



Atskaite par pētījuma

Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai

virziena

Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām

otrā etapa (01.01.2012.-31.12.2012)
darba uzdevumu izpildi



Pētījums veikts sadarbībā ar Latvijas Valsts mežzinātnes institūtu
„Silava”
un AS „Latvijas valsts meži”

Virziena vadītājs:

/Ā. Jansons/

Salaspils, 2012

Kopsavilkums

Pārskata periodā turpināta ar klimata izmaiņām saistīto abiotisko un biotisko faktoru ietekmes analīze un to izmaiņu prognožu izstrāde, kā arī rekomendāciju izstrāde mežsaimniecības pielāgošanai klimata izmaiņām.

Ierīkojot parauglaukumus kopumā 69 priedes, egles un bērza dažādu ugunsbīstamības klašu mežaudzēs trijās ģeogrāfiskajās vietās un veicot meteoroloģisko datu ievākšanu, kā arī veicot augsnes, nobiru un koksnes paraugu mitruma mērījumus 10 līdz 15 reizes sezonā, secināts, ka Ņesterova indekss relatīvi labi atspoguļo mitruma izmaiņas tikai I un II ugunsbīstamības klases audzēs virsējā nobiru slānī, tātad ir piemērots aizdegšanās iespēju, nevis ugunsgrēka bīstamības prognozēm. Tādēļ nākamajā pārskata periodā paredzēta papildus empīrisko datu materiāla ievākšana un citu indeksu pārbaudes, izvēloties piemērotākos un ar to palīdzību raksturojot ugunsbīstamības izmaiņas nākotnē prognozētajā klimatā.

Informācija par atkārtotu augstuma pieauguma veģetācijas perioda otrajā pusē (t.s. augusta dzinumu) veidošanos ievākta 3-8 gadus vecās priežu un egļu mežaudzes dažādos meža tipos, apsekojot attiecīgi 122 jaunaudzes (22 atkārtoti) un 103 nogabalus (21 atkārtoti), kā arī piecos pēcnācēju pārbaužu stādījumos. Nevienai no skuju koku sugām nav konstatēta noteikta koku ar augusta dzinumiem īpatsvara izmaiņu tendence saistībā ar audzes vecumu, taču abām sugām konstatēta statistiski būtiska ģenētikas (ģimenes) ietekme uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru. Augusta dzinumu veidošanos skuju kokiem veicina augstas gaisa temperatūras augusta pirmajās divās nedēļās, tātad var secināt, ka nākotnes klimatiskajos apstākļos tendence veidot atkārtotus augstuma pieaugumus pastiprināsies. Priežu stādījumos fiksēta statistiski būtiska saikne starp augusta dzinumu un padēlu veidošanas, kas liecina par negatīvu ietekmi uz koku kvalitāti; egļu stādījumos šī sakarība nav novērota, taču ir konstatēts, ka labāka mikrovides kvalitāte (nav pārnadžu izraisītu bojājumu, noregulēts gruntsūdens līmenis, savlaicīgi novērsta citu augu konkurence) veicina atkārtota augstuma pieauguma veidošanos. Meža tipa ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru priedei ir statistiski būtiska: lielākais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars konstatēts šaurlapju kūdrēnī: vidēji 23,7 %.

Salīdzinot parastās priedes konteinerstādu, parastās egles konteinerstādu un kailsakņu stādu ar uzlabotu sakņu sistēmu, āra bērza un apšu hibrīdu konteinerstādu augšanu nemainītā (dabiskā) un kontrolētā (laistīšana veikta reizi piecās līdz septiņās dienās, pievadītā ūdens apjoms nosakot atbilstoši nokrišņu summai šajā periodā) mitruma režīmā damaksnim atbilstošos augšanas apstākļos, neskatoties uz ievērojamajām augsnes ūdens potenciāla atšķirībām (maksimumos pārsniedzot 150 hPa), netika konstatēta sausuma stresam pakļauto koku augšanas dinamikas būtiska atšķirība no kontroles kokiem. Tas varētu būt izskaidrojams ar šī gada relatīvi vēso un mitro vasaras periodu. Tādēļ paredzēts eksperimentu turpināt nākamajā gadā, tam sagatavojot trīs atšķirīgus augsnes apstākļus (atbilstošus damakšņu, mētrāja un šaurlapju kūdreņa meža tipiem) un izmantojot atšķirīgu, vidējām nākotnes nokrišņu režīma prognozēm atbilstošu, mitruma režīmu.

Analizējot datus par vēsturisko koku sugu sastāvu un klimatu Baltijas jūras reģionā, secināts, ka tuvākā gadsimta laikā Latvijas teritorijā var attīstīties boreālā perioda beigu posma vai

atlantiskā perioda klimatiskās iezīmes – veidosies lapu koku sugām (*Alnus*, *Tilia*, *Quercus*) piemērotāki apstākļi.

Pārskata periodā apkopota pieejamā informācija par saimnieciski nozīmīgo dendrofāgo kukaiņu sugu savairošanās vēsturi Eiropā un citur pasaulē, sugu ekoloģisko plasticitāti un invāziju risku, identificētas un detalizēti aprakstītas 14 potenciāli nozīmīgākās sugas, kurām ir salīdzinoši visvairāk un teritoriāli plašākie masveida savairošanās gadījumi pēdējā gadsimta laikā. Iegūtie dati liecina, ka pat Latvijas apstākļiem raksturīgās dendrofāgo kaitēkļu sugas dzīvo labvēlīgas vairošanās vajadzībām neatbilstošos klimatiskajos apstākļos, līdz ar to klimata izmaiņas tuvākajos piecdesmit gados palielinās daudzu vietējo sugu, kuras labi piemērojušās mūsu reģionam raksturīgajiem saimniekaugiem un dabiskajiem ienaidniekiem, masveida savairošanās iespējas. Par jau notiekošo klimata izmaiņu (piemēram, veģetācijas perioda garuma palielināšanās) labvēlīgo ietekmi liecina, piemēram, egļu astoņzobu mizgrauža savairošanās: šai sugai Latvijā aizvien biežāk tiek novērota sekmīga divu paaudžu attīstība vienā gadā. Dati liecina par kopēju tendenci, ka, paaugstinoties vidējai gaisa temperatūrai, dendrofāgo kukaiņu savairošanās cikli kļūst īsāki. Prognozējams, ka nozīmīgākais bojājumu apjoma pieaugums klimata izmaiņu ietekmē tuvākajā gadsimtā skars saimnieciski nozīmīgās skuju koku sugas, jo vairums no tās ietekmējošiem kaitēkļiem ir palearktiskas, holarktiskas, karstuma tolerantas, siltummīlošas (saistīts ar audžu izrobojumu un saules pastiprinātu radiāciju) taigas entomofaunai raksturīgas sugas. Jaunu sugu kompleksus pamatā veidos sugas ar augstu pārvietošanās potenciālu, galvenokārt tauriņi ar plašu saimniekaugu spektru.

Analizējot *Heterobasidion annosum* sporu infekcijas potenciālu no janvāra līdz novembrim četros sporu uzskaites punktos un novērtējot sporu fona daudzumu laikā, kad gaisa temperatūra virs 0°C konstatēts, ka *H. annosum* 2012. gadā aktīvi sporulējis no maija līdz novembrim, vislielāko aktivitāti sasniedzot septembrī – oktobrī. Sporulācijas intensitāte ir lielāka, gaisa temperatūrai paaugstinoties virs +12°C. Var secināt, ka temperatūras celšanās klimata izmaiņu ietekmē (un perioda ar sasalušu augsni ilguma samazināšanās) veicinās gan sporu daudzuma pieaugumu, gan micēlija augšanu, līdz ar to palielinot bojājumu apjomu egļu audzēs. Tādēļ nākotnē pieaugs nepieciešamība veikt aizsardzības pasākumus, piemēram, apstrādājot svaigi zāģētu celmu virsmu ar *Phlebiopsis gigantea* sporu suspensiju saturošiem bioloģiskajiem aizsardzības līdzekļiem.

Pārskata periodā, apkopojot informāciju par dažādu koku sugu izplatības areāliem, produktivitāti, pielietojumu un nozīmīgākajiem audzēšanas riskiem, secināts, ka lietderīgi veikt plašāku Eiropas lapegles un tās hibrīdu, kā arī Eiropas dižskābarža, duglāzijas, veimuta priedes un sarkanā ozola produktivitātes un audzēšanas perspektīvu analīzi.

Vērtējot bojājumu dinamiku egļu audzēs, konstatēts, ka turpinās jau 2011. gadā novērotā bojāto koku atveseļošanās tendence. Tajā pašā laikā gandrīz visos stipri bojātajos kokos ir atrasti dažādi sekundārie kaitēkļi, kuru tālāka izplatīšanās labvēlīgos (kaitēkļiem) apstākļos var izraisīt nopietnākas sekas nekā sākotnējie bojājumi. Pētījums apstiprina hipotēzi, ka galvenais bojājumu iemesls ir egļu bruņuts (*Physokermes piceae*) savairošanās, ko iepriekšējos gados novēroja arī Polijā, Lietuvā un Skandināvijas valstīs. Egļu bruņuts savairošanos veicinājuši vairāki faktori, no kuriem nozīmīgākie ir labvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi un klimata izmaiņas, kas radījušas

priekšnosacījumus šo kukaiņu virzībai uz ziemeļiem. Lai mazinātu bojājumu risku nākotnē, rekomendējams:

- 1) egļu audžu atjaunošanas procesā sekmēt priedes piemistrojuma veidošanos, kas ir saimniekaugs egļu bruņuts dabiskajam ienaidniekam: platmecerņiekam (*Anthribus nebulosus*), kā arī ieteicams atstāt dabiskajai atjaunošanai ar citām koku sugām mikroieplakas, kur lieko ūdeni nav iespējams novadīt;
- 2) veikt bruņuts savairošanās monitoringu, izmantojot aerofotografēšanu riskam visvairāk pakļautajās teritorijā vai satelītattēlus, jo šādā veidā savairošanos iespējams konstatēt gadu pirms tam, kad tā redzama no zemes. Kaitēkļu izplatīšanās pirmajā gadā efektīvākais profilaktiskais pasākums ir sanitārā cirte bojātajā audzē, bet otrajā gadā – meža mēslošana (ienesot bojātajā audzē papildus kāliju).

Darba galvenie izpildītāji: Una Neimane, Oskars Krišāns, Jānis Donis, Andis Lazdiņš, Ingars Siliņš, Juris Zariņš, Tālis Gaitnieks, Angelika Voronova, Līga Puriņa, Juris Rieksts-Riekstiņš

SATURS

Kopsavilkums	2
1. Ugunsbīstamības izmaiņu novērtējums	6
1.1. Parauglaukumu izvietojums un mitruma mērījumi	7
1.2. Rezultāti: ugunsbīstamības raksturojums	8
2. Atkārtota augstuma pieauguma veidošanās analīze	23
2.1. Augusta dzinumu veidošanās cēloņi un ietekme	23
2.2. Augusta dzinumu novērtēšanas metodika	31
2.3. Augusta dzinumu novērtēšanas rezultāti	33
3. Nokrišņu režīma izmaiņu ietekmes analīze	54
3.1. Sausuma noturības pētījumi arīdajos un semiarīdajos reģionos	54
3.2. Mērenās joslas koku sugu sausuma noturības pētījumi	56
3.3. Sausuma noturības pētījumos mērenajā joslā iegūtie rezultāti	63
3.4. Empīriskā pētījuma objektu ierīkošana un rezultāti	69
3.5. Nākamās sezonas eksperimentu ierīkošana	73
4. Meteoroloģisko rādītāju izmaiņu ietekmes analīzes iespējas	77
5. Vēsturisko klimata un koku sugu sastāva datu analīze	85
5.1. Klimatisko apstākļu izmaiņas ilgstošā periodā	85
5.2. Klimatisko apstākļu un meža veģetācijas izmaiņas holocēnā	87
5.3. Boreālā perioda beigu posms	90
5.4. Atlantiskais periods	92
5.5. Subboreālais periods	93
5.6. Informācijas apkopojums	94
6. Dendrofāgo kukaiņu sugu dinamikas novērtējums	97
6.1. Saimnieciski nozīmīgāko sugu apraksts	97
6.2. Meža kaitēkļu savairošanās gadījumu hronoloģija Latvijā	120
6.3. Kopsavilkums: klimata izmaiņu potenciālā ietekme	124
7. <i>Heterobasidion annosum</i> sporulācijas dinamika	127
8. Koku sugu introdukcijas perspektīvas	131
9. Bojāto egļu audžu izpēte	137
9.1. Bojāto egļu audžu pētījuma objekti un metodika	137
9.2. Bojāto egļu audžu pētījuma rezultāti	142
9.3. Rekomendācijas praksei	158
Izmantotā literatūra	167

1. Ugunsbīstamības izmaiņu novērtējums

Problēmas pamatnostādnes

Klimata prognožu modeļi paredz, ka Latvijas teritorijā varētu pieaugt sausuma periodu ilgums, līdz ar to arī ugunsbīstamība, tajā skaitā arī periodu vienas veģetācijas sezonas ietvaros garums un gadu skaits ar augstu vai ārkārtēju ugunsbīstamību (Jansons et al., 2011). Meža ugunsgrēki Latvijā, tāpat kā daudzviet citur pasaulē, galvenokārt ir antropogēnas izcelsmes; savukārt meža aizdegšanās iespējamību galvenokārt ietekmē tajā esošais degmateriālu daudzums un mitrums. Projekta ietvaros paredzēts raksturot meteoroloģisko apstākļu un meža organisko materiālu degamības kopsakarības, lai izvēlētos un Latvijas apstākļiem kalibrētu kādu no koriģētajiem Ņesterova indeksi vai Kanādas meža ugunsgrēku draudu vērtēšanas sistēmā iekļautos indeksus, un tādējādi raksturotu ugunsbīstamību precīzāk nekā ar vienkāršu Ņesterova indeksa vērtību. Darba uzdevuma izpildes ietvaros šajā pārskata periodā paredzēts ievākt un analizēt datus par degmateriāla žūšanu, nākamajā – veikt vēl vienas sezonas datu ievākšanu, kā arī papildināt tos, raksturojot dažādas intensitātes nokrišņu ietekmi uz organiskā materiāla mitrumu laikā, kalibrēt indeksu vērtības un detalizēti raksturot prognozēto klimata izmaiņu ietekmi uz ugunsbīstamību.

Līdz šim Latvijā ugunsbīstamības novērtējumam izmantots 1968. gadā PSRS Hidrometeocentra izstrādātais kompleksais ugunsbīstamības rādītājs. Tas ir pārveidots Ņesterova 1939. gadā izstrādātais ugunsbīstamības indekss. Daudzviet pasaulē šo pārveidoto indeksu dēvē par Ņesterova indeksu (NI). Ņesterova indeksa vērtību nosaka 3 rādītāji – temperatūra, rasas punkta temperatūra un nokrišņu daudzums iepriekšējā diennaktī. Tomēr virkne pētījumu liecina, ka žūšanas process ir atkarīgs arī no citiem rādītājiem, piemēram, vēja ātruma, kā arī no degmateriāla īpašībām (blīvuma, novietojuma, sākotnējā mitruma u.c.).

Šajā pārskata periodā ievākts materiāls un vērtētas Ņesterova indeksa vērtības izmaiņas kontekstā ar mitrumu dažādos organiskā degmateriāla slāņos:

- augsnes virskārtā;
- nobirās, daļēji sadalījušās organiskajās atliekās un humusa slānī;
- koksnes atliekās.

Meteoroloģisko apstākļu kompleksa raksturošanai izmantots Ņesterova indekss.

Ņesterova indeksa vērtības aprēķinātas, izmantojot sekojošu formulu:

$$NI = \sum_1^W (T_i * (T_i - D_i)), \quad (1)$$

kur

NI = Ņesterova indekss;

W = dienu skaits kopš lietus > 3 mm;

T = pusdienas laika t° (°C);

D = rasas punkta t° (°C).

Atbilstoši oficiālajai metodikai, Ņesterova indeksu sāk uzskaitīt pavasarī pēc sniega nokušanas, kad temperatūra paaugstinās virs 0°C un turpina summēt līdz lietus diennakts laikā pārsniedz 3 mm. Ja lietus daudzums pārsniedz 3 mm diennaktī, Ņesterova indeksa vērtību pieņem kā atbilstošu 0.

1.1. Parauglaukumu izvietojums un mitruma mērījumi

Pētījumu objekti iekārtoti trīs dažādās Latvijas vietās – Piejūras zemienē (Mazirbe), Ventaszemē (Ugāle) un Austrumzemgalē (Vecumnieki). Meteoroloģiskie rādītāji novērtēti, izmantojot pārvietojamās meteostacijas, kuras uzstādītas atklātā vietā (vismaz 100 m attālumā no dabiskiem vai mākslīgiem šķēršļiem). Iegūti sekojoši meteoroloģiskie rādītāji: gaisa t° , relatīvais mitrums, vēja ātrums (10 m augstumā), nokrišņu (lietus) daudzums.

Audzes izvēlētas atbilstoši šādiem nosacījumiem:

- 1) pārstāv dažādus meža tipus un dažādas degamības klases, valdošā suga priele, egļe, bērzs (apse) – 1.1. un 1.2.tabula;
- 2) atrodas ne tālāk par 2,5 km (pa gaisa līniju) no meteostacijas.

Lai raksturotu parauglaukumu vietu un noteiktu atbilstību ugunsbīstamības klasei, katrā objektā iekārtots parauglaukums, kurā 500 m² platībā uzmērīti visi koki, kas krūšaugstumā resnāki par 12 cm, 100 m² platībā uzmērīti koki, kas krūšaugstumā ir 6-12 cm, 25 m² platībā visi koki, kuru krūšaugstuma caurmērs ir 2,1-6,0 cm. Augstumlīknes konstruēšanai katram meža elementam uzmērīti vismaz 9 koku augstumi, vai, ja parauglaukumā ir mazāk par 9 kokiem atbilstošajā meža elementā, tad visu koku augstumi. Objektu taksācijas rādītāji apkopoti 1.9. tabulā nodaļas beigās.

1.1. tabula

Objektu skaits sadalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un valdošajām sugām

Valdošā suga	Ugunsbīstamības klase								Kopā
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Priede	3	4	6	5	3	12	3	2	38
Egļe			4			5	3		12
Bērzs			2			7	1		10
Apse							1		1
Izcirtums			1		2	4	1		8
Kopā	3	4	13	5	5	28	9	2	69

* 1. skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc 17.02.2004. MK noteikumiem Nr.82, 2. skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem, ņemot vērā tikai meža tipu.

Katrā objektā periodiski novērtēts:

1. augsnes mitrums, izmantojot augsnes mitruma mērītāju (*Soil moisture meter*), katrā uzmērīšanas reizē parauglaukumā vismaz 3 vietās, katrā parauglaukumā novērtējums veikts 10 līdz 15 reizes sezonā;
2. nobiru un zemsedzes mitrums, izmantojot DMM600 (*Duff moisture meter*) atbilstoši rokasgrāmatā norādītajai metodikai; mitrums mērīts augsnes virskārtas 0–2cm (ieskaitot nobiras), 2–5 cm (daļēji sadalījušos nobiru slānis) un 5–10cm dziļam slānim (humusa slānis jeb „trūdzemes”), mērījumi katrā parauglaukumā katrā mērīšanas dienā veikti vismaz 2 atkārtojumos, mērījumi katrā objektā veikti 4-5 reizes sezonā;

3. iepriekšējā gadā nozāģētu koksnes paraugu (aptuveni 1 m garš 6-8 cm caurmēra priedes stumbra nogrieznis bez mizas) mitrums, izmantojot koksnes mitruma mērītāju T500. Koksnes paraugi novietoti uz zemsedzes parauglaukuma centra tuvumā. Mērījumi veikti 11-15 reizes sezonā.

1.2.tabula

Objektu skaits sadalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un meža tipiem

Meža tips	Ugunsbīstamības klase								Kopā
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
As			6			10			16
Dm			3			9			12
Dms				3			2		5
Km			2			3			5
Ks			2			6			8
Mr		4			5				9
Mrs				2			2		4
Nd								2	2
Sl	3								3
Vr							5		5
Kopā	3	4	13	5	5	28	9	2	69

* 1. skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc 17.02.2004. MK noteikumiem Nr.82, 2. skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem, ņemot vērā tikai meža tipu.

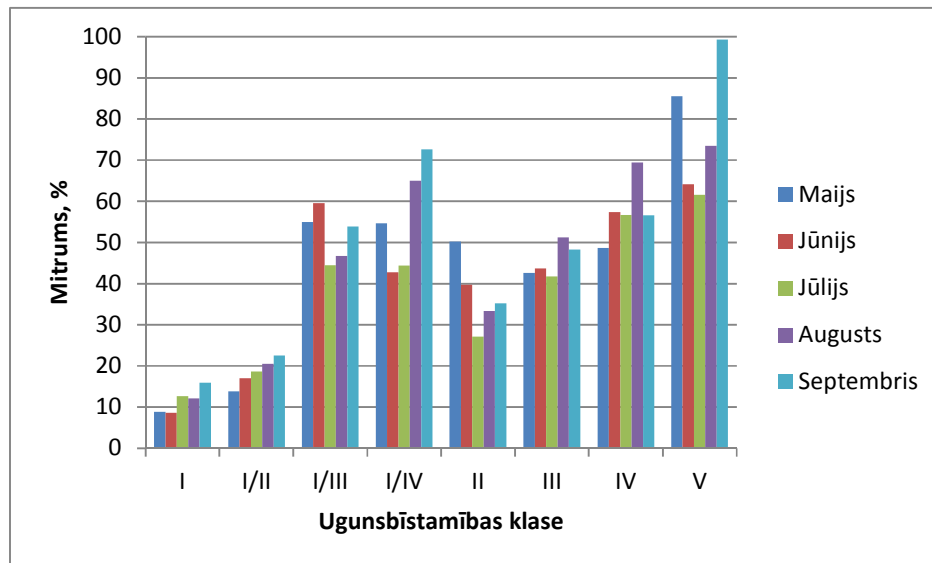
1.2. Rezultāti: ugunsbīstamības raksturojums

Vidējais augsnes virskārtas mitrums atšķiras dažādās ugunsbīstamības klasēs (1.3. tab., 1.1. att.). Mežaudzēs silā un jaunaudzēs lānā, mētrājā, viršu ārenī un viršu kūdrenī augsnes virskārtas mitrums ir būtiski zemāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs. Savukārt skujkoku jaunaudzēs III un IV ugunsbīstamības klases meža tipos augsnes virskārtas mitrums ir līdzīgs III un IV ugunsbīstamības klases meža tipu mitrumam nevis I ugunsbīstamības klases mitrumam.

1.3. tabula

Vidējais augsnes mitrums (%) pa mēnešiem un ugunsbīstamības klasēm

Mēneši	Meža ugunsbīstamības klase								
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	Vidēji
Maijs	8,9	13,8	54,9	54,7	50,2	42,6	48,7	85,5	44,7
Jūnijs	8,6	17,0	59,6	42,8	39,7	43,7	57,4	64,1	45,6
Jūlijs	12,7	18,7	44,4	44,4	27,1	41,7	56,7	61,5	41,7
Augusts	12,1	20,5	46,7	65,0	33,4	51,3	69,4	73,5	49,7
Septembris	15,9	22,5	53,9	72,6	35,2	48,3	56,6	99,3	49,0
Oktobris						43,0			43,0
Vidēji	11,5	18,5	51,9	52,1	36,1	45,6	59,9	70,1	45,9

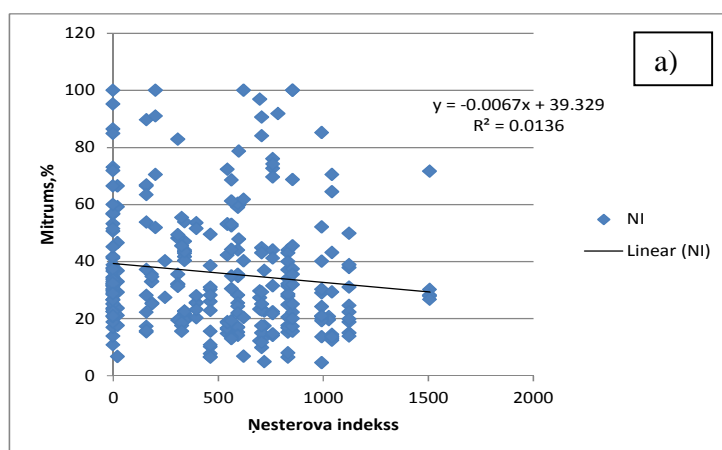


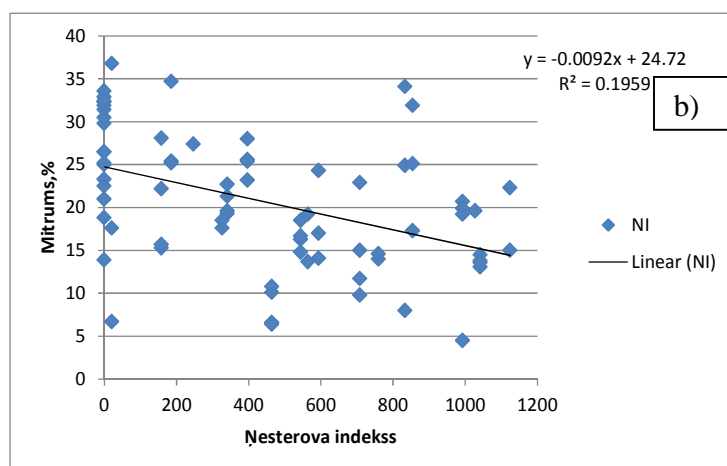
Ugunsbīstamības klase: 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc 17.02.2004. MK noteikumiem Nr.82, 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem, ņemot vērā tikai meža tipu

1.1.attēls. Augsnes virskārtas mitrums (%) dažādas ugunsbīstamības parauglaukumos

Konstatēts, ka I un I/II ugunsbīstamības klases parauglaukumos augsnes mitrums ir būtiski zemāks ($p < 0.001$) nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs (dispersijas analizē veikta gradācijas klašu salīdzināšana, izmantojot Tjukija testu (Tukey HSD)).

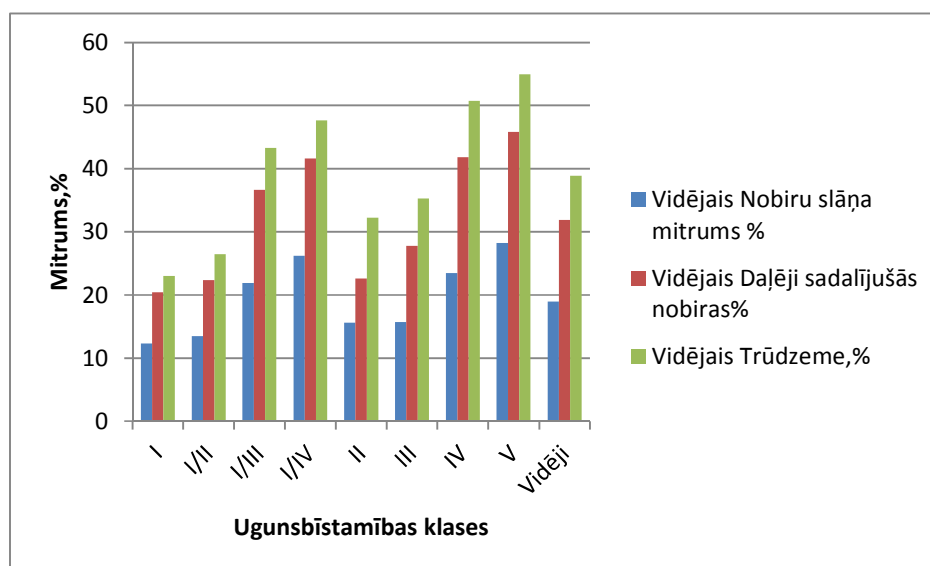
Konstatēts, ka augsnes virskārtas mitruma un Nesterova indeksa vērtību kopsakarība, NI mainoties no 0 līdz 1500, ir relatīvi vāja ($r = -0.11$). Aprēķinātā Nesterova indeksa sakarība I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumiem ir ievērojami ciešāka: $r = -0.44$ (1.2. att.). Tomēr arī tā izskaidro tikai 19% no datu izkliedes.





1.2. attēls. Augsnes virskārtas mitruma un Nesterova indeksa vērtību sakarība visos objektos (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs pēc meža tipa (b)

Salīdzinot mitruma daudzumu dažādos dziļumos (viršējais nobiru slānis (0-2 cm), daļēji sadalījušos nobiru slānis (2-5 cm dziļumā) un vidēja „trūdzeme” (5-10 cm)), konstatējama līdzīga sakarība: I un II klasē mitruma daudzums ir mazāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs, bet III un IV ugunsbīstamības klases meža tipos arī skujkoku jaunaudzēs nobiru un humusa slāņa mitrums ir līdzīgāks kategorijai, kura noteikta atbilstoši meža tipam, nevis I klases ugunsbīstamības meža tiptiem (1.3. att., 1.4. tab.), lai arī atšķirības pie pašreizējā datu apjoma nav statistiski būtiskas.



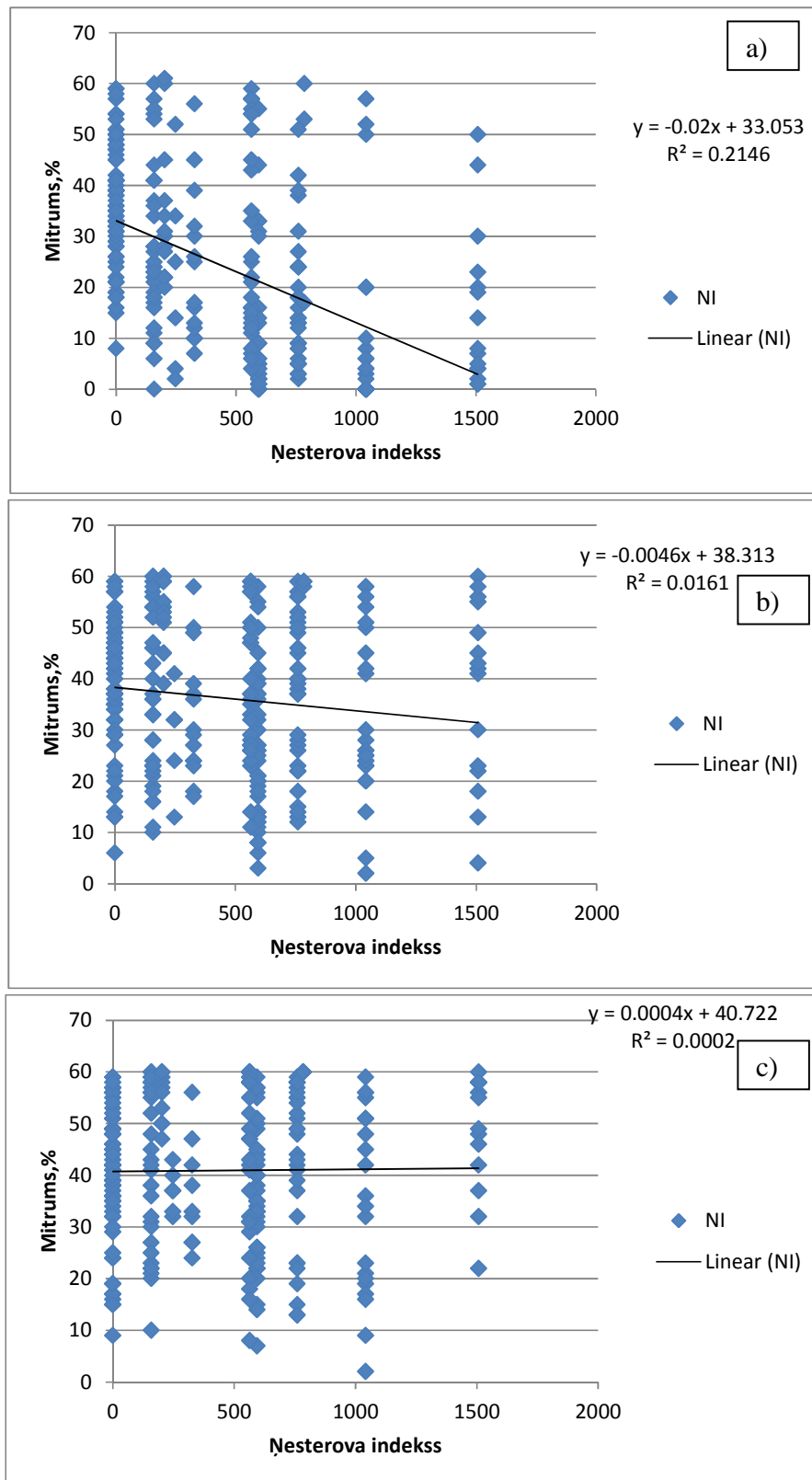
Ugunsbīstamības klase: 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc 17.02.2004. MK noteikumiem Nr.82, 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem, ņemot vērā tikai meža tipu

1.3. attēls. Vidējais mitruma daudzums dažādos slāņos dažādu ugunsbīstamības klašu parauglaukumos

Vidējais nobiru slāņa mitrums

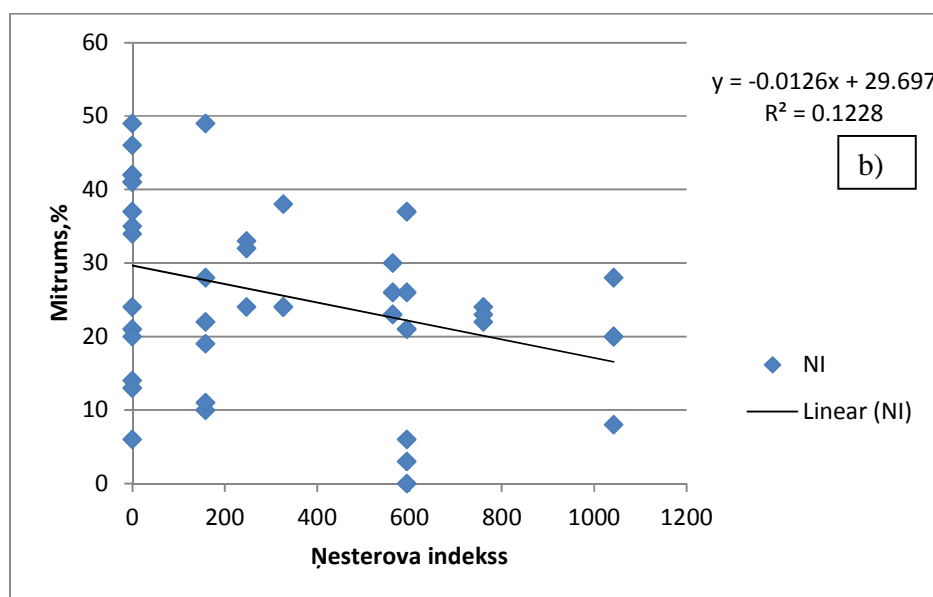
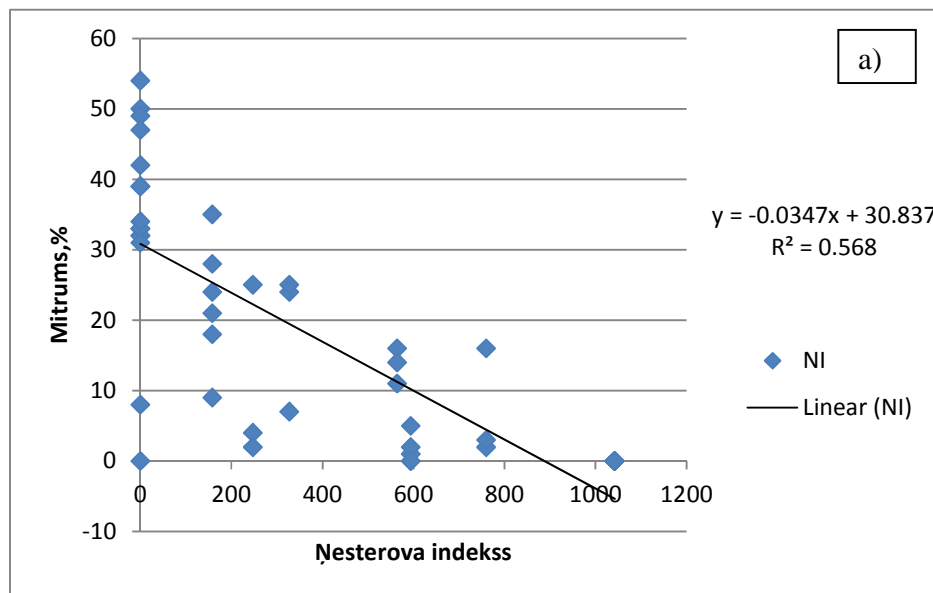
Mēneši	Ugunsbīstamības klase								Vidēji
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Vidējais nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	3,2	6,0	15,8	17,4		12,2	23,0	13,7	13,0
Maijs	4,3	6,3	11,1	12,2	0,7	7,6	20,6		9,0
Jūnijs	6,4	10,8	24,0	15,3	23,4	14,0	12,5	9,3	15,0
Jūlijs	12,1	12,9	19,7	28,4	12,4	15,4	23,5	27,7	18,6
Augusts	22,8	20,7	27,0	40,2	22,7	20,6	31,9	45,8	26,6
Septembris	23,0	8,5	30,8		27,0	17,0	32,5		22,1
Vidēji	12,3	13,5	21,9	26,2	15,6	15,7	23,5	28,2	18,9
Vidējais daļēji sadalījušos nobiru mitrums, %									
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	Vidēji
Aprīlis	20,0	24,3	41,1	46,8		30,1	42,3	50,3	36,4
Maijs	14,2	12,5	27,9	35,4	7,6	25,4	49,7		25,5
Jūnijs	11,5	17,6	37,3	35,5	20,8	24,6	28,9	28,0	27,2
Jūlijs	25,3	23,7	36,9	40,8	23,3	28,2	41,0	46,7	32,6
Augusts	25,6	29,2	38,2	47,9	27,9	30,3	47,6	51,2	35,8
Septembris	22,0		41,1		37,0	26,0	41,5		31,8
Vidēji	20,5	22,3	36,6	41,6	22,6	27,8	41,8	45,8	31,9
Vidējais trūdzemes mitrums, %									
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	Vidēji
Aprīlis	43,0	24,4	49,4	50,7		42,1	56,0	59,7	46,2
Maijs	23,1	25,1	37,5	44,7	30,7	36,9	53,7		37,0
Jūnijs	16,1	23,8	42,6	43,3	27,9	30,8	43,8	47,0	34,8
Jūlijs	24,2	25,1	43,0	49,0	34,0	35,6	48,8	53,7	39,2
Augusts	26,5	30,4	44,5	50,2	32,4	37,0	55,0	58,5	40,8
Septembris			47,9		37,0	29,8	50,5		37,6
Vidēji	23,0	26,4	43,3	47,6	32,2	35,3	50,8	55,0	38,9

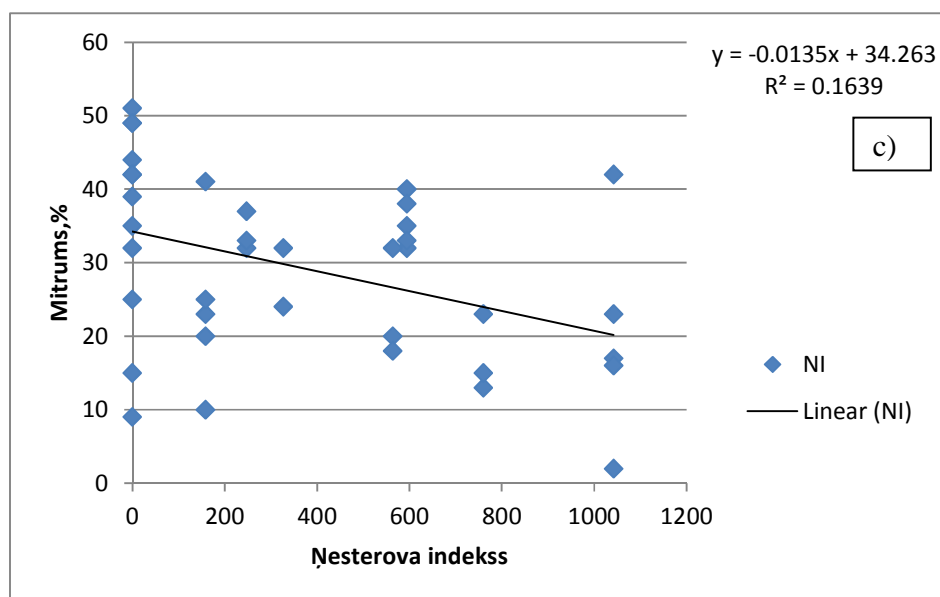
Sakarība starp Nesterova indeksu un virsējo nobiru slāņa mitrumu ir negatīva un vidēji cieša: $r=-0,45$. Savukārt dziļākos slāņos šī sakarība ir ievērojami vājāka – daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitruma korelācija ar NI $r=-0,13$, bet humusa slānim, kas atrodas 5-10 cm dziļumā, tā ir tikai $r=0,01$ (1.4. att.).



1.4. attēls. Nobiru slāņa (a), daļēji sadalījušos nobiru slāņa (b), trūdzemes slāņa (c) mitruma un Nesterova indeksa sakarība

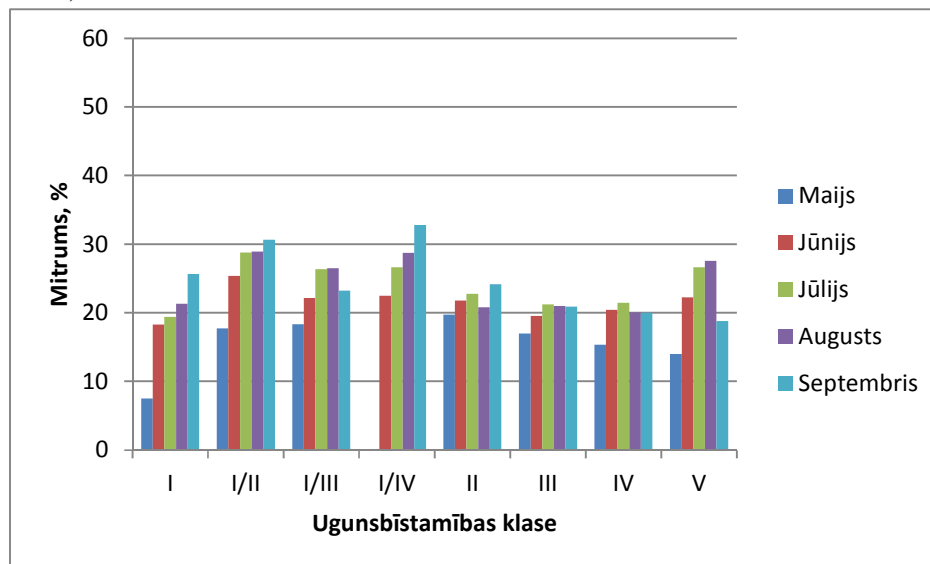
Analizējot tikai I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumus, konstatēts, ka sakarība starp augsnes mitrumu un Nesterova indeksu ir ievērojami ciešāka – nobiru slāņa mitrumam $r=-0,82$, vidēji sadalījušos nobiru slāņa mitrumam $r=-0,39$, bet „trūdzemes” slāņa mitrumam $r=-0,40$ (1.5. att.).





