

Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeet eri interglasiaaleilla:  
vertailussa Eem ja Holoseeni

Alexi Isoaho

LuK-seminaari ja -tutkielma 790351A

Maantieteen tutkimusyksikkö

Oulun yliopisto

21.11.2019

## Tiivistelmä

Tutkielmassa selvitetään Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeiden maantieteellisiä eroja eem- ja holoseeni-interglasiaalien välillä. Eem-interglasiaali vallitsi 130 000 – 116 000 vuotta sitten ja tutkielmassa keskitytään tämän aikakauden lämpömaksimiin, joka vallitsi 125 000 vuotta sitten. Holoseeni taas on nykyään vallitseva ajanjakso, joka alkoi Veiksel-kauden loputtua 11 500 vuotta sitten, jolloin ilmasto alkoi lämpenemään ja mannerjäätiköt vetäytymään. Tutkielmassa keskitytään siis nykyhetkeen. Fennoskandiassa esiintyvät molempina aikakausina kasvillisuusvyöhykkeistä boreaalinen vyöhyke, lehtimetsävyöhyke ja arktisia vyöhykkeitä.

Boreaalinen vyöhyke jaetaan hemi-, etelä-, keski- ja pohjoisboreaaliseen vyöhykkeeseen ja yhdistävänä tekijänä näillä on havumetsien esiintyvyys ilmaston ja maaperän karuuden takia. Vyöhykkeellä esiintyy myös lehtipuita, hemiboreaalisella eniten ja pohjoisboreaalisella vähiten. Fennoskandian boreaaliselle vyöhykkeelle myös tyypillinen tekijä on sammakasvillisuuden määrä. Lehtimetsävyöhykkeelle tyypillisiä piirteitä ovat jalot lehtipuut ja pitkät kasvukaudet. Arktiset vyöhykkeet ovat taas karuja kasvillisuusvyöhykkeitä, joissa puiden kasvu on vähäistä.

Eemin ja holoseenin ero kasvillisuusvyöhykkeiden esiintymisen kannalta on se, että eemin lämpimämpi ja kosteampi ilmasto on siirtänyt pääasiassa vyöhykkeitä pohjoisemmaksi, mitä nykyään holoseenissa. Lehtimetsävyöhykettä esiintyi tällöin myös Suomessa ja eteläboreaalinen vyöhyke sijaitsi Suomen ja Ruotsin lapissa. Nykyään lehtimetsävyöhykettä esiintyy Fennoskandiassa vain Ruotsin eteläisimmissä osissa ja eteläboreaalista Suomen eteläosassa ja vastaavilla leveyspiireillä Ruotsissa ja Norjan rannikolla. Luonnollisesti näiden vyöhykkeiden välissä sijaitsee hemiboreaalinen vyöhyke, joka on voinut mahdollistaa esimerkiksi tammen kasvun Oulun leveyspiireillä eemin lämpömaksimin aikana, kun nykyään tämän leveyspiiri sijaitsee pitkälti Helsingin korkeudella. Kokonaisuudessaan suotuisampi ilmasto on vaikuttanut Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeiden pohjoisempaan sijaintiin huomattavasti.

## Sisällys

1. Johdanto .....	4
2. Fennoskandian yleispiirteitä .....	6
3. Alueella esiintyvät kasvillisuusvyöhykkeet.....	8
<b>3.1. Lehtimetsävyöhyke</b> .....	9
<b>3.2. Boreaalinen vyöhyke</b> .....	10
<b>3.3. Arktiset vyöhykkeet</b> .....	13
4. Käsiteltävät aikakaudet .....	13
<b>4.1. Eem</b> .....	14
<b>4.2. Holoseeni</b> .....	16
5. Kasvillisuusvyöhykkeiden erot eem- ja holoseeni-aikakausilla .....	17
6. Pohdinta ja johtopäätökset .....	19
Lähteet .....	22

# 1. Johdanto

Kasvillisuusvyöhykkeet ovat alueita, joissa vallitsee erilainen kasvillisuus. Kasvillisuus määräytyy pitkälti ilmaston ja maaperän perusteella ja näihin taas vaikuttaa erilaiset maantieteelliset tekijät ja prosessit. Tällä tarkoitetaan sitä, että erilaisiin ilmasto-oloihin sopeutuvat erilaiset kasvillisuudet, kun taas erilaiset maaperät antavat erilaiset kasvualustat kasvillisuuksille. Ilmastoon vaikuttaa ensisijaisesti maantieteellinen sijainti, jonka perusteella alueella vallitsee tietyn tyyppinen keskilämpötila sekä sadanta. Maaperä taas on kallioperän päällä oleva irtokerros, joka on muotoutunut pitkälti eksogeenisten prosessin kautta eli erilaisella rapautumis- ja eroosio toiminnalla. Maaperän ylin osa, maannos, on tärkein osa maaperästä kasvillisuuden kannalta, koska kasvien juuret ottavat tältä alueelta ravinteita. Maaperä ja ilmasto ovat kuitenkin jatkuvasti murroksessa. Tästä syystä myös kasvillisuusvyöhykkeet eivät ole pysyviä, vaan mukautuvat jatkuvasti muuttuviin olosuhteisiin.

Fennoskandian olosuhteet ovat olleet murroksessa koko olemassa olonsa aikana. Kvar-täärikausi eli jääkausiaika alkoi noin 2.6 miljoonaa vuotta sitten (Lunkka 2008: 191) ja tänä aikana Fennoskandiassa on vallinnut useita jääkausia, jotka ovat muovanneet alueen geomorfologiaa ja viilentänyt ilmastoa. Jääkausien välissä ovat interglasiaalit, jotka ovat lämpimiä ajanjaksoja ja jäätiköt mannerjäätiköt ovat vetäytyneet lähes kokonaan. Viimeisin lämpöjakso, eem-interglasiaalivaihe vallitsi noin 130 000 – 116 000 vuotta sitten (Lunkka 2008: 221). Tämän jakson aikana lämpimin vaihe oli nykyistä lämpimämpi (Aalbersberg & Litt 1998: 374) ja jäätiköiden määrä oli pienimmillään noin 125 000 vuotta sitten (Lunkka 2008: 221). Voidaan siis sanoa, että Eem-interglasiaali oli lämpimimmillään kautensa alkuvaiheessa.

Näiden tietojen perusteella tutkimus tämän ajan kasvillisuusvyöhykkeisiin on varsin ajankohtainen. Nykyisten ilmastomallien perusteella globaali keskilämpötila on noussut vuodesta 1860 vuoteen 2004  $0,6 \pm 0,2$  °C. Useiden ilmastomallien mukaan keskilämpötila tulee nousemaan myös Pohjolassa, keskiarvolta 2,6 °C (Käyhkö 2004: 27-29). Tutkijoilla on kuitenkin erilaisia näkemyksiä ilmastonlämpenemisen aiheuttajasta. Usein ihmisen vaikutus tulee vahvasti esiin, mutta myös luonnollinen ilmastovaihtelu voi olla syynä lämpenemiseen (Lunkka 2008: 255). Koska edellisellä lämpökaudella oli mahdollisesti

nykyistä lämpimämpää, voidaan tätä aikakautta tutkimalla saada arvokasta tietoa ilmaston lämpenemisen vaikutuksista esimerkiksi juuri Fennoskandiaan. Tämän aikajakson kasvillisuusvyöhykkeet antavatkin erinomaista kuvaa lämpimämmän ilmaston ja kasvilisuuden vuorovaikutuksista. Tämän tyyppistä tutkimusta voidaan erinomaisesti hyödyntää, kun tutkitaan miten ilmaston lämpeneminen vaikuttaa kasvillisuuteen.

