
**AMERIKANPYÖKKI (*FAGUS GRANDIFOLIA*) JA SEN
MIKROLISÄYSVILJELMÄN ALOITUS**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, kevät 2015

Milla Korpi



LEPAA
Puutarhatalouden koulutusohjelma

Tekijä	Milla Korpi	Vuosi 2015
Työn nimi	Amerikanpyökki (<i>Fagus grandifolia</i>) ja sen mikrolisäysviljelmän aloitus	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä suomalaista amerikanpyökkikantaa monistamalla mikrolisäyksen avulla Mustilan arboretumissa kasvavaa talvenkestävää puuyksilöä. Arboretum Mustila on opinnäytetyön tilaaja. Mustilassa on yritetty lisätä amerikanpyökkiä jo 20 vuotta, mutta siemenlisäys on vaikeaa, sillä kanadalaista alkuperää olevia siemeniä on vaikea saada oikeaan aikaan vuodesta. Hyviä siemenvuosia on harvoin ja siemenet säilyvät huonosti. Mustilan puuyksilö ei tuota siementä. Luonnonvaraiset amerikanpyökit lisääntyvät levinneisyysalueensa pohjoisosissa pääasiassa juurivesoista. Pistokaslisäyksestäkään ei ole apua laajempaan taimituotantoon. Tämän vuoksi mikrolisäys olisi onnistuessaan hyvä lisäystapa amerikanpyökille. Mikrolisäys on kasvullisen lisäyksen muoto, kuten pistokaslisäyskin, mutta mikrolisäyksen etuna on monistuksen nopeus. Siemenlisäystäkään ei voi unohtaa, sillä se on onnistuessaan paras lisäyskeino.

Opinnäytetyön käytännön osuus tehtiin kevättalvella 2013 Lepaan mikrolisäyslaboratoriossa. Kasvualustojen valmistaminen aloitettiin 15.1. Ravintoalustoja oli kokeilussa kolme; MS (Murashige & Skoog medium), ACM (aspen culture medium) ja WPM (woody plant medium). Kaikissa kasvualustoissa oli samat hormonimäärät; BAP 1 mg/l ja NAA 0,1 mg/l. WPM on yhdistelmä kahdesta muusta alustasta. Amerikanpyökin solukkoviljelmää yritettiin aloittaa preparoiduista silmuista. Silmujenhakumatkoja Mustilan puistometsään tehtiin kolme kuukauden välein, 10.2., 2.3. ja 5.4. Keräyskertojen välillä on eroa ajallisesti, sillä tarkoituksena oli vertailla, vaikuttaako aloitusajankohta lopputulokseen. Silmuja saatiin kerättyä alaoksista, juurivesoista ja vesiversosta. Silmujen keräys osoittautui vaikeaksi lumitilanteen vuoksi. Sterilointimenetelmiä oli kokeilussa neljä. Niistä mikään ei osoittautunut riittäväksi, sillä kaikki 136 silmua infektoituivat tai kuolivat lopulta. Infektoituminen oli kokeessa pääasiallinen syy lisäyksen epäonnistumiseen. Kasvualustat vaikuttivat sopivan amerikanpyökille. Kokeen voisi toistaa niin, että käytettäisiin samoja kasvualustoja, mutta sterilointimenetelmiä ja kokeen aloitusajankohtaa muutettaisiin. Lisäystä voisi kokeilla keväällä kasvuun lähteneistä oksankärkipaloista.

Avainsanat *Fagus grandifolia*, amerikanpyökki, mikrolisäys, sterilointi, ravintoalusta

Lepaa
Horticulture Study Programme

Author Milla Korpi **Year** 2015

Subject of Bachelor's thesis Micropropagation of the American Beech
(*Fagus grandifolia*)

ABSTRACT

The aim was to increase American beech in Finland by micropropagation. The commissioner of this Bachelor's thesis is Mustila Arboretum. They have already tried propagation from seed for 20 years but it is difficult because the seeds are hard to get at the right time of the year. The American beech germinates seeds rarely and the seeds cannot be stored for a long time. The tree in Mustila does not germinate seeds. In wilderness American beeches spread in the northern parts of their area of distribution mainly by root suckers. Propagation from cuttings does not help in larger nursery management. This is why micropropagation could be the best way of propagation. Like propagation from cuttings micropropagation is a form of vegetative propagation. The advantage of micropropagation is the rapidity to multiply clonal material. However, propagation from seed is the best way of propagation when it works.

The practical work of this Bachelor's thesis was done in the spring 2013 at Lepaa micropropagation laboratory. The making of the crowing media was started on 15 January. There were three different types of media; MS (Murashige & Skoog medium), ACM (aspen culture medium) and WPM (woody plant medium). Every medium had the same amount of hormones; BAP 1 mg/l ja NAA 0,1 mg/l. WPM is a combination of the two other media. The In vitro -culture of the American beech was started from a prepared bud. Three bud-collecting-trips were made to Mustila arboretum, on 10 February, on 2 March and on 5 April. The bud-collecting was made each month in reason to compare if the starting day has an impact to final result. Buds were collected from lower branches, root sprouts and suckers from a trunk. Bud-collecting proved to be difficult because of the snow situation. There were four methods of sterilization in test. None of them was good enough because all 136 buds were finally infected or dead. The infection was the main reason for the fail of propagation. The growing media seemed to be suitable for the American beech. The test could be renewed with the same media by changing the sterilizing methods and the starting date. The propagation could be worth trying in the spring time with branches in growth.

Keywords American beech, micropropagation, medium, tissue culture, sterilization

Pages 46 p. + appendices 4 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	<i>FAGUS</i> -SUKU	2
2.1	Kasvitieteellinen luokitus.....	2
2.2	Maailman pyökkilajit	3
2.2.1	Amerikka	3
2.2.2	Eurooppa.....	4
2.2.3	Euroopanpyökki Pohjolassa	6
2.2.4	Itä-Aasia	7
2.3	Amerikanpyökin levinneisyys.....	8
2.4	Amerikanpyökki Suomessa.....	8
2.5	Ilmasto amerikanpyökin levinneisyysalueella	11
2.6	Amerikanpyökin kasvu ja puulajisuhteet	12
2.7	Amerikanpyökin tuntomerkit	13
2.7.1	Habitus.....	13
2.7.2	Runko ja oksat	14
2.7.3	Silmut ja lehdet.....	15
2.7.4	Kukinto ja pähkinä	16
2.8	Amerikan- ja euroopanpyökin hyödyntäminen.....	17
2.8.1	Pyökki ravintona.....	17
2.8.2	Pyökin puuaineksen hyödyntäminen	18
2.8.3	Pyökin käyttö viherrakentamisessa	18
2.8.4	Pyökin hyödyntämisen historiaa.....	19
2.9	Amerikanpyökin taudit, tuholaiset ja muut haittatekijät	19
2.9.1	Hyönteiset ja sienet.....	19
2.9.2	Pyökinkuoritauti	20
2.9.3	Loisivat lajit.....	21
2.9.4	Ilmastosta johtuvat haittatekijät.....	22
3	ILMASTON VAIKUTUS PUIDEN MENESTYMISEEN.....	22
3.1	Kasvien siirto uusiin ilmasto-oloihin	22
3.1.1	Amerikanpyökin ilmastovaatimukset	24
3.2	Ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen puustoon tulevaisuudessa	25
3.3	Ilmastonmuutoksen vaikutus amerikanpyökkiin tulevaisuudessa.....	26
3.4	Ilmaston vaihtelu menneisyydessä: jääkaudesta lämpökauteen	26
3.5	Pyökin ja muiden puulajien varhaishistoria: lajiutumisen ja leviäminen	28
4	PYÖKIN LISÄYSMENETELMÄT.....	30
4.1	Amerikanpyökin luontainen lisääntyminen	31
4.2	Amerikanpyökin siemenlisäys taimistolla	32
4.2.1	Siementen säilytys ja stratifiointi	32
4.2.2	Kylvö	32
4.2.3	Siementaimien jatkokasvatus ja talvettaminen.....	33
5	MIKROLISÄYS.....	33
5.1	Kasvihormonit.....	34

6	AINEISTO JA MENETELMÄT	34
6.1	Aloitusmateriaali	34
6.2	Kasvustustojen valmistus	36
6.3	Sterilointi ja preparointi silmuille	36
6.4	Kasvuolosuhteet laboratoriossa.....	36
7	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	37
8	LOPPUPÄÄTELMÄT	41
	LÄHTEET	43

Liite 1	Aspen Culture Medium (ACM)
Liite 2	Woody Plant Medium (WPM)
Liite 3	Murashige & Skoog (MS-alusta)
Liite 4	Sterilointimenetelmät

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään amerikanpyökkiä ja samalla muitakin pyökkilajeja. Nykyistä ilmastonmuutosta käydään läpi menneiden ilmastonmuutosten kautta. Puulajien historian ymmärtäminen auttaa meitä ennustamaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia tulevaisuudessa. ”Tulevaisuutta ajatellen puulajien kyky reagoida ilmaston muuttumiseen on merkittävä kysymys, kun koetetaan ennustaa ihmisen aiheuttaman ilmastonmuutoksen vaikutuksia ekosysteemeihin (Telkänranta 2013, 115)”.

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan puulajien menestymiseen ja levinneisyysalueisiin tulevaisuudessa. Metsäekosysteemin lisäksi myös ihmisen rakentaman ympäristön kasvilajivalintojen perusteet muuttuvat. Puistojen kasvilajisuhteita pitäisi miettiä pitkällä aikavälillä. Huomiota kannattaisi kiinnittää kasvilajiston monimuotoisuuteen. Ekologisesti monimuotoisen metsän ideaa voisi laajentaa koskemaan myös puistoja ja muita ihmisen muokkaamia ympäristöjä. Monimuotoiset kasvipopulaatiot eivät ole yhtä herkkiä ympäristössä tapahtuville muutoksille kuin ääritilanteessa yhden lajin monokulttuurit. Sen lisäksi, että Suomessa kokeillaan uusia kasvilajeja, tulisi kiinnittää huomiota myös vanhojen, ilmastoomme sopeutuneiden, kasvikantojen säilyttämiseen.

Helsingissä on havahduttu kasvivalikoiman monipuolistamiseen. Helsingin kaupungilla on käytössään suunnittelun ja kasvivalintojen tukena kaupunkikasviopas. Helsingin kaupunkikasvioppaassa tähdätään puulajivalikoiman monipuolistamiseen Frank Santamourin mallia (1990) hyödyntäen. Mallin tavoitteena on biologisen monimuotoisuuden avulla estää tautien ja tuholaisten laajamittainen invaasio ja samalla ylläpitää kasvilajien elinvoimaa. (Tegel 2010, Helsingin kaupunkikasviopas.) Suurin osa Suomessa viheralueilla käytettävistä koristekasveista kuuluu *Rosaceae*-heimoon, jonka prosentuaalista määrää pyritään Helsingissä vähentämään suhteessa muihin heimoihin. Santamourin mallissa suositetaan, että yhtä heimoa on korkeintaan 30 % istutetuista puista, yhtä sukua korkeintaan 20 % istutetuista puista ja yhtä lajia korkeintaan 10 % istutetuista puista. Helsingin lajilistoilla suositeltavien lajien joukossa on euroopanpyökki, jonka käyttöä on tarkoitus lisätä nykyisestä. Sitä suunnitellaan yksittäispuuksi ”herkkulajiksi”, jotka ovat arkoja, mutta näyttäviä. (Tegel 2010, Helsingin kaupunkikasviopas.) Amerikanpyökki olisi euroopanpyökkiä suositeltavampi talvenkestävyyteensä perusteella. Tämä toisi amerikanpyökille mahdollisuuden levitä Etelä-Suomeen puistopuuksi. Arboretum Mustilassa on todettu, että kanadalaista alkuperää oleva amerikanpyökki kestää euroopanpyökkiä paremmin Suomen talviolosuhteita. Ongelmana on vain se, ettei amerikanpyökkiä ole saatavissa suomalaisilta taimistoilta sen vaikean lisäämisen vuoksi.

Arboretum Mustila on opinnäytetyöni tilaaja. Käytännön osuus tehtiin Lepaan mikrolisäyslaboratoriossa, jossa ei ole aikaisemmin lisätty *Fagus*-sukuisia kasveja. Mustilassa on yritetty saada amerikanpyökkiä lisäykseen jo noin kahdenkymmenen vuoden ajan. Pohjois-Amerikkaan

suuntautuneiden siemenkeräysmatkojen tuloksena siemeniä on saatu kokeiluun, mutta näistä siemenalkuperistä on enää joitakin taimia jäljellä. Amerikanpyökki on siementuotannoltaan hyvin ailahtelevainen; hyviä siemenvuosia on harvassa, mikä luonnollisesti mutkistaa lisäystä. Mustilan puistometsässä kasvaa yksi suuri amerikanpyökki ja muutamia nuoria yksilöitä. Vanha amerikanpyökki on osoittautunut talvenkestoltaan Suomen oloihin sopivaksi. Tästä syystä mikrolisäyksessä käytetyt silmut kerättiin Mustilan vanhasta puuyksilöstä. Lisäyksen onnistuminen toisi uutta tietoa amerikanpyökin menestymisestä pohjoisilla äärirajoilla. Samalla se monipuolistaisi kotimaista koristekasvivalikoimaa. Suomen ilmastoon sopeutuneet kasvukannat ovat tärkeitä kasvivalikoiman laajennuksen kannalta. Se tuo suomalaisille taimistoille kilpailuedun ulkomailta tuotuun kasvukantaan nähden. Amerikanpyökille olisi varmasti kysyntää Etelä-Suomen puistoissa, jos sen lisäys saataisiin onnistumaan. Amerikanpyökki menestyy vyöhykkeillä I-II ja oletettavasti pohjoisempanakin, jos kasvupaikka on suojaisa. Amerikanpyökki on ulkonäöltään näyttävä puu. Erityisen näyttävä amerikanpyökki on keväällä ja syksyllä. Keväällä lehdet ovat heleänvihreät ja syksyllä kuparinhoitoiset. Amerikanpyökin kasvutapa on viehättävä, sillä puulla on laaja latvus ja lyhyt runko. Vanhan amerikanpyökin oksat yltävät maahan asti avoimella kasvupaikalla.

Opinnäytetyön ensisijainen tarkoitus oli saada lisättyä amerikanpyökin yksilömäärää Suomessa mikrolisäyksen keinoin, mutta konkreettisiin tuloksiin pääsemiseksi tarvittaisiin uusia toteuttajia. Lupaaviakin tuloksia saatiin, sillä kasvualustat näyttävät sopivan amerikanpyökille. Toinen tärkeä tarkoitus on tutustuttaa suomalaisia Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa hyvin tunnettuun pyökkien sukuun ja pohtia pyökkien mahdollisuuksia maassamme. Opinnäytteen pääpaino onkin amerikanpyökkiin tutustuttamisessa ja muuttuvassa ilmastossa. Nämä liittyvät toisiinsa, sillä ainakin teoriassa pyökkien mahdollisuudet Suomessa paranevat ilmaston lämmetessä.

2 FAGUS-SUKU

2.1 Kasvitieteellinen luokitus

Fagus-sana on alkuperältään kreikkaa. Se on johdettu sanasta 'phagos', joka merkitsee syötävää pähkinää (Peters 1997, 30). *Fagus*-nimen alkuperä sijoittuu Rooman valtakaudelle (Peters 1997, 30). Amerikanpyökin lajinimessä esiintyvä 'grandifolia' tarkoittaa suurilehtistä (Harrison 2013, 101). Kasvitieteilijä Linné antoi suvulle sen tieteellisen nimen vuonna 1735 (Peters 1997, 30).

Fagus-suku kuuluu *Fagaceae*-heimoon, jolle on annettu suomenkielinen nimi Pyökkikasvit. Suomessa esiintyvistä puista tähän heimoon kuuluu myös *Quercus*-suku eli tammet. Pyökkejä ja tammia yhdistää kasvutapa; molemmat kasvavat luontaisilla elinalueillaan hitaasti suuriksi, vanhoiksi ja suurilatvuksisiksi puiksi. Suomessa kasvaa istutettuna myös

valkopyökkiä, joka kuuluu kuitenkin eri sukuun ja heimoon muiden pyökkien kanssa. Suomenkielinen nimi on harhaanjohtava. Valkopyökin tieteellinen nimi on *Carpinus betulus* ja se kuuluu koivukasvien (*Betulaceae*) heimoon yhdessä leppien (*Alnus*), koivujen (*Betula*) ja pähkinäpensaiden (*Corylus*) kanssa. Valkopyökki menestyy Suomessa samoilla vyöhykkeillä kuin amerikanpyökki eli vyöhykkeillä I-II. (Hämet-Ahti ym. 1992, 119.) Sen lehti ja silmu muistuttavat pyökin vastaavia osia. Siitä juontuu varmaan myös suomenkielinen nimi. Australiassa, Uudessa-Seelannissa ja Etelä-Amerikassa kasvava *Nothofagus*-suku on pyökkien kaukainen sukulainen (Sternberg 2004, 180; Krüssmann 1977, 70). Pyökkikasvien heimoon kuuluu *Fagus*-suvun lisäksi 10 muuta sukua, joiden edustajia ei juuri Suomessa tavata. Suomalaisille tutuin lienee *Castanea*-suku eli kastanjat. Lajeja Pyökkikasvien heimoon kuuluu noin 600. (Krüssmann 1977, 68.)

2.2 Maailman pyökkilajit

Petersin (1997, 31) mukaan maapallolla on pyökkilajeja nykyisin yhteensä 13. Useissa muissa lähteissä (esim. Alanko 1999, 280) lajimääräksi mainitaan 10. Luku vaihtelee sen mukaan, luetaanko osa pyökeistä lajeiksi vai alalajeiksi. Joka tapauksessa luku kasvaa monella kymmenellä, ellei sadalla, kun alalajit ja etenkin lajikkeet lasketaan mukaan. Pyökkilajit ovat ulkoasultaan suuresti toisiaan muistuttavia. Tämän vuoksi kasvitieteilijät kiistelevät eri lajien sukulaissuhteista. (Peters 1997, 3, 30.) Amerikan, Euroopan ja Japanin pyökkilajeille on yhteistä hyvä varjonsietokyky: oletettavasti metsät, joissa pyökkilajit ovat valta-asemassa, kehittyvät luonnontilassa saman suuntaisesti (Peters 1997, 3).

2.2.1 Amerikka

Amerikassa kasvaa yksi pyökkilaji ja sen alalaji. Pääalajina on amerikanpyökki (*Fagus grandifolia*) ja sen alalaji on tieteelliseltä nimeltään *F. grandifolia* subsp. *mexicana*. Alalaji kasvaa trooppisissa olosuhteissa pilvimetsissä Meksikon vuorilla. *F. grandifolia* subsp. *mexicana* on jäänne tertiäärikauden metsistä. Alalaji eriytyi muista pyökkipopulaatioista, kun manner Amerikka muuttui kuivemmaksi. (Peters 1997, 24, 31.)

Amerikanpyökistä käytetään synonyyminä myös nimiä *F. ferruginea*, *F. americana* ja *F. latifolia* (Alanko 1999, 281; Krüssmann 1977, 69). Dirrin (1990, 326) mukaan amerikanpyökistä ei ole jalostettu kaupallisia lajikkeita. Sternberg ym. (2004, 179) mainitsee amerikanpyökistä kolme lajiketta: 'Abrams' ja 'Abundance', jotka on jalostettu Indianassa 1926 laadukkaiden pähkinöiden toivossa sekä 'Jenner', joka on uudempi jaloste New Yorkista. Krüssmann (1977, 69) mainitsee amerikanpyökistä olevan muunnoksia: *F. grandifolia* var. *caroliniana* ja *F. grandifolia* f. *pubescens*.

2.2.2 Eurooppa

Euroopassa kasvaa yksi pyökkilaji ja sen alalaji. Valtalajina on euroopanpyökki (*Fagus sylvatica*). Sen alalaji idänpyökki (*F. sylvatica* subsp. *orientalis*) kasvaa Euroopassa Balkanilla. (Peters 1997, 30.) Toiset lukevat idänpyökin (*F. orientalis*) omaksi lajikseen (Alanko 1999, 280). Euroopanpyökki viihtyy muita pyökkilajeja mereisemmässä ilmastossa (Peters 1997, 51).



Kuva 1. Euroopanpyökin sileitä runkoja ja hiljattain puhjenneita lehtiä 25.4.2010 Keukenhofissa Hollannissa.

Euroopanpyökistä on todennäköisesti kaupan enemmän lajikkeita kuin mistään muusta puulajista. Euroopanpyökkilajikkeita myydään myös Amerikassa (Sternberg ym 2004, 180.) Hoffman (2005, 235-237) listaa euroopanpyökistä 68 lajiketta. Euroopanpyökkilajikkeista Suomessa tavataan veripyökkiä 'Atropunicea', jonka lehtilapa on punaruskea. Se menestyy Suomessa vyöhykkeillä (I-II). Veripyökki voi vaurioitua tai kuolla tavallista kylmempinä talvina Suomessa. (Hämet-Ahti ym. 1992, 106.) Mustilan puistometsässä etelärinteellä kasvaa tummanpunalehtinen veripyökki (Kuva 2). Mustilan veripyökki on todennäköisesti saanut alkunsa siemenkylvöstä ja sen vuoksi, sen lajikeominaisuudet ovat muuntuneet hieman. Lehdet eivät missään vaiheessa kesää muutu mustanpunaiseksi, kuten 'Atropunicealla'. Lajikkeen nimellä on todennäköisesti liikkeellä useita klooneja ja siemenlisättyjä taimia. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.)