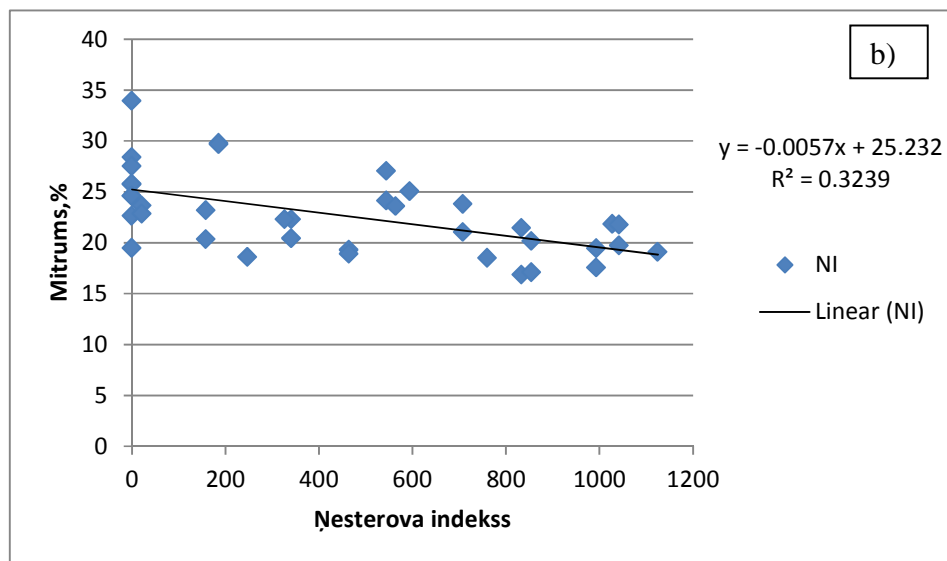
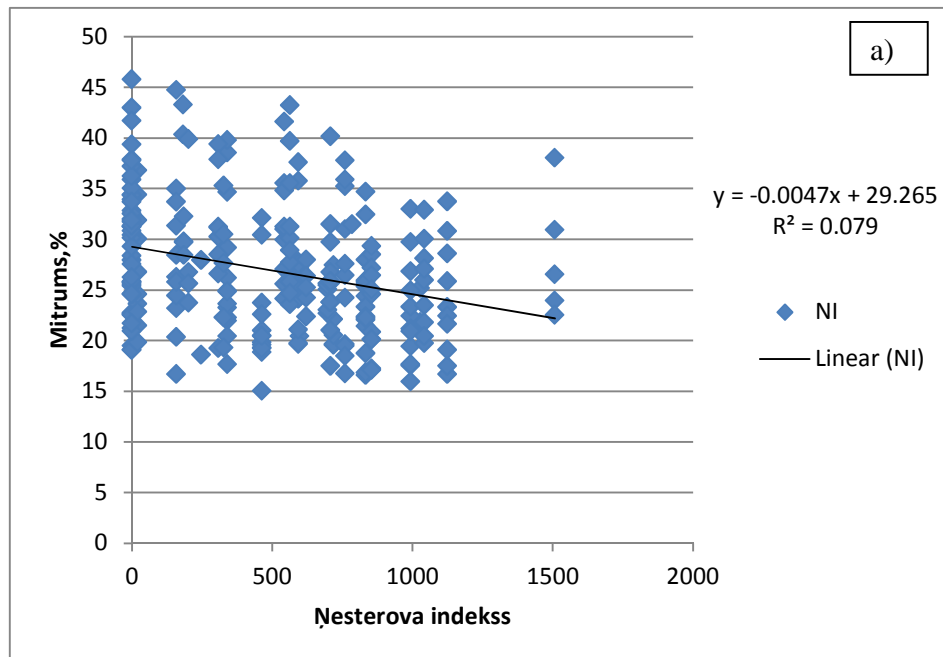
1.5. attēls. Virsējā nobiru slāņa (a), daļēji sadalījušos nobiru slāņa (b), trūdzeses slāņa (c) mitruma un Nesterova indeksa sakarība I un II ugunsbīstamības klašu parauglaukumos

Vērtējot koksnes mitruma izmaiņas nav pa mēnešiem (jūnijs –septembris), nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ($p > 0,05$). Līdzīgi nav konstatētas arī būtiskas atšķirības starp dažādu ugunsbīstamības klašu audzēs ($p > 0,05$). Maija mērījumi analizē netika izmantoti, jo, tā kā paraugi tika izvietoti mežā tikai maijā, to sākotnējo mitrumu noteica iepriekšējie glabāšanas apstākļi (1.6. att.).



1.6. attēls. Uz zemes virskārtas novietotu koksnes paraugu mitrums dažādu ugunsbīstamības klašu audzēs

Starp mērījuma dienas aprēķināto Nesterova indeksa vērtību un koksnes parauga mitrumu visos objektos kopumā konstatēta vāja negatīva korelācija: $r = -0,28$, I un II ugunsbīstamības klases audzēs – vidēji cieša negatīva korelācija: $r = -0,56$ (1.7. att.).



1.7. attēls. Sakarība starp koksnes paraugu mitrumu un attiecīgās mērījuma dienas Nesterova indeksa vērtību visos objektos (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs (b)

Konstatēts, ka, pieaugot NI vērtībai, koksnes paraugu mitrums samazinās, taču pie NI vērtības 0 koksnes parauga mitrums var būt ļoti plašās robežās: no 19 līdz pat 48%.

Kopumā var secināt, ka Nesterova indekss relatīvi labi atspoguļo mitruma izmaiņas tikai I un II ugunsbīstamības klases audzēs nobiru virsējā slānī, tātad ar šī indeksa palīdzību iespējams prognozēt aizdegšanās risku, bet ne ugunsgrēka bīstamību.

Lai pārbaudītu Nesterova indeksa lietderību ugunsbīstamības raksturošanai Latvijas mērogā, datu analīzei informācija par meteoroloģiskajiem rādītājiem – gaisa temperatūra pusdienas laikā,

gaisa relatīvais mitrums pusdienas laikā, 24 stundu nokrišņu daudzums - iegūta VSIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" mājas lapā <http://www.meteo.lv>. Analīzē izmantoti Rīgas un Daugavpils meteoroloģisko staciju 2007.-2011.g. dati.

Katrai dienai no 1. marta līdz 31. oktobrim aprēķināts meža ugunsbīstamības kompleksais rādītājs - Ņesterova indekss atbilstoši formulai (1).

Meteoroloģisko apstākļu noteiktā ugunsbīstamība dalīta 1.5. tabulā aprakstītajās klasēs.

1.5. tabula

Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klases (Roga, 1979)

Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klase	Meža ugunsbīstamība	
	Vasaras pirmā puse (IV,V,VI)	Vasaras otrā puse (VII,VIII,IX)
I klase (0-300)	zema	nav
II klase (301-1000)	vidēja	zema
III klase (1001-4000)	augsta	vidēja
IV klase (4001-10000)	sevišķi augsta	augsta
V klase (>10000)	ārkārtēja	sevišķi augsta (ārkārtēja, ja >15000)

Informācija par meža ugunsgrēkiem laika periodā no 2007.g. – 2011.g. iegūta no Valsts meža dienesta, kā arī akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži”.

Vispārējo sakarību raksturošanai izmantoti visi attiecīgajā laika periodā fiksētie meža ugunsgrēki, kas atrodas ne tālāk par 40 km no Rīgas vai Daugavpils meteoroloģiskajām stacijām.

Katram degumam, kura platība mazāka par 2 ha (pieņemts, ka ugunsgrēks arī izcēlies atbilstošajā nogabalā), noteikta tā vietā esošo nogabalu poligonu taksācijas apraksta atbilstība ugunsbīstamības klasei atbilstoši normatīvi noteiktajai (17.02. 2004.MK noteikumi Nr.82), kas atspoguļota 1.6. tabulā.

1.6. tabula

Mežaudžu un izcirtumu iedalījums ugunsbīstamības klasēs

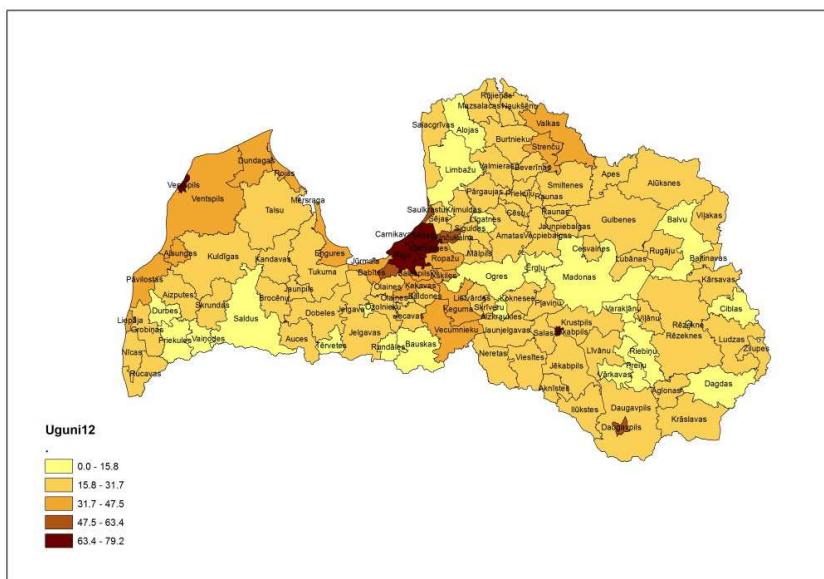
(1.¹ pielikums Ministru kabineta 2004.gada 17.februāra noteikumiem Nr.82)

Nr. p.k.	Ugunsbīstamības klase	Mežaudzes vai izcirtuma apraksts
1.	I klase – ugunsbīstamība paaugstināta	Par 40 gadiem jaunākas skuju koku audzes visos meža augšanas apstākļu tipos un lauksaimniecības zemēs ieaudzētie skuju koku plantāciju meži. Lauksaimniecības zemēs ieaudzētie lapu koku plantāciju meži, kas jaunāki par 10 gadiem. Mežaudzes un izcirtumi silā un grīnī
2.	II klase – ugunsbīstamība augsta	Mežaudzes un izcirtumi lānā, mētrājā, viršu ārenī un viršu kūdrenī
3.	III klase – ugunsbīstamība vidēja	Mežaudzes un izcirtumi damaksnī, šaurlapju ārenī, mētru ārenī, šaurlapju kūdrenī un mētru kūdrenī
4.	IV klase – ugunsbīstamība zema	Mežaudzes un izcirtumi vērī, gāršā, slapjā mētrājā, slapjā damaksnī, slapjā vērī, slapjā gāršā, platlapju kūdrenī un platlapju ārenī
5.	V klase – ugunsbīstamība ļoti zema	Mežaudzes un izcirtumi purvājā, niedrājā, dumbrājā un lieknā

Meteoroloģisko apstākļu un meža ugunsbīstamības klašu sakarības

Mežaudžu un izcirtumu sadalījumu pa ugunsbīstamības klasēm dažādos Latvijas novados analizēja, izmantojot VMD mājas lapā www.vmd.gov.lv pieejamo informāciju par meža resursiem.

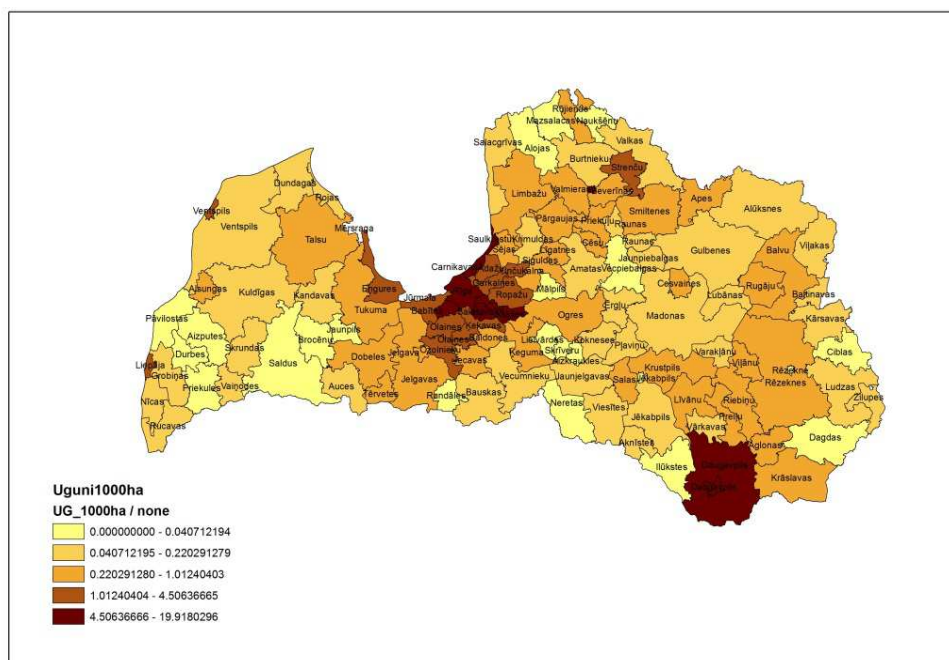
Izvērtējot Latvijas mežu sadalījumu pa ugunsbīstamības klasēm, secināms, ka augstas un paaugstinātas ugunsbīstamības klases mežu īpatsvars vislielākais ir Rīgā, Ventspilī, Pierīgā un Daugavpilī, kur šādu mežu īpatsvars pārsniedz 60% (skat.1.8. att.). Ievērojami augstāks par vidējo, kas ir 26%, I un II ugunsbīstamības klases mežu īpatsvars ir Ventspils novadā, Engures, Valkas, Strenču novados (40-60%). Savukārt ievērojami mazāks par vidējo šis rādītājs ir Limbažu, Ogres, Madonas u.c. novados.



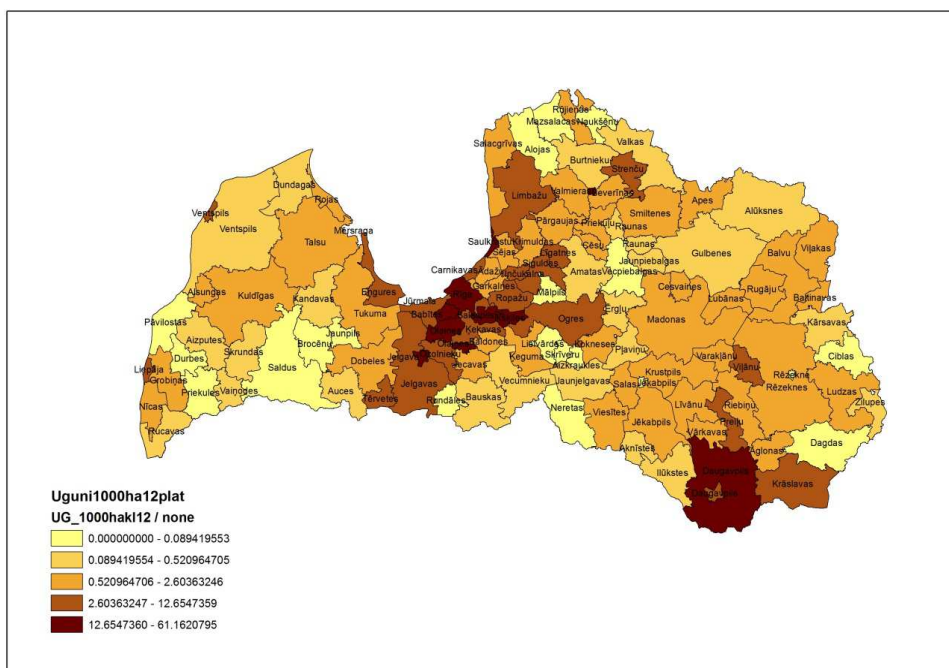
1.8. attēls. I un II ugunsbīstamības klašu mežu īpatsvars novados, % no meža platības, 2011.g. (pēc VMD datiem).

Lielākais ugunsgrēku skaits uz 1000 ha meža ir Pierīgā, Daugvpilī un Daugavpils novadā (1.9. att.). Taču, ja salīdzina ugunsgrēku skaitu uz 1000 ha augstas vai paaugstinātas ugunsbīstamības mežu, tad vislielākais ugunsgrēku skaits ir ne tikai Daugavpilī un Pierīgas novados, bet arī Valmierā, Venstpilī, Liepājā, kā arī Ogres, Strenču novadā (1.10. att.).

Izvērtējot dienu skaitu pa dažādām ugunsbīstamības klasēm 2007.-2011.g. no 1.marta līdz 31.oktobrim, konstatēts, ka 5 gadu laikā metrostacijā Rīgā fiksētas 50 dienas ar sevišķi augstu ugunsbīstamību un 205 dienas ar augstu ugunsbīstamību, bet Daugavpilī – attiecīgi 49 un 250 dienas (skat. 1.7. tab.).



1.9. attēls. Meža ugunsgrēku skaits uz 1000 ha meža dažādos Latvijas novados 2007.-2011.g. (pēc VMD datiem)



1.10. attēls. Meža ugunsgrēku skaits uz 1000 ha augstas vai paaugstinātas meža ugunsbīstamības klases mežu platībām (pēc VMD datiem)

1.7. tabula

Laika perioda no 1.marta līdz 31.oktobrim dienu sadalījums pa Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klasēm (2007.-2011.g.) Rīgas un Daugavpils meteoroloģiskajās stacijās

Meteostacija	Mēnesis	Dienu skaits Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klasēs					
		I (zema)	II (vidēja)	III (augsta)	IV (sevišķi augsta)	V (ārkārtēja)	Kopā
Rīga	03	130	18	7			155
	04	47	46	57			150
	05	54	37	35	29		155
	06	63	27	40	20		150
	07	79	49	27			155
	08	86	39	29	1		155
	09	86	60	4			150
	10	128	21	6			155
	Kopā	673	297	205	50		1225
Daugavpils	03	145	5	5			155
	04	48	33	68	1		150
	05	61	30	35	29		155
	06	73	39	24	14		150
	07	64	46	45			155
	08	74	39	37	5		155
	09	62	52	36			150
	10	136	19				155
	Kopā	663	263	250	49		1225

Izvērtējot ugunsgrēku sākšanos dažādos meža tipos un dažādos meteoroloģiskajos apstākļos, situācija Rīgas un Daugavpils tuvumā ir līdzīga. Dienās ar augstu vai sevišķi augstu ugunsbīstamību (20-24% no dienu kopējā skaita) izceļas 65-75% ugunsgrēku, tajā skaitā 33% II ugunsbīstamības klases audzēs (1.8. tab.).

Ja Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klases atspoguļotu ugunsbīstamību objektīvi, tad ugunsgrēku skaitam vajadzētu būt proporcionālam dienu skaitam atbilstošā Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klasē, vismaz sākot ar otro klasi, un platībai, kas ir attiecīgajā meža ugunsbīstamības klasē, taču kā Pierīgā, tā Daugavpilī 1. ugunsbīstamības klases audzēs izceļas 21% ugunsgrēku, savukārt 2. ugunsbīstamības klases audzēs 45% ugunsgrēku, lai arī šo platību īpatsvars ir attiecīgi 14% un 17%.

1.8. tabula

Ugunsgrēku izcelšanās īpatsvars 2007.-2011. gados Rīgas un Daugavpils apkaimē atkarībā no
Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klases un meža ugunsbīstamības klases

Rīga

Meža ugunsbīstamības klase	Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klase					Mežu platība, %
	I	II	III	IV	Kopā	
1	3,9	2,3	8,5	7,1	21,8	17,2
2	1,9	7,5	19,9	13,7	42,9	20,7
3	3,1	4,8	14,3	7,3	29,5	29,0
4	0,0	1,5	2,1	1,0	4,6	25,8
5	0,2	0,0	0,8	0,2	1,2	7,4
Kopā	9,1	16,0	45,6	29,3	100,0	100,0
Dienas, %	54,9	24,2	16,7	4,1	100,0	

Daugavpils

Meža ugunsbīstamības klase	Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klase					Mežu platība, %
	I	II	III	IV	Kopā	
1	1,1	7,9	8,2	1,1	18,3	11,1
2	2,5	13,1	25,3	7,9	48,8	14,0
3	1,1	7,1	18,8	1,9	28,9	25,7
4	0,3	1,4	0,5	0,3	2,5	36,1
5	0,3	0,0	1,4	0,0	1,6	13,1
Kopā	5,2	29,4	54,2	11,2	100,0	100,0
Dienas, %	54,1	21,5	20,4	4,0	100,0	

Iegūtie rezultāti apstiprina, ka nepieciešams pārbaudīt citu indeksu, piemēram, modificēto Nesterova indeksu, modificētajā Kanādas meža ugunsgrēku uzvedības prognozēšanas sistēmā iekļautos indeksus, izvēloties piemērotākos un ar to palīdzību raksturojot ugunsbīstamības izmaiņas nākotnē prognozētajā klimatā. Tāpat nepieciešams izvērtēt, vai mežaudžu iedalījums ugunsbīstamības klasēs ir adekvāts. Šīs aktivitātes paredzētas īstenot nākamajā projekta pārskata periodā, vienlaikus, pēc tādas pat metodikas kā šajā gadā, visas sezonas laikā ievācot arī organiskā materiāla mitruma izmaiņas raksturojošus datus, tādējādi iegūstot informāciju par plašāku apstākļu variācijas amplitūdu.

1.9. tabula

Objektu saraksts

Objekts	Ugunsbīstamības klase	MT	S10	Sastāvs I stāvs	D cm	H m	Biez	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹
Mazirbe-01	III	Dm	B	10B	24,7	24,6	0,9	26,8	300,6	560
Mazirbe-02	III	Dm	B	6B3P1E	26,0	24,9	1,3	38,0	422,7	600
Mazirbe-03	IV	Vr	B	9B1M	28,3	26,7	1,1	33,9	411,4	560
Mazirbe-04	III	Dm	P	10P+B	46,0	25,0	1,2	44,3	491,6	280
Mazirbe-05	III	Dm	P	8P1B1A	41,1	24,7	1,1	40,0	451,8	300
Mazirbe-06	IV	Dms	P	7P1E1B1M	34,7	26,7	0,6	22,7	267,3	260
Mazirbe-07	IV	Vr	A	10A+E	25,9	27,0	0,9	34,0	438,0	640
Mazirbe-08	IV	Vr	E	7A2E1B+M	32,6	28,7	0,8	30,5	386,2	440
Mazirbe-09	IV	Vr	E	5E5B	24,6	23,1	0,8	28,1	306,6	580
Mazirbe-10	IV	Vr	E	8E2B	22,1	20,1	1,2	38,4	375,0	1020
Mazirbe-11	III	As	B	6B3E1A+M	31,5	28,9	1,1	35,6	463,9	440
Mazirbe-12	III	As	P	6P3B1E	35,8	25,8	1,0	35,5	424,3	520
Mazirbe-13	III	As	E	7E2P1B	25,9	24,5	0,8	29,3	342,2	600
Mazirbe-14	III	Ks	P	9P1E	34,9	25,1	1,3	45,9	517,9	500
Mazirbe-15	III	Ks	P	8P2B	32,3	26,7	0,9	34,6	409,4	500
Mazirbe-16	III	Ks	B	6B3A1P	24,3	24,0	1,1	30,7	364,6	520
Mazirbe-17	III	Ks	B	9B1E	25,8	24,0	1,0	28,5	306,7	540
Mazirbe-18	III	As	B	8B2M	29,1	24,8	0,7	20,5	233,6	300
Mazirbe-19	III	Km	P	9P1B	25,4	21,2	0,8	27,8	275,8	540
Mazirbe-20	V	Nd	P	9P1E	32,5	17,0	0,8	25,3	201,8	320
Mazirbe-21	III	Dm	E	9E1B+P	25,1	23,8	0,8	28,5	324,3	580
Mazirbe-22	II	Mr	P	10P	31,9	20,2	0,7	22,4	209,2	280
Mazirbe-23	IV	Mrs	P	9P1E	26,8	18,5	0,6	21,8	187,7	420
Mazirbe-24	I	Sl	P	10P	30,5	18,7	0,6	20,4	175,7	280
Ugale-01	I/IV	Dms	P	10P	10,9	8,2	0,3	10,5	50,2	1120
Ugale-02	I	Sl	P	10P+E	24,1	17,3	0,5	15,1	123,0	340
Ugale-03	I/II	Mr	P	10P	2,3	2,0	0,1	0,2	0,4	400
Ugale-04	I/IV	Dms	P	10P+B,ats.E	8,3	7,6	0,9	18,3	84,6	3340
Ugale-05	III	Dm	IZC	Izcirtums						
Ugale-06	I	Sl	P	10P	17,4	14,6	0,5	17,1	122,7	720
Ugale-07	III	Dm	P	5P4E1B	27,4	25,1	1,3	48,4	555,4	900
Ugale-08	III	Dm	P	7P3E	34,3	26,9	1,2	44,0	506,2	600
Ugale-09	III	Dm	E	8E2P	25,4	21,5	0,7	25,6	260,9	480
Ugale-10	I/II	Mr	P	10P,atsE	11,1	9,2	0,6	18,6	96,4	1940
Ugale-11	I/IV	Dms	P	10P	2,7	2,2	0,3	0,6	1,4	1000
Ugale-12	IV	Dms	IZC	Izcirtums						
Ugale-13	I/III	As	B	10B	5,9	7,0	0,1	0,5	2,1	200
Ugale-14	IV	Mrs	P	10P+E	28,7	20,1	1,0	35,3	329,2	580
Ugale-15	V	Nd	P	10P	25,3	20,1	0,8	28,2	263,0	560
Ugale-16	III	Km	P	9P2E	30,1	20,2	1,0	28,4	263,1	400
Ugale-17	I/IV	Mrs	P	10P+B	6,4	4,8	0,8	10,1	34,1	3260
Ugale-18	I/III	Dm	P	10P,ats.E,B	11,8	9,0	0,6	22,0	109,2	2020
Ugale-19	II	Mr	P	10P+E	30,7	21,8	0,7	24,7	242,4	340
Ugale-20	III	As	P	7P3E	28,9	21,4	1,0	33,6	335,1	580

Ugale-21	III	As	IZC	Izcirtums						
Ugale-22	I/III	As	P	10P+E	21,5	16,6	0,7	24,0	191,2	660
Ugale-23	I/III	As	IZC	Izcirtums						
Ugale-24	I/IV	Mrs	P	9P1E	16,6	10,0	0,2	13,2	70,5	660
Ugale-25	II	Mr	IZC	Izcirtums						
Ugale-26	I/III	Ks	E	7E3M	27,1	21,9	1,1	38,2	391,2	760
Ugale-27	I/II	Mr	P	10P	5,2	4,0	1,0	8,8	26,8	4120
Ugale-28	I/III	Dm	E	10E	26,8	20,8	1,1	38,2	365,7	680
Vecumn-01	I/III	Km	P	10P	5,4	4,1	0,6	5,7	17,6	2500
Vecumn-02	I/III	Dm	E	9E1B	2,9	2,9	0,3	0,5	1,6	800
Vecumn-03	II	Mr	IZC	Izcirtums						
Vecumn-04	III	Ks	IZC	Izcirtums						
Vecumn-05	III	Km	P	6P4B+E	25,5	21,1	0,7	24,7	251,4	480
Vecumn-06	I/III	As	E	10E	25,4	20,1	0,8	28,3	263,1	560
Vecumn-07	I/III	Ks	P	10P	17,2	12,2	0,5	14,4	88,2	620
Vecumn-08	I/III	Km	P	9P1E	15,0	12,1	0,7	21,7	136,6	1180
Vecumn-09	II	Mr	P	10P	28,4	24,6	0,5	18,9	213,4	300
Vecumn-10	III	As	E	9E1P	38,1	31,9	0,8	35,5	526,9	320
Vecumn-11	I/III	As	B	10B	8,6	8,6	0,1	2,3	10,5	400
Vecumn-12	I/III	As	P	8P2E	6,0	4,1	0,2	1,7	5,2	700
Vecumn-13	III	As	E	9E1P	3,5	3,5	0,3	0,9	3,1	1000
Vecumn-14	III	As	P	8P2E+B	31,7	29,1	1,0	35,9	466,3	500
Vecumn-15	III	As	IZC	Izcirtums						
Vecumn-16	III	Ks	B	8B2E+A	28,2	27,0	1,1	33,5	399,5	540
Vecumn-17	I/II	Mr	P	10P	16,1	12,3	0,6	18,6	116,6	920

2. Atkārtota augstuma pieauguma veidošanās analīze

2.1. Augusta dzinumu veidošanās cēloņi un ietekme

Parastajai priedei (*Pinus sylvestris* L.) un parastajai eglei (*Picea abies* (L.) Karst.) raksturīgs viens augstuma pieaugums veģetācijas periodā. Šo pieaugumu var apzīmēt kā „iepriekšnoteiktu” (no angļu valodas termina *predetermined growth*; turpmāk tekstā – galvenais pieaugums), jo tā augšanu nosaka galvenokārt stumbra posmu aizmetņi pumpurā, no kura tas attīstās. Skujkokiem agrīnā vecumā dažkārt novērojama atkārtota augstuma pieauguma veidošanās veģetācijas perioda otrajā pusē – papildpieaugums jeb t.s. „augusta dzinumi” (apzīmē arī kā „vasaras” vai „brīvo” augšanu - no angļu valodas apzīmējuma *free growth*). Sastopami divi šī pieauguma veidi (tomēr atsevišķos gadījumos novērotas arī pārejas formas):

- 1) papildpieaugums seko „iepriekšnoteiktajam” pieaugumam bez pumpura noformēšanās „iepriekšnoteiktā” pieauguma galā (*sytleptic shoots*);
- 2) papildpieaugums sākas drīz pēc gala pumpura izveidošanās „iepriekšnoteiktā” pieauguma galā (*proleptic shoots*) (Wühlisch, Muhs, 1986).

Dažkārt apzīmējums *proleptic shoots* tiek attiecināts tikai uz sānu pumpuru vasaras pieaugumu, bet koka galotnes papildpieaugums (kas veidojas no „iepriekšnoteiktā” pieauguma gala pumpura) tiek apzīmēts kā *lammas shoot* (piemēram, Aldén, 1971). West un Ledig (1964) atzīmē, ka par augusta dzinumu uzskatāms tikai tāds dzinums, kuram galā izveidojas savs pumpuru kopu ar vismaz diviem pumpuriem, jo papildpieaugumam attīstībai bez šāda „klāstera” ir pilnīgi atšķirīga ietekme uz tālāko koka attīstību. Literatūrā papildpieauguma veidi daudzos gadījumos nav atsevišķi izdalīti un kopumā tiek apzīmēti kā augusta dzinumi (*lammas shoots*). Nosaukuma *lammas shoot* rašanās saistīta ar aptuvenu šo dzinumu parādīšanās laiku - 1.augustu („Lammas Day” – ražas svētki). Augusta dzinumi sastopami daudzām koku ģintīm - *Quercus*, *Fagus*, *Carya*, *Alnus*, *Ulmus*, *Abies*, *Pinus*, *Pseudotsuga*) (Pallardy, 2008).

Augusta dzinumu veidošanās vairāk raksturīga jauniem kokiem; līdz ar koku vecumu tā samazinās (Aldén, 1971; Büsgen, 1929; Ehrenberg, 1963; Rone, 1985; Søgaard et al., 2011). Parastajai eglei pirmajos augšanas gados, palielinoties vecumam, ne tikai samazinās augusta pieauguma sastopamības biežums, bet arī mainās „iepriekšnoteiktās” un „brīvās” augšanas īpatsvars tekošā gada pieaugumā: arvien lielāku pieauguma daļu veido „iepriekšnoteiktais” pieaugums, bez tam „brīvā” pieauguma *sytleptic* formu nomaina *proleptic* forma – papildpieaugums biežāk sākas pēc „iepriekšnoteiktā” pieauguma gala pumpura noformēšanās nekā bez tās. Pirmajā dzīves gadā egles sējeņiem raksturīga tikai „brīvā” augšana, pie tam tā beidzas vēlāk nekā vecākiem kokiem (Wühlisch, Muhs, 1986; Ununger et al., 1988).

Iepriekšējos pētījumos akcentēta vides apstākļu atšķirīgā ietekme uz abu pieauguma veidu – „iepriekšnoteiktā” un „brīvā” – attīstību (Dormling et al., 1968; Wühlisch, Muhs, 1986). „Iepriekšnoteiktā” pieauguma garumu daudz būtiskāk ietekmē vides apstākļi nevis tekošajā, bet iepriekšējā veģetācijas periodā, kad notiek pumpura formēšanās. Turpretī papildpieauguma

veidošanos no jaunajiem stumbra un skuju aizmetņiem vairāk nosaka tekošā veģetācijas perioda vides apstākļi.

Temperatūra un fotoperiods ir faktori, kuriem ir visnozīmīgākā loma pieauguma veidošanās procesā visā koka dzīves laikā. Analizējot sakarības starp vides apstākļiem un parastās priedes radiālo pieaugumu 50 gadu periodā 49 paraugkokiem no piecām audzēm atšķirīgā ģeogrāfiskajā platumā Somijas ziemeļdaļā, konstatēts, ka tekošā gada pieaugumu visbūtiskāk ietekmē vidējā gaisa temperatūra iepriekšējā gada jūlijā, turpretī nokrišņu daudzuma ietekme kādā no periodiem nav novērota; iespējams, tas saistīts ar likumsakarību, ka priedes izplatības areālā nokrišņu loma pieaug (bet temperatūras – samazinās) virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem (Salminen, Jalkanen, 2005). Līdzīgi Odin (1972), Zviedrijas ziemeļu daļā trīs gadu periodā veicot diennakts pieauguma ritma analīzi desmit 5–10 gadus vecām dabiskas izcelsmes priedēm, novērojis, ka priedes radiālo pieaugumu pozitīvi ietekmē augstāka gaisa temperatūra tekošajā veģetācijas periodā, bet augstuma pieaugumu – iepriekšējā veģetācijas periodā.

Aldén (1971) konstatējis vairāku vides faktoru – mitruma, barības vielu nodrošinājuma un CO₂ – būtisku ietekmi uz augusta dzinumu veidošanos vienas un tās pašas izcelsmes parastajai priedei kokaudzētavas vecumā (divgadīgiem kokiem) Zviedrijas centrālajā daļā (kontrolētos vides apstākļos), dažādās eksperimenta stadijās iesaistot 1800–6000 stādu. Nozīmīga ietekme uz augusta dzinumu veidošanos novērota vides apstākļiem ne vien tekošajā, bet arī iepriekšējā veģetācijas periodā. Stādiem, kas pirmajā gadā tika audzēti labvēlīgākos vides apstākļos (CO₂, barības vielu nodrošinājums), nākamajā gadā (vienādos vides apstākļos) bija mazāk augusta dzinumu nekā nelabvēlīgākos vides apstākļos audzētajiem. Savukārt, pirmajā gadā audzējot stādus vienādos apstākļos, bet uzlabojot apstākļus (mitrums, CO₂) otrajā audzēšanas gadā, palielinājās koku ar augusta dzinumiem īpatsvars. Autors skaidro arī iespējamās auga fizioloģiskos procesus, kas nosaka augusta dzinumu veidošanos. Galvenā pieauguma attīstību priedei ietekmē vides apstākļi gan iepriekšējā veģetācijas sezonā (jo tie nosaka stumbra posmu – *stem units* - skaitu pumpurā, kas izveidojas sezonas beigās), gan tekošajā veģetācijas periodā (jo tie ietekmē šo posmu izplešanos – augšanu). Ja augam nepietiekama vides faktoru nodrošinājuma dēļ iepriekšējā (n-1) veģetācijas periodā bija traucēta barības vielu uzkrāšanās un līdz ar to tika ierobežota augšana nākamajā (n) veģetācijas sezonā (maza stumbra posmu skaita dēļ), tad, labvēlīgos vides apstākļos pastāvot augstai fotosintēzes aktivitātei sezonas beigās pēc gala pumpura noformēšanās, palielinās otra pieauguma – augusta dzinuma – izveidošanās varbūtība. Autors atzīmē, ka augusta dzinumu veidošanās procesā vērojamas divas atkāpes no „normālas” attīstības: pumpura attīstība notiek praktiski bez miera perioda, un ir aizkavētā apikālā (galotnes) augšana. Miera perioda iestāšanos un ilgumu nosaka dienas garums (fotoperiods) un temperatūra. Šo faktoru ietekmes mehānismā, iespējams, nozīmīga loma ir fitohormoniem (giberelīni, citokinīni, auksīni). Iespējams, to darbību ietekmē ogļhidrāti, kas tiek uzkrāti augā. Tas varētu izskaidrot augusta dzinumu biežāku sastopamību jaunākiem kokiem, jo tiem ir mazāks ogļhidrātu uzkrāšanas potenciāls. Pie tam aizkavētu galotnes pumpura un pastiprinātu laterālo pumpuru attīstību, iespējams, nosaka fitohormonu koncentrācijas izmaiņas. Literatūrā norādīta arī iespējama *Pinus resinosa* augusta dzinumu veidošanās saistība ar fitohormonu (auksīnu) koncentrācijas paaugstināšanos sēnes *Dematium pullulans* ietekmē, tomēr trūkst informācijas par pētījumiem šajā virzienā (Jump, 1938; McCabe, Labisky, 1959). Little un Macdonald (2003), pētot fitohormonu lomu pieauguma

attīstību noteicošo stumbra posmu skaita un garuma veidošanās procesā galotnes pumpurā viengadīgiem un divgadīgiem parastās priedes sējeņiem, atzīmējuši giberelīnu sekmējošo, kā arī augsīna pretrunīgo lomu galotnes dzinuma attīstībā.

Junttila (1986) pētījis temperatūras ietekmi uz pieauguma veidošanos parastās priedes sējeņiem kontrolētos vides apstākļos. Temperatūrai pumpura formēšanās laikā ir būtiska ietekme ne vien uz nākamās sezonas stumbra posmu skaitu, bet arī uz šo posmu garumu – jo augstāka temperatūra, jo tas lielāks; kas paaugstina varbūtību, ka iepriekšējā veģetācijas perioda temperatūra ietekmē lielākā mērā tieši starpposmu šūnu skaitu nekā to izmēru. Temperatūra tekošajā gadā ietekmē šo šūnu dalīšanos un palielināšanos, tomēr šī ietekme ir mazāk nozīmīga, līdz ar to augšana tekošajā gadā ir, piemēram, mazāk jutīga pret zemas temperatūras ietekmi nekā stumbra posmu aizmetņu veidošanās iepriekšējā gadā.

Skujkokiem „iepriekšnoteiktā” pieauguma izbeigšanos un gala pumpura izveidošanos nosaka pakāpeniska pāreja uz īsāku dienu un garāku nakti (Dormling et al., 1968; Gabrilavičius, Danusevičius, 2003). Veicot eksperimentus kontrolētas vides apstākļos parastās egles sējeņiem (3 proveniences no Zviedrijas ziemeļu daļas un viena proveniece no Eiropas centrālās daļas), konstatēts, ka fotoperiodam un temperatūrai pumpura nobriešanas laikā ir izšķiroša ietekme uz nākamā gada plaukšanas laiku un pieauguma lielumu, piemēram, pārāk augsta vai zema temperatūra naktī pumpura nobriešanas laikā samazina augšanu nākamajā veģetācijas periodā. Pumpura plaukšanas laikā pavasarī, pakļaujot koku īsās dienas apstākļiem, „iepriekšnoteiktā” pieauguma veidošanās turpinājās, kamēr bija izauguši visi stumbra posmu iepriekšējā gada aizmetņi, turpretī „brīvā” pieauguma veidošanās īsās dienas apstākļos nekavējoties apstājās (Dormling et al., 1968).

Augusta dzinumi eglei juvenīlā vecumā veidojas tikai optimālos vides apstākļos – pastāvot pietiekamam barības vielu un mitruma nodrošinājumam. Piemēram, kokaudzētavas apstākļos egles klonu grupai, kura saņēmusi pietiekamu mēslojuma NPK devu un kuras koku augstumi palielinājušies par 60%, izmēģinājumā konstatēts divas reizes lielāks augusta dzinumu īpatsvars nekā tiem kloniem, kuri uz mēslojumu praktiski nav reaģējuši (Rone, 1985). Līdzīgi augusta dzinumu veidošanās priekšnosaukumiem, plaukstot tikai sānu, nevis centrālajam pumpuram, 2012. gadā novērota kokaudzētavā Igaunijā (2.1.att.).



2.1. attēls. Augusta dzinuma veidošanās priekšnosaukumiem otrajā veģetācijas periodā

Literatūrā atrodamas arī norādes (Büsgen, 1929; Carvell, 1956; McCabe, Labisky, 1959), ka vasaras pieauguma (laterālo pumpuru) augšanu sekmē sausuma periodam sekojošs pastiprināts nokrišņu daudzums vasaras otrajā pusē, kad, iespējams, traucēta fitohormona augsīna veidošanās,

kas normālos apstākļos veicina auga augšanu garumā un vienlaikus kavē sānpumpuru attīstību. Tomēr trūkst informācijas par mehānismu, kā auksīna līdzsvars augā varētu tikt izjaukts.

Carvell (1956) Rietumvirdžīnijā *Pinus resinosa* Ait. sešu gadu vecumā novērojis, ka augusta dzinumu veidošanās vairāk saistīta ar konkrētā gada, nevis vietas vides apstākļiem. Turpretī parastajai eglei Norvēģijas dienvidaustrumu daļā veiktā pētījumā (Søgaard et al., 2011) konstatēts, ka augusta dzinumi ievērojami biežāk sastopami auglīgākos apstākļos, piemēram, objektos, kur virsaugstuma bonitāte mazāka ($H_{40} = 11$), konstatēts mazāks koku ar augusta dzinumiem īpatsvars (maksimāli ap 40 %) nekā objektos, kur virsaugstuma bonitāte lielāka ($H_{40} = 23$, maksimāli ap 90 % koku ar augusta dzinumiem). Līdzīgi arī parastajai priedei iedzimtības pārbaužu stādījumos Zviedrijā 8–10 gadu vecumā novērota nozīmīga gan novērojumu gada, gan augšanas vietas vides apstākļu ietekme uz augusta dzinumu sastopamību – augsnes auglība sekmē augusta dzinumu veidošanos (Ehrenberg, 1963).

Vides apstākļu ietekme uz augusta dzinumu veidošanos novērota arī citām skujskoku sugām. Piemēram, trīsgadīgiem duglāzijas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) sējeņiem kontrolētas vides apstākļos CO_2 koncentrācijas palielināšanās neietekmēja dzinumu (tai skaitā, augusta dzinumu), skuju un pumpuru attīstības dinamiku, turpretī, paaugstinoties temperatūrai, novērota nozīmīga dzinumu pieauguma un augusta pieauguma samazināšanās (Olszyk et al., 1998). Augusta dzinumu veidošanos *Abies magnifica* A. Murr. un *Abies concolor* (Gord. and Glend.) Lindl. sējeņiem stimulē liels nokrišņu daudzums sezonas beigās – pastiprināta laistīšana palielinājusi augusta dzinumu īpatsvaru par 40–80 % (Hallgren, Helms, 1988). Novērojot temperatūras ietekmi uz augusta dzinumu veidošanos *Pinus densiflora* 14 gadu periodā, konstatēts, ka vislielākais augusta dzinumu garums bija gadā, kad jūlija un augusta vidējā temperatūra bija visaugstākā (Kushida, 2005). Klinškalnu priedei (*Pinus contorta*), salīdzinājumā ar parasto priedi, gan kokaudzētavas vecumā (Elfving et al., 2001), gan trīs–četrus gadus pēc iestādīšanas (Norgren et al., 1996) novērota intensīvāka augusta dzinumu veidošanās, pie tam tā saistīta ar ātraudzību un to sekmē lielāka augšanas telpa.