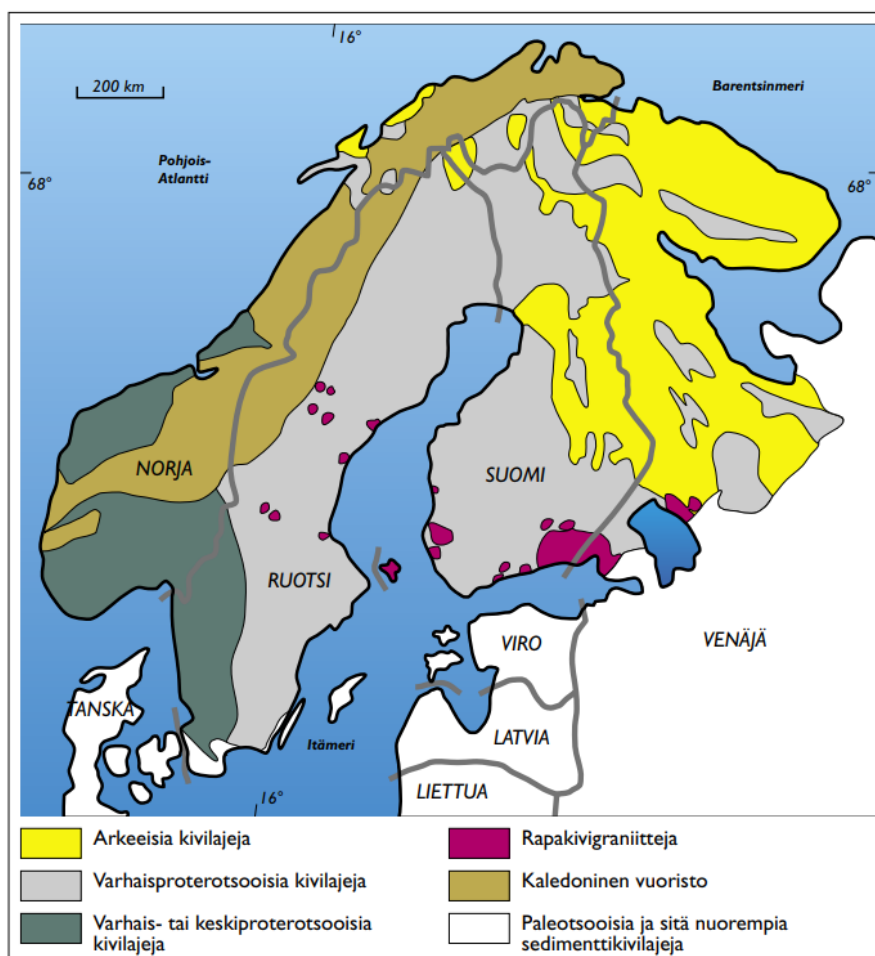
Tässä kirjallisuuskatsauksessa on siis tarkoitus tutkia Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeitä. Vertailujen kohteena toimivat nykyiset kasvillisuusvyöhykkeet, sekä eem-interglasiaalinen lämpömaksimin aikaiset kasvillisuusvyöhykkeet. Näitten kahden vertailu keskenään antaa edeltä mainittujen syiden vuoksi hyvää kuvaa tulevaisuutta ajatellen. Tutkimuksen hypoteesi on, että kasvillisuusvyöhykkeiden rajat ovat olleet edellisellä lämpökaudella nykyisiä pohjoisempana. Voisi olla mahdollista, että keski-Euroopan lehtimetsät olisivat myös levinneet laajemmalle alueelle Fennoskandiassa lämpimämmän ilmaston myötä. Boreaalisen vyöhykkeen puurajat voisivat olla myös nykyistä pohjoisemmassa. Eem-interglasiaalista on tosin sen verran pitkä aika, ettei tarkkoja vyöhykerajoja pystytä määrittämään, mutta suuntaa antavia arvioita voidaan eri tutkimusten pohjalta antaa.

Tutkimuskysymykset ovat täten seuraavat:

1. Miten käsiteltävien aikakausien kasvillisuusvyöhykkeet eroavat toisistaan Fennoskandiassa?
2. Mistä mahdolliset erot johtuvat?

## 2. Fennoskandian yleispiirteitä

Tutkielmassa tarkasteltavana alueena toimii otsikon mukaisesti Fennoskandia. Sillä tarkoitetaan Baltian kilven aluetta sekä koko Skandinaviaa, vaikkei Skandit ja sen länsipuoli kuulukaan tähän kilpialueeseen (Gorbatshev & Bogdanova 1993: 3-4). Fennoskandia ei kuitenkaan ole kovinkaan yleisesti arkikielessä käytetty ja usein puhutaan esimerkiksi ”Skandinaviasta” tai ”Pohjolasta” joiden määritelmät ovat kuitenkin täysin toiset. Fennoskandiaan kuuluvat siis Skandinavian niemimaa, Suomi, Kuolan niemimaa ja Karjala (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 3). Baltian eli Fennoskandian kilpi eroaa ympärillä olevista kilpialueista sen paljastuneen prekambriksen kallioperän vuoksi. Esimerkiksi kilven itärajan ulkopuolella Venäjällä ja Virossa prekambriksen kallioperä peittyy nuorempien sedimenttien alle (Korsman & Koistinen 1998: 94).



**Kuva 1: Fennoskandian rajaus ja kallioperän jako (Korsman & Koistinen 1998).**

Fennoskandia jaetaan kallioperänsä mukaan kolmeen eri pääosaan. Jakajana toimii kallioperän ikä. Vanhimpaan osaan kuuluu arkeinen alue, jossa kivilajit ovat yli 2 500 miljoonaa vuotta vanhoja ja nämä kivilajit ovat lähinnä gneissejä ja vihreäkiviä. (Korsman & Koistinen 1998: 95-97, Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 3-5) sekä migmatiittejä ja granitoideja (Luukkonen & Sorjonen-Ward 1998: 111). Kuvassa 1 näkyy, että arkeinen alue keskittyy pitkälti Fennoskandian itäosaan Kuolan niemimaalle, Karjalaan, sekä josain määrin Keski-Suomeen.

Svekofennisen alue on toiseksi vanhin jaetuista alueista. Sen kivilajit ovat syntyneet noin 1 900 – 1 860 miljoonaa vuotta sitten ja niitä kutsutaan varhaisproterotsooisiksi kivilajeiksi (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 5). Tällä alueella vallitsevat kivilajit ovat pitkälti granitoideja (Korsman & Koistinen 1998: 97), sekä vulkaanisen alkuperän omaavia kivilajeja (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 5). Nuorin jaetuista alueista on Lounais-Skandinavian alue. Tämä maa-alue sisältää varhais- ja keskiproterotsooisia kivilajeja, jotka ovat pääsääntöisesti syntyneet alle 1 800 miljoonaa vuotta sitten (Korsman & Koistinen 1998: 97). Alue on kohdannut useita orogeenisiä tapahtumia alkaen noin 1 200 miljoonaa vuotta sitten ja päättyen 900 miljoonaa vuotta sitten. Vuoripoimutukset ovat nostaneetkin alueelle pitkänomaisia sedimenttejä, jotka näkyvät yhä alueen topografiassa (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 5).

Fennoskandian topografia onkin melko monipuolista. Lännessä sijaitseva vuoristo, Skandit, ovat alueen korkeimpien alueiden haltija, kun taas Suomessa korkeus maanpinnasta on yleensä alle 200 metriä (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 6-7). Suomi olikin isolta osaltaan meren pinnan alapuolella viimeisen jääkauden jälkeen, mutta sittemmin maankohoamisen ansiosta rantaviiva on siirtynyt jatkuvasti enemmän länteen (Eronen 2005: 17). Skandien korkeimmat huiput yltävät taas lähes 2500 metrin korkeuteen maanpinnan yläpuolelle (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 6), joten korkeuserot ovat suuret. Fennoskandian suurimmat korkeuserot sijaitsevatkin Norjassa ja Ruotsissa Skandien läheisyydessä ja pienimmät Etelä-Suomessa (Lidmar-Bergström & Näslund 2005: 8).

Oman osansa Fennoskandian vaihtelevaan topografiaan ja geomorfologisiin muotoihin antaa nykyisin vallitseva jääkausiaika, jonka aikana useat jäätiköitymisvaiheet ovat muo-

vanneet Fennoskandian maaperää (Seppälä 2005: 35). Seppälän (2005) mukaan Fennoskandian vaihtelevat alueet voikin tiivistää pitkälti seuraavilla lauseilla: Norjan ja Ruotsin raja-alueen tuntumassa vallitsee vuoristot ja jyrkät rinteet. Suurin osa Ruotsia on kukkulamaista ja korkeuserot ovat aaltoilevia. Ruotsin eteläosat ja Suomen länsirannikko on alankoa, kun taas Etelä- ja Keski-Suomi on korkeuseroiltaan aaltoilevaa ja tätä aaltoilua hallitsevat prekambriiset kivet. Itä- ja Pohjois-Suomi sijaitsee alueella, jossa vanhan puolitasangon aikaiset kivet nousevat esiin eroosion jäljiltä. Fennoskandiassa maan luonteenpiirteet ovat siis todella monipuolisia ja alueellisesti vaihtelevia.