Kuva 2. Veripyökki (*Fagus sylvatica* 'Atropunicea') kuvattu 28.5.2010 Mustilassa etelärinteellä. Keväällä lehdet ovat näyttävän punaiset, kesällä ne muuttuvat tummemman punaisiksi.

Euroopanpyökki muodostaa luontaisella levinneisyysalueellaan puhtaita pyökkimetsiä (Peters 1997, 1). Euroopanpyökkimetsät ovat kesäaikaan niin pimeitä, että aluskasvillisuutta on erittäin vähän (Alanko 1999, 280). Euroopanpyökki on Keski-Euroopan tärkein puulaji (Peters 1997, 10). Etenkin Euroopassa ihmisen vaikutus pyökkimetsiin on ollut erittäin suuri. Ihminen on vuosisatoja suosinut pyökkiä, joten on vaikea tietää, mihin suuntaan euroopanpyökkimetsät kehittyisivät ilman ihmistä, mutta todennäköisesti pyökkimetsät olisivat luonnostaan monimuotoisempia myös Euroopassa. (Peters 1997, 2, 3.)

Euroopanpyökillä parhaat siemenvuodet ovat synkronoidusti eri maissa samana vuonna. Tietynlaiset olosuhteet parina edellisesänä lupailevat hyvää siemenvuotta. Ennusmerkit ovat lupaavat, jos edellisenä kesänä on ollut kuivaa (vähän sadetta touko-kesäkuussa) ja lämpötila 1,5 °C keskimääräistä korkeampi. Siemenkesänä ilmaston tulisi olla viileä ja

kostea. Erittäin hyviä siemenvuosia euroopanpyökille sattuu vain noin 15 kertaa sadassa vuodessa. (Peters 1997, 39, 66.)

2.2.3 Euroopanpyökki Pohjolassa

Euroopanpyökki kasvaa Arboretum Mustilassa ilmastollisesti äärirajoilla. Mustila kuuluu vyöhykkeeseen II ja euroopanpyökki on merkitty menestyväksi Suomessa vyöhykkeillä Ia (Ib) (Hämet-Ahti ym. 1992, 106). Mustilan lisäksi euroopanpyökkiä esiintyy lounaisrannikolla. Tammisaaren Bromarvissa kasvaa Riilahden kartanon pyökkimetsä. Mustilan ja Bromarvin pyökkimetsiköt kärsivät talvivaurioita 1980-luvun puolivälin kovina pakkastalvina, mutta ne eivät tuhoutuneet kokonaan. (Alanko 1999, 281.) Mustilassa euroopanpyökit kasvavat pääasiassa ankarina talvina (esimerkiksi 1986-87) alas paleltuvina pensaina, lukuun ottamatta kolmea isompaa, selkeästi puumaista euroopanpyökkiä Alppirusulaaksossa erittäin edullisella ja suojaisalla paikalla (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014). Suomen suurimmat euroopanpyökit kasvavat Ahvenanmaalla Saltvikissa. Reinhold Hausen istutti puut huvilalleen 1910-luvulla. Näistä puista korkein oli vuonna 1995 28,5 metriä. (Karhu 1995, 53.) Holmåsen (1991, 83) mainitsee Tenholan kartanon pihalla kasvavan euroopanpyökin, jonka korkeus oli 18 metriä ja ympärysmitta 2,30 metriä vuonna 1988.

Euroopanpyökin luontainen levinneisyysalue ulottuu Etelä-Ruotsiin (Peters 1997, 32; Holmåsen 1991, 83). Ruotsin suurimmat euroopanpyökkimetsät ovat nykyisin Skoonen harjuilla ja Ryssbergetillä. Ruotsin jäljellä olevat 60 000 hehtaarin euroopanpyökkimetsät on suojeltu 1974 voimaan astuneella lailla. (Holmåsen 1991, 83.) Ruotsiin euroopanpyökki on levinnyt viime jääkauden jälkeen noin 2000 vuotta sitten (Peters 1997, 26). Ruotsin Dalbössä ja Saksassa kasvaa euroopanpyökin muunnos *F. sylvatica* var. *tortuosa*. Muunnos on syntynyt viime jääkauden jälkeen ja levinnyt pohjoiseen. *F. sylvatica* var. *tortuosalla* on lyhyt runko, leveä latvus ja sen kasvu on hidasta. Nämä ovat sopeutuvia kylmään ilmastoon. (Peters 1997, 27.) Tätä muunnosta olisi mielenkiintoista kokeilla Suomessakin.

Euroopanpyökkiä on totuttu pitämään Suomessa arkana, mutta siitä voisi olla mahdollista löytää kylmänkestoltaan nykyistä parempia kantoja. Rainio (1970, 10-12) kävi tutustumassa Ruotsin euroopanpyökkeihin ja totesi niiden kasvavan suuriksi puiksi 60. leveysasteen pohjoispuolellakin, vastapäätä Ahvenanmaata. Kirjallisuudessa Rainio on nähnyt mainittavan euroopanpyökin menestyvän suhteellisen hyvin vielä Gävlessäkin, joka on vastapäätä Uttakaupunkia. Rainion mukaan euroopanpyökki on kasvanut Keski-Ruotsissa luontaisena lämpökaudella, mutta nykyisistä puista ei voi olla varma, mitkä ovat istutettuja. Mälارين-laaksossa on esiintymiä, jotka voivat olla reliktin luonteisia. Esiintymien puut voivat kasvaa yli 25 metrisiksi ja ne lisääntyvät, minkä voi päätellä eri kokoisista taimista, joita on melko kaukanakin emopuista. Rainio ehdottaa, että Suomessa voisi kokeilla euroopanpyökin kasvatusta ruotsalaisista siemenistä. Hän aloitti itse kasvatuskokeilun. Kyseisestä Sorbifolian artikkelin julkaisusta on

vierähtänyt jo 45 vuotta. Ilmeisesti kasvatuskokeet eivät ole tuottaneet toivottavaa tulosta, sillä aiheesta ei ole tietääkseni julkaistu lisätietoa.

2.2.4 Itä-Aasia

Itä-Aasiassa pyökkilajisto on runsainta. Siellä lajeja voidaan laskea olevan 11. Itä-Aasiaa pidetään pyökkien alkukotina. (Peters 1997, 35) Pyökkejä esiintyy Kiinassa, Japanissa ja Koreassa tuliperäisellä Ullungin saarella, joka sijaitsee noin 120 km Korean mantereesta itään (Peters 1997, 28, 35; Saarinen & Väre 2014, 11). Suurimmalla osalla aasialaisista lajeista on nykyisin erittäin suppeat levinneisyysalueet verrattuna euroopan- ja amerikanpyökkiin (Peters 1997, 35).

Kiinalaisia lajeja ovat *Fagus lucida*, *F. longipetiolata*, *F. brevipetiolata*, *F. tientaiensis*, *F. bijiensis*, *F. chienii*, *F. hayatae* ja *F. engleriana* (kiinanpyökki). Kiinanpyökki (*F. engleriana*) kasvaa tyypillisesti monirunkoisena (Peters 1997, 83). Japanissa kasvavia pyökkilajeja ovat *Fagus crenata* (japaninpyökki) ja sen lähilaji *F. japonica* (sinepyökki) sekä *F. okamotoi*. (Peters 1997, 28, 35.)

Aasialaisia pyökkilajeja ei ole kokeiltu tiettävästi Suomessa, joten niiden menestymisestä ei ole varmoja tietoja. Arvioiden mukaan japaninpyökki (*F. crenata*) voisi olla yhtä kestävä kuin amerikanpyökki ja sinepyökki (*F. japonica*) voisi pärjätä yhtä hyvin kuin euroopanpyökki Suomessa. (Alanko 1999, 281) Sternbergin ym. (2004, 180) mukaan *F. crenata* ja *F. orientalis* voisivat olla kestäviä suurimmassa osassa itäistä Pohjois-Amerikkaa.

Japaninpyökin ja sinepyökin lisäksi Suomessa voisi kokeilla Ullungin saarella kasvavaa koreanpyökkiä (*F. multinervis*). ”Kasvitieteilijät ovat epävarmoja koreanpyökin asemasta. Se on yhdistetty synonyymina tai muunnoksena sekä kiinanpyökkiin (*F. engleriana*) että sinepyökkiin (*F. japonica*).” (Saarinen & Väre 2014, 11.) Esimerkiksi Peters (1997, 28) pitää koreanpyökkiä kiinanpyökin alalajina (*F. engleriana* subsp. *multinervis*).

Korean rannikon tuntumassa sijaitsevalla Ullungin saarella kasvaa vaikuttavia pyökkimetsiä. Ei tiedetä, miten koreanpyökki on alun perin Ullungin saarelle päätenyt. ”Ullunginpyökki” voisi pärjätä myös Suomen ilmastossa, sillä Ullungilta on aiemmin tuotu Suomeen hyvin menestyviä kasvilajeja, joista tunnetuin on tuorenpihlaja (*Sorbus* 'Dodong'). (Saarinen & Väre 2014, 11.) Ullungin saarella kasvit ovat olleet kauan eristyksissä ja osa lajeista on kehittynyt omaan suuntaansa vähittäisten perinnöllisten muutosten myötä. Tällaista hidasta lajiutumista kutsutaan anageneesiksi. Eristyksissä olleet kasvit pystyisivät kuitenkin risteytymään kantalajiensa kanssa. Kaikki kasvitieteilijät eivät pidä saaren kasvikantoja oman lajistatuksen arvoisena. Ullungin saarelle ei saa tuoda vieraita kasvukantoja, jotka risteytyessään saaren omien kasvukantojen kanssa veisivät niiltä omaleimaisuuden. (Saarinen & Väre 2014, 6.) Ullungin saaren kasvien kylmänsietokyvyn arvellaan johtuvan aiemmin huomattavasti nykyistä kylmemmästä ja mantereisemmasta ilmastosta saarella. Vaikka ilmasto on tänä päivänä lämmin, kasvien perimässä on

säilynyt kylmänsietokyky. (Saarinen & Väre 2014, 6.) Ullungin saarella on lauhkea ilmasto (Peters 1997, 84).

2.3 Amerikanpyökin levinneisyys

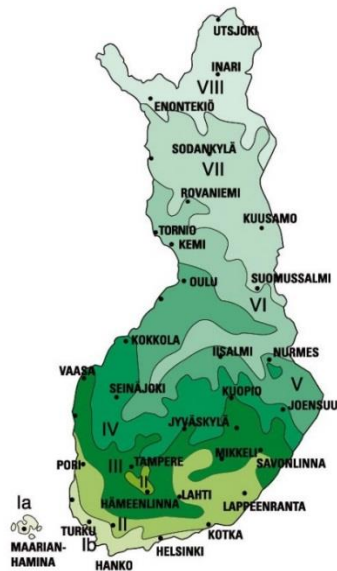
Amerikanpyökkiä kasvaa Yhdysvalloissa 34 osavaltiossa. Kanadassa amerikanpyökkiä esiintyy 5 osavaltiossa, joita ovat Québec, Ontario, New Brunswick, Nowa Scotia ja Prinssi Edwardin Saari (kuva 3). Amerikanpyökkiä kasvaa myös Kanadan länsiosassa Brittiläisessä Kolumbiassa (Saarinen, sähköpostiviesti 12.2.2014).



Kuva 3. Amerikanpyökin levinneisyys nykyään. Levinneisyysalue ulottuu New Brunswickista Ontarioon, etelässä Floridaan ja Texasiin. (Dirr ym. 1990, 326)

2.4 Amerikanpyökki Suomessa

Amerikanpyökki on Suomessa harvinainen puulaji. Sen menestymistä ei ole tarkkaan selvitetty. Arboretum Mustilassa kasvaa yksi vanha puuyksilö suotuisalla kasvupaikalla etelärinteellä. Vanhasta puusta on otettu mittoja vuonna 1990. Puu todettiin silloin 13 metriä korkeaksi ja sen rungonympäryys metrin korkeudelta mitattuna oli 1,05 metriä. Puu haarautuu kaksihaaraiseksi 1,40 metrissä. (Karhu 1995, 53.)



Kuva 4. Puuvartisten kasvien menestymisvyöhykkeet Suomessa. Amerikanpyökki menestyy vyöhykkeillä I-II. Vyöhyke II on merkitty karttaan vaalean vihreällä. (Kartta: Suomalainen taimi.)

Mustilan vanhan amerikanpyökkin alkuperästä ei ole varmaa tietoa saatavilla. Arboretum Mustilan Jaakko Saarinen arvailee näin sähköpostiviestissä 12.4.2014: ”Forslund & Tigerstedt (1959) kertovat amerikanpyökkin olevan 45-vuotias, mikä tarkoittaisi, että se olisi saatu Mustilaan siemenenä tai taimena jo ensimmäisen maailmansodan aikoihin. Mikäli tämä ikäarvio pitää paikkansa, voisi epäillä amerikanpyökkin tulleen taimena Pietarista, jossa sitä Cajanderin (1979) mukaan viljeltiin (hän viittaa C. G. Tigerstedtiltä saamaansa tietoon), tai Saksasta, pikemminkin kuin laivarahtina Atlantin yli.”

Vanhan puun lisäksi Mustilan puistometsässä kasvaa useita nuorempia amerikanpyökkiyksilöitä, jotka ovat peräisin omilta siemenkeruumatkoilta. Nuorempien amerikanpyökkien on oletettu olevan yhtä kestäviä kuin vanha puu, mutta taimet ovat kasvaneet hitaasti ja etelärinteellä vanhan puun läheisyydessä kasvaneet pikkupuut ovat toisinaan kärsineet pahasti halloista. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.)

Lista Mustilan arboretumin keräämistä amerikanpyökkin siemenieristä

1996 siemenkeruumatkalla kerättiin 6 amerikanpyökkin siemeneriä:

K09-96-149: USA, New York, Severance, Miller Road, 43 50N, 73 45W

K09-96-166: USA, New York, New York, Mt. Whiteface, 44 20N, 73 50W

K09-96-184: Kanada, Québec, St. Barnabe Nord, 46 40N, 73 00W

K09-96-250: Kanada, Ontario, Rolphton, 46 10N, 77 45W

K09-96-283: Kanada, Ontario, North Gower, 45 10N, 75 50W

K09-96-311: Kanada, Québec, St. Pierre-Montmagny, 47 10N, 70 50W

2002 siemenkeruumatkalla kerättiin 6 amerikanpyökin siemenereää:

K09-02-201: Kanada, Ontario, North Gower, Gardens North

K09-02-219: Kanada Québec, Ste-Anne-de-Bellevue, Morgan Arboretum, 45 10N, 75 40 W

K09-02-248: Kanada, Québec, 40 km E of Lotbinière, 46 30N, 71 30W

K09-02-253: Kanada, Québec, St-Antoine, 47 10N, 72 00W

K09-02-273: Kanada, Québec, Ste-Anne de Beaupré, tien 362 varrelta, 46 40N, 70 25W

K09-02-279: Kanada, Québec, Chateau Richer sekä L'Ange Gardien, 46 30N, 70 20W

Mustilan pikkupuut edustavat siis joitakin yllä mainittuja siemenereää, mutta tarkalleen ei tiedetä, mitä niistä. Kovin paljon noista siemenereistä ei kuitenkaan ole jäljellä. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.)



Kuva 5. Kuvissa Mustilan puistometsässä kasvava nuori amerikanpyökki, joka on siemenereää K-09-96-184. Kuvat on otettu 21.12.2011 ja 5.10.2010. Kuvaajana Jaakko Saarinen.

Mustilan ulkopuolella kasvavaista amerikanpyökeistä ei ole tarkkaa tietoa. Harrastajilla on yksittäisiä nuoria puita yllä mainituista keruueristä. Kumpulan kasvitieteellisessä puutarhassa Helsingissä kasvaa muutamia keruumatkataimia. Korttesniemen taimisto Isojoella sai siemeniä keruumatkoilta vuosilta 1996 ja 2002 ja he ovat myyneet amerikanpyökkiä jonkin verran. Vanhoja amerikanpyökkejä kasvaa Mustilan puun lisäksi etelärannikolla Petun saarella. Siellä on muutamia vanhoja amerikanpyökkejä. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.)

2.5 Ilmasto amerikanpyökin levinneisyysalueella

Amerikanpyökillä on vaihtelua kasvupaikkavaatimuksissa, ja jotkut jakavat lajin eri rotuihin kasvupaikan mukaan. Pohjoinen tyyppi ”harmaapyökki” kasvaa Nova Scotiassa ja Suurten järvien alueella sekä korkealla Pohjois-Carolinan ja Tenneseen vuoristoissa pH:ltaan emäksisillä ja neutraaleilla mailla. ”Valkopyökki” kasvaa vettä pidättävillä, happamilla mailla eteläisimmältä rannikolla pohjoiseen päin suppealla alueella. Näiden kahden välimuoto on ”punapyökki”, joka kasvaa pääasiassa hyvin vettä läpäisevillä happamilla mailla. Tietenkään näin selviä rajoja ei pyökkipopulaatioiden välille voida vetää, vaan välimuotoja on paljon. (Dirr ym. 1990, 326.)

Vuotuinen keskilämpötila vaihtelee amerikanpyökin levinneisyysalueella välillä 4-21 °C (Burns 1990, 325). Kriittisenä pakkasrajana pidetään amerikanpyökillä yli -42 °C:ta ja euroopanpyökillä -30 °C:ta (Burns 1990, 325; Peters 1997, 39). Pyökkiä vahingoittavat alhaiset talvilämpötilat, jotka voivat aiheuttaa pinnallisia tai ydinpuuhun asti ulottuvia halkeamia pyökin runkoon. Pyökkiä ovat vaurioittaneet tai tappaneet levinneisyysalueen pohjoisosassa -40-45 °C:n lämpötilat. Kuoren halkeaminen kuivattaa puun. (Burns ym. 1990, 329.) Vuoden 1928-29 kova pakkastalvi aiheutti laajoja pyökkimetsien tuhoja Euroopassa (Havas ym. 1987, 154). Myöhäinen keväthalla on petollinen lisääntymisen kannalta, sillä halla palelluttaa kukat ja siementaimet. Keväthallat ovat siten jopa enemmän pyökin leviämisen esteenä kuin kovat pakkaset talvella. (Peters 1997, 39, 40; Burns ym. 1990, 329.) Kesäaikaan pyökki voi selvitä yli 38 °C:n helteestä. Kuumana kesänä kasvu on hitaampaa. (Burns 1990, 325.)

Pyökin levinneisyysalueella vuotuinen sademäärä vaihtelee välillä 760-1270 mm. Joitakin pyökkejä kasvaa myös Michiganissa, jossa sataa vain 580 mm vuodessa. Kanadassa sataa noin 640 mm vuodessa, missä pääosa sateista tulee syksyisin niin kuin Suomessakin. Kasvukauden aikana sademäärä on 250-460 mm. (Burns 1990, 325.) Amerikanpyökin kotiseudulla itäisessä Pohjois-Amerikassa vuotuinen lumensyvyys vaihtelee välillä 5 cm-2 m. Suurten järvien ympäristössä lumensyvyys pysyy useimmiten alle metrissä. (Peters 1997, 46.) Kasvien vedensaantiin vaikuttaa sadannan lisäksi haihdunta (Marjakangas 2011, 38-39). Tästä syystä sademäärää eri alueilla ei voi suoraan vertailla keskenään, kun mietitään reunaehtoja esimerkiksi puiden selviämiseksi.

Kasvukauden pituus amerikanpyökin levinneisyysalueella on 100-280 päivää. (Burns. 1990, 325.) Geneettinen muuntelu lajin sisällä vaikuttaa lajin kasvuun ja kestävyYTEEN, esimerkiksi kasvukauden pituuteen samoissa ilmasto-oloissa. Alavilla mailla pyökit tulevat myöhemmin lehteen ja saavat myös ruskavärin myöhemmin kuin vuoristoseuduilla kasvavat pyökit. (Peters 1997, 38.)

2.6 Amerikanpyökin kasvu ja puulajisuhteet

Amerikanpyökki eroaa euroopanpyökistä siten, että se muodostaa harvoin, jos koskaan puhtaita pyökkimetsiä. Pohjois-Amerikassa pyökkiä kasvavat metsät ovat monimuotoisia: puulajeja on paljon ja metsän rakenne on vaihteleva (Peters 1997, 1.) Amerikanpyökki kasvaa tyypillisesti sokeri- ja punavaahteran (*Acer saccharum* ja *A. rubrum*), keltakoivun (*Betula alleghaniensis*) ja kanadanhemlokkien (*Tsuga canadensis*) sekä isolehtilehmuksen (*Tilia americana*), kiiltotuomen (*Prunus serotina*), kuningasmagnolian (*Magnolia grandiflora*), strobשמännyn (*Pinus strobus*), punakuusen (*Picea rubra*), hikkorien (*Carya* sp.) ja tammien (*Quercus* sp.) kanssa samalla alueella. Amerikanpyökki löytyy 20 amerikkalaisesta metsätyypiluokituksesta ja se on hallitsevana puulajina kolmessa metsätyypissä, joita ovat sokerivaahtera-pyökki-keltakoivu valtaiset metsät, punakuusi-sokerivaahtera-pyökki -metsät ja pyökki-sokerivaahtera -metsät. (Burns 1990, 326.)

