



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

L-KC-11-0004

Pārskats par pētījuma

Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai

virziena

Potenciālo klimata izmaiņu ietekmes vērtējums un kvantifikācija

7. aktivitātes rezultātu izpildi

Pētījums veikts sadarbībā ar:

Latvijas Valsts mežzinātnes institūtu „Silava”

AS „Latvijas valsts meži”

SIA "MNKC"

Virziena vadītājs _____ Āris Jansons

2013.gada janvāris

Mežu reģionos, kas vēsturiski un ģeogrāfiski atbilst Latvijā nākotnē prognozētajam klimatam, izpētes rezultātu apraksts

2012. gada ietvaros sagatavots viens no diviem par šo tēmu paredzētajiem pārskatiem, ietverot mežu aprakstu tādos vēsturiskā klimata posmos, kas atbilst Latvijā nākotnē prognozētajam

Saturs

1.	Klimatisko apstākļu izmaiņas ilgstošā periodā	2
2.	Klimatisko apstākļu un meža veģetācijas izmaiņas holocēnā	5
3.	Boreālā perioda beigu posms	7
4.	Atlantiskais periods	10
5.	Subboreālais periods.....	11
6.	Informācijas apkopojums	12

1. Klimatisko apstākļu izmaiņas ilgstošā periodā

Mūsdienu dabiskās vides izveidošanās pamatā ir vēsturiski notikumi, kas tās attīstības gaitā, atkarībā no ģenēzes, ir norisinājušies cikliski. Latvijas apstākļu kontekstā viens no tādiem ir kontinentālo segledāju uzvirzīšanās no Skandināvijas pussalas un to atkāpšanās. Pēc ledāju nogulumiem Latvijā ir iespējams izdalīt četrus kontinentālos apledojumus. Leduslaikmeta (pleistocēna) iekšējo cikliskumu raksturo apledojumu un starpleduslaikmetu regulāra mija, kura ir norisinājusies ar vairāku desmitu vai simtu tūkstošu gadu intervāliem. Par mūsdienām nozīmīgāko apledojumu ir uzskatāms pēdējais Latvijas apledojums (Ziemeļeiropā pazīstams kā Vislas, Krievijā – Valdaja, bet Ziemeļamerikā – Viskonsīnas), kura izpausmju rezultāti iezīmē tagadējo virsmas reljefu un to veidojošo materiālu un uz kura pamatnes pēcleduslaikmetā (holocēnā) ir izveidojusies dzīvās dabas vide (Āboltiņš, 2010).

Globālās dabas vides izmaiņas primāri ietekmē Saules radiācijas kvantitatīvo un kvalitatīvo raksturlielumu izmaiņas, Zemes orbītas ģeometrijas svārstības, Saules enerģijas absorbcija un siltuma cirkulācijas fluktuācijas uz Zemes (Mendoza et al., 2010; Mufti, Shah, 2011; Raspopov et al., 2008; Sharma, 2002; Weng, 2005). Šo procesu rezultātā izmainās Saules radiācijas sadalījums, kas savukārt tālāk ietekmē klimatiskos apstākļus. Par klimatu var dēvēt ilggadēju laikapstākļu režīmu, kas veidojas iepriekšminēto procesu rezultātā, kur aprēķiniem var tikt izmantotas 30 gadu novērojumu vidējās vērtības. Klimatu raksturo atmosfēras fizikālo rādītāju vidējās vērtības, kas piemīt Zemei kopumā (globālais klimats) vai kādai noteiktai teritorijai, reģionam. Klimats ir daudz

pastāvīgāks nekā laikapstākļi un to nosaka Saules starojuma daudzums un sadalījums, atmosfēras cirkulācijas izpausmes un Zemes virsmas raksturs (Kļaviņš et al., 2008).

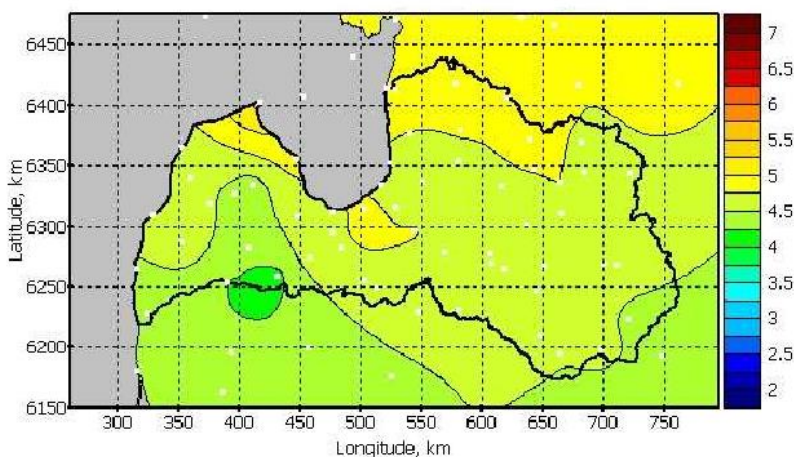
Klimatiskā ziņā dabas vides izmaiņas holocēnā ir notikušas vairākkārt. Sākot ar leduslaikmeta beigu posmu, kad Latvijas teritorija bija atbrīvojusies no ledus segas, joprojām valdīja arktisks klimats. Pakāpeniski, ledājam izzūdot arī Skandināvijas pussalā, klimatiskie apstākļi Latvijas teritorijā mainījās, kas noveda pie dažādu klimatisko periodu nomaiņas, tātad arī pie regulāras veģetācijas attīstības izmaiņām (Ābolkalns et al., 1960; Mann et al., 2008).

Projekta „Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” ietvaros Latvijas teritorijas klimata pārmaiņu ietekmes raksturošanai var tikt piemērots sabalansēta tipa attīstības scenārijs (A1B), kas kopumā ir balstīts uz reālistisku pasaules sociāli-ekonomisko, tehnoloģisko un demogrāfisko procesu norises prognozi nākotnē, kā arī parāda vidēju gaisa temperatūras pieaugumu, salīdzinot ar citu scenāriju paredzēto temperatūras paaugstināšanās spektru. Pamatojoties uz iepriekšminētā scenārija datiem, Eiropas ziemeļu daļā un Baltijas jūras reģionā 21. gs. beigās gada vidējā gaisa temperatūra pieaugs vidēji par 3,2 °C un gada nokrišņu summa palielināsies par 9 %. 21.gs. beigās, salīdzinot ar 20.gs. beigām, veģetācijas sezonas būs siltākas (skat. projekta iepriekšējo pārskata periodu atskaites: Jansons, 2010).

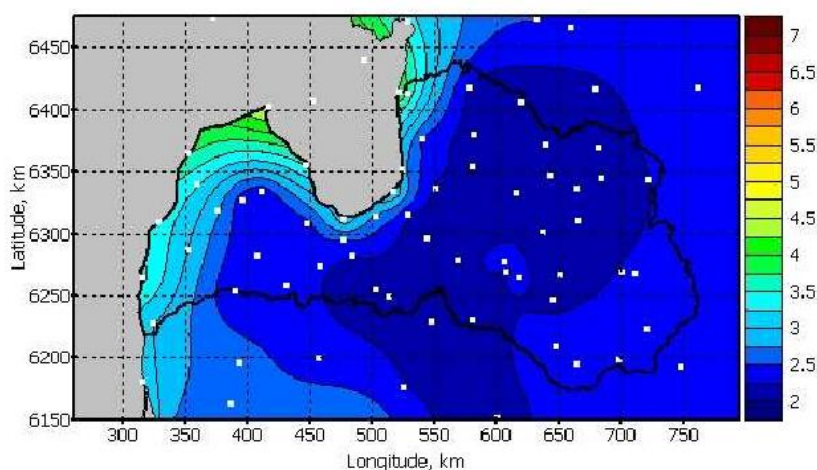
Uz ilggadējo meteoroloģisko novērojumu datu bāzes izstrādātie klimata pārmaiņu attīstības scenāriji, atkarībā no nozīmīguma pakāpes (mērenu, vidēju un nozīmīgu izmaiņu scenāriji) rāda, ka lielākās veģetācijas periodu izmaiņas ir sagaidāmas Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē. Tiek prognozēts, ka dažāda nozīmīguma izmaiņu scenāriju izpildes rezultātā veģetācijas periodu garumi no šā brīža 180 – 200 dienām var pieaugt par 35 – 62 un pat 50 – 80 dienām. Tas nozīmē agrāku fenoloģiskā pavasara un vēlāku rudens iestāšanos, kas saistās ar attiecīgo sezonu pirmo un pēdējo salnu iestāšanos un atspoguļojas gada vidējo temperatūru pieaugumu prognozēs (Jansons, 2010).