### 3. Alueella esiintyvät kasvillisuusvyöhykkeet

Kasvillisuusvyöhykkeet määritellään yleensä ilmaston parametrien, kuten kasvukauden pituuden, tehokkaan lämpötilan summa ja kokonaishaihdunnan mukaan (Heikkinen 2005: 185). Heikkisen (2005: 185) mukaan myös geologia, varsinkin maaperän ominaisuuksia hyödynnetään vyöhykkeiden rajaamisessa. Keskeisimpiä kasvillisuusvyöhykkeitä Fennoskandian kannalta ovat boreaalinen vyöhyke, arktiset vyöhykkeet ja lehtimetsävyöhyke. Nämä kolme käytännössä kattavat koko Fennoskandian alueen. Boreaalinen vyöhyke kattaa lähes kaiken Fennoskandiasta, orohemiarktinen pohjoisimpia osia Kuolan niemimaasta ja lehtimetsävyöhyke lounaisimman osan, eli Ruotsin eteläisimmät osat (Esseen ym. 1997: 17).

Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeet ovat erilaisia verrattuna saman leveyspiirin alueisiin kuten esimerkiksi pohjoiseen Kanadaan ja Alaskaan. Täällä vallitsee pitkälti tundrakasvillisuuden eri muodot (Bliss 2000: 2). Syynä tähän eroon on Fennoskandian maantieteellinen sijainti. Golfvirta vaikuttaa koko Eurooppaan lämmittävästi, erityisesti talvisin ja tekee näistä leudompia (Seager ym. 2002: 2563). Tämä taas mahdollistaa leudompiin talviin sopeutuneen kasvillisuuden synnyn Fennoskandian alueelle.





Kuva 2: Fennoskandian nykyiset kasvillisuusvyöhykkeet (Ahti ym. 1968).

### 3.1. Lehtimetsävyöhyke

Lehtimetsävyöhykettä esiintyy Fennoskandiassa erittäin vähän, vain Ruotsin eteläisimmässä päässä ja länsirannikolla, sekä Norjan etelä- ja länsirannikolla (Kuva 2). Tätä vyöhykettä esiintyy maailmalla yleisesti boreaalisen vyöhykkeen eteläpuolella (Morrison & Olson 2005 :74). Alueella esiintyy paljon lehtimetsää, sekä lehti- ja havupuitten muodostamaa sekametsää (Simons 2005: 63). Tyypillisiä puulajikkeita ovat tammet (*Quercus*), erilaiset valkopyökkit (*Carpinus*), pyökkit (*Fagus*), lehmukset (*Tilia*), saarnet (*Fraxinus*), sekä männyt (*Pinus*) (Ogureeva 2005: 117).

Heinäkuun keskilämpötilat vaihtelevat pääsääntöisesti 16 ja 18 °C välillä, vaikkakin brittien saarilla sama keskilämpötila voi olla alle 14 °C. Brittien saarilla tammikuun keskilämpötila on kuitenkin plussan puolella, kun Ruotsin ja Norjan lehtimetsävyöhykkeen alueilla sama lämpötila -2 ja 0 °C välillä (Helmens 2014: 117). Lämpötilan suhteen lehtimetsävyöhykkeen ero hemiboreaaliseen näyttäisikin olevan tammikuun keskilämpötilassa, hemiboreaalisen ollessa huomattavasti kylmempi. Lehtimetsävyöhykkeen kasvukausi onkin melko paljon suurempi, kuin boreaalisella vyöhykkeellä. Esimerkiksi brittien saarilla ja keski-Euroopassa kasvukausi voi olla yli 200 päivää, Ruotsin eteläisimmässä kohdassa puhutaan noin 190 päivästä (Rötzer & Chmielewski 2001: 254).

### 3.2. Boreaalinen vyöhyke

Tämä havumetsien täyttämää vyöhyke, taiga, sijaitsee alueilla, joissa ilmasto ja maaperä ovat liian karua lehtimetsävyöhykkeen kasvillisuudelle (Ruotsalo 2014: 69). Fennoskandian boreaaliselle vyöhykkeelle luonteenomaista on sammalkasvillisuuden suuri määrä kenttäkerroksessa (Esseen ym. 1997: 19). Boreaaliset vyöhykkeet kattavat yli 14.7 miljoonaa neliökilometriä eli 11% maapallon maanpäällisestä pinnasta. Näillä alueilla näyttäisi myös olevan vahvaa korrelaatiota kausittaisen ilmaston hiilidioksidin ja kausittaisen ”vihreyden” välillä. Boreaalisen vyöhykkeen ilmasto-olot sisältävät usein vahvaa vuodenaikaista vaihtelua. Suurimmat vaihteluvälit sijaitsevat mannerilmastollisilla alueilla, kuten Alaskassa ja itäisessä Siperiassa, kun taas pienemmät vaihteluvälit meriilmaston vaikutuksen alaisena, kuten itäisessä Kanadassa ja Skandinaviassa. (Bonan & Shugart 1989: 1-4). Fennoskandian boreaalinen vyöhyke erottuu muusta Euraasian alueen boreaalisesta vyöhykkeestä ilmasto-olojensa ansiosta, esimerkiksi metsäpaloja on vähemmän ja puut elävät täten keskimääräisesti pidempään. Myös pensaskasvillisuus loistaa poissa olollaan samasta syystä, vaikka muualla maailmassa boreaalisilla alueilla tätä esiintyy (Esseen ym. 1997: 18-19).

Boreaalinen vyöhyke voidaan jakaa hemi-, etelä-, keski- ja pohjoisboreaalisiin vyöhykeisiin (Ahti ym. 1968: 187). Hemiboreaalinen vyöhyke on boreaalisen vyöhykkeen eteläisin osa (Kuva 2) ja sille luonteenomaista ovat yrttikasvillisuuden suuri määrä ja tyypillisiä lajeja ovat esimerkiksi metsäkastikka (*Calamagrostis arundinacea*) ja sananjalka

(*Pteridium aquilinum*). Fennoskandiassa yrttikasvillisuuden esiintyminen ei kuitenkaan ole kovinkaan runsasta. Vyöhykkeelle tyypillistä pensaskasvillisuutta ei myöskään Fennoskandian alueelta löydy, mutta muutamaa pajulajiketta kuitenkin esiintyy, kuten ahopaju (*Salix starkeana*) ja kataja (*Juniperus communis*). Tyypillisimpiä puulajikkeita alueella ovat erilaiset jalot lehtipuut. Esimerkiksi lehtosaarni (*Fraxinus excelsior*), vuorijalava (*Ulmus glabra*), metsälehmus (*Tilia cordata*) ja tammi (*Quercus robur*) ovat luonteenomaisia puulajeja hemiboreaalisen vyöhykkeellä. Karummalla maaperällä esiintyy havupuita (Esseen ym. 1997: 18-19) ja esimerkiksi kuuset (*Picea*) menestyvät hyvin (Solantie 1990: 37). Hemiboreaalisen vyöhykkeen pohjoisraja seuraa pitkälti tammen levinneisyyttä (Ahti ym. 1968: 191). Hemiboreaalisen vyöhykkeen keskimääräiset heinäkuun lämpötilat ovat 16 ja 18 °C välillä ja tammikuun keskilämpötila -10 ja -2 °C välillä (Helmens 2014: 117). Kasvukauden pituus tällä vyöhykkeellä on keskimäärin 137 päivää (Karlsen ym. 2006: 418). Hemiboreaalista vyöhykettä sijaitsee Fennoskandiassa lähinnä kaakkois-Ruotissa ja Gotlannissa, sekä Norjan etelä- ja länsirannikolla. Suomessa esiintyminen rajoittuu pitkälti lounaisrannikolle (Kuva 2).