Amerikanpyökki kasvaa metsissä, joiden maaperä on kosteutta pidättävä ja humuspitoinen. Tällaisissa metsissä se on yleisin pohjoisrinteillä. Amerikanpyökki viihtyy myös alavilla mailla. (Burns 1990, 325.) Se kasvaa suureksi lietteisillä mailla Ohion ja Missisippin jokilaaksoissa. Se viihtyy erityisen hyvin myös eteläisten Appalakkien länsirinteillä. (Burns 1990, 325.) Maaperän kosteus on välttämätöntä siementaimien hengissä säilymisen kannalta (Peters 1997, 51). Amerikanpyökin kasvualustan tulee olla runsasravinteinen ja kasvupaikan aurinkoinen tai puolivarjainen. Sopiva pH on välillä 4,1-6,0 (Burns 1990, 325.)

Amerikanpyökin juuret levittäytyvät laajalle alueelle, mutta ovat pinnallisia. Juurivesoja kehittyy etenkin avoimella kasvupaikalla. (Hosie 1973, 176.) Nuoret siementaimet kehittävät paalujuuren. Vanhan puun juuristo on pinnallinen ja yltää tyypillisesti 1,5 metriin tai syvemmällekin, jos maaperä on kuohkea. (Burns 1990, 329.) Amerikanpyökillä on happamoittava vaikutus maaperään ja sen lehdet maatuvat hitaasti (Peters 1997, 51). Pyökit ovat mesofyyttisiä kasveja eli ne kuluttavat tuplasti vettä haihduttamiseen ja kasvuun vuosittain verrattuna esimerkiksi kuivuutta kestäviin tammilajeihin ja mäntyihin. Tästä syystä amerikanpyökki vähentää maan kosteutta. (Burns 1990, 325.)

Amerikanpyökki ja sokerivaahtera ovat sukkession kliimaksivaiheen lajeja pohjoisessa lehtimetsässä Suurten järvien alueella ja Appalakkien vuoristossa (Burns 1990, 329; Sternberg 2004, 176). Kliimaksilajeille on tyypillistä hidaskasvu ja hyvä varjonsietokyky. Amerikanpyökin kasvu on erittäin hidasta. Se on hitaampaa kuin millään muulla lehtipuulla samalla seudulla. Amerikanpyökki kasvaa keskimäärin 60 päivänä vuodessa. Kasvu määräytyy maan kosteuden mukaan ja vaihtelee näin ollen vuodesta toiseen. Kuivana vuonna kasvu loppuu aikaisin tai sitä ei juuri tapahdu. (Burns 1990, 328.)

Taulukko 1. Amerikanpyökin kasvunopeus Pohjois-Amerikassa Suurten järvien seudulla. Rungon halkaisija on mitattu rinnan korkeudelta. Amerikanpyökki on tyypillinen pitkäikäinen puu. (Burns 1990, 328)

Puun ikä vuotta	Rungon halkaisija cm	Puun korkeus m
20	2	4,0
40	6	8,5
60	10	11,9
80	14	14,6
100	18	17,4
150	29	22,9
200	40	25,6
250	51	26,8

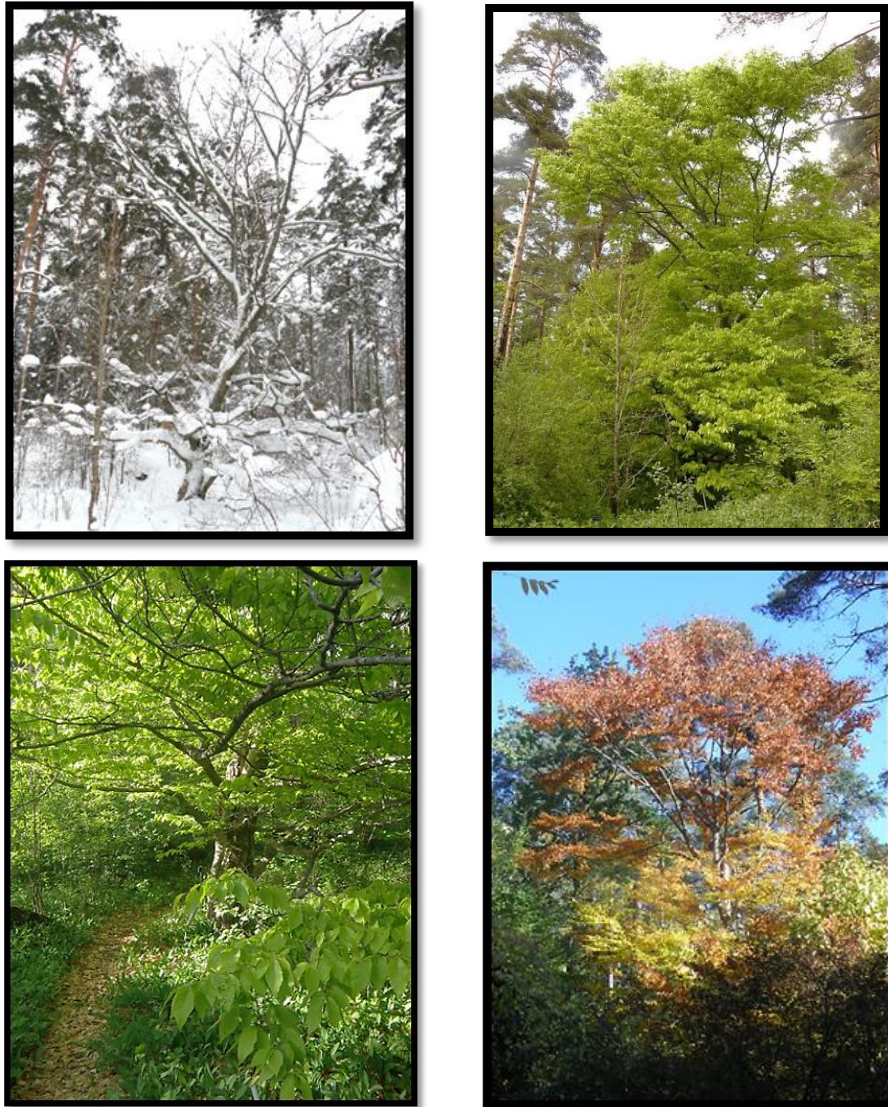
Amerikanpyökki on erittäin varjonkestävä. Osissa levinneisyysaluettaan se on kaikista puista varjoa sietävin. Varjonsieto johtuu osittain siitä, että pyökin soluhengitys on hidasta ja sen lehtien ilmaraot reagoivat nopeasti muuttuviin olosuhteisiin. Ilmaraot sulkeutuvat nopeasti, kun valon määrä vähenee ja avautuvat, kun valoa on paljon. Amerikanpyökin kanssa kilpailevia varjoa sietäviä lajeja ovat sokerivaahtera (*Acer saccharum*), kanadanhemlockki (*Tsuga canadensis*) ja palsamipihta (*Abies balsamea*). (Burns 1990, 329; Sternberg 2004, 176.) Amerikanpyökin siementaimet voivat säilyä hengissä vähässä valossa latvuksen alla jopa 70 vuotta, kasvamatta tänä aikana paljoakaan (Peters 1997, 63).

Amerikanpyökki voi kasvaa maksimissaan 37-42 metriseksi luontaisilla elinalueillaan (Peters 1997; Burns ym. 1990, 328). Yleensä puut jäävät kuitenkin pienemmiksi, 18-24 metriseksi (Burns ym. 1990, 328). Amerikanpyökki voi elää 300-400 -vuotiaaksi (Burns ym. 1990, 325). Esimerkiksi Pennsylvaniasta on löytynyt yli 366 vuotta vanhoja amerikanpyökkejä. Yksi suurimmista mitatuista amerikanpyökeistä kasvaa Michiganissa: puu on 49 metriä korkea, sen latvus on 32 metriä leveä ja sen rungonympärys on 1,35 metriä metrin korkeudelta mitattuna (Burns ym. 1990, 328.) Sternbergin ym. (2004, 176) mukaan suurin amerikanpyökki kasvaa Ohiossa: puu on 39 metriä korkea ja sen rungon ympärys on 1,8 metriä. Yhtä suuria puita voi Sternbergin mukaan löytää Kanadasta.

2.7 Amerikanpyökin tuntomerkit

2.7.1 Habitus

Pyökit ovat kesävihantia, yksikotisia puita. Amerikanpyökin runko on paksu ja latvus kasvaa vanhemmiten muodoltaan kupumaiseksi. (Hämet-Ahti ym. 1992, 106.) Kasvutapa vaihtelee kasvupaikan mukaan. Avoimella paikalla kasvava amerikanpyökki kehittää lyhyen järeän rungon ja suuren pyöreän latvuksen, joka levittäytyy laajalle. Rennot ja sirot oksat ylettyvät melkein maahan asti. (Burns 1990, 329.) Metsässä, jossa valosta on kilpailua, puu kehittää pitkän oksattoman rungon ja pienemmän latvuksen (Hosie 1973, 176).



Kuva 6. Amerikanpyökin habitusta Mustilassa eri vuodenaikoina.
Kuva a on otettu 7.12.2012
Kuva b 28.5.2010 amerikanpyökki on kauniin heleänvihreä keväällä
Kuva c 30.5.2011, kuvaajana Jaakko Saarinen
kuva d 7.10.2010, kuvaajana Jaakko Saarinen

2.7.2 Runko ja oksat

Pyökin rungossa kaarna on ohutta ja sileää, väriltään vaaleanharmaata (Hämet-Ahti ym. 1992, 106; Dirr ym. 1990, 326). Kaarnan värisävyssä voi nähdä myös hopeaa (Hosie 1973, 176). Varsi on hoikka, sileä ja kiiltävä ja tekee siksakkia silmujen välillä. Varren vanhemmat osat ovat hopeanharmaita, kuten rungon kaarna. (Dirr ym. 1990, 325.) Varren nuorissa osissa on ruskeaa. Kuluvan kesän kasvainranka on karvainen. (Hämet-Ahti ym. 1992, 106.)

2.7.3 Silmut ja lehdet

Silmut ovat hoikkia ja suippoja, pituudeltaan noin 2 cm (Hämet-Ahti ym. 1992, 106). Lehtiarpi on erotettavissa. Silmujen koko kasvaa oksan kärkeä kohti. (Hosie 1973, 176.)

Lehdet ovat sijoittuneet kierteisesti ja ovat korvakkeettomia. Lehtilapa on ehyt ja soikea. Amerikanpyökin lehtilaita on sahadampainen, kun taas euroopanpyökillä se on melkein ehyt. Euroopanpyökillä lehtisuonia on 5-9 paria, kun taas amerikanpyökillä niitä on 9-14 paria. Tämä kertoo siitä, että amerikanpyökin lehtilapa on kooltaan suurempi, 9-14 cm. Lehdet saavat pronssinhoitoisen syysvärin. (Hämet-Ahti ym. 1992, 106.) Upea kultaisenpronssi syysväri näkyy etenkin puun alaosissa. Lehdet säilyvät usein talven yli. (Dirr ym. 1990, 326.)



Kuva 7. Osa Mustilassa kasvavan amerikanpyökin lehdistä on jäänyt kiinni puuhun talveksi. Kuvassa vesiverso, jota käytettiin myös lisäysaineistona mikrolisäystä yritettäessä. Kuvattu 10.2.2013.

Kesällä amerikanpyökin lehdet ovat kiiltävän tummanvihreät päältä ja vaaleanvihreät alapuolelta. Ne ovat useimmiten kaljut alapuolelta, mutta karvaa voi olla keski- ja sivusuonten tuntumassa. Nuoret lehdet ovat silkkisen tuntuiset. Aukeavat lehdet ovat hopeisen vihreät (Dirr ym. 1990, 325.)



Kuva 8. Amerikanpyökin lehtiä 28.5. ja 5.7.2010 Mustilassa. Amerikanpyökin lehti on suurempi kuin euroopanpyökillä ja lisäksi se on hammaslaitainen. Ensimmäisessä kuvassa on lehtien kevätvihreyttä.

Sirkkalehdet ovat suuret syvään uurretut ja niiden alapuoli on vaalea. Sirkkalehtien asento on vastakkainen, kasvullisten lehtien taas vuoroittainen. (Hosie 1973, 176.)



Kuva 9. Euroopanpyökin sirkkataimi.

2.7.4 Kukinto ja pähkinä

Hedekukinto on riippuva, pitkäperäinen, pallomainen viuhkosto. Emikukat ovat pareittain. Hedelmä on piikkisen kehdon suojaama pähkinä. (Hämet-Ahti ym. 1992, 106.) Pyökki kukkii lehtien puhjettua. Pähkinän sisällä on kaksi siementä. (Hosie 1973, 176.)



Kuva 10. Pyökin pähkinöitä ja siemeniä.

2.8 Amerikan- ja euroopanpyökin hyödyntäminen

Pyökkiä voidaan hyödyntää monipuolisesti. Siitä saadaan rakennustarpeita ja pähkinät voi käyttää ravinnoksi ihmisille ja eläimille. Lisäksi pyökin kuori kelpaa rohdoskäyttöön. Pyökkiä on käytetty sekä ihmisten että eläinten lääkinnässä (Burns 1990, 330).

2.8.1 Pyökki ravintona

Amerikanpyökki lisää luonnon monimuotoisuutta, sillä sen pähkinät ovat maukas ravinnonlähde suurelle määrälle lintu- ja nisäkäslajeja. Nisäkäslajeista pyökkiä hyödyntävät hiiret, oravat, maaoravat, mustakarhut ja ketut, linnuista röyhelöpyyt, sorsat ja sinitöyhtönärhet, tiaiset, kuurnat, nakkelit, kalkkunat ja tikat (Burns 1990, 330). Amerikanpyökin pähkinät ovat pääasiallisena ravinnonlähteenä yli 30 eläinlajille. Kun pyökin pähkinöitä on saatavilla, mustakarhun ruokavaliosta puolet koostuu pähkinöistä. Sukupuuttoon kuollut muuttokyyhky käytti pyökinsiemeniä pääravintonaan. Muuttokyyhkyjen massiivinen parveilu pyökinsiemenien parissa oli vaikuttava luonnonnäytelmä. Viimeinen muuttokyyhky kuoli vuonna 1914. (Sternberg 2004, 176.) Pyökin pähkinöitä on syötetty myös kotieläimille, kuten sioille. (Dirr ym. 1990, 326; Peters 1997, 27; Holmåsén 1991, 38.) Holmåsén (1991, 83) mainitsee euroopanpyökin pähkinän olevan hyvin rasvapitoinen. Pähkinässä on rasvaa 45 %. Maailman pyökkilajit muistuttavat läheisesti toisiaan, joten pähkinän rasvapitoisuuden voi yleistää koskemaan myös amerikanpyökkiä.

Aaltonen ym. (1997, 38) kuvaa euroopanpyökin käyttöä ravintona seuraavasti: ”Puun nuoret ja pienet lehdet kelpaavat keitettynä pinaatin tapaan. Jälsikerros kelpaa hätäravinnoksi tai valmistetaan petun tapaan. Hedelmät tai pyökin terhot, jotka vihreinä ja raakoina ovat myrkyllisiä, voidaan kypsänä paahtaa kahvinkorvikkeeksi tai syödä keitettynä. Niistä

voi myös puristaa kasviöljyä, jota on käytetty valaistukseen, rehukakkuihin sekä sianruokaan ja kanalinturehuun.” Euroopassa pyökin pähkinöistä on jauhettu kahvin korviketta ja puristettu ruokaöljyä toisen maailmansodan aikana. (Holmäsen 1991, 83).

Pyökkejä on käytetty myös lääkinnällisiin tarkoituksiin. Aaltonen ym. (1997, 38) kertoo: ”Rohdokseksi on käytetty 2-3 vuotiaiden oksien kuorta. Se on antiseptistä ja limakalvoja supistavaa.” Edellä mainittu koskee euroopanpyökkiä, mutta amerikanpyökkiä voidaan kaiketi käyttää samaan tapaan.

2.8.2 Pyökin puuaineksen hyödyntäminen

Pyökkiä hyödynnetään puuteollisuudessa. Puuaines on painavaa, kovaa ja vahvaa. Sydänpuu on väriltään vaalean ruskeaa ja pintapuu lähes valkoista. Puuaineksessa on erottuvia uria. (Hosie 1973, 176.)

Pyökistä tehdään mm. vaneria, koreja, massaa (puuhioke, sellu), puuhiiltä ja tukkipuuta (sahatavara). Puuaines sopii hyvin sorvaukseen ja viiluiksi. Siitä tehdään mm. huonekaluja ja lattioita. Puuaines kestää kulutusta. (Burns 1990, 330.) Pyökkiä voidaan käyttää myös polttopuuna, koska sillä on hyvät palamisominaisuudet ja korkea lämpöarvo (Holmäsen 1991, 83). Kyllästysaineilla käsiteltyä puuta on käytetty myös rautatiekiskojen alla ratapölkkyinä. Pohjois-Ontariossa pyökin kuivia lehtiä on joskus käytetty patjojen täyteenä, sillä ne ovat olkea pehmeämpiä. (Hosie 1973, 176.)

Kirjaa tarkoittava englanninkielinen sana 'book' viittaa pyökkiin, jonka englanninkielinen nimi on 'beech'. Sana 'book' tulee anglosaksien sanasta 'boc' (merkitsee kirjettä), joka puolestaan on johdettu sanasta 'beece' (beech). Pyökkitauluihin on kaiverrettu riimuja jo ennen paperin yleistymistä. Ihmiset ovat kaivertaneet merkintöjään myös elävän pyökin ohueen kuoreen. Nykyihmiset matkivat tutkimusmatkailija Daniel Boonea, joka kirjoitti pyökin runkoon ”D. Boone killed a bar”, onnistuneen karhunkaadon päätteeksi. Yksi Boonen kaivertamista rungoista on yhä esillä museossa. Ihmiset ovat niin intoutuneita pyökin kaivertamisesta, että koskemattomia vanhoja amerikanpyökkejä on vaikea löytää ainakaan asutuksen läheltä. (Peters 1997, 2; Sternberg ym. 2004, 181.) Nykyään euroopanpyökistä valmistetaan myös sellua, josta tehdään paperia (Holmäsen 1991, 38).

2.8.3 Pyökin käyttö viherrakentamisessa

Amerikanpyökille olisi käyttöä viherrakentamisessa myös Suomessa. Se on näyttävä puistopuu, joka vaatii tilaa ympärilleen (Dirr ym. 1990, 326). Amerikanpyökkiä voidaan käyttää puistossa yksittäispuuna. Eriyisen näyttävä se on keväällä ja syksyllä. (Dirr ym. 1990, 326.) Keväällä puu on heleänvihreä. Syysväri on ensin keltainen ja muuttuu vähitellen pronssiksi. Kuivat lehdet jäävät tavallisesti kiinni puuhun talvella ja kahisevat tuulessa. Pinnallinen juuristo ei siedä nurmenleikkuuta puun välittömässä

läheisyydessä. Suositeltavaa onkin antaa luonnonkasvien kasvaa pyökin latvuksen alla. (Sternberg ym. 2004, 176, 179.)

2.8.4 Pyökin hyödyntämisen historiaa

Viimeisen jääkauden jälkeen ihminen on säädellyt pyökin leviämistä ja vaikuttanut pyökkimetsien rakenteeseen etenkin Euroopassa, missä metsien muokkaus ja -viljely on ollut voimaperäistä. Euroopassa ihminen on vaikuttanut pyökkimetsien kehitykseen noin 5 000 vuotta, varhaisesta holoseenista lähtien. (Peters 1997, 27, 30). 1700-luvulla alkanut teollinen vallankumous kiihdytti metsien hyödyntämistä ja johti Euroopassa puhtaiden pyökkimetsien syntyyn (Peters 1997, 18, 28). Nykyään euroopanpyökistä on tullut hallitseva ja tärkein puulaji Euroopassa (Peters 1997, 10). Peters (1997, ix) ei löytänyt laajan pyökkitutkimuksensa aikana yhtään täysin luonnonvaraista pyökkimetsää. Euroopassa metsien monituhatuotinen hyödyntäminen näkyy kaikkialla. Lähinnä luonnontilaa olevat pyökkiä kasvavat metsät löytyvät luultavasti itäisestä Pohjois-Amerikasta (Peters 1997, 3).