Koka augšanas ritma īpatnības un augusta dzinumu veidošanos lielā mērā nosaka ģenētika (Hoffmann, 1965; Ununger et al., 1988; Søgaard et al., 2011; Поле, 1975).

Parastās egles iedzimtības pārbaudēs Norvēģijā konstatētas būtiskas atšķirības augusta dzinumu sastopamībā starp dabiskām populācijām (proveniencēm) un indivīdiem to ietveros, kā arī starp ģimenēm selekcijas populācijā. Izmēģinājumā pārstāvētajām proveniencēm piecu gadu vecumā vidējais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars ir 38 %, sešu gadu vecumā – 22 %, bet septiņu – 17 %, pie tam augusta dzinumu īpatsvara samazināšanās līdz ar vecumu vērojama praktiski visām proveniencēm. Augstākais augusta dzinumu īpatsvars ir proveniencēm no Čehijas un Slovākijas (piecu gadu vecumā 54 %), kā arī Polijas (45 %), zemākais - no Ziemeļvalstīm (18 %), bet Latvijas proveniencē – 28 %. Arī eksperimentu sērijā, kur vienas un tās pašas ģimenes un kloni pārstāvēti izmēģinājumos Norvēģijā, Somijā un Dānijā, koku īpatsvars ar augusta dzinumiem ģimenēm ir būtiski atšķirīgs. Konstatēta cieša korelācija starp pēcnācēju augusta dzinumu īpatsvaru ģimenē Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā un Somijas eksperimentā 21 gada vecumā. Arī sakarība starp ģimenes augusta dzinumu īpatsvaru Somijas eksperimentā 21

gada vecumā un augšanas perioda sākumu un beigām Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā ir cieša; līdzīgi rezultāti konstatēti arī Dānijas eksperimentā (Søgaard et al., 2011).

Ununger et al. (1988), pētot augšanas ritma izmaiņas parastās egles Ziemeļzviedrijas un Francijas provenienču pēcnācējiem sešu gadu periodā (2–8 gadu vecumā), norāda, ka eglei vienā veģetācijas periodā aptuveni pusi no augšanas ritma atšķirībām izskaidro proveniencas faktors; pieaugot vecumam, starpģimeņu atšķirības izlīdzinās, kā arī samazinās dzinuma augšanas perioda ilgums (augšanas periods sākas vēlāk un ir īsāks).

Hoffmann (1965) Vācijas egļu provenienču pēcnācējiem 9–13 gadu vecumā konstatējis, ka, palielinoties proveniencas izcelsmes vietas augstumam (v.j.l.), pazeminās koku ar augusta dzinumiem īpatsvars proveniencas pēcnācēju starpā. Līdzīgi Danusevičius un Persson (1998) un Danusevičius (1999), analizējot 108 Zviedrijas un 16 Austrumeiropas provenienču pēcnācēju augšanu juvenīlā vecumā (līdz 9 gadu vecumam), norāda, ka, palielinoties proveniencas izcelsmes vietas ģeogrāfiskajam platumam un augstumam (v.j.l.), egles augšana veģetācijas periodā sākas un beidzas agrāk, koki agrāk iegūst salcietību, tiem ir mazāks augstums un augusta dzinumu sastopamība.

Koka ātraudzību lielā mērā nosaka tā augšanas ritma īpatnības (Danusevičius, Persson, 1998; Hagner, 1970; Роне, 1975). Izstrādājot atlases pamatprincipus parastās egles selekcijas darbam Latvijā 20. gs. 70.-80. gados, V. Rone analizējusi pieauguma veidošanās dinamiku un tās ģenētisko nosacītību eglēm juvenīlā vecumā (kokaudzētavās un stādījumos līdz 10 gadu vecumam). Autore konstatējusi, ka tādām egles pazīmēm kā relatīvais augšanas perioda sākums, tā beigas un ilgums raksturīga augsta ģenētiskās nosacītības pakāpe (Роне, 1975). Egļu īpašība plaukt noteiktā laikā ir iedzimta (Ronis, 1962; Роне, 1975), tomēr dabā egļu populācijās nav novērojama krasa robeža starp eglēm ar dažādu plaukšanas laiku, tāpēc konkrētu fenoloģisko formu izdalīšana ir nosacīta (Vēveris, 1966). Literatūrā atzīmēta atšķirīgā egles fenoloģisko formu reakcija uz vides apstākļu ietekmi - agri plaukstošās egles vāji reaģē uz augsnes mitruma izmaiņām un pacieš lieku mitrumu, bet vēlu plaukstošajām eglēm nepieciešami optimāli mitruma apstākļi (Юркевич, Голод, 1966). Чертовский (1978) norādījis, ka agri un vēlu plaukstošās egles neatšķiras pēc augšanas ātruma, bet Vēveris (1975) atzīmējis, ka atsevišķu indivīdu vai populāciju agrāka plaukšana liecina par to relatīvo ātraudzību, piemēram, izcilās egles parasti ir audzes agri plaukstošie koki. Savukārt Rone (Роне, 1975) konstatējusi, ka koku augstums ir praktiski neitrāls attiecībā pret veģetācijas sākumu, bet labvēlīgos augšanas apstākļos palielinās līdz ar vēlāku veģetācijas perioda nobeigumu, un vēlāks veģetācijas perioda nobeigums 100 % gadījumu saistīts ar augusta dzinumu veidošanos. Īpatņu ar agri vai vēlu pieauguma izbeigšanos fenotipiska atlase pēc augusta dzinumiem nodrošināja ticamību 80 % un 76 % (augusta dzinumu attīstībai labvēlīgos apstākļos) (Роне, 1980). Rone (Роне, 1975) atzīmējusi, ka pieauguma beigšanās un augusta dzinumu veidošanās ir laikā stabilas pazīmes, ja nenotiek ekoloģisko apstākļu izmaiņas. Vērtējot egļu provenienču pēcnācējus 8 gadu vecumā, Rone (1984) novērojusi, ka atkārtotu pavasara salnu fonā ātraudzīgākajām proveniencēm raksturīga vēlāka plaukšana, bet objektā, kur izteikti salnu bojājumi nav konstatēti, plaukšanas termiņš neietekmē augšanas ātrumu: korelācijas koeficients starp šīm pazīmēm tuvs nullei. Tā kā visātraudzīgākie kloni veido spēcīgus augusta dzinumus, tad augusta dzinumu veidošanās intensitāte ir informatīvākā pazīme starpklonu atšķirību raksturošanai (Rone, 1985). Tomēr autore akcentē šīs pazīmes informatīvo vērtību tikai situācijā, kad augusta

dzinumu īpatsvars ir salīdzinoši augsts, pie tam sīki sānu pumpuru augsta dzinumi (kas veidojas, atveroties pumpuram), neraksturo ātraudzīgos klonus (Rone, 1985).

Hoffmann (1965) egļu provenienču izmēģinājumā (7 Vācijas proveniencēs, 9–13 gadu vecumā) konstatējis ciešu sakarību starp augsta dzinumu īpatsvaru un proveniencēs pēcnācēju vidējo augstumu ($r = 0,93$). Līdz ar vecumu augstuma atšķirības palielinās, piemēram, 9 gadu vecumā vidējais augstums kokiem bez augsta dzinumiem bija 95 cm, bet kokiem ar augsta dzinumiem – 129 cm; 13 gadu vecumā attiecīgi 294 cm un 390 cm. Kokaudzētavas vecumā novērots, ka augsta dzinumu īpatsvars būtiski neatšķiras trim koku grupām, kuru augstums atšķiras par aptuveni $\pm 25\%$.

Zviedrijā (Danusevičius, Persson, 1998), novērtējot 107 Zviedrijas egļu proveniencēs un 16 proveniencēs no Austrumeiropas 5–9 gadu vecumā, provenienču vidējo vērtību līmenī eglei konstatēta pozitīva sakarība ($r \approx 0,3$; $p < 0,01$) starp augsta dzinumu īpatsvaru un koku augstumu (gan 5, gan 9 gadu vecumā). Lielāks augsta dzinumu īpatsvars raksturīgs proveniencēm ar vēlāku plaukšanas sākumu ($r \approx 0,25$; $p < 0,05$) un vēlāku pieauguma izbeigšanos ($r = 0,43$; $p < 0,001$). Augsta dzinumu vidējais īpatsvars eksperimentā pārstāvēto reģionu pēcnācējiem ir no $0,04 \pm 0,02$ Ziemeļzviedrijā (9 proveniencēs) līdz $0,17 \pm 0,03$ Austrijā (2 proveniencēs). Proveniencēm no Baltijas (14) vidējais augsta dzinumu īpatsvars ir $0,07 \pm 0,01$. Egles iedzimtības pārbaužu stādījumos konstatēts, ka ģimenēm ar agrāku pieauguma izbeigšanos Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā raksturīgs lielāks augsta dzinumu īpatsvars Somijas eksperimentā 21 gada vecumā (Søgaard et al., 2011).

Eksperimenti Norvēģijā (Johnsen, 1989; Kvaalen, Johnsen, 2008) liecina, ka parastajai eglei eksistē mehānisms, kas nosaka pieauguma veidošanos atbilstoši temperatūrai embriogēnēzes laikā (kontrolētos vides apstākļos vai māteskoka atrašanās vietā): no siltākā vidē iegūtām sēklām izaudzētu kontrolēto krustojumu pēcnācēju augstums (visā 4–7 gadu vecuma periodā) bija lielāks, tiem būtiski vēlāk beidzās pieauguma veidošanās un bija lielāks augsta dzinumu veidošanās īpatsvars nekā pēcnācējiem, kas izaudzēti no aukstākā vidē iegūtām sēklām.

West un Ledig (1964) pētījuši ģenētisko faktoru ietekmi uz parastās priedes augsta dzinumu veidošanos, otrajā un trešajā veģetācijas sezonā pēc iestādīšanas, veicot novērojumus trīs priežu stādījumos Ņūdžersijā (ASV), kuros pārstāvētas 35 proveniencēs (māteskoki no Ņujorkas, Pensilvānijas, Ņūdžersijas). Koku ar augsta dzinumiem īpatsvars svārstījās no 11 % (stādījumā, kas atradās vairāk uz ziemeļiem un lielākā augstumā v.j.l.) līdz 44 % (stādījumā, kas atradās vairāk uz dienvidiem un mazākā augstumā v.j.l.). Koku īpatsvars, kuriem augsta dzinumi novēroti abos gados, sasniedza no 27 % un 78 % līdz 87 % (stādījumā, kas atradās vairāk uz dienvidiem un mazākā augstumā v.j.l.). Dispersijas analīze parādīja, ka būtiska ietekme uz koku ar augsta dzinumiem īpatsvaru ir visiem trim analizētajiem faktoriem – sēklu izcelsmei, stādījuma vietai un novērojumu gadam; būtiska arī visu šo faktoru mijiedarbības ietekme. Novērojumu gads un vieta nav atdalāmi kā atsevišķi ietekmējošie faktori. Konstatētas izcelsmes ar būtiski augstāku un būtiski zemāku augsta dzinumu īpatsvaru nekā vidējais. Arī Ehrenberg (1963), vērtējot iedzimtības pārbaužu stādījumus Zviedrijā 8–10 gadu vecumā, norādījis, ka parastajai priedei pastāv ģenētiskas atšķirības augsta dzinumu sastopamībā gan starp indivīdiem proveniencē, gan starp proveniencēm, pie tam vienas proveniencēs ietvaros augsta dzinumi biežāk sastopami ātraudzīgākajiem kokiem. Nav novērots, ka augsta dzinumi kavētu koka augšanu nākamajā gadā.

Dažādu provenienču koku ar augusta dzinumiem īpatsvars svārstās no 0,5 % līdz 43,7 %; proveniencē, kur konstatēts augstākais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars, 4,3 % koku augusta dzinumi novēroti četrus gadus pēc kārtas. Parastās priedes ziemeļu proveniencēs pēcnācējiem novērots zemāks augusta dzinumu īpatsvars.

Nozīmīga ģenētisko faktoru ietekme uz augusta dzinumu veidošanos novērota arī citām skujkoku sugām. Sitkas egles (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) provenienču izmēģinājumā Norvēģijas rietumdaļā 8 gadu vecumā konstatēta negatīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un izcelsmes vietas ģeogrāfisko platumu: augusta dzinumu īpatsvars bija robežās no 5 % (proveniencēm no ziemeļiem) līdz vairāk nekā 40 % (proveniencēm no dienvidiem) (Magnesen, 1986). Proveniencēs un augšanas vietas mijiedarbības faktora nozīmīga ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru konstatēta *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt. un *Abies lasiocarpa* var. *arizonica* (Merriam) Lemmon. sugām triju gadu vecumā (Hansen et al., 2004). Analizējot *Pinus radiata* 58 pussibu ģimeņu pēcnācēju augšanas pazīmes 2–3 gadu vecumā Spānijas ziemeļdaļā, konstatētas būtiskas augusta dzinumu īpatsvara atšķirības starp ģimenēm (Codesido, Fernández-López, 2009). Aldén (1971) uzsver, ka gan ģenētisko, gan vides faktoru ietekme izpaužas kā izmaiņas auga fizioloģiskajos procesos, kas savukārt nosaka augusta dzinumu veidošanos.

Vērtējot augusta dzinumu negatīvo ietekmi vairāki autori uzsver, ka papildpieauguma veidošanās var būt saistīta ar stumbra kvalitātes pasliktināšanos (Büsgen, 1929; Ehrenberg, 1970; McCabe, Labisky, 1959; Søgaaard et al., 2011).

Tā kā salcietības veidošanās eglei cieši saistīta ar augšanas ritma īpatnībām, augusta dzinumu attīstība var pazemināt tās salcietību rudenī, ziemā un pavasarī. Salcietība sāk veidoties pēc galotnes pumpura noformēšanās. Ja aktīvā augšana beidzas pārāk vēlu, galotnes dzinums var nerasniegt pietiekamu salcietības pakāpi, lai iegūtu izturību rudens salnās. Līdz ar to rudens salnas var tieši bojāt audus vai arī izjaukt salcietības turpmāko attīstību; tas mazina auga izturību pret ziemas sala bojājumiem. Iespējams arī, ka vēla pumpura veidošanās veģetācijas perioda beigās ietekmē pumpura plaukšanas laiku nākamajā pavasarī, un līdz ar to paaugstinās pavasara salnu bojājumu risks (Gabrilaivičius, Danusevičius, 2003; Søgaaard et al., 2011).

Augusta dzinumu attīstība var sekmēt vairāku galotņu izveidošanos divējādi: vai nu attīstās konkurētspējīgi augusta dzinumi no galotnes dzinuma sānu pumpuriem, vai arī gala pumpura augusta dzinums nozīmīgi cieš no sala bojājumiem (Pallardy, 2008). Gala pumpura sala bojājums izraisa viena vai vairāku sānu zaru attīstību un konkurenci. Ehrenberg (1970) atzīmē augusta dzinumu saistību ar stumbra kvalitāti: attīstoties augusta dzinumam no sānu pumpura, galotnes dzinums var vēlāk atgūt savu vadošo lomu, un augusta dzinumi tādā gadījumā saglabājas kā lieli zari, vai arī galotnes dzinums var zaudēt savu vadošo lomu, un augusta dzinums tādā gadījumā kļūst par galotni, stumbrs veidojas līks, un sākotnējā galotne saglabājas kā padēls. Novērots, ka vasaras pieaugums bieži veicina lielāka zaru skaita attīstību mieturī, divu mieturu izveidošanos, kā arī sekmē padēlu veidošanos. Koksnes strukturālās izmaiņas var samazināt koka izturību pret vēja izraisītiem bojājumiem (Søgaaard et al., 2011). Augusta dzinumi var izraisīt vadošā dzinuma nomaiņu (Aldén, 1971). Augusta dzinumi veicina dubulta mietura izveidošanos nākamajā gadā. Konstatēts, ka augusta dzinumi biežāk sastopami to provenienču pēcnācējiem, kuriem augsts koku ar dubultām galotnēm īpatsvars (Ehrenberg, 1963).

Pētījumi par augusta dzinumu ietekmi uz parastās priedes stumbra kvalitāti veikti jau 20.gs. 60. gados (West, Rogers, 1965). Nūdžersijā provenienču izmēģinājumā 6 gadu vecumā koku īpatsvars ar augusta dzinumiem bija 22–28 %, un pēc diviem gadiem tika novērtēta stumbra kvalitāte – līkumainība un dubultu galotņu īpatsvars. No kokiem, kuriem sestās augšanas sezonas beigās bija izveidojušies augusta dzinumi, 15 % novērota dubultas galotnes veidošanās septītā gada pieaugumam, kas bija būtiski ($\alpha = 0,01$) vairāk nekā kokiem bez augusta dzinumiem (6 %). Stumbra līkumainība (septītā gada pieaugumam) abās koku grupās (ar un bez augusta dzinumiem sestās augšanas sezonas beigās) būtiski neatšķīrās. Autori novērojuši, ka dubultas galotnes veidošanās pirmajā gadā pēc augusta dzinuma attīstības bieži nav paliekoša – koks cenšas atjaunot galotnes dzinuma vadošo lomu nākamajā veģetācijas sezonā, tāpēc nepieciešami vismaz divu gadu novērojumi, lai novērtētu, vai augusta dzinumu attīstība veicinājusi paliekošas dubultas galotnes veidošanos. Arī citām skujukoku sugām (*Pinus strobus* L., *Pinus resinosa* Ait., *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco, *Pinus banksiana* Lamb.) novērots, ka atsevišķos gadījumos augusta dzinumi var paliekoši pazemināt stumbra kvalitāti (Carvell, 1956; Walters, Soos, 1961; Rudolph, 1964). Carvell (1956) Rietumvirdžīnijā *Pinus resinosa* Ait. novērojis, ka sešu gadu vecumā 19 % koku bija augusta dzinumi, un 76 % no šiem kokiem nākamajā augšanas sezonā izveidojās divi vai vairāk spēcīgi vadošie dzinumi, tomēr nav zināms, vai vēlākajos gados dubultā galotne saglabājās.

Hoffmann (1965) parastajai eglei kokaudzētavas vecumā nav novērojis būtisku augusta dzinumu ietekmi uz dubultas galotnes veidošanos – no 600 kokiem, kam novēroti augusta dzinumi, tikai diviem pēc tam izveidojusies dubulta galotne. Līdzīgi Danusevičius un Persson (1998) egļu provenienču pēcnācējiem nav konstatējuši sakarību starp augusta dzinumu veidošanos un stumbra kvalitātes pazemināšanos: korelācijas koeficients $r = -0,02$ ($p > 0,05$) starp augusta dzinumu īpatsvaru 5 gadu vecumā un stumbra kvalitātes vērtējumu (koki ar dubultu galotni, diviem stumbriem, padēliem) 9 gadu vecumā. Nav konstatēta arī būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru piektās augšanas sezonas beigās un salnu bojājumiem nākamā gada pavasarī. Sitkas eglei (8 gadu vecumā) novērota augusta dzinumu veidošanās saistība ar vēla rudens sala bojājumiem (Magnesen, 1986). Pētījumā Norvēģijas dienvidaustrumu daļā, analizējot augusta dzinumu iespējamo ietekmi uz egles stumbra kvalitāti, konstatēts, ka kokiem, kuriem novēroti augusta dzinumi, nākamajā gadā aptuveni par 45 % biežāk konstatētas vairākas galotnes nekā kokiem bez augusta dzinumiem, piemēram, 2008.gadā vairākas galotnes konstatētas < 5 % koku, kuriem nebija augusta dzinumu 2007.gadā, bet ~ 45 % koku, kuriem bija augusta dzinumi 2007.gadā; līdzīga situācija novērota arī 2009.gadā (attiecībā pret 2008.gadu) – attiecīgi ~ 10 % un ~ 50 % (Søgaard et al., 2011).

Augusta dzinumu veidošanās nav jauna parādība. Norvēģijā augusta dzinumi parastajai eglei tika novēroti provenienču izmēģinājumos un pēcnācēju iedzimtības pārbaudēs jau 20.gs. 60.gados. Tomēr, ja agrāk augusta dzinumi bija sastopami tikai sevišķi augstražīgos, uz bijušajām lauksaimniecības zemēm ierīkotos, egļu mežos Norvēģijas zemienēs, tad tagad to sastopamība strauji pieaugusi (Søgaard et al., 2011). Pēc nejaušības principa izvēloties 20 kokus visos meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos otrās vecuma grupas audzēs (ne vairāk kā 200 m v.j.l.), divos no 58 parauglaukumiem (tātad 3 % platības šajā reģionā un šajā vecuma grupā) vairāk nekā 80 % koku bija ar augusta dzinumiem (Kvaalen et al., 2010).

Klimats ietekmē koku augšanas ciklu. Siltāks klimats un barības vielu pieejamības paaugstināšanās ir apstākļi, kas, visticamāk, sekmēs pastiprinātu augsta dzinumu veidošanos nākotnē (Kvaalen et al., 2010). Tāpēc nepieciešami tālāki pētījumi par augsta dzinumu veidošanos un saistību ar koku produktivitāti un stumbra kvalitāti, lai sniegtu pamatotas rekomendācijas audzēšanai un selekcijai, un sekmētu augsta kvalitātes koksnes iegūšanu mainīgos klimatiskajos apstākļos.

2.2. Augsta dzinumu novērtēšanas metodika

Veiktā darba apjoms, salīdzinot ar projekta paredzēto, šī darba uzdevuma ietvaros ir dubultots, ņemot vērā, ka literatūras apskata rezultāti liecināja par potenciāli ievērojamu atkārtota augstuma pieauguma veidošanās ietekmi uz jaunaudzū vitalitāti un koku kvalitāti, tādēļ būtiski iegūt iespējami precīzu informāciju par situāciju dažādu meža tipos.

Augsta dzinumu sastopamība, to veidošanos ietekmējošie faktori, kā arī augsta dzinumu iespējamā saikne ar koku produktivitāti un kvalitāti raksturojošām pazīmēm, priedei un eglei novērtēta, ievācot datus gan mežaudzēs, gan pēcnācēju pārbaužu stādījumos.

Parastajai priedei novērojumi veikti:

- 1) trijos prieku brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos, mētrājā, kur katrā pārstāvētas vairāk nekā sešdesmit ģimenes (divos no šiem stādījumiem nodrošinot arī augsnes temperatūras un mitruma mērījumus divos dažādos dziļumos visas sezonas garumā);
- 2) mākslīgi un dabiski atjaunotās 3–8 gadus vecās jaunaudzēs dažādos meža tipos: 2011. gadā (ar to apzīmējot augsta dzinumus, kas veidojušies 2011. gada veģetācijas sezonas beigās, uzmērīti 2012. gada pašā sākumā, ziemas periodā) – 122 jaunaudzēs, 2012. gadā (rudē) atkārtoti – 22 jaunaudzēs.



2.2. attēls. Augsta dzinumi priedei un eglei

Parastajai eglei novērojumi veikti:

- 1) divos egļu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos (kopumā 194 ģimenes, pārstāvēti Cēsu, Cesvaines, Kalupes Katlešu, Krāslavas, Kuldīgas Ludzas, Madonas, Ogres, Rēzeknes, Saldus, Tukuma un Ugāles kloni);
- 2) mākslīgi un dabiski atjaunotās 3–8 gadus vecās jaunaudzēs dažādos meža tipos: 2011. gadā – 103 jaunaudzēs; 2012. gadā (rudenī) atkārtoti – 21 jaunaudzē.

Priežu brīvapputes ģimeņu pēcnācēju stādījumos noteikts koku augstums, pēdējo trīs gadu pieaugumi, stumbra kvalitāte – atzīmēti koki ar padēlu un vairākām galotnēm, kā arī pārnadžu izraisītiem stumbra mizas un dzinumu bojājumiem. Augusta dzinumi 2012.gada septembrī novērtēti šādi: noteikts augusta dzinumu skaits galotnei un garākā galotnes augusta dzinuma garums, kā arī koka to sānzaru skaits, uz kuriem izveidojušies augusta dzinumi. Augusta dzinumu sastopamība reģistrēta (ir / nav) arī iepriekšējos gados (citu projektu ietveros) – Ogres un Daugmales stādījumos četrus gadus pēc kārtas, bet Smiltenes stādījumā – divus gadus.

Augusta dzinumu novērtēšanai priežu jaunaudzēs ierīkoti 20 apļveida parauglaukumi nogabalā (minimālā nogabala platība 0,5 ha), katrs 25 m² platībā. Tajos noteikts priežu skaits parauglaukumā, atzīmējot to koku skaitu, kuriem izveidojušies augusta dzinumi galotnei vai sānzariem, kā arī koku skaitu, kas ir bojāti biotisku vai abiotisku apstākļu ietekmē.

Egļu brīvapputes ģimeņu pēcnācēju pārbaužu stādījumos noteikts koku augstums, pēdējo trīs gadu pieaugumi, stumbra kvalitāte – atzīmēti koki ar vairākām galotnēm. Augusta dzinumi 2012. gada septembrī novērtēti šādi: centrālajam dzinumam noteikts sānu pumpuru augusta dzinumu skaits un garums (garākajam no tiem); centrālajam dzinumam atsevišķi atzīmēta augusta dzinuma veidošanās gala pumpuram (jā/nē); atsevišķi atzīmēta arī augusta dzinumu veidošanās sānu zariem (jā/nē).

Egļu jaunaudzēs ierīkoti 20 apļveida parauglaukumi nogabalā (minimālā nogabala platība 0,5 ha), katrs 25 m² platībā, kuros noteikts egļu skaits parauglaukumā, atzīmējot to koku skaitu, kuriem izveidojušies augusta dzinumi galotnei (augusta pieaugumu izveidojis centrālā dzinuma gala vai sānu pumpuri – viens vai vairāki) vai sānzariem, kā arī koku skaitu, kas ir bojāti biotisku vai abiotisku apstākļu ietekmē. Daļā nogabalu (70 objektos) ballēs novērtēta vides faktoru atbilstība egles augšanai: 1) mitruma apstākļi (1 balle – normāli, 2 balles – daļēji traucē egles augšanu, 3 balles – stipri traucē egles augšanu); 2) zālaugu un citu kokaugu konkurence (balles tāpat kā mitruma apstākļiem); 3) pārnadžu izraisīti bojājumi (1 balle – ne vairāk kā 1 % bojātu koku, 2 balles – 1,1-10 % bojātu koku, 3 balles – vairāk kā 10 % bojātu koku). Summējot šo trīs traucējumu vērtējumu (balles), iegūts rādītājs, kas raksturo augšanas apstākļu ietekmi uz egles attīstību katrā objektā.

Augusta dzinumu īpatsvars vērtēts tikai jaunaudzēs, kurās audzes biezums nav mazāks kā 2006.gada 31.oktobra MK noteikumos nr. 892 „Noteikumi par koku ciršanu meža zemēs” norādītais kritiskais koku skaits (priedei 1000 koki*ha⁻¹; eglei 800 koki*ha⁻¹).

2.3. Augusta dzinumu novērtēšanas rezultāti

Priežu jaunaudzēs augusta dzinumu novērojumi veikti 2011. un 2012. gadā. Izvēlētas 122 priežu jaunaudzēs 3–8 gadu vecumā dažādos meža tipos, ņemot vērā meža tipu īpatsvaru Latvijas valsts mežu pārvaldībā esošajos mežos, kur 52 % mežu aug uz normāla mitruma minerālaugsnēm un 25 % – uz nosusinātām augsnēm. Augusta dzinumi 2011. gadā novēroti 8,3 % koku (2.1.tab.). Daļā objektu (22 jaunaudzēs) veikti atkārtoti novērojumi arī nākamajā gadā. Šajos objektos koku ar augusta dzinumiem īpatsvars (turpmāk – augusta dzinumu īpatsvars) 2011. gadā ir 15,4 % un 2012. gadā – 12,7 %; atšķirība nav statistiski būtiska ($p > 0,05$). No kopējā augusta dzinumu īpatsvara priedei 80 % sastāda galotnes augusta dzinumi un 20 % – sānzaru augusta dzinumi.

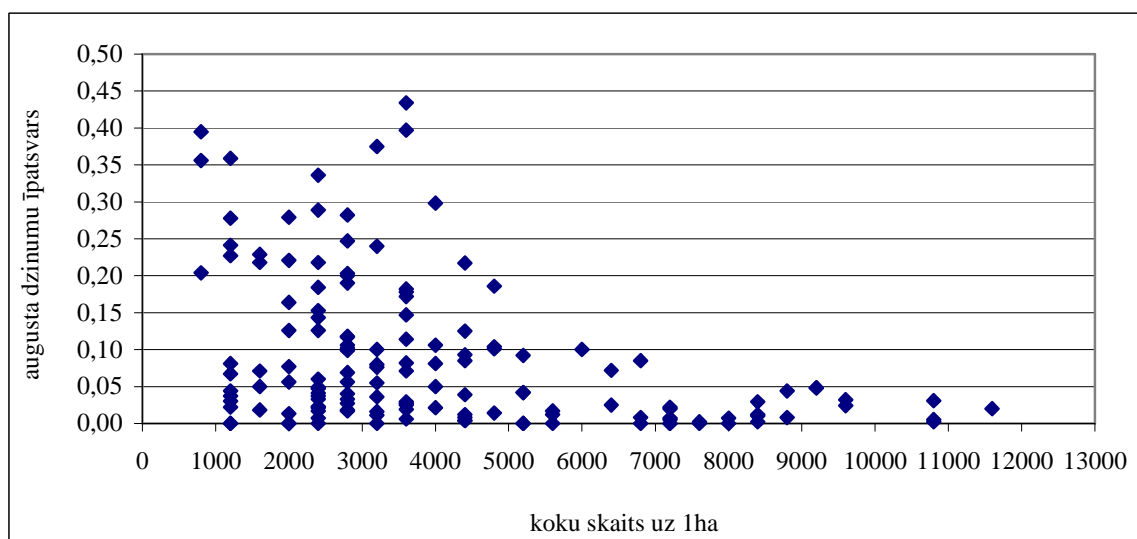
2.1.tabula

Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma priežu jaunaudzēs
dažādos meža tipos 2011. un 2012. gadā

Nr. p. k.	Meža tips	Novērojumu gads	Objektu skaits	Augusta dzinumu īpatsvars (%) dažāda vecuma jaunaudzēs						
				3g.	4g.	5g.	6g.	7g.	8g.	vidēji
1.	Sl	2011	3				0,2			0,2
2.	Mr	2011	31	2,5	1,3	1,9	0,8	2,3		1,4
3.	Mr	2012	2				0,7			0,7
4.	Ln	2011	24	9,9	5,9	4,0		2,8		5,7
5.	Ln	2012	4		24,7	3,3	12,6			13,3
6.	Dm	2011	21	14,2	6,4	8,8	3,2			8,3
7.	Dm	2012	4		24,7		1,8			19,0
8.	Mrs	2011	8		12,7					12,7
9.	Mrs	2012	2			3,6				3,6
10.	Dms	2011	4		7,8		0	35,9		12,9
11.	Dms	2012	2			2,9			39,5	21,2
12.	As	2011	16	7,9	6,6	25,5	1,6	5,3		8,5
13.	As	2012	3			6,0	16,4		21,8	14,7
14.	Km	2011	2		13,7					13,7
15.	Ks	2011	13	30,8	22,9	25,7	28,9			25,7
16.	Ks	2012	5			1,8	9,7	24,1		11,0
Kopā		2011	122	11,0	9,3	9,1	3,5	7,5		8,3
Kopā		2012	22		24,6	3,5	8,2	24,1	30,6	12,7

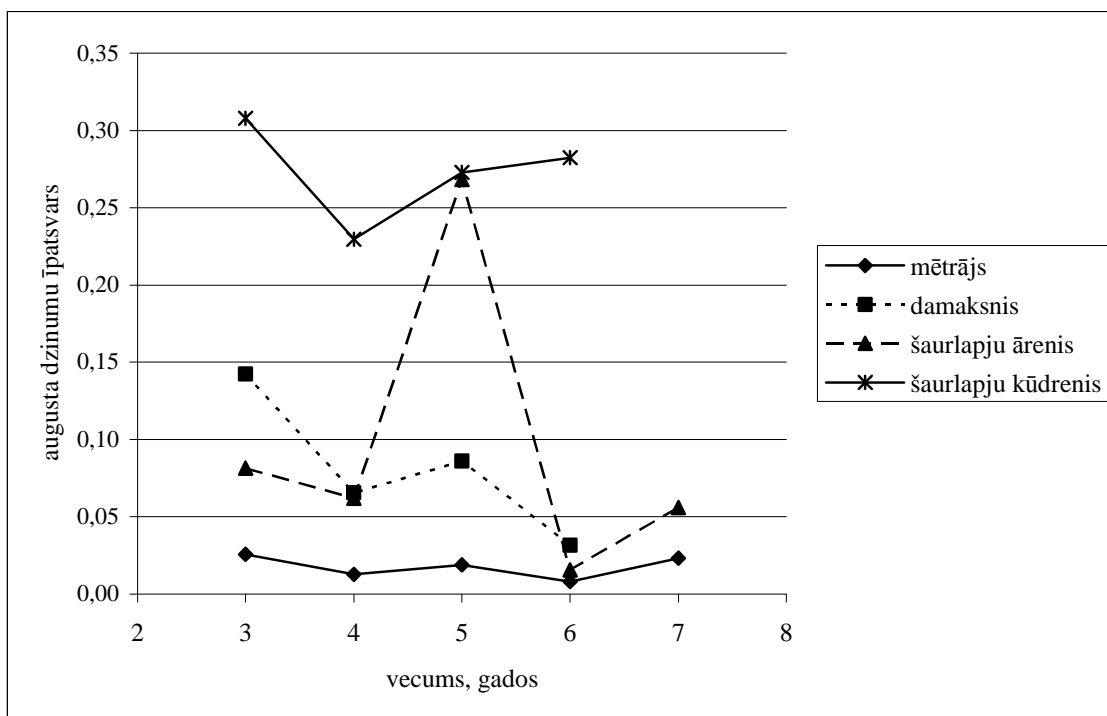
Priedei konstatēta būtiska pozitīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru vienos un tajos pašos objektos abos novērojumu gados ($r = 0,47$; $p < 0,05$), kas liecina par zināmu pazīmes stabilitāti laikā. Gan analizējot atsevišķu parauglaukumu datus, gan objektu vidējos rādītājus, priedei nav konstatēta būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru un biotisku vai abiotisku faktoru izraisītu bojājumu īpatsvaru ($p > 0,05$), kas liecina, ka bojājumi (visbiežāk – pārnadžu izraisīti) augusta dzinumu veidošanos nozīmīgi neietekmē. Konstatēta negatīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un koku skaitu parauglaukumā (objektu vidējiem rādītājiem $r = -0,39$, $p < 0,001$), tātad lielāks augusta dzinumu īpatsvars ir mazāka koku skaita gadījumā. Tas varētu būt

izskaidrojams ar salīdzinoši lielu koku skaitu objektos (vai atsevišķos parauglaukumos), kur sekmīgi notikusi priedes dabiskā atjaunošanās. Jāatzīmē, ka parauglaukumos tika uzskaitīti visi valdošās sugas koki, kas sasnieguši 10 cm augstumu; uzskaitīto koku augstums nogabalos netika noteikts. Kā redzams 2.3. attēlā, objektos, kur koku skaits uz 1 ha pārsniedz 5000 (tātad notikusi mākslīgā un dabiskā atjaunošanās vai tikai dabiskā atjaunošanās), augusta dzinumu īpatsvars nav lielāks par 10 %. Iespējams, ka liels jaunaudzēs biežums kavējis augusta dzinumu veidošanos kokiem (piemēram, ietekmējot katram kokam pieejamo barības resursu apjomu un to vitalitāti). Secinājums saskan ar pētījumu rezultātiem citās valstīs (Elfving et al., 2001). Audzes vecumam (analizētajā periodā) nav konstatēta nozīmīga ietekme uz augusta dzinumu veidošanos (2.4 att.).

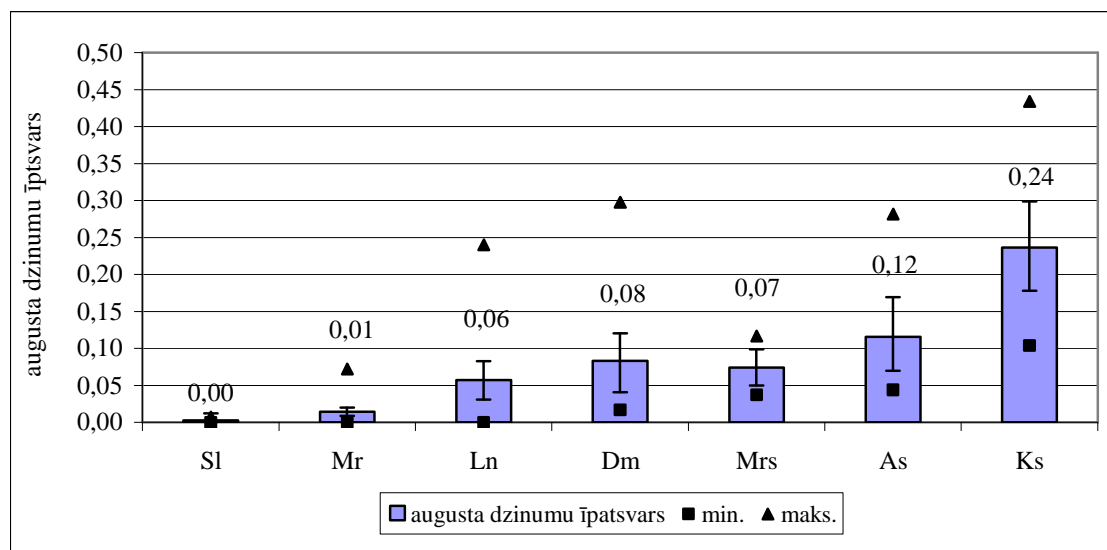


2.3. attēls. Sakarība starp objektu vidējo koku skaitu (uz 1 ha) un augusta dzinumu īpatsvaru priežu jaunaudzēs.

Veicot hī-kvadrāta testu, konstatēta statistiski būtiska ($p < 0,05$) meža tipa ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru (2.5. att.). Priežu jaunaudzēs silā un mētrājā ir statistiski būtiski mazāks augusta dzinumu īpatsvars (vidēji attiecīgi 0,2 % un 1,4 %), bet šaurlapju kūdreņos - būtiski lielāks (vidēji $23,7 \pm 5,9$ %) nekā pārējos meža tipos (2011. gada dati). Atsevišķos gadījumos augusta dzinumu īpatsvars viena meža tipa ietvaros starp objektiem svārstās plašā amplitūdā (2.5. attēlā objektu vidējā augusta dzinumu īpatsvara minimālās un maksimālās vērtības), kas, iespējams, izskaidrojams galvenokārt ar īpašiem vides apstākļiem kādā no objektiem vai objekta (nogabala) daļām. No augusta dzinumu īpatsvara salīdzinājuma dažādos meža tipos izslēgti objekti slapjajā damaksnī, kur novērota stipri atšķirīga pārnadžu izraisīto bojājumu pakāpe, kā arī atšķirīgi mitruma apstākļi, turklāt šo vides faktoru ietekme saistīta ar audzes vecumu. Izslēgti arī divi objekti mētru kūdreņa apstākļos.



2.4. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma priežu jaunaudzēs



2.5. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars priežu jaunaudzēs dažādos meža tipos 2011. gadā

Priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos konstatēts, ka koku īpatsvars, kuriem konstatēti viens vai vairāki augsta dzinumi, pēdējos četros gados bija robežās no 0,5 % līdz 14,3 % (2.2. tab.).

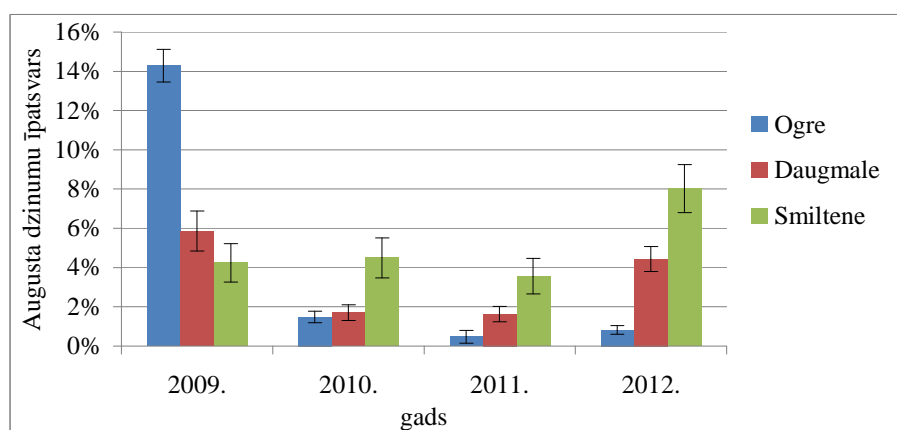
2.2. tabula

Augsta dzinumu īpatsvars priežu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos

Stādījums	Ģimeņu skaits	Koku skaits	Vidējais augsta dzinumu īpatsvars, %			
			2009	2010	2011	2012
Ogre	66	6745	14,3	1,5	0,5*	0,8
Daugmale	65	4001	5,9**	1,7	1,6	4,4
Smiltene	61	1857	4,2	4,5	3,6	8,0

* augsta dzinumu īpatsvars vērtēts, apsekojot ~ 25 % koku katrā ģimenē (1693 gab.)

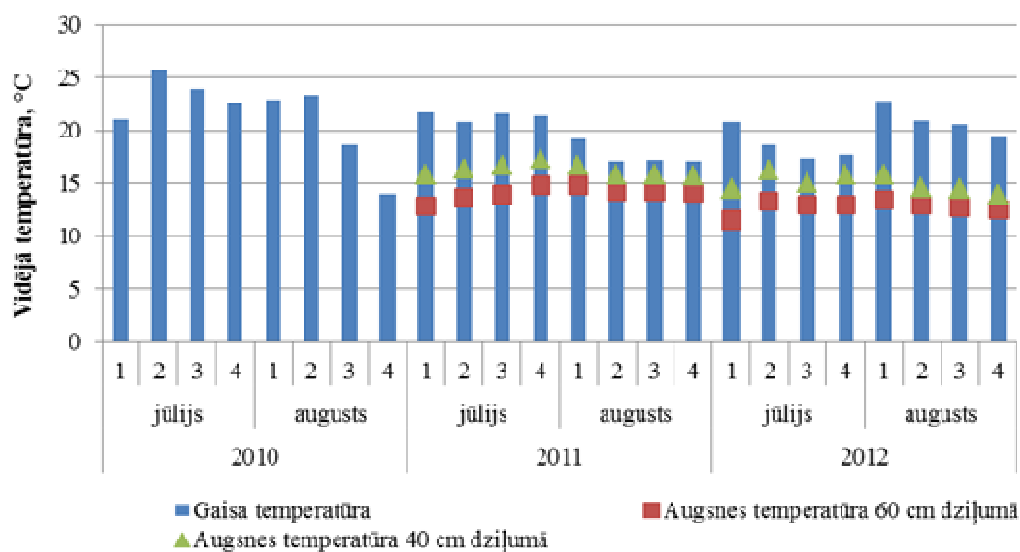
** augsta dzinumu īpatsvars vērtēts, apsekojot ~ 50 % koku katrā ģimenē (2221 gab.)