Eteläboreaalinen vyöhyke alkaa hemiboreaalisen vyöhykkeen pohjoisrajasta ja loppuu keskiboreaalisen vyöhykkeen etelärajaa (Kuva 2). Eteläboreaalisen vyöhykkeen ero hemiboreaaliseen määrittyy pitkälti puulajistolla. Tällä vyöhykkeellä esiintyy hajanaisesti samoja jaloja lehtipuita, kuin hemiboreaaliselakin, mutta havupuilla on täällä valta-asema. Havupuitten menestyminen johtuu muun muassa ilmastollisista oloista ja maaperästä, joiden ansiosta puut voivat kasvaa suuriksi ja saavat alueeltaan valta-aseman (Solantie 1990: 37-42). Muualla kuin Fennoskandiassa hyvä tunnusomainen merkki hemiboreaalisen ja eteläboreaalisen vyöhykkeen välillä on yrtti- ja pensaslajikkeiden selvä väheneminen (Esseen ym. 1997: 18). Suurin osa eteläboreaalisen vyöhykkeestä Fennoskandiassa sijaitsee Suomessa, pienempiä vyöhykkeiden osia keski-Ruotissa ja Norjan luoteisrannikolla (Kuva 2). Keskilämpötilat heinäkuussa näillä alueilla pyörivät 16 °C ympärillä ja tammikuussa -6 ja -10 °C välillä (Helmens 2014: 117). Kasvukauden pituus tällä vyöhykkeellä on keskimäärin 133 päivää (Karlsen ym. 2006: 418). Tällä vyöhykkeellä maaperä kuivuu kesällä melko paljon, joten soiden määrä on lukumäärällisesti melko pieni Suomessa (Solantie 1990: 37).

Keskiboreaalinen vyöhykkeellä havupuut vallitsevat suurimpana puulajikkeena ja koivut edustavat lehtipuita (Esseen ym. 1997: 18), joten jaloja lehtipuita ei enää luonnollisesti juuri esiinny. Kuusimetsät ovat tämän kasvillisuusvyöhykkeen tunnusomaisin metsätyyppi. Hyviä tunnusomaisia esimerkkilajeja ovat lehtotoukanhattu (*Aconitum lycocotum*) sekä pohjasinivalvatti (*Lactuca alpina*) (Ahti ym. 1968: 197). Keskiboreaalinen kasvillisuusvyöhyke sijaitsee alueella, jossa keskimääräinen ilman kosteus poikkeaa, sekä etelä- ja pohjoisborealisesta kasvillisuusvyöhykkeestä. Tämä ilman kosteus vähentää muun muassa yöpakkasia kasvukauden alussa ja vaikuttaa suoraan kasvillisuuden kehittymiseen tällä vyöhykkeellä. Keskiboreaalisen vyöhykkeen ilmasto-olot antavat mahdollisuuden soiden kehittymiselle (Solantie 1990: 48-49). Tällä alueella heinäkuun keskilämpötilat pyörivät 14 °C lähetyvillä, mutta tammikuun keskilämpötilat ovat jo huomattavasti pakkasen puolella, -14 °C lähetyvillä (Helmens 2014: 117). Muutos on melko suuri, kun vertaa tammikuun lämpötiloja eteläboreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen lämpötiloihin. Kasvukausi ei kuitenkaan ole keskimääräisesti vielä merkittävästi lyhyempi eteläborealiseen vyöhykkeeseen verrattuna sen ollessa 127 päivää pitkä (Karlsen ym. 2006: 418).

Pohjoisboreaalinen vyöhyke on boreaalisen vyöhykkeen pohjoisin osa kuten kuvassa 2 näkyy. Suurimpana erona keskiborealiseen vyöhykkeeseen on pajujen esiintyminen, sekä pohjoiseen sopeutuneet putkilokasvit (Dahl 1989 Esseen ym. 1997: 18 mukaan). Pohjoisborealisessa vyöhykkeessä havupuut ovat samalla tavalla vallitseva puulajike, kuin keskiborealisessakin ja samalla tavalla myös koivut edustavat lehtipuita (Esseen ym. 1997: 18). Ahti ym. (1968: 198) ottaa pohjoisboreaalisen vyöhykkeen määrittelyssä mukaansa lähes koko koillis-Fennoskandian alueen, jolloin alueella esiintyy myös tunturikoivuja ja alueita, joita kutsutaan Suomessa joutomaiksi. Pohjoisboreaalisen vyöhykkeen kasvialue on topografialtaan hyvin erilainen verrattuna muihin osiin borealisesta vyöhykkeestä, lähinnä vuoristojen ja niiden jäänteiden takia (Ahti ym. 1968: 198). Vyöhykkeen pohjoisraja tulee vastaan, kun alue on puutonta ja kasvillisuus on sopeutunut arktisiin olosuhteisiin (Heikkinen 2005: 191) ja raja seuraakin pitkälti tunturikoivun puurajaa (Ahti ym. 1968: 198). Heinäkuun keskilämpötilat ovat tällä vyöhykkeellä 8 ja 14 °C välillä ja tammikuun taas alle -14 °C (Helmens 2014: 117). Alueella maaperä saattaakin olla jäätynyttä pitkälle kesään (Solantie 1990: 58) ja tällä luultavasti onkin vaikutusta

kasvukauden pituuteen verrattuna muihin boreaalisen vyöhykkeen alaosiin. Keskimääräinen kasvukausi onkin merkittävästi lyhyempi sen ollessa 109 päivää pitkä (Karlsen ym. 2006: 418).

### 3.3. Arktiset vyöhykkeet

Ahti ym. (1968) jakaa Fennoskandiassa arktiset vyöhykkeet kahteen osaa: orohemiarktiseen, sekä oroarktiseen vyöhykkeeseen. Orohemiarktinen vyöhyke sijaitsee Fennoskandiassa boreaalisen vyöhykkeen pohjoispuolella, kun taas oroarktinen vyöhyke kuvastaa puuttomia alueita korkeilla alueilla, kuten tuntureilla ja vuoristoissa. Alueita yhdistää karut olosuhteet, joissa puut harvemmin selviävät. Orohemiarktinen vyöhykkeen ilmasto kuuluu Köppenin ilmastoluokituksessa kylmään tundrailmastoon (Heikkinen 2005: 193). ja laajimmat vyöhykkeen alueet löytyvät Kuolan niemimaan itäosasta (Ahti ym. 1968: 200). Kasvukauden pituus Fennoskandian arktisilla alueilla on 96 päivää (Karlsen ym. 2006: 418). Fennoskandian arktisilla vyöhykkeillä löytyy jonkun verran puulajeja, kuten tunturikoivuja, mäntyjä ja kuusia. Nämä ovat kuitenkin todella alueellisia ja suurin osa orohemiarktista vyöhykkeestä onkin joutomaata (Heikkinen 2005: 189-193). Orohemiarktista vyöhykettä hallitsee tundrakasvillisuus, kun taas oroarktista vuoristokasvillisuus (Sonesson ym. 1975). Arktisten vyöhykkeiden kasvillisuus on täten huomattavasti karumpaa verrattuna boreaalisen vyöhykkeen pohjoisosiin.

## 4. Käsiteltävät aikakaudet

Tutkielmassa on tarkoitus perehtyä, miten kasvillisuusvyöhykkeet poikkeavat toisistaan nykyisen ja sitä edeltävän interglasiaalisen aikana. Kuten johdannossa mainittiin, interglasiaalit ovat jääkausiaikana jääkausien välissä olevia lämpimiä ilmastojaksoja, jotka ovat kestäneet yleensä noin 10 000 vuotta viimeisen 800 000 vuoden aikana. Glasiaalivaiheet eli varsinaiset jääkaudet ovat taas kestäneet noin 90 000 vuotta saman ajanjakson aikana (Lunkka 2008: 191). Tutkielmassa käsiteltävät interglasiaalit ovat eem ja flanderi. Flanderin-käsitettä ei kuitenkaan juuri yleisesti käytetä, joten tutkielmassa käsitellään nykyistä

aikakautta holoseeni-käsitteen kautta, näiden käsitteiden ollessa tällä hetkellä pitkälti sama asia. Eemin ja holoseenin välissä oli Veiksel-vaihe, joka sisälsi kylmiä ajanjaksoa ja hieman lämpimämpiä interstadiaalivaihetta (Lunkka 2008: 235-236; Johansson ym. 2011: 107-111). Viimeisin Veiksel-jäätiköityminen päättyi noin 11 500 vuotta sitten ajanjakson vaihtuessa nykyiseen (Lunkka 2008: 242).

