös päältäpäin kuusen silmuista voi erottaa kukka- ja kasvusilmut, mutta ei riittävällä varmuudella. Kukkasilmut ovat yleensä huomattavasti pulleampia ja avoimemmin näkyvissä kuin kasvusilmut.

Hedesilmuja ei oteta mukaan silmumäärään, mikäli kärkisilmuissa sattuu sellaisia olemaan. Hedesilmut sijaitsevat yleensä viimeisen kasvaimen tyvellä ja hiukan alempana kuin emisilmut, mutta joku poikkeuksellinen yksilö saattaa olla oksan kärjessäkin.

Puun kukkimisrunsaus saadaan laskemalla, kuinka monta prosenttia tutkituista kärkisilmuista on emikukkasilmuja. Myös metsikön kukkimisrunsaus voidaan ilmaista emikukkasilmujen prosenttimäärän mukaan, mutta sen lisäksi voidaan käyttää myös kukkivien puiden prosenttimäärää. Tällöin olisi kuitenkin suotavaa, että talousmetsissä näytepuita olisi vähintään 30 kpl metsikköä kohden, jottei kukkivien puiden osuudesta muodostuisi aliarviota.

Siemenviljelmillä tulokset esitetään emikukkasilmujen prosenttiosuutena kaikista tutkituista silmuista. Nämä tiedot saadaan oksa-, varte-, klooni- ja viljelmäkohtaisesti. Saatuja lukuarvoja voidaan verrata vastaaviin talousmetsien lukuarvoihin, joista on saatavilla 40 vuoden pituinen vertailuaineisto tai aikaisempiin siemenviljelmiltä saatuihin tuloksiin.

3.2. Männyn silmujen sijainti, rakenne ja tunnistaminen

Emikukinnot sijaitsevat männyllä latvuksen yläosassa kukkimisvuoden verson kärjessä. Valoisilla paikoilla, kuten siemenpuumänniköissä, emikukintoja voi esiintyä runsaasti myös alempana latvuksessa. *Hedekukinnot* sijaitsevat alempana latvuksessa ja niiden paikan erottaa oksissa olevasta neulasettomasta alueesta. Vanhoissa ns. lakkapäämännnyissä hedekukintoja esiintyy aivan latvuksen yläosassakin. Hedeoksissa neulasia on vain kasvaimen kärkiosassa. Männyllä näyteoksissa on myös pikkukäpyjä ja 2-vuotisia käpyjä. Pikkukävyt sijaitsevat oksan kärjessä silmujen tyvellä ja 2-vuotiset kävyt viimeisen vuosikasvun tyvellä.

Männyllä silmujen rakenne on erilainen kuin kuusella. Silmu sisältää aina uuden kasvaimen alun ja siihen liittyvät neulasaiheet sekä myös jo uuden kärkisilmun ja sen sivusilmujen alut. Sen lisäksi silmussa voi olla kärjessä emikukinnon aiheita, yksi tai useampia, ja tyviosassa neulasaiheiden tilalla hedekukinnon aiheita. Hede- ja emikukintojen aiheita ei yleensä esiinny samoissa silmuissa.

Hedekukintoja sisältävät silmut voi tunnistaa helposti jo päällepäin pulleasta muodosta. Sen sijaan emikukinnon aiheet eivät näy päällepäin kovin hyvin. Vain pieni kyhmy silmunkärjen reunaosissa voi antaa vihjeitä siitä, että emikukinnon alkuja saattaa olla silmun sisällä.

Yhden puun näyteoksat tutkitaan yksittäin tai yhtenä eränä. Niistä erotellaan ja lasketaan pikkukävyt ja 2-vuotiset kävyt sekä kärkisilmut. Pikkukävyistä huomioidaan vain kehityskelpoiset; irtautuvia ei lasketa lukumäärään mukaan, vaan ne voidaan merkitä huomautussarakkeelle.

Mikäli näyteoksien koko on ohjeenmukainen, tulee oksasta yksi tutkittava kärkisilmu. Samoin pikkukäpyjen ja 2-vuotisten käpyjen paikkoja on yksi kappale. Näin ollen niiden tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Näyteoksista erotellut kärkisilmut tutkitaan mikroskoopin alla halkomalla silmua pituussuunnassa niin monta kertaa, että kaikki emikukinnon aiheet tulevat näkyviin. Silmut ryhmitellään sen mukaan, montako emikukinnon aihetta silmussa on. Kun yhden puun kaikki silmut on tutkittu, lasketaan emikukinnon aiheiden yhteismäärä, joka merkitään lomakkeelle.