2.6. attēls. Augsta dzinumu īpatsvars priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos dažādos novērojumu gados

Kā redzams 2.6. attēlā, starp dažādiem stādījumiem vienā novērojumu gadā vairumā gadījumu pastāv statistiski būtiskas ($p < 0,05$) augsta dzinumu vidējā īpatsvara atšķirības, turklāt nav novērojama sakarība starp stādījumu augsta dzinumu īpatsvara atšķirībām dažādos gados. Visaugstākais augsta dzinumu īpatsvars visā novērojumu periodā bijis 2009. gadā Ogres stādījumā, bet nākamajos trīs gados šajā stādījumā augsta dzinumu īpatsvars krasi samazinājies un nav pārsniedzis 1,5 %. Daugmales stādījumā augsta dzinumu īpatsvars 2009. un 2012. gadā statistiski būtiski pārsniedzis īpatsvaru 2010. un 2011. gadā. Smiltenes stādījumā augsta dzinumu īpatsvars trijos gados (2009.–2011.g.) mainījies nedaudz (statistiski būtiski neatšķiras) – 3,6 % līdz 4,5 % robežās, bet 2012. gadā – palielinājies (8 %). Tātad pēcnācēju pārbaužu stādījumos priedēm 5–9 gadu vecuma periodā nav konstatēta ar koka vecumu saistāma noteikta augsta dzinumu veidošanās tendence. Ogres stādījumā novērota visstraujākā koku augšana salīdzinājumā ar abiem pārējiem stādījumiem: septiņu gadu vecumā vidējais koku augstums Ogres stādījumā bija

211±1,1 cm, Daugmales – 122±1,3 cm, Smiltenes – 119±1,4 cm). Iepriekšējos pētījumos atzīmēts, ka augusta dzinumu īpatsvars līdz ar koka vecumu samazinās (Aldén, 1971; Büsgen, 1929; Ehrenberg, 1963; Rone, 1985; Sjøgaard et al., 2011), kā arī norādīts, ka tas varētu būt saistīts ar ogļhidrātu uzkrāšanas potenciāla palielināšanos (un līdz ar to augusta dzinumu veidošanās intensitātes samazināšanos, pat intensīvai fotosintēzei labvēlīgos apstākļos veģetācijas perioda otrajā pusē) lielāku dimensiju kokiem (Aldén, 1971). Tomēr Daugmales un Smiltenes stādījumos, palielinoties koku vecumam (un tātad arī dimensijām), nav novērojama augusta dzinumu īpatsvara samazināšanās tendence. Pastāv uzskats, ka augusta dzinumu veidošanos sekmē augstāka augsnes auglība (Ehrenberg, 1963), kam šajā pētījumā apstiprinājums iegūts tikai 2009. gada novērojumos – Ogres stādījumā, kur augsnes apstākļi priedes augšanai ir labvēlīgāki (lai gan svārstās tikai viena meža tipa ietvaros), augusta dzinumu īpatsvars ir būtiski lielāks nekā abos pārējos stādījumos. Viena stādījuma ietvaros augusta dzinumu īpatsvaru dažādos gados nozīmīgi ietekmē meteoroloģiskie apstākļi iepriekšējā un tekošajā veģetācijas sezonā (Aldén, 1971; Dormling et al., 1968; Wühlisch, Muhs, 1986). Ogres stādījumā veikto meteoroloģisko novērojumu dati (2010. un 2011. gadā ievākti citu projektu ietvaros) liecina, ka 2010. gadā, kad augusta dzinumu īpatsvars stādījumā bija statistiski būtiski lielāks nekā divos nākamajos gados (attiecīgi 1,5 % 2010. gadā, 0,5 % un 0,8 % divos nākamajos, $p < 0,05$), gaisa temperatūra augusta dzinumu intensīvākās veidošanās laikā (jūlija pēdējās divās un augusta pirmajās divās nedēļās) bijusi salīdzinoši augsta (virs 20 °C), bet 2011. gadā, kad augusta dzinumu īpatsvars stādījumā bija vismazākais, gaisa temperatūra tieši augusta pirmajās divās nedēļās nokritusies zem 20 °C (2.7. att.). Savukārt 2012. gadā, kad augusta dzinumu īpatsvars Ogres stādījumā, lai arī ne statistiski būtiski ($p > 0,05$), tomēr bija nedaudz lielāks nekā iepriekšējā gadā, temperatūra bijusi salīdzinoši zema jūlija pēdējās divās nedēļās un paaugstinājusies (virs 20 °C) augusta sākumā. Daugmales stādījumā konstatētais augusta dzinumu īpatsvara pieaugums 2012. gadā salīdzinājumā ar 2011. gadu (attiecīgi 4,4 % un 1,6 %) ir vairāk izteikts (atšķirība statistiski būtiska, $p < 0,05$).

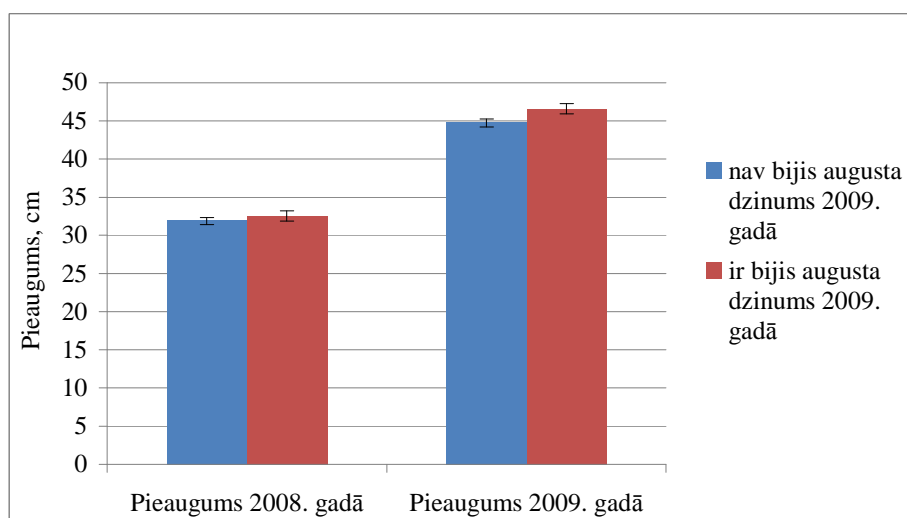


2.7. attēls. Meteoroloģisko novērojumu dati 2010.-2012. gadā

Attiecinot uz Daugmales stādījumu Ogres meteoroloģisko novērojumu datus (attālums starp abiem stādījumiem aptuveni 10 km), var konstatēt, ka augusta dzinumu veidošanās procesā nozīmīga loma, iespējams, ir tieši gaisa temperatūras kāpumam augusta sākumā salīdzinājumā ar jūlija beigām. Augsnes temperatūras (40 cm un 60 cm dziļumā) svārstības salīdzinoši nelielās robežās, visticamāk, nav nozīmīgi ietekmējušas augusta dzinumu veidošanās intensitāti.

Iepriekšējos pētījumos gūti atšķirīgi secinājumi par dažādu augšanas periodu (iepriekšējās un tekošās veģetācijas sezonas) meteoroloģisko apstākļu (gaisa temperatūras, nokrišņu daudzuma) un barības vielu nodrošinājuma ietekmi uz galvenā un papildpieauguma veidošanos. Līdz ar to augusta dzinumu īpatsvara svārstības dažādos stādījumos dažādos novērojumu gados, visticamāk, izskaidrojamas ar daudzu faktoru (gan vides, gan ģenētisko) kompleksu iedarbību uz augusta dzinumu veidošanos.

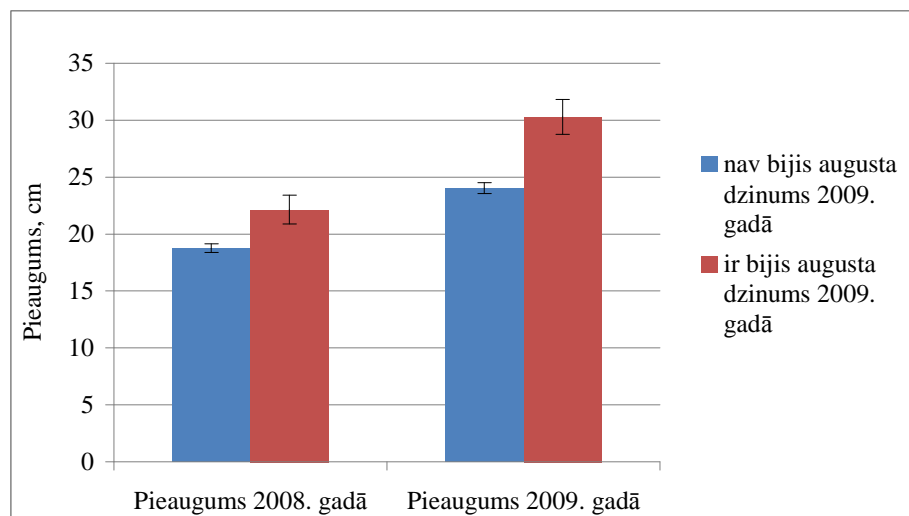
Iepriekšējos pētījumos vairumā gadījumu konstatēta pozitīva sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un koka produktivitātes pazīmēm – vitālāki koki kopumā biežāk veido papildpieaugumu nekā augšanā atpalikušie (Ehrenberg, 1963). Priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumos analizēta augusta dzinumu veidošanās saistībā ar koku produktivitātes pazīmēm (augstumu, augstuma pieaugumu iepriekšējā, kā arī tekošajā veģetācijas periodā) un konstatēts, ka Ogres stādījumā augusta dzinumu īpatsvaram piektās veģetācijas sezonas beigās (kad bijis vislielākais augusta dzinumu īpatsvars šajā stādījumā) nav statistiski būtiskas sakarības ar koka iepriekšējā gada augstuma pieaugumu, bet pastāv būtiska sakarība ar tā paša gada augstuma pieaugumu – būtiski lielāks augstuma pieaugums saistīts ar lielāku augusta dzinumu īpatsvaru tā paša veģetācijas perioda beigās (2.8. att.).



2.8. attēls. Koka augstuma pieauguma un augusta dzinuma veidošanās saikne Ogres stādījumā

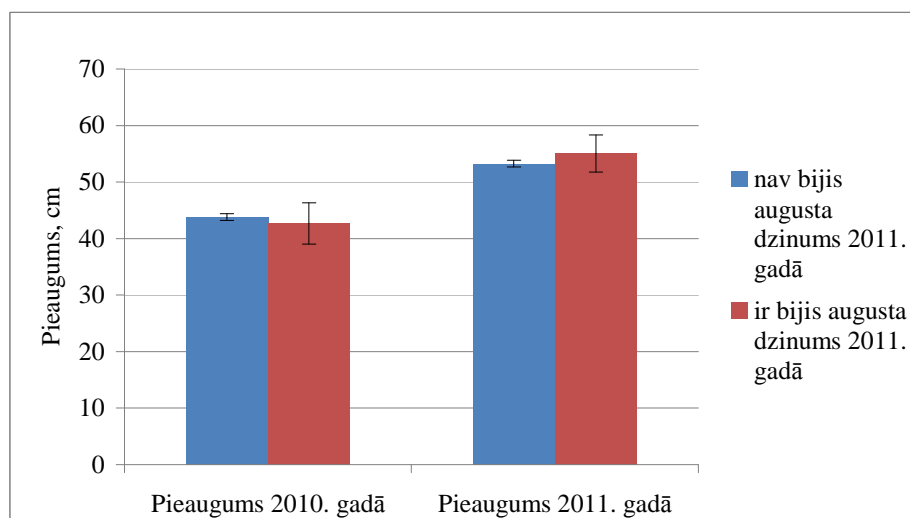
Daugmales stādījumā statistiski būtiski lielāks augstuma pieaugums piektajā veģetācijas sezonā ir kokiem ar ceturtās veģetācijas sezonas beigās konstatētiem augusta dzinumiem. Arī piektās veģetācijas sezonas beigās kokiem ar jaunajiem augusta dzinumiem ir būtiski lielāks

augstuma pieaugums nekā kokiem bez papildpieauguma, kas liecina par augsta dzinumu pastiprinātu veidošanos vitālākiem kokiem (2.9. att.).



2.9. attēls. Koka augstuma pieauguma un augsta dzinuma veidošanās saikne Daugmales stādījumā

Smiltenes stādījumā nav konstatēta statistiski būtiska sakarība starp augsta dzinumu veidošanos (septītās vai astotās veģetācijas sezonas beigās) un augstuma pieaugumu astotajā augšanas gadā (2.10 att.).

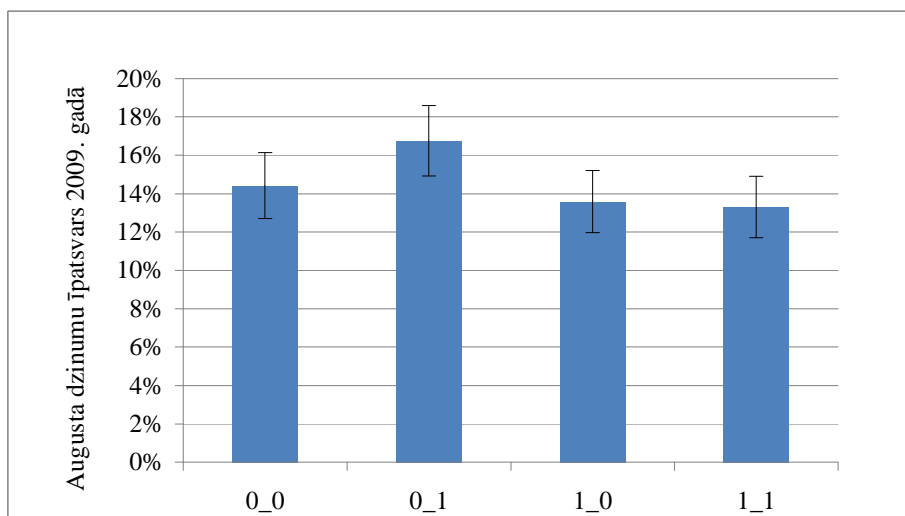


2.10. attēls. Koka augstuma pieauguma un augsta dzinuma veidošanās saikne Smiltenes stādījumā

Ogres, Daugmales, un Smiltenes stādījumos, analizējot vairākos iepriekšējos gados uzskaitīto augsta dzinumu īpatsvara sadalījumu koku grupās ar atšķirīgu augstumu (Ogres un

Daugmales stādījumos 7 gadu vecumā, Smiltenes stādījumā – 9 gadu vecumā) nav novērojama noteikta augsta dzinumu pastiprinātas veidošanās tendence augstākiem vai zemākiem kokiem.

Analizējot iespējamo augsta dzinumu veidošanos saistībā ar augstuma pieauguma garumu iepriekšējā (un tekošajā veģetācijas sezonā), Ogres stādījumā konstatēts, ka kokiem ar salīdzinoši mazāku augstuma pieaugumu iepriekšējā (ceturtajā) veģetācijas sezonā ir lielāka augsta dzinumu veidošanās iespēja nākamajā (piektajā) veģetācijas periodā. Kā redzams 2.11. attēlā, vislielākais augsta dzinumu īpatsvars ir kokiem, kuriem bijis mazs augstuma pieaugums iepriekšējā gadā (mazāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo pieaugumu) un liels augstuma pieaugums tekošajā gadā (lielāks par izmēģinājuma vidējo). Tomēr konstatētās sakarības nav statistiski būtiskas.



0_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā un 2009.gadā bija mazāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo;

0_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā bija mazāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2009.gadā – lielāks par izmēģinājuma vidējo;

1_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā bija lielāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2009.gadā – mazāks par izmēģinājuma vidējo;

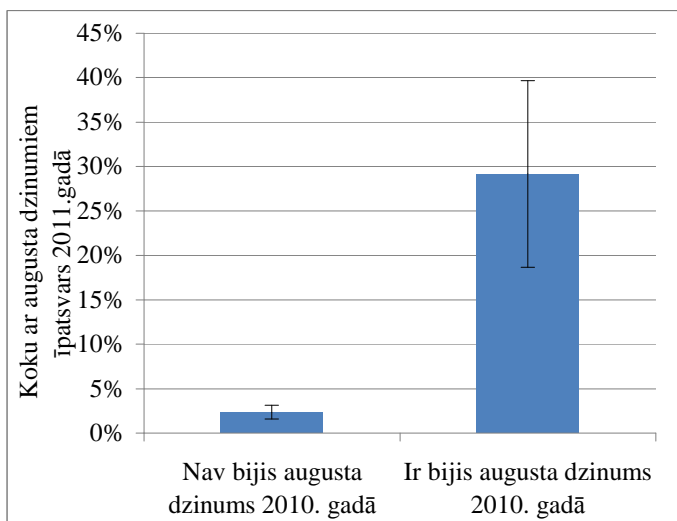
1_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā un 2009.gadā bija lielāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo.

2.12. attēls. Augsta dzinumu un koku augstuma pieauguma izmaiņu saikne Ogres stādījumā

Daugmales stādījumā no pārējām grupām statistiski būtiski atšķiras koki ar salīdzinoši maziem pieaugumiem abos novērojumu gados (ceturtajā un piektajā augšanas gadā) – šiem kokiem ir vismazākais augsta dzinumu īpatsvars, kas liecina par augšanā atpalikušu koku mazāku spēju veidot papildpieaugumu. Līdzīga situācija novērota Smiltenes stādījumā sestajā un septītajā augšanas gadā, tomēr, atšķirībā no Daugmales stādījuma, augsta dzinumu īpatsvara atšķirības nav statistiski būtiskas. Turpinot šādus novērojumus arī nākamajā gadā, nav konstatētas būtiskas sakarības starp iepriekšējā un tekošā veģetācijas perioda pieaugumu un augsta dzinumu īpatsvaru.

Visos stādījumos novērots, ka augsta dzinumi kokiem ar pastāvīgi mazu augstuma pieaugumu veidojas ievērojami retāk nekā kokiem ar salīdzinoši lielāku augstuma pieaugumu iepriekšējā un/vai tekošajā veģetācijas sezonā.

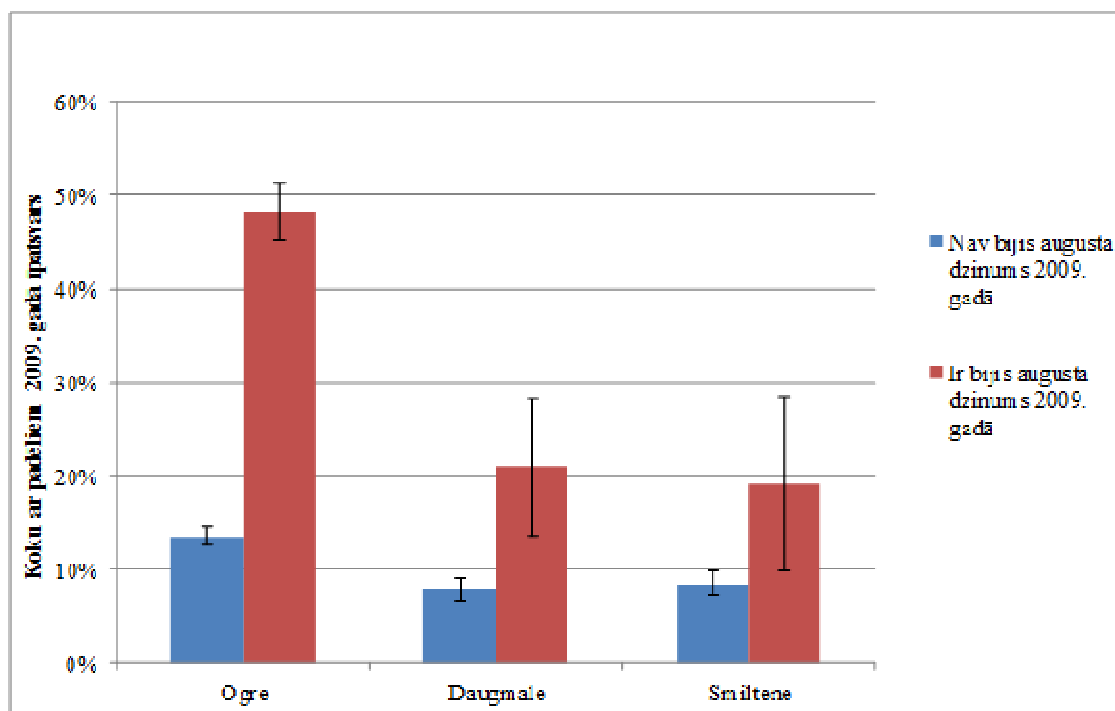
Stādījumos konstatētas būtiskas ($p < 0,001$) sakarības starp augusta dzinumu veidošanos kokiem dažādos gados. Ogres stādījumā 10 % koku, kuriem bijis augusta dzinums 2010. gadā, tika novērots augusta dzinums arī 2012. gadā; mazāk izteikta šāda sakarība bija starp novērojumiem 2009.-2010. gadā (3,8 %) un 2009.-2012. gadā (3,6 %). Daugmales un Smiltenes stādījumā 2010.-2012. gadā individuāliem kokiem šī pazīme ir noturīgāka nekā Ogres stādījumā: Daugmales stādījumā 16–20 % koku, bet Smiltenes stādījumā (2.13. att.) 30–40 % koku, kuriem bijis augusta dzinums, tas novērots atkārtoti ($p < 0,001$).



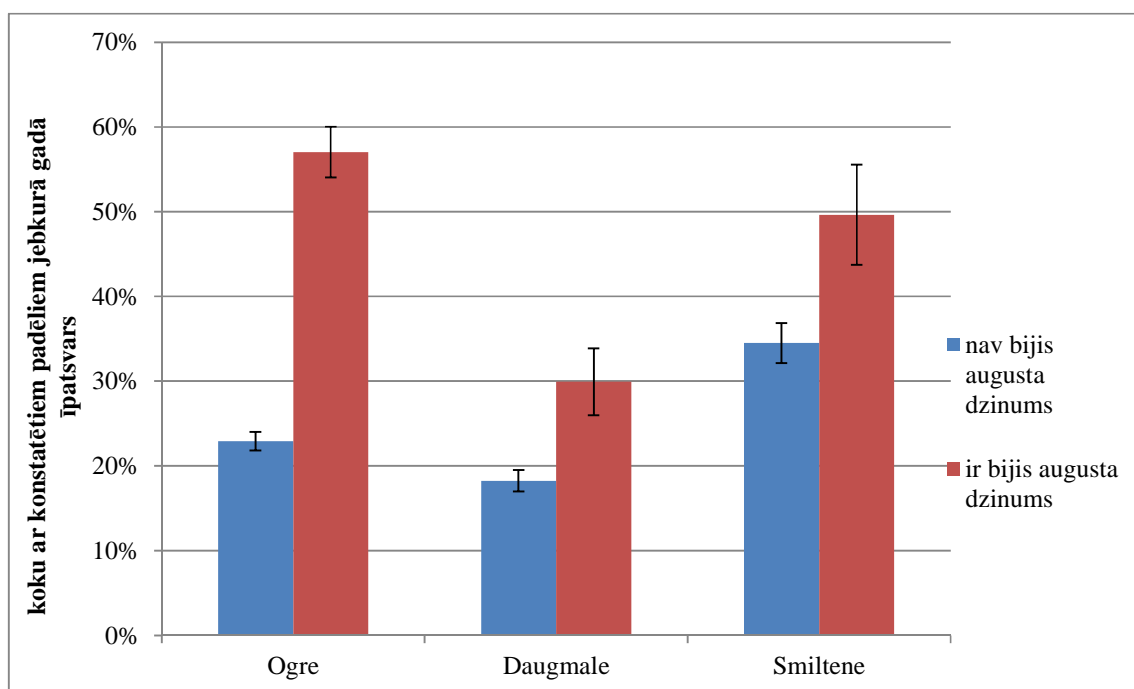
2.13. attēls. Atkārtota augusta dzinuma veidošanās kokiem Smiltenes stādījumā

Iepriekšējos pētījumos (Ehrenberg, 1970; West, Rogers, 1965) konstatēts, ka augusta dzinuma izveidošanās var sekmēt padēla veidošanos attiecīgajā zaru mieturī, kas pazemina stumbra kvalitāti. Ogres un Daugmales stādījumos 2011. gadā, kā arī Smiltenes stādījumā 2012. gadā, reģistrējot kokus ar padēliem, atzīmēts, kurā gadā (mieturī) tie izveidojušies. Konstatēts, ka gadījumos, kad kokam bijis augusta dzinums, padēla izveidošanās iespēja ievērojami palielinās salīdzinājumā ar situāciju, kad kokam augusta dzinuma nav bijis. Ogres un Daugmales stādījumos individuālu koku līmenī pastāv būtiska ($p < 0,001$) sakarība starp augusta dzinumu un padēlu veidošanos konkrētajā gadā. Ogres stādījumā 48 % koku, kuriem bijis augusta dzinums 2009. gadā, bija izveidojies padēls attiecīgajā mieturī (2.14. att.); mazāk izteikta, bet statistiski būtiska šāda sakarība bija 2010. gadā (27 %). Daugmales stādījumā 21 % koku, kuriem bijis augusta dzinums 2009. gadā (vērtēti ~ 50 % koku stādījumā), bija izveidojies padēls šajā mieturī; vairāk izteikta sakarība bija 2010. gadā – 49 %. Arī Smiltenes stādījumā konstatēta līdzīga tendence. Analizējot iespējamu saistību starp augusta dzinumu un padēlu veidošanās risku vienam un tam pašam kokam, visos stādījumos konstatēta statistiski būtiska sakarība (2.15. att.): ja kokam jebkurā novērojumu gadā, kad veikta augusta dzinumu uzskaitē (Ogres un Daugmales stādījumos 5, 6 vai 7 gadu vecumā, Smiltenes stādījumā 6, 7 vai 8 gadu vecumā), konstatēts augusta dzinums, tad iespēja, ka šim kokam veidosies padēls (jebkurā zaru mieturī) ir statistiski būtiski lielāka nekā kokiem, kuri nekad (novērojumu periodā) nav veidojuši augusta dzinumus (Ogres stādījumā attiecīgi 57 % un 23 %; Daugmales stādījumā 30 % un 18 %; Smiltenes

stādījumā 50 % un 34 %). Saprota, ne visi koki, kuriem 8–9 gadu vecumā kādā no zaru mieturiem konstatēts padēls, sagaidāma šī stumbra kvalitātes defekta ilglaicīga saglabāšanās, tomēr novērojumu rezultāti skaidri parāda augsta dzinumu saistību ar iespējamu stumbra kvalitātes pazemināšanos priekš.



2.14. attēls. Saiknes starp augsta dzinuma un padēla veidošanos vienam un tam pašam kokam vienā attiecīgajā mieturī



2.15. attēls. Saiknes starp augusta dzinuma un padēla veidošanos vienam un tam pašam kokam

Analizējot ģenētikas ietekmi uz augusta dzinumu un padēlu veidošanos, konstatēts, ka atsevišķu ģimeņu vidējais koku ar augusta dzinumiem (jebkurā novērojumu perioda gadā) īpatsvars stādījumos ir 13–16 % (2.3. tab.). Visos stādījumos ir ģimenes, kurām nav bijis augusta dzinumu, bet ir arī ģimenes, kurās augusta dzinumu īpatsvars ir augsts (maksimālā augusta dzinumu īpatsvara vērtība Ogres stādījumā 46 %, Daugmales – 32 %, Smiltenes – 73 %).

2.3. tabula

Koku ar augusta dzinumiem un padēliem īpatsvars ģimenēs priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos

Koku īpatsvars	Koku īpatsvars (%)ģimenē Ogres stādījumā ar:		Koku īpatsvars (%)ģimenē Daugmales stādījumā ar:		Koku īpatsvars (%) ģimenē Smiltenes stādījumā ar:	
	augusta dzinumiem	padēliem	augusta dzinumiem	padēliem	augusta dzinumiem	padēliem
Vidējais	15,6	28,3	12,9	19,7	14,8	36,7
Minimālais	0	4,8	0	6,0	0	7,1
Maksimālais	46,2	44,6	31,8	40,0	72,7	70,6

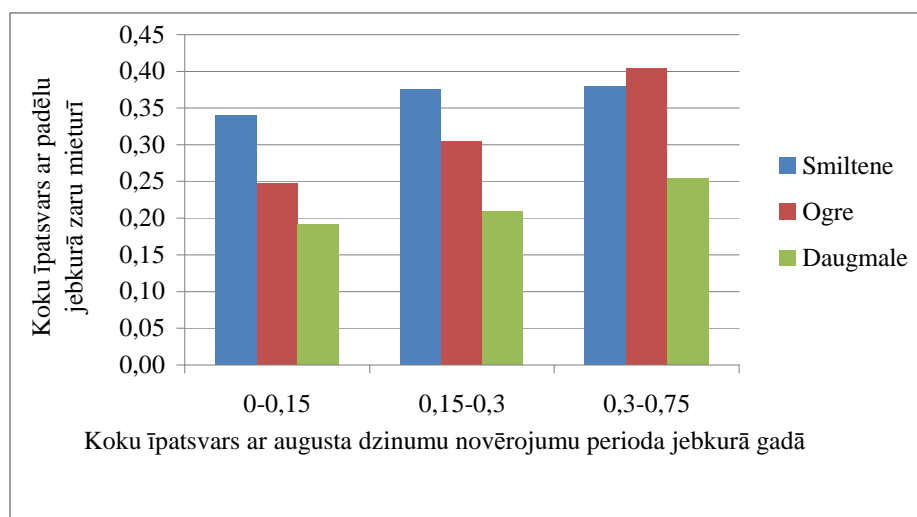
Ogres stādījumā 2009. gadā vidējo stādījuma augusta dzinumu īpatsvaru (14,3 %) pārsniedza 30 ģimenes, sasniedzot maksimālo augusta dzinumu īpatsvaru 44,2 % (M237 – tā pati ģimene, kurai vislielākais koku īpatsvars ar padēliem). No šīm ģimenēm 2/3 ģimeņu 2010. gadā (19 ģimenes) un 2012. gadā (21 ģimene) uzrādīja augusta dzinumu īpatsvaru, kas bija lielāks nekā vidējais augusta dzinumu īpatsvars attiecīgā gadā. Ogres stādījumā nav tādu ģimeņu, kam 2009. gadā nevienam kokam nebūtu bijis augusta dzinums; 15 ģimenēm nav bijis augusta dzinumu ne 2010. gadā, ne 2012. gadā, un augusta dzinumu īpatsvars 2009. gadā šīm ģimenēm bijis mazāks par šī gada vidējo.

Daugmales stādījumā no tām 19 ģimenēm, kurām 2010. gadā augusta dzinumu īpatsvars bija lielāks par vidējo, 11 ģimenēm nākamajā un 10 ģimenēm aiznākamajā gadā augusta dzinumu īpatsvars pārsniedza attiecīgā gada vidējo rādītāju. Desmit ģimenēs nevienam kokam nav bijis augusta dzinumu 2010.–2012. gadā.

Ģimeņu vidējo vērtību līmenī nav konstatētas nozīmīgas sakarības starp koku ar augusta dzinumiem (jebkurā novērojumu perioda gadā) īpatsvaru un koku augstumu pēdējā uzmērīšanas reizē (Ogrē, Daugmalē 7 gadu vecumā, Smiltēnē – 9 gadu vecumā): Ogres stādījumā $r = 0,02$ ($p > 0,05$), Daugmales stādījumā $r = 0,25$ ($p = 0,045$), Smiltēnes stādījumā $r = -0,13$ ($p > 0,05$).

Atsevišķu ģimeņu vidējais koku ar padēliem (jebkurā zaru mieturī) īpatsvars stādījumos ir 20–40 %. Stādījumos nav tādu ģimeņu, kurās visi koki būtu bez padēliem (minimālais koku ar padēliem īpatsvars 5–7 %, maksimālais – 40–71 %). Vislielākais padēļu īpatsvars Ogres stādījumā ir tai pašai ģimenei (M237), kurai ir vislielākais augusta dzinumu īpatsvars šajā stādījumā. Nav konstatēta būtiska korelācija starp ģimenes koku īpatsvaru ar padēliem Ogres un Daugmales stādījumos ($p = 0,114$). Smiltēnes stādījumā padēli un vairākas galotnes reģistrētas visos mieturos, bet aprēķinos izmantots tikai vērtējums otrajā un trešajā mieturī no galotnes (tātad stumbra kvalitātes defekts veidojies 6 un 7 gadu vecumā), jo agrākā vecumā radušies stumbra kvalitātes defekti lielākajā daļā gadījumu, visticamāk, bija dzīvnieku nodarīto bojājumu izraisīti.

Ģimeņu vidējo vērtību līmenī (2.16. att.), tāpat kā individuāliem kokiem, konstatēta būtiska sakarība starp papildpieauguma attīstību (tādu koku īpatsvaru, kuriem bijis augusta dzinums novērojumu perioda jebkurā gadā) un padēļu veidošanos (tādu koku īpatsvaru, kuriem konstatēts padēlis jebkurā zaru mieturī): Ogres stādījumā $r = 0,64$ ($p < 0,001$); Daugmales stādījumā $r = 0,29$ ($p < 0,05$); Smiltēnes stādījumā $r = 0,14$ ($p < 0,05$). Ogres stādījumā pastāv būtiska sakarība starp augusta dzinumu un padēļu īpatsvaru ģimenē konkrētā gadā – 2009. gadā $r = 0,74$ ($p < 0,001$) un 2010. gadā $r = 0,46$ ($p < 0,001$), bet Daugmales stādījumā šāda sakarība 2010. gadā nav būtiska ($r = 0,23$, $p = 0,059$).



2.16. Attēls. Sakarība starp ģimeņu vidējo augusta dzinumu un padēļu īpatsvaru

Pēc nācēju pārbaužu stādījumos Ogrē un Daugmalē pārstāvētajām ģimenēm konstatēta būtiska ($p < 0,01$) korelācija starp ģimeņu augusta dzinumu īpatsvaru abos stādījumos konkrētā gadā (2010. gadā $r = 0,33$; 2012. gadā $r = 0,58$), kas liecina par pazīmes zināmu ģenētisko nosacītību un noturību atšķirīgos ekoloģiskajos apstākļos. Līdzīgi katrā stādījumā novērojumu periodā konstatēta arī būtiska ($p < 0,01$) sakarība starp ģimenes augusta dzinumu īpatsvaru dažādos gados: Ogres stādījumā $r = 0,42 \dots 0,54$; Daugmales stādījumā $r = 0,34 \dots 0,66$; Smiltenes stādījumā $r = 0,47 \dots 0,60$.

Apsekojot 103 egļu jaunaudzēs 3–8 gadu vecumā (2.4. tab.), 2011. gadā augusta dzinumi novēroti vidēji 6,5 % koku. Daļā objektu (21 jaunaudze) veikti atkārtoti novērojumi arī nākamajā gadā. Šajos objektos augusta dzinumu īpatsvars 2011. gadā ir 9,1 % un 2012. gadā – 12,9 %; atšķirība starp gadiem, līdzīgi kā priežu jaunaudzēs, nav statistiski būtiska ($p = 0,13$). No kopējā augusta dzinumu īpatsvara eglei 67 % sastāda galotnes augusta dzinumi (augusta pieaugumu izveidojis centrālā dzinuma gala pumpurs vai sānu pumpuri) un 33 % – sānzaru augusta dzinumi, tātad sānzaru augusta dzinumi novēroti biežāk nekā priedei.

2.4. tabula

Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma egļu jaunaudzēs
dažādos augšanas apstākļos 2011. un 2012.gadā

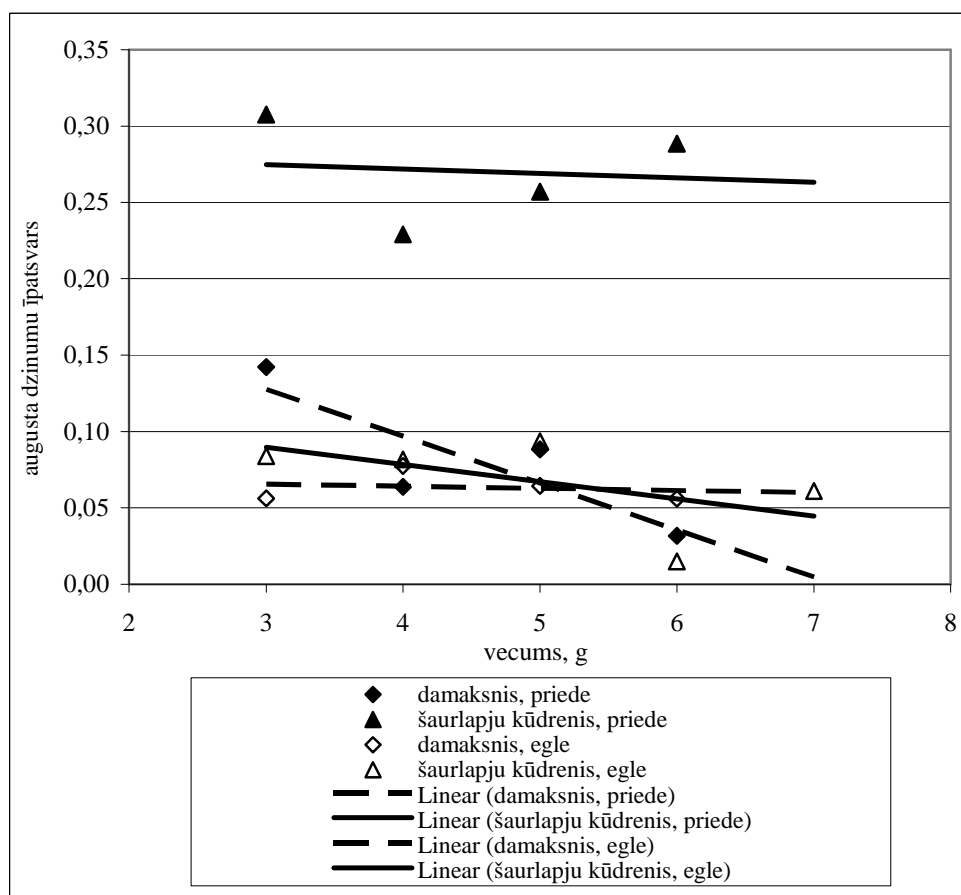
Nr. p. k.	Meža tips	Novērojumu gads	Objektu skaits	Augusta dzinumu īpatsvars (%) dažāda vecuma jaunaudzēs						
				3g.	4g.	5g.	6g.	7g.	8g.	vidēji
1.	Dm	2011	26	5,6	7,8	6,4	5,6			6,6
2.	Dm	2012	5		3,3	33,1	9,6			13,1
3.	Vr	2011	9		0,9	7,4	7,6	2,9		6,2
4.	Vr	2012	4			9,0	18,1	6,6		12,9
5.	Dms	2011	13	7,7	2,3	2,4		2,6		4,4
6.	Vrs	2011	5		4,8	6,6				5,5
7.	Vrs	2012	1			19,4				19,4
8.	As	2011	24	7,2	12,4	6,9	4,1	10,6		7,1
9.	As	2012	4		14,3			9,8	15,9	12,4
10.	Ap	2011	7			2,4	6,7		3,7	4,5
11.	Ap	2012	1					9,7		9,7
12.	Ks	2011	15	8,4	8,2	9,4	1,5	6,1		8,0
13.	Ks	2012	5		4,3	14,9	10,0			9,8
14.	Kp	2011	4	5,8				11,5		8,6
15.	Kp	2012	1		25,9					25,9
Kopā		2011	103	6,8	6,5	6,4	5,0	8,7	3,7	6,5
Kopā		2012	21		12,0	19,1	11,9	9,0	15,9	12,9

Analizējot atkārtoti vērtēto objektu datus, atšķirībā no priedes, eglei sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru dažādos gados nav statistiski būtiska ($r = 0,29$; $p = 0,198$). Iespējams, eglei augusta dzinumu veidošanās vairāk nekā priedei saistīta ar vides apstākļu izmaiņām - piemēram, laika posmā starp 2011. gada un 2012. gada uzskaiti, uzlabojoties augšanas apstākļiem (piemēram, citu augu konkurences samazināšanās, mitruma apstākļu uzlabošanās, pārnadžu izraisītu bojājumu samazināšanās u.tml.), paaugstinājusies egles vitalitāte un līdz ar to arī augusta dzinumu īpatsvars.

Eglei (atšķirībā no priedes) konstatēta negatīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un biotisku vai abiotisku faktoru izraisītu bojājumu īpatsvaru objektu vidējiem rādītājiem ($r = -0,27$; $p < 0,01$), kas liecina par tendenci eglei veidot augusta dzinumus augšanai labvēlīgākos apstākļos, kad koka augšanu nekavē, piemēram, regulāri pārnadžu izraisīti bojājumi. Tomēr statistiski būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru un koku skaitu eglei nav konstatēta. Jāatzīmē, ka koku skaits eglei (vidēji objektos 800 līdz 3600 koku uz 1 ha) mainās mazākā amplitūdā nekā priedei (1200 līdz 9600 koku uz 1 ha).

Analizējot augusta dzinumu īpatsvaru 3–8 gadus vecās egļu jaunaudzēs dažādos meža tipos, konstatēts, ka koku vecumam šajā egles dzīves posmā nav statistiski būtiskas ietekmes uz augusta dzinumu īpatsvaru. Augusta dzinumu īpatsvara svārstības 2011. gadā dažāda vecuma priežu un egļu jaunaudzēs salīdzinoši auglīgos augšanas apstākļos (damaksnis, šaurlapju ārenis, šaurlapju kūdrenis) atspoguļotas 2.17. attēlā. Priedei damaksnī augusta dzinumu īpatsvaram vērojama tendence līdz ar vecumu samazināties, tomēr jāņem vērā, ka tikai 3 gadu vecumā

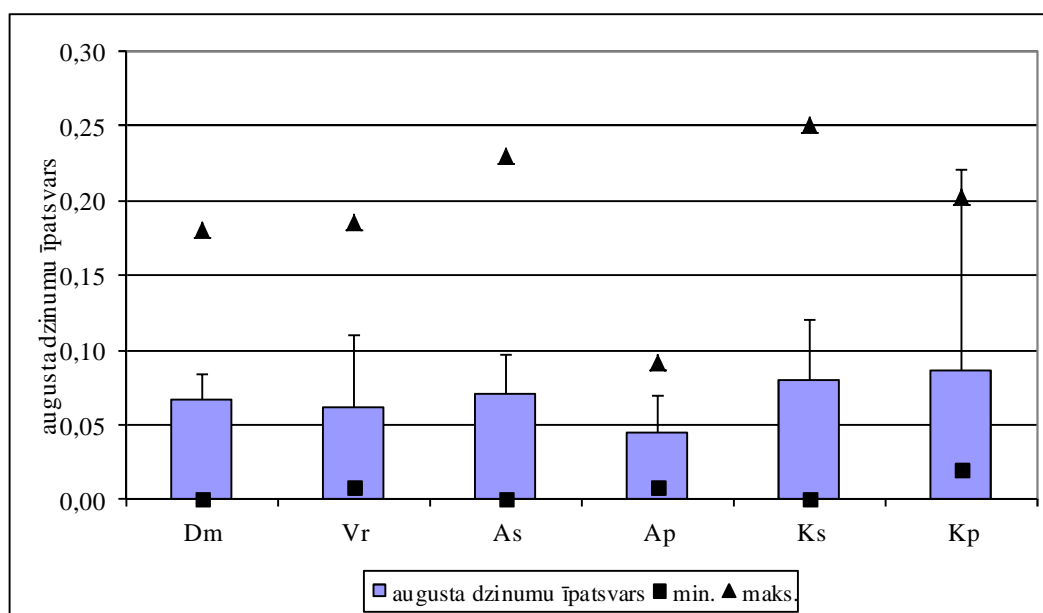
augusta dzinumu īpatsvars ir statistiski būtiski augstāks nekā cita vecuma jaunaudzēs. Pārsvārā gadījumu starp abām skujkoku sugām šajos meža tipos nav novērojamas nozīmīgas augusta dzinumu īpatsvara atšķirības, tomēr šaurlapju kūdrenī priedei salīdzinājumā ar egli ir būtiski lielāks augusta dzinumu īpatsvars. Ņemot vērā iespējamo stumbra kvalitātes pasliktināšanos augusta dzinumu ietekmē (īpaši priedei), kā arī iespējamo augusta dzinumu īpatsvara palielināšanos Latvijas skujkoku jaunaudzēs klimata pārmaiņu ietekmē, rekomendējams šaurlapju kūdreņos, izvēloties skujkoku sugu meža atjaunošanai, priekšroku dot eglei.