Novērojumu perioda 31 gada laikā ir fiksēts, ka gada vidējā gaisa temperatūra variē atkarībā no reģiona. Janvārī tā samazinās virzienā no rietumiem uz austrumiem no –3 °C Baltijas jūras piekrastē līdz –8 °C Austrumlatvijā (1. att.). Aprīlī vēsāk ir Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē (+3,5 līdz +4,5 °C), bet siltāk Latvijas dienvidu daļā, +6 °C. Jūlijā vidējā temperatūra Latvijā ir salīdzinoši viendabīga – no +15,5 līdz +17,5 °C (2. att.). Oktobrī augstāka vidējā temperatūra ir Baltijas jūras piekrastē – līdz +8,5 °C, zemāka ziemeļaustrumu Latvijā, +5 °C. Klimata izmaiņu scenāriji laika posmam līdz 2100. gadam, kas ir atvasināti no ilggadējo meteoroloģisko novērojumu datu rindām, rāda, ka vidējo izmaiņu scenārija attīstības gadījumā kopumā gada vidējā temperatūra pieaugs visās sezonās – attiecīgi par 4,6 līdz 5,8 °C janvārī, 2,2 līdz 4,0 °C aprīlī, 2,5 līdz 4,3 °C jūlijā un 3,6 līdz 4,3 °C oktobrī (Jansons, 2010).

Izmaiņas tiek prognozētas arī nokrišņu intensitātes sadalījumā. Novērojumu perioda 31 gada laikā ir fiksēts, ka nokrišņu vidējā intensitāte janvārī un aprīlī ir 1 – 1,7 mm diennaktī, jūlijā 2,1 – 3 mm diennaktī, bet oktobrī 1,4 – 2,9 mm diennaktī.



1. attēls. Vidējās mēneša diennakts maksimālās temperatūras pieaugums °C tālajā nākotnē janvārī, vidēju izmaiņu scenārijs (Jansons, 2010)



2. attēls. Vidējās mēneša diennakts maksimālās temperatūras pieaugums °C tālajā nākotnē jūlijā, vidējo izmaiņu scenārijs (Jansons, 2010).

Vidēju izmaiņu scenārija gadījumā laika posmam līdz 2100. gadam nokrišņu vidējās intensitātes vērtības pieaugs visās sezonās: janvārī par 0,3 – 0,65 mm diennaktī, aprīlī par 0,3 – 0,55 mm diennaktī, jūlijā par 0,0 – 0,55 mm diennaktī, bet oktobrī par 0,1 – 0,55 mm diennaktī. Mēreno izmaiņu scenārijs pieļauj nokrišņu intensitātes samazināšanos vasaras mēnešos (Jansons, 2010).

Izvērtējot modelētos klimata mainības scenārijus, var spriest, ka prognozēto tālās nākotnes izmaiņu gadījumā, atkarībā no reģiona un sezonas, Latvijā var tikt novēroti tādi klimatiskie apstākļi, kādi mūsdienās ir Vācijas ziemeļrietumos, Rietumdānijā, Dienvidanglijā, Rietumfrancijas centrālās daļas Vienne upes lejteces apvidū vai Slovēnijā (<http://www.ornl.gov>).

Pārskatot Latvijas teritorijas dabas vides attīstības vēsturi holocēnā, var tikt izdarīti mēģinājumi salīdzināt projekta „Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” ietvaros veiktās nākotnes prognozes ar senāk bijušajiem klimatiskajiem periodiem. No mežsaimnieciskā viedokļa, pēc izstrādātajiem klimatisko apstākļu izmaiņu prognožu scenārijiem būtu nepieciešams gūt priekšstatu, kā iespējamo izmaiņu apstākļos attīstītos koku sugu sabiedrības mežu veģetācijā.

Publicētajā literatūrā pieejamā informācija norāda uz pastāvīgu klimata mainīgumu. Iepazīstoties ar informāciju par potenciālo klimata izmaiņu scenāriju izpildīšanos, jāsecina, ka, pamatojoties uz nokrišņu daudzuma un temperatūru paaugstināšanos, tiek paredzēta kontinentalitātes izpausmju mazināšanās, veidojoties siltākiem un mitrākiem klimatiskajiem apstākļiem.

2. Klimatisko apstākļu un meža veģetācijas izmaiņas holocēnā

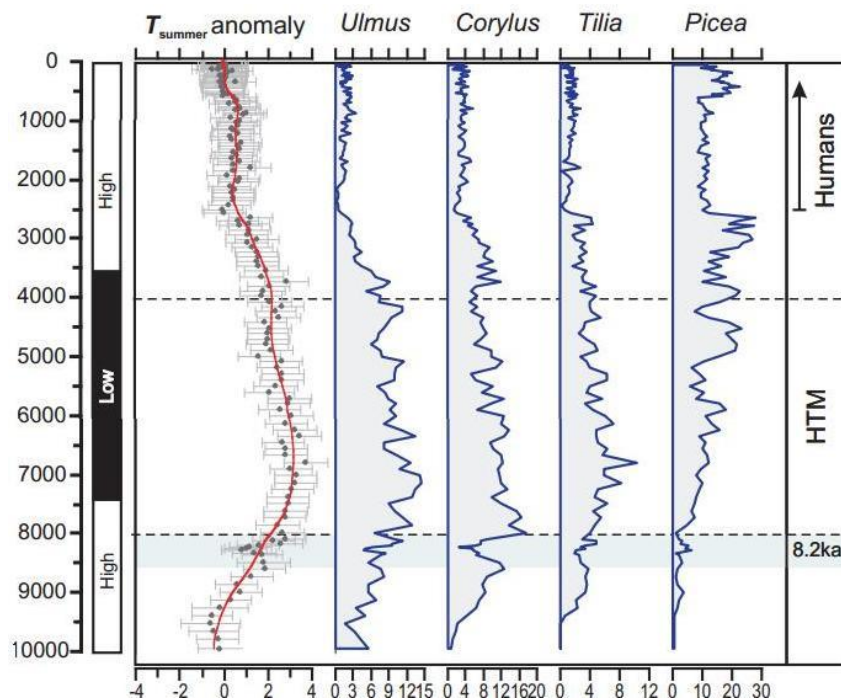
Boreālais, atlantiskais, subboreālais un subatlantiskais ir tie periodi, kuru raksturīgajām iezīmēm līdzīgas izpausmes varētu tikt novērotas prognozēto klimatisko izmaiņu gadījumā. Jāpiezīmē, ka jebkurš no šiem periodiem nav viendabīgs visā savā laika posmā. Tāpēc ir nepieciešams tos apskatīt detalizētāk (Āboltniņš, 2010).