Emikukinnon aihe erottuu silmun halkileikkauksessa melko hyvin vaaleana varrellisena möykkynä, jonka kärki menee usein silmun kasvuaiheen kärkeä pidemmälle. Emikukinnon aihe on neulaskimpujen aiheita huomattavasti suurempi ja sijaitsee silmun kärkiosassa (kuva 8).



Kuva 8. Männyn halkaistu emikukkasilmu. Emikukinnon aiheet merkitty punaisilla nuolilla (kuva Erkki Oksanen).

Emikukinnon aiheen saattaa sekoittaa silmun kärkiosassa sijaitseviin sivusilmujen alkuihin, joista muodostuvat myöhemmin sivuoksat. Yleensä nämä sivusilmujen alut ovat kuitenkin emikukinnon aiheita pienempiä eikä niistä löydy sellaista kiinteää sisäosaa kuin mitä emikukinnon aiheissa on.

Mikäli tutkittaessa paljastuu hedesilmuja, niitä ei oteta mukaan silmujen lukumäärään. Hedesilmut voi useimmiten tunnistaa jo päältäpäin pyöreästä muodosta.

4. Kukkasilmututkimuksen tulokset vuosilta 1979–2020

Havupuiden silmuanalyysijä on tehty vuodesta 1979 alkaen. Vuosien 1979–2020 aikana talousmet-sissä on tutkittu silmuja kuusella 585 381 kpl ja männyllä 220 954 kpl. Vuodesta 1994 lähtien, jolloin Metsäntutkimuslaitos alkoi julkistaa siemensatoennusteita, silmuanalyysijä on tehty sekä kuusella että männyllä keskimäärin 37–38 metsikössä vuosittain.

Vuotuiset tulokset ovat koko maan keskiarvoja. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että siemensadot voivat vaihdella alueittain. Suurin osa aineistosta on kerätty Etelä-Suomesta, mutta näytteiden keruu on vuosittain ulottunut myös Pohjois-Suomeen. Ennusteita laadittaessa hyödynn-tään silmuanalyysien pitkäaikaistuloksia vertailuaineistona.

4.1. Kuusi

Kuusen vuosittaiset kukinta- ja siemensatovaihtelut ovat tunnetusti erittäin suuria. Kerätyssä aineis-tossa (1980–2020) kukkivien puiden osuus kaikista tutkituista puista on vuosittain vaihdellut 0–100 %:n välillä pitkäaikaisen keskiarvon ollessa 38 % (taulukko 1).

Kuusen kukinnan ja siemensadon ennustamisen kannalta tärkein silmuanalyysien tunnus on emikuk-kasilmujen prosentuaalinen osuus kaikista tutkituista silmuista. Vuositasolla emikukkasilmuprosentti on vaihdellut 0–66 % välillä keskiarvon ollessa 16 % (taulukko 1, kuva 9). Yksittäisestä metsiköstä tutkituissa näytteissä emikukkasilmuprosentti on voinut olla jopa yli 90 %.

Tutkitussa aineistossa kuusen emikukinnan aiheita esiintyi eniten vuonna 1998, jolloin emikukkasil-muprosentti oli 66 %. Aineistoon sisältyi useita vuosia, jolloin emikukkasilmujen osuus oli alle 1 %. Tulokset vahvistavat aikaisempia tuloksia, joiden mukaan kuusi kukkii useimpina vuosina heikosti tai melko heikosti, kun taas huippuvuosina kukinta on erittäin runsasta.



Kuva 9. Kuusen emikukasilmujen määrä vaihtelee suuresti vuosittain. Vuosina 1980–2020 kerätyssä aineistossa emikukasilmujen suhteellinen osuus tutkituista silmuista on ollut keskimäärin 16 % (kuva Erkki Oksanen).

Taulukko 1. Kuusen kukkasilmututkimuksen tulokset talousmetsissä 1980–2020.