2.17. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma priežu un egļu jaunaudzēs auglīgos meža tipos

Analizējot augusta dzinumu īpatsvara saistību ar meža tipu, no vērtējuma izslēgti nogabali uz slapjām minerālaugsnēm. Meža tipam, no kā būtiski atkarīgs augusta dzinumu īpatsvars priežu jaunaudzēs, nav statistiski būtiskas ietekmes ($p > 0,05$) uz šo pazīmi egļu jaunaudzēs (2.18. attēls) – pastāv nozīmīgas augusta dzinumu īpatsvara atšķirības starp viena meža tipa dažādiem objektiem. Piemēram, damaksnī, kur eglei ilgstoši bijusi konkurence ar zālaugu un krūmu sugām, un vidējais koku skaits tikai 1200 koku uz 1 ha, kā arī 22 % koku ir pārnadžu bojāti, augusta dzinumu īpatsvars bijis tikai 1,8 %. Turpretī eglei damaksnī vislielākais augusta dzinumu īpatsvars ir objektā, kur koku augšanai ir optimāli apstākļi – visā nogabalā nav lieka mitruma, bijusi laba stādīšanas kvalitāte un līdz ar to koku saglabāšanās, bijis samērā liels aizzēlums, bet audze

regulāri kvalitatīvi kopta, nav pārnadžu izraisītu bojājumu. Augusta dzinumu īpatsvara paaugstināšanos šajā objektā (18 % 2011. gadā un 33 % 2012. gadā) var skaidrot gan ar atšķirīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem, gan egles vitalitātes pieaugumu (pēc 2011. gada kopšanas). Līdzīgi platlapju kūdrēnī augusta dzinumu īpatsvars mainās robežās no 2 % līdz 26 %. Vismazākais augusta dzinumu īpatsvars ir objektā, kur daudz pārnadžu izraisītu bojājumu un auglīgajos stipra aizzēluma apstākļos eglei triju gadu vecumā ir stipri apgrūtināta augšana. Objektā, kur līdz 7 gadu vecumam eglei nogabalā bijusi laba saglabāšanās, bet meliorācijas grāvja aizsprostojuma dēļ radies lieks mitrums un egles sākušas kalst, augusta dzinumu īpatsvars arī ir tikai 2,7 %. Savukārt citā objektā platlapju kūdrēnī, tāpat kā damaksnī, pēc kopšanas palielinājies augusta dzinumu īpatsvars (10 % 2011. gadā un 26 % 2012. gadā). Līdzīga situācija novērota arī citos meža tipos. Priedei, salīdzinājumā ar egli, raksturīgs daudz plašāks augšanai piemēroto ekoloģisko apstākļu diapazons – tā aug gan vairāk, gan mazāk auglīgās augsnēs, dažādos mitruma apstākļos, kas ietekmē augusta dzinumu īpatsvara atšķirības starp meža tipi. Egļu turpretī aug auglīgākās augsnēs, kur nozīmīga ietekme uz audzes vitalitāti agrīnā vecumā viena meža tipa dažādos objektos var būt tādiem faktoriem kā mitruma apstākļu izmaiņas (meliorācijas sistēmas stāvoklis), zālaugu un citu sugu kokaugu konkurence (izcirtuma aizzēluma pakāpe, kopšanas ciršu biežums un kvalitāte), kā arī pārnadžu izraisīto bojājumu intensitāte.

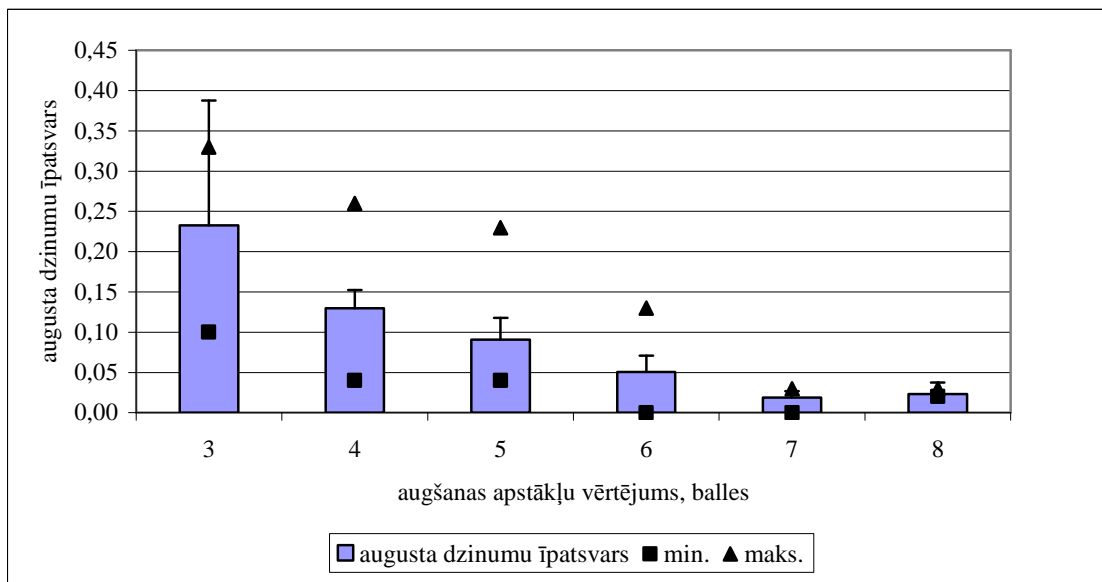


2.18. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars egļu jaunaudzēs dažādos meža tipos 2011. gadā

Lai noskaidrotu, cik lielā mērā egles augšanai vairāk vai mazāk optimāli apstākļi saistīti ar augusta dzinumu veidošanos, daļā objektu (70 objektos dažādos meža tipos) novērtēti mitruma apstākļi, zālaugu un citu kokaugu konkurence, kā arī pārnadžu izraisīti bojājumi, katram no šiem trim traucējumu veidiem piešķirot vērtējumu 1, 2 vai 3 balles (1 – vislabvēlīgākie apstākļi egles augšanai). Summējot šos trīs vērtējumus (balles), iegūts kopējs augšanas apstākļu piemērotības

rādītājs, kura minimālā vērtība 3 (vislabvēlīgākie apstākļi egles augšanai), maksimālā (teorētiski) 9 (visvairāk traucējumu).

Analizējot koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru šādi izveidotās vides kvalitāti raksturojošās klasēs (2.19. att.), konstatēts, ka augšanai optimālos apstākļos augusta dzinumi eglei veidojas biežāk nekā gadījumos, kad egles augšanu traucē lieks mitrums, citu augu sugu konkurence vai pārnadžu izraisīti bojājumi.

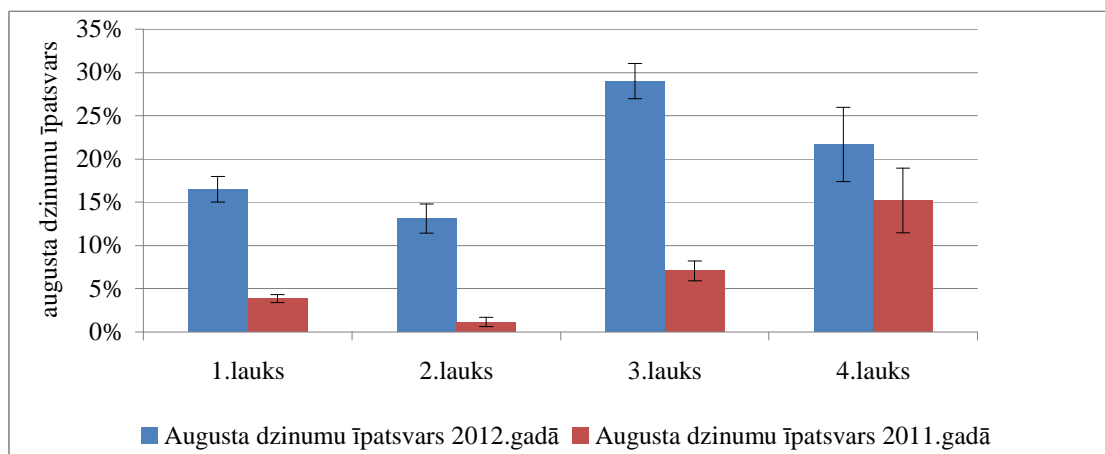


2.19. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars nogabalos ar atšķirīgu vides faktoru ietekmi

Ja vismaz viens no analizētajiem faktoriem novērtēts ar trim ballēm (stipra negatīva ietekme, kopējais vērtējums vismaz 5), tad augusta dzinumu īpatsvars nogabalā nepārsniedz 10 %. Novērota arī atsevišķa faktora būtiska ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru egļu jaunaudzē. Statistiski būtiski atšķiras augusta dzinumu īpatsvars objektos, kur ir atšķirīga aizzēluma pakāpe ($p < 0,001$): ja egles augšanu aizzēlums netraucē (vērtējums 1 balle), tad augusta dzinumu vidējais īpatsvars ir 14,5 %, ja traucējums ir vidējs (2 balles) – 6,1 %, ja traucējums ievērojams (3 balles) – 2,2 %. Līdzīga situācija konstatēta, arī analizējot mitruma ietekmi. Ja egles augšanai ir optimāli mitruma apstākļi (vērtējums 1 balle), tad augusta dzinumu vidējais īpatsvars ir 11,7 %, ja traucējums ir vidējs (2 balles) – 4,8 %, ja traucējums ievērojams (3 balles) – 1,8 %. Konstatēta statistiski būtiska korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un augšanas apstākļu piemērotību (rangu korelācija $r = 0,83$; $p < 0,001$). Arī citos pētījumos norādīts, ka augusta dzinumu sastopamība eglei cieši saistīta ar koku augšanai optimāliem apstākļiem (Rone, 1985; Søgård et al., 2011).

Konstatētās sakarības apliecina arī egles pēcnācēju pārbaužu stādījumu analīze Rembatē (10 un 11 gadu vecumā) un Jelgavā (9 un 10 gadu vecumā). Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars 2011. un 2012. gadā Jelgavas stādījumā bija attiecīgi 8 % un 33 %, bet Rembates stādījumā vidēji – attiecīgi 4 % un 20 %. Rembatē izmēģinājums ierīkots četros atkārtojumos (laukos), ar samērā atšķirīgiem vides apstākļiem (augšnes auglību, mitruma apstākļiem, salnu iespējamību). Rembates stādījumā 2011. un 2012. gadā lielāks koku ar augusta dzinumiem īpatsvars konstatēts attiecīgi 4. un 3. laukā (2.20. att.), kur stādījumi ierīkoti salīdzinoši auglīgā bijušajā lauksaimniecības augsnē,

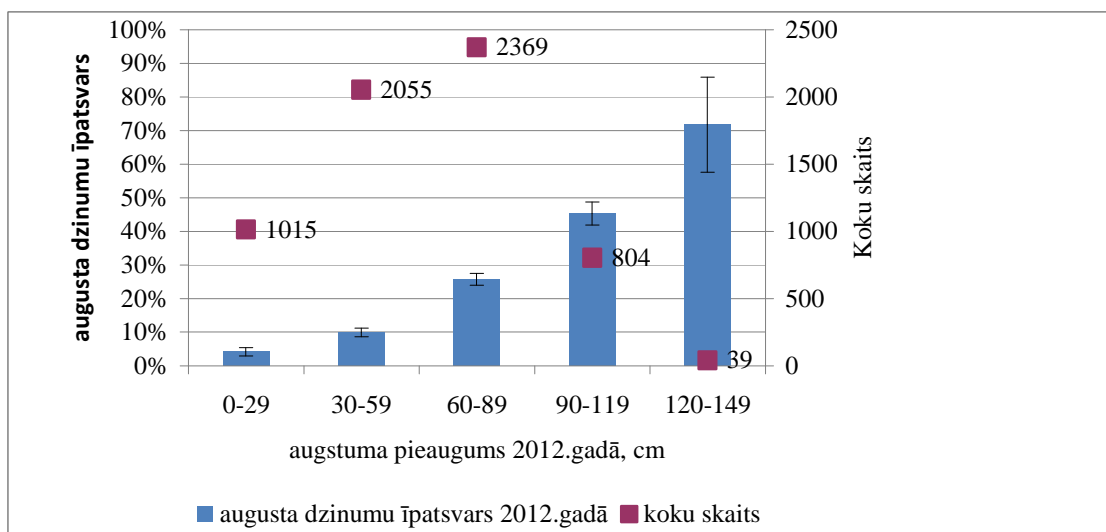
un platībās nav novērotas izteiktas pavasara salnas. Vismazākais augusta dzinumu īpatsvars konstatēts 2. laukā, kur egles augšanu traucē lieks mitrums un regulāri salnu bojājumi. Par augšanas apstākļu atšķirībām dažādos izmēģinājuma laukos liecina ievērojamās koku augstuma atšķirības: vienpadsmit gadu vecumā vidējais koku augstums Rembates stādījumā ir robežās no $190 \pm 3,8$ cm otrajā laukā līdz $290 \pm 4,4$ cm trešajā laukā.



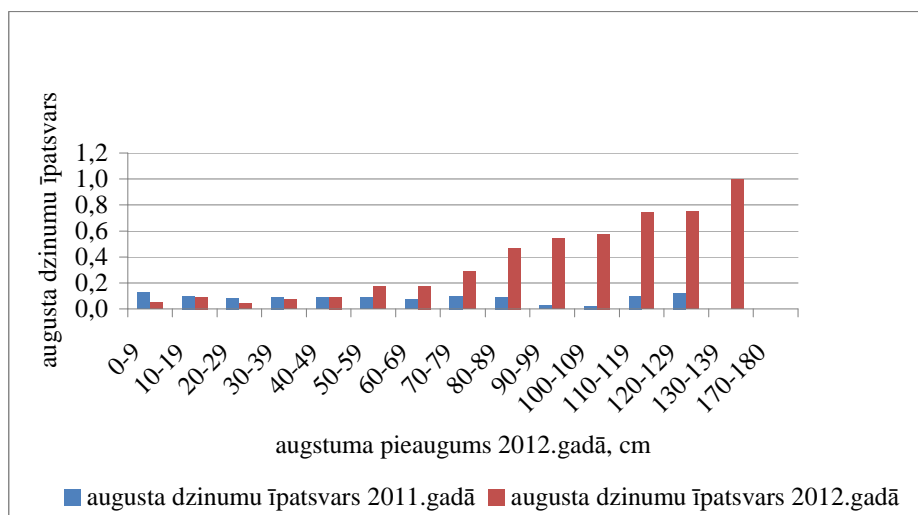
2.20 attēls. Augusta dzinumu īpatsvars Rembates stādījuma četros laukos.

Analizējot meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz augusta dzinumu īpatsvaru, līdzīgi kā priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos, konstatēts, ka augstāka gaisa temperatūra (aptuveni par 3 °C) 2012. gada augustā, salīdzinājumā ar 2011. gada augustu, veicinājusi statistiski būtisku ($p < 0,05$) augusta dzinumu īpatsvara paaugstināšanos gandrīz visos Rembates stādījuma laukos (atšķirība nav statistiski būtiska tikai 4. laukā). Arī Jelgavas stādījumā augusta dzinumu īpatsvars lielāks ir 2012. gadā.

Novērtējot augusta dzinumu īpatsvara saistību ar koka produktivitātes pazīmēm, eglei Rembates stādījumā gan desmitajā, gan vienpadsmitajā augšanas gadā individuāliem kokiem konstatēta sakarība, ka koku tekošā gada augstuma pieaugumam palielinoties, palielinās arī augusta dzinumu īpatsvars tās pašas veģetācijas sezonas beigās (2.21. att.). Līdzīga sakarība novērota arī Jelgavas stādījumā desmitajā augšanas gadā, tomēr pretēja – devītajā augšanas gadā (2.22. att.). Jāatzīmē, ka devītajā augšanas gadā Jelgavas stādījumā konstatēts salīdzinoši mazs koku skaits ar augusta dzinumiem.

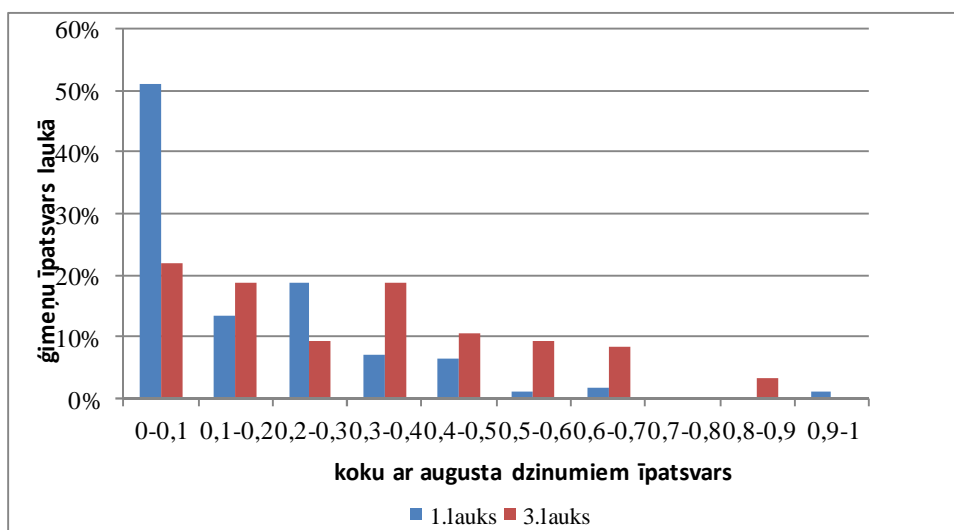


2.21. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars koku grupās ar atšķirīgu augstuma pieaugumu 2012. gadā Rembates stādījumā



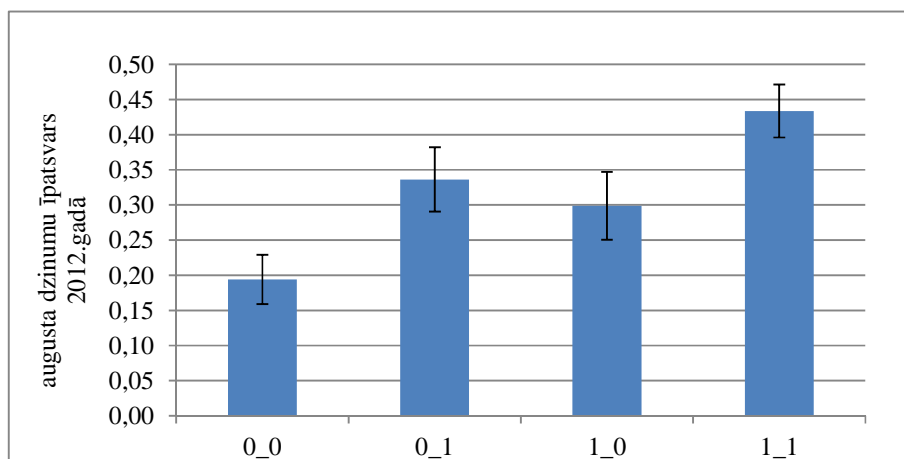
2.22. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars 2011. un 2012.gadā koku grupās ar atšķirīgu 2012.gada augstuma pieaugumu Jelgavas stādījumā

Rembates stādījumā ģimeņu vidējo vērtību līmenī konstatēta sakarība starp 2012. gada augstuma pieaugumu un augusta dzinumu īpatsvaru ģimenē tā paša gada beigās – $r = 0,41$ ($p < 0,01$). Konstatētā ievērojamā augusta dzinumu īpatsvara amplitūda starp ģimenēm (2.23 att.), kā arī statistiski būtiskā pazīmes korelācija abos novērojumu gados ($r = 0,39$; $p < 0,01$) liecina par iespēju selekcijas darba rezultātā atlasīt genotipus, kam raksturīgs gan augšanas pazīmju pārkums, gan zemāka augusta dzinumu veidošanās intensitāte.



2.23. attēls. Ģimeņu īpatsvars Rembates stādījuma laukos ar atšķirīgu augusta dzinumu īpatsvaru 2012.gadā

Rembates stādījumā kokiem bez augusta dzinumiem gan desmitajā, gan vienpadsmitajā veģetācijas sezonā raksturīgs statistiski būtiski mazāks augstuma pieaugums gan iepriekšējā, gan tekošajā veģetācijas sezonā nekā kokiem ar augusta dzinumiem. Jelgavas stādījumā šāda sakarība konstatēta desmitajā augšanas sezonā. Šajā sezonā statistiski būtiski vairāk augusta dzinumu bija kokiem, kuriem gan iepriekšējā, gan tekošajā veģetācijas periodā augstuma pieaugums pārsniedza izmēģinājuma vidējo attiecīgajā gadā (2.24. att.). Devītajā augšanas sezonā Jelgavas stādījumā netika konstatētas izteiktas sakarības starp augusta dzinumu veidošanos un koku augstuma pieaugumu.



0_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011.gadā un 2012.gadā bija mazāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo;

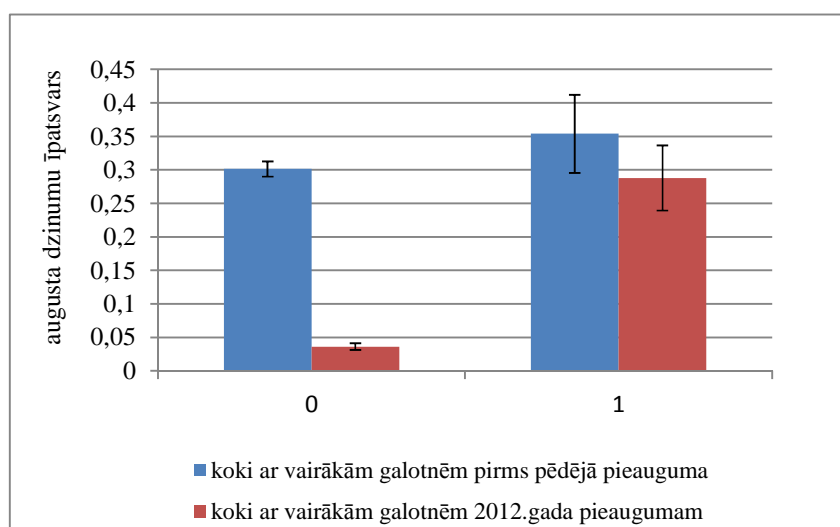
0_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011.gadā un bija mazāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2012.gadā – lielāks par izmēģinājuma vidējo;

1_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011.gadā bija lielāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2012.gadā – mazāks par izmēģinājuma vidējo;

1_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011.gadā un 2012.gadā bija lielāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo.

2.24. attēls. Augusta dzinumu veidošanās Jelgavas stādījumā desmitajā augšanas sezonā saistībā ar koku augstuma pieaugumu iepriekšējā un tekošajā sezonā

Līdzīgi kā priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumos, arī egļu stādījumos analizēta augusta dzinumu veidošanās iespējamā saistība ar stumbra kvalitāti, uzskaitot kokus ar vairākām galotnēm. Kā redzams 2.25. attēlā, Rembates stādījumā kokiem, kuriem veidojies augusta dzinums 2011. gadā, ir būtiski ($p < 0,05$) vairāk koku ar vairākām galotnēm 2012. gada dzinumam. Eglei nav novērota statistiski būtiska sakarība starp augusta dzinumu veidošanos kokam (2011. gadā) un vairāku galotņu veidošanos visā koka dzīves laikā. Augusta dzinumiem 2012. gadā šāda sakarība ir neliela (10 % robežās), tomēr statistiski būtiska – vairāk augusta dzinumu ir kokiem ar vairākām galotnēm.



0 – koki bez augusta dzinumiem 2011.gadā,
1 – koki ar augusta dzinumiem 2011.gadā

2.25. attēls. Vairāku galotņu un augusta dzinumu veidošanās eglēm Rembates stādījumā

Jelgavas stādījumā, atšķirībā no Rembates stādījuma, kokiem, kuriem bijis augusta dzinums 2011. gadā, vairāku galotņu izveidošanās iespēja 2012. gadā ir statistiski būtiski mazāka nekā kokiem bez augusta dzinuma 2011. gadā.

Tā kā egles augusta dzinumu veidošanās un stumbra kvalitātes (vairāku galotņu) vērtējumā iegūtie dati stādījumos nelielā mērā neapstiprina šo pazīmju savstarpēju saistību, iespējams, ka vairāku galotņu veidošanos eglei lielākā mērā nekā augusta dzinumi nosaka citi faktori.

Kopumā var secināt, ka nevienai no skuju koku sugām nav konstatēta noteikta koku ar augusta dzinumiem īpatsvara izmaiņu tendence saistībā ar audzes vecumu (3-7 gadi), taču abām sugām konstatēta statistiski būtiska ģenētiskā (ģimenes) ietekme uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru. Priežu stādījumos fiksēta statistiski būtiska saikne starp augusta dzinumu un padēlu veidošanos, kas liecina par negatīvu ietekmi uz koku kvalitāti; egļu stādījumos šī sakarība nav novērota. Meža tipa ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru ir statistiski būtiska priedei: lielākais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars tai konstatēts šaurlapju kūdrenī (23,7 %).

3. Nokrišņu režīma izmaiņu ietekmes analīze

Nozīmīgākā prognozēto mitruma režīma izmaiņu ietekme var būt saistīta ar koku augšanas pirmajiem gadiem, meža atjaunošanas aktivitātēm, tādēļ tām projektā veltīta lielākā vērība. Šī gada darba uzdevuma ietvaros analizēta citviet veiktu pētījumu metodika un rezultāti, kā arī veikta eksperimentu sagatavošana un pirmo rezultātu ieguve, analīze un, papildus plānotajam, uzsākta arī nākamā gada eksperimentu sagatavošana.

Mitruma režīma izmaiņu ietekmi uz saimnieciski nozīmīgāko koku sugu augšanu un saglabāšanos novērtē eksperimentālajos pētījumos, kuru mērķis ir noskaidrot kādas konkrētas koku sugas genotipu vai provenienču adaptīvās īpašības ūdens deficīta apstākļos.

Pētījumu reģionālitate nosaka izmantojamās koku sugas, izpētes mērķus un eksperimenta dizainus. Pārskatā ir analizēti pētījumu rezultāti no vairākiem kontinentiem, kas liecina par mitruma režīma izmaiņu ietekmes nozīmīgo lomu mežu biomu un saimniecības attīstībā. Plaša pētījumu klimatiskā amplitūda nodrošina iespēju novērtēt koku augšanas apstākļu atšķirību ietekmi ne tikai sugu, bet arī provenienču līmenī. Prognozēto klimatisko apstākļu izmaiņu ietekmes uz mežaudžu attīstību novērtēšanai, šādu starpreģionālu pētījumu rezultāti sniedz priekšstatu par sugas sausuma stresa tolerances potenciālo intervālu, ko raksturo tās dabiskais izplatības areāls. Tomēr ir būtiska atšķirība starp auga saglabāšanās spējām ekstrēmos apstākļos un tā produktīvu augšanu. Mitruma deficīts neietekmē tikai koka augšanas dinamiku: paaugstināta stresa apstākļos pieaug jūtība pret tādiem biotiskajiem un abiotiskajiem faktoriem kā patogēni, temperatūru ekstrēmi un vides piesārņojums. Tāpēc daļā pētījumu sausuma stresu skaidro kā katalizatoru kāda cita limitējoša faktora iedarbībai.

Apskatā ir apkopota informācijā par stādu un sējeņu sausuma noturības pētījumiem, to problemātiku, eksperimentu dizainiem un iegūtajiem rezultātiem, iegūstot teorētiskas priekšzināšanas par metodiskajiem risinājumiem ūdens deficīta ietekmes kvantitatīvā novērtēšanā un rezultātu tālākas interpretācijas metodēm.

3.1. Sausuma noturības pētījumi arīdajos un semiarīdajos reģionos

Arīdajos un semiarīdajos apgabalos ūdens resursu deficīts ir nozīmīgākā problemātika mežu biomas un kokaudžu plantācijās. Tādās vietās kā, piemēram, Vidusjūras reģions (Boé, Terray, 2008; Manuel et al., 2012), Kalifornija, Ņūmeksika, Meksika (Mendoza et al., 2002) Dienvidāfrikas Republika un Austrālija (Sharma, 1998; Suna et al., 2012; Wang et al., 2009) kultivē gan vietējās, gan svešzemju koku sugas ar augstu sausuma toleranci. Neskatoties uz sugu adaptīvajām spējām, pastāvīgi sausuma apstākļi limitē to augšanu, tāpēc ir nepieciešams meklēt optimālākos plantāciju telpiskās ierīkošanas dizaina un irigācijas režīma risinājumus.

Pētījumi par auga ūdens izmantošanas stratēģijām ir tautsaimnieciski ļoti nozīmīgi arīdajos un semiarīdajos apgabalos, jo dabiskajos un komerciālo plantāciju apstākļos, piemēram, eikaliptu izplatību ierobežo tiešu sējeņu sausumizturība. Komerciāli nozīmīgākās *Eucalyptus* ģints koku sugas, kuras audzē kā 8 – 12 gadu rotācijas ciklu īsircimeta tīraudzes celulozes iegūšanai ir: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus microtheca* F. Muell., *Eucalyptus*

camaldulensis Dehnh., hibrīdi *E. grandis* × *E. camaldulensis* un *E. grandis* × *E. urophylla*. Tādēļ tām ir veikti ļoti plaši stādu sausumizturības pētījumi gan izcelsmes kontinentā Austrālijā un Okeānijā, gan Eiropas subtropos un Āfrikā (Dye, 2012; Gindaba et al., 2004; Gindaba et al., 2005; Graciano et al., 2005; Granda et al., 2011; Lemcoff et al., 2002; Li, 1998; Li, Wang, 2003; Pita et al., 2001).

Dienvidu puslodes semiarīdajās teritorijās pēcstādīšanas sausuma stress ir galvenais jaunaudžu limitējošais faktors (Rolando, Little, 2008). Tāpēc, piemēram, Dienvidāfrikas Republikā un Austrālijā kokus stāda ziemā (sausajā sezonā), kad gaisa temperatūras ir zemākas. Tas nozīmē, ka stādīšanas laikā ir zems nokrišņu daudzums un ūdeni katrai jaunajai stādvietai pievada, izmantojot centralizētu irigācijas sistēmu. Stādot kokus sausajā, bet vēsākajā sezonā, kombinācijā ar intensīvu laistīšanu sistēmu tiem samazinās ūdens deficīta apstākļu iestāšanās varbūtība, paaugstinot stādu saglabāšanos (Rolando, Little, 2008). Teicamos vides apstākļos, stādījumu saglabāšanās var sasniegt 90 %, bet stipra sausuma stresa apstākļos pirmo 15 nedēļu laikā saglabājas 85 % no stādījuma (Thomas, 2009).

Līdzīgi kā Austrālijā un Dienvidāfrikas Republikā, Vidusjūras reģionā ūdens deficīts ir uzskatāms par galveno veģetācijas attīstību limitējošo faktoru. Eiropas subtropu (Ragab, Prudhomme, 2002) saimnieciski nozīmīgās vietējās koku sugas, kuru stādiem veic sausuma stresa tolerances pētījumus ir: *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* Ait., *Pinus canariensis*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex subsp. Ballota*, *Quercus frainetto* Ten., *Quercus suber* L. un citas (Aranda et al., 2006; Chiatante et al., 2006; Di Iorio et al., 2011; Disante et al., 2011; Grill et al., 2004; Hüttermann et al., 2002; Leiva, Fernández-Alés, 1998; Mediavilla, Escudero, 2004; Mena-Petite et al., 1999; Ruano et al., 2009).

Eksperimentālos pētījumus izmanto, lai modelētu ne tikai vispārīgus auga saglabāšanās un augšanas mehānismus ūdens deficīta apstākļos, bet arī jaunaudžu un nobriedušu audžu adaptāciju sausuma stresa apstākļos. Šim nolūkam parauglaukumus visbiežāk ierīko jau esošu plantāciju teritorijās, nodrošinot dažādus laistīšanas režīmus un, salīdzinājumā ar kontroles mērījumiem, novērtē stādu pēcstādīšanas sausumizturību (Rolando, Little, 2008). Eksperimentus veic arī siltumnīcās vai klimata kamerās, kur gaisa temperatūru un gaismas režīmi ir pilnībā kontrolēti. Atšķirīgu mitruma apstākļu izmaiņu simulācijas nodrošina ar laistīšanas sadalījuma atšķirībām, pārtraucot ūdens pievadi pirms, pēc vai stādīšanas laikā. Kontroles testos laistīšanas režīmu nemaina un saglabā tādu, kāds tas būtu stādaudzētavas un jaunaudzes apstākļos (Gindaba et al., 2004).

Kontrolētā mitruma režīma veidi ir atšķirīgi dažādu eksperimentu ietvaros. To kombinācijas nosaka kopējais izmantoto sugu un stādu skaits, augsnes substrātu veidi, konkrētā reģiona klimatiskais optimums un iespējamie meteoroloģiskie ekstrēmi. Visbiežāk mitruma režīmus iedala viegla vai stipra sausuma stresa izmēģinājumos un līmeni nosaka, mērot lapu ūdens potenciālu spiediena kamerā. Nereti izdala arī tādu testa veidu kā pēcstresa atjaunošanās, kad ūdens deficītam pakļauto stādu 24 stundas pirms destruktīvajiem mērījumiem atsāk laistīt (Gindaba et al., 2004; Tuomela, 1997).

Konstanta laistīšanas režīma nodrošināšanai, pievadāmo ūdens daudzumu aprēķina pēc iknedēļas vai 24 h laika intervāla augsnes mitruma mērījumiem, nosakot sausuma stresa apmēru pēc augsnes mitruma samazināšanās līdz noteiktam augsnes ūdens satura līmenim. Sausuma

stresam pakļautajiem stādiem pievada, piemēram, 15 %, 20 % vai 25 % no potenciāli iespējamā augšnes ūdens satura. Šāda konstanta mitruma režīma uzturēšana, nodrošina pastāvīgu, ilglaicīgu ūdens deficīta stresu, kura laikā augs adaptējas, bet neaiziet bojā (Aranda et al., 2005). Kā reakcija uz ūdens deficītu, koku stādiem un sējeņiem ir novērojamas morfoloģiskas un fizioloģiskas izmaiņas. Sakņu – dzinumu biomasas sadalījuma attiecību novērtēšanā ir konstatēts, ka ūdens deficīta apstākļos samazinās virszemes biomasas pieaugumi un palielinās sakņu garums. Auga ūdens izmantošanas stratēģijas, atkarībā no adaptācijas pakāpes ir atšķirīgas, bet kopumā fizioloģiskajos procesos samazinās fotosintēzes apjoms un transpirācija (Aranda et al., 2005).

Ūdens deficīta un apēnojuma eksperimentus veic arī siltumnīcās, kur lapotnes pārklājumu imitē ar dažādas caurredzamības tīkliem. Tās var būt no 2 vai 5 % līdz 50–90 % no pilnas dienas gaismas. Piemēram, eksperimentā ar *Pinus pinaster* Ait. sēklas iesēja zem pieaugušu koku vainagu apēnojuma vai atklātā vietā kombinācijā ar pilnīgu ūdens deficītu vai regulāru laistīšanu. Rezultātā sēklu dīgšanu, tālāku augšanu un saglabāšanos noteica tieši ūdens, nevis gaismas pieejamība, jo biomasas pieauguma dinamika atbilda ūdens piegādes regularitātei un daudzumam, bet gaismas pieejamības nozīmība pieauga līdz ar laistīšanas intensitātes pieaugumu (Ruano et al., 2009). Līdzīgi pētījumi, kuros ir apskatīta kompleksa apēnojuma un ūdens deficīta stresa ietekme uz stādu attīstību ir veikti gan *Pinus canariensis*, kas izceļas ar stipru sausumnoturību un ēncietību, gan *Quercus suber* L.. Vidusjūras ekosistēmu koku sugu dabisko atjaunošanās spēju pētniecība norāda uz faktoru mijiedarbības nozīmību, jo pieaugušu koku konkurence ar krūmiem, būtiski samazina ūdens resursu pieejamību dabiskajiem sējeņiem (Aranda et al., 2005; Ruano et al., 2009).

3.2. Mērenās joslas koku sugu sausuma noturības pētījumi

Ziemeļu puslodes mērenās klimatiskās joslas ietvaros stādu un sējeņu sausumizturības pētījumus veic Eiropā, Ziemeļamerikā, Ķīnā, Dienvidkorejā un Japānā. Ziemeļamerikas mērenā joslas Lielo ezeru reģions ir tas dabas apvidus, kurš ir uzskatāms par analogu Baltijas un centrālās Skandināvijas mežu biomiem. Salīdzinājumā ar Baltijas reģionu, klimatiskie apstākļi Korejas pussalā un Japānā atbilst okeāniskāki, bet ziemeļaustrumu Ķīnā – kontinentālāki. Eiropas un Ziemeļamerikas koku sugu sausumizturības pētījumu nozīmi raksturo fakts, ka vēsturiski abu pasaules daļu vietējās koku sugas ir savstarpēji pārvietotas un tālāk kultivētas mežos kā introducenti. Abu reģionu mežsaimnieciski nozīmīgo koku sugu saraksts ir ļoti plašs un tas daļēji pārklājas. Sausuma stresa pētījumos iekļautās pārstāv: *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Larix*, *Betula*, *Populus*, *Quercus*, *Fagus* ģintis (Larsen, 1981; Pharis, Ferrell, 1966).

Nepieciešamība noskaidrot mežaudžu atjaunošanas iespējas un piemērotākās metodes ir viens no galvenajiem pētījumu mērķiem. Visus eksperimentus vienojošais uzdevums ir novērtēt ūdens deficītam pakļautā stādmateriāla biomasas akumulācijas procesa raksturu. Pētījumos salīdzina dažādu mikroklimatisko un vides apstākļu mijiedarbības ietekmi uz stādu augšanu un saglabāšanos. Prognozēto klimatisko apstākļu izmaiņu kontekstā veic samērā daudz šāda tipa

eksperimentus, lai paredzētu iespējamo adaptācijas kvalitāti un koku sugu potenciālo savstarpējo konkurētspēju un atbildes reakcijas uz vides pārmaiņām (Larsen, 1981; Pharis, Ferrell, 1966).

Ir virkne dabisku faktoru, kas nosaka mitruma režīma ziņā nelabvēlīgus vides apstākļus, limitējot koku sēklu dīgšanu, stādu un sējeņu saglabāšanos un augšanu. Koku stādu sausuma noturības pētījumos apskata vides apstākļu mijiedarbības ietekmi. Zālaugu un pieaugušo koku konkurencē vai edafisko faktoru rezultātā var veidoties ūdens resursu deficīta apstākļi, ietekmējot mežaudžu dabisko atjaunošanos. Jaunie koku stādi un sējeņi var ciest no sausuma stresa arī relatīvi mitros augšņu apstākļos, jo neiztur zālaugu vai pieaugušo koku apēnojumu un konkurenci par ūdens resursiem (Dinger, Rose, 2009; Robert et al., 2005; Zabowski et al., 2000). Augšņu ziņā auglīgos augšanas apstākļos jaunie koki konkurē ar zālaugiem un to saglabāšanos būtiski ietekmē arī patogēni un grauzēji (Löf, 2000).

Augšanas vides faktoru kontekstā apskata arī jautājumus par ciršanas atlieku – kritalu, zaru un galotņu atstāšanas izstrādātās cismās ietekmi uz sējeņu attīstībai piemērota augšņu mitruma režīma saglabāšanu. Ciršanas atliekas aizkavē augšņu virskārtas izžūšanu un pavasarī pat sniega kušanu apēnojuma ietekmē, izmainot augšņu mitruma režīmu veģetācijas perioda sākumposmā. Tas nozīmē paaugstinātu stādu un sējeņu konkurētspēju par ūdens resursiem strauja sukcesionālo kokaugu pioniersugu un zālaugu aizzēluma gadījumā (Dinger, Rose, 2009; Robert et al., 2005).

Nozīmīgs limitējošais faktors sējeņu dabiskajā attīstībā ir mežaudžu augšņu sablīvēšanās mežizstrādes laikā, jo, samazinoties augšņu aerācijai un porainībai, samazinās tās ūdens caurlaidība un līdz ar to augiem pieejamais augšņu mitrums zema gruntsūdens līmeņa apstākļos. Augšņu sablīvēšanās izraisītā sausuma stresa ietekmes pētījumus veic maksimālos apstākļos, modelējot augšņu uz smilšmāla, mālsmits un mālu cilmiežiem. Šādu apstākļu izraisīts ūdens deficīts ir simulēts gan duglāzijas (*Pseudotsuga menziesii*), gan Klinškalnu priedes (*Pinus contorta*) stādiem, lai novērtētu dažādu augšņu sablīvēšanās pakāpju ietekmi uz kokiem pieejamo augšņu ūdens apjomu (Blouin et al., 2008; Bulmer, Simpson, 2005; Conlin, van den Driessche, 1996).

Sausuma noturības pētījumos ir atrodama hipotēze, ka sausam mikroklimatam piemērojušies stādi ir labāk adaptēti simbiozei ar tādas pašas vides sēnēm (Bingham, Simard, 2013). Tāpēc kontekstā ar stādu un sējeņu noturību pret sausuma stresu, novēro arī arbūskulāro mikorizu, jo simbiotiskā procesa gaitā, mikorizas sēņu micēlijam veidojot tīklu, augiem palielinās augšņu ūdeni uzsūcošā virsma. Pētījumā ar ūdens deficītam pakļautiem duglāzijas stādiem novēroja, ka to saglabāšanās sausuma apstākļos bija lielāka, ja tuvumā bija citas ektomikorizālās koku sugas, nosakot mikorizas tīkla nozīmīgumu vidē ar paaugstinātu ūdens deficītu. Šādus pētījumus veic, lai noskaidrotu mikorizas tīkla klātbūtnes ietekmi uz stādu saglabāšanos un, vai tā variē atkarībā no mikroklimata un proveniENCES (Bingham, Simard, 2013; Horton et al., 1999).