Britu un franču zinātnieku 2003. gadā publicētajā pētījumā par holocēna temperatūru modelēšanu, pamatojoties uz sporu putekšņu analīžu datiem (Davis et al., 2003), ir izstrādāts paleotemperatūru modelis Eiropai, kas balstīts uz reģionalitātes principu. Uz Latviju attiecināmā informācija ir interpretējama no ziemeļaustrumu reģiona. Temperatūras ir attēlotas trijos rādītājos – vidējā temperatūra gada aukstākajam mēnesim un tāpat arī siltākajam mēnesim, kā arī kopējais gada vidējais rādītājs. Modelētie dati rāda, ka gada vidējo temperatūru maksimums ir sasniegts aptuveni pirms 6000 gadiem, kas reprezentē atlantiskā klimata perioda vidusdaļu un otro pusi ar tādu koku ģinšu īpatsvara palielināšanos kā *Tilia*, *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Fagus*, *Alnus*.

Gada vidējā temperatūra savā maksimumā bija par 1,5 °C augstāka, bet vasaras – par 1 °C augstāka salīdzinājumā ar mūsdienu temperatūrām (Davis et al., 2003). Savukārt cita autora darbā par klimata izmaiņām leduslaikmeta beigu posmā un to ietekmi uz veģetāciju Ziemeļeiropā ir modelēti vasaras temperatūru dati konkrētai vietai Austrumlatvijā – Kurjanovas ezera apkārtnē (3. att.). Šajā gadījumā holocēna maksimālā vidējā vasaras temperatūra ir par aptuveni 3 °C augstāka nekā mūsdienās. Salīdzinājumam ir dota līdzīga līkne (4. att.) no Dienvidsomijas, kur var redzēt holocēna klimatiskā optimuma un mūsdienu temperatūru atšķirības. Latvijas un Somijas datu modeļu salīdzināšana norāda uz lielākām temperatūru svārstībām Somijā nekā Latvijā, kas ietekmē veģetācijas izmaiņu dinamiku (Heikkila, 2010).

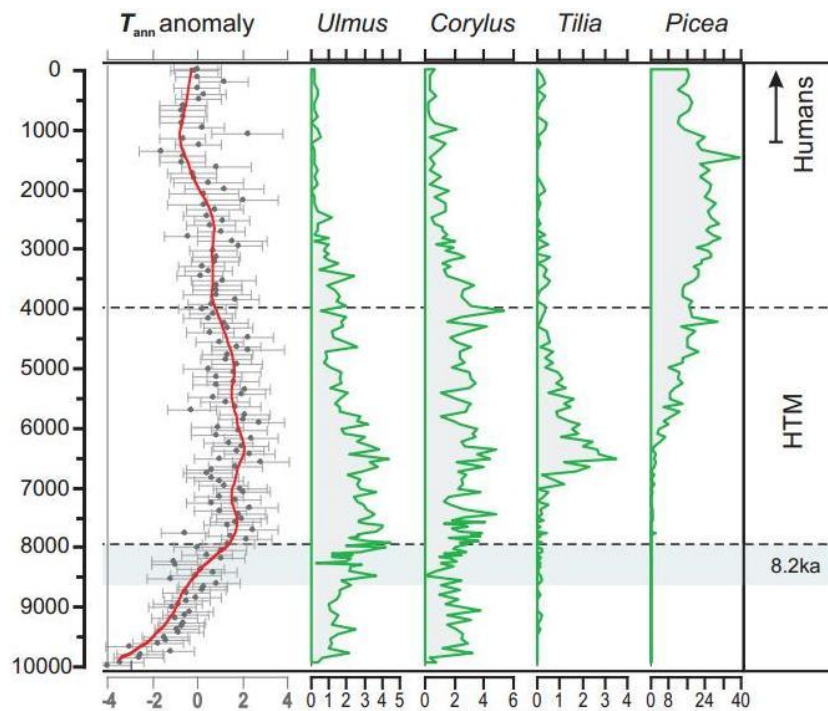
Lai noteiktu dominējošās koku sugas kādā no vēsturiskajiem klimatiskajiem periodiem, tiek izmantota tāda metode kā sporu putekšņu analīze kombinācijā ar absolūtā vecuma datēšanas metodi ar radioaktīvā oglekļa palīdzību, kura tiek pielietota nogulumu un arheoloģisko objektu absolūtā vecuma noteikšanai pēc radioaktīvā oglekļa izotopa ^{14}C daudzuma augu atliekās vai arī citos oglekli saturošos materiālos (Higham, 2007). Sporu putekšņu analīze tiek pielietota ezera vai purva organisko nogulumu sastāvā esošo sporu putekšņu sastāva noteikšanai. Sporu putekšņi, pārvietojoties pa gaisu vai ūdeni, tiek nogulsnēti uz visām apkārtņē esošajām virsmām. Kūdras nogulumos notiek mikrofosīliju akumulācija, kas tiek iekļautas daļēji satrudējušu augu detritu masā, tādējādi veidojot noteiktu putekšņu slāņainību (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986).

Pētījumi, kuros ir analizēta vēsturiskās (paleo) veģetācijas attīstība holocēnā, Latvijā ir veikti ar mērķi noskaidrot pēcledušlaikmeta paleoekoloģiskos apstākļus un to izmaiņas (Ceriņa et al., 2007; Kalnina, Gorovneva, 2007; Kalnina et al., 2008; Ozola et al., 2010; Pujāte et al., 2010.). Jaunākie pētījumi Latvijā par iepriekš pieminētajām tēmām ir saistāmi gan ar senāko klimatisko apstākļu modelēšanu, pamatojoties uz augu sabiedrību izmaiņām, gan ar senā cilvēka attīstību un pielāgošanos klimatiskajiem apstākļiem to izmaiņu gaitā.



HTM – Holocēna klimatiskais optimums (*Holocene thermal maximum*)

3. attēls. Sporu putekšņu diagramma un paleotemperatūru izmaiņas attiecībā pret mūsdienu rādītājiem Kurjanovas ezerā Austrumlatvijā (Heikkila, 2010)



HTM – Holocēna klimatiskais optimums (*Holocene thermal maximum*)

4. attēls. Sporu putekšņu diagramma un paleotemperatūru izmaiņas attiecībā pret mūsdienu rādītājiem Nautajarvi, Saariko un Laihalampi ezeros Dienvidsomijā (Heikkila, 2010)

Tāpat veiktie pētījumi ļauj noskaidrot vēsturiskās cilvēka darbības, tajā skaitā arī agrāro procesu pirmsākumu, ietekmi uz dabas procesiem Latvijas teritorijā kopš akmens laikmeta (Kalnina, 2006; Kalniņa et al., 2007).

Līdzīgi pētījumi, kuru rezultāti varētu būt sasaistāmi ar Latviju, ir veikti kaimiņvalstīs un Fenoskandijā, kur, līdzīgi kā Latvijā, tiek risināti jautājumi par holocēna dzīvās dabas attīstību (Poska et al., 2004).

3. Boreālā perioda beigu posms

Boreālais klimatiskais periods iesākās pirms deviņiem tūkstošiem gadu un ilga aptuveni vienu tūkstošgadi. Tajā ir izdalāmi divi apakšperiodi BO-1 un BO-2, kuri visu boreālo periodu sadala vienādos posmos (Kalnina, Gorovneva, 2007). Kontekstā ar klimata mainības scenārijiem šis periods tiek apskatīts tāpēc, ka BO-2 posmā klimatiskie apstākļi pietuvinājās nākamajam periodam – atlantiskajam laikam. Tas savukārt iezīmēja Latvijas teritorijas klimatisko optimumu, kad apstākļi kļuva labvēlīgāki mezofilo koku ģinšu attīstībai, kuru īpatsvars BO-2 beigās pieauga (Āboltiņš, 2010). BO-2 posma sporu putekšņu analīžu diagrammās no Latvijas ziemeļrietumiem iezīmējas *Pinus* īpatsvara samazināšanās, bet palielinās *Alnus*, *Picea*, *Quercus*, *Corylus* un *Ulmus* putekšņu kopējais daudzums analizētajos paraugos (Grudzinska et al., 2010). Boreālais laiks Latvijas

teritorijā kopumā ir raksturīgs ar samērā sausu un siltu, bet kontinentālu klimatu. Tieši BO-2 ir tas posms, kad norisinājās kontinentalitātes samazināšanās process un pietuvināšanās okeāniskajam atlantiskajam laikam.