Metsän hyödyntämistapojen erot Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa, voivat selittää erot pyökkiä kasvavien metsien rakenteessa ja monimuotoisuudessa mantereiden välillä (Peters 1997, 10). Euroopassa pyökki oli tärkeä jo keskiajalla, kun taas Pohjois-Amerikassa ihminen ei vaikuttanut merkittävästi pyökkiä kasvavien metsien kehitykseen ennen 1500-lukua. Amerikassa pyökkiä kasvavat metsät saivat olla rauhassa 1500-luvulle asti, jolloin ensimmäiset siirtolaiset tulivat Euroopasta Amerikkaan (Peters 1997, 17, 27). Itäisessä Pohjois-Amerikassa pyökkiä ei ole hyödynnetty suuressa mittakaavassa osittain sen hitaan kasvun vuoksi. Pohjois-Amerikassa pyökkiä kasvavissa sekametsissä on tehty harvennushakkuita, joissa pyökkiä on säästetty suojapuuksi varjostamaan. Pyökkien jättäminen suojapuuksi edistää metsän luontaista uusiutumista, kun valoa tulee metsän pohjalle kohtalaisesti. Kevyt harvennushakkuu suosii varjoa sietävää pyökkiä. (Peters 1997, 17.)

2.9 Amerikanpyökin taudit, tuholaiset ja muut haittatekijät

Amerikanpyökillä esiintyy erittäin suuri määrä erilaisia hyönteis- ja sienilajeja. Hirvieläimet, kuten valkohäntäpeurat, välttelevät pyökin syömistä, mikäli parempaa ravintoa on tarjolla (Burns ym. 1990, 330).

2.9.1 Hyönteiset ja sienet

Useat hyönteiset syövät pyökin lehtiä niin, että ne saattavat aiheuttaa täydellisen lehtikadon. Pahimpia tuholaisia tässä mielessä ovat monet perhostoukat, kuten *Heterocampa guttivitta*, *Malacosoma disstria*, *Lymantria dispar*, *Alsophila pometaria* ja *Operophtera bruceata*. Lehtikato altistaa puun juurisienen hyökkäykselle. (Burns ym. 1990, 330.)

Pyökin ohut kuori altistaa sen imevien hyönteisten vioituksille. Pyökillä esiintyviä kirvalajeja ovat *Fagiphagus imbricator* ja *Longistigma caryae*.

Muita pyökillä esiintyviä imeväsuksia tuhohyönteisiä ovat kilpikirvat ja villakilpikirvat sekä etanaiset, kuten *Xylococcus betulae* ja *Lepidosaphes ulmi*. *Xylococcus betulae* vioittaa nuorten puiden versoja ja etenkin juurivesoista kasvanutta uutta metsikköä. *Xylococcus betulae* iskee pyökinkuoritautin heikentämään metsään, joka yrittää toipua juurivesoista lisääntymällä, siksi tuholainen on erityisen paha. *Lepidosaphes ulmi* syö lehtiä latvuksesta. Se on tappanut joskus kokonaisia pyökkimetsiköitä. (Burns ym. 1990, 329.)

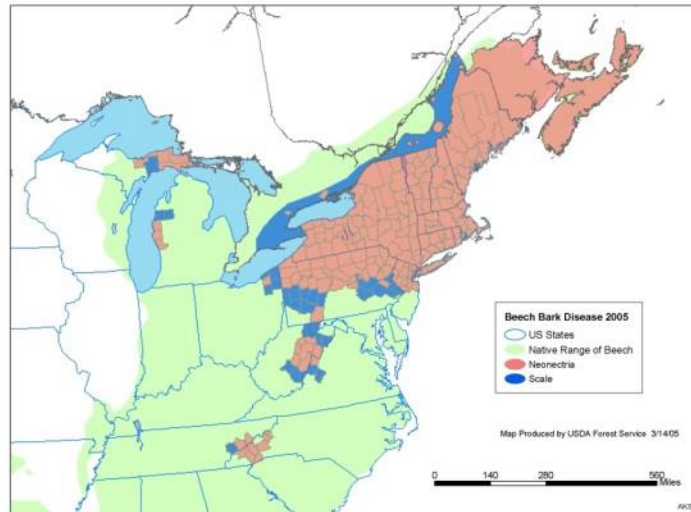
Tuholaisvioletukset tarjoavat hyvän kasvualustan erilaisille sienitaudeille ja lahottajasienille. Pyökillä esiintyy yli 70 lahottajasienilajia. Tärkeimpiä niistä ovat *Daedalea unicolor*, *Ganoderma applanatum*, *Fomes fomentarius*, *Phellinus igniarius*, *Hericium erinaceus* ja *H. coralloides*, *Steccherinum septentrionale*, *Inonotus glomeratus* sekä *Ustilina vulgaris*. Pyökillä esiintyy myös haitallisia juuristo alueen patogeenejä, kuten *Armillaria* sp. aiheuttamaa sienitautia, joka iskee heikentyneen puun juuristoon. (Burns ym. 1990, 329.)

2.9.2 Pyökinkuoritauti

Pyökin kuoritauti on vakava ongelma amerikanpyökin luontaisilla elinalueilla, aiheuttaen kokonaisten amerikanpyökkimetsiköiden kuolemia. Kuoritautia levittää pyökin kuorta imevä hyönteinen, *Cryptococcus fagisuga*. Hyönteisvioletus aiheuttaa sen, että erilaiset sienitaudit pystyvät iskemään kuoreen. Kuoritautia aiheuttavat erityisesti *Nectria coccinea* var. *faginata* ja *Nectria galligena* -sienitaudit. (Barker 1997, 209; Burns ym. 1990, 329.)

Alueilla joissa kuoritauti on levinnyt epidemiaksi, tavataan yksittäisiä puita, joille on kehittynyt vastustuskyky tautia levittävää hyönteistä ja siten myös kuoritautia vastaan. Kuoritaudille resistentit puut esiintyvät usein ryhminä. Geneettisillä tutkimuksilla on osoitettu, että nämä puut ovat joko toistensa klooneja tai yhden puun tuottamia siementaimia. Klooneit ovat lisääntyneet juurivesoista. Usein samassa ryppäessä on sekä klooneja että siemenjälkeläisiä. (Barker 1997, 209.) On toivottava, että pahimman epidemian laannuttua jäljellä on kuoritaudille resistenttejä puita, jotka pystyvät lisääntymään ja jakamaan geeninsä tuleville amerikanpyökkisukupolville (Sternberg 2004, 179).

Pyökinkuoritauti oli alun perin euroopanpyökin ongelma, mutta tauti ja sitä levittävä hyönteinen pääsivät leviämään Euroopasta Pohjois-Amerikkaan noin vuonna 1890. Pyökinkuoritautia löydettiin ensin Nova Scotiasta, mistä se on levinnyt pikkuhiljaa yhä laajemmalle alueelle (kuva 11). Kun pyökinkuoritauti leviää pyökkimetsään ensimmäisen kerran, se aiheuttaa suurta tuhoa tappamalla erityisesti vanhoja, suuria puita. (Burns ym. 1990, 330.)



Kuva 11. Pyökinkuoritaudin ja sitä levittävän hyönteisen levinneisyys vuonna 2005. Amerikanpyökin levinneisyys on merkitty vaaleanvihreällä, pyökinkuoritaudin levinneisyys punaisella ja tautia levittävän hyönteisen levinneisyys tumman sinisellä. (USDA Forest Service)

On arvoitus, aiheuttaisiko pyökinkuoritautia levittävä hyönteinen ongelmia myös Suomen mahdolliselle amerikanpyökkikannalle. Amerikanpyökin tuhohyönteiset eivät ole Suomessa ongelma. Tulevaisuudessa jotkut euroopanpyökin tai muiden läheisten lajien taudit ja tuholaiset voivat aiheuttaa harmia. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.) Kiinnostavaa on myös nähdä, pystyykö pyökki kehittämään vastustuskyvyn kuoritautia vastaan pitkällä aikavälillä. On todettu, että osa pyökeistä on immuuneja taudille (Barker 1997, 209).

2.9.3 Loisivat lajit

Amerikanpyökillä loisii kaksi lajia *Conopholis americana* ja *Epifagus virginiana*. Nämä lajit ovat ominaisia amerikanpyökille. (Sternberg ym. 2004, 180-181.) *Conopholis americana* on lehtivihreätön kasvi, joka ei itse yhteytä lainkaan. Sitä tavataan myös tammelta, joka kuuluu pyökin kanssa samaan heimoon. Peurat ja karhut levittävät loiskasvin siemeniä syömällä niitä. *Epifagus virginiana* on lehtivihreätön kasvi, joka on erikoistunut pelkästään amerikanpyökkiin, kuten nimestäkin voi päätellä. *Conopholis americana* ja *Epifagus virginiana* kuuluvat *Orobanchaceae* (Näivekasvit) heimoon. (Go Botany – New England Wild Flower Society) Ne ovat holoparasitteja eli täysloisia, jotka ottavat veden, ravinteet ja hiiliyhdisteet sekä energian suoraan isäntäkasvin juuristosta (Salonen 2006, 55). Holoparasitit lukeutuvat toisenvaraisiin eli heterotrofisiin eliöihin (Salonen 2006, 39).

2.9.4 Ilmastosta johtuvat haittatekijät

Pyökki on altis talvimyrskyille, tulville ja metsäpaloille. Talvitulvat eivät ole yhtä haitallisia kuin kesällä tapahtuva tulviminen. Pyökki kestää heikosti metsäpaloja ohuen kuorensa ja pinnallisen juuristonsa vuoksi. Pyökki ei ole myöskään erityisen tuulenkestävä, vaan kova tuuli voi murtaa sen oksia. (Burns ym. 1990, 329.)

3 ILMASTON VAIKUTUS PUIDEN MENESTYMISEEN

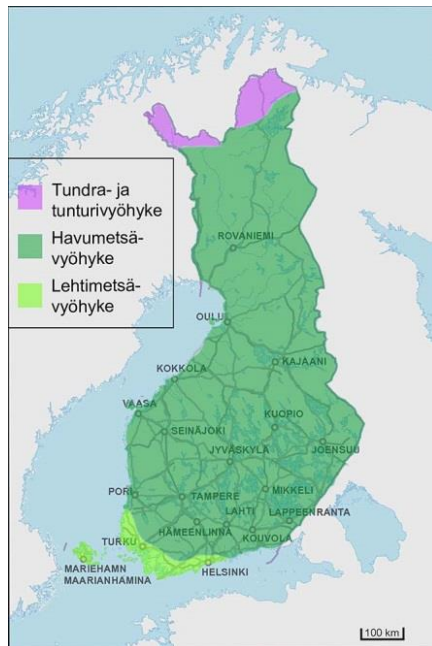
Tässä luvussa kerrotaan ensin yleisistä periaatteista, mitä pitää ottaa huomioon, kun kasveja siirretään esimerkiksi maasta toiseen. Suurin osa Suomessa viljeltävistä koristekasveista on alkujaan kotoisin muualta kuin Suomesta, esimerkiksi Venäjältä ja Pohjois-Amerikasta. Sitten käsitellään käynnissä olevaa ihmisen aiheuttamaa ilmastonmuutosta ja esitetään teorioita, miten se tulee vaikuttamaan esimerkiksi Suomen puustoon. Luvussa käydään läpi myös aikaisempia ilmastojaksoja, jääkausien ja lämpökausien vuorottelua. Tämä auttaa ennustamaan tulevaa. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti parantamaan jalojen lehtipuiden, esimerkiksi amerikanpyökin, menestymismahdollisuuksia Suomessa. Suomessa on aikaisemminkin esiintynyt jaloja lehtipuita nykyistä huomattavasti laajemmalla alueella. Toisaalta käynnissä oleva ilmaston lämpeneminen tapahtuu niin nopeasti, että puiden on vaikea pysyä sen tahdissa. Sopeutuvaisimpia ovat monet ruohovartiset kasvit, jotka tuottavat nopealla tahdilla jälkeläisiä. Lyhyt sukupolvien väli mahdollistaa geneettisen sopeutumisen muuttuviin oloihin. (Marjakangas 2011, 43).

3.1 Kasvien siirto uusiin ilmasto-oloihin

Suomessa menestyvät sellaiset ulkomaiset kasvit, jotka ovat kotoisin ilmastoltaan ja muilta ekologisilta olosuhteiltaan omaa ilmastoamme vastaavilta alueilta. (Hämet-Ahti ym. 1992, 25.) Kestäviä kasvikantoja saadaan Suomeen esimerkiksi Pohjois-Venäjältä, Kaukoidästä, Kanadan itäosista ja Kalliovuorten rinteiltä. Vuoristoseuduilta voidaan löytää Suomeen sopivia kasveja Keski-Euroopasta, Kiinasta, Koreasta ja Japanista. Vuoristossa lämpötila alenee ylöspäin mentäessä 100 metrin matkalla keskimäärin saman verran kuin siirryttäessä etelästä pohjoiseen 100 km. Kasvillisuusvyöhykkeet vaihtuvat siis myös korkeussuunnassa. Mustilan arboretum on perustettu vuonna 1901 Elimäellä. Mustilassa on kokeiltu ulkomaisia puulajeja yli sadan vuoden ajan. Mustilan puistometsään on istutettu kasveja edellä mainituilta alueilta. (Arboretum Mustila; Hämet-Ahti ym. 1992, 25, 28.)

Samankaltaisten alueiden, ilmastollisten vastaavuuksien, löytämisen helpottamiseksi mantereet on luokiteltu bioklimaattisiin kasvillisuusvyöhykkeisiin ja-lohkoihin. Leveyspiirien suuntaisia suurvyöhykkeitä on kuusi: trooppinen-, subtrooppinen-, meridionaalinen-, temperaattinen-, boreaalinen- ja arktinen vyöhyke. (Hämet-Ahti ym. 1992, 25.)

Bioklimaattisessa luokituksessa Suomi sijaitsee lähes kokonaan toiseksi pohjoisimmassa eli boreaalisessa vyöhykkeessä. Borealiselle vyöhykkeelle ovat ominaisia pitkä kylmä talvi ja lyhyt viileä kesä. Suomen tunturien puuttomista lakipaljakoista osa lasketaan kuuluvaksi arktiseen kasvillisuusvyöhykkeeseen. Lounaisrannikko puolestaan kuuluu lauhkeaan lehtimetsävyöhykkeeseen. (Hämet-Ahti ym. 1992, 25.) Suomen talvi on lauha, mutta pitkäkestoinen verrattuna moniin muihin havumetsävyöhykkeen alueisiin. Suomen verraten lauha ilmasto, selittyy meren läheisyydellä. (Havas ym. 1987, 11.) Borealisella vyöhykkeellä kasvaa tyypillisesti havumetsää. Pohjoiset havumetsät kasvavat alueilla, joiden vuoden keskilämpötila on välillä $-5, +5$ °C ja vuotuinen sademäärä 300-1500 mm. Suomessa keskilämpötila on noin $+1,5$ °C ja keskimääräinen sademäärä 500-700 mm. Suomen sademäärät ovat varsin pieniä maailman mittakaavassa, mutta alhaisten lämpötilojen vuoksi vettä haihtuu vähemmän kuin sataa. (Marjakangas 2011, 38-39.)



Kuva 12. Suomen kasvillisuusvyöhykkeet. Suomi kuuluu lähes kokonaan boreaaliseseen vyöhykkeeseen eli pohjoiseen havumetsävyöhykkeeseen, taigaan. Ahvenanmaa ja osa Lounais-Suomea kuuluu temperaattiseen lehtimetsävyöhykkeeseen. Pohjoisin Lappi on arktista vyöhykettä eli puuttonta tundraa. (Otavan Opisto, oppimateriaalit.)

Sateisuus ja kosteus vaikuttavat lämpötilan ohella kasvien menestymiseen. Kosteuden perusteella suurvyöhykkeet jaetaan mereisyys-mantereisuus -asteen perusteella lohkoiksi. Borealisen vyöhykkeen mereisissä lohkoissa sataa runsaasti, lämpötila ei vaihtele suuresti, kevät ja syksy ovat pitkiä ja talvi on runsasluminen. Mantereisissa lohkoissa taas päinvastoin eli sataa vähän ja lämpötila voi vaihdella suuresti, kevät ja syksy ovat lyhyitä ja talvella lunta on vähemmän. Suomi on pääosin lievästi mereinen ja lievästi mantereinen. Ilmastomme on kuitenkin ailahtelevainen, mikä näkyy joskus pitkinä mantereisina tai mereisinä kausina. (Hämet-Ahti ym. 1992, 26.)

Suomen boreaalinen kasvillisuusvyöhyke on pilkottu neljään alavyöhykkeeseen, joita ovat hemiboreaalinen, eteläboreaalinen, keskiboreaalinen ja pohjoisboreaalinen. Hemiboreaalinen vyöhyke on Suomen mittakaavassa erittäin edullinen kasvuvyöhyke, jossa kasvukauden pituus on vähintään 175 vuorokautta, kun se pohjoisboreaalisisessa vyöhykkeessä jää 100-140 vuorokauteen. Hemiboreaalista vyöhykettä ovat Ahvenanmaa, Lounaissaaristo, osa Varsinais-Suomea ja osa Uuttamaata. Suurin osa Etelä-Suomesta kuuluu eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen, jossa kasvukausi on 160-175 vuorokautta. Kaikki suurvyöhykkeet voidaan jakaa vastaaviin alavyöhykkeisiin kuin boreaalinen vyöhyke. (Hämet-Ahti ym. 1992, 26.)



Kuva 13. Boreaalisen vyöhykkeen alavyöhykkeet Suomessa. (Ilmatieteen laitos)

Kun Suomeen tuodaan uusia kasvilajeja, ne kannattaa tuoda boreaaliselta vyöhykkeeltä tai boreaalista vyöhykettä vastaavasta vuoristovyöhykkeestä. Perusohjeena on, että kasveja voidaan siirtää menestyksekkäästi vain yhden alavyöhykkeen verran. Suomen hemiboreaalisiin osiin voidaan siis tuoda kasveja pohjoistempereattiselta ja eteläboreaaliselta vyöhykkeeltä. Eteläboreaalisiin osiin saadaan kasveja hemi- ja keskiboreaaliselta vyöhykkeeltä. Lohkojen suhteen pelivara on pienempi: Suomeen ei kannata tuoda kasveja hyvin mereisiltä tai mantereisilta alueilta. (Hämet-Ahti ym. 1992, 26-27.)

3.1.1 Amerikanpyökin ilmastovaatimukset

Amerikanpyökillä on laaja levinneisyysalue, joka sisältää kolmea eri kasvillisuusvyöhykettä Yhdysvaltojen ja Kanadan itäosissa. Amerikanpyökki kasvaa subtrooppisella, temperaattisella ja boreaaliselta vyöhykkeellä. Boreaalisen vyöhykkeen sisällä amerikanpyökkiä esiintyy luontaisena hemiboreaaliselta vyöhykkeellä. Amerikanpyökki viihtyy parhaiten lievästi mereisessä ilmastossa, toisin kuin euroopanpyökki, joka suosii mereistä ilmastoa. (Hämet-Ahti ym. 1992, 107.)

”Amerikanpyökin levinneisyysalue myötäilee hemiboreaalisen ja eteläboreaalisen rajaa. Näin voisi olettaa, että pohjoiset

amerikanpyökkialkuperät menestyisivät hyvin vielä eteläborealisella vyöhykkeellä.” (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.) Amerikanpyökkin tapauksessa kestävää kantaa voi löytää oletettavasti Kanadasta. Parhaat siemenerat amerikanpyökistä, Suomen ilmastoajatellen, löytyvät Suurten järvien seudulta ja Kanadan länsiosista eli Brittiläisestä Kolumbiasta (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014).

3.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen puustoon tulevaisuudessa

Ilmastonmuutos tuo monenlaisia haasteita Suomen oloihin sopeutuneille kasveille tulevaisuudessa. Kasvukausi pitenee ja sään ääri-ilmiöt yleistyvät. Suomessa ilmastovyöhykkeiden ennustetaan siirtyvän vähintään 500 km pohjoisemmas vuoteen 2100 mennessä. Tämä vastaa Atlanttisen ilmastovaiheen aikoja. (Tästä lämpökaudesta on kerrottu luvussa 3.4.) Ilmaston lämpeneminen suosii joitakin puulajeja. Puiden luontainen leviäminen on kuitenkin hidasta: vaikka edellytykset leviämislle olisivat olemassa, puut eivät pysy nopeasti etenevän ilmastonmuutoksen tahdissa. Puiden geneettinen sopeutuminen ilmastonmuutokseen on hidasta, sillä niiden elinikä on pitkä ja ne lisääntyvät vasta vanhoina. Sopeutuminen tapahtuu hiljalleen satojen vuosien kuluessa. (Marjakangas 2011, 43.) Ekologisesti monimuotoiset metsät pystyvät parhaiten sopeutumaan muuttuviin oloihin (SYKE, ilmasto-opas).