Somijā veiktu pētījumu problemātikas nostādnes norāda, ka trūkst zināšanu par kārpainā bērza (*Betula pendula*) un parastās apses (*Populus tremula*) sausuma stresa noturības būtisku pazīmju atšķirībām starp atsevišķiem indivīdiem populāciju ietvaros (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Possen et al., 2011; Siemens, Zwiazek, 2003). Abas sugas ir Eiropas boreālajā un nemorālajā mežu biomā izplatītas un saimnieciski ļoti nozīmīgas, un, kā izteiktas sukcesionālās pioniersugas, tās spēj viegli kolonizēt teritorijas pēc traucējumiem un vides apstākļu ziņā var būt mazprasīgas. Tāpēc pētījumos izvirzītie uzdevumi ir noskaidrot atsevišķu populāciju iekšējās

ģenētiskās atšķirības morfoloģiskajā un fizioloģiskajā atbildes reakcijā uz augsnes mitruma režīma izmaiņām (Possen et al., 2011).

Atšķirības var pastāvēt arī starp vienas sugas abu dzimumu indivīdiem. *Populus cathayana* Rehd būtiska īpašība ir atšķirīgā vīrišķo un sievišķo indivīdu augšanas gaita un biomasas akumulācija (Liu, 2003; Xu et al., 2007; Xu et al., 2008a; Xu et al., 2008b; Xu et al., 2010). Salīdzinājumā ar sievišķajiem augiem, sausuma stresa apstākļos vīrišķie ir daudz noturīgāki un veido lielāku biomasu (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b).

Vienas sugas vairāku provenienču indivīdu atšķirības novērtē starpreģionāla rakstura pētījumos, kur parauga stādmateriāla atlase no dažādiem reģioniem, sniedz priekšstatu par konkrētās sugas ūdens deficīta adaptācijas atšķirībām tās izplatības areāla ietvaros. Tādu dabas apvidu kā iekškontinentālo kalnu un nogāžu tieša Saules apspīdējuma ekspozīciju genotipi ūdens deficīta apstākļos spēj labāk saglabāties nekā no diametrāli pretējiem apvidiem – piekrastes kalni un nogāžu ēnas ekspozīcijas (Anekonda et al., 2002; Ferrell, Woodard, 1966). Šāds reģionāls sadalījums ir novērojams Britu Kolumbijā, Vašingtonā un Oregonā, kur atspoguļojas sauso un mēreni mitro apvidu indivīdu atšķirīgais adaptācijas līmenis ūdens deficīta apstākļos. Tāpēc ilgus gadus, piemēram, duglāzijas (*Pseudotsuga menziesii*), sausuma stresa tolerances ģenētisko atšķirību pētījumus balstīja uz provenienču reģionu mikroklimatisko atšķirību studijām (Anekonda et al., 2002; Ferrell, Woodard, 1966). Jaunākā pētījumā par duglāzijas sausuma stresa tolerances atšķirībām pamato viedokli, ka, nevis starppopulāciju, bet tieši atsevišķu populāciju iekšējā ģenētiskā daudzveidība ir svarīga, atlasot pret ūdens deficītu noturīgu selekcijas materiālu (Anekonda et al., 2002). Šāds viedoklis būtu piemērojams arī citu koku sugu provenienču sausuma noturības pētījumos.

Sausuma noturības pētījumos apskata ne tikai stādu augšanas gaitu un saglabāšanos, bet arī sēklu dīgšanu atkarībā no edafiskajiem faktoriem un mitruma režīma izmaiņām un to sausuma stresa ietekmi uz auga fizioloģiju. Piemēram, apse producē līdz pat 40 000 sēklu spurdžu, un katrā spurdzē nogatavojas līdz 2000 sēklu. Piemērotā temperatūras un mitruma režīmā sēklas uzdīgst 2 dienu laikā, bet sausuma apstākļos sēklas zaudē dīgtspēju. Tāpēc ir būtiski noskaidrot mitruma režīma ietekmi uz apšu sēklu dīgšanu un tālāku sējēņu saglabāšanos (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Siemens, Zwiazek, 2003).

Atsevišķos pētījumos vērtē arī skujkoku sugu sēklu izkliedi un dīgšanu dažādos apstākļos meža zemsedzē vai uz atklātas virsmas, piemēram, kritālām (Hayato et al., 2006; Leea et al., 2004; Mitamura et al., 2008; Nagakura et al., 2004; Takahashi et al., 2000; Tazaki, 1960). Ir izvirzīta hipotēze, ka *Picea jezoensis* sēklas uz no sūnām brīviem kritušajiem kokiem nav dīgtspējīgas, bet sūnu apaugums nodrošina humusa veidošanos un uztur pastāvīgu kritālas mitruma līmeni, kas ļauj sējenim ieskaņoties un augt. Šādā vidē pieaugušie koki un zemsedzes zālaugi nesastāda konkurenci par ūdens un barības vielu resursiem (Hayato et al., 2006).

Sala sausuma stresam koki ir pakļauti ziemas apstākļos, kad vējainā, saulainā, bezsniega vidē ir novērojamas zemas nakts gaisa temperatūras, jo koki nespēj uzņemt dienas laikā iztvaikotā ūdens daudzuma starpību. Tas nozīmē, ka augsnes un gaisa temperatūru lielo starpību rezultātā, augs ir pakļauts intensīvam sausuma stresam, kāds ir analogs vasaras apstākļos (Anekonda et al., 2002; Blodner et al., 2005).

Atkarībā no sausuma noturības pētījuma mērķa, tiek definēta empiriskā materiāla ieguves metodika, kas nosaka eksperimentālo novērojumu dizainu. Sausuma noturības pētījumu novērojumus veic gan kontrolētos, gan dabiskas vides apstākļos. Ļoti bieži eksperimentu specifika nosaka nepieciešamību nodrošināt daļēji kontrolētu vidi, kas ir, piemēram, nokrišņu aizturošas nojumes uzstādīšana bez temperatūras režīma kontroles iespējām. Šādu apstākļu simulācija ir tehniski vienkāršāka, bet ļauj novērtēt vienu faktoru, šajā gadījumā mitruma režīma, izmaiņu ietekmi, saglabājot dabiskiem apstākļiem atbilstošus pārējos vides parametrus. Katrā eksperimentā ir iekļautas arī kontroles varianta platības, kurās neveic eksperimentālās darbības un nodrošina dabiskus augšanas apstākļus. Kontroles datus izmanto vēlākā eksperimenta rezultātu interpretācijā un salīdzināšanā ar dabiskajiem apstākļiem (Dinger, Rose, 2009; Löf, 2000; Nagakura et al., 2004).

Dabiskā vidē jeb neizmainītos apstākļos eksperimenta dizains nosaka paraugmateriālu izvietot tā, lai atsevišķas tā paraugkopas būtu pakļautas atšķirīgiem vides apstākļiem. Eksperimenta paraugkopas var būt izvietotas dažādās proveniencēs vai dabas apvidos ar lokālām mikroklimatiskām atšķirībām. Tādējādi galvenais izvietojuma princips nosaka izmēģinājumu stādījumu atrašanos atšķirīgos dabiskas vides apstākļos. Visbiežāk šādos eksperimentus ierīko pēc biežības, vecuma un augšanas apstākļiem atšķirīgās mežaudzēs vai nogāžu ekspozīcijās (Dinger, Rose, 2009; Löf, 2000; Nagakura et al., 2004).

Zālaugu konkurences ietekmes novērtēšanai koku sugām to izplatības areālu robežās lauka apstākļos, eksperimentālajos stādījumos, paraugstādus izvieto lauksaimniecības zemēs, kur kailsakņu stādus stāda regulārā attālumā vienu no otra (Löf, 2000). Šāda eksperimenta augšanas apstākļi ir maksimāli pietuvināti dabiskajiem, jo nepielieto laistīšanas vai sausuma režīmus. Izmēģinājumu veidus iedala pēc zālaugu veģetācijas apsaimniekošanas: izmantojot herbicīdu lietošanu, mēslošanu vai zālaugu pļaušanu. Lai novērstu malas efektu ietekmi, ap parauglaukumiem izveido 2 līdz 4 m platu buferjoslu, kurā veic izmēģinājuma darbības, bet neizdara mērījumus. Tāda izmēģinājuma režīma kā zālaugu pļaušana intensitātes nepieciešamību nosaka pēc novērojuma vietas veģetācijas augšanas dinamikas īpatnībām (Löf, 2000).

Pētījumos par veģetācijas ietekmi uz mitruma režīma izmaiņām apskata arī ciršanas atlieku nozīmi. Novērojumu parauglaukumus ierīko dabiskās audzēs. Izmēģinājumu veidi ietver: tikai ciršanas atlieku savākšanu, aizzēluma regulāru pļaušanu vai arī izpļautas un no ciršanas atliekām iztīrītas platības. Izmēģinājumā ar nekontrolētu veģetāciju ierīko 0.018 ha (7,5 m rādiusa) vai 1 m rādiusa aplveida parauglaukumus, kuru ietvaros nosaka veģetācijas sugu sastāvu un biomasu (Robert et al., 2005; Dinger, Rose, 2009). Var izvēlēties dažāda izmēra un veida parauglaukumus, bet vienota standarta ievērošana nodrošina augstāku pētījumu rezultātu salīdzināšanas iespēju.

Katrā pētījumā eksperimenta dizains nosaka atšķirīgu stādvieta un paraugu atkārtojumu izvietojumu. Dabiskas mežaudzes apstākļos ar atšķirīgiem pieaugušo koku vainagu slēgumiem novēro sējeņu un stādu attīstību zem dažāda blīvuma pieaugušo koku vainagu klājuma kontekstā ar augsnes mitruma režīmu (Leea et al., 2004; Nagakura et al., 2004; Takahashi et al., 2000). Augsnes sagatavošanā ņem vērā pētāmās sugas prasības un, lai novērstu zālaugu konkurenci, izpētes vietā augsni atbrīvo no humusa un organikas virsslāņiem, atklājot minerālo horizontu. Pretējam efektam, lai gūtu priekšstatu par nesagatavotas virsmas ietekmi, sēklas izsēj uz koksnes atliekām, kas nav pilnīgi sadalījušās. Šādu novērojumu parauglaukumus ierīko dažādas biežības

mežaudzēs, kur pieaugušo koku vainagu blīvums variē no 80 % līdz pat pilnīgam klajumam. Attiecīgajos parauglaukumos sēklas iesēj 1 cm dziļumā un neveic mitruma režīma kontroli. Nagakura et al., 2004; Leea et al., 2004; Takahashi et al., 2000). Ekspozīcijas ietekmes uz vielu pārnesei un mitruma režīmu, novērojumu parauglaukumus ierīko uz nogāzes, kur pusi no stādvietām eksponē dienvidu, bet otru pusi – ziemeļu nogāzē (Possen et al., 2011).

Mikorizas tīkla ietekmes uz mitruma režīma izmaiņām novērtēšanai veic arī plaša mēroga pētījumus. Piemēram, ar mērķi noskaidrot, kā stādu attīstību ietekmē mikorizas tīkla klātbūtne un vai tā variē pēc reģionāli klimatiskajiem apstākļiem, sēklu proveniENCES un stāda attīstības vēstures. Tādējādi eksperimenta parauglaukumu izvietojums ir pakārtots klimatiskajam gradientam, kas variē atkarībā no mitruma režīma apstākļiem (gada vidējā nokrišņu un evapotranspirācijas apjoma un augsnes ūdens potenciāla). Novērojumu vietās parauglaukumos viena gada vecus stādus no siltumnīcām stāda tiešā pieaugušo koku tuvumā. Tādos pašos apstākļos izsēj arī sēklas, raksturojot sējēņu attīstību lauka apstākļos. Katrā parauglaukumā paralēli vietējai proveniENCEi, izvieto arī pārējo, salīdzināmo reģionu stādmateriālu (Bingham, Simard, 2013; Horton et al., 1999).

Daļēji kontrolētos vides apstākļos visbiežāk nodrošina atšķirīgus mitruma režīmus un augsnes apstākļus. Novērojumu metodika vairākos sausumizturības pētījumos, jo īpaši *Populus cathayana* Rehd., *Populus tremuloides* un *Populus tremula* eksperimentos, ir līdzīga. Tos ierīko daļēji kontrolētos augšanas apstākļos, izmantojot brīvi ventilētas siltumnīcas nojumes, lai nepieļautu nokrišņu ietekmi. Tādējādi temperatūru režīms ir mainīgs un atbilst faktiskajiem lauka apstākļiem, un šāds eksperimenta dizains ir ērti apsaimniekojams. Lauka apstākļos izmanto stacionāras vai pārvietojamas gaismu caurlaidošas nojumes, kuras izvieto nokrišņu laikā. Gaismu necaurlaidīgas nojumes izmantošana var negatīvi ietekmēt eksperimenta tālākos rezultātus, jo, piemēram, liels skaits dienu ar nokrišņiem vienas veģetācijas sezonas laikā Somijā var pat par 60 % samazināt saules radiācijas intensitāti (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Possen et al., 2011). Lauka apstākļos var pielietot arī zvanveida plastikāta sēšanas nojumes katrai atsevišķajai stādvietai, nodrošinot pastāvīgi augstāku temperatūru un relatīvo gaisa mitrumu (Possen et al., 2011). Daļēji kontrolētu vides apstākļu eksperimenta apsaimniekošana ir visērtākā, jo, salīdzinājumā ar dabiskas vides eksperimentiem, ir samazināti parauglaukumu atrašanās vietu savstarpējie attālumi, un nav nepieciešams nodrošināt resursu ietilpīgo pilnībā kontrolētu apstākļu vidi klimata telpās.

Pilnībā kontrolētos vides apstākļos visbiežāk veic sēklu diedzēšanas izmēģinājumus vai tālākai pārstādīšanai paredzētu sējēņu kultivāciju. Kontrolētā vidē novērtē gaismas, temperatūras un mitruma režīmu mijiedarbas, piemēram, kā izpaužas sausuma stress sala apstākļos. Ziemas sausuma izturības eksperimentā novērojumus veic speciālā klimata telpā, kurā gaisa un augsnes temperatūras ir krasi kontrastējošas. Piemēram, gaisa temperatūra ir 12 °C, bet augsnes temperatūra –5 °C, relatīvais gaisa mitrums 40 % un 10 stundu ilgs fotoperiods. Šādos apstākļos sasaldētās saknes nespēj uzņemt augsnes ūdeni, lai kompensētu iztvaikošanā radušos ūdens apjoma starpību (Anekonda et al., 2002).

Simulējot diennakts temperatūru un fotoperiodu sadalījumu nosaka atšķirīgus gaismas un gaisa temperatūru režīmus. Noteikts fotoperiods sēklu diedzēšanai nav būtisks, bet tālākās dīgstu augšanas gaitā gaismas un tumsas sadalījumam ir jābūt vienādam, attiecīgi pa 12 stundām. Nakts

gaisa temperatūras piemēro zemākas, piemēram, 18 °C, bet dienā 22 °C vai 24 °C. Dīgšanas procesā sēklām pievada 18 °C siltu ūdeni, jo pie zemākas temperatūras vērtības dīgšana var būt apgrūtināta (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Siemens, Zwiazek, 2003). Neapskatot jautājumus par augsnes substrātu mijiedarbību ar paraugiem, iegūtos stādus vai diedzētos dīgstus pārstāda podos ar definētu augsnes substrātu, kas visbiežāk sastāv no kūdras un smiltīm attiecībās 3:1 (Possen et al., 2011). Siltumnīcās stādvietu konteinerus cikliski pēc nejaušības principa pārvieto, lai novērstu stādu apēnojumu. Atkarībā no izvēlēta izmēģinājuma, paraugu un to atkārtojumu skaita, eksperimentam nosaka telpisko dizainu – paraugus izvieto blokos pēc izmēģinājumu atkārtojumiem (Possen et al., 2011).

Atkarībā no sausuma noturības pētījuma mērķa, ir atšķirīgi stādmateriāla izvēles principi. Populāciju savstarpējo sausumizturības atšķirību raksturošanai, stādmateriālu iegūst pēc mikroklimatiskajiem apstākļiem dažādās vietās. Tie var būt pēc nokrišņu daudzuma atšķirīgi, iekškontinentāli vai piekrastes reģioni dažādos augstumos virs jūras līmeņa. Tas nozīmē arī atšķirīgu adaptācijas līmeni temperatūru ekstrēmiem. Piemēram, *Populus cathayana* Rehd. gadījumā, indivīdu dzimumu biomasas akumulācijas ūdens deficīta apstākļos atšķirību novērošanai, stādmateriāla iegūšana atsevišķās proveniencēs nav principiāla, jo būtiskāk ir atlasīt viena klona vienādu skaitu abu dzimumu indivīdus (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b).

Eksperimentu stādmateriāla atlases kritēriji var būt balstīti arī uz ģenētiskajām atšķirībām. Piemēram, sala sausuma stresa pētījumā, parastās egles (*Picea abies*) zemu gaisa temperatūru un sausuma tolerances savstarpējo fizioloģisko sakarību analīzei izvēlas pēc sala izturības atšķirīgu vecāku pēcnācējus (Blodner et al., 2005). Eksperimentiem paredzētā bērza paraugstādmateriāla atlase ir vienkārša, bet, ievācot apšu paraugus, ir jāievēro to veģetatīvās pavairošanās īpatnības. Apses ļoti produktīvi vairojas ar sakņu atvasēm, bet dzimumvairošanās ir vāji attīstīta. Apšu paraugu ieguves vietas jāizvēlas tā, lai potenciāli pētāmās populācijas būtu telpiski attālinātas viena no otras, izvairoties no viena klona atkārtotas iekļaušanas pētījuma paraugkopā (Possen et al., 2011; Siemens, Zwiazek, 2003).

Stādmateriāla pārvietošanas gadījumā, svarīgi ir izvēlēties tādus tā izcelsmes avotus, kas savstarpēji atbilst vienādiem ģeogrāfiskajiem platumiem, lai izvairītos no dabiskās vides fotoperioda neatbilstības eksperimenta vietā. *Pinus sylvestris* provenienču pētījumā izmantoja sēklu avotus no Austrumeiropas, Centrālāzijas un Krievijas tālo austrumu taigas. Šie reģioni reprezentē klimatiskās atšķirības sugas izplatības areālā. Austrumeiropas proveniencēs - okeāniska tipa klimatu, bet abi Āzijas reģioni – kontinentalitāti (Cregg, Zhang, 2001). Līdzīgs sēklu izvēles princips bija eksperimentā par duglāziju ziemas sausuma noturību, kur vairākumā gan bija Vašingtonas un Britu Kolumbijas iekškontinentālās un Klusā okeāna piekrastes proveniencēs. Šajā pētījumā sēklu avoti ir izvēlēti, neievērojot reģionu fotoperiodu atšķirības. To plašā ziemeļu – dienvidu telpiskā variācija ir no 53. grādu paralēles Britu Kolumbijā līdz pat 32. paralēlei Ņūmeksikā (Larsen, 1981).

Laistīšanas apjomi daļēji un pilnībā kontrolētā mitruma režīmā atšķiras atkarībā no pētījuma mērķa. Pamatā tie ir divi – kontrole jeb pietiekama mitruma daudzuma nodrošināšana un pastāvīgs sausums, bet stresa režīmi var atšķirties. Pielietojot 3 galvenos mitruma režīmu veidus, simulē ūdens pārsātinājuma (slapjš), pietiekamības (kontrolē) un deficīta (sausss) apstākļus. To nodrošina ar pastāvīgu mitruma režīmu, piemēram, 30 % no potenciāli iespējamā augsnes ūdens apjoma.

Šajā gadījumā aprēķinātie 100 % ir kontrole jeb pietiekamības režīms. Var būt vairāki šādi pielietotie ūdens deficīta apjomi, raksturojot viegla, vidēja vai stipra sausuma stresa apstākļus (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b; Nagakura et al., 2004). Lai novērotu laika intervālā pieaugošu ūdens deficīta ietekmi, pielieto stresa gradientu: piegādājamo ūdens daudzumu pakāpeniski samazinot (Cregg, Zhang, 2001).

Stādu pēcstresa atjaunošanos nosaka ar atkārtotu laistīšanu pēc pakļaušanas ūdens deficītam. Tas var būt periodā no 24 stundām līdz vienai veģetācijas sezonai pirms paredzēto mērījumu izdarīšanas. Parastās priedes provenienču pētījumā ūdens deficīta piemērošanas eksperimenta dizains noteica divus 3 nedēļu ilgus sausuma periodus siltumnīcas apstākļos. Eksperimentālie ūdens deficīta periodi cikliski mijās ar 1 nedēļas ilgiem atjaunošanās cikliem, kuros stādus laistīja katru otro vai trešo dienu (Cregg, Zhang, 2001). Ilggadēju novērojumu gaitā atšķirīgu izmēģinājumu stādmateriālam var piemērot sezonāli atšķirīgus mitruma režīmus (Anekonda et al., 2002). Eksperimentu beigu fāzē, pēc pēdējā atjaunošanās perioda, stādus pakļauj absolūtam ūdens deficītam līdz tie aiziet bojā (Cregg, Zhang, 2001).

Daudzgadīgajos sausumnoturības pētījumos novērtē auga atjaunošanās spējas pēc sezonāla ūdens deficīta. Tā, piemēram, piecus gadus veciem viena ozola kloniem, piemērojot pakāpeniski samazinātu ūdens apjomu līdz 13 % no potenciāli iespējamā augsnes ūdens daudzuma, nākamajā vai aiznākamajā gadā irigācijas apjomu palielina līdz 55–60 %. Daudzgadīgie sausuma stresa izmēģinājumu veidi ietver viena vai divu gadu ūdens deficītu pirms eksperimenta pēdējā sezonā pilna apjoma laistīšanas auga atjaunošanās veicināšanai (Spieß et al., 2012).

Eksperimenta dizains bez laistīšanas var ietvert arī tādu izmēģinājuma veidu kā atšķirīgi augsnes apstākļi (Latva-Karjanmaa et al., 2003). Augsnes sablīvēšanās ietekmes uz mitruma režīma izmaiņu simulācijai substrātu ievāc dabiskos apstākļos, bet laboratorijā to pārsijā, lai atbrīvotos no liela izmēra organiskajām atliekām. Tālākā darba gaitā granulometriski homogenizētos augsnes paraugus iepilda plastikas konteineros un pēc porainības, blīvuma un svara nosaka to ūdens potenciālu pie atšķirīgiem mākslīgas sablīvēšanas līmeņiem (Blouin et al., 2008; Bulmer, Simpson, 2005; Conlin, van den Driessche, 1996). Ar vai bez mikorizu kolonizētu sējeņu sausuma stresa tolerances līmeņu atšķirību, atkarībā no pieejamās gaismas intensitātes, pārbaudei ierīko eksperimentu ar sterilizētu un dabisku, mikorizas sēņu kolonizētu, dabiska meža augšanas apstākļos iegūtu augsnes substrātu (Bingham, Simard, 2013; Horton et al., 1999).

Pētījumos pielietotās augu fizioloģisko un morfoloģisko procesu instrumentālās novērošanas metodes ir savstarpēji līdzīgas un bieži pat identiskas. Atkarībā no pētījuma specifikas, vairākos ziņojumos pielietoto metožu veidi atšķiras. Sausumizturības kvantitatīvajai raksturošanai veic mērījumus stādu morfoloģiskajiem un fizioloģiskajiem parametriem: virszemes un pazemes biomasas un sausnes masa, sakņu garums, dzinumu garuma pieaugums, bazālais (sakņu kakla) diametrs, kopējais lapu skaits, kopējais lapu virsmas laukums un atsevišķu lapu izmēri. Biomasas sadalījuma atšķirības raksturo ar sakņu – dzinumu biomasu attiecību. Šo rādītāju izsaka kā garuma pieaugumu un sakņu biomasu vērtību starpību. No fizioloģiskajiem parametriem mēra neto fotosintēzi (P_n), atvārsnīšu konduktivitāti (g_s), transpirāciju (T_n), augu morfoloģisko daļu (lapu/skuju un dzinumu) pirms miglas ūdens potenciālu (ψ), kas raksturo spēju pārvietot ūdeni no auga daļām ar lielāku ūdens potenciālu uz daļām ar mazāku, (Siemens, Zwiazek, 2003) un reakciju uz gaismas intensitāti (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b). Šos kvantitatīvos rādītājus izmanto

tālākā fizioloģisko procesu rādītāju atvasināšanā, kā, piemēram, ūdens izmantošanas efektivitāti (WUE), kuru izsaka kā attiecību starp neto fotosintēzi (P_n) un transpirāciju (T_n), (Possen et al., 2011). Vīšanas gaitā mēra fotosintēzi raksturojošo parametru – gāzu apmaiņu, lai noteiktu procesa dinamiku auga ūdens resursu saglabāšanas laikā. Eksperimentālo izmēģinājumu beigās veic paraugu destruktīvos mērījumus. Augus novāc, nomazgā un atdala saknes no dzinumiem. Tad tiem nosver biomasu, izžāvē un iegūst auga sauso masu. Sausuma izturības pētījumos ir svarīga ūdens deficītam pakļauto stādu sakņu un dzinumu svaru attiecība, jo tā raksturo biomasas akumulācijas stratēģiju atšķirības, tātad adaptācijas spējas (Anekonda et al., 2002; Ferrell, Woodard, 1966; Larsen, 1981).

Sēklu dīgšanu un stādu saglabāšanos novērtē vizuāli reizi 2 līdz 3 dienās. Garuma pieaugumu mēra ar lineālu, bet caurmēru ar digitālo bīdmēru, izdarot divus mērījumus vienu otram perpendikulāri un aprēķinot vidējo vērtību. Ja nepieciešams, sakņu tilpumu nosaka ar WinRhizo (Regent Instruments Inc.) (Blouin et al., 2008; Bulmer, Simpson, 2005; Conlin, van den Driessche, 1996; Latva-Karjanmaa et al., 2003; Possen et al., 2011).

Eksperimenta beigās savstarpēji salīdzina katra laistīšanas režīma laikā veiktos morfoloģiskos un fizioloģiskos mērījumus un novērtē tos kontekstā ar piemēroto sausuma stresa pakāpi. Kontroles izmēģinājuma mērījumu rezultātus izmanto, lai salīdzinātu atšķirīgo mitrumu režīmu pieaugumus, lai noteiktu ūdens deficīta pakāpes ietekmi uz koku augšanu (Anekonda et al., 2002). Vides datu ievākšanā izmanto meteostaciju, augsnes mitruma un temperatūras mērītāju un augsnes paraugu laboratoriskās analīzes (Löf, 2000). Augsnes mitruma apjomu bieži nosaka ar stādvietu konteineru svēršanas rezultātu starpībām laika intervālā (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Possen et al., 2011; Siemens, Zwiazek, 2003).

Ne vienmēr visi sausuma stresu raksturojošie parametri ir lineāri izmērāmi. Gadījumā, ja jānosaka sausuma ietekmē radušos bojājumu apmēri stāda vainagam, veic skuju/lapu krāsu izmaiņu vērtēšanu ballēs. Vizuāli novērtē vainaga virsmas laukuma krāsas procentuālo sadalījumu starp zaļu uz dzeltenu. (Anekonda et al., 2002; Ferrell, Woodard, 1966; Larsen, 1981).

3.3. Sausuma noturības pētījumos mērenajā joslā iegūtie rezultāti

Eksperimentālajos sausuma noturības pētījumu izstrādes gaitā ir iegūti rezultāti, kas atspoguļo dažādu koku sugu atšķirīgas ūdens saglabāšanas stratēģijas tā deficīta apstākļos. Koku augšanas resursu izmantošanas optimizāciju palīdz novērtēt pēc izcelsmes atšķirīga eksperimentālā stādmateriāla izmantošana. Pētāmā materiāla ģeogrāfija variē no vienas sugas proveniencēm visā izplatības areāla līdz vienas proveniencas atsevišķu vai vienas populācijas indivīdiem. Iegūtie rezultāti palīdz izprast koku sausuma stresa tolerances un ilgtermiņa adaptācijas līmeņus un stratēģijas.

Ziemeļeiropā nozīmīgo parastās apses (*Populus tremula*) un āra bērza (*Betula pendula* Roth.) sugu sausuma noturības pētījumu rezultātus, kas veikti Somijā (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Possen et al., 2011), būtiski papildina viedokļi no pētījumiem par Amerikas apses (*Populus tremuloides* Michx.) (Siemens, Zwiazek, 2003) un Ķīnai raksturīgās *Populus cathayana* Rehd. sugas (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b) sausuma stresa adaptācijas pētījumiem.

Daļēji kontrolētas vides apstākļos Somijā veiktā bērza un apses sausuma adaptācijas pētījuma primārais uzdevums bija salīdzināt bērza un apses sausuma stresa adaptācijas stratēģijas. Vienuviet iegūto stādmateriālu pakļāva nokrišņu deficītam, kā rezultātā atšķirīgie mitruma režīma varianti atspoguļojās stādu morfoloģijā un fizioloģijā (Possen et al., 2011).

Noskaidrojās, ka bērza stādiem sausajā izmēģinājumā ir lielāki pieaugumi un lielāka akumulētā kopējā biomasa, un sakņu-dzinumu biomasu attiecība. Sugu adaptīvās stratēģijas izpaužas arī kā lapu kopējās virsmas un atsevišķu lapu izmēru un skaita atšķirības. Bērzam ir lielāka kopējā lapu virsma, bet apsei lielākas atsevišķās lapas. Tādējādi sausuma izraisītais lapu zudums bērzam ir mazāk bīstams (Possen et al., 2011). Tas atspoguļojās fizioloģiskajos mērījumos, kur sausajā izmēģinājumā ūdens izmantošanas efektivitāte (WUE) lielāka ir bērzam, bet pārējos izmēģinājumos – apsei. Interesanti, ka bērzam sausajā režīmā lapu ūdens potenciāls ir zemāks nekā slapjajā, bet apsei izmēģinājums un genotips neietekmē šo parametru. Fizioloģisko procesu norisi abām sugām ietekmē izmēģinājuma veids, jo sausajā fotosintēzes (P_n), atvārsnīšu konduktivitātes (g_s) un transpirācijas (T_n) rādītāji ir konsekventi zemāki un to vērtības variē arī starp genotipiem (Possen et al., 2011).

Lielais kopējais lapu skaits nodrošina bērzam arī lielāku biomasas daudzumu sausajā izmēģinājumā, salīdzinājumā ar apsi (Possen et al., 2011). Vidējo lapu izmēru un kopējo virsmas laukumu mērījumos bērziem un apsēm ir izteikta izmēģinājuma un genotipa mijiedarbība, bet kopumā mazākās vērtības ir sausajos izmēģinājumos. Abām sugām lapu izmēri palielinās visā pārsātinājuma izmēģinājuma laikā, bet kontrolē un sausajā tie nemainās. Abu sugu stādu garuma pieaugumu mērījumu rezultāti variē starp populāciju genotipiem. Atšķirīgas ir garuma un radiālā pieauguma maksimālās vērtības slapajos un kontroles izmēģinājumos. Laistīšanas režīmos nav izteiktas vienas vai otras sugas maksimālo vērtību atšķirības un sausajos izmēģinājumos abu sugu rezultāti ir līdzīgi, uzrādot mazākos garuma pieaugumus (Possen et al., 2011).

Biomasas akumulācijas sadalījuma rezultātos arī iezīmējas izmēģinājuma un genotipu atšķirības. Genotipiskā reakcija uz mitruma režīmiem bērziem un apsēm līdzīga, jo mazākās vērtības ir sausajos, bet lielākās – slapajos izmēģinājumos. Bērzs sausajos izmēģinājumos izrādīja vēl vienu zīmīgu ūdens deficīta adaptācijas stratēģiju, jo tā sakņu garums attiecībā pret to sausnes masu bija lielāks, liecinot par aktīvāku biomasas sadalījuma pārkārtošanu. Tādējādi augs veicina resursu akumulāciju tā saknēs, vienlaicīgi palielinot uzsūcošo sakņu garumu un kopējo virsmas laukumu, līdz ar to arī izdzīvošanas iespējas (Possen et al., 2011).

Salīdzinot ar bērzu, apse maksimālo augšanas dinamiku spēj uzrādīt ļoti šaurā vides apstākļu spektra daļā, lai gan suga ir ar augstām adaptācijas spējām (Siemens, Zwiazek, 2003; Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b).

Attiecībā uz parastās apses potenciālajām sausuma noturības stratēģijām jāmin pētījuma piemērs – *Populus cathayana* Rehd. sugas adaptācijas studijas Ķīnā, kas pierāda dabiskā mitruma režīma apstākļu noteicošo lomu augu fizioloģiskās adaptācijas stratēģijā. Stādmateriālam no mitruma režīma ziņā atšķirīgiem Ķīnas reģioniem novēroja, ka mitrā reģiona populācijām garuma pieauguma veidošanās samazinās jau pie tāda ūdens deficīta, kas atbilst 70 % no potenciāli iespējamā augsnes ūdens apjoma. Salīdzinājumam – tās pašas sugas sausam klimatam adaptējušās populācijas stādi garuma pieauguma veidošanu samazināja pie 40 % atzīmes, lai gan kopējais

garuma pieaugums sauso apstākļu populācijas indivīdiem visos izmēģinājumos bija mazāks (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b).

Populus cathayana Rehd. sugas sauso un mitro apstākļu populāciju stratēģijas atšķiras ar augu ūdens izmantošanas efektivitāti. Sausajos apstākļos adaptējušies indivīdi realizē piesardzīgu stratēģiju ar maziem pieaugumiem, bet mitrajos apstākļos adaptējušies augsnes ūdeni patērē daudz vairāk, veidojot lielākus pieaugumus. Šādas adaptācijas atšķirības novēro arī tolerancē pret sausuma periodu intensitāti un garumu (Xiao et al., 2008a; Xiao et al., 2008b).

Par koku sugu atšķirīgajām ūdens deficīta stratēģijām liecina arī Austrumāzijā kontrolētas vides apstākļos veikts eksperiments, kurā salīdzināta *Cryptomeria japonica* un *Chamaecyparis obtusa* augšana un transpirācija dažādos mitruma režīma apstākļos. Rezultātos atspoguļojas divu sugu atšķirīga ūdens izmantošana, jo *Chamaecyparis obtusa* sausuma stresa apstākļos kā atbildes reakciju uzrādīja paaugstinātu ūdens izmantošanas efektivitāti, nevis biomasas akumulācijas redukciju. Tas nozīmē, ka augs daudz vairāk samazināja transpirāciju nekā biomasas veidošanu ūdens deficīta apstākļos (Hayato et al., 2006; Leea et al., 2004; Mitamura et al., 2008; Nagakura et al., 2004; Takahashi et al., 2000).

Pētījumā par parastās apses populāciju atjaunošanās spējām dzimumvairošanās ceļā skaidroja mitruma režīma būtisko ietekmi uz šo procesu. Eksperimenta dizains paredzēja sākotnēju sēklu dīdzesanu laboratorijā un vēlāku dīgstu pārstādīšanu mežaudzes apstākļos, bet kontroles variants bija dabīgā vidē sētu sēklu izmēģinājumi (Latva-Karjanmaa et al., 2003). Laboratoriski dīdējot Dienvidsomijas apses populāciju sēklas, ir noskaidrots, ka vienā gramā ir vidēji 638 dzīvotspējīgas sēklas, un 87 % no tām izdīgst pirmo 3 dienu laikā. Mitruma nozīmi apstiprina fakts, ka lielāka dīdzība ir tām sēklām, kuras ir sētas nokrišņiem bagātīgākos laika periodos (Latva-Karjanmaa et al., 2003; Possen et al., 2011).

Pētījumā apskatīta stādvieta augsnes substrāta, tās telpiskā novietojuma un pirms un pēc izsēšanās laikapstākļu mijiedarbības loma. Apsēm kā jau sugām, kas ražo daudz sēklu, to sējeņu pirmā gada saglabāšanās bija zema (Latva-Karjanmaa et al., 2003). Par augsnes virskārtas iztvaikošanas nozīmi liecina fakts, ka ēnas ekspozīcijās sēklu dīdzība bija augstāka nekā tieša saules apspīdējuma ekspozīcijā. Eksperimenta laikā pirmajā veģetācijas sezonā ūdens deficīta izmēģinājumos vairāk kā 90 % apšu sējeņu gāja bojā vēl pirms septembra, bet laistīšanas izmēģinājumos saglabāšanās sasniedza 24 %. Par nozīmīgo mitruma režīma ietekmi liecina arī fakts, ka uz liela izmēra vidēji sadalījušos koksnes atliekām bez sūnu veģetācijas no iesēta 0,1 g *Populus tremula* sēklu attīstījās vidēji 3,5 sējeņu (Latva-Karjanmaa et al., 2003). Līdzīgu tendenci uzrāda arī Austrumāzijā veikta pētījuma rezultāti par mitruma režīma ietekmi uz *Pinus densiflora* S. et Z. un *Picea jezoensis* sēklu dīgšanu un sējeņu tālāku saglabāšanos. Dabiskās atjaunošanās apstākļos sēklu dīgtspēja un tālāka sējeņu attīstība uz atklātas virsmas ir ļoti zema. Dīgšanai piemērotu mitruma režīmu nodrošina koku vainagu klājuma sabiezējums un zemsedze, kas samazina vēja ātrumu un absorbē saules radiāciju. Dabisku apstākļu eksperimentā stādi un sējeņi var nebūt pakļauti kritiskam sausuma stresam, kas limitē augšanu un saglabāšanos (Hayato et al., 2006; Leea et al., 2004).

Sējeņu attīstībai nozīmīga mitruma režīma nodrošināšanā liela loma ir augsnes profila nedzīvās zemsedzes horizontam, kas kavē iztvaikošanu. Dabiskās mežaudžu atjaunošanās procesu dinamikas novērojumos izmēģina izstrādātu cirsmu zemsedzes rekultivāciju, apsaimniekojot

zālaugu veģetāciju vai ciršanas atliekas. Pielietojot zālaugu pļaušanu vai ciršanas atlieku savākšanu kā novērojumu vides režīmus, eksperimentos ar duglāzijas stādiem rezultāti rāda, ka izmēģinājumā ar veģetācijas kontroli augsnes ūdens bija pieejamāks, jo bija samazināti konkurences apstākļi. Tāpat noskaidrojās, ka ciršanas atlieku klātbūtne palielina augsnes mitruma līmeni un augsnes virskārtas temperatūra 10 cm dziļumā ievērojami paaugstinājās pēc atlieku izvākšanas. Konkurējošas veģetācijas apstākļos attiecīgajos parauglaukumos augsnes mitruma līmenis ir zemāks, un visizteiktākās atšķirības novērotas pirmajos 20 cm no augsnes virskārtas. Attiecīgi novērotas arī stādu biomasas akumulācijas atšķirības dažādos izmēģinājumos. Ūdens deficīta vidē konkurējošas veģetācijas un no ciršanas atliekām atbrīvotas zemsedzes apstākļos duglāzijas stādiem novēroti mazāki augstuma pieaugumi nekā pie zālaugu pļaušanas un ciršanas atlieku neizvākšanas (Dinger, Rose, 2009; Robert et al., 2005; Zabowski et al., 2000).

Zālaugu sabiedrību konkurence ir būtisks faktors, kas jāņem vērā, ierīkojot stādījumus auglīgās bijušajās lauksaimniecības zemēs. Parastā ozola (*Quercus robur* L.) un parastā dižskābarža (*Fagus sylvatica* L.) stādu attīstības gaitu pļavu veģetācijas apstākļos novēroja eksperimentā, kuru veica Zviedrijas dienvidos. Nekontrolētos meteoroloģiskos apstākļos veica zālaugu pļaušanas, herbicīdu izmantošanas un mēslošanas izmēģinājumus (Löf, 2000).

Zālaugu veģetācijas apstākļos ozols uzrāda lielākus pieaugumus nekā dižskābardis – ozola uzsūcošās saknes iestiepjas dziļāk augsnē, kas ir uzskatāma par priekšrocību ūdens deficīta apstākļos. Eksperimenta gaitā noskaidrojās, ka zālaugu pļaušana ir mazāk efektīva metode nekā herbicīdu lietošana, jo pēc pļaušanas veģetācija ātri atjaunojas, patērējot augsnes ūdens resursus. Kombinēta mēslošanas un herbicīdu izmantošana nodrošināja lielākus koku pieaugumus salīdzinājumā ar herbicīdu izmantošanu bez mēslojuma (Löf, 2000). Jaunaudzēs ar auglīgu augsni zālaugu ietekmētais mitruma režīms un ozola sakņu attīstības stratēģija nosaka augstāku tā saglabāšanos salīdzinājumā ar dižskābardi dabiskas atjaunošanās apstākļos Dienvidzviedrijā (Löf, 2000).

Parastā ozola adaptācijas īpašību raksturojumu papildina Zviedrijā veikta eksperimenta, rezultāti. Lai novērotu stādu spējas atjaunoties pēc lielo savvaļas zālēdāju bojājumiem paaugstināta ūdens deficīta apstākļos, izmantots Polijas proveniences Milomlinas stādmateriāls. Izvirzīta hipotēze, ka apgrauztie stādi, kuri ir pakļauti sausumam, nav spējīgi atjaunot zaudētos audus tādā apjomā kā labi laistītie (Kullberg, Welander, 2003). Eksperimentā nekonstatēja nozīmīgas faktoru mijiedarbības, tomēr novēroja, ka sausuma apstākļos kokiem ir samazināts augstuma pieaugums un kopējais lapu virsmas laukums. Šajā gadījumā nozīmīga adaptīvā loma izrādījās saknēs uzkrātajiem ogļhidrātiem, kas sekmēja zaudēto audu atjaunošanos (Kullberg, Welander, 2003).

Dabiskā vidē ūdens deficīts ir ciklisks augu stresa faktors, kas var atkārtoties vienas sezonas ietvaros. Parastā ozola piecus gadus veciem stādiem, piemērojot cikliska rakstura sausuma periodus, simulēja vairāku veģetācijas sezonu ilgu ūdens deficītu, novērojot arī paraugu pēcstresa atjaunošanās procesa raksturu. Eksperimentā, kuru veica daļēji kontrolētā vidē, piemēroja divu sezonu ūdens deficīta režīmu, vienu sausuma sezonu ar laistīšanu nākamajā un kontroles izmēģinājumu. (Spieß et al., 2012).

Sezonāli atkārtota sausuma stresa gadījumā stādi pārtrauc pieauguma veidošanu uzreiz pēc pirmās pumpuru plaukšanas, procesu atsākot tikai laistīšanas gadījumā. Salīdzinot ar kontroles

rezultātiem, pēcstresa izmēģinājumā atjaunotie pieaugumi ir ievērojami mazāki, uzrādot atkārtotu dzinumumu veidošanos vienas veģetācijas sezonas ietvaros. Lai arī kompensācijas pieauguma apjoms veidojās proporcionāli atbilstošs iepriekš piemērotajam ūdens deficīta perioda garumam, izveidojot pat 4 atkārtotus dzinumus vienā sezonā, eksperimenta beigās ūdens deficītam pakļautie kolni nerasniedza kontroles pieaugumu apmērus. Diviem sausuma periodiem pakļautie paraugi otrajā ūdens deficīta sezonā sāka izrādīt sausuma adaptācijas pazīmes salīdzinājumā ar iepriekšējo, jo pēc lapu plaukšanas tie uzreiz pārtrauca pieauguma veidošanos. Analogisku scenāriju uzrādīja stumbra caurmēra pieauguma dinamika: sausuma ietekmē veidojās ļoti minimāls pieaugums, bet pēc atjaunojošā laistīšanas režīma saņemšanas tas palielinājās, bet nerasniedza kontroles līmeni (Spieß et al., 2012).