Pieejamajās publikācijās par modelētajām klimatiskajām izmaiņām Lietuvā un Igaunijā ir atrodama informācija, ka BO-2 beigu posmā norisinājās straujš gada vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzuma pieaugums abu iepriekšminēto valstu teritorijās (Seiriene et al., 2009; Seppā, Poska, 2004).

Igaunijas un Lietuvas ezeru nogulumos veiktajās sporu putekšņu analīzēs koku ģinšu savstarpējās attiecības iezīmējas līdzīgas kā Latvijas piemēros, jo izpētes teritorijas ir relatīvi tuvu viena otrai. Tajā pašā laikā kaimiņvalstu piemēros, līdzīgi kā Latvijā, pat tuvu esošajām paraugu ņemšanas vietām šīs analīzes var atšķirties. Tas skaidrojams ar lokāliem faktoriem (reljefs, ūdenstilpņu hidroloģiske režīmi, lokālās dabas ainavas iezīmes), kas ir ietekmējuši putekšņu akumulāciju vai to vēlāku pārgulsnēšanu (Kabailiene et al., 2009; Kangur, 2008; Kondratiene, Damusyte, 2009; Niinemets, Saarse, 2007; Niinemets, Saarse, 2009; Poska et al., 2004; Seiriene et al., 2009; Seppā, Poska, 2004; Stancikaite et al., 2006; Stancikaite et al., 2008; Stancikaite et al., 2009; Veski et al., 2005).

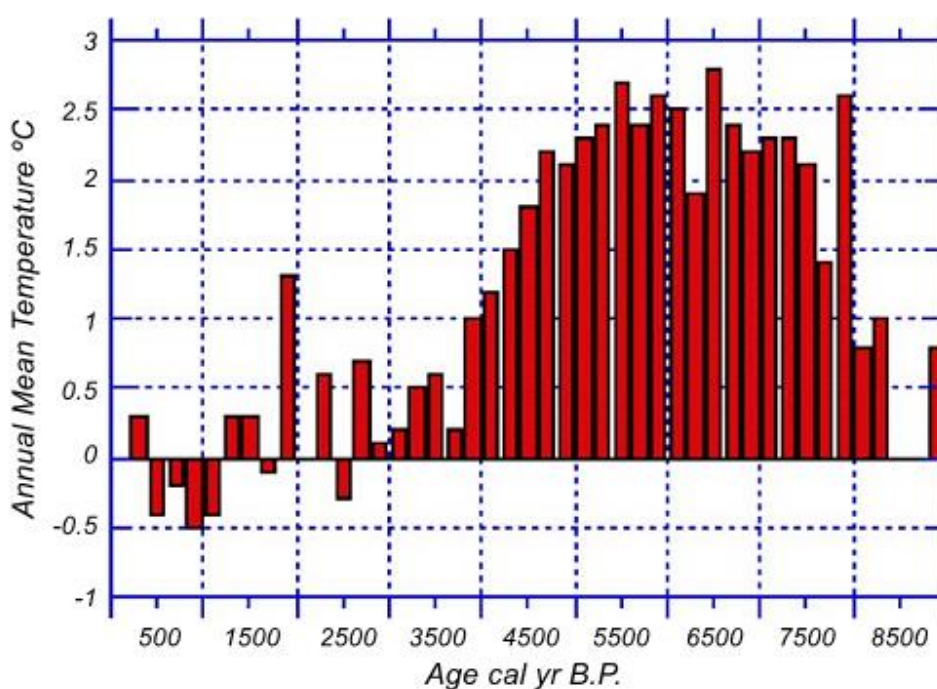
Igaunijā un Lietuvā BO-2 laika beigu posmā iezīmējas *Pinus* un *Betula* daudzuma samazinājums, bet palielinās *Alnus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Quercus* un *Fraxinus* īpatsvars (Seiriene et al., 2009; Stancikaite et al., 2008). Svārstīgs ir *Picea* un *Corylus* daudzums kopējā sporu putekšņu spektrā (Niinemets, Saarse, 2009; Seppā, Poska, 2004). Lai arī šajā laika posmā ir platlapju koku ģinšu izplatības pieauguma sākums, tomēr, arī samazinoties apjomiem, ievērojamu īpatsvaru kopējā spektrā saglabā *Pinus* un *Betula*. Paleotemperatūru rekonstrukcija rāda, ka šajā laikā Ziemeļigaunijā gada vidējie rādītāji mūsdienās novērotos pārsniedza par aptuveni 1 °C. (Grudzinska et al., 2010; Niinemets, Saarse, 2009; Seppā, Poska, 2004) (5. att.).

Publicētajos Baltkrievijā veikto pētījumu rezultātos ir vērojamas tās pašas tendences kā iepriekš aprakstītajos. BO-2 perioda beigās ir vērojams *Pinus* un *Betula* samazinājums, bet palielinās platlapju koku īpatsvars. Ir redzamas atšķirības starp Baltkrievijas ziemeļu un dienvidu reģionu datiem, no kuriem Latvijai tuvākais, protams, ir ziemeļu. Dienvidos BO-2 un literatūras avotā norādītajā BO-3 laikā, atšķirībā no Ziemeļbaltkrievijas, ir novērojams *Ulmus* un *Corylus* agrāks vairāku ģinšu īpatsvara pieaugums un niecīga *Picea* klātbūtne (Zernitskaya, Mikhailov, 2009).

Salīdzinājumā starp Austrumlatvijas un Somijas dienvidu daļas ezeru nogulumu analīžu rezultātiem BO-2 posmam novērojamās sakritības ir *Ulmus* un *Corylus* putekšņu īpatsvara svārstības, bet atšķirības – *Tilia* un *Picea* putekšņu apjoms. Respektīvi, Somijas piemērā *Tilia* un *Picea* putekšņi ir konstatēti maznozīmīgā daudzumā (Heikkila, 2010). Tomēr skaitliski dominējošās

koku ģintis šajā laikā Somijas dienvidos un arī Latvijā ir *Pinus* un *Betula* (Grudzinska et al., 2010; Ojala, Alenius, 2005).

Fenoskandijas mērogā veikto sporu putekšņu analīžu rezultāti rāda, ka, atkarībā no parauga ņemšanas vietas (piejūrā vai iekšzemē), ir novērojamas iepriekš pieminēto mezofilo koku ģinšu izplatības atšķirības. Tā, piemēram, Rietumnorvēģijā BO-2 beigu posmā ir novērojami *Quercus* un *Tilia cordata* izplatības pieaugums pretstatā Centrālsvēdrijai un Dienvidaustrumsomijai. Rekonstruētā janvāra vidējā gaisa temperatūra Fenoskandijā šajā laikā bija $-6,2^{\circ}\text{C}$, bet jūlijā aptuveni $+13^{\circ}\text{C}$ (Giesecke et al., 2007). Salīdzinājumam, Rīgā janvāra vidējā novērotā gaisa temperatūra ir -4°C , jūlijā $+16^{\circ}\text{C}$, bet prognozētie vērtību pieaugumi attiecīgi par 4,6 līdz $5,8^{\circ}\text{C}$ janvārī un 2,5 līdz $4,3^{\circ}\text{C}$ jūlijā (Jansons, 2010; <http://www.climatedata.eu/>).