Ilmastonmuutos vaikuttaa metsäekosysteemin rakenteisiin muuttamalla esimerkiksi puulajien välisiä suhteita ja levinneisyysalueita. Ennustetaan, että yleisimpien puulajien kuusen, männyn ja koivun valtasuhteet muuttuvat siten, että kuusivaltaisuus vähenee ja lehtipuiden osuus kasvaa voimakkaasti etenkin maan eteläosassa. (SYKE, ilmasto-opas.) Tällä hetkellä elämme interglasiaalivaihetta eli lämmintä jaksoa jääkausien välissä. Tänä aikana arktisten lajien levinneisyys supistuu ja levinneisyysalueet pirstoutuvat. (Telkänranta 2013, 110.) Näin on käymässä Suomessa esimerkiksi kuuselle. Etelä-Suomessa kuusen osuus puustosta on nykyisin puolet. Vuosisadan puolivälissä kuusen osuuden ennustetaan olevan enää kolmannes ja vuosisadan lopussa alle 10 %. Paikoin Etelä-Suomessa kuusi voi hävitä kokonaan maisemasta. Männystä ja koivusta sen sijaan povataan tulevaisuuden menestyjiä Suomessa. (Marjakangas 2011, 47-49.) Etelä-Suomessa maisema tulee umpeutumaan pusikoitumisen myötä entisestään, kun ilmastonmuutos suosii lehtipuita ja pensaita. Tosin ihmisellä on ilmastonmuutosta suurempi vaikutus maisemaan. Ilmaston lämmetessä Suomeen on odotettavissa tulokaslajeja. Ne leviävät Suomeen kaakosta, sillä etelässä esteenä on Suomenlahti (Marjakangas 2011, 45, 50.)

Ilmaston lämmetessä jalot lehtipuut tulevat menestymään nykyistä paremmin Lounais- ja Etelä-Suomessa. Uusien puulajien ei uskota itsestään leviävän Suomeen, mutta arempien lajien viljelyolosuhteet paranevat. (SYKE, ilmasto-opas.) Karjalainen ym. (1991, 80) olettaa euroopanpyökkin levinneisyysalueen pohjoisrajan kipuavan eteläisimpään Suomeen asti ilmaston lämmetessä. Tällöin euroopanpyökkiä tavattaisiin Ahvenanmaalla ja lounaisrannikolla. Karjalainen olettaa euroopanpyökkin

menestyvän tulevaisuudessa alueilla, joilla vuoden kylmimmän kuukauden keskilämpötila on nykyisin korkeintaan -7 C° . Teoriassa tämä voi olla mahdollista, mutta vaikka olosuhteet muuttuisivat Suomessa pyökille suotuisammaksi tulevaisuudessa, on luontaisen leviämisen esteenä Suomenlahti (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014). Nykyään euroopanpyökkin luontainen levinneisyysalue ulottuu Etelä-Ruotsiin asti (Holmåsén 1991, 83). Marjakangas (2011, 49) ei usko eteläisten lehtipuulajien leviävän Suomeen, sillä ne eivät tule hänen mukaansa toimeen pitkän päivän olosuhteissa.

Vaikka lämpenevä ilmasto suosii jaloja lehtipuita, voivat tuholaiset ja taudit haitata niiden leviämistä tulevaisuudessa. Jaloilla lehtipuilla on todettu vakavia sairauksia, jotka ovat levinneet jo Suomeenkin. Tällä hetkellä uhkaavia karanteenitauteja ovat muun muassa tammen äkkikuolema, saarnensurma ja hollanninjalavatauti. Tammen äkkikuolema on *Phytophthora ramorum* -munasienen aiheuttama tammien kasvitauti. Siitä käytetään myös nimeä versopolte. Isäntäkasvina tammien lisäksi ovat muun muassa alppiruusut ja atsaleat sekä heidet. Tautia on tavattu Suomessakin vuodesta 2005 lähtien. (Suomen Luonto.) Saarnensurman puolestaan aiheuttaa *Hymenoscyphus pseudoalbidus* -sieni, jota on tavattu Ahvenanmaalla vuodesta 2007 lähtien (Hæggström 2014, 30). Hollanninjalavatautia (*Ophiostoma ulmi*) ei ole löydetty vielä Suomesta, mutta Ruotsissa ja Virossa sitä esiintyy. Euroopassa hollanninjalavatauti on tappanut jalavia laajoilta alueilta. (Evira.) Amerikanpyökillä on oma vakava sienitauti, pyökinkuoritauti, joka on tappanut kokonaisia metsiköitä. Pyökinkuoritaudista kerrotaan luvussa 2.8.2.

3.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus amerikanpyökkiin tulevaisuudessa

Tulevaisuudesta voi esittää vain arvailuja, mutta useimmat arvaukset eivät tiedä hyvää amerikanpyökille. Rook (1992, 90) viittaa tutkimukseen, jonka on tehnyt Ledig & Kitzmiller (1992). Tutkimuksen johtopäätöksenä on, että itäisen Pohjois-Amerikan luontaiset metsät kokevat suuria mullistuksia tulevaisuudessa: Amerikanpyökki tulisi häviämään suurilta alueilta yhdessä paperikoivun (*Betula papyrifera*), sokerivaahteran (*Acer saccharum*) ja kanadanhemlokin (*Tsuga canadensis*) kanssa. Muutos tapahtuisi nopeasti, 30 vuodessa. Miller (2005) puolestaan ennustaa amerikanpyökkin levinneisyysalueen kipuavan pohjoisemmas. Sternbergin & Wilsonin (2004, 181) mukaan amerikanpyökki tulee olemaan ilmastonmuutoksen ja haposateiden uhri ja se muuttuu harvinaisemmaksi tulevaisuudessa.

3.4 Ilmaston vaihtelu menneisyydessä: jääkaudesta lämpökauteen

Viimeisin pohjoista pallonpuoliskoa hallinnut jääkausi sijoittuu pleistoseenikaudelle. Viimeisintä jääkausisykliä, johon kuuluu vuoroin jäätikön vetäytymistä ja uudelleen jäätiköitymistä, kutsutaan Veiksel -nimellä. Jäätiköitymisvaiheen huippuaika oli noin 25 000 vuotta sitten, jolloin Fennoskandiaa peitti noin kahden kilometrin jääkerros. Suomi vapautui jäästä kokonaan noin 9 000 vuotta sitten. (Telkänranta 2013,

107.) Pleistoseenikautta seuraavalle holoseenikaudelle on ominaista ilmaston lämpeneminen. Lämpökauden aikana Suomeen levisi jaloja lehtipuita ja niiden levinneisyysalueet ulottuivat nykyistä pohjoisemmas.

Lauhkean vyöhykkeen puulajisto on monimuotoisinta Itä-Aasiassa ja Pohjois-Amerikan itäosassa. Euroopassa ja Pohjois-Amerikan länsiosissa monimuotoisuus on vähäisintä. Nykyisin arvellaan, että tämä johtuu edellisistä ilmastonmuutoksista, etenkin jääkaudesta. (Telkänranta 2013, 108.) Pohjois-Euroopassa puulajeja on viime jääkauden jäljiltä huomattavasti vähemmän kuin Pohjois-Amerikassa. Tätä on selitetty vuorijonoilla, jotka ovat Euroopassa itä-länsi suuntaisia, kun taas Pohjois-Amerikassa vuorijonot kulkevat pohjois-etelä suunnassa. Euroopan vuorijonot ovat siis estäneet kasvilajien perääntymisen jäätiköitymisen tieltä etelään, jolloin lajit ovat hävinneet Euroopasta. Samalla vuoristot hidastavat kasvien paluuta takaisin entisille levinneisyysalueilleen. (Keto-Tokoi 2010, 95–96; Telkänranta 2013, 114; Hagman 1992, 1.) Euroopassa puuvartisista kasveja on erittäin niukasti verrattuna Pohjois-Amerikkaan ja etenkin Kiinaan. Vielä tertiäärikauden lopussa Euroopan lajisto oli paljon rikkaampaa, mutta paljon lajeja hävisi keskipleistoseenin kylmän kauden aikana. Esimerkiksi tämän päivän Hollannissa on jäljellä vain 10 % kasvisuvuista, joita siellä kasvoi keskimioseenin aikana. (Peters 1997, 24.) Euroopasta hävisi edellisten jääkausien aikana etenkin puulajeja. Euroopassa on esiintynyt esimerkiksi punapuita (*Sequoia sp.*), mammuttipetäjiä (*Sequoiadendron sp.*) ja suosypressettä (*Taxodium sp.*) noin 3 miljoonaa vuotta sitten. Nykyisin kyseisiä puusukuja tavataan Pohjois-Amerikassa. (Keto-Tokoi 2010, 95-96.)

Siitepölyaineistojen perusteella on voitu päätellä, että Suomessa on ollut nykyistä lämpimämpää viime jääkauden jälkeenkin. Lämpökautta kutsutaan Atlanttiseksi ilmastovaiheeksi. Tällöin vuoden keskilämpötila oli noin kaksi astetta nykyistä korkeampi ja olosuhteet Etelä-Suomessa vastasivat nykyistä Keski-Eurooppaa. Ilmasto oli lauhkea, kostea ja merellinen. Lämpökauden aikana, 8000-4000 vuotta sitten, Suomessa esiintyi kuusivaltaisten metsien sijaan jalopuusekametsiä melko laajoilla alueilla. Laajimmillaan Suomen jalopuusekametsät olivat noin 6000 vuotta sitten, jolloin ne ulottuivat Etelä-Suomesta Keski-Suomeen. Lämpökauden aikana lehtolajistoa levisi Suomeen eri suunnilta. Jaloista lehtipuista saapuivat Suomeen ensimmäisenä jalavat 9000 vuotta sitten ja lehmukset noin 7000 vuotta sitten. Pääosin uudet lajit tulivat idästä, mutta leviämistä tapahtui myös Suomenlahden yli etelästä. Pähkinäpensas, saarni ja tammi tulivat Suomeen lounaasta, lehmus levisi Suomeen kaakosta. Nykyiset lehtomme ja jalopuumetsämme ovat siis jäänteitä aiemmin laajemmalle levittäytyneestä metsäluontotyypistä. Kuusi syrjäytti myöhemmin jalot lehtipuut Suomessa ilmaston alkaessa jälleen kylmetä. Nykyisin jaloja lehtipuita kasvaa luontaisena maan eteläisimmässä osissa suotuisimmilla kasvupaikoilla. Maanviljelyksen alkaminen vei osan hyvistä jalojen lehtipuiden kasvupaikoista 3600-3200 vuotta sitten. (Keto-Tokoi 2010, 102-104; Valkonen ym. 1995, 8; Marjakangas 2011, 42-43; Hämet-Ahti ym. 1992, 40.)

3.5 Pyökin ja muiden puulajien varhaishistoria: lajiutuminen ja leviäminen

Lajien levinneisyydestä ennen viimeisintä jääkautta saadaan tietoa makro-fossiileista, joita ovat kivettyneet kasvinosat, ja järvien pohjasedimentissä säilyneistä siitepölyhiukkasista (Telkänranta 2013, 108-109). Geologisista aikakausista on lähteestä riippuen toisistaan poikkeavaa tietoa, mutta tässä luvussa yhdistellään tietoa eri lähteistä.

Pyökkien varhaishistoria tunnetaan hyvin, sillä pyökkien suvusta on säilynyt poikkeuksellisen kattava fossiiliaineisto (Telkänranta 2013, 109). Kaikilla pyökkilajeilla on samat kantavanhemmat. Ulkoasultaan pyökin suku on yhtenäinen. Pyökkien kasvutavassa on myös paljon yhteistä: pyökit tunnetaan sukkession kliimaksivaiheen dominoivina lajeina. Pyökkien alkukoti on ilmeisesti Aasiassa, sillä siellä pyökin lajimäärä on mantereista suurin ja paikallisilla lajeilla esiintyy alkukantaisina pidettyjä piirteitä. Tänä päivänä primitiivisimmät pyökit ovat aasialaiset lajit *F. lucida* ja *F. japonica*. (Peters 1997, 20, 21.) Pyökkimetsien kasvillisuus eri mantereilla on ollut toisiaan muistuttavaa eli voidaan sanoa, että kokonainen metsätyppi on levinnyt mantereelta toiselle (Peters 1997, 22).

Taulukko 2. Geologiset aikakaudet taulukossa Petersin (1997, 20) mukaan.

Tertiäärikausi	ajanjakso (miljoonaa vuotta sitten)
Paleoseeni	63-58
Eoseeni	58-36
Oligoseeni	36-25
Mioseeni	25-13
Plioseeni	13-2,5
Kvartäärikausi	ajanjakso
Pleistoseeni	2,5 miljoonaa vuotta-10 000 vuotta sitten
Holoseeni	10 000 vuotta sitten-nykypäivä

Jotta pyökkilajien varhaiset vaiheet avautuisivat paremmin, on hyvä tietää puulajien kehittymisestä yleisesti. Koppisiemenisiä kasveja, kuten lehtipuita on alkanut esiintyä liitukaudella 50-150 miljoonaa vuotta sitten. Havupuut ovat paljon vanhempi luokka, niitä on ollut olemassa jo 180–230 miljoonaa vuotta. (Kellomäki 1991, 9; Hanski 2007, 64.) Koppisiemenisten kasvien evoluutio oli nopeimmillaan noin n. 100 miljoonaa vuotta sitten, jolloin syntyivät *Betulaceae*- ja *Salicaceae*-heimon puut. Koppisiemeniset lehtipuut syrjäyttivät paljassiemeniset havupuut hiljalleen trooppisilta -ja lauhkeilta vyöhykkeiltä. (Keto-Tokoi 2010, 94-95.)

Tertiäärikausi

Petersin (1997, 20) mukaan pyökkejä esiintyi pohjois- ja itä Kiinassa jo paleoseenikaudella. Telkänrannalla on asiasta eri käsitys. Hänen mukaansa pyökkien suku on kehittynyt eoseenikaudella Pohjois-Amerikan

länsiosissa tai Itä-Aasiassa. Kummaltakin mantereelta on tehty varhaisia fossiililöytöjä. (Telkänranta 2013, 109.) Petersin mukaan pyökit kehittyivät todennäköisesti itä-Aasiassa ja levisivät maayhteyksien kautta Eurooppaan ja Japaniin. Siperian ja Alaskan välillä oli maasilta eoseenikaudella, jota pitkin pyökki levisi Amerikan mantereelle. Euroopan ja Amerikan yhdistäviä maasiltoja on paleoseeni- ja eoseenikauden saatossa ollut useita. (Peters 1997, 21.)

Osa varhaisista pyökkilajeista on kuollut sukupuuttoon tertiäärikauden aikana. Näitä lajeja olivat *F. saxonica*, *F. menzelii* ja *F. krauselii*. (Peters 1997, 32.) Pyökkilajien levinneisyysalueet ovat olleet jatkuvassa muutoksessa historian aikana. Pyökkien levinneisyysalue oli suurin lämpimän varhaistertiäärin aikana. Lajit perääntyivät etelämmäs kylmemmän ja kuivemman myöhäistertiäärin aikana. Pyökit alkoivat levitä taas pohjoisemmas pleistoseenin interglasiaalinen aikana. (Peters 1997, 35.)

Oligoseenikaudella pyökin suku levisi itä-Aasiasta muualle Aasiaan ja Eurooppaan (Telkänranta 2013, 109). Vanhin siitepölynäyte pyökistä on löytynyt Kanadasta ja se on ajoitettu oligoseenikaudelle. Vanhimmat fossiililöydöt pyökistä Euroopassa on ajoitettu samalle aikakaudelle (Peters 1997, 20.)

Mioseenikaudella pyökkilajien lukumäärä oli huipussaan. Pyökkilajien sisällä ilmeni suurta morfologista vaihtelua, joka viittaa siihen, että populaatioiden välillä oli esteetön geenivirta. (Telkänranta 2013, 109.) Mioseenikaudelle ajoitettua pyökin siitepölyä on löytynyt Euroopasta. Tässä vaiheessa pyökki on levinnyt jo Meksikoon ja Japaniin. (Peters 1997, 20.) ”Ullunginpyökki” (*F. engleriana*) eriytyi muista pyökkipopulaatioista mioseenikaudella, kun Japaninmeri syntyi (Peters 1997, 24). (”Ullunginpyökistä” on kerrottu luvussa 2.2.4.) Fossiileista voidaan päätellä, että mioseenikauden keski- ja loppuvaiheilla vallitseva kasvillisuustyyppe Euraasian länsiosista, Pohjois-Amerikkaan ja Itä-Aasiaan ulottuvalla vyöhykkeellä koostui useista havupuulajeista, pyökeistä, koivuista ja vaahteroista. (Telkänranta 2013, 109.)

Plioseenikaudella pohjoisimmat pyökkipopulaatiot hävisivät ja muiden levinneisyysalue pirstoutui. Tämä johti hiljalleen nykyisten pyökkilajien syntyyn. Pyökit jatkoivat lajiutumista pleistoseenikaudella. (Telkänranta 2013, 109.)

Kvartaarikausi

Ennen viimeisintä jääkautta pyökkimetsät ulottuivat Kaliforniaan ja peittivät suurimman osan Pohjois-Amerikkaa (Burns 1990, 325). Pyökkien lajivalikoima oli nykyisenlainen jo ennen viimeisintä jääkautta. Jääkaudella on ollut vaikutusta vain pyökkilajien levinneisyyksiin. (Telkänranta 2013, 109.)

Holsteinian interglasiaalinen aikana 420 000-303 000 vuotta sitten, euroopanpyökin levinneisyysalue on ollut laajimmillaan ulottuen Irlantiin

ja itä-Venäjälle (Peters 1997, 25). Tšekin alueelta on löytynyt 33 000-28 000 vuoden takaisia pyökkifossiileja, jotka on onnistuttu määrittämään lajilleen euroopanpyökiksi. Samalta paikalta löytyi merkkejä useista muistakin puulajeista. Löydöt ovat viimeisimmän jääkauden ajalta, mikä todistaa sen, että toisin kuin on aiemmin luultu, puita on säilynyt myös jäätiköitymisvaiheen aikana Euroopassa. Osa lajeista on sinnitellyt pohjoisessakin niin kutsutuissa refugioissa. Refugiolla tarkoitetaan eristynyttä turvapaikkaa, jollainen voi olla esimerkiksi jäättömällä vuorenrinteellä. Refugioissa on siis vallinnut muuta ympäristöä suotuisammat olosuhteet. Refugiat ovat verrattavissa saaristoon. (Telkänranta 2013, 111, 112.)

Holoseenikaudella viime jääkauden jälkeen pyökki on levinnyt taas pohjoisemmas Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Amerikanpyökki saavutti nykyisen levinneisyysalueensa pohjoisrajan noin 7000 vuotta sitten, mutta jatkoi hidasta leviämistä vieläkin pohjoisemmas pienissä määrin senkin jälkeen. Joillakin alueilla leviäminen jatkuu yhä. (Peters 1997, 27.) Amerikanpyökki levisi Kanadaan noin 4000 vuotta sitten ja euroopanpyökki levisi Etelä-Ruotsiin noin 2000 vuotta sitten. (Peters 1997, 26.) Suosta löydetyistä siitepölyhiukkasista päätellen pyökin levinneisyys oli laajimmillaan ajanlaskumme alussa, jolloin pyökin levinneisyysalue on voinut ulottua myös eteläisimpään Suomeen. (Mäkinen ym. 1994, 183.)

4 PYÖKIN LISÄYSMENETELMÄT

Pyökkejä voidaan lisätä siemenestä, pistokkaista tai varttamalla. Varttamisella ei ole merkitystä amerikanpyökin kohdalla, sillä yhtään lajiketta ei ole nimetty. Euroopanpyökkiä voidaan sen sijaan lisätä varttamalla lajikkeita kantalajin perusrunkoon. Lajikeominaisuudet säilyvät vain kasvullisen lisäyksen keinoin eli varttamalla tai pistokaslisäyksellä. Pyökin lisäys voisi onnistua myös taivukkaiden avulla. On havaittu, että vanhojen puiden alaoksat voivat juurtua itsestään, jos ne osuvat maahan ja niiden päälle kertyy orgaanista ainesta, kuten pudonneita lehtiä. (Dirr ym. 2006, 182.)

Siemenlisäys on pääasiallinen lisäyskeino onnistuessaan, sillä se tulee huomattavasti halvemmaksi kuin mikrolisäys. Lisäksi siemenlisäyksellä saadaan geneettistä muuntelua, joka parantaa lajin sopeutumista muuttuviin oloihin. Amerikanpyökin siemenlisäys Suomessa on vaikeaa, sillä Kanadalaista alkuperää olevia siemeniä on vaikea saada oikeaan aikaan vuodesta. Hyviä siemenvuosia on harvoin ja siemenet säilyvät huonosti. Siementen käsittely ja pakkaus on tehtävä huolellisesti. Mustilan puuyskilö ei tuota siementä. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.)

Amerikanpyökin pistokaslisäys voi onnistua, jos pistokas otetaan nuoresta osasta puuta. Eräessä kokeessa todettiin, että euroopanpyökin pistokkaat juurtuivat paremmin, kun niitä varjostettiin (Dirr ym. 2006, 182). Mustilassa on onnistuttu lisäämään amerikanpyökkiä juurivesapistokkaasta. Tällainen puu kasvaa Mäntsälän Ohkolassa.