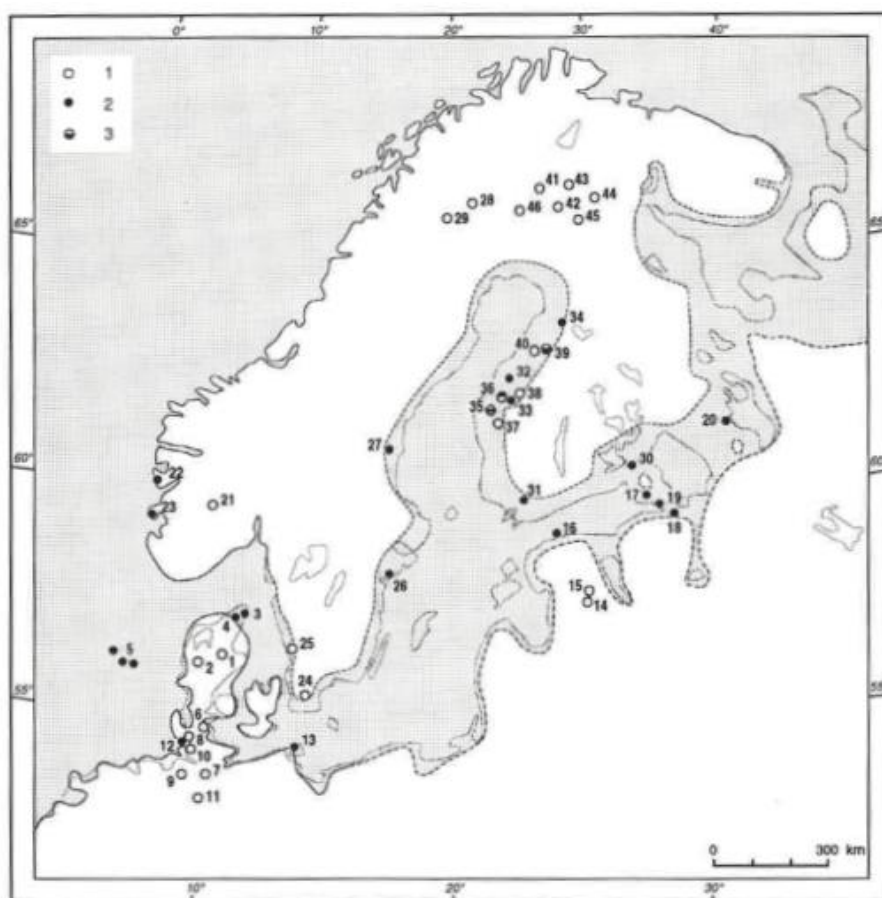
#### **4.1. Eem**

Eem-interglasiaali kattaa aikakauden noin 130 000 - 116 000 vuotta sitten (Lunkka 2008: 228) ja on pleistoseeni epookin viimeinen interglasiaali (Donner 1995: 38). Aikakauden ilmasto oli melko vakaa (Cheddadi ym. 1998: 75) ja lämpötilat olivat nykyisiä lämpimämpiä (Brewer ym. 2008: 2303). Maapallon keskilämpötila oli niinkin korkea, että viimeisen 250 000 vuoden aikana ei ole ollut yhtä lämmintä, globaalin keskilämpötilan ollessa jopa 2 °C nykyistä lämpimämpi (CAPE-Last Interglacial Project Members 2006: 1383). Arktisilla alueilla, kuten Grönlannissa ja Etelämantereella, keskilämpötilat olivat jopa 5 °C nykyistä lämpimämmät (Lunkka 2008: 234). Suomessa Vaasan seudulla ja Ruotsin lapissa tammikuun keskilämpötilat olivat lähemmäs 7 °C ja mahdollisesti jopa vielä tätä korkeammat, kuin nykyisin (Kaspar ym. 2005: 3). Nämä keskilämpötilat ja ylipäättänsä lämpimin ilmasto rajoittuu pitkälti tämän interglasiaalisen alkuvaiheeseen noin 125 000 vuotta sitten, jonka jälkeen ilmasto alkoi hitaasti viilenemään (Brewer ym 2008: 2310-2313).

Korkean keskilämpötilan lisäksi eemin aikana globaali merenpinta oli parhaimmillaan noin 4-6 metriä nykyistä korkeammalla (Lunkka 2008: 234). Syinä tähän oli korkeamman lämpötilan aiheuttamat mannerjäätiköiden sulamiset. Muun muassa Grönlannissa mannerjäätikön massa oli nykyistä 30-50% pienempi (Otto-Bliesner ym. 2006) ja vuoristojen jäätiköt olivat hävinneet ainakin joltain osin (Dutton & Lambeck 2012: 216). Korkeamman merenpinnan lisäksi edellisen jääkauden aiheuttama maanpaineutumisen vaikutti vahvasti Pohjois-Euroopassa tehden Fennoskandiasta saaren (Donner 1995: 39). Kuvassa

3 näkyy Fennoskandian rannikkoviivat korkeimmillaan merenpintaan nähden. Tätä Itämeren vaihetta, jolloin yhteys etelässä oli Pohjois-Atlanttiin ja koillisessa Pohjoiseen Jäämereen kutsutaan Eemereksi (Donner 1995: 41; Lunkka 2008: 233).

Eem-interglasiaalin lämpimin aikakausi oli myös keskimääräisesti sateisempi kuin nykyinen Eurooppa (Brewer ym. 2008: 2312). Tätä väitettä tukevat myös tutkimukset, joiden mukaan pitkälti koko pohjoinen pallonpuolisko oli nykyistä sateisempi (CAPE-Last Interglacial Project Members 2006: 1385-1386). Näyttääkin pitkälti siltä, että eemin aikainen ilmasto oli lämpimämpään ja kosteampaan sopeutuneelle kasvillisuudelle nykyistä suotuisampi pohjoisessa. Suurin syyn suotuisampaan ilmastoon näyttäisi olevan orbitaalista eli avaruudellisista syistä johtuva, kesäaikana saatava auringon energia, joka oli tuohon aikaan nykyistä suurempi (Lunkka 2008: 234).



**Kuva 3: Fennoskandia noin 125 000 vuotta sitten (Donner 1995).**

## 4.2. Holoseeni

Holoseeni kuvastaa nykyistä ajanjaksoa, joka alkoi noin 11 500 vuotta sitten (Lunkka 2008: 242). Holoseeni on nykyaika kuvastava epookki, joka alkoi flanderi-interglasiaalilla tämän jatkuessa edelleen (Donner 1995: 131). Holoseeni-kauden alku häämötti noin 21 000 vuotta sitten auringon säteilyn määrän kääntyessä kasvuun insolaatiominimistään. Ilmasto alkoi tällöin lämpenemään, mutta se keskeytyi muutamaan otteeseen noin 16 800 ja 12 000 vuotta sitten jäätiköistä vapautuneiden sulavesien takia. Nämä kylmät ja makeat vedet estivät lämpimän ilman siirtymisen pohjoisille alueille (Lunkka 2008: 242). Lunkan (2008: 242) mukaan jälkimmäinen ilmaston lämpenemisen keskeytyminen pysäytti jäätikön vetäytymisen ja tämän reunoille syntyi koko Fennoskandiaa kiertävät reunamuodostumat. Tunnetuimpia reunamuodostumia suomalaisille tältä ajalta lienevät Salpausselät.

Holoseenin alun jälkeen ilmasto on melko vaihteleva ja tänä ajanjaksona on ollut useita hieman lämpimämpiä ja kylmempiä ajanjaksoja (Mayewski ym. 2004: 247) ja itse asiassa Fennoskandian ilmasto on ollut lämpimimmillään 9 000 – 5 500 vuotta sitten, kunnes ilmasto tällä alueella saavutti holoseenin lämpötilamaksiminsa ja lämpeneminen kääntyi laskuun (Lunkka 2008: 243). Lämpeneminen Veiksel-kauden jälkeen ei kuitenkaan ollut tasaista, sillä esimerkiksi 8 200 vuotta sitten ilmasto viileni nopeasti (Mayewski ym. 2004: 248). Syynä tähän oli jäätiköiden sulamisvesien aiheuttama Golfvirran pysähtyminen ja ilmiö kesti noin 200 – 400 vuotta, jonka jälkeen lämpeneminen jatkui kohti holoseenin lämpömaksimia (Lunkka 2008: 243-244).