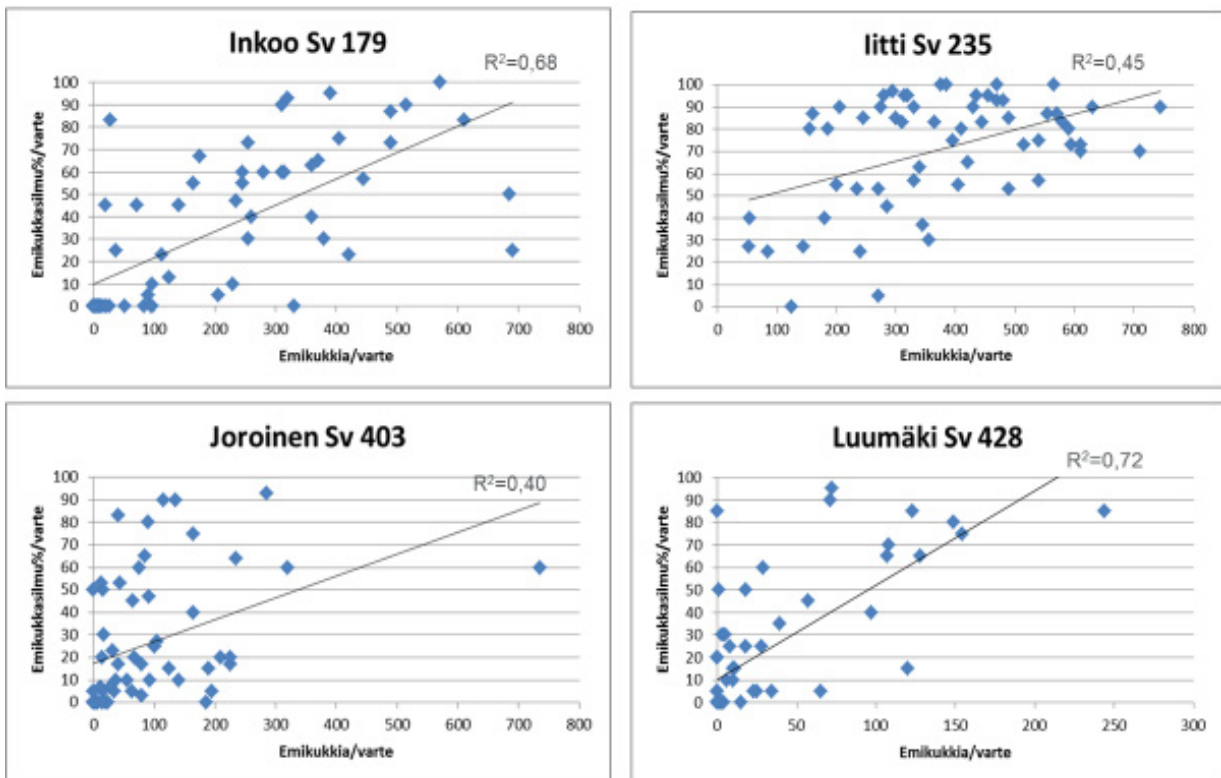
Kukkimis- vuosi	Metsiköitä kpl	Näytepuita kpl	Näyteoksia kpl	Tutkittuja silmuja kpl	Emikukka-silmuja		Kukkipuita	
					kpl	%	kpl	%
1980	6	70	210	2289	911	39,8	64	91,0
1981	1	30	30	209	46	22,0	14	47,0
1982								
1983								
1984	2	13	46	259	0	0,0	0	0,0
1985								
1986	4	54	166	1558	377	24,2	37	69,0
1987	3	61	183	1706	308	18,1	39	64,0
1988	2	22	66	595	28	4,7	6	27,0
1989	3	50	137	1468	807	55,0	46	92,0
1990	3	70	210	1087	9	0,8	3	4,0
1991	3	55	163	1257	2	0,2	2	4,0
1992	4	71	213	1668	1034	62,0	71	100,0
1993	6	168	526	3744	951	25,4	126	75,0
1994	11	253	761	5049	0	0,0	0	0,0
1995	15	392	956	8205	4807	58,6	373	95,2
1996	36	698	2105	14298	1706	11,9	227	32,5
1997	25	464	1391	8459	93	1,1	19	4,0
1998	17	456	1368	10438	6910	66,2	426	93,0
1999	13	235	694	4252	15	0,4	5	2,0
2000	15	287	869	6409	3813	59,5	259	90,0
2001	22	299	881	4522	56	1,2	13	4,3
2002	24	583	1699	12142	2530	20,8	367	63,0
2003	34	528	1599	13329	705	5,3	116	22,0
2004	49	860	2580	23062	4058	17,6	359	41,7
2005	45	848	2536	23719	1154	4,9	176	20,8
2006	70	1287	3868	36836	20688	56,2	1089	84,6
2007	57	963	2933	26532	2751	10,4	361	37,5
2008	37	878	2735	25635	2062	8,0	306	34,4
2009	26	628	1911	18456	89	0,5	43	6,9
2010	56	1297	3919	37740	4724	12,5	467	36,0
2011	40	858	2743	24860	305	1,2	94	11,0
2012	47	1085	3340	31996	9755	30,5	820	75,6
2013	45	1116	3532	31947	44	0,1	24	2,2
2014	63	1716	5331	49545	7961	16,1	935	54,5
2015	58	1514	4636	42731	1334	3,1	203	13,4
2016	38	1101	3349	30739	1473	4,8	263	23,9
2017	29	656	2053	18076	947	5,2	174	26,5
2018	27	509	1556	14629	165	1,1	48	9,4
2019	33	871	2612	25552	10369	40,6	589	67,6
2020	26	688	2063	20383	364	1,8	69	10,0
Yhteensä	995	21734	65970	585381	93351	16,0	8233	37,9

Siemenviljelmien tulokset rajoittuvat syksyllä 2018 kokeiluun tehtiin silmuanalyysiin. Syksyllä 2018 kuusen emikukkasilmuja esiintyi Etelä-Suomessa runsaasti, kun taas Keski- ja varsinkin Pohjois-Suomessa niiden määrä oli hyvin vähäinen.