Juurivesatuotanto on kuitenkin niin pientä, ettei siitä ole suurta apua taimituotannossa. Juurivesasta voisi kuitenkin kasvattaa juveniilin puun, jota olisi helpompi mikrolisätä. (Saarinen, sähköpostiviesti 12.4.2014.) Myös Dirr ym. (2006, 182) suosittaa amerikanpyökin lisäämistä juveniilivaiheisen puun juurivesoista otetuista pistokkaista. Amerikanpyökit tekevät paljon juurivesoja. Juurivesoista lisääntyminen on suvullista lisääntymistä yleisempää etenkin luontaisen levinneisyysalueen pohjoisosissa. (Dirr ym. 1990, 326.) Juurivesoista lisääntyminen on kylvääntymistä varmempaa, sillä eläimet syövät suurimman osan amerikanpyökin siemenistä. Siementaimeksi luullut amerikanpyökit ovatkin usein juurivesoja. Juurivesojen etuna on se, että ne ovat yhteydessä emopuuhun ja pystyvät siten leviämään kuivemmille paikoille kuin siementaimet. (Sternberg 2004, 176.)

4.1 Amerikanpyökin luontainen lisääntyminen

Levinneisyysalueensa pohjois- ja keskiosissa amerikanpyökki kukkii huhtikuun lopussa tai toukokuun alussa, kun lehdet ovat vasta puhjenneet. Pyökki on yksikotinen eli hede- ja emikukinnot ovat samassa kasviyksilössä. (Burns 1990, 327.) Pyökin heteet ja emit ovat kuitenkin eri kukinnoissa eli kasvi on yksineuvoinen. Yksineuvoisuus vähentää itsepölytyksen mahdollisuutta (Salonen 2006, 95). Amerikanpyökki tuottaa itämiskykyistä siementä vain ristipölytyksellä (Hartmann ym. 2011, 142). Pyökit ovat tuulipölytteisiä (Press 1992, 23).

Amerikanpyökin kukat ovat hallanarkoja. Hedekukat ovat norkossa ja emikukat 2-4 kukan rykelmissä. Pähkinät kypsyvät syys-lokakuussa. Pähkinät varisevat maahan ensimmäisillä pakkasilla ja avautuvat muutamassa viikossa. Osa pähkinöistä on tyhjiä. Ne varisevat maahan ensimmäisenä. (Burns 1990, 327.)

Amerikanpyökki alkaa tuottaa siementä 40 vuoden iässä. 60 vuoden iässä puu tuottaa jo suuria määriä siemeniä. Hyviä siemenvuosia on 2-8 vuoden välein. Siemenet ovat suhteellisen painavia: siemeniä on 3500 kpl/kg:ssa. Suurin osa siemenistä tippuu emopuun alle. Osa kulkeutuu hieman kauemmas jyrksijöiden kuljettamana. Närhet voivat kuljettaa siemeniä useita kilometrejä. (Burns 1990, 327; Peters 1997, 27.)

Amerikanpyökin siemenet itävät keväällä tai alkukesällä. Itäminen tapahtuu maan pinnalla. Kylmä jakso talvella murtaa siemenlevon. Itävyys on hyvä karikkeen päällä tai mineraalipitoisilla mailla. Sen sijaan märässä maassa itäminen on heikkoa. Siementaimet kehittyvät parhaiten latvuksen varjossa, jossa heikot juuret ovat suojassa kuivumiselta. Saniaiset tai vadelman versot voivat suojata siementaimia ja auttaa ne kasvun alkuun. Pyökin etuna on, etteivät hirvieläimet pidä sen mausta. (Burns 1990, 327.)

Amerikanpyökki kehittää paljon juurivesoja ja vesiversoja etenkin levinneisyysalueensa ääri rajoilla. Juurivesoista lisääntyminen onkin usein amerikanpyökin pääasiallinen lisääntymiskeino. Juuriston vaurioituminen saa aikaan juurivesojen kasvun, tosin vesoja voi ilmaantua ilman

juuristovauriotakin. (Burns 1990, 327–328.) Jos hämärässä kasvava pyökki saa yhtäkkiä valoa, esimerkiksi harvennushakkuusta johtuen, se saattaa kasvattaa vesiversoja. Vesiversojen kasvu voi johtua myös puun saamasta vauriosta, kuten pakkas- tai hallavauriosta. (Burns 1990, 329.) Amerikanpyökki vesoo hyvin nuoren puun kannosta. Kantovesojen muodostuminen loppuu, puun saavuttaessa 10 cm:n rungon halkaisijan rinnan korkeudelta mitattuna. Vanhempien puiden kantovesat ovat yleensä lyhytikäisiä, eivätkä koskaan kehity puuksi. (Burns 1990, 327.)

4.2 Amerikanpyökin siemenlisäys taimistolla

Tässä kappaleessa mukaillaan Mustilan arboretumin ohjeita. Mustilan arboretumissa on kokemusta Suomessa harvalukuisten kasvilajien siemenlisäyksestä.

4.2.1 Siementen säilytys ja stratifiointi

Pyökkien siemenet eivät kestä kuivausta tai pitkäaikaista varastointia. Niitä voi säilyttää kosteassa, ilmavassa väliaineessa, esimerkiksi rahkasammalessa, kunnes ne alkavat itää. Tällaiset siemenet ovat mehevyytensä vuoksi usein myös herkkiä jäätymiselle. Siemeniä ei saa pakastaa. Siemenet ovat myös jyräjoiden herkkua, joten ne on suojattava myyriltä, hiiriltä, ja oravilta. (Arboretum Mustila.) Hiiret ja jänikset syövät mielellään amerikanpyökin siementaimia (Peters 1997, 14).

Pyökkien siemenet vaativat itääkseen vähintään 3 kuukauden (60-120 vuorokautta) kylmäkäsittelyn. Siemeniä säilytetään kosteassa ja ilmavassa väliaineessa 0–5 °C:ssa tai kylvetään syksyllä ulos suojaisaan paikkaan, jolloin luonto huolehtii käsittelystä. (Arboretum Mustila; Hämet-Ahti 1992, 29; Hartmann ym. 2011, 194.) Hartmannin ym. (2011, 194) mukaan pyökin siemeniä varastoitaessa suhteellisen ilmankosteuden tulee olla 80-90 %. Pyökin siemeniä voi säilyttää pidempiä aikoja, jos siemenen kuivaa niin, että sen kosteusprosentti on 8-10 % ja lämpötila -15 °C. Keväällä kylvettävät siemenet voi kuivattaa niin, että niiden kosteusprosentti on 20-30 % ja ne säilytetään 2-5 °C:ssa. (Young 1992, 151.) Käytännössä pyökin siemeniä on erittäin vaikea kuivattaa juuri oikeaan kosteusprosenttiin niin, ettei itävyys heikkene.

4.2.2 Kylvö

Kasvualustan tulee olla hyvin vettä läpäisevä, tuulilta ja paahteelta suojattu, sekä ehdottomasti vapaa rikkakasveista. Kylvös ja itäneet taimet on suojattava jyräjöiltä esim. metalliverkoin niin juuristoltaan kuin maanpäällisiltä kasvinosiltaankin. Hyvä kasvualusta on esimerkiksi lava tai kohopenkki. Pienten siemenerien kylvämiseen voi käyttää myös ruukkuja tai laatikoita. Kylvöalusta suositellaan valmistettavaksi keskikarkeasta tai hienosta turpeesta, sekä karkeasta hiekasta suhteessa 3:1. Seokseen käytettävä turve voi olla miedosti lannoitettua. Ennen kylvöä alusta kostutetaan huolellisesti. (Arboretum Mustila.)

Pyökin siemeniä suositellaan liotettavaksi 20-asteisessa vedessä vuorokauden ajan, ennen kylvöä. Siemenet peitetään seulomalla niiden päälle noin puolitoista kertaa siementen paksuinen kerros karkeaa hiekkaa, joka pyritään pitämään tasaisen kosteana siementen itämiseen asti. (Arboretum Mustila.) Optimaalinen kylvösyvyys pyökille on 1,25 cm (Young 1992, 152).

4.2.3 Siementaimien jatkokasvatus ja talvettaminen

Taimet on paras koulia jatkokasvatusalustalle juhannukseen mennessä, jotta ne ehtivät juurtua ja tuleentua ennen kasvukauden päättymistä. Suositeltavia jatkokasvatusalustoja ovat esim. lava, penkki tai kennot. Astiakasvatuksen haittana on juurten mahdollinen pakkautuminen ja kiertyminen, jotka vaikeuttavat juuriston myöhempää kehitystä. Pyökit ja tammet talvehtivat huonosti astioissa avomaalla. (Arboretum Mustila.) Kasvun alkuvaiheessa ensimmäisenä vuonna siementaimet kannattaa pitää puolivarjossa (Young 1992, 152).

Ensimmäinen talvi on taimien tulevaisuuden kannalta tärkein. Kasvit talvehtivat parhaiten paahteelta ja viimalta suojattuna. Pikkutaimet voidaan suojata harsolla, mutta paras suoja on paksu lumipeite. Typpilannoitusta juhannuksen jälkeen on syytä välttää, se yleensä heikentää talvenkestoa. Selvittyään ensimmäisestä talvestaan taimet karaistuvat ja kestävät seuraavat talvet entistä paremmin. (Arboretum Mustila.)

Nuoren puun alla ei kannata kasvattaa nurmea, sillä se kilpailee pinnallisen juuriston kanssa. Mahdollinen leikkaus tehdään kesällä tai alkusyksystä. Nuoria puita pystytään siirtämään onnistuneesti uudelle kasvupaikalle. (Dirr ym. 1990, 326.)

5 MIKROLISÄYS

Mikrolisäys on kasvien monistamista steriileissä laboratorio-olosuhteissa *in-vitro*. Mikrolisättyjä kasveja kasvatetaan hyytelömäisellä ravintoalustalla, joka sisältää kaikki kasvien kasvuun tarvittavat aineet: makro- ja mikroravinteet, kasvihormoneja, vitamiineja ja energianlähteenä sokeria (George 1993, luku 9). Mikrolisäys on kallis menetelmä verrattuna perinteisiin menetelmiin: siemen- ja pistokaslisäykseen. Mikrolisäyksen etuna on se, että sen avulla pystytään nopeasti ja tehokkaasti monistamaan ”massakasveja”, kuten esimerkiksi viherrakentamisessa paljon käytettyjä angervoja (*Spiraea* sp.). Pienestä määrästä kasvimateriaalia saadaan paljon uusia kasveja, jotka ovat toistensa klooneja (Dirr ym. 2006, 78-79). Mikrolisäys on kuitenkin kallista verrattuna muihin lisäystapoihin ja siihen turvaudutaan yleensä silloin, kun muita lisäystapoja on jo kokeiltu ja ne ovat osoittautuneet toimimattomiksi (Hartmann & Kester 2011, 644).

Mikrolisäykseen kuuluu neljä vaihetta: aloitus-, monistus- ja juurrutusvaihe sekä kasvien karaiseminen ulkokasvatukseen (Hartmann & Kester 2011, 650). Omassa työssäni tarkastelin vain aloitusvaihetta, johon

kuuluu sopivien ravintoalustojen valinta ja valmistus, lisäysaineiston kerääminen ja sterilointi sekä silmujen preparointi. Mikrolisäysviljelmän alkuvaiheessa pyritään perustamaan steriili viljelämä. Onnistumiseen vaikuttaa lisäysmateriaalin laatu, steriloinnin onnistuminen, kasvualustan valinta ja laboratorion kasvatusolosuhteet, kuten lämpötila ja valo. Lisäysmateriaalia kerätessä on huomioitava kasvin fysiologinen ikä ja kunto (Bonga ym. 1992, 95-98). Lisäys voidaan aloittaa hyvin erilaisista kasvinosista, kuten versonkärjistä tai hanka- tai kärkisilmusta. Puuvartisille kasveille versonkärki on paras lisäyslähde. (Dirr ym. 2006, 78-79.)

5.1 Kasvihormonit

Kasvihormoneilla on tärkeä kasvien kasvua ohjaava vaikutus. Ne tehoavat hyvin pieninä pitoisuuksina. Kasvisoluissa on luonnollisesti kasvuhormoneja, jonka määrä vaihtelee sen mukaan, missä vaiheessa kasvua kasvi on. Kasvihormoneja vastaavia aineita voidaan valmistaa myös synteettisesti muun muassa mikrolisäyksen tarpeisiin ja pistokkaiden juurtumista edistämään. Näitä synteettisesti valmistettuja aineita nimitetään kasvunsäätteiksi. Kasvua ohjaavia aineita ovat auksiinit, sytokiniinit ja gibberelliini sekä etyleeni ja abskissihappo. Näistä kaksi ensin mainittua ovat tärkeitä mikrolisäyksen kannalta. Auksiinin ja sytokiniinin yhteisvaikutus on yksi tärkeimmistä tekijöistä kasvien lisäyksessä. (George 1993, 420.) Korkea auksiini-sytokiniini -suhde suosii juurtumista ja korkea sytokiniini-auksiini -suhde versojen muodostumista. Molempien pitoisuuksien ollessa korkealla, muodostuu kallusta. (George 1993, 445; Hartmann & Kester 2002, 27)

Auksiineja käytetään mikrolisäyksessä yleisesti edistämään tai ehkäisemään kalluksen kasvua ja säätämään kasvin muodon kehittymistä. Indolylyietikkahappo (IAA) on luonnollinen auksiini. Synteettisiä auksiineja ovat indolylyivoihappo (IBA) ja naftaleenietikkahappo (NAA). (Hartmann ym & Kester 2002, 27.) Zeatiini on tunnetuin kasveissa luonnollisesti esiintyvä sytokiniini. Se edistää pääversion kasvua. Sytokiniineihin kuuluu mm. bentsyyliaminopuriini (BAP). (George 1993, 441, 445.)

6 AINEISTO JA MENETELMÄT

6.1 Aloitusmateriaali

Aloitusmateriaali eli lepotilaiset edellisen kasvukauden silmut kerättiin Mustilan puistometsässä etelärinteellä kasvavasta vanhasta amerikanpyökistä, joka on osoittautunut kestäväksi selvittyään hengissä kovista pakkastalvista. Suomessa oli kova pakkastalvi vuonna 1939-40, jolloin Etelä- ja Keski-Suomessa esiintyi huomattavia puustovaurioita. Myös vuonna 1984-85 oli ankara pakkastalvi. (Havas ym. 1987, 154.) Lisäyslähdeestä, vanhasta amerikanpyökistä on kerrottu enemmän luvussa 2.4.

Suurin osa silmuista kerättiin pyökin alaoksasta kevättälvella 2013 noin kuukauden välein, 10.2., 2.3. ja 5.4. Keräyskertoja oli kolme, jotta olisi mahdollista vertailla, mihin aikaan silmut lähtevät parhaiten kasvuun ja näin selviäisi paras keräysajankohta. Jokaisella keräyskerralla saatiin hanka- ja kärkisilmuja alaoksasta, mutta lisäksi 5.4. kerättiin pieni erä juurivesoja ja vesiversoja. Vesiversoja ja juurivesoja olisi voinut kerätä enemmänkin, mutta vesiversoja ei ollut montaa ja juurivesoja oli lähes mahdoton löytää lumen alta. Silmujen keräys oli haastavaa, sillä lunta oli paljon ja alaoksa oli hautautunut kovaan kinokseen. Alaoksa kaivettiin esiin kinoksesta lapiolla. Kyseinen toimenpide vahingoitti osaa silmuista. Lumeen hautautuneet silmut on vaikeampi steriloida, sillä lumessa on epäpuhtauksia. Mustilan emopuu tosin kasvaa metsässä melko kaukana tiestä.



Kuva 14. Amerikanpyökin silmuja, kuvattu 7.3.2013. Kuvassa näkyy silmusuomut, jotka kuoritaan pois preparoitaessa.

Lisäysaineiston valinnassa on huomioitava puun fysiologinen ikä. Aikuiset puut ovat mikrolisäysaineiston lähteenä huonompia kuin nuoret puut, sillä vanhojen puiden kasvu on yleensä hitaampaa ja ne ovat siirtyneet generatiiviseen vaiheeseen, jossa keskeistä on lisääntyminen eli siementuotanto. Nuorten puiden solukot ovat säilyttäneet paremmin kasvuvoimansa. Niiden sanotaan olevan juveniileja. Toisaalta vanhan puun etuna on, että sen ominaisuudet tunnetaan. (Bonga ym. 1992, 95-98.)

Osissa vanhan puun solukkoa vanheneminen on viivästynyt. Juuret ovat vanhan puun fysiologialtaan nuorinta osaa. Mikäli mikrolisäystä yritetään vanhan puun silmuista, tulee silmut kerätä nuoruusvaiheisesta osasta puuta eli mahdollisimman läheltä runkoa tai rungon tyveä, esimerkiksi alaoksasta. Muita nuoruusvaiheisia puun osia ovat juurivesat ja vesiversot sekä kantovesat. Puu voidaan pitää keinotekoisesti nuoruusvaiheessa, leikkaamalla sitä rajusti. (Bonga ym. 1992, 95-98) Silmujen oikea keräysajankohta on huomioitava. Monelle lajille paras silmujenkeräysaika on keväällä, kun silmut ovat jo alkaneet pullistua. (Bonga ym. 1992, 86.)

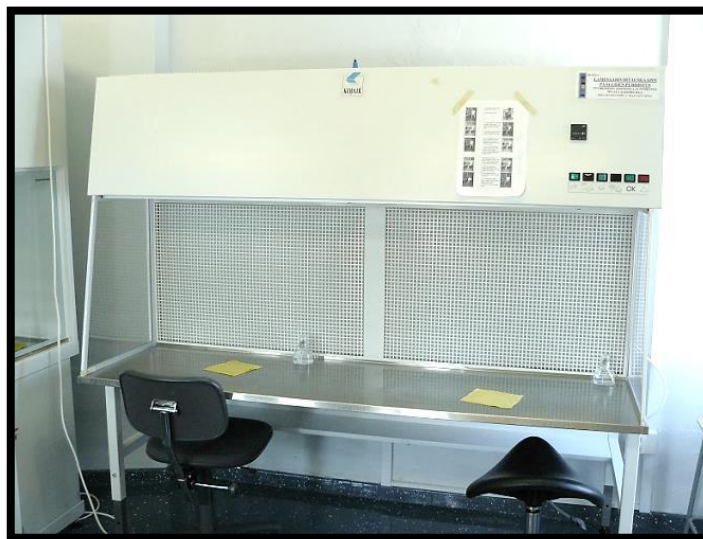
Puulajeilla ja sukuilla on eroja siinä, miten hyvin mikrolisäys pystytään aloittamaan vanhasta puusta. Useimpia havupuita ja joitakin lehtipuusukuja on vaikea lisätä vanhasta puusta peräisin olevista silmuista riippumatta siitä, mistä osasta puuta silmut on kerätty. Pyökki ja tammi ovat esimerkkejä vaikeasti vanhasta puusta lisättävistä sukuista. (Bonga ym. 1992, 103.) Pyökin mikrolisäysviljelmää on vaikea saada vakaaksi alkuvaiheessa (Bonga ym. 1992, 86).

6.2 Kasvualustojen valmistus

Kasvualustojen valmistusohjeet ovat liitteenä. Kasvualustat valmistetaan mittaamalla ja punnitsemalla ohjeen mukaiset määrät pää- ja hivenravinteita, vitamiineja, sokeria ja muita kasvulle tärkeitä aineita astiaan, josta liuos jaetaan kuumentamisen jälkeen koeputkiin ja korkki suljetaan. Koeputkia steriloidaan autoklaavissa 1 baarin ylipaineessa 121 C °:ssa 20 minuuttia (Dodds ym. 1982, 11-12.). Valmiit kasvualustat säilytetään kylmiössä.

6.3 Sterilointi ja preparointi silmuille

Kokeilussa oli neljä hieman toisistaan poikkeavaa sterilointimenetelmää. Ne on esitelty liitteessä 4. Silmujen preparointi tehdään mikroskooppia apuna käyttäen. Preparoidessa ruskeita silmusuomuja poistetaan yksi kerrallaan, kunnes vihreitä lehtiaiheita alkaa tulla näkyviin.



Kuva 15. Laminaarivirtauskaappi, jossa silmujen sterilointi viimeistellään ja tehdään preparointi. Laminaarivirtauskaappi steriloidaan etanolilla. Vaihtuva ilma pitää olosuhteet steriilinä.

6.4 Kasvuolosuhteet laboratoriossa

Lepaan mikrolisäyslaboratorion yhteydessä on kasvatuhuone, jossa on loisteputket kasvatusvalona. Valoisa aika pidetään 16 tunnissa (klo 1-17)

ja pimeä aika 8 tunnissa (klo 17-1). Lämpötila on 25-26 °C. Valotus nostaa lämpötilaa.



Kuva 16. Mikrolisäyslaboratorion kasvatushuonetta kuvattu 11.4.2013.

7 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Kokeesta tehtiin havaintoja noin yhden tai kahden viikon välein. Ylös kirjattiin infektoituneiden ja kuolleiden silmujen määrät ja ne poistettiin. Suurin osa infektoista ilmenee ensimmäisten kahden viikon aikana. Yhteensä preparoin 136 silmua.

Taulukko 3. Ensimmäisen aloituserän tulokset. Aloitukset tehty 12-14.2.2013. Käytetty sterilointia 1. N=kokonaisputkimäärä. * -merkki = lupaavimmat silmut.