Sala sausuma stresam koki ir pakļauti ziemas apstākļos, kad vējainā, saulainā bezsniega vidē ir novērojamas zemas nakts gaisa temperatūras. Šādos apstākļos koki nespēj uzņemt dienas laikā iztvaikoto ūdens daudzumu. Izmantojot parastās egles (*Picea abies* (L.) H.Karst.) vienas ģimenes, bet pēc sala noturības atšķirīgu, vecāku pēcnācējus kā parauga stādmateriālu, novērtēja to sala sausuma stresa tolerances līmeņu atšķirības. Tā kā simulāciju veica februārī, tad sausuma bojājumus novērtēja pavasarī pēc dzinumumu veidošanās. Sausuma izturības līmeni noteica pēc augu morfoloģisko daļu ūdens potenciālu dinamikas un vispārējās paraugu saglabāšanās līmeņa (Anekonda et al., 2002; Blodner et al., 2005).

Egļu sala sausuma stresa eksperimentā abu pēcnācēju pieaugumos ir vērojama ūdens deficīta ietekmēta redukcija, bet vienas parastās egles ģimenes pēcnācēju savstarpējās sausuma un sala tolerances līmeņi tomēr ir dažādi. Atšķiras ne tikai ūdens deficīta apstākļos zaudētā auga ūdens daudzumi (50 % un 30 %), bet arī sausās masas redukcija salīdzinājumā ar kontroli, attiecīgi par 35 % un 18 %. Lielākie sakņu biomasas samazinājumi sasniedz 35 % no kontroles, bet tolerantākajam pēcnācējam sakņu biomasa nereducējās. Stādu pakļaušana $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ līdz $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ stipram sala testam veicināja 30–70 % skuju bojājumus, un sausuma noturīgākie pēcnācēji uzrādīja arī lielāku sala toleranci. Secināts, ka parastās egles augšanu nepietiekams ūdens daudzums ietekmē vairāk nekā zemas temperatūras (Blodner et al., 2005).

Sausuma noturības pētījumi, kuros izmantotais parauga stādmateriāls reprezentē vienas sugas vairākas proveniences vai pat visu izplatības areālu, skaidro sugas adaptācijas spējas. Piemēram, Dānijā veikts parastā dižskābarža pētījums ietver sugas provenienču atšķirības visā dabiskajā izplatības areālā, kur nokrišņu sadalījums ir ļoti atšķirīgs, kas nosaka provenienču atšķirīgos ūdens deficīta adaptācijas līmeņus. Eksperimentā piemērotie irigācijas apjomi ir noteikti kā pievadāmais ūdens daudzums no kopējās augsnes ūdens kapacitātes, attiecīgi 33 % ir zems, 55 % – vidējs un 80 % – pietiekams (Nielsen, Jørgensen, 2003).

Pētījuma rezultāti liecina, ka dižskābarža garumu un sakņu kaklu pieaugumu vērtības iezīmē variāciju starp proveniencēm pēc ziemeļu – dienvidu atrašanās vietas izplatības areālā un novietojumu augstumā virs jūras līmeņa, norādot, ka dienvidaustrumu Eiropas proveniences ir labāk adaptējušās mitriem augsnes apstākļiem. Tā kā dižskābardis ir ļoti jutīgs pret ūdens deficītu, Centrāleiropas stādmateriāls sausajā izmēģinājumā uzrāda labāku stresa toleranci (Madsen, 1994). Ziemeļdānijas paraugiem nepietiekama ūdens daudzuma laistīšanas režīmā augšanas periods samazinās pat par 25 dienām salīdzinājumā ar vidēji pietiekama un pietiekama ūdens daudzuma laistīšanas režīmiem (Nielsen, Jørgensen, 2003).

Vispārēja augu ūdens deficīta adaptācijas stratēģija nosaka, ka sausuma apstākļos noturīgākajiem genotipiem ir novērojama mazāki pieaugumi, sakņu un dzinumu sausās masas attiecība, agrāka pumpuru veidošanās un lielāka aplievas noturība pret kavitāciju (Anekonda et al., 2002; Ferrell, Woodard, 1966). Nebraskas universitātē veiktā parastās priedes (*Pinus sylvestris*) provenienču stādmateriāla sausumizturības pētījuma rezultāti uzrāda identisku sakarību (Cregg, Zhang, 2001).

Izmantojot paraugus no visa parastās priedes izplatības areāla, kontrolētas vides apstākļos transkontinentāla rakstura provenienču sausuma izturības pētījuma rezultāti norāda, ka iekškontinentālo, jo īpaši semiarīdo reģionu paraugi, ūdens deficīta apstākļos proporcionāli lielāko biomasas daļu veido pazemē. To pieaugumi ir mazāki nekā Austrumeiropas proveniencēm. Kopumā okeāniskā tipa provenienču paraugi uzrādīja lielākus pieaugumus un virszemes biomasu, bet sliktāku atjaunošanos pēc sausuma stresa periodiem. Piemērojot dabiskai videi neatbilstošu, pārsātinātu laistīšanas režīmu, kontinentālo apstākļu paraugiem novēroja labāku ūdens izmantošanas efektivitāti, sasniedzot mākslīgi augstas šo rādītāju vērtības (Cregg, Zhang, 2001).

Salīdzinot duglāzijas ASV dienviņu provenienci ar Klusā okeāna piekrastes paraugiem, kontrolētas vides apstākļos vērtēja sugas ziemas sausuma stresa atbildes reakcijas. Atšķirībā no parastās priedes pētījuma, konstatēja būtiskas sēklu avotu atšķirības pēc novietojuma virs jūras līmeņa, piekrastes reģionu augstkalnes stādmateriālam uzrādot tādas pašas sausumizturības īpašības kā kontinentālajam. Hipsometriski zemāko kalnu reģionu Klusā okeāna piekrastes paraugus raksturoja zema sausuma tolerance (Larsen, 1981).

Duglāzijai novēroja arī stādu atjaunošanās spējas nākamajā gadā pēc piedzīvota vidēja līmeņa sausuma stresa. Pēc trešajā eksperimenta sezonā saņemtā kontroles līmenim atbilstošā laistīšanas režīma, agrāk stresam pakļautie stādi uzrādīja tādu pašu vidējo pieaugumu kā kontroles izmēģinājumā. Stipra sausuma apstākļos palielinās aplievas kavitācija un samazinās tās hidrauliskā konduktivitāte. Visizteiktāk tas ir novērojams jaunākajā gadskārtā (Anekonda et al., 2002; Larsen, 1981). Būtiskus rezultātus deva vainaga dzeltēšanas novērtēšana ballēs, kuras vērtības cieši korelēja ar citiem sausuma stresu raksturojošiem parametriem. Mērījumus veica katras veģetācijas sezonas beigās. Stipra sausuma apstākļiem pakļautajiem stādiem novēroja vidēji 33 % vainaga virsmas bojājumu, vidēja un viegla sausuma apstākļos attiecīgi 17 % un 12 % (Anekonda et al., 2002).

Provenienču atšķirīgo ūdens deficīta adaptāciju stratēģiju raksturošanai ir jāpiemin arī pētījums par mikorizas un duglāzijas stādu no atšķirīgām izcelsmes vietām savstarpējo mijiedarbību. Eksperimentā novērtēja atšķirīgu proveniencu dabiski attīstījušos un sterilā vidē kultivēto duglāzijas sējeņu saderību ar mitruma režīma ziņā atšķirīgu reģionu mikorizas sēnēm. Iegūtos rezultātus salīdzināja ar vietējā sēklu materiāla attīstības gaitu (Ferrell, Woodard, 1966).

Tā kā novērojumus veica dabiskās mežaudzēs nekontrolētā vidē, liela daļa stādu aizgāja bojā pirmo sešu nedēļu laikā, kas izrādījās pārāk īss laiks, lai uz to saknēm attīstītos mikorizas tīkls. Sētais un dabiskos apstākļos diedzētais stādmateriāls ar mikorizas sēņu klātbūtni uzrādīja labāku saglabāšanos nekā no stādaudzētavas ņemtais, kurš nebija iekļāvies mikorizas tīklā. Vasaras sausuma periodā arī sētā materiāla mikorizas tīkla priekšrocības samazinājās. Mikorizas tīkla efektivitātei atkarībā no attāluma no pieaugušajiem kokiem nozīme ir sausajos apvidos, bet mitrajos šī saistība nav būtiska (Ferrell, Woodard, 1966).

3.4. Empīriskā pētījuma objektu ierīkošana un rezultāti

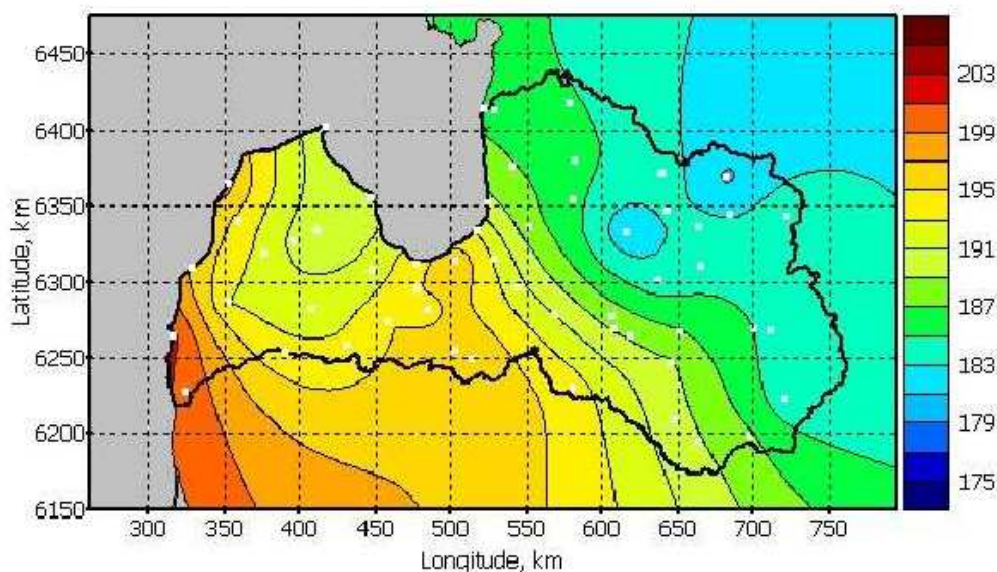
Pētījuma objekti ierīkoti, saglabājot plānoto darba apjomu, bet modificējot sākotnēji plānoto shēmu, kuras realizācija nebija iespējama tehnisku iemeslu dēļ. Rezultātā pavasarī ierīkotas 2 atsevišķas eksperimentu sērijas: a) apšu hibrīdu stādījumi dabiskā vidē; b) parastās priedes konteinersējeņi, parastās egles konteinerstādi un kailsakņu stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu, āra bērza konteinersējeņi un hibrīdās apses konteinerstādi kontrolētā un nemainītā (dabiskā) mitruma režīmā.

Apšu hibrīdu eksperimentālais stādījums, kas paredzēts fenoloģijas novērojumu veikšanai un izmantotā veģetācijas perioda garuma analīzei, izvietots 3 stādījumos (Latvijas rietumu, centrālajā un austrumu daļā), katrā ietverot 19 klonus (1, 4, 5, 15, 19, 22, 23, 24, 25, 28, 47, 86, 90, 97, 105, 16'95, LT8, SE11, SE12), kas pārstāvēti ar 10 rametiem. Stādījumos ir izmantoti gan jaunu un jau pārbaudītu Latvijā iegūtu hibrīdu kloni, gan kloni no citās valstīs veiktiem krustojumiem.

Apšu hibrīdu stādījumu sērijas eksperimenti izvietoti 3 mikroklimatiski atšķirīgos Latvijas reģionos, ņemot vērā pieejamo vēsturisko informāciju par meteoroloģiskajiem apstākļiem. Ilggadējo meteoroloģisko novērojumu vidējās vērtības norāda uz kontinentalitāti un okeanitāti gada un sezonu vidējo gaisa temperatūru sadalījumā. Tā, piemēram, janvāra gaisa vidējā temperatūra samazinās virzienā no rietumiem uz austrumiem no -3°C Piejūras zemienē līdz -8°C Veļikajas sateces baseinā. Jūlija vidējo temperatūru variācijā ir novērojama vērtību samazināšanās virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem un augstieņu apvidos, bet tāpat iezīmējas rietumu un austrumu gradācija. Kontinentalitātes un okeanitātes ietekmē vasaras temperatūru sadalījums iezīmē zemākas vērtības Rietumlatvijā un augstākas Austrumlatvijā, bet atšķirības ir mazāk izteiktas salīdzinājumā ar janvāra rādītājiem. Nokrišņu sadalījumu lielā mērā ietekmē virsmas reljefa hipsometriskās atšķirības – zemienēs ir zemākas summas nekā augstienēs. No fenoloģiskajiem novērojumiem atvasinātās veģetācijas perioda garuma vērtības arī variē starp Latvijas rietumu un austrumu reģioniem. Garākais veģetācijas periods ir Liepājā, bet īsākais – Alūksnes augstienē (3.1. att.), atšķirība sasniedz vairāk kā 2 nedēļas (Jansons et al., 2010).

Stādījuma vietas izvēlētas ar mērķi, savstarpēji salīdzinot, novērtēt meteoroloģisko faktoru atšķirību ietekmi un genotipa-vides mijiedarbību, nodrošinot iespējas izdarīt prognozes par nākotnē sagaidāmo klimatisko apstākļu ietekmi. ņemot vērā, ka meteoroloģiskie dati, kas iegūti pat no relatīvi tuvas (ap 20 km) novērojumu stacijas, nesniedz precīzu informāciju par apstākļiem stādījuma vietā, visi eksperimenti aprīkoti ar meteostacijām. Nākamā gada pavasarī (veģetācijas perioda sākumā) plānots eksperimentos papildus izvietot arī augsnes temperatūras un mitruma sensorus, kā arī veikt citu koku sugu stādīšanu.

Pārskata periodā hibrīdu eksperimentālajiem stādījumiem veikta regulāra kopšana, aizsardzība pret sēņu infekcijas slimībām un iežogošana, nodrošinot 100 % saglabāšanos.



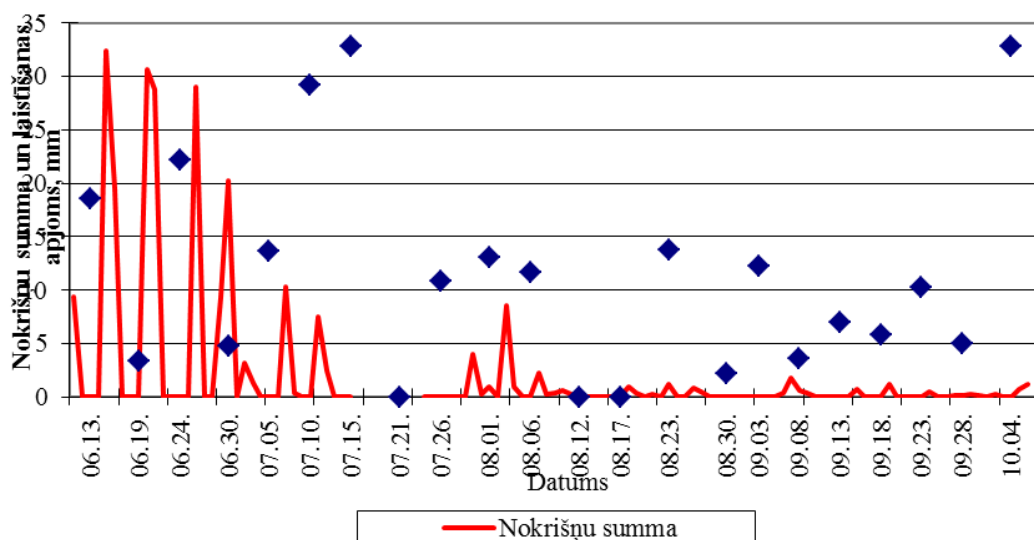
3.1. attēls. Galvenā veģetācijas perioda garums laika posmā no 1961. līdz 1990. gadam
(Jansons et al., 2010)

Parastās priedes, āra bērzam, parastās apses un parastās egles eksperimentālais stādījums ir izvietots kontrolētā un nemainītā mitruma režīmā tādos augsnes apstākļos, kas atbilst damakšņa meža tipam. Stādījums ir sadalīts blokos pa sugām un stādu veidiem (kailsakņu vai ietvarstādi), kas savukārt veido divas bloku rindas. Bloki atrodas 0,5 m attālumā viens no otra, un stādmateriāls tajos ir izvietots rindās ar 30 cm un 25 cm intervāliem attiecīgi pirmajā un otrajā bloku rindā.

Daļēji kontrolētu apstākļu eksperimentā sausuma režīma nodrošināšanai ir uzstādīta 8 mm bieza polikarbonāta seguma nojume ar 81 % gaismas caurlaidību, kas aiztur nokrišņus un nemaina temperatūras apstākļus. Pētījuma vides apstākļu monitoringam izmanto automātisko meteoroloģisko novērojumu staciju Wireless Vantage Pro2 (Davis Instruments). Automātiskiem augsnes mitruma un temperatūras mērījumiem parauglaukumā ir izvietoti tensiometri T4 (UMS GmbH) 40 un 60 cm dziļumā, kuru mērījumu dati uzkrājas reģistratorā DL6 (Delta – T Devices).

Kontrolēta mitruma režīma eksperimenta pirmajā sezonā ir veiktas tikai nokrišņu sadalījuma izmaiņas, nemainot to apjomu. Šāda pieeja izvēlēta, jo klimata izmaiņu prognozes liecina galvenokārt par nokrišņu sadalījuma, nevis apjoma maiņu nākotnē: biežāk iestāsies piecu dienu un garāki bezlietus periodi.

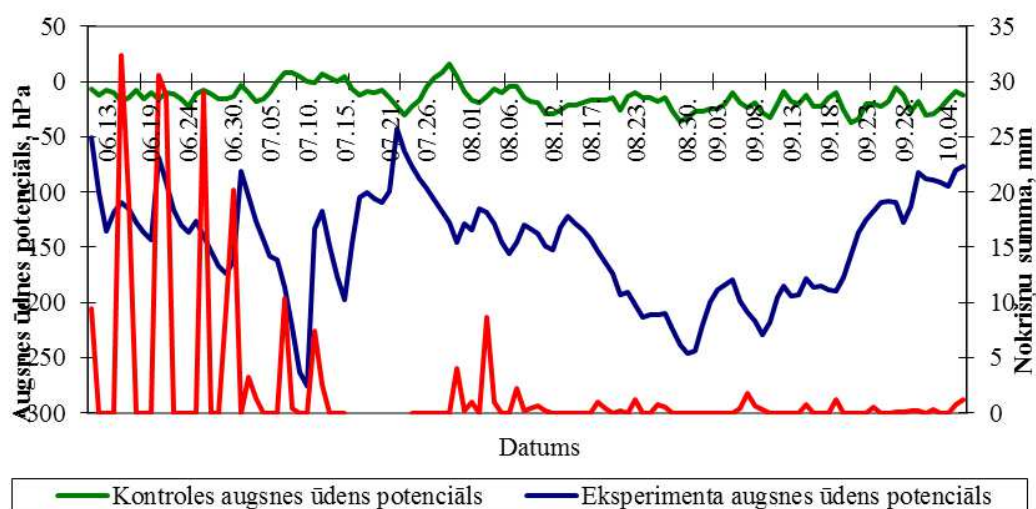
Laistīšana veikta reizi piecās līdz septiņās dienās, pievadītā ūdens apjomu nosakot atbilstoši nokrišņu summai šajā periodā (3.2. att.). Laistīšanu veica vakarā, laika posmā no 18:00 līdz 20:00, lai samazinātu iztvaikošanu no augsnes virskārtas, nodrošinot ūdens maksimālu infiltrāciju.



3.2. attēls. Nokrišņu un laistīšanas apjoma dinamika eksperimentālajā stādījumā

Kontroles un eksperimenta izmēģinājumos izmainīta mitruma režīma raksturošanai ir veikti augsnes ūdens potenciāla mērījumi. Augsnes ūdens potenciāls raksturo spēku, kas augiem jāpieliek augsnes ūdens uzsūkšanai. Negatīvas augsnes ūdens potenciāla vērtības norāda uz sausumu (ūdens uzsūkšanai nepieciešams lielāks spēks), bet pozitīvas liecina par mitruma piesātinājumu. Parametra nulles vērtība atbilst augsnes ūdens apjoma lauka kapacitātei, kuru raksturo augsnes matricas ūdens apjoma saturs pēc brīvā ūdens aizplūšanas. Mitruma režīma pētījumos šis mērījums ir nozīmīgs, jo norāda uz augiem pieejamā augsnes ūdens apjoma izmaiņām. Kontrolēta mitruma režīma eksperimentā ir novērojamas krasas augsnes ūdens potenciāla vērtību svārstības, atspoguļojot laistīšanas un ūdens deficīta periodu mijas (3.3. att.).

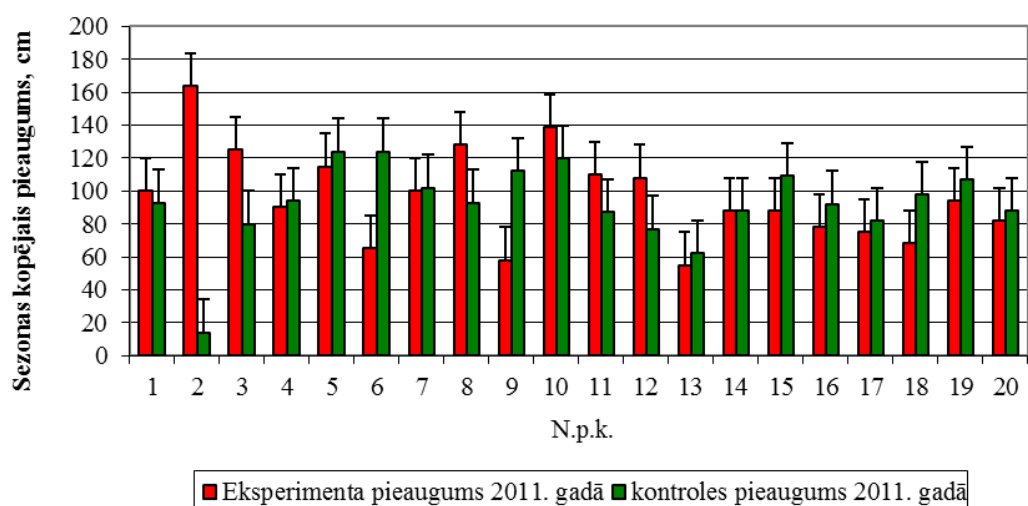
Laistīšanas režīmā ir novērojamas cikliskas, straujas augsnes ūdens potenciāla vērtību izmaiņas (pat 151 hPa diennaktī), kas ir skaidrojams ar pēkšņo ūdens pieplūdumu. Mērenākie vērtību kritumi norāda uz augsnes mitruma apjoma samazināšanos, augiem to izmantojot, kā arī tam iesūcoties dziļākos slāņos, iztvaikojot no augsnes periodā starp laistīšanas reizēm. Tā kā sausuma periods bija limitēts, tad nav iespējams novērtēt absolūtā ūdens potenciāla minimuma sasniegšanu.



3.3. attēls. Eksperimenta un kontroles augsnes ūdens potenciālu atšķirības

Ar nedēļas nokrišņu summas apjoma ieturēšanu plānotā regulāru sausuma periodu simulācija neizraisīja paredzēto augu ūdens deficītu, jo bija novērojama potenciālā sausuma stresa izmēģinājuma koku augšanas gaitas (visu uzmērīto un vērtēto dehromācijas un defoliācijas parametru, kā arī augstuma pieauguma veidošanās) atbilstība kontrolei (3.4. att.).

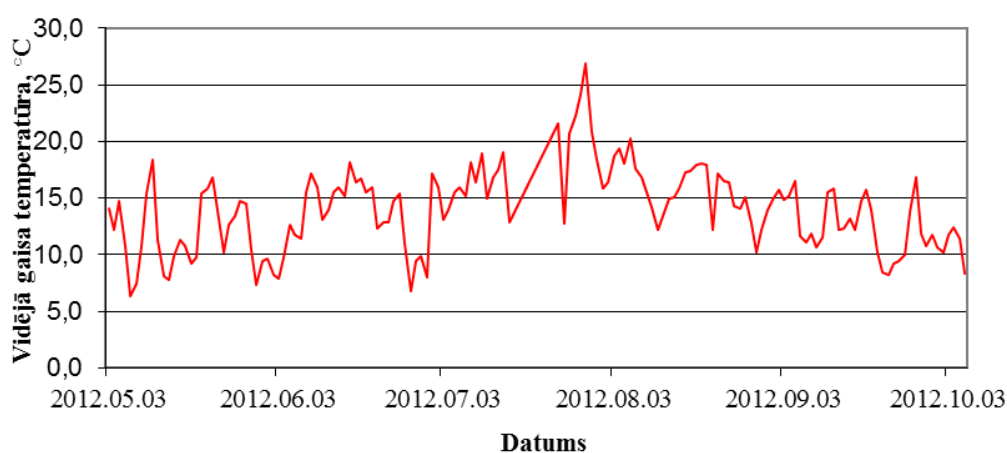
Piemēram, pirmo divu nedēļu garuma pieaugums divgadīgiem egļu kailsakņu stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu un viena gada veciem priežu un egļu ietvarstādiem kontrolētos mitruma apstākļos bija garāks nekā kontroles stādījumā, bet novērojumu sezonas beigās nevienam stādmateriāla veidam vai sugai netika konstatētas statistiski būtiskas augstuma pieauguma garuma atšķirības starp mainīga mitruma režīma un kontroles stādījumiem.



3.4. attēls. Egļu stādu sezonas kopējo garumu pieaugumi vērtības eksperimenta un kontroles izmēģinājumos

Iespējamais konstatēto atšķirību (precīzāk – atšķirību trūkuma) cēlonis varētu būt novērojumu sezonas relatīvi augstais (salīdzinot ar ilggadējiem vidējiem rādītājiem) nokrišņu apjoms un zemāka temperatūra, piemēram, jūlija vidējā gaisa temperatūra nepārsniedza 17,7 °C (3.5. att.). Šādos apstākļos nokrišņu sadalījuma izmaiņām nebija izteiktas ietekmes – augsne saglabājās pietiekami mitra, transpirācija nebija intensīva. Tātad apstākļi bija labvēlīgāki salīdzinājumā ar nākotnē vidēji prognozētajiem, un iegūtos rezultātus nav iespējams ekstrapolēt.

Izmēģinājuma vietā nav izveidota augsnes profila hidroizolācija, tādēļ nav iespējams objektīvi vērtēt gruntsūdens kapilārās pacelšanās līdz augiem pieejamam dziļumam apjomu vai horizontālo ūdens plūsmu, taču iespējams novērtēt noteikto augsnes ūdens potenciāla ietekmi. Datus kopā ar nākamā gada rezultātiem būs iespējams interpretēt no pieejamajām meteoroloģiskajām prognozēm un empīriskās informācijas, iegūstot ūdens potenciāla prognozes.



3.5. attēls. Veģetācijas sezonas vidējā gaisa temperatūra eksperimenta vietā

3.5. Nākamās sezonas eksperimentu ierīkošana

Mitruma režīma ietekmes uz stādu un sējeņu saglabāšanos un augšanu pētījuma pirmajā (2012.) gadā ir izstrādāts eksperimenta telpiskais risinājums, kur stādījums ir sadalīts izmēģinājuma blokos ar atšķirīgiem augsnes apstākļiem. Stādvieta ir ierīkota, lai simulētu trīs pēc augsnes auglības atšķirīgus meža tipus, izmantojot divus mitruma režīmus – kontrole jeb dabiskais nokrišņu daudzums un sadalījums un izmainītais mitruma režīms. Tādējādi visā eksperimentā kopā būs 6 izmēģinājumu veidi: damaksnis/kontrole (DmK), damaksnis/izmainīts (DmI), mētrājs/kontrole (MrK), mētrājs/izmainīts (MrI), kūdrenis/kontrole (KsK) un kūdrenis/izmainīts (KsI).

Katrs izmēģinājums ir ierīkots 10 m² platībā, izrokot 0,5 m dziļu bedri, kuru vēlāk aizpildīja ar no dabiskajiem meža augšanas apstākļiem pārvestu augsnes substrāta cilmiezi. Tā augšdaļā izvietoja 20 cm biezu, nesajauktu, tās pašas vietas attiecīgā augsnes tipa virskārtu, kuru ieguva no augsnes profila. Augsnes izmēģinājumi ir izvietoti blokos viens aiz otra, un, lai novērstu ūdens

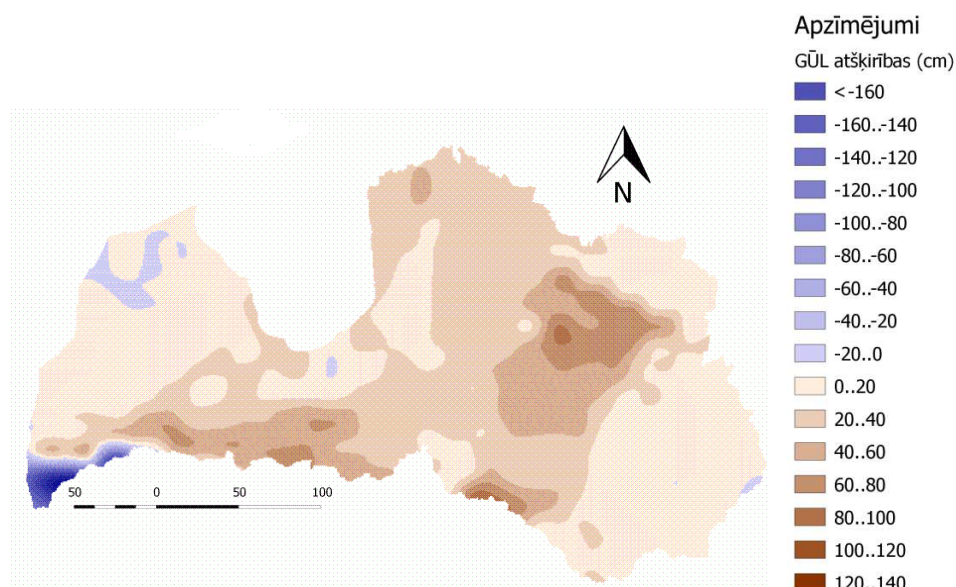
horizontālo pārvietošanos starp mitruma režīma izmēģinājumiem, uz augšņu bedru sienām ir ierīkota hidroizolācija (3.6.att.).



3.6. attēls. Izmēģinājuma stādvieta ierīkošana

Augsnes profila pamatnes hidroizolācija, lai novērstu gruntsūdens ietekmi, nav veikta, jo eksperimentā ir jānodrošina izmēģinājumu drenāža. Tālākas ūdens infiltrācijas ierobežošana pie augšņu apakšējās robežas veidotu pārmitrus apstākļus, būtiski ietekmējot eksperimenta rezultātus. Augšņu profila pamatnes hidroizolācija izveidotu daudz nelabvēlīgāku situāciju nekā gruntsūdeņu līmeņa paaugstināšanās, veicinot pārsātinājuma apstākļu attīstību.

Eksperimentālajos stādījumos nav iespējams simulēt nākotnē prognozētās gruntsūdeņu līmeņu izmaiņas. Modelētās nākotnes potenciālo gruntsūdens līmeņu izmaiņas veģetācijas sezonas siltākajā mēnesī (jūlijā) attiecībā pret ilggadējajiem novērojumiem ietvertas 3.7. attēlā: izmaiņu pozitīvās vērtības norāda uz gruntsūdens līmeni tālāk no zemes virsmas, negatīvās – tuvāk zemes virsmai. Viduslatvijai ir paredzēta gruntsūdens līmeņa pazemināšanās vidēji pat par 0,5 m.



3.7. attēls. Gruntsūdeņu līmeņa (GŪL) atšķirības jūlijā starp nākotnes (2071.-2100.) un atskaites (1961.-1991.) periodiem (Lauva et al., 2012)

Eksperimentā gruntsūdeņu ietekmes rezultātā var izmainīties augsnes ūdens potenciāla mērījumi, kas tālāk noteiktu nekorektus kontroles un laistīšanas režīma savstarpējos ūdens attiecību mērījumus. Šāda procesa, kura gaitā palielinās augsnes mitrums un tādējādi arī augiem pieejamais ūdens, nenovērtēšana var būtiski ietekmēt eksperimenta rezultātus, izraisot nekorektu to interpretāciju. Gruntsūdens kapilārās pacelšanās ietekmes pilnīgai novērtēšanai ir jāveic izmēģinājuma vietas gruntsūdens līmeņa monitorings un augsnes cilmiežu un uz tiem izvietoto substrātu granulometriskā analīze. Gruntsūdens līmeņa svārstību novērošanai ierīkos līdz 5 m dziļu urbumu, kurā ievietos plastikāta cauruli ar filtra daļu tās sienā. Tādējādi būs nodrošināta brīva gruntsūdens horizontālā plūsma, atspoguļojot gruntsūdens līmeņa svārstības attiecībā pret augsnes virskārtu.

Plānotos atšķirīgos mitruma režīmu izmēģinājumus nodrošinās, piemērojot nokrišņu deficītu, kura apjomu noteiks pēc nākotnes klimatisko apstākļu izmaiņu scenārijos paredzētajām nokrišņu summu un sezonālo sadalījumu vērtībām. Tādējādi simulēs sausuma periodu garumu izmaiņu ietekmi uz stādu un sējeņu augšanu un saglabāšanās spējām iespējamo izmaiņu gadījumā dabiskā temperatūras režīmā. Eksperimenta laistīšanas nokrišņu summas nodrošināšanai nākamajā novērojumu sezonā veiks ar konsekventu dienu un stundu ciklu, kas dos kvalitatīvus tensiometru mērījumu datus. Tā rezultātā būs iespējams noteikt, cik ilgā laikā ūdens infiltrejas līdz mērījumu izdarīšanas dziļumam, tādējādi iegūstot precīzu augsnes ūdens potenciāla pieauguma sākumu attiecībā pret laistīšanas laiku. Būs iespējams novērtēt augsnes ūdens potenciāla pieaugumam nepieciešamo laika periodu konkrētajā mērījumu izdarīšanas dziļumā.

Stādmateriālu, kas atbilst mežu atjaunošanā izmantotajam, iegūs no vairākām kokaudzētavām, un to pēc nejaušības principa sadalīs skaitliski vienādās grupās pa izmēģinājumu veidiem. Eksperimenta otrajā sezonā (2013. gadā) novēros stādmateriāla saglabāšanos un garuma

pieauguma un biomasas sadalījuma izmaiņu dinamiku nākotnes nokrišņu summu un sadalījumu izmaiņu simulācijā, kā arī noteiks defoliācijas un dehromācijas rādītājus. Eksperimenta beigās (2014. gada rudenī) augus novāks, tiem atdalīs saknes, stumbrus, zarus un lapas vai skujas. Morfoloģiskajiem elementiem noteiks biomasu un sausnes svaru pēc žāvēšanas, tādējādi iegūstot to mitruma saturu. Auga biomasas sadalījuma atšķirības raksturo tā sausuma stresa adaptācijas stratēģijas. Tā kā pētījuma pirmajā fāzē ir paredzēts veikt tikai saglabāšanās un pieauguma gaitas dinamikas novērtējumus iespējamo klimatisko izmaiņu ietekmē, nav nepieciešamības izdarīt tādas auga fizioloģisko procesu mērījumus kā, piemēram, oglekļa piesaistes vai fotosintēzes gāzu apmaiņas līmeni. Izvietojot stādmateriālu siltumnīcā, 2014. gada veģetācijas sezonā, mērot transpirācijas apjomu, būs iespējams novērtēt paaugstinātas gaisa temperatūras un nepietiekama mitruma apjoma ietekmi uz stādu un sējeņu saglabāšanos un augšanas gaitu.

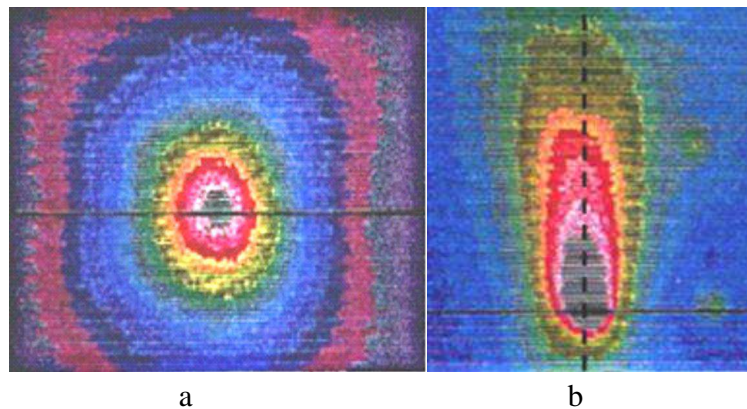
Kopumā var secināt, ka pārskata periodā simulētajām mitruma režīma izmaiņām nebija ietekmes uz jauno koku augšanu, tādēļ nākamajā pārskata periodā paredzēts eskperimentus paplašināt un tam sagatavota atbilstoša pētījumu bāze.

4. Meteoroloģisko rādītāju izmaiņu ietekmes analīzes iespējas

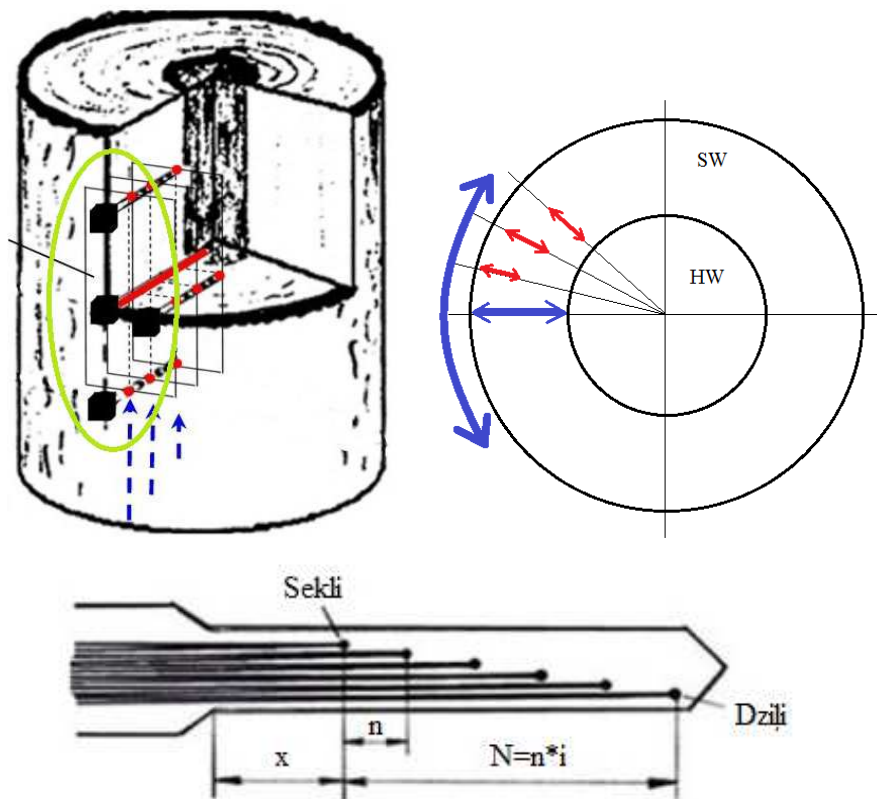
Veikta projektā plānoto sešu parauglaukumu ierīkošana (priedes, egles, kārpainā bērza, melnalkšņa, apses audzēs un apšu hibrīdu stādījumā, kur līdzīgas koku dimensijas un augsne) un aprīkošana ar augsnes ūdens potenciālu un temperatūru raksturojošām mērierīcēm (tensiometriem), kā arī gaisa temperatūras un mitruma sensoriem. Tāpat veikta projektā plānoto meteoroloģisko datu ievākšana ar paredzēto intensitāti. Izvēlētas un uzstādītas mērierīces koku atbildes reakcijas vērtēšanai – ūdens plūsmas un radiālā pieauguma dinamikas analīzei. Taču pirmos datus no šīm mērierīcēm izdevies iegūt tikai veģetācijas perioda beigās, un tie nav izmantojami koku atbildes reakciju vērtēšanai vai prognozēšanai, jo mērinstrumentu uzstādīšanas procesā atklājušās nozīmīgas problēmas ar to kalibrāciju, sākotnēji nebija pieejamas visas mērinstrumentu komponentes; tāpat sākotnēji piegādātie un arī nomainītie enerģijas avoti nespēja nodrošināt mērinstrumentu funkcionēšanu vēlamajā režīmā un sezonas beigās vienīgais atrastais risinājums bija pāreja uz stacionāru strāvas pieslēgumu un parauglaukumu vietu maiņa. Tādēļ izveidojusies situācija, kad darba uzdevuma izpildē ieguldītais laiks un darbs nav nodrošinājuši kvalitatīvu rezultātu ieguvu. Iegūtā meteoroloģisko rādītāju informācija tiks izmantota starpgadu mainības vērtēšanai nākamajā sezonā; šajā sezonā, lai nodrošinātu kopējā darba apjoma saglabāšanos, veikts papildus darbs aplievas apjoma noteikšanai, kas ir būtisks rādītājs, interpretējot iegūtos rezultātus; tāpat veikts ievērojams papildus darba apjoms augsta dzinumu novērtēšanai paredzēto parauglaukumu izveidē un uzmērīšanā (2. nodaļa).

Koku atbildes reakcijas uz mitruma daudzuma izmaiņām un temperatūru vērtēšanai tiks izmantoti ūdens plūsmas mērītāji, kuru darbības pamatā ir konstants siltuma avots. Ar to palīdzību iespējams noteikt augšup un lejup ejošu ūdens plūsmu, kā arī nulles plūsmu aplievā dažāda diametra (> 10 mm) koku stumbros, kā arī saknēs. Konstanta siltuma avota plūsmas instrumentiem ir kompakts izpildījums, augsta jutība. Tie spēj uzkrāt lielu daudzumu datu vai vajadzības gadījumā, izmantojot bezvadu tīklu (250 m rādiusā), nosūtīt datus uz serveri. Mērījumi balstīti uz termodinamikas likumiem: mēra aplievas iekšējās temperatūru atšķirības (dT) gan simetriski (uz vertikālas ass), gan asimetriski (tangenciālā virzienā) ap siltuma avota adatu. Siltuma avots ir konstanti uzsildīts līdz aptuveni 50 mA, kas nodrošina eliptisku siltuma lauku nulles plūsmas apstākļos. Stumbra ūdens plūsma uzskatāmi būtiski izmaina siltuma lauku, eliptiski to pagarinot (4.1. att).

Simetriskās temperatūru atšķirības (dT_{sym}) nodrošina divvirzienu un ļoti lēnas plūsmas mērījumu iespējas, asimetriskās temperatūru atšķirības (dT_{as}) primāri ietekmē vidēji un augsti plūsmas ātrumi. Ūdens plūsmas mērījumu veic, koksnes stumbrā ievadot trīs metāla zondes (adatas), kas izvietotas vertikāli vienādā attālumā viena virs otras (4.2.att.).