Kokonaisuudessaan holoseenin aikana tapahtuneet ilmastovaihtelut näyttäisivät olevan edeltävään interglasiaaliin verrattaessa nopeammat ja äkillisemmät sillä eem oli ilmastollisesti vakaa (Cheddadi ym. 1998: 75), eikä maapallon ilmastossa tapahtunut äkillisiä muutoksia (Lunkka 2008: 232). Nykyinen ilmastotrendi näyttäisi olevan yleisesti lämpenevään päin ja tämä näkyy myös Fennoskandiassa (Moberg ym. 2005: 130). Tutkijoilla on ollut erimielisyyksiä nykyisen ilmastotrendin syystä, mutta usein ajatellaan ihmisen toiminnan olevan tässä merkittävässä asemassa. Esimerkiksi Ruddimanin ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa paneudutaan tähän ilmiöön useamman eri hypoteesin kautta ja tulokset tukevat tätä näkökantaa. Lunkka (2008: 24) taas mainitsee, että periaatteessa nykyinen lämpeneminen voisi olla ilmaston luonnollista tuhatvuotissyklisyyttä ja viimeisen

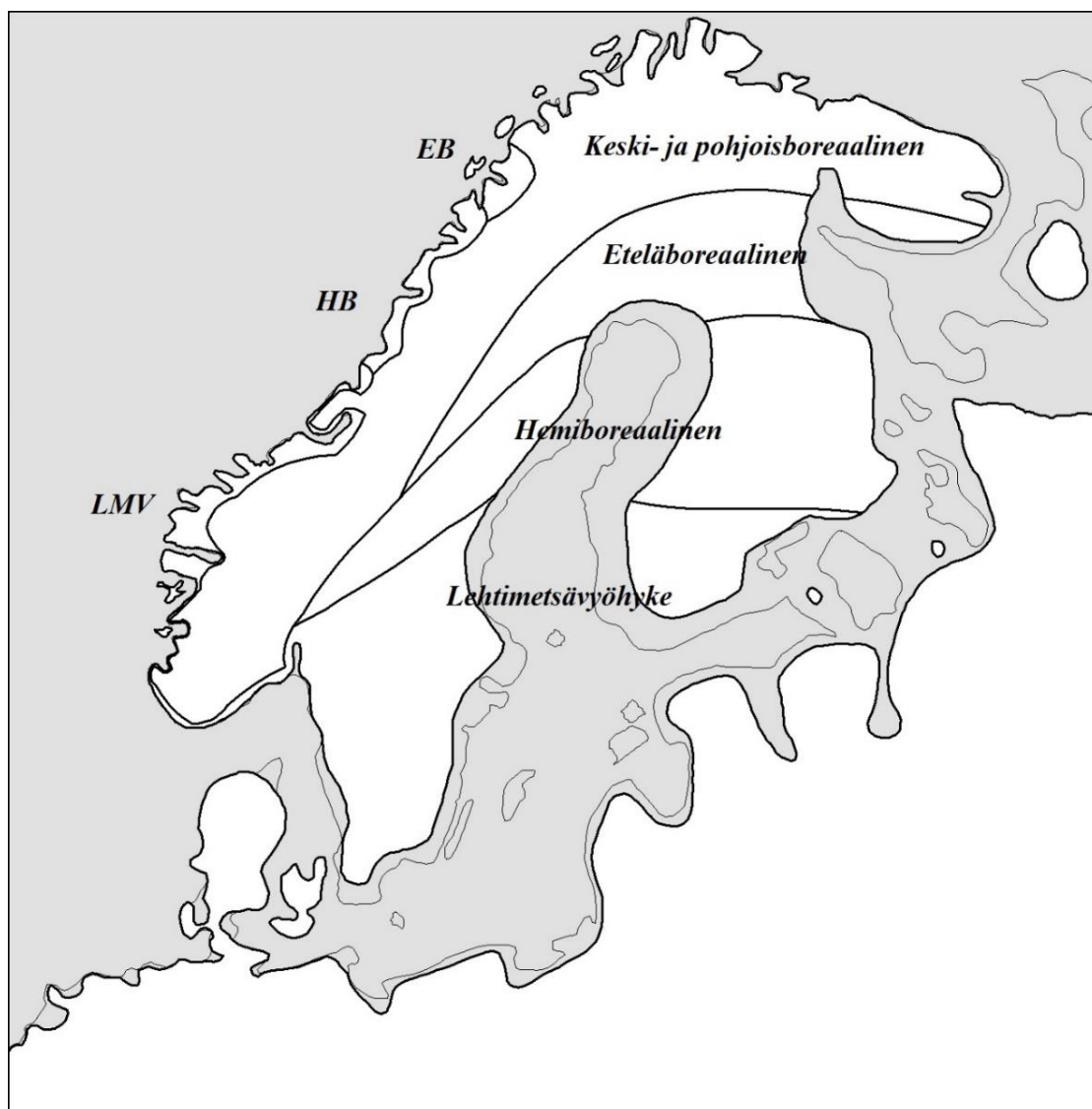


2 000 vuoden aikana on ollut useampikin hetki, kun lämpötilamuutokset ovat olleet jopa nykyisiä suurempia. Esimerkkeinä hän mainitsee keskiajan lämpimät ajanjaksot, jotka olivat eriaikaisia ympäri maailmaa ja ”pienen jääkauden”, joka vallitsi Euroopassa vuosina 1 400 – 1 900. Ilmaston tutkimuksessa on vielä paljon epävarmuustekijöitä, mutta melko varmaa on, että holoseeni on lämpökautena erilainen, mitä edeltävä eem on ollut.

## 5. Kasvillisuusvyöhykkeiden erot eem- ja holoseeni-aikakausilla

Lehtimetsävyöhyke on Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeistä eteläisin ja nykyään sitä esiintyy ainoastaan Ruotsin eteläisimmässä osassa (Kuva 2). 125 000 vuotta sitten tuota osaa dominoivat pähkinäpensaat, tammet ja lepät, mutta valkopyökkien ja kuusien jäänteitä on myös löytynyt (Robertsson 2000: 329). Alueen dominoiva kasvillisuus on nykyään samanlainen tyypillisten puulajikkeiden ollessa pitkälti samoja (Ogureeva 2005: 117).

Lehtimetsävyöhyke oli yleisesti nykyistä rajaa pohjoisemmassa ja se oli levittäytynyt Ruotsin lisäksi myös Norjaan ja Suomeen (Donner 1995: 38). Vyöhykkeen pohjoisraja näyttäisikin olevan Suomessa Jyväskylän leveyspiireillä, Ruotsissa ja Norjassa etelämpänä (Lokrantz & Sohlenius 2006: 12). Syynä tälle on luultavimmin eemin aikana vallinnut lämpimämpi ja kosteampi ilmasto, joka mahdollisti tämän kasvillisuusvyöhykkeen leviämisen suhteellisen korkeille leveyspiireille. Norjassa ja Ruotsissa Skandeilla näyttäisi olevan suuri rooli lehtimetsävyöhykkeen rajan asettamisessa, sillä vuoristo vaikuttaa ilmastoon muun muassa pienempänä sateen määrä vuoriston itäpuolella verrattuna länsipuoleen (Tikkanen 2005: 98). Ruotsin länsiosat ovat myös topografisesti melko korkealla (Lidmar-Bergström & Näslund: 2005: 8), joten tälläkin on ilmastollisesti viilentävä vaikutus, jota nykyisetkin kasvillisuusvyöhykkeet näyttäisivät seuraavan (ks. Kuva 2 & 4).



**Kuva 4: Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeet karkeasti arvioituna 125 000 vuotta sitten. Karttaan ei olla huomioitu oroarktista vyöhykettä sen ollessa erittäin alueellinen. Kartta luotu seuraavien lähteiden avulla: Ahti ym. 1968, Donner 1995, Saarnisto 1999, Robertsson 2000, Jensen 2003, Kaspar ym. 2005, Lidmar-Bergström & Näslund 2005, CAPE-Last Interglacial Project Members 2006, sekä Lokrantz & Sohlenius 2006.**

Boreaalinen vyöhyke kattaa nykyään suurimman osan Fennoskandiasta (Kuva 2) ja niin se oli myös eemin lämpömaksimin aikana (Kuva 4). Boreaalinen vyöhyke jatkui lehtimetsävyöhykkeen tavoin nykyistä pohjoisrajaa pohjoisemmaksi aina arktiselle jäämerelle asti (CAPE-Last Interglacial Project Members 2006: 1385). Tämä tarkoittaa, ettei Ahdin

ym. (1968) määrittelemää orohemiarktista vyöhykettä esiintynyt Fennoskandiassa eem-interglasiaalin lämpimimmän kauden aikana. Saarniston ym. (1999: 12) mukaan myös tammets kasvoivat paljon nykyistä pohjoisempaan lähempänä lappia. Tämä viittaa hemiboreaalisen vyöhykkeen laajempaan levinneisyyteen Suomessa, sillä nykyään tämä vyöhyke on Suomen ainoa vyöhyke, jossa tammi nykyään esiintyy luonnonvaraisena boreaalisen vyöhykkeen sisällä (Ahti ym, 1968: 189).