Aloitusalusta	Infektoituneet		Kuolleet	
	pvm	kpl	pvm	kpl
MS	20.2.	9	8.4.*	1
N=13	6.3.	3		
WPM	20.2.	12	20.3.	1
N=13				
ACM	20.2.	11	20.3.	1
N=14	6.3.	1	8.4.*	1

Taulukosta nähdään, että ensimmäisestä aloituserästä infektoitui yhteensä 36 silmua 40 preparoidusta silmusta. Yhteensä neljä silmua kuoli (10 %). Infektoituneita oli siis 90 %. Erässä oli kaksi lupaavaa kasvuun lähtenyttä silmua, jotka ovat kuolleet 8.4. mennessä. Toinen silmuista oli MS-alustalla ja toinen ACM-alustalla. MS-alustalla kasvanut silmu on kuvassa alla (kuva 13).



Kuva 17. Hyvin kasvuun lähtenyt silmu ensimmäisestä aloituserästä MS-alustalta, kuvattu 6.3.2013. Ruskeat silmusuomut ovat juuri avautumassa.

Taulukko 4. Toisen aloituserän tulokset. Aloitukset tehty 6.-7.3.2013. Käytetty sterilointia 1 ja 2 puolet kumpaakin.

Aloitusalusta	Infektoituneet		Kuolleet		Huomioita
	pvm	kpl	pvm	kpl	
MS N=13	13.3.	6	8.4.	1	*11.4. siirretty uuteen koeputkeen
	20.3.	2			
	8.4.	2			
	2.5.	2*			
WPM N=13	13.3.	8	20.3.	2	*2.5. infektoituneet
	20.3.	1			
	27.3.	2			
	8.4.	2			
ACM N=14	13.3.	8	20.3.	2	
	27.3.	3			
	8.4.	1			

Toisessa aloituserässä infektoituneita silmuja oli yhteensä 37 kpl 40 preparoidusta silmusta. Infektoituneita oli siis 93 % silmuista. Kuolleita oli yhteensä vain kolme (noin 8 %). Kuten edellisessäkin erässä, myös tällä kertaa lupaavia silmuja oli kaksi. Kummatkin MS-alustalla. Silmut siirrettiin uuteen koeputkeen kasvamaan 11.4., hieman yli kuukausi preparoinnin jälkeen. Kummatkin silmut infektoituivat 2.5. mennessä, alle kuukauden päästä siirrosta. Ilmeisesti silmuissa oli kaiken aikaa piilevä infektio, joka tuli esiin vasta uudella alustalla. Alla on kuva toisesta kasvuun lähteneestä silmusta MS-alustalla (kuva 14).



Kuva 18. Kasvussa oleva silmu toisesta aloituserästä MS-alustalta, kuvattu 11.4.2013. Silmu on ennen kuvausta siirretty uuteen koeputkeen, sen tyveltä on poistettu kallus-solukkoa ja leikattu uusi imupinta. Myös ruskeat silmusuomut on poistettu.

Taulukko 5. Kolmannen aloituserän tulokset. Aloitukset tehty 8.-10.4.2013. Käytetty sterilointeja 3 ja 4.

Aloitusalusta	Infektoituneet		Kuolleet		Huomioita
	pvm	kpl	pvm	kpl	
MS N=18	18.4.	10	14.5.	5	*15.5. siirretty uuteen putkeen
	25.4.	1			
	2.5.	1			
	30.5.*	1			
WPM N=19	18.4.	11	14.5.	2	*30.5. infektoituneet
	14.5.	1	30.5.*	1	
	30.5.*	4			
ACM N=18	18.4.	11	14.5.	2	
	30.5.*	4	30.5.*	1	

Kolmannessa aloituserässä infektoituneita silmuja oli yhteensä 44/55 preparoidusta silmusta. Infektoituneita oli siis 80 %. Kuolleita oli enemmän kuin kahdessa muussa erässä, yhteensä 11 kpl. Kuolleita oli siis 20 %. Lupaavia silmuja oli 11 kpl, mikä on paras tulos kolmesta aloituserästä. Kahdessa ensimmäisessä erässä oli vain kaksi lupaavaa silmuja kummassakin. Ero voi osittain johtua myös merkintätavasta. Viimeisessä erässä hiemankin lupaavia silmuja on säilytetty pitkään. Lupaavia silmuja oli MS-alustalla yksi, WPM-alustalla viisi ja ACM-alustalla viisi.

Yhteensä kaikissa kolmessa erässä oli lupaavia silmuja MS-alustalla 4 kpl, WPM-alustalla 5 kpl ja ACM-alustalla 6 kpl. Alustat pärjäivät siis

vertailussa tasaisesti, vaikka mitään varmaa niistä ei voida sanoa suuren infektoituneisuusprosentin vuoksi. Kokonaisinfektioprosentti oli 87 (118 infektoitunutta / 136 silmua). Kuolleiden prosentuaalinen osuus oli yhteensä 13 (18 kuollutta /136 silmua). Lupaavia silmuja oli 11 % (15/136).

Taulukko 6. Yhteenveto tuloksista. Määrittävänä seikkana sterilointi.

Alusta	Sterilointi	Silmumäärä kpl	Infektoituneet kpl	%	Kuolleet kpl	%	Lisäsmateriaali
MS		19	17		2		alaoksa
WPM	1	20	19		1		
ACM		21	18		3		
yht.		60	54	90	6	10	
MS		7	7				alaoksa
WPM	2	6	6				
ACM		7	6		1		
yht.		20	19	95	1	5	
MS		15	13		2		alaoksa
WPM	3	14	13		1		juurivesa
ACM		14	11		3		vesiverso
yht.		43	37	86	6	14	
MS		4	1		3		alaoksa
WPM	4	5	3		2		juurivesa
ACM		4	4				
yht.		13	8	62	5	38	

Alustojen välisiä eroja ei saada selville infektioiden takia. Huomioitavaa on se, että steriloinnilla 4 kuolleiden määrä on merkittävästi suurempi kuin muilla sterilointimenetelmillä. Steriloinnissa 4 käytettiin silmujen liekitystä, joka ilmeisesti oli liian raaka menetelmä monelle silmulle. Vaikka silmu kuoli, infektiosta ei kuitenkaan päästy.

Sterilointimenetelmien välille ei tule merkittäviä eroja paremmuudessa. Eri sterilointimenetelmien välillä on suuria eroja silmumäärässä, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja vertailtavuutta. Silmujen liekitystä olisi voinut kokeilla suuremmalla otannalla. Tosin vaikutti siltä, että liekitys tappoi suurimman osan silmuista.

Amerikanpyökillä on tehty ainakin yksi mikrolisäyskoe aiemmin. Barkerin ym. (1997) tutkimuksen tarkoituksena oli lisätä amerikanpyökkikantaa, joka on vastustuskykyinen pyökinkuoritaudille. Lisäaineistona käytettiin nuorten kylvötaimien ja hyödettyjen juurivesojen latvaa sekä vanhan puun preparoituja silmuja. Tutkimuksessa oli käytetty ACM-alustaa onnistuneesti, siksi se valittiin kokeiluun myös opinnäytetyössä. Toinen

tutkimuksessa käytetty alusta oli WS–alusta (Wolter Skoog medium), joka osoittautui epäsovivaksi, sillä kaikki kasvuun lähteneet silmut muuttuivat kloroottisiksi ja kuolivat. ACM–alustalla saatiin vakautetusti kasvamaan 13/33 (39 %) nuoren puun juurivesoista otettua genotyyppiä ja 6/44 (14 %) vanhan puun silmuista otettua genotyyppiä. 6 genotyyppiä onnistuttiin totuttamaan kasvatushuoneen ilmastoon kolmeksi kuukaudeksi. ACM-alustan todettiin sopivan amerikanpyökille mikrolisäyksen aloitus- ja monistusvaiheeseen. Mikrolisäyksen menetelmissä todettiin olevan vielä kehitettävää. Barkerin ym. mukaan amerikanpyökin mikrolisäys voidaan aloittaa sekä juveniilista että generatiivisesta osasta puuta. Genotyyppi vaikutti lisäyksen onnistumiseen: eri kantojen välillä oli suurta vaihtelua kasvuun lähdössä ja infektoitumisessa. Lisäysmenestys riippuu siis lisäysaineiston iästä ja tyypistä.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön yhteydessä ei saatu perustettua amerikanpyökin viljelmää, sillä suurin osa silmuista infektoitui. Kaikissa kasvuun lähteneissä silmuissa havaittiin ennemmin tai myöhemmin infektio. Sen sijaan kuolleista silmuista osa pysyi puhtaana. Tästä voisi päätellä, että infektio tulee silmun sisältä. Tällöin mikään sterilointi ei auta. Silmu pystytään epäilemättä steriloimaan niin hyvin, että infektiotaaraa ei ole, mutta silloin menetetään myös silmu. Mikäli amerikanpyökin mikrolisäystä vielä yritetään, on syytä panostaa puhtaaseen lisäysmateriaaliin. Talvi 2013 oli runsasluminen, mikä vaikeutti lisäysaineiston keruuta Kymenlaaksossa Mustilan puistometsässä. Lumisilla olosuhteilla on varmaankin ollut vaikutusta myös steriloinnin epäonnistumiseen. Alaoksa ja juurivesat olivat lumen peitossa. Lisäysaineisto kaivettiin esiin paksusta koppuraisesta kinoksesta. Lumeen hautautuminen lisää infektoriskiä, sillä lumessa on epäpuhtauksia.

Alustojen välille ei saatu eroja kokeen aikana, sillä infektoituminen esti niiden vertailun. Lupaavia silmuja oli kaikilla kolmella alustalla tasaisesti. Osa silmuista lähti lupaavasti kasvuun. Tämä viittaa siihen, että valitut alustat sopivat amerikanpyökille. Amerikanpyökin mikrolisäystä kannattaa kokeilla uudestaan samoilla alustoilla. Sen sijaan lisäyslähde, sterilointimenetelmiä ja ajankohtaa kannattaa vaihtaa. Lisäystä voitaisiin kokeilla alkukesällä luontaisesti kasvuun lähteneistä versokärkipaloista. Tällöin sterilointimenetelmäksi ei voi valita yhtä rajua käsittelyä kuin lepotilaisille silmuille. Lisäystä voitaisiin kokeilla uudestaan myös kevättalvella lepotilaisista silmuista, mutta silloin lisäysaineistoa pitäisi estää hautautumasta lumeen. Mustilan vanha amerikanpyökki saattaa olla fysiologisesti sellaisessa vaiheessa, jossa sen lisäys on vaikeaa tai mahdotonta. Lisäys olisi parempi aloittaa nuoremman juveniilivaiheisen puun silmuista tai kasvussa olevista oksankärkipaloista. Mustilan puistometsässä kasvaa myös muutamia nuoria amerikanpyökin taimia, mutta niiden käyttö lisäyslähteenä ei ole kannattavaa, sillä talvenkestosta ei ole takuita. Tähän mennessä Mustilan nuoret amerikanpyökkit eivät ole tehneet vaikutusta kestävyydellään ja kasvunopeudellaan, sillä ne ovat kärsineet pahasti halloista. Paras ratkaisu olisikin kasvattaa Mustilan

vanhasta puusta uusi juveniili taimi, josta otettaisiin aineistoa mikrolisäykseen tulevaisuudessa. Vanhan puun lisäys onnistuu juurivesapistokkaasta. Tällainen puu on onnistuttu kasvattamaan aiemminkin. Vanhan puun juurivesataimi kasvaa Mäntsälän Ohkolassa. Amerikanpyökin lisäys siemenestä olisi edelleen paras vaihtoehto onnistuessaan, sillä se tuo geneettistä muuntelua pyökkikantaan. Geneettisen muuntelun avulla pyökki pystyisi sopeutumaan paremmin Suomen ilmastoon. Jos Suomeen saataisiin geneettisesti toisistaan eroavia pyökkiyksilöitä, saattaisivat ristipölytyksen vaativat pyökit lisääntyä myös siemenestä. Tämä on kuitenkin hyvin pitkän tähtäimen suunnitelma, sillä pyökit alkavat tuottaa siementä luontaisella levinneisyysalueellaan aikaisintaan 40 vuoden iässä. Suomessa amerikanpyökin siementuotanto on suuri kysymysmerkki. Amerikanpyökit lisääntyvät levinneisyysalueensa pohjoisosissa lähinnä juurivesoista. Amerikanpyökki ei välttämättä pystyisi Suomen oloissa tuottamaan itämiskykyistä siementä, sillä sen kukat ovat erittäin arkoja hallalle. Olisi hyvä, jos amerikanpyökistä olisi Suomessa genotyypiltään toisistaan poikkeavia talvenkestäviä kantoja. Tähän voidaan päästä vain siemenlisäyksellä. Ilmaston lämpeneminen voi hyvin pitkällä aikavälillä helpottaa amerikanpyökin lisääntymisoloja Suomessa. Amerikanpyökki olisi hyvä lisä Suomen koristekasvivalikoimaan. Sen lisäys on vaikeaa, mutta siihen kannattaa perehtyä.

LÄHTEET

- Aaltonen, T. & Corander, N. 1997. Luonnonvaraiset hyöty- ja myrkkukasvit. Jyväskylä: Gummerrus. (s. 38)
- Alanko, P. 1999. Suomen suuri puutarhakirja 3. Helsinki: Tammi. (s. 280-281)
- Barker, M. J. Pijut, P. M. Ostry, M. E. & Houston, D. R. 1997. Micro-propagation of Juvenile and Mature American Beech. Netherlands: Kluwer Academic. Viitattu 12.3.2014.
http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/1997/nc_1997_barker_001.pdf
- Bonga, J. M. & von Aderkas, P. 1992. In Vitro Culture of Trees. Netherlands: Kluwer Academic. (s. 95-98)
- Burns, R. M. & Honkala, B. H. 1990. Silvics of North America: 2. Hardwoods. U.S. Department of Agriculture, Forest Service Agriculture Handbook 654. Washington, D.C.
http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/table_of_contents.htm
- Dirr, M. A. 1990. Manual of Woody Landscape Plants. Illinois: Stipes Publ. Company.
- Dirr, M. A. & Heuser, C. W. 2006. The Reference Manual of Woody Plant Propagation – From Seed to Tissue Culture. N. C.: Varsity Press.
- Dodds, J. H. & Roberts, L. W. 1982. Experiments in Plant Tissue Culture. Cambridge: University Press (autoklavointi)
- George, E. F. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture. Part 1: The Technology. 2. uudistettu painos. Englanti: Edington Exegetics Limited.
- Harrison, L. 2012. Latinaa puutarhureille – Yli 3000 kasvinnimeä selityksineen. suom. Donner, J. 2013 Helsinki: Schildts & Söderströms. (s. 101)
- Hartmann, H. T. Kester, D. E. Davies, F.T. & Geneve, R.L. 2011/2002. Hartmann & Kester's Plant Propagation – Principles and Practices. NJ: Prentice Hall.
- Havas, P. & Sulkava, S. 1987. Suomen luonnon talvi. Rauma: Kirjayhtymä Oy.

Hæggström, C.-A. 2014. Saarnensurma (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) Ahvenanmaalla. *Sorbifolia* 45(1): 30-36

Hoffman, M. H. A. 2005. List of Names of Woody Plants. The Netherlands. (s. 235-237)

Holmåsen, J. 1991. Pohjolan puut ja pensaat – pohjolan luonnonvaraiset lajit. suom. Pentti Alanko. Helsinki: WSOY.

Hosie, R.C. 1973. Native Trees of Canada. 7th edition. Canadian Forestry Service. Fitzhenry and Whiteside. Don Mills. 176

Hämet-Ahti, L., Palmen, A., Alanko, P. & Tigerstedt P. M. A. 1992. Suomen puu- ja pensaskasvio. 2. uudistettu painos. Helsinki: Dendrologian Seura.

Karhu, N. 1995. Vihreät jättiläiset. Suomen paksuimmat puut. Helsinki: Dendrologian seura. Vammalan kirjapaino. (s. 53)

Karjalainen, T. Kellomäki, S. Lauhanen, R. & Tuovinen, J. 1991. *Silva Carelica* 19: Ilmaston muutoksen vaikutus metsäekosysteemiin ja metsäkäyttöön: mekanismeja ja kehityssuuntia. Jyväskylä: Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta (puulajisuhteet s. 78-81, kuusen ja euroopanpyökin levinneisyyden muutokset)

Kellomäki, S. 1991. *Silva Carelica* 7: Metsäekologia. Jyväskylä: Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta.

Keto-Tokoi, P. & Kuuluvainen T. 2010. Suomalainen aarniometsä. Hämeenlinna: Karisto.

Krüssmann, G. 1977. Manual of Cultivated Broad-Leaved Trees and Shrubs. Volume II: E-PRO. Oregon: Timber Press.

Marjakangas, A. 2011. Ilmastonmuutos lähiluonnossamme. *Mediapinta*. (s. 38-54)

Miller. 2005. Amerikanpyökin levinneisyys muuttuu. Viitattu 11.3.2015.

Peters, R. 1997. Beech Forests. The Netherlands: Wageningen Agricultural University - Department of Forestry.

Press, B. 1992. Euroopan puut. suom. Pentti Alanko. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Rainio, R. 1970. Pyökin mahdollisuuksista puistopuuna. *Dendrologian seuran tiedotuksia* 1: 10-12.

Rook, D.A. & Page, C.N. 1992. The Importance of Arboreta in the Eventuality of Climate Change. 90th Anniversary Jubilee Symposium of Mustila Arboretum. Moision Kartano. (s. 90: amerikanpyökki häviämässä)

Ledig, F. T. & Kitzmiller, J. H. 1992. Genetic strategies for reforestation in the face of global climate change. *Forest Ecology and Management* 50: 153-169.

Saarinen Jaakko. Sähköpostiviesti 12.4.2014.

Saarinen J. & Väre, H. 2014. Dendrologian Seura Etelä-Koreassa. Osa 2. *Sorbifolia* 45 (1): 4-19. (Ullungin pyökit s. 11)

Salonen, V. 2006. Kasviekologia – Millaista on luonnonkasvien elämä?. Porvoo: WSOY.

Sternberg, G. & Wilson, J. 2004. *Native Trees for North American Landscapes*. Cambridge: Timber Press.

Tegel, S. 2010. Helsingin kaupunkikasviopas. Helsingin kasvisuunnittelun työkalupakki. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2010: 12. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Viitattu 12.3.2014 http://www.hel2.fi/hkr/julkaisut/2010/kasviopas_web.pdf

Telkänranta, H. 2013. Jääkauden perintö Euroopan metsissä. *Luonnon Tutkija* 3/2013. (s.107–115)

Young, J.A. & Young, C.G. 1992. *Seeds of Woody Plants in Northern America*. Oregon: Dioscorides Press.

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ilmasto-opas. Viitattu 12.3.2014. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/999b5e1b-9417-40fa-851e-d6c2995fa7c8/metsien-monimuotoisuus.html>

Amerikanpyökin levinneisyyskartta. Wikipedia. Viitattu 12.3.2014. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fagus_grandifolia_range_map.svg

Pyökinkuoritaudin levinneisyyskartta. Wikipedia. Viitattu 12.3.2014. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/15/DistributionMapBB D.jpg>

Suomen kasvillisuusvyöhykkeet. Otavan Opiston oppimateriaalit. Viitattu 19.3.2014. http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/peruskoulu/ge/ge3/2_suomen_luonnonolot_ja_maisemat_seka_niiden_synty/09?C:D=iFzi.iEAS&m:selres=iFzi.iEAS

Suomen ilmastovyöhykkeet. Ilmatieteen laitos. Viitattu 12.3.2014. <http://ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet>

Puuvartisten kasvien menestymisvyöhykkeet Suomessa. Suomalainen Taimi. Viitattu 19.3.2014.

<http://suomalaintaimi.fi/menestymisvyohykkeet>

Kylvöohjeet. Arboretum Mustila. Viitattu 12.3.2014.

<http://www.mustila.fi/sites/default/files/kylvoohjeet2013.pdf>

Amerikanpyökin loiskasvit. Go Botany. New England Wild Flower Society

<https://gobotany.newenglandwild.org/species/conopholis/americana/>

<https://gobotany.newenglandwild.org/species/epifagus/virginiana/>

Pyökkikasvien heimo. Wikipedia. Viitattu 24.3.2015.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Fagaceae>

Pyökin siemeniä (kuva 10). Viitattu 20.4.2015.

http://www.therampantgardener.co.uk/fagus_sylvatica-green_beech.html

Tammen äkkikuolema ja saarnensurma. Suomen Luonto. Viitattu 20.4.2015.

<http://www.suomenluonto.fi/sisalto/artikkelit/uudet-taudit-piinaavat-puita/>

Hollanninjalavatauti. Evira. Viitattu 20.4.2015.

<http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/ajankohtaista/arkisto/?bid=4207>

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja linkkejä

Aminonoff, M. 1974. Erfarenheter av bokens existensmöjligheter i Finland. Dendrologian Seuran tiedotuksia 5: 46-48, 59

George, E. F. 1993. Plant Propagation by Tissue culture. Part 2: In Practise. 2. uudistettu painos. Englanti: Edington Exegetics Limited.