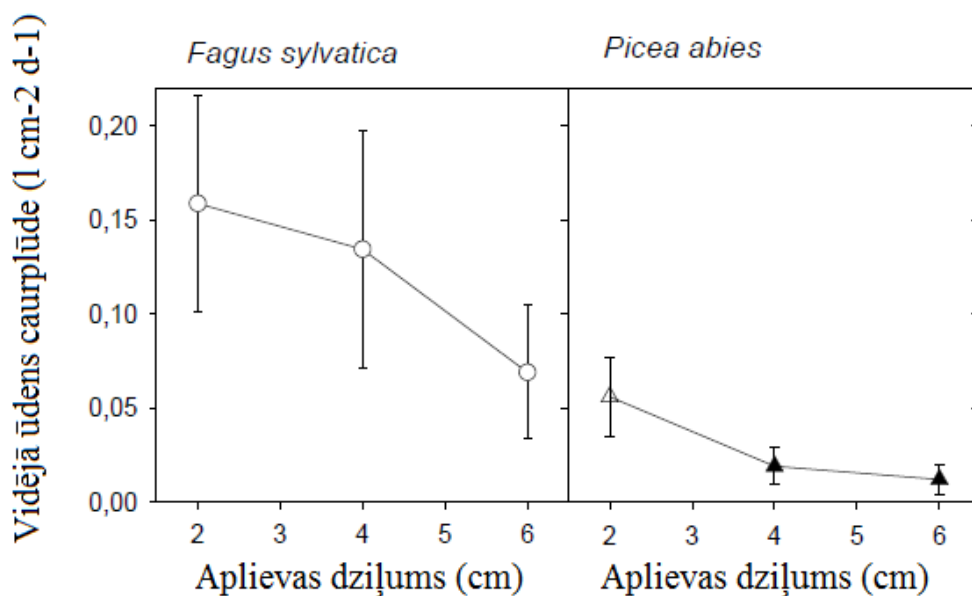
4.1. attēls. Siltuma lauks nulles plūsmas (a) un aktīvas augšupejošas ūdens plūsmas apstākļos (b)



4.2. attēls. Ūdens plūsmas mērīšana dažādos aplievas dziļumos: sensoru izvietojums adatā un adatu izvietojums kokā

Nepieciešamais adatu garums atkarīgs no aplievas biezuma; tāpat no aplievas biezuma atkarīga rezultātu interpretācija: ūdens plūsmas ātrums visā aplievas šķērsgriezumā nav vienmērīgs, tas samazinās virzienā uz serdi (4.3. att.). Zinot aplievas biezumu un adatas garumu, kā arī iegūstamo plūsmas ātruma izmaiņu funkciju atkarībā no dziļuma kokā, atlikušo plūsmas

apjomu (kur tiešie mērījumi nesniedzas) iespējams samērā precīzi aprēķināt. Tādēļ pārskata periodā veikta priedes un egles paraugu ievākšana aplievas apjoma noteikšanas vienādojuma izstrādei (4.4. att.). Šāda vienādojuma izmantošana atvieglo eksperimenta dizaina izstrādi, tomēr neizslēdz nepieciešamību veikt urbumus un noteikt faktisko aplievas apjomu eksperimenta kokam pirms vai pēc mērījumiem. Jāņem vērā, ka aplievas sadalījums var būt nevienmērīgs dažādās stumbra pusēs. Tā rezultātā vienā stumbra pusē sensora adata var iesniegties kodolkoksnē, bet diametrāli pretējā pusē, aplievai esot vairākkārt biezākai, sensora adata var nerasniet kodolkoksni.



4.3.attēls. Ūdens plūsmas radiālais profils Eiropas dižskābarža (*Fagus sylvatica*) un parastās egles (*Picea abies*) (Gessler et al., 2005)



4.4. attēls. Priedes (augšējais attēls) un egles paraugu iekrāsošanas aplievas satura noteikšanai.

Adatu ievadīšana stumbrā rada mehāniskus bojājumus, tādēļ:

- a) tās jāievada speciālās čaulās, lai nodrošinātu, ka sensorus būs iespējams izņemt no koka nebojātus (īpaši skuju kokiem);
- b) lai sasniegtu precīzus rezultātus, aprēķinos jāizmanto brūču korekcijas koeficientus, kas atkarīgi no koku sugas un mērījumu laika.

Stumbrā vai saknē ievadītā vidējā adata tiek sildīta, bet augšējā un apakšējā darbojas kā temperatūras sensors, kas uztver temperatūras izkliedi no vidējās adatas. Ūdens plūsmas ātrumu nosaka, izmantojot logaritmisku attiecību starp temperatūras izkliedi augšup un lejup ejošā virzienā (Bleby et al 2004):

$$P = (k/B) \times \ln(T_1/T_2) \times 3600 \text{ cm h}^{-1}, \quad (1)$$

kur

P – plūsmas ātrums;

k – siltuma izkliede svaigā koksne;

B – distance (cm) starp vidējo un abām temperatūras zondēm;

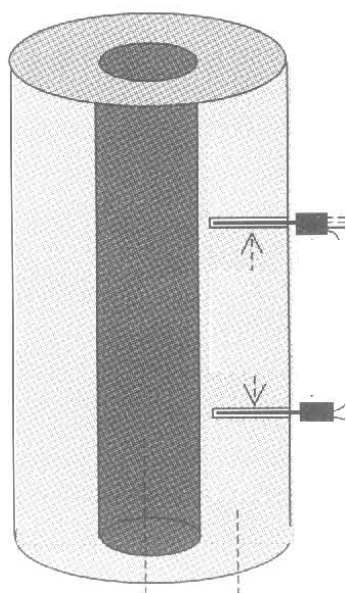
T₁ – temperatūra augšējā zondē;

T₂ – temperatūra apakšējā zondē.

Siltuma izkliede ir nominālvērtība, kuru iegūst pēc empīriskiem mērījumiem, iepriekš nosakot konkrētā koka siltuma vadītspēju, blīvumu un svaigās koksnes siltumietilpību.

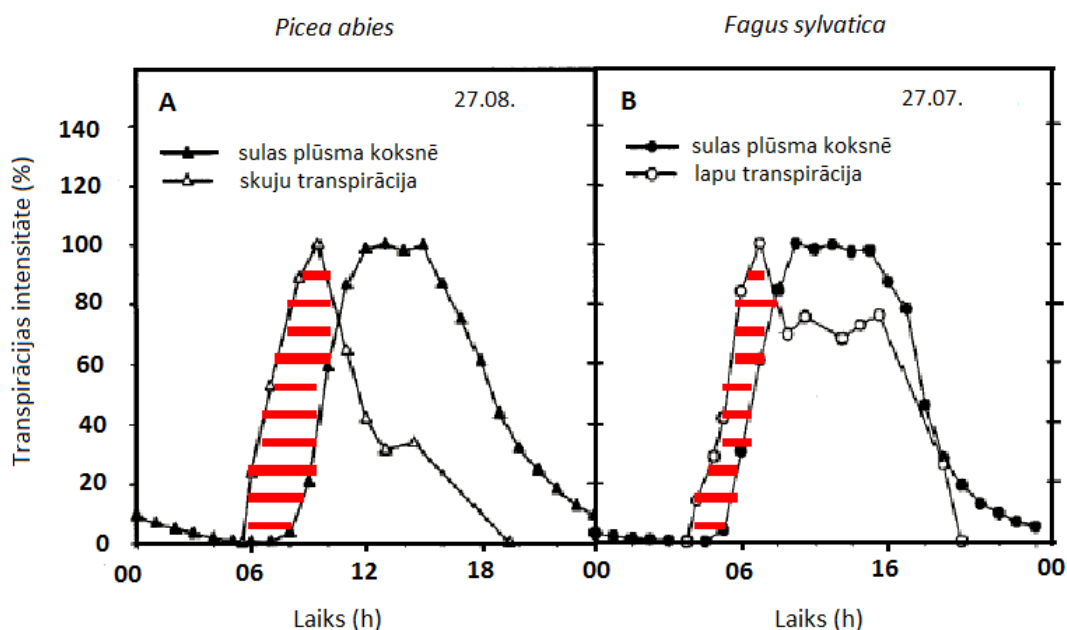
Koksnes ūdens plūsmas ātruma radiālo gradientu izsaka kā plūsmas ātrumu centimetros vienas stundas laikā, un, kā jau minēts, tā vērtība strauji pieaug virzienā no mizas uz stumbra centru. Pirmajos 10 mm (distances atkarīgas no koku sugas) plūsmas ātrums palielinās līdz pat 35 cm stundā, sasniedzot savu maksimumu, bet nākamajos 5 mm ātruma līkne strauji samazinās līdz 30 cm stundā. Vērtību līknes sadalījumā atspoguļojas koksnes radiālā šķērsriezuma anatomija, norādot uz koku stumbra komponentu ūdens vadītspēju un atšķirīgos augšup un lejup ejošo plūsmu raksturus – lūksnes (floēmas) un aplievas (ksilēmas) kapacitāšu atšķirības.

Alternatīva metode ūdens plūsmas mērīšanai ir termiskā izkliede (TDP – thermal dissipation probe), kurā izmanto tikai divas adatas – siltuma avotu un uztvērēju (4.4.att.), mērīšanas amplitūda ir mazāka (4 līdz 40 cm h⁻¹), ar to var mērīt tikai augšupejošo ūdens plūsmu. Sensors adatā ir viens, tāpēc nav iespējams izdarīt secinājumus par plūsmas ātruma izmaiņām atkarībā no dziļuma stumbrā: mērījumi iespējami tikai 20 mm biezā aplievas ārējā slānī. Priekšrocība ir tā, ka mērīšana procesa rezultātā kokiem rodas minimālas brūces, un to dzīšanas procesi praktiski neiespaido mērījuma rezultātu.



4.4. attēls. Sensoru izvietojums kokā, mērījumus veicot ar termiskās izkliedes metodi

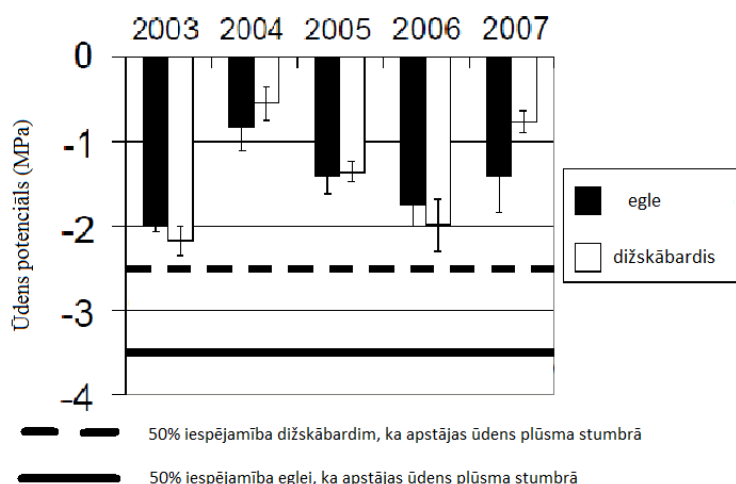
Viens no aspektiem, ko paredzēts analizēt arī projekta ietveros, ir ūdens plūsmas un transpirācijas attiecība. Salīdzinot ūdens plūsmu aplievā ar transpirāciju no lapām un skužām dažādās diennakts stundās parastajai eglei un Eiropas dižskābardim (4.5. att.), konstatēts, ka abām sugām agrās rīta stundās transpirācija (no koka aizplūstošais ūdens) ir intensīvāka nekā ūdens plūsma aplievā (attēlā – iekrāsotā daļa). Būtiski izprast, kā uzkrājuma apjoms mainās un cik lielā mērā koks spēj pielāgoties, ja transpirācija kļūst intensīvāka (pieaug temperatūra), veģetācijas periods kļūst garāks un nokrišņi retāki.



4.5. attēls. Ūdens pieplūde un aizplūde no koka virszemes daļas (Gessler et al., 2005)

Analizējot *Qercus* sugas Vidusjūras reģionā, konstatēts, ka pēc vienas ekstrēmi sausas vasaras nav vērojama koku bojāeja, bet, ja viena otrai seko divas ļoti sausas vasaras, koki sāk nokalst trešajā gadā, pat ja tas ir ar normālu mitruma režīmu. Šī sakarība tiek saistīta ar mitruma rezervju koka virszemes daļā pilnīgu izsīkumu.

Veicot mērījumus pieaugušu egļu un dižskābaržu audzēs Vācijā no 2003. līdz 2007. gadam, konstatēts: 50 % iespējamība, ka apstāsies ūdens plūsma stumbrā, dižskābardim iestājas pie lielāka ūdens potenciālā nodrošinājuma nekā eglei (4.6. att.).



4.6. attēls. Ūdens potenciāla dienas minimums (Czajkowski et al, 2009)

Vācijā iegūtie rezultāti ilustrē iespēju, kompleksi analizējot augu ūdens plūsmas un vides datus, kā tas paredzēts arī projekta ietvaros, novērtēt jutības pret mitruma rādītāju izmaiņām atšķirības starp sugām un proveniencēm sugas ietvaros.

Ūdens plūsmu iespējams saistīt ar organiskās vielas (koksnes) ražošanas apjomu. Piemēram, analizējot ūdens plūsmu pēc kopšanas egļu audzē, kur nekopšanas audzes daļā šķērslaukums ir 42,7 m², audzes daļā ar zemu kopšanas intensitāti – 28,5 m², ar augstu – 13,6 m², konstatēts, ka kopšanas gadā abās izkoptajās audzes daļās ūdens patēriņš uz aplievas vienību ir nedaudz (statistiski nebūtiski) zemāks nekā nekoptajā audzes daļā. Savukārt nākamajā gadā abās koptajās audzes daļās ir būtiski lielāks ūdens patēriņš nekā nekoptajā, pie tam audzē ar augstāku kopšanas intensitāti, kur ir lielākais papildus pieaugums, tas ir lielāks nekā audzē ar zemu kopšanas intensitāti.

Novērtējot koksnes pieauguma apjomu kontekstā ar ūdens plūsmas datiem, iespējams noteikt atšķirības ūdens patēriņa efektivitātē starp koku sugām un genotipiem sugu ietvaros.

Projekta ietveros vērtētas iespējas tiešai koku atbildes reakcijas uz sausuma stresu ģenētiskā līmenī noteikšanai un dažādu genotipu adaptācijas potenciāla salīdzinājumam, izmantojot citu pētījumu ietveros izstrādātu protokolu.

Koku rezistence pret noteiktiem stresa faktoriem atšķiras gan indivīdu, gan populāciju līmenī. Paaugstināta stresa apstākļos vērojama lielāks mutāciju biežums genomā. Ir pierādīta

apkārtējās vides saistība ar genoma izmaiņām kontrolētos apstākļos vairākām augu sugām, kā arī dažādiem stresa faktoriem. Auga ģenētiski determinētie molekulārie mehānismi un strukturālās īpašības, kā arī stresa pakāpe kompleksā ar pārējiem vides apstākļiem, nosaka, kā augs spēj adaptēties, izdzīvot vai atjaunoties pēc bojājumiem. Šūnas atbilde uz stresa apstākļiem ir sarežģīts, bet evolucionāri konservatīvs process. Tās molekulārie un fizioloģiskie mehānismi tiek plaši pētīti. Pašlaik ir atklāta virkne gēnu, kuru transkripcija minās dažādu stresa apstākļu ietekmē, un to proteīnu funkcijas un struktūra tiek aktīvi pētītas. Tomēr vairums līdz šim sakrāto zināšanu ir saistītas ar zināmu gēnu ekspresijas izmaiņām. Pēdējā laikā tiek apjausts, ka nekodējošām genoma sekvencēm, kas lielā mērā veido hromosomu struktūras, ir tikpat liela nozīme atbildes veidošanā uz stresa apstākļiem, jo tie nodrošina genoma struktūras stabilitātes uzturēšanu un/vai arī pārkārtojumu iniciēšanu genomā, tādejādi nodrošinot ģenētisko mainību un pielāgošanos (Madlung, Comai, 2004).

Lielāko genoma daļu augiem veido atkārtojumi un to sastāvā esošie retrotranspozoni. Ir zināms, ka genoma kodējošā daļa ir relatīvi nemainīga dažādiem organismiem, bet retrotranspozonu sekvences variē un var sastādīt no 15 % (*Arabidopsis thaliana*) līdz pat 90 % (*Liliaceae*) no visa genoma lieluma (Sabot, Schulman, 2006). Izplatītākās retrotranspozonu klases pārstāvju kopiju daudzums pozitīvi korelē ar genoma lielumu, (Vincient et al., 1999). Priežu dzimtas pārstāvjiem pārsvarā ir liels (ap 50 pg), stabili diploīds genoms ($2n = 24$), bet 70–75 % no tā sastāda atkārtojumu sekvences (Kole, 2007).

Pierādīts, ka retrotranspozoni saistīti ar atbildes reakciju (adaptācijas spējām) stresa apstākļiem. Piemēram, konstatēta *BARE-1* aktīva retrotranspozona atšķirības savvaļas miežiem atkarībā no to augšanas vietas mitruma pakāpes (Kalendar et al., 2000). Lielākās daļas mobilo ģenētisko elementu izplatīšanās mehānismi, iemesli un mērs pilnīgi nav noskaidroti, tomēr vairāki pētījumi rāda, ka transpozoni tiek aktivizēti stresa apstākļos (Hirochika, 1993; Kumar, Bennetzen, 2000; Madlung, Comai, 2004; McClintock, 1984; Murray, 2005). Retrotranspozonu transpozīcija var radīt jaunas funkcionālas mutācijas un līdz ar to radīt jaunus pielāgojumus stresa apstākļu pārvarēšanai (Madlung, Comai, 2004). Retrotranspozonu pētījumiem organismiem, kuru genoms vēl nav sekvenēts, piemēram, priedei parasti izmanto uz polimerāzes ķēdes reakciju balstītas metodes ar marķieriem, kas komplementāri noteiktām retrotranspozonu klases reversās transkriptāzes gēna sekvencēm.

Izmantojot izstrādāto protokolu, sākotnēji tikai izveidoti marķieri retrotranspozonu identificēšanai. Kā materiāls šai pētījuma daļai izmantoti priedes kloni, kurus ietekmējis priežu hermess. Atbildes reakcijas uz biotisko stresu izpētei stadiem tika izdalīta RNS. Tika veikta RNS attīrīšana un koncentrācijas noteikšana, reversā transkripcija, PĶR ar kontroles gēniem un produktu vizualizēšana. Tika izdalīti un attīrīti 72 ar retrotranspozonu PBS praimeriem amplificētie fragmenti no inficēto stādu transkriptomiksa. 30 fragmenti tika klonēti plazmīdā pTZ57R/T, ieklonēto fragmentu pārbaudei veica PĶR ar M13 praimeriem. Izdalītās plazmīdas tika sekvenētas ar M13 tiešo un reverso praimeru, izmantojot BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing kit. Tika iegūtas 500–600 bp labas kvalitātes sekvences. Katrai iegūtai sekvencei tika atrastas PBS praimeru sekvences, un atlikušās plazmīdas sekvence tika dzēsta. Viena fragmenta sekvences, kas tika iegūtas reakcijā ar tiešo un reverso M13 praimeru, tika salīdzinātas savā starpā lai identificētu pārklājuma vietas un iegūtu pilna izmēra fragmentu. Sekvences formatētas FASTA

formātā ar internetā brīvi pieejamo programmu READSEQ v. 2.1.22. Sekvences tika salīdzinātas ar daudzpakāpju sekvenču salīdzināšanas programmu CLUSTAL W v. 1.83. Ja tika identificētas atšķirīgas sekvences, tās tika pārbaudītas, vai atšķirības pamatā nav klonēšanas orientācijas izmaiņas ar FastPCR programmu v. 6.1. No viena specifiska fragmenta, kas tika izolēts, izgriežot no 1,7 % LM Agarozes gēla, ieguva vairākus fragmentus, kas pēc sekvenču garuma svārstījās gēla sadalīšanās ierobežojumu rāmjos (ap 30 bp).

Izmantojot izveidotos retrotranspozonu marķierus, tika veikta atšķirīgam sausuma stresam pakļautu – trīs topogrāfiski atšķirīgās vietās ar smilts augsnēm un ātru nokrišņu infiltrāciju augošu – priežu audžu genotipēšana. Izveidoto marķieru amplifikācija tika pārbaudīta uz priežu DNS paraugiem, tika atlasīti deviņi marķieri ar augstāko polimorfu lokusu skaitu un labāko amplifikācijas kvalitāti. Deviņu retrotranspozonu marķieru fragmentu amplifikācija tika vizuāli salīdzināta starp 150 indivīdiem (kokiem), novērtējot to sadalījumu pēc elektroforēzes agarozes gēla ar garuma marķiera sadalījumu. Pieci no izmantojamiem praimeriem tika iegūti no temperatūras stresa pētījumiem un četri no biotiskā stresa pētījumiem. Rezultātā analizēja 184 lokusus, amplificētus ar retrotranspozonu marķieriem, un 33 SSR marķieru lokusus.

Salīdzinot ģenētiskā daudzveidības līmeņa novērtējumu ar retrotranspozonu marķieriem un mikrosatelītu (SSR) marķieriem, netika konstatētas būtiskas atšķirības starp koku grupām ar atšķirīgu sausuma stresa līmeni: lielākā daudzveidības daļa konstatēta grupas ietvaros, tikai vidēji 3,5 % starp grupām.

Saskaņā ar pētījuma hipotēzi, stresa rezultātā notiek retrotranspozonu ekspansija. Izveidojot specifiskus marķierus, tika sagaidīts, ka amplifikācijas fragmentu skaits pieaugs indivīdiem augošiem atšķirīgos apstākļos. Taču tieši nav zināms, kādi apstākļi ilgtermiņā ietekmē retrotranspozonu aktivēšanos un ekspansiju. Neskatoties uz augsto variāciju grupu ietvaros, tika konstatēts, ka amplificēto lokusu vidējais aritmētiskais skaits ir augstāks vairāk sausuma stresam pakļautajā grupā. Aprēķinot grupu vidējo vērtību starpības, to vidējo kļūdu un normēto novirzi, konstatēts, ka starpība starp grupām ir statistiski būtiska.

Izmantojot jaunizveidotos, parastajai priedei specifiskos retrotranspozonu marķierus un novērtējot fragmentu izplatības atšķirību atkarībā no augšanas apstākļiem, tika konstatēts būtisks fragmentu pieaugums augstākam sausuma stresam pakļautajā koku grupā, kas galvenokārt noteikts ar vienu no marķieriem (L7h). Novērtējot visu datu kopu, tika konstatēta statistiski ticama atšķirība (palielinājums) retroelementu izplatībā augstākam sausuma stresam pakļauto koku grupā.

Kopumā var secināt, ka pētījumu metodika pagaidām vēl nav piemērota plašai praktiskai izmantošanai genotipu ar augstāku adaptācijas potenciālu, noturību pret dažādiem stresa faktoriem identifikācijai, ņemot vērā ierobežoto marķieru skaitu un to informativitāti, kā arī darbietilpību un izmaksas.

5. Vēsturisko klimata un koku sugu sastāva datu analīze

5.1. 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 izpaušmju rezultāti iezīmē tagadējo virsmas reljefu un to veidojošo materiālu un uz kura pamatnes pēcduslaikmetā (holocēnā) ir izveidojusies dzīvās dabas vide (Āboltniņš, 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 izpaušmes 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).

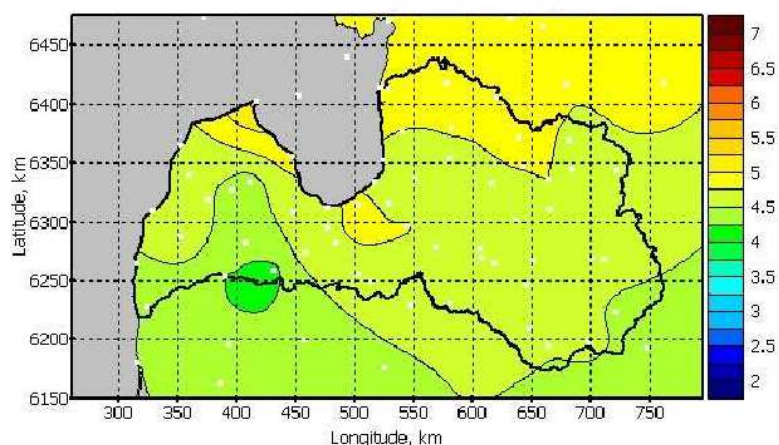
Projekta „Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” ietvaros Latvijas teritorijas klimata pārmaiņu ietekmes raksturošanai var tikt piemērots sabalansēta tipa attīstības scenārijs (A1B), kas kopumā ir balstīts uz reālistisku pasaules sociāli-ekonomisko, tehnoloģisko un demogrāfisko procesu norises 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 atskaite: Jansons, 2010).

Uz ilggadējo meteoroloģisko novērojumu datu bāzes izstrādātie klimata pārmaiņu attīstības scenāriji, atkarībā no nozīmīguma pakāpes (mērenu, vidēju un nozīmīgu izmaiņu scenāriji) rāda,

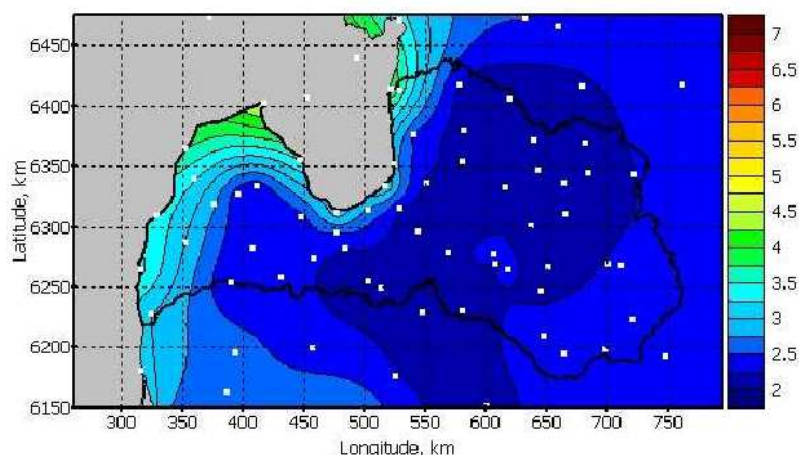
ka lielākās veģetācijas periodu izmaiņas ir sagaidāmas Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē. Tiek prognozēts, ka dažāda nozīmīguma izmaiņu scenāriju izpildes rezultātā veģetācijas periodu garumi no šā brīža 180 – 200 dienām var pieaugt par 35 – 62 un pat 50 – 80 dienām. Tas nozīmē agrāku fenoloģiskā 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 $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ Baltijas jūras piekrastē līdz $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ Austrumlatvijā (5.1. att.). Aprīlī vēsāk ir Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē ($+3,5$ līdz $+4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), bet siltāk Latvijas dienvidu daļā, $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jūlijā vidējā temperatūra Latvijā ir salīdzinoši viendabīga – no $+15,5$ līdz $+17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5.2. att.). Oktobrī augstāka vidējā temperatūra ir Baltijas jūras piekrastē – līdz $+8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, zemāka ziemeļaustrumu Latvijā, $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ janvārī, $2,2$ līdz $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ aprīlī, $2,5$ līdz $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ jūlijā un $3,6$ līdz $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $1 - 1,7\text{ mm}$ diennaktī, jūlijā $2,1 - 3\text{ mm}$ diennaktī, bet oktobrī $1,4 - 2,9\text{ mm}$ diennaktī.



5.1. attēls. Vidējās mēneša diennakts maksimālās temperatūras pieaugums $^{\circ}\text{C}$ tālajā nākotnē janvārī, vidējo izmaiņu scenārijs (Jansons, 2010)



5.2. 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, Rietumdzīnijā, Dienvidanglijā, Rietumfrancijas centrālās daļas Vienne upes lejtecē 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.

5.2. 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 (Āboltiņš, 2010).

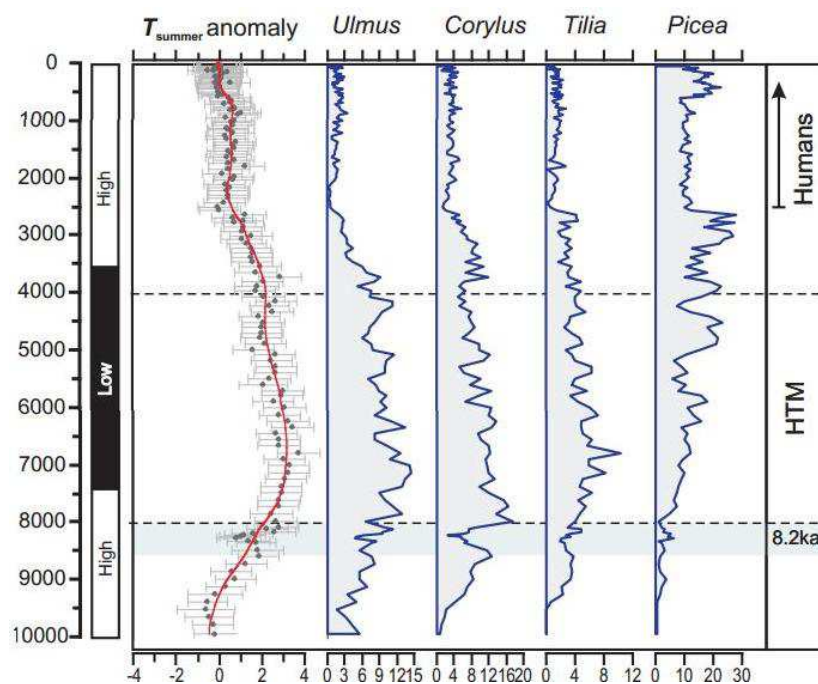
Britu un franču zinātnieku 2003. gadā publicētajā pētījumā par holocēna temperatūru modelēšanu, pamatojoties uz sporu putekšņu analīžu datiem (Davis et al., 2003), ir izstrādāts

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 (5.3. att.). Šajā gadījumā holocēna maksimālā vidējā vasaras temperatūra ir par aptuveni 3 °C augstāka nekā mūsdienās. Salīdzinājumam ir dota līdzīga līkne (5.4. 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).

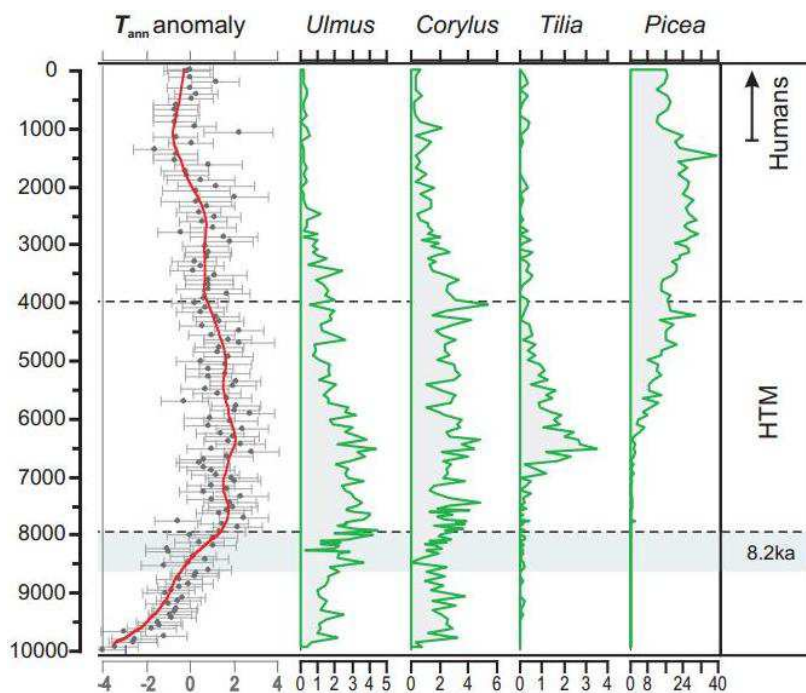
Lai noteiktu dominējošās koku sugas kādā no vēsturiskajiem klimatiskajiem periodiem, tiek izmantota tāda metode kā sporu putekšņu analīze kombinācijā ar absolūtā vecuma datēšanas metodi ar radioaktīvā oglekļa palīdzību, kura tiek pielietota nogulumu un arheoloģisko objektu absolūtā vecuma noteikšanai pēc radioaktīvā oglekļa izotopa ¹⁴C 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 pēcduslaikmeta 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*)

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



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

5.4. 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).

5.3. 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; Seppä, Poska, 2004).

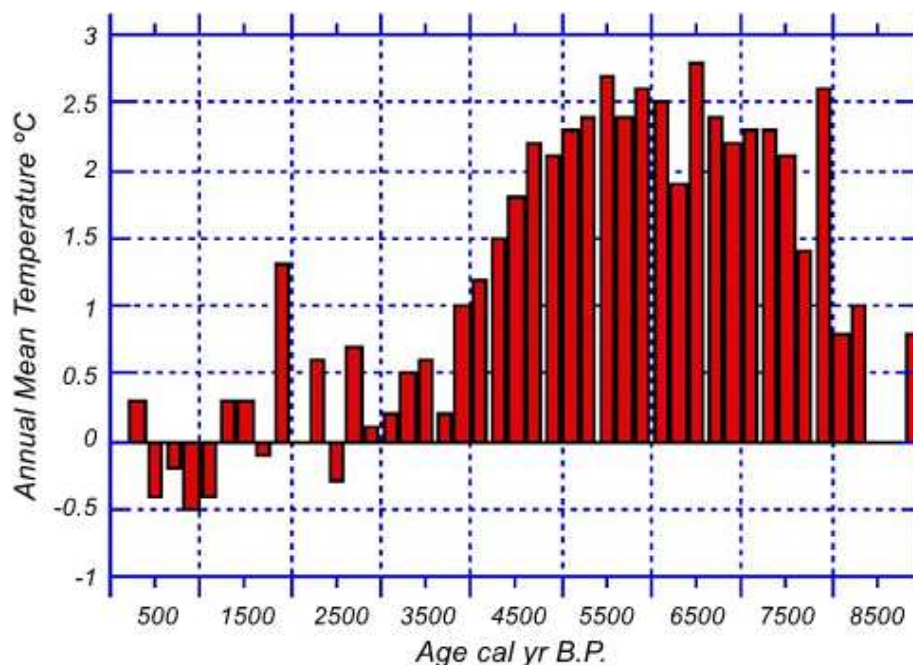
Igaunijas un Lietuvas ezeru nogulumos veiktajās sporu putekšņu analīzēs koku ģinšu savstarpējās attiecības iezīmējas līdzīgas kā Latvijas piemēros, jo izpētes teritorijas ir relatīvi tuvu viena otrai. Tajā pašā laikā kaimiņvalstu piemēros, līdzīgi kā Latvijā, pat tuvu esošajām paraugu ņemšanas vietām 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; Kondratene, Damusyte, 2009; Niinemets, Saarse, 2007; Niinemets, Saarse, 2009; Poska et al., 2004; Seiriene et al., 2009; Seppä, 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; Seppä, 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; Seppä, Poska, 2004) (5.5. 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).

Fenoscandijas 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 Centrālzviedrijai un Dienvidaustrumsomijai. Rekonstruētā janvāra vidējā gaisa temperatūra Fenoscandijā 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/>).



5.5. 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 °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).

5.4. 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 (1.3. un 1.4. 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 (1.5. attēls) (Seppä, Poska, 2004). Atlantiskā laika beigās Dienvidigaunijā gan Hānija, 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.

5.5. 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 (1.3. un 1.4. attēls), bet to raksturs ir atšķirīgs. Somijas dienvidu daļas datus 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 (5.4. un 5.5. 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).

5.6. Informācijas apkopojums

Vēsturisko klimata izmaiņu un tām pietuvināto prognožu izvērtēšana sniedz priekšstatu, ka klimata mainība ir pastāvīgs dabiskais 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 piepildīties, 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 (Āboltniņš, 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 (Āboltniņš, 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 balance, 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 veģetācijas 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 (Kārklīšs 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.

6. Dendrofāgo kukaiņu sugu dinamikas novērtējums

Pārskata periodā, izvērtējot pieejamo informāciju par saimnieciski nozīmīgo dendrofāgo kukaiņu sugu savairošanās vēsturi Eiropā un citur pasaulē, sugu ekoloģisko plasticitāti un invāziju risku, identificētas 14 sugām (*Altica ambiens*, *Agelastica alni*, *Fenusa dohrnii*, *Xiphodria camelus*, *Lymantria dispar*, *Lymantria monacha*, *Ips typographus*, *Hylobius abietis*, *Bupalus piniarius*, *Neodiprion sertifer*, *Euproctis chrysorrhoea*, *Diprion pini*, *Panolis flammea*, *Dendrolimus pini*), kam ir salīdzinoši visvairāk masveida savairošanās gadījumu pēdējo 100 gadu laikā, kā arī to savairošanās reģioni ir teritoriāli lielāki, nekā vairumam citu meža kaitēkļu sugu. Šo sugu savairošanos būtiski ietekmē klimata izmaiņas: prognozējams, ka tuvākajos 50 gados apstākļi šīm sugām kļūs labvēlīgāki. Par šīm kopumā 36 sugām projekta ietvaros sagatavots kopsavilkuma materiāls, ietverot informāciju par savairošanās vēsturi un cikliem, klimatisko apstākļu un dabisko ienaidnieku nozīmi to attīstībā, kā arī iespējamo klimata izmaiņu ietekmi.

6.1. Saimnieciski nozīmīgāko sugu apraksts

Alkšņu lapgrauzis *Altica ambiens*

Sugas bioloģija

Altica ambiens sastopams Ziemeļamerikā (pēc *USDA Forest Service* datiem), Britu Kolumbijā un, iespējams, arī Latvijā sastopama lapgrauža pasuga *Altica ambiens alni*, lai gan trūkst informācijas par tās sastopamību Eiropā.



a

b

6.1. attēls. *Altica ambiens*, a - vabole (imago), b – kāpurs
(avots: <http://www.fs.fed.us/>; <http://oregonstate.edu/>)

A. ambiens ir oligofāga suga. Lapgrauzis barojas ar daudzām alkšņu sugām. Primārās izvēles saimniekaugi ir lazda (Sezen, 2003) un sarkanais alksnis. Nopietns kaitēklis daudzām alkšņu sugām (Sezen, 2003). Monovoltīns - imago pārziemo augsnē pie saimniekaugiem aptuveni līdz 10 cm dziļumā. Vaboles sāk lidot, kad saimniekaugiem sākas veģetācijas periods. Aptuveni divas nedēļas vaboles barojas un kopulē. Vēlāk, pēc nepilnas nedēļas šķīļas kāpuri, kas barojas vēl aptuveni pusotru mēnesi. Laika periodā no augusta sākuma līdz tā vidum kāpuri pāriet kūniņās

stadijā (pēc *US Service* datiem). Pieaugušās vaboles barojas līdz pirmajām salnām. Ķermeņa izmēri – vaboles ir 5–6 mm garas, kāpuri 6–7 mm (Pettis, 1999) (6.1. att.).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

A. ambiens nav raksturīgi plašas masveida savairošanās gadījumi. Tie parasti ir punktveida un skar tikai atsevišķus kokus vai audzes. Taču, kaitēklim savairojoties lielā skaitā, lapgrauža novājinātie koki veicina lapkokiem raksturīgo laputu masveida savairošanos, kuras rezultātā sausumā koki nereti iet bojā (Pettis, 1999).

Klimatisko faktoru ietekme

Salnas un kailsals oktobra sākumā ilgāk kā divas nedēļas, kad temperatūra zemāka par 0 °C un relatīvais gaisa mitrums zem 60 %, kā arī sals –20 °C ziemā vairāk kā divu nedēļu garumā var iznīcināt līdz 25 % no visām ziemojošajām *A. ambiens* vabolēm (Brown, Cameron, 1982; Estay et al., 2008; Herms, 2007; Kurota, 2004; Yamamura, Kiritani, 1998). Veģetācijas periodam aizkavējoties par 2–3 nedēļām, masveida savairošanās ticamība tekošajā sezonā samazinās līdz 0. Ja sausuma periods ir ilgāks par divām nedēļām vai nokrišņu daudzums ir vismaz divas reizes mazāks nekā vidējais, tad kāpuri izraisa defoliāciju aptuveni 70 % apmērā, jo lapas tiem kļūst par vienīgo ūdens avotu (Pettis, 1999; Singer et al., 1992; Stolyarov, 1999).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Mušas *Parasyrphus nigratarsis* (citos avotos kā *Syrphus nigratarsis*) kāpuri barojas ar šī lapgrauža un daudzu citu lapgraužu olām, kāpuriem un kūniņām (Köpf et al., 1997). Šīs mušas kāpuru attīstību apgrūtina ilgstošs sausums, nokrišņu trūkums, kas pārsniedz vienu nedēļu (Köpf et al., 1997; Pettis, 1999; Singer et al., 1992; Stolyarov, 1999). Iespējams, ka patogēns *Bacillus thuringiensis* piedalās *A. ambiens* populācijas ierobežošanā (Aliniaze, 1998) – tas var būtiski limitēt lapgrauža populāciju, ja relatīvais gaisa mitrums pārsniedz 80 % ilgāk nekā 3 dienas (Dwyer et al., 2004; Poter et al., 2005).

Alkšņu zilais lapgrauzis *Agelastica alni*

Sugas bioloģija

Lapgrauzis *Agelastica alni* sastopams visā Eiropā. Izplatības areāls stiepjas no Eiropas līdz pat Sibīrijai, Kaukāzam un Kazahstānas ziemeļrietumu daļai; invadēts Ziemeļamerikā. *A. alni* nav sastopams stepju un tundras apgabalos (Боголюбов, Кравченко, 2002).



6.2. attēls. *Agelastica alni*, a - vabole (imago), b – kāpurs
(avots: <http://nv.wikipedia.org/>; <http://en.wikipedia.org/>)

Barojas ar dažāda vecuma daudzām alkšņu sugām (Боголюбов, Кравченко, 2002). Primārās izvēles saimniekaugs ir melnalksnis (Tscharncke et al., 2001). Monovoltīns – attīstības cikls ir stipri līdzīgs *Altica ambiens* raksturīgajam (sk. iepriekš). Vienīgi jāatzīmē, ka *A. alni* ir lielāka auglība. Mātītes vidēji izdēj 600 līdz 900 olu (Боголюбов, Кравченко, 2002). Pieaugušās vaboles barojas līdz pirmajām salnām. Ķermeņa garums ir 5–7 mm vabolēm, 6–7 mm kāpuriem (Pettis, 1999) (6.2. att.).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Masveida savairošanās gadījumā agresivitāte ir augsta. Ņemot vērā to, ka *A. alni* raksturīgas masveida savairošanās, visvairāk cieš tieši jauni koki (Боголюбов, Кравченко, 2002). Savairošanās cikli ir neregulāri, jo tos visbūtiskāk ietekmē meteoroloģisko apstākļu svārstības, nevis dabiskie ienaidnieki (Pettis, 1999; Боголюбов, Кравченко, 2002). Pirmie nopietnie masveida savairošanās gadījumi lielās platībās, ar praktiski pilnībā atlapotām audzēm, aprakstīti 1930. gadā Vācijā (Leisker, 1930), kā arī vēlāk – 1996. gadā – Polijā (Oleksyn et al., 1998).

Klimatisko faktoru ietekme

Ja vidēji trīs mēnešus ziemā saglabājas temperatūra vismaz 5 °C un gaisa relatīvais mitrums pārsniedz 50%, tad ir ļoti liela iespējamība, ka nākamajā vasarā var savairoties *A. alni* (Brown, Cameron, 1982; Kurota, 2004; Sharov et al., 1999; Sinclair et al