Myös erilaisilla ilmastomalleilla voidaan arvioida boreaalisen vyöhykkeen mahdollista levinneisyyttä eem-interglasiaalin lämpömaksimin aikana. Kasparin ym (2005: 3) malleissa eteläboreaalisen vyöhykkeen tammikuun keskilämpötilat sijaitsivat 125 000 vuotta sitten Ruotsin ja Suomen lapissa. Tätä tukee esimerkiksi lehmüksien jäänteet tältä ajalta (Robertsson 2000: 328), sillä nykyisin tämä puulaji esiintyy pitkälti Suomessa ainoastaan hemi- ja eteläboreaalisten vyöhykkeiden alueella (Jensen 2003: 5). Luonnollisesti tämän vyöhykkeen pohjoispuolelle sijoittuvat keski- ja pohjoisboreaalinen vyöhyke, jotka lopulta päättyvät jäämeren rannikolle.

Nykyisistä arktisista vyöhykkeistä ainoastaan oroarktinen näyttäisi olevan eemin lämpömaksimin aikana olemassa, kun boreaalinen vyöhyke on tänä aikakautena niin pohjoisessa, ettei orohemiarktista vyöhykettä Fennoskandiassa esiinny. Oroarktinen vyöhyke rajoittui tänäkin aikakautena vuoristojen seudulle, sen ollessa vuoristossa oleva kasvillisuusvyöhyke (Ahti ym. 1968: 201). Suotuisimmat ilmasto-olot ovat kuitenkin nostaneet metsän rajaa luultavasti samantyyppisesti ja voimakkaammin kuin esimerkiksi holoseenin lämpömaksimi, jolloin raja on ollut nykyistä korkeammalla merenpinnasta (Heikkinen 2005: 196).

## 6. Pohdinta ja johtopäätökset

Alueella esiintyvä kasvillisuus kertoo alueen ilmastollisista olosuhteista. Tämän kirjallisuuskatsauksen myötä on myös selvää, että esimerkiksi erilaisilla ilmastomalleilla voidaan myös melko vahvasti kertoa, minkälainen kasvillisuus alueella esiintyy. Hyvänä esimerkkinä tästä on esimerkiksi Kasparin ym. (2005) ilmastomalli, joka kertoi heinä- ja

tammikuun keskilämpötiloja Keski- ja Pohjois-Euroopassa eem-interglasiaalin lämpömaksimin aikana. Suomessa ja Ruotsissa olleet nykyistä huomattavasti korkeammat tammikuun keskilämpötilat viittaavat esimerkiksi eteläboreaalisen vyöhykkeen pohjoiseen sijaintiin. Tätä viittausta tuki myös metsälehmusten jäänteet tältä aikakaudelta samalla alueella.

Eem-interglasiaali oli siis kokonaisuudessaan huomattavasti lämpimämpi kuin nykyinen holoseenin globaali keskilämpötila. Eemin aikainen korkeampi keskilämpötila näyttäisi-kin olleen todella merkittävä juuri arktisilla alueilla (Lunkka 2008: 234), ja Fennoskandiassa ilmasto tuntui olevan todella tuona aikana huomattavasti nykyistä korkeampi. Kasparin ym. (2005) ilmastomallinnuksessa tämä tuntui korostuvan todella paljon juuri Fennoskandian itäosissa, joissa nykyään vallitsee suuremmat kesän ja talven väliset lämpötilan vaihtelut, kuin länsiosissa (Tikkanen 2005: 104; Helmens 2014: 117). Eem-interglasiaalin aikainen ilmasto oli Kasparin ym. (2005) mallissa nimenomaan juuri talviltaan huomattavasti lämpimämpi, heinäkuun keskilämpötilojen ollessa maltillisemmat, vain muutaman asteen lämpimämmät Suomessa ja Ruotsissa.

Nykyään yleisenä puheenaiheena on pitkältä globaali ilmastonmuutos. Tutkijoiden ollessa pitkälti yhtä mieltä siitä, että ilmasto on lämmennyt (Moberg ym 2005: 130) ovat syyt vielä osaksi selvittämättä, sillä periaatteessa aiheuttajana voisi olla luonnollinen ilmaston sykliisyys (Lunkka 2008: 255). Ihmisen kuitenkin ajatellaan olevan vaikuttajana globaalissa ilmastonmuutoksessa (Ruddiman 2016: 93). Tässä kirjallisuuskatsauksessa voidaankin tarkastella mahdollisen ilmaston lämpenemisen vaikutuksia kasvillisuusvyöhykkeisiin. Lämpenemisen pitäisi olla tosin melko radikaalia, että vastaavat vyöhykkeet olisivat holoseenin aikana realistisia. Vastaava lämpötila esimerkiksi sulattaisi Grönlannin mannerjäätikköä 30-50 % (Otto-Bliesner ym. 2006). Tämä globaali keskilämpötila oli mahdollisesti noin 2 °C nykyistä lämpimämpi (CAPE-Last Interglacial Project Members 2006: 1383) ja nykyiset ilmastomallien ennustukset mahdollistaisivat vastaavan tai jopa korkeamman lämpenemisen (Lunkka 2008: 255).

Tämän syyn takia menneisyyden lämmin ilmasto onkin erittäin hyvä tutkimuslähde, kun halutaan selvittää kasvillisuusvyöhykkeiden reagointi mahdolliseen tulevaan lämpötilan

nousuun. Myös edellisen lämpökauden syitä olisi hyvä selvittää enemmän, jolloin saataisiin myös arvokasta tietoa lämpenemisen syistä, jotka saattaisivat nykyäänkin vaikuttaa. Nykyinen lämpeneminen tuntuu kuitenkin olevan historiallisen nopeaa, jolloin koko eliökunnalla on vähemmän aikaa sopeutua muuttuvaan ilmastoon. Lunkan (2008: 255-256) mukaan nykyinen lämpenemistahti aiheuttaisikin suuria massasukupuuttoja ja jäätiköiden sulamista.

Jäätiköiden sulamiset voisivat periaatteessa myös viilentää ilmastoa Fennoskandiassa, kuten ne holoseenin alkuvaiheessa viilensivät, aiheuttaen kylmemmän jakson, jonka jälkeen lämpeneminen jatkui (Mayewski ym. 2004: 248; Lunkka 2008: 243-244). Ilmasto ei siis ole kovinkaan yksiselitteinen vaan melko monimutkainen järjestelmä, jota on vaikea ennustaa. Tähän vaikuttaa monet eri tekijät, joilla on erisuuruisia vaikutuksia. Siksi pitäisi olla melko kriittinen tulevaisuuden ilmastomalleista, sillä ennustamiseen käytettävä tieto ei välttämättä ole vielä tarpeeksi riittävä. Kasvillisuusvyöhykkeiden käyttäytyminen seuraa alueen ilmastokehitystä, kuten tässä tutkielmassa on useasti todettu.

Fennoskandian kasvillisuusvyöhykkeet näyttävätkin olleen eem-interglasiaalin aikana nykyistä huomattavasti pohjoisemmassa suotuisamman ilmaston vuoksi. Esimerkiksi Oulun leveyspiireillä Fennoskandiassa vallitsi tuohon aikaan mahdollisesti hemiboreaalin vyöhyke (Kuva 4), johon kuuluu muun muassa tammien esiintyminen. Myös tundrakasvillisuuden puuttuminen Fennoskandiasta tuona ajanjaksoa on suuri muutos nykyiseen. Myös arktinen jäämeri 3-4 astetta nykyistä lämpimämpi (CAPE-Last Interglacial Project Members 2006: 1393), mikä viittaa koko Fennoskandian lähialueen suurempaan lämpötilaan. Tämä tukee melko vahvasti tutkielmassa esitettyä tutkimustuloksia kasvillisuusvyöhykkeiden pohjoisimmista maantieteellisistä sijainneista.