5. attēls. Igaunijas ziemeļu reģionu gada vidējo gaisa temperatūru atšķirību attiecībā pret mūsdienu rādītājiem rekonstrukcija (Seppä, Poska, 2004)

BO-2 posms prognozēto klimata mainības scenāriju attīstības kontekstā tiek apskatīts tāpēc, ka līdz pilnīgam tālās nākotnes (līdz 2100. gadam) vidējo izmaiņu prognozes piepildījumam var tik novērots starpposms ar BO-2 kādreizējām iezīmēm (Jansons, 2010). Pēc dažādiem literatūras avotiem, boreālā perioda beigu posma vasaras vidējā temperatūra pārsniedza mūsdienu rādītājus par aptuveni $0,5^{\circ}\text{C}$ Ziemeļeiropā kopumā (Davis et al., 2003) un 2°C Austrumlatvijā (Heikkila, 2010).

Ja klimatisko pārmaiņu gadījumā tiks novērotas BO-2 laika iezīmes, tad ļoti iespējams, ka var mainīties koku sugu īpatsvars līdzīgi kā tas jau ir noticis pagātnē. Apskatītās literatūras dati rāda, ka BO-2 laikā norisinājās *Pinus* samazinājums pēc maksimuma BO-1, spējš *Betula* un *Alnus*

maksimums un sākās platlapju ģinšu īpatsvara pieaugums. Šajos apstākļos priekšrocības joprojām bija *Pinus*, jo tās īpatsvars putekšņos variē robežās no 35 līdz 66 %, bet *Alnus* un *Betula* attiecīgi 16 % un 19 % (Grudzinska et al., 2010).

4. Atlantiskais periods

Pēc publicētās literatūras datiem, klimatiskais optimums Latvijas teritorijā tika sasniegts laika posmā pirms 6700 līdz 4800 gadiem. Šajā periodā, ko sauc par atlantisko laiku, klimatiskie apstākļi, kopumā vērtējot, bija maigāki. Salīdzinājumā ar šā brīža klimatiskajiem apstākļiem, klimats bija okeānisks, siltāks un mitrāks (Andren, 1998). Līdzīgi kā boreālais, arī atlantiskais laiks Latvijā ir iedalāms divos apakšposmos: AT-1 un AT-2. Atlantiskā laika sākumā turpinājās iepriekš boreālajā laikā sākusies klimatiskā „pasiltināšanās” un palielinājās mezofilo koku ģinšu izplatība. Konsekventi samazinājās *Pinus* īpatsvars, bet *Betula* apjomā bija svārstības (Grudzinska et al., 2010).

AT-2 posms ir platlapju koku izplatības un klimatiskā optimuma maksimuma laiks. Sporu putekšņu analīze Būšnieku ezerā ņemtajos nogulumu paraugos liecina, ka dominē *Alnus* (12 – 35 %), *Quercus* (15 %), *Corylus* (15 %), bet *Pinus* sasniedz vien 8 % no kopējā īpatsvara. *Ulmus* un *Tilia* daudzums ir attiecīgi 4 – 5 % un 5 % (Grudzinska et al., 2010). Šis ir laiks, kad modelētās gaisa temperatūras attiecība pret mūsdienu rādītāju sasniegtajām maksimālajām vērtībām ir lielāka par 1,5 °C Ziemeļaustrumu Eiropā un 3 °C Austrumlatvijā (Davis et al., 2003; Heikkila, 2010). Austrumlatvijas un Dienvidsomijas ezeru putekšņu analīžu salīdzinājums (3. un 4. attēls) parāda secīgu koku ģinšu reakciju uz vidējās temperatūras izmaiņām.

Rekonstruētās Igaunijas ziemeļu reģionu gada vidējās gaisa temperatūras atšķirības attiecībā pret mūsdienu rādītājiem savu maksimumu sasniedz pirms aptuveni 6700 gadiem un to vērtība ir aptuveni par 2,7 °C augstāka nekā mūsdienās (5. attēls) (Seppä, Poska, 2004). Atlantiskā laika beigās Dienvidigaunijā gan Hānja, gan Otepes augstieņu apvidos savu maksimumu sasniedz tādas ģintis kā *Alnus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Quercus* un *Fraxinus*. Jāpiebilst, ka arī šajā laikā vienas no dominējošām sugām (tiesa gan, ar svārstībām) ir *Pinus* un *Betula*. Pēc Ziemeļrietumu Igaunijas Ruila ezera un Austrumigaunijas Raigasterve ezera datiem, klimatiskā optimuma laikā *Alnus* pat pārsniedz *Betula* putekšņu īpatsvaru (Kangur, 2008; Niinemets, Saarse, 2007).

Lietuvas reģionālajos datos atspoguļojas līdzīgas tendences kā Igaunijā un Latvijā – ir samazinājies *Pinus* un *Betula* īpatsvars un pieaug platlapju koku ģinšu izplatība. Baltijas valstu teritorijās klimatiskā optimuma laikā *Pinus* sasniedz savu izplatības minimumu holocēnā (Grudzinska et al., 2010; Kangur, 2008; Niinemets, Saarse, 2007; Seiriene et al., 2009; Stancikaite et al., 2008).

Ziemeļbaltkrievijas piemērā klimatiskajā optimumā par dominējošo ģinti kļūst *Alnus*, izkonkurējot *Pinus* un *Betula*. Kopumā šajā reģionā savu maksimumu sasniedz jau iepriekšējās rindkopās pieminētās mezofilās koku ģintis, bet samazinās *Picea*, kuras īpatsvars strauji pieaug jau pēc klimatiskā optimuma sasniegšanas nākamajā, subboreālajā periodā. (Zernitskaya, Mikhailov, 2009). Atlantiskā laika klimatiskās iezīmes ir tās, kuras būtu sagaidāmas klimata mainības attīstības scenāriju izpildē tālā nākotnē līdz 2100. gadam (Jansons, 2010).

Iepriekšminētās tēzes par atlantiskā laika klimatisko pārmaiņu rosinātajām izmaiņām dabas vidē norāda uz izteikti okeāniska un silta klimata apstākļiem. Tas noteica līdz šim maksimālo platlapju koku ģinšu izplatību Latvijas teritorijā un ievērojamo *Pinus* īpatsvara samazinājumu. Prognozēto klimata izmaiņu scenāriju izpildes gadījumā tiks novērotas siltākas sezonu vidējās temperatūras, kas viennozīmīgi nozīmē apstākļu uzlabošanos mezofilajām sugām. Prognozētās temperatūras pārsniedz līdz šim modelētās holocēna termālā maksimuma vērtības attiecībā pret mūsdienās novērotajām. Klimatiskā optimuma laika rekonstruētā gada vidējā temperatūra Austrumlatvijā attiecībā pret mūsdienām bija par 3 °C augstāka, bet līdz 21. gadsimta beigām prognozētā ir jau par 3,9 °C augstāka nekā mūsdienai (Davis et al., 2003; Heikkila, 2010; Jansons, 2010). Šādos apstākļos, kā to rāda sporu putekšņu analīzes, priekšrocības būs mezofilajām sugām.

5. Subboreālais periods

Pirms aptuveni 5000 līdz 4800 gadiem klimats bija kļuvis vēsāks un sausāks, bet tas joprojām saglabājās relatīvi silts, un tika ievadīts subboreālais klimatiskais laiks, kas ir iedalāms SB-1 un SB-2 posmos. Šim klimatiskajam periodam ir raksturīga siltu/sausu un vēsu/mitru starpperiodu mija (Notebaert, Verstraeten, 2010), kas atspoguļojas gan Igaunijas ziemeļu reģionu gada vidējo gaisa paleotemperatūru modelī, gan Baltijas reģiona sporu putekšņu analīzēs, piemēram, attiecībā uz *Picea* īpatsvara svārstībām (Grudzinska et al., 2010; Kangur, 2008; Niinemets, Saarse, 2007; Seiriene et al., 2009; Stancikaite et al., 2008).