Siemenviljelmien tulokset poikkesivat jonkin verran talousmetsien tuloksista. Etelä-Suomen talousmetsistä kerätyissä näytteissä (n=21 metsikköä) keskimääräinen emikukkasilmuprosentti oli 59 %, kun vastaava luku neljällä varttuneella siemenviljelmällä oli 51 %. Siemenviljelmillä osa klooneista ei näytä kukkivan lainkaan tai ne kukkivat vain harvoin, mikä osittain selittää viljelmien alhaisempaa tulosta. Siemenviljelmien välillä oli myös suurta vaihtelua emikukkasilmujen runsaudessa (vaihteluväli 22–73 %).

Kukintaennusteen laatiminen siemenviljelmälle on haastavampaa kuin talousmetsään. Tämä johtuu kloonien ja vartteiden lukumäärän suuresta vaihtelusta eri viljelmillä. Silmuanalyysien luotettavuutta voidaan testata esimerkiksi vertaamalla analyysituloksia seuraavana kesänä tehtäviin samojen vartteiden emikukkalaskentoihin. Tulosten välillä on merkittävää hajontaa (kuva 10); joskus ennusteet onnistuvat paremmin (Luumäki, Inkoo), joskus huonommin (Joroinen).

Silmuanalyysien ja emikukkalaskentojen vertailu



Kuva 10. Kuusen silmuanalyysien ja emikukkalaskentojen vertailu neljällä siemenviljelmällä kukkimisvuonna 2019.

4.2. Mänty

Männyllä silmuanalyysien tulokset esitetään emikukinnon aiheiden kappalemääränä silmua kohden ja pikkukäpyjen kappalemääränä oksaa kohden. Neljänkymmen vuoden pituisen aineiston keskiarvot olivat: 1,27 emikukinnon aiheita/silmu ja 1,16 pikkukäpyä/oksa (taulukko 2, kuva 11). Eniten emikukinnon aiheita esiintyi vuonna 1995, jolloin niitä oli 1,81 kpl/silmu ja vähiten vuonna 1999 (0,40 emikukinnon aiheita/silmu). Pikkukäpyjen runsain esiintymisvuosi oli 2015, jolloin niitä laskettiin 1,67 kpl/oksa, kun vastaavasti huonoimmat vuodet olivat 1989 ja 2000 (0,33–0,34 pikkukäpyä/oksa).

Männyllä siemensatovaihtelut ovat huomattavasti vähäisempiä eikä täydellisiä katovuosia esiinny kuten kuusella.



Kuva 11. Vuosina 1979–2020 männyn pikkukäpyjä on esiintynyt keskimäärin 1,16 kpl/oksa (kuva Tatu Hokkanen).

Taulukko 2. Männyn kukkasilmututkimuksen tulokset talousmetsissä 1979–2020.