## Lähteet

- Aalbersberg, G., T. Litt (1998). Multiproxy climate reconstructions for the Eemian and Early Weichselian. *Journal Of Quaternary Science* 13, 367-390.
- Ahti, T., L. Hämet-Ahti & J. Jalas (1968). Vegetation zones and their sections in north-western Europe. *Annales Botanici Fennici* 5: 3. 169-211.
- Bliss, L. C. (2000). Arctic Tundra and Polar Desert Biome. *Teoksessa* Barbour, M. G. & W. D. Billings (toim.): *North American Terrestrial Vegetation*, 2. p. 1-40. Cambridge University Press.
- Bonan, G. G. & H. H. Shugart (1989). Environmental Factors and Ecological Processes in Boreal Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20. 1-28.
- Brewer, S., J. Guiot, M. F. Sánchez-Goñi & S. Klotz (2008). The climate in Europe during the Eemian: a multi method approach using pollen data. *Quaternary Science Reviews* 27, 2303-2315.
- CAPE-Last Interglacial Project Members (2006). Last Interglacial Arctic warmth confirms polar amplification of climate change. *Quaternary Science Reviews* 25, 1383-1400.
- Cheddadi, R., K. Mamakowa, J. Guiot, J.-L. de Beaulieu, M. Reille, V. Andrieu, W. Granoszewski & O. Peyron (1998). Was the climate of the Eemian stable? A quantitative climate reconstruction from seven European pollen records. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 143, 73-85.
- Dahl, E. (1989). Nunatakkteorin – hvilket grunnlag har den? *Blyttia* 47, 125-133.
- Donner, J. (1995). *The Quaternary history of Scandinavia* 200 s. Cambridge University Press.
- Dutton, A. & K. Lambeck (2012). Ice Volume and Sea Level During the Last Interglacial. *Science* 337, 216-219.
- Eronen, M. (2005). Land Uplift: Virgin Land from the Sea. *Teoksessa* Seppälä, M. (toim.): *The Physical Geography of Fennoscandia*, 17-34. Oxford University Press.
- Esseen, P.-A., B. Ehnström, L. Ericson & K. Sjöberg (1997). Boreal forests. *Ecological Bulletins* 46, 16-47.
- Gorbatshev, R. & S. Bogdanova (1993). Frontiers in the Baltic Shield. *Precambrian Research* 64, 3-21.
- Heikkinen, O. (2005). Boreal Forests and Northern and Upper Timberlines. *Teoksessa* Seppälä, M. (toim.): *The Physical Geography of Fennoscandia*, 185-200. Oxford University Press.
- Helmens, K. F. (2014). The Last Interglacial-Glacial cycle (MIS 5-2) re-examined based on long proxy records from central and northern Europe. *Quaternary Science Reviews* 86, 115-143.
- Jensen, J. S. (2003). *Tilia cordata* and *Tilia platyphyllos*, EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for lime. *Forest and Landscape Research Institute*,
- Johansson, P., J. P. Lunkka & P. Sarala (2011). The Glaciation of Finland. *Teoksessa* Ehlers, J., P. L. Gibbard & P. D. Hughes (toim.): *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. A Closer Look.*, 105-116. Developments in Quaternary Sciences.

- Karlsen, S. T., A. Elvebakk, K. A. Høgda & B. Johansen (2006). Satellite-based mapping of the growing season and bioclimatic zones in Fennoscandia. *Global Ecology and Biogeography* 15, 416-430.
- Kaspar, F., N. Kühl, U. Cubasch & T. Litt (2005). A model-data comparison of European temperatures in the Eemian interglacial. *Geophysical Research Letters* 32, L11703.
- Korsman, K. & T. Koistinen (1998). Suomen kallioperän yleispiirteet. *Teoksessa* Lehtinen, M., P. Nurmi. & T. Rämö (toim.): *Suomen kallioperä: 3000 vuosimiljoonaa*, 93-104. Suomen Geologien Seura ry.
- Käyhkö, J. (2004). Muuttuuko Pohjolan ilmasto? *Turun yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja* 168, 19-35.
- Lidmar-Bergström, K. & J.-O. Näslund (2005). Major Landforms and Bedrock. *Teoksessa* Seppälä, M. (toim.): *The Physical Geography of Fennoscandia*, 3-16. Oxford University Press.
- Lokrantz, H. & G. Sohlenius (2006). Ice marginal fluctuations during the Weichselian glaciation in Fennoscandia, a literature review. *Geological Survey of Sweden*. Technical Report TR-06-36.
- Lunkka, J. P. (2008). *Maapallon ilmastohistoria*. 286 s. Gaudeamus Helsinki University Press.
- Mayewski, P. A., E. E. Rohling, J. C. Stager, W. Karlén, K. A. Maasch, L. D. Meeker, E. A. Meyerson, F. Gasse, S. van Kreveld, K. Holmgren, J. Lee-Thorp, G. Rosqvist, F. Rack, M. Staubwasser, R. R. Schneider & E. J. Steig (2004). Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243-255.
- Moberg, A., H. Tuomenvirta & Ø. Nordli (2005). Recent Climatic Trends. *Teoksessa* Seppälä, M. (toim.): *The Physical Geography of Fennoscandia*, 113-133. Oxford University Press.
- Morrison, J. & D. M. Olson (2005). The Natural Vegetation Map of Europe: A Regional Source for WWF's Terrestrial Ecoregions of the World. *Teoksessa* Bohn, U., C. Hettwer & G. Gollub (toim.): *Application and Analysis of the Map of the Natural Vegetation of Europe*, 71-81, Bundesamt für Naturschutz.
- Ogureeva, G. N. (2005). Vegetation Classification for the Map "Zones and altitudinal zonality types of the vegetation of Russia and adjacent territories". *Teoksessa* Bohn, U., C. Hettwer & G. Gollub (toim.): *Application and Analysis of the Map of the Natural Vegetation of Europe*, 113-121, Bundesamt für Naturschutz.
- Otto-Bliesner, B. L., S. J. Marshall, J. T. Overpeck, G. H. Miller, A. Hu & CAPE-Last Interglacial Project Members (2006). Simulating Arctic Climate Warmth and Icefield Retreat in the Last Interglacial. *Science* 311, 1751-1753.
- Robertsson, A. -M. (2000). The Eemian interglacial in Sweden, and comparison with Finland. *Netherlands Journal Of Geoscience* 79, 325-333.
- Ruddiman, W. F., D. Q. Fuller, J. E. Kutzbach, P. C. Tzedakis, J. O. Kaplan, E. C. Ellis, S. J. Vavrus, C. N. Roberts, R. Fyfe, F. He, C. Lemmen & J. Woodbridge (2016). Late Holocene climate: Natural or anthropogenic? *Reviews of Geophysics* 54, 93-118.
- Ruotsalo, M. (2014). *Terra maxima : ihmeellinen luonto*. Karttakeskus, Helsinki.
- Rötzer, T. & F.-M. Chmielewski (2001). Phenological maps of Europe. *Climate Research* 18, 249-257.

- Saarnisto, M., B. Eriksson & H. Hirvas (1999). Tepsankumpu revisited – pollen evidence of stable Eemian climates in Finnish Lapland. *BOREAS* 28, 12-22.
- Seager, R., D. S. Battisti, J. Yin, N. Gordon, N. Naik, A. C. Clement & M. A. Cane (2002). Is the Gulf Stream responsible for Europe's mild winters? *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 128, 2563-2586.
- Seppälä, M. (2005). Land Uplift: Virgin Land from the Sea. *Teoksessa* Seppälä, M. (toim.): *The Physical Geography of Fennoscandia*, 35-58. Oxford University Press.
- Simons, H. (2005). Global Ecological Zoning for the FAO Global Forest Resources Assessment 2000. *Teoksessa* Bohn, U., C. Hettwer & G. Gollub (toim.): *Application and Analysis of the Map of the Natural Vegetation of Europe*, 55-69, Bundesamt für Naturschutz.
- Solantie, R. (1990). *The climate of Finland in relation to its hydrology, ecology and culture*. 130 s. Finnish Meteorological Institute.
- Sonesson, M., F. E. Wielgolaski & P. Kallio (1975). Description of Fennoscandian Tundra Ecosystems. *Teoksessa* Wielgolaski, F. E. (toim.): *Fennoscandian Tundra Ecosystems*, 3-28. Springer, Berlin, Heidelberg.