Subboreālajā laikā, kas ilga aptuveni 2000 gadus (Āboltiņš, 2010), kopumā Latvijas ziemeļrietumu piekrastē pieaug *Picea* (līdz 13 %) un *Pinus* (14 – 40 %) īpatsvars. Minimālas izmaiņas skar *Quercus* (15 %), bet samazinās *Alnus*, *Ulmus* un *Corylus*. Minimāli parādās *Carpinus* (4 %) un *Fagus* putekšņi. Subboreālā perioda beigās *Picea* sasniedz savu maksimālās izplatības zonu Latvijas teritorijā (Grudzinska et al., 2010).

Subboreālā gada vidējā temperatūra Eiropas Ziemeļaustrumos ir bijusi par aptuveni 1 °C augstāka nekā mūsdienās (Davis et al., 2003), bet Austrumlatvijā vasaras vidējā temperatūra par 2 °C augstāka (Heikkila, 2010).

Baltijas reģionā veikto sporu putekšņu analīžu rezultāti norāda, ka subboreālajā klimatiskajā periodā kopumā samazinās mezofilo ģinšu izplatība, bet pieaug *Pinus* un *Betula*. *Picea* ir novērojams svārstīgs pieaugums ar izteiktu samazinājumu visa perioda beigās (Grudzinska et al., 2010; Kangur, 2008; Niinemets, Saarse, 2007; Seiriene et al., 2009; Stancikaite et al., 2008).

Dienvidsomijā, līdzīgi kā Baltijā, ir vērojams *Ulmus*, *Corylus* un *Tilia* samazinājums un *Picea* pieaugums (3. un 4. attēls), bet to raksturs ir atšķirīgs. Somijas dienvidu daļas datos lapu koku ģinšu samazinājums ir izteikti krass, kamēr Austrumlatvijā salīdzinoši vienmērīgs. Tas pats ir vērojams arī saistībā ar *Picea* – Somijā tās īpatsvars pieaug vienmērīgi, bet Kurjanovas ezera apvidū – ar izteiktām svārstībām. Abās teritorijās vidējā gaisa temperatūra pietuvinās mūsdienu līmenim. Dienvidsomijā un Ziemeļigaunijā tā ir pat zemāka (4. un 5. attēls) (Heikkila, 2010; Seppä, Poska, 2004).

Ziemeļbaltkrievijā subboreālā perioda sākumā vienlaikus ar *Picea* pieaugumu ir vērojams platlapju koku samazinājums, bet vienīgi *Quercus* īpatsvars samazinās pašas perioda beigās līdz ar atkārtoto *Picea* pieaugumu. Tas sasaucas ar Baltkrievijas reģionā modelēto paleotemperatūru vērtību izmaiņām (Notebaert, Verstraeten, 2010).

Saistībā ar klimata mainības attīstības scenārijiem, arī subboreālā perioda iezīmes būtu novērojamas potenciālās izpildes gaitā (Jansons, 2010). Līdzīgi kā jaunākais klimatiskais periods (subatlantiskais), kuram atbilstošajos vecuma nogulumos Latvijas ziemeļrietumu piekrastē sporu putekšņu analīzēs ir izteikts *Pinus* īpatsvara pieaugums (līdz 35 – 45 %) un turpmāka dominance (Grudzinska et al., 2010).

Šajā laikā Ziemeļaustrumeiropā gada vidējā temperatūra pārsniedza mūsdienu vērtības par 1 °C, vasaras vērtība – par aptuveni 0,5 °C, bet tajā pašā laikā bija siltākas ziemas, pretēji pārējam subatlantiskajam laikam (Davis et al., 2003). Austrumlatvijā šim laikam modelētās vasaras vidējās temperatūras, attiecībā pret mūsdienām, ir par 0,5 °C augstākas (Heikkila, 2010).

6. Informācijas apkopojums

Vēsturisko klimata izmaiņu un tām pietuvināto prognožu izvērtēšana sniedz priekšstatu, ka klimata mainība ir pastāvīgs dabisks process ar izteiktu cikliskumu. Izdarītās prognozes par attīstības scenārijiem ir saistāmas ar tuvākā gadsimta vai 50 gadu perioda laika posmu. Kontekstā ar kopējo Zemes vai vismaz holocēna vēsturi, tas ir ļoti īss periods. Tāpēc uz pēdējo 30 gadu meteoroloģisko procesu tendenču novērojumu bāzes izdarītas prognozes var arī papildīties, lai gan tik īss novērojumu posms, protams, sniedz nepietiekamu datu apjomu klimata mainības modelēšanai tālākā nākotnē (Kysely, 2008). Vērā jāņem fakts, ka instrumentālie meteoroloģiskie novērojumi ir sākušies „mazā leduslaikmeta” beigu posmā, kad globālā gaisa temperatūra sāka

pieaugt pēc samazināšanās vairāku gadsimtu gaitā. Līdzīgas izmaiņas ir notikušas arī visā mūsu ēras laikā pēdējos 2000 gados, kad siltāki periodi mijās ar vēsākiem. Tāpēc pēdējā gadsimta straujais globālās gaisa temperatūras pieaugums nevar tikt uzskatīts par neatgriezenisku procesu (Āboltiņš, 2010).

Šā brīža dabas komponentu pārkārtošanās ir līdzīga situācijai, kura ir tikusi novērota 20. gadsimta trīsdesmitajos gados, kad globālās temperatūras kāpums bija 0,5 °C, bet šobrīd tas ir vēl ne vairāk kā 0,2 °C (Āboltiņš, 2010). Visradikālākie viedokļi, kas atrodami literatūrā par nākotnes klimata mainību, saistās ar prognozēm, ka laika intervāls no 2020. gada līdz 2050. gadam varētu izrādīties līdzīgs līdz šim siltākajam Ēmas starpleduslaikmetam pirms vairāk nekā 120 – 130 tūkstošiem gadu. Šajā laika posmā visa interglaciālā perioda vidējā temperatūra mērenajā joslā ir bijusi par 2 °C augstāka nekā tagad un Ziemeļamerikā mūsdienām raksturīgais augājs ir izplatījies 300 – 400 km tālāk uz ziemeļiem, bet Sibīrijā – pat 600 km (Āboltiņš, 2010; Flohn, 1975).

Kopumā nākamo 50 un 100 gadu laikā tiek paredzēts kontinentalitātes samazinājums, temperatūras pieaugums un līdz ar to arī veģetācijas perioda pagarināšanās, un nokrišņu intensitātes pieaugums (Jansons, 2010). Šādu izmaiņu rezultātā Latvijas dabas vidē var izpausties boreālā laika beigu posma vai atlantiskā laika raksturiezīmes. Jāpiemin, ka atlantiskajā laikā norisinājās arī jūras, šajā gadījumā Litorīnas, transgresija jeb līmeņa paaugstināšanās. Pie vidējo vai nozīmīgo izmaiņu scenārija izpildes, globālo klimatisko pārmaiņu kontekstā, pamatojoties uz kādreizējās Litorīnas jūras krasta līnijas izvietojumu, appludināta tiktu ievērojama daļa Latvijas piekrastes (Āboltiņš, 2010).

Valdošo koku sugu sastāvu nosaka arī mitruma režīma raksturs, kuru nākotnē ietekmēs temperatūru un nokrišņu daudzuma savstarpējā attiecība. Nokrišņu intensitātei prognozētās izmaiņas norāda uz intensitātes pieaugumu, tajā pašā laikā paaugstinoties arī mēnešu vidējai temperatūrai. Nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijā sagaidāma nepārtraukta nokrišņu intensitātes palielināšanās. Vidēju izmaiņu scenārijā tā ir straujāka tuvajā nākotnē un palēninās tālajā nākotnē. Savukārt, atbilstoši mēreno izmaiņu scenārijam, nokrišņu intensitāte pēc sākotnējā pieauguma (tuvajā nākotnē) saglabāsies tādā pašā līmenī vai pat nedaudz samazināsies tālajā nākotnē (Jansons, 2010).