Kukkimis- vuosi	Metsiköitä kpl	Näytepuita kpl	Näyteoksia kpl	Tutkittuja silmuja kpl	Emikukinnon aiheita		Pikkukäpyjä	
					kpl	kpl/silmu	kpl	kpl/oksa
1979	10	114	1250	939	845	0,90	575	0,46
1980	3	26	71	132	151	1,14	67	0,94
1981	1	33	117	114	120	1,05	104	0,89
1982								
1983	6	121	1286	1286	1542	1,20	845	0,66
1984	3	36	260	260	362	1,39	364	1,40
1985								
1986	5	41	408	383	216	0,56	202	0,50
1987	3	65	642	626	682	1,09	349	0,54
1988	4	86	643	604	544	0,90	320	0,50
1989	5	94	943	932	1089	1,17	307	0,33
1990	7	171	1695	1651	2338	1,42	1115	0,66
1991	4	120	1187	1117	1932	1,73	1275	1,07
1992	6	121	1164	1048	1268	1,21	1049	0,90
1993	6	140	1402	1401	1481	1,06	1661	1,18
1994	9	219	2189	2083	2321	1,11	1886	0,86
1995	15	374	2945	2971	5392	1,81	2258	0,77
1996	13	245	2270	2225	2987	1,34	3015	1,33
1997	50	1408	14026	13428	21559	1,61	11464	0,82
1998	16	440	4316	4211	6355	1,51	5570	1,29
1999	31	831	8409	8286	3320	0,40	9419	1,12
2000	29	677	6644	6603	6409	0,97	2249	0,34
2001	39	873	8708	8108	9759	1,20	7095	0,81
2002	30	749	7350	7286	6693	0,92	7885	1,07
2003	42	766	7338	7189	9913	1,37	7347	1,00
2004	53	937	9249	9307	11504	1,23	10903	1,17
2005	53	919	8726	9169	11928	1,30	8548	0,97
2006	62	1103	10973	10810	12110	1,12	15669	1,42
2007	68	1161	11575	11131	11751	1,05	13306	1,14
2008	36	778	7732	6829	11363	1,66	8347	1,08
2009	30	693	6919	6399	6075	0,95	10174	1,47
2010	33	770	7683	7352	10991	1,49	4843	0,63
2011	37	847	8451	8213	9195	1,12	10714	1,27
2012	39	888	8862	8770	10603	1,21	11931	1,35
2013	49	1311	13054	12699	16546	1,30	17480	1,34
2014	45	1135	11329	10746	16142	1,50	15647	1,38
2015	55	1344	13407	13132	16812	1,28	22421	1,67
2016	36	989	9849	9612	15617	1,62	13720	1,39
2017	14	320	3187	3061	3871	1,26	4924	1,55
2018	32	795	7932	7715	8370	1,08	10688	1,35
2019	27	670	6677	6341	11360	1,79	5616	0,84
2020	31	828	8197	7970	9901	1,24	13373	1,63
Yht./ka.	1023	23065	227627	220954	280301	1,27	263979	1,16

5. Kukkasilmututkimuksen virhelähteistä

5.1. Kuusi

Kuusella emikukkasilmun erottaminen kasvusilmusta on halkaistuista silmuista mikroskoopin alla helppoa ja erot ovat niin selvät, että tähän silmujen tutkimiseen ei suuria virhelähteitä sisälly. Selkeiden erojen vuoksi kuusen emikukkasilmuja voidaankin tarvittaessa tunnistaa myös röntgenkuvauslaitteilla. Näytteiden edustavuus on kuitenkin tärkeää, koska kukkimisrunsauden vaihtelu voi olla kuusella sangen suurta. Näytteenotossa onkin huomioitava metsiköiden, puiden ja vielä oksienkin välinen vaihtelu.

Kukkimisrunsauden vaihtelu puiden, metsiköiden ja alueiden välillä voi olla myös eri vuosina erilainen. Metsiköiden välistä eroa kukkimisrunsaudessa aiheuttavat muun muassa metsikön ikä, tiheys ja kasvupaikka. Riittäväksi metsiköiden määräksi alueellisen ennusteen tekemistä varten on arvioitu 4–5 metsikköä. Puita pitäisi olla metsikköä kohden vähintään 30 kpl, mikäli selvitetään kukkivien puiden prosenttimäärää. Pelkän kukkasilmuprosentin selvittämiseen riittää vähempikin näytepuiden määrä, mikäli metsiköiden määrää vastaavasti lisätään.

Puuta kohden on otettu yleensä kolme näyteoksa, mikä on katsottu riittäväksi määräksi, mikäli oksat ovat oikeasta osasta puuta eli latvasta. Mikäli puu kukkii vähintään keskinkertaisesti, tulee jo näihin kolmeenkin näyteoksaan emikukkasilmuja mukaan. Sen sijaan heikosti kukkivissa puissa emikukkasilmuja ei välttämättä tule näyteoksiin mukaan. Tämän takia silmututkimus saattaa antaa kukkivien puiden määrästä hiukan todellisuutta pienemmän arvion. Tällä ei ole kuitenkaan käytännön merkitystä, koska runsaat ja heikot kukkimisvuodet saadaan kuitenkin riittävällä varmuudella ennustettua.

5.2. Mänty

Männyllä emikukinnan aiheet sijaitsevat kasvusilmun kärjen reunaosassa. Tämä kasvusilmu sisältää uuden kasvaimen alun ja siihen liittyvät neulasaiheet, sekä myös uusien kärkisilmujen aiheet, joista kasvaa myöhemmin uusia oksia. Hedesilmuissa on tyviosassa neulasaiheiden tilalla hedekukinnan alut, eikä samoissa silmuissa ole yleensä emikukinnan aiheita kuin joskus harvoissa tapauksissa.