Hagman, M. 1992. Arboretum Mustila 90 years – Jubilee Speech. 90th Anniversary Jubilee Symposium of Mustila Arboretum. Moisio Kartano.

Hanski, I, Lindström, J, Niemelä, J., Pietikäinen, H. & Ranta, E. 1998. Ekologia. Juva: WSOY (esim. s. 92 - 98 maailman havumetsät)

Hanski, I. 2007. Kutistuva maailma – Elinympäristöjen häviämisen populaatioekologiset seuraukset. Helsinki: Gaudeamus (s. 61-65)

Kallio, P (toim.). 1980. Pyökki. Kasvien maailma 4. (s. 1614-1616)

Kimmins, J. P. 1997. Forest Ecology – A Foundation for Sustainable Management.

Macdonald, B. 1986. Practical Woody Plant Propagation for Nursery growers.

Mäkinen, Y. Laine, U. & Kalela, A. 1994. Pohjolan kasvit. Helsinki: Tammi.
(s. 182-187)

Mossberg, B. & Stenberg, L. 2003. Suuri Pohjolan Kasvio. suom. Vuokko, S. & Väre, H. Helsinki: Tammi. (s. 87)

Rainio, R. 1975. Tidigare framförda synpunkter om bokens existens i Södra Finland. Dendrologian Seuran tiedotuksia 6: 14-19, 31

Valkonen, S. Rantala, S. & Sipilä, A. 1995. Jalojen lehtipuiden ja tervalepän viljely ja kasvattaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 575. Vantaa.

Amerikanpyökki. Levinneisyyskartta ym. Viitattu 11.3.2015.
http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/fagus/grandifolia.htm

Amerikanpyökin levinneisyyskartta. Viitattu 13.3.2015.
<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=fagr>

Amerikanpyökin käyttö kasvilääkinnässä. Viitattu 13.3.2015.
<http://www.nativetech.org/plantgath/plantgaht.htm>

Michiganin yliopiston tiedonhaku kasvilääkinnästä. Viitattu 13.3.2015.
<http://herb.umd.umich.edu/herb/search.pl>

Amerikanpyökki. Viitattu 11.3.2015
<http://www.luomus.fi/users/junikka/joensuu/Dendrokalvot.htm>

Amerikanpyökki. Viitattu 11.3.2015.
http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=10338

Amerikanpyökki. Fed Database. Viitattu 11.3.2015.
<http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/faggra/all.html>

ASPEN CULTURE MEDIUM = ACM-ALUSTA

(Ahuja, M.R. 1983. Somatic cell differentiation and rapid clonal propagation of Aspen. *Silvae Genetica* 32 (3-4): 131-135.;
 Uosukainen, M. 1997. kontaminaatiot solukkoviljelylaboratoriossa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 18. 9–17.)

KANTALIUKSET			RAVINTOLIUS		
Nimike	Yhdiste	Pitoisuus	ml kantaliuosta/l	Pitoisuus	
				mg/l	mM
WPM-A		g/100 ml	20		
	NH ₄ NO ₃ ammoniumnitraatti (hapettava)	2,00		400	5,0
	Ca(NO ₃) ₂ kalsiumnitraatti (hapettava, ärsyttävä)	2,78		556	2,4
WPM-B	K ₂ SO ₄ kaliumsulfaatti (hapettava)	4,95	20	990	5,7
WPM-C	CaCl ₂ ·2H ₂ O kalsiumkloridi (ärsyttävä)	1,92	5	96	0,65
AC-D	MgSO ₄ ·7H ₂ O magnesiumsulfaatti	3,7	5	370	1,5
	KH ₂ PO ₄ kaliumdivetyfosfaatti	1,7		170	1,25
MS-hivenaineet (MS-mikro)		g/100 ml	1		
	H ₃ BO ₃ boorihappo	0,620		6,2	0,1
	MnSO ₄ ·xH ₂ O mangaanisulfaatti (haitallinen)	1,690		16,9	0,1
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O sinkkisulfaatti (ärsyttävä)	0,860		8,6	0,03
	KI kaliumjodidi	0,083		0,83	0,005
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O natriummolybdaatti	0,025		0,25	0,001
Erilliset kantaliuokset g/100 ml, mitataan pipetillä MS-MIKRO-kantaliuokseen	*CuSO ₄ ·5H ₂ O 0,025 g kuparisulfaatti (haitallinen)	10 ml		0,025	0,0001
	*CoCl ₂ ·6H ₂ O 0,025 g kobolttikloridi (myrkyllinen)	10 ml		0,025	0,0001
MS-Fe = WPM-F		g/500 ml	4		
Kantaliuokseen punnitaan joko rauta(II)sulfaatti ja Titriplex III tai NaFe-EDTA	FeSO ₄ ·7H ₂ O rauta(II)sulfaatti (ärsyttävä)	2,785		???	???
	Na ₂ EDTA etyleenidiamiinitetraetikkahapon natriumsuola = Titriplex III (ärsyttävä)	3,725		???	???
	tai NaFe-EDTA, EDTA:n natriumrauta(III)suola	tai 3,67		tai 30	tai ???
AC-vitamiinit		g/250 ml	5		
Kantaliuos jaetaan 5 ml:n eriin, jotka säilytetään syväjäähässä (n. -20 °C).	tiamiinidikloridi (B ₁ -vitamiini)	0,005		0,1	0,0003
	nikotiinihappo (B ₃ -vitamiini) (ärsyttävä)	0,025		0,5	0,004
	pyridoksolihydrokloridi (B ₆ -vitamiini)	0,025		0,5	0,002
	lysiini (aminohappo)	5,0		100	???
Myo-inositoli (sokerialkoholi)		1,0g /100 ml	10	100 tai punnitaan erikseen	0,56
Sakkarosi (ruokosokeri) punnitaan erikseen			20 g/l	20000	58,5
pH	Tilavuus → n. 4/5 lopullisesta tilavuudesta		5,5		
	Tilavuus → 1 litra mittapullossa				
Agar			8,5 g/l	punnitaan erikseen, liuotetaan kuumentamalla lämpölevyllä + magneettiseoitus	
Bacto Peptone			0,27 g/l		

WOODY PLANT MEDIUM = WPM-ALUSTA (BASAL MEDIUM)

(Lloyd, D. & McCown, B. 1980. Commercially-feasible Micropropagation of Mountain Laurel, *Kalmia latifolia*, by Use of Shoot-tip Culture. The International Planta Propagator's Society. Combined Proceedings 30:421-427.; Uosukainen, M. 1997. Kontaminaatiot solukkoviljelylaboratoriossa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 18, 9-17.)

KANTALIUKSET			RAVINTOLIUOS		
Nimike	Yhdiste	Pitoisuus g / 100 ml	ml kantaliuosta/l	Pitoisuus	
				mg/l	mM
WPM-A	NH ₄ NO ₃ ammoniumnitraatti (hapettava)	2,00	20	400	5,0
	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O kalsiumnitraatti (hapettava, ärsyttävä)	2,78		556	2,4
WPM-B	K ₂ SO ₄ kaliumsulfaatti (hapettava)	4,95	20	990	5,7
WPM-C	CaCl ₂ ·2H ₂ O kalsiumkloridi (ärsyttävä)	1,92	5	96	0,65
WPM-D	KH ₂ PO ₄ kaliumdivetyfosfaatti	3,4	5	170	1,25
	H ₃ BO ₃ boorihappo	0,124		6,2	0,1
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O natriummolybdaatti	0,005		0,25	0,001
WPM-E	MgSO ₄ ·7H ₂ O magnesiumsulfaatti	7,4	5	370	1,5
	MnSO ₄ ·xH ₂ O mangaanisulfaatti (haitallinen)	0,446		22,3	0,13
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O sinkkisulfaatti (ärsyttävä)	0,172		8,6	0,03
	CuSO ₄ ·5H ₂ O kuparisulfaatti (haitallinen)	0,005		0,25	0,001
WPM-F = MS-Fe Kantaliukseen punnitaan joko rauta(II)sulfaatti ja Titriplex III tai NaFe-EDTA	FeSO ₄ ·7H ₂ O rauta(II)sulfaatti (ärsyttävä)	0,557	5	27,8	0,1
	Na ₂ EDTA etyleenidiamiinitetraetikkaha- pon natriumsuola = Titriplex III (ärsyttävä) tai NaFe-EDTA, EDTA:n natriumrauta(III)suola	0,745 tai 0,734		37,3 tai 36,7	0,1 tai 0,1
WPM-G (vitamiinit) Kantaliuos jaetaan 5 ml:n eriin, jotka säilytetään syväjäätössä (n. -20 °C).	tiamiinidikloridi (B ₁ -vitamiini)	0,02	5	1,0	0,003
	nikotiinihappo (B ₃ -vitamiini) (ärsyttävä)	0,01		0,5	0,004
	pyridoksolihydrokloridi (B ₆ -vitamiini)	0,01		0,5	0,002
	glysiini (aminohappo)	0,04		2,0	0,027
Myo-inositoli (sokerialkoholi)		1,0	10	100 tai punnitaan erikseen	0,56
Sakkarosi (ruokosokeri) punnitaan erikseen			20 g/l	20000	58,5
pH	Tilavuus → n. 4/5 lopullisesta tilavuudesta		5,2		
	Tilavuus → 1 litra mittapullossa				
Agar			8,5 g/l	punnitaan erikseen, liuotetaan kuumentamalla lämpölevyllä + magneettisekoitus	
Bacto Peptone			0,27 g/l		

MURASHIGEN & SKOOGIN ALUSTA = MS-ALUSTA

(Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. – Physiologia Plantarum 15: 473-497. Uosukainen, M. 1997. kontaminaatiot solukkoviljelylaboratoriossa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 18. 9–17.)

KANTALIUKSET			RAVINTOLIUS		
Nimike	Yhdiste	Pitoisuus	ml kantaliuosta/l	Pitoisuus	
				mg/l	mM
MS-pääravinteet (MS-makro)		g/l	100		
	NH ₄ NO ₃ ammoniumnitraatti (hapettava)	16,5		1650	20,6
	KNO ₃ kaliumnitraatti (hapettava)	19,0		1900	18,8
	CaCl ₂ x2H ₂ O kalsiumkloridi (ärsyttävä)	4,4		440	3,0
	MgSO ₄ x7H ₂ O magnesiumsulfaatti	3,7		370	1,5
	KH ₂ PO ₄ kaliumdivetyfosfaatti	1,7		170	1,25
MS-hivenaineet (MS-mikro)		g/100 ml	1		
	H ₃ BO ₃ boorihappo	0,620		6,2	0,1
	MnSO ₄ xH ₂ O mangaanisulfaatti (haitallinen)	1,690		16,9	0,1
	ZnSO ₄ x7H ₂ O sinkkisulfaatti (ärsyttävä)	0,860		8,6	0,03
	KI kaliumjodidi	0,083		0,83	0,005
	Na ₂ MoO ₄ x2H ₂ O natriummolybdaatti	0,025		0,25	0,001
Erilliset kantaliuokset g/100 ml, mitataan pipetillä MS-MIKRO-kantaliukseen	*CuSO ₄ x5H ₂ O 0,025 g kuparisulfaatti (haitallinen)	10 ml		0,025	0,0001
	*CoCl ₂ x6H ₂ O 0,025 g kobolttikloridi (myrkyllinen)	10 ml		0,025	0,0001
MS-Fe = WPM-F		g/500 ml	5		
Kantaliukseen punnitaan joko rauta(II)sulfaatti ja Titriplex III tai NaFe-EDTA	FeSO ₄ x7H ₂ O rauta(II)sulfaatti (ärsyttävä)	2,785		27,8	0,1
	Na ₂ EDTA etyleenidiamiinitetraetikkahapon natriumsuola = Titriplex III (ärsyttävä)	3,725		37,3	0,1
	tai NaFe-EDTA, EDTA:n natriumrauta(III)suola	3,67		36,7	0,1
MS-vitamiinit		g/250 ml	5		
Kantaliuos jaetaan 5 ml:n eriin, jotka säilytetään syväjäätössä (n. -20 °C).	tiamiinidikloridi (B ₁ -vitamiini)	0,005		0,1	0,0003
	nikotiinihappo (B ₃ -vitamiini) (ärsyttävä)	0,025		0,5	0,004
	pyridoksolihydrokloridi (B ₆ -vitamiini)	0,025		0,5	0,002
	glysiini (aminohappo)	0,1		2,0	0,027
Myo-inositoli (sokerialkoholi)		1,0g /100 ml	10	100 tai punnitaan erikseen	0,56
Sakkarosi (ruokosokeri) punnitaan erikseen			30 g/l	30000	87,6
pH	Tilavuus → n. 4/5 lopullisesta tilavuudesta		5,7		
	Tilavuus → 1 litra mittapullossa				
Agar			8,5 g/l	punnitaan erikseen, liuotetaan kuumentamalla lämpölevyllä + magneettisekoitus	
Bacto Peptone			0,27 g/l		

STERILOINTIMENETELMÄT

Kun erilaisia sterilointeja otettiin käyttöön, säilytettiin steriloinnin edelliset vaiheet. Esimerkiksi sterilointi 4:ssä on sterilointien 1, 2 ja 3 kaikki vaiheet mukana. Taulukkoon on merkitty numero siihen väliin, missä sterilointiin on lisätty jotakin uutta.

Sterilointi 1

Sterilointimenetelmä 1 otettiin amerikanpyökin mikrolisäystutkimuksesta (Barker ym. 1997)

Sterilointi aloitettiin hammasharjapesulla³, jonka jälkeen silmuja, joissa on vartta muutama sentti jäljellä, huuhdeltiin 30 min juoksevan veden alla. Tämän jälkeen työskentelyä jatkettiin laminaarivirtauskaapissa.² Dekanterilasiin laitettiin 0,5 %:sta natriumhydroksidia (NaOCl) ja Tween 20:tä kolme tippaa pintajännityksen alentamiseksi. Silmut laitettiin dekanterilasiin ja se täytettiin 100 ml:iin ioninvaihtovedellä. Liuosta sekoitettiin samalla kuumentaan magneettisekoittimessa 15 minuuttia. Silmut huuhdeltiin kolme kertaa ioninvaihtovedellä⁴ ennen preparointia. Koeputken suu ja korkki liekitettiin ennen silmun laittamista sinne.

Tämä sterilointi tehtiin koko ensimmäiselle erälle (12.-14.2.) ja puolelle toisesta erästä (6.3.), yhteensä 60 silmulle, jotka kaikki oli kerätty alaoksasta.

Sterilointi 2

² Silmuja huuhdeltiin 70 %:ssa alkoholissa (ETAX) 30 sekuntia.

Sterilointi 2 tehtiin puolelle toisesta erästä (7.3), yhteensä 20 silmulle, jotka kaikki oli kerätty alaoksasta.

Sterilointi 3

³ Tämän jälkeen tehtiin saippuapesu niin, että dekanterilasiin laitettiin 5 tippaa saippuaa (erisept) ja 150 ml ioninvaihtovettä ja sekoitettiin magneettisekoittimessa 10 minuuttia.

Sterilointi 3 tehtiin osalle kolmannen erän silmuista (8.-10.4.), yhteensä 43 silmulle, joista 19 oli juurivesasta, 16 vesiversosta ja 8 alaoksasta.

Sterilointi 4

⁴ Silmut liekitettiin ennen preparointia. Liekitys tapahtui niin, että silmu kastettiin alkoholiin ja sen jälkeen tuikattiin liekkiin. Alkoholi paloi pois silmun pinnalta.

Sterilointi 4 tehtiin pienelle osalle kolmannen erän silmuista (10.4.), yhteensä 13 silmulle, joista 8 oli

peräisin alaoksasta ja 5 juurivesasta.

Sterilointi 1

Steriloitimenetelmä otettiin amerikanpyökin mikrolisäytiljelmästä.

Sterilointi aloitettiin hammasharjapesulla, jonka jälkeen silmuja, joissa on vartta muutama sentti jäljellä, huuhdeltiin 30 min juoksevan veden alla. Tämän jälkeen työskentelyä jatkettiin laminaarivirtauskaapissa. Dekanterilasiin laitettiin 0,5 %:sta natriumhydroksidia (NaOCl) ja Tween 20:tä kolme tippaa pintajännityksen alentamiseksi. Silmut laitettiin dekanterilasiin ja se täytettiin 100 ml:iin ioninvaihtovedellä. Liuosta sekoitettiin samalla kuumentaen manganisekoittimessa 15 minuuttia. Silmut huuhdeltiin kolme kertaa ioninvaihtovedellä ennen preparointia. Koeputken suu ja korkki liekitettiin ennen silmun laittamista sinne.

Tämä sterilointi tehtiin koko ensimmäiselle erälle (12.-14.2.) ja puolelle toisesta erästä (6.3.), yhteensä 60 silmulle, jotka kaikki oli kerätty alaoksasta.

Sterilointi 2

Sterilointi aloitettiin hammasharjapesulla, jonka jälkeen silmuja, joissa on vartta muutama sentti jäljellä, huuhdeltiin 30 min juoksevan veden alla. Tämän jälkeen työskentelyä jatkettiin laminaarivirtauskaapissa. *Silmuja huuhdeltiin 70 %:ssa alkoholissa (ETAX) 30 sekuntia.* Dekanterilasiin laitettiin 0,5 %:sta natriumhydroksidia (NaOCl) ja Tween 20:tä kolme tippaa pintajännityksen alentamiseksi. Silmut laitettiin dekanterilasiin ja se täytettiin 100 ml:iin ioninvaihtovedellä. Liuosta sekoitettiin samalla kuumentaen manganisekoittimessa 15 minuuttia. Silmut huuhdeltiin kolme kertaa ioninvaihtovedellä ennen preparointia. Koeputken suu ja korkki liekitettiin ennen silmun laittamista sinne.

Tämä sterilointi tehtiin puolelle toisesta erästä (7.3), yhteensä 20 silmulle, jotka kaikki oli kerätty alaoksasta.

Sterilointi 3

Sterilointi aloitettiin hammasharjapesulla. *Tämän jälkeen tehtiin saippuapesu niin, että dekanterilasiin laitettiin 5 tippaa saippuaa (erisept) ja 150 ml ioninvaihtovettä ja sekoitettiin manganisekoittimessa 10 minuuttia.* Sitten silmuja, joissa on vartta muutama sentti jäljellä, huuhdeltiin 30 min juoksevan veden alla. Tämän jälkeen työskentelyä jatkettiin laminaarivirtauskaapissa. Silmuja huuhdeltiin 70 %:ssa alkoholissa (ETAX) 30 sekuntia ja sen jälkeen ioninvaihtovedessä. Dekanterilasiin laitettiin 0,5 %:sta natriumhydroksidia (NaOCl) ja Tween 20:tä kolme tippaa pintajännityksen alentamiseksi. Silmut laitettiin dekanterilasiin ja se täytettiin 100 ml:iin ioninvaihtovedellä. Liuosta sekoitettiin samalla kuumentaen manganisekoittimessa 15 minuuttia. Silmut huuhdeltiin kolme kertaa ioninvaihtovedellä ennen preparointia. Koeputken suu ja korkki liekitettiin ennen silmun laittamista sinne.

Tämä sterilointi tehtiin osalle kolmannen erän silmuista (8.-10.4.), yhteensä 43 silmulle, joista 19 oli juurivesasta, 16 vesiversosta ja 8 alaoksasta.

Sterilointi 4

Sterilointi aloitettiin hammasharjapesulla. Tämän jälkeen tehtiin saippuapesu niin, että dekantterilasiin laitettiin 5 tippaa saippuaa (erisept) ja 150 ml ioninvaihtovettä ja sekoitettiin magneettisekoittimessa 10 minuuttia. Sitten silmuja, joissa on vartta muutama sentti jäljellä, huuhdeltiin 30 min juoksevan veden alla. Tämän jälkeen työskentelyä jatkettiin laminaarivirtauskaapissa. Silmuja huuhdeltiin 70 %:ssa alkoholissa (ETAX) 30 sekuntia ja sen jälkeen ioninvaihtovedessä. Dekantterilasiin laitettiin 0,5 %:sta natriumhydroksidia (NaOCl) ja Tween 20:tä kolme tippaa pintajännityksen alentamiseksi. Silmut laitettiin dekantterilasiin ja se täytettiin 100 ml:iin ioninvaihtovedellä. Liuosta sekoitettiin samalla kuumentuen magneettisekoittimessa 15 minuuttia. Silmut huuhdeltiin kolme kertaa ioninvaihtovedellä. *Silmut liekitettiin ennen preparointia. Liekitys tapahtui niin, että silmu kastettiin alkoholiin ja sen jälkeen tuikattiin liekkiin. Alkoholi paloi pois silmun pinnalta.* Tämän jälkeen preparoitiin. Koeputken suu ja korkki liekitettiin ennen silmun laittamista sinne.

Tämä sterilointi tehtiin pienelle osalle kolmannen erän silmuista (10.4.), yhteensä 13 silmulle, joista 8 oli peräisin alaoksaasta ja 5 juurivesasta.