Mitruma režīmu raksturo ūdens bilance, kas ir sakarība starp ūdens pieplūdi, aizplūdi un krājumu izmaiņu noteiktā laika intervālā konkrētam ūdens objektam, apskatāmai hidrosfēras daļai vai hidrosfērai kopumā. To raksturo tādas vērtības kā nokrišņi, notece un iztvaikojums. Šajā gadījumā ir svarīgi apskatīt nokrišņu un iztvaikojuma savstarpējo attiecību, kuru skaitliski izsaka attiecīgi 703 mm un 458 mm. Saistībā ar reģionālo nokrišņu sadalījumu, Latvijā ir vērojamas līdzīgas iezīmes nokrišņu un iztvaikojuma attiecību ģeogrāfiskajā sadalījumā (Zīverts, 2004). Prognozētās nokrišņu un iztvaikojuma izmaiņas Latvijas teritorijā norāda uz nokrišņu skaitlisko

vērtību pārsvara saglabāšanos, un – valsts rietumu un centrālajā daļā – pat pieaugumu pār iztvaikojumu laika posmā līdz 2050. gadam (<http://www.ornl.gov/>). Balstoties uz prognožu datiem, mitruma režīms varētu saglabāties līdzīgs līdzšinējiem apstākļiem.

Dabas vides reakcija uz globālām vides izmaiņām atspoguļojas veģētācijas izmaiņu tendencēs. Latvijā un kaimiņvalstīs notikušajās koku sugu sastāva dominances nepārtrauktajās izmaiņās, kas atspoguļojas sporu putekšņu analīzēs, ir novērojama to dinamika attiecībā pret klimatisko periodu izmaiņām. Kā jau tika minēts, laika periodā, kas atbilda okeāniska un, salīdzinājumā ar mūsdienām, siltāka un mitrāka klimata apstākļiem, kopējā koku sugu spektrā palielinājās mezofilo ģinšu (*Alnus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Quercus* un *Fraxinus*) īpatsvars. Kopumā samazinājās, bet tomēr ievērojamā daudzumā saglabājās *Pinus* un *Betula*

Pamatojoties uz prognozēto klimatisko apstākļu izmaiņu scenāriju izpildīšanos un apskatītās literatūras datiem par paleoklimatu un tā ietekmētajiem procesiem holocēnā, var secināt, ka tuvākā gadsimta laikā Latvijas teritorijā var attīstīties boreālā laika beigu posma vai atlantiskā laika klimatiskās iezīmes un to ietekme uz dabas vidi. Teorētiski, vadoties pēc modelētajiem scenārijiem, var pieaugt platlapju koku sugu vai egles izplatība un samazināties priedes īpatsvars.

Paleoekoloģiskajos pētījumos ir atrodama informācija par senā cilvēka saimnieciskās darbības ietekmi uz biotas un ainavas dinamiku, līdz ar to arī uz sporu putekšņu analīžu rezultātiem. Tie lielākoties saistās ar kultūraugu putekšņu diagnosticēšanu kopējā spektrā. Latvijā senākie ir datēti ar laika posmu no 4900 – 3801 g.p.m.ē. (Ceriņa et al., 2007; Poska et al., 2004). Sākot ar šo laiku, var spriest par tīrumu ierīkošanas izplatību uz meža zemju rēķina. Seno apmetņu tuvumā ir konstatēts, ka, pieaugot kultūraugu putekšņu īpatsvaram, samazinās koku putekšņu daudzums. Šajā gadījumā tā ir lokāla iezīme, kas neatspoguļo patiesās globālās tendences meža koku sugu sabiedrību dinamikā.

Igaunijas dienvidaustrumos neolīta – jaunākā akmens laikmeta (pirms 6900 – 3800 gadiem) – apmetņu izveidošanās, kas saskan ar atlantiskā laika klimatisko optimumu un subboreālo laiku, sakrīt ar *Ulmus* un *Tilia* putekšņu apjoma kritumu analīzēs no konkrētās teritorijas. Saistoši, ka abu ģinšu īpatsvars pieaug, kad attiecīgās apmetnes tiek pamestas. Plaši tika izmantota *Picea*, *Pinus* un *Betula* kā kurināmais un būvmateriāls. Šī vecuma analīzēs sakrīt *Ulmus* samazināšanās, *Betula* un *Picea* fluktuācijas ar kultūraugu reprezentatīvo dinamiku, kas var tikt uzskatītas par traucējumu koku sugu sabiedrībām (Niinemets, Saarse, 2009).

Viens no faktoriem, kas subboreālajā un subatlantiskajā laikā, kad egles sasniedza savu izplatības maksimumu, veicināja platlapju audžu samazināšanos, bija ekstensīvā bronzas un dzelzs laikmetu lauksaimniecība, kad tīrumus paplašināja uz lapu koku mežu rēķina. Skujkoku audzes savu paskābināto augšņu dēļ nebija piemērotas tīrumu ierīkošanai (Kārklīņš et al., 2009; Nikodemus et al., 2008).

Kopumā vēsturisko klimatisko periodu analīze liecina, ka nākotnē sagaidāmā situācija būs labvēlīgāka tādām koku ģintīm kā *Alnus*, *Tilia*, *Quercus*, *Betula*, taču nav viennozīmīgi secināms, ka kādai no šobrīd Latvijā plašāk pārstāvētajām koku ģintīm apstākļi būs nozīmīgi sliktāki.

Izmantotā literatūra

- Ābolkalns J., Majore M., Stelle V., 1960. Driasa floras atliekas Gaujas ielejas trešās virspalu terases nogulumos. Rīga. Latvijas PSR ZA vēstis, Nr. 8.;
- Āboltiņš O., No leduslaikmeta līdz globālajai sasilšanai – dabas vides pagātne un tagadne Latvijā. LU akadēmiskais apgāds . 2010., 128 lpp.
- Andren E.. 1998. Holocene Environmental changes recorded by diatom stratigraphy in the southern Baltic Sea., Stockholm.
- Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M., 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. Hand- book of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, 455–484 pp.
- Ceriņa A., Kalniņa L., Grūbe G., 2007. Lubāna Piekraustes ziemļaustrumu daļas holocēna nogulumu paleobotāniskie pētījumi. Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference. Ģeogrāija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga. LU Akadēmiskais apgāds, 126-128 lpp.
- Davis B.A.S., Brewer S., Stevenson, A.C., Guiot J., 2002. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. Department of Geography, University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, UK
- Flohn H., 1975., History and intransivity of climate., The physical basis of climate and climate modeling., GARP publ. Ser., (16)., 106-118 pp.
- Giesecke T., Bjune A.E., Chiverrell R.C., Seppa H., Ojala A.E.K., Birks H.J.B., 2007., Exploring Holocene continentality changes in Fennoscandia using present and past tree distributions., Quaternary Science Reviews., 27.,1296– 1308 pp.
- Grudzinska I., Kalniņa L., Saulīte A., 2010. Būšnieku ezera attīstība un vides apstākļu izmaiņas holocēnā. *The Development and Changes of the Environmental Conditions in Lake Būšnieki during the Holocene.* Latvijas Universitātes raksti. 752, Zemes un vides zinātnes. 64 – 74 lpp.
- Heikkila M., 2010. Postglacial climate changes and vegetation responses in northern Europe. Academic dissertation. Helsinki University Press. Helsinki. 55 pp.
- Higham T., 2007. Carbon 14 dating. Encyclopedia of Archaeology University of Oxford, Oxford, UK, 955–957 pp.
- Jansosns Ā., 2010. Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām. Starpatskaite. LVMI Silava.
- Kabailiene M., Vaikutiene G., Damusyte A., Rudnickaite E., 2009., Post–Glacial stratigraphy and palaeoenvironment of the northern part of the Curonian Spit, Western Lithuania., Quaternary International., 207., 69–79 pp.
- Kalnina L., 2006. Paleovegetation and human impact in the the surroundings of the ancient Lake Burtnieks as reconstructed from pollen analysis. Acta Archeologica. Back to Origin. New Research in the Mesolithic-Neolithic Zvejnieki Cemetery and Environment, Northern Latvia, 51–71 pp.