Emikukinnan aiheet voi nähdä halkaistusta silmusta melko hyvin mikroskoopilla. Joissain tapauksissa pientä epävarmuutta aiheuttaa uusien kärkisilmujen (kärjen sivusilmut) alut, mitkä sijaitsevat samalla kohtaa kuin emikukkien aiheet. Emikukinnan aiheissa on kuitenkin isompi ja selväpiirteisempi sisus.

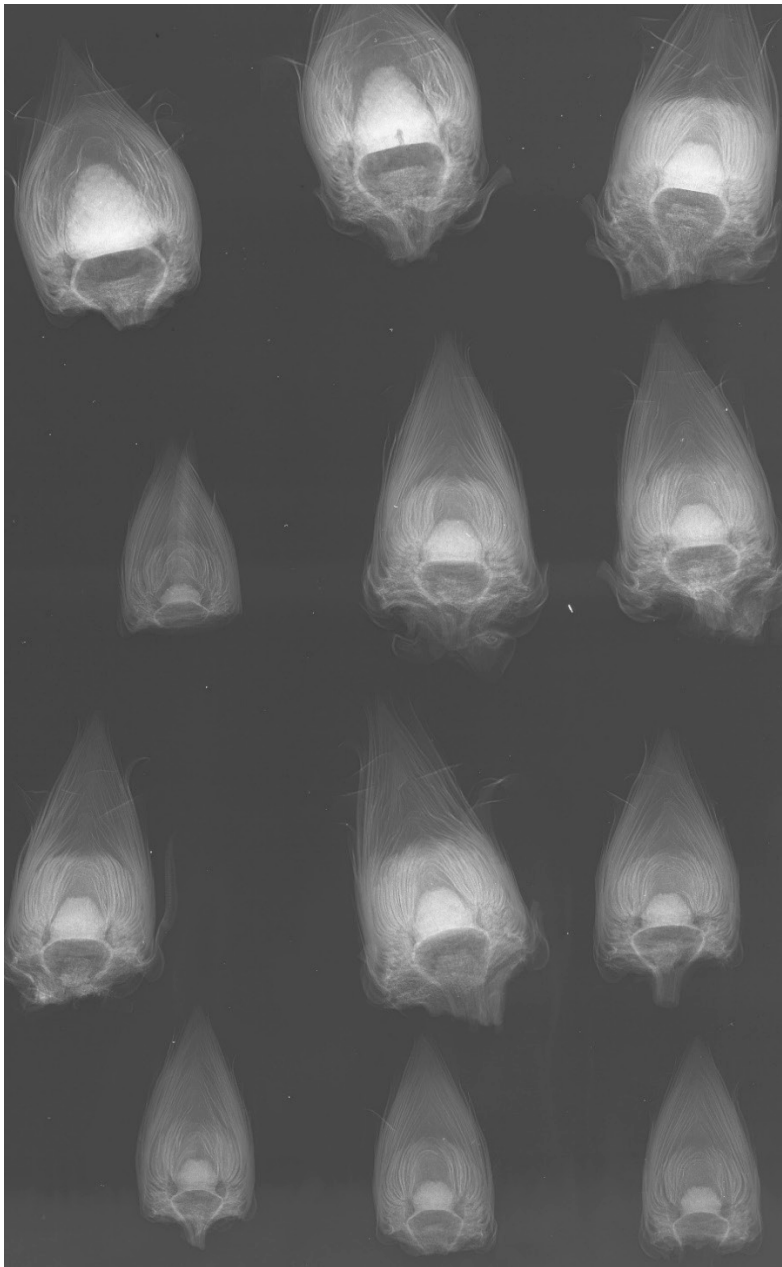
Männyllä kukkimisrunsauden vuosittainen vaihtelu on vähäisempää kuin kuusella. Männyn näyteokista voidaan selvittää emikukka-aiheiden lisäksi pikkukäpyjen ja 2-vuotisten käpyjen määrä. Koska näytteiden keruun tavoitteena on saada riittävä määrä laadukkaita analyysisilmuja tutkittavaksi, voi näytteisiin valikoitua hieman keskimääräistä enemmän pikkukäpyjä sisältäviä näyteoksia. Toisaalta hakkuun yhteydessä voi joitakin pikkukäpyjä myös varista maahan. Kun pikkukävyistä otetaan mukaan vain kehityskelpoiset, tukevasti kiinni olevat, saadaan vuoden kuluttua odotettavissa olevasta käpysadosta luotettavampi kuva. 2-vuotisten käpyjen määrästä menetelmä ei anna kovin luotettavaa kuvaa, koska käpyjä varisee maahan hakkuun yhteydessä – kovalla pakkasella varsin runsaastikin.

Männyllä runsas kukkiminen ei takaa vielä hyvää siemensatoa, koska kaikki emikukinnot eivät kehity 2-vuotiseksi kävyiksi. Emikukintoja voi surkastua paleltumisen seurauksena ja myös pikkukäpyjen variseminen voi olla runsasta, mikäli kukkimisajan säät ovat niin sateisia, että pölytys on jäänyt vaillinaiseksi.

6. Silmujen röntgenkuvaus

Kuusen silmuja voidaan tutkia myös röntgenkuvauslaitteella, jolloin silmuja ei tarvitse halkaista mikroskoopin alla (kuva 12). Kuusen emikukkasilmut kyetään määrittämään röntgenkuvauksella varsin luotettavasti, mutta männyn emikukinnon aiheiden tunnistaminen on alustavien selvitysten perusteella hyvin vaikeaa.

Toistaiseksi silmujen röntgenkuvauksia on tehty kokeiluluonteisesti Suonenjoen siemenlaboratoriossa. Yksittäisten silmujen kuvautumisessa on havaittu suuria eroja, mikä saattaa johtua niiden vesipitoisuuden vaihtelusta. Kokemukset menetelmän käytöstä ovat vielä vähäisiä, minkä takia panostukset jatkotutkimuksiin ovat perusteltuja. Menetelmää voitaisiin testata esimerkiksi siten, että röntgenkuvauksen jälkeen analyysisilmut mikroskopoidaan määrittysten varmentamiseksi.



Kuva 12. Röntgenlaitteella kuvattuja kuusen silmuja. Ylärivissä kaksi vasemmanpuoleista on emikukkasilmuja, muut kasvusilmuja (kuva Markku Nygren).

Viitteet

Hokkanen, T. 2020. Siemensatoennusteet.

– URL: <<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsanhoito/siemensatoennusteet/>>

Kujala, V. 1931. Voidaanko puiden talvisilmuista todeta seuraavan kesän kukkimissuhteita?

Metsätietoa – Metsätieteen tuloksia kansantajuisessa asussa (1) 2: 63–67. Metsätieteellinen tutkimuslaitos. Keskusmetsäseura Tapio.

Liitteet

Kuvaliitteet



Kuva 13. Kuusen emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 14. Kuusen emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 15. Kuusen emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 16. Kuusen emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 17. Kuusen kasvusilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 18. Kuusen kasvusilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 19. Kuusen kasvusilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 20. Kuusen kasvusilmu (kuva Erkki Oksanen).



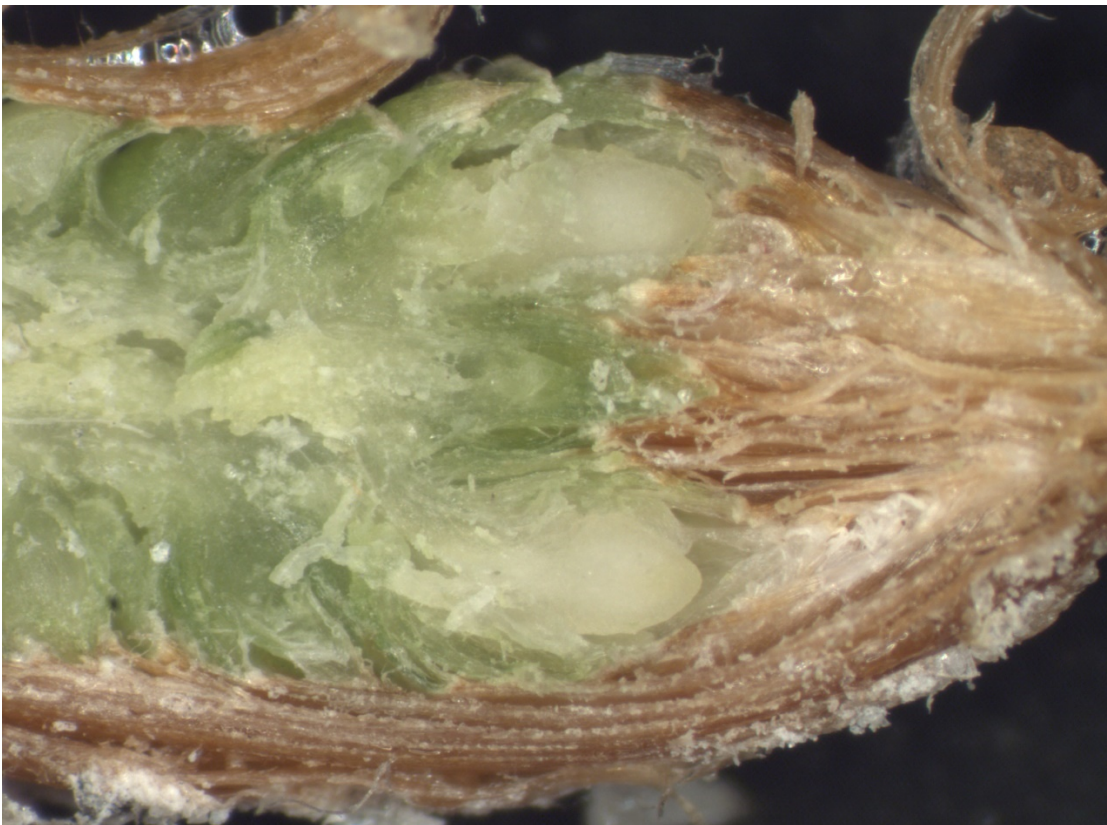
Kuva 21. Männyn emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 22. Männyn emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 23. Männyn emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 24. Männyn emikukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 25. Männyn kasvusilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 26. Männyn kasvusilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 27. Männyn hedekukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).