- Kalniņa L., Ceriņa A., Gorovņeva I., 2007. Senā Burtnieka ziemeļdaļas paleoveģētācijas izmaiņas akmens laikmetā. Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference. Ģeogrāija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 144.–146. lpp.
- Kalnina L., Gorovneva I., 2007. Pollen studies in Latvia. Open Scientific Meeting of the European Pollen Database. Abstracts. IMEP Aix-en-Provence, France, 7 pp.
- Kalnina L., Lacis A., Kozlovs V., 2008. Mire stratigraphy and peat resources in Latvia. Farrell C., Feehan I. (Eds.) *After Wise Use – The Future of Peatlands*. Proceedings of the 13th International Peat Congress 8–13 June 2008, Vol. 1, Tullamore, Ireland, 60–63 pp.
- Kangur M., 2008. Spatio-temporal distribution of pollen in Lake Väike-Juusa (South Estonia) sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 153 (3–4), 354–359 pp.
- Kļaviņš M., Blumberga D., Bruņiniece I., Briede A., Grišule G., Andrušaitis A., Āboliņa A., *Klimata mainība un globālā sasilšana*. LU akadēmiskais apgāds. 2008. 175 lpp
- Kārklīšs A., Gemste I., Mežals H., Nikodemus O., Skujāns R., 2009., *Latvijas augšņu noteicējs* (A. Kārklīņa redakcija). Jelgava., Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, 235 lpp.
- Kondratienė O., Damusyte A., 2009., Pollen biostratigraphy and environmental pattern of Snaigupele Interglacial, Late Middle Pleistocene, western Lithuania., *Quaternary International*., 207., 4–13 pp.
- Kysely J., 2008., Influence of the persistence of circulation patterns on warm and cold temperature anomalies in Europe: Analysis over the 20th century., *Global and Planetary Change*., 62(1-2)., 147-163 pp.
- Mann M.E., Zhang Z., Hughes M.K., Bradley R.S., Miller S.K, Rutherford S., Ni F., 2008. Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105 (36)., 13252-13257 pp.
- Mendoza B., Mendoza V.M., Garduño R., Adem J., 2010. Modelling the Northern Hemisphere temperature for solar cycles 24 and 25. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 72 (14–15), 1122–1128 pp.
- Mufti S., Shah G.N., 2011. Solar-geomagnetic activity influence on Earth's climate. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 73 (13), 1607–1615 pp.
- Nikodemus O., Kārklīšs A., Kļaviņš M., Melecis V. 2008., *Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība* (O.Nikodemus red.). Rīga., LU Akadēmiskais apgāds, 254. lpp.
- Niinemets E., Saarse L., 2007., Mid- and late-Holocene land-use changes inferred from pollen records, in a south-eastern Estonian upland area., *Review of Palaeobotany and Palynology*., 146., 51–73 pp.
- Niinemets E., Saarse L., 2009. Holocene vegetation and land-use dynamics of south-eastern Estonia. *Quaternary International*. Pleistocene and Holocene Palaeoenvironments and Recent Processes across NE Europe. *Quaternary International*. 207 (1–2) 104–116 pp.
- Notebaert B., Verstraeten G., 2010., Sensitivity of West and Central European river systems to environmental changes during the Holocene: A review., *Earth-Science Reviews*., 103., 163-182 pp.
- Ojala A.E.K., Alenius T., 2005., 10000 years of interannual sedimentation recorded in the Lake Nautajarvi (Finland) clastic–organic varves., *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*., 219., 285– 302 pp.
- Ozola I., Ceriņa A., Kalniņa L., 2010. Paleoveģētācijas attīstība Burtnieka senezerā un tā apkārtnē pie Pantenes. *The Development of Palaeovegetation in Ancient Lake Burtnieks and Its*

- Vicinity at the Site of Pantene Latvijas Universitātes raksti. 752, Zemes un vides zinātnes. 75.–87. lpp.
- Poska A., Saarse L., Veski S., 2004. Reflections of pre- and early-agrarian human impact in the pollen diagrams of Estonia Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 209 (1–4), 37–50 pp.
- Pujāte A., Kalniņa L., Silamiķele I., 2010. Veģetācijas izmaiņu atspoguļojums putekšņu spektros Ķemeru tīreļa takas apkārtnē. Changes in the Vegetation Relected by Pollen Spectra in the Vicinity of the Kemeru Mire Path. Latvijas Universitātes raksti. 752, Zemes un vides zinātnes. 88.–97. lpp.
- Raspopov O.M., Dergachev V.A., Esper J., Kozyreva O.V., Frank D., Ogurtsov M. Kolström T, Shao X., 2008. The influence of the de Vries (200 year) solar cycle on climate variations: Results from the Central Asian Mountains and their global link. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 259 (1), 6–16 pp.
- Salonen J.S., Seppä H., Väiliranta M., Jones V.J., Self A., Heikkilä M., Kultti S., Yang H., 2010., The Holocene thermal maximum and late-Holocene cooling in the tundra of NE European Russia., Quaternary Research., 75., 501–511 pp.
- Seiriene V., Kabailiene M., Kasperovicien J., Mazeika J., Petrosius R., Paskauskas R., 2009., Reconstruction of postglacial palaeoenvironmental changes in eastern Lithuania: Evidence from lacustrine sediment data., Quaternary International., 207., 58–68 pp.
- Sharma M., 2002. Variations in solar magnetic activity during the last 200 000 years: is there a Sun–climate connection? Earth and Planetary Science Letters 199 (3, 4), 459–472 pp.
- Seppä H., Poska A., 2004., Holocene annual mean temperature changes in Estonia and their relationship to solar insolation and atmospheric circulation patterns. Quaternary Research. 61 (1) 22-31 pp.
- Skrzypek G., Baranowska-Kaçka A., Keller-Sikora A., Jędrysek M.O., 2009., Analogous trends in pollen percentages and carbon stable isotope composition of Holocene peat — Possible interpretation for palaeoclimate studies., Review of Palaeobotany and Palynology., 156., 507-518 pp.
- Stancikaite M., Baltrunas V., Sinkunas P., Kisieliene D., Ostrauskas T., 2006., Human response to the Holocene environmental changes in the Birzulis Lake region, NW Lithuania., Quaternary International., 150., 113–129 pp.
- Stancikaite M., Kisieliene D., Moe D., Vaikutiene G., 2009., Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania., Quaternary International., 207., 80–92 pp.
- Stancikaite M., Sinkunas P., Seiriene V., Kisieliene D., 2008., Patterns and chronology of the Lateglacial environmental development at Pamerkiai and Kasuciai, Lithuania., Quaternary Science Reviews., 27., 127–147 pp.
- Starkel L., 2002. Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems). Quaternary International 91(1). 25.-32.pp.;
- Veski S., Heinsalu A., Klassenb V., Kriiskac A., Lougas L., Poskaa A., Salu U., 2005., Early Holocene coastal settlements and palaeoenvironment on the shore of the Baltic Sea at Parnu, southwestern Estonia., Quaternary International., 130., 75–85 pp.
- Weng H., 2005. The influence of the 11 yr solar cycle on the interannual–centennial climate variability. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 67 (8, 9), 793–805 pp.

- Zernitskaya V., Mikhailov N.,2009., Evidence of early farming in the Holocene pollen spectra of Belarus., *Quaternary International.*, 203., 91–104 pp.
- Ziverts, A. 2004., *Hidroloģija. Ievads un hidroloģiskie aprēķini.*, LLU, Jelgava, 104.lpp.