Kuva 28. Männyn hedekukkasilmu (kuva Erkki Oksanen).

Taulukkoliitteet

Taulukko 3. Kuusen silmututkimuksen tallennuslomake. (Esimerkissä on tilaa vain 10 puulle, normaalisti tutkitaan 30 puuta/metsikkö.)

KUUSEN KUKKASILMUTUTKIMUS											
Metsikön numero:											
Kukkimisvuosi:			Paikka:								
Näytepvm:			Tutkinut:								
Kerännyt:			Yhtenäiskoordinaatit:								
Tallentanut:											
Puu nro	Oksa nro	Silmuja 10 kpl	Analyysi-silmuja kpl	Emikukkasilmuja		Toukkien syömiä silmuja		Muut vialliset silmut kpl			Huomautuksia
				kpl	% 10 silmusta	kpl	% 10 silmusta	Sisältä ruskeat	Kaiverretut	Katkotut	
1	1	10			0,00		0,00				
1	2	10			0,00		0,00				
1	3	10			0,00		0,00				
2	1	10			0,00		0,00				
2	2	10			0,00		0,00				
2	3	10			0,00		0,00				
3	1	10			0,00		0,00				
3	2	10			0,00		0,00				
3	3	10			0,00		0,00				
4	1	10			0,00		0,00				
4	2	10			0,00		0,00				
4	3	10			0,00		0,00				
5	1	10			0,00		0,00				
5	2	10			0,00		0,00				
5	3	10			0,00		0,00				
6	1	10			0,00		0,00				
6	2	10			0,00		0,00				
6	3	10			0,00		0,00				
7	1	10			0,00		0,00				
7	2	10			0,00		0,00				
7	3	10			0,00		0,00				
8	1	10			0,00		0,00				
8	2	10			0,00		0,00				
8	3	10			0,00		0,00				
9	1	10			0,00		0,00				
9	2	10			0,00		0,00				
9	3	10			0,00		0,00				
10	1	10			0,00		0,00				
10	2	10			0,00		0,00				
10	3	10			0,00		0,00				
Yht:	30	300	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	
Kukkivia puita kpl			0	Kukkivia puita %			0,00				

Taulukko 4. Männyn silmututkimuksen tallennuslomake.

MÄNNYN KUKKASILMUTUTKIMUS							
				Metsikön numero:			
Kukkimisvuosi:				Paikka:			
Näytepvm:				Tutkinut:			
Kerännyt:				Yhtenäiskoordinaatit:			
Tallentanut:							
Puu numero	Oksia kpl	Silmuja kpl	Emikukintoja		Pikkukäpyjä kpl	2-vuotisia käpyjä kpl	Huomautuksia
			kpl	kpl/silmu			
1	10	10		0,00			
2	10	10		0,00			
3	10	10		0,00			
4	10	10		0,00			
5	10	10		0,00			
6	10	10		0,00			
7	10	10		0,00			
8	10	10		0,00			
9	10	10		0,00			
10	10	10		0,00			
11	10	10		0,00			
12	10	10		0,00			
13	10	10		0,00			
14	10	10		0,00			
15	10	10		0,00			
16	10	10		0,00			
17	10	10		0,00			
18	10	10		0,00			
19	10	10		0,00			
20	10	10		0,00			
21	10	10		0,00			
22	10	10		0,00			
23	10	10		0,00			
24	10	10		0,00			
25	10	10		0,00			
26	10	10		0,00			
27	10	10		0,00			
28	10	10		0,00			
29	10	10		0,00			
30	10	10		0,00			
Yht:	300	300	0	0,00	0	0	
Pikkukäpyjä			0,00		kpl/oksa		
2-vuotisia käpyjä			0,00		kpl/oksa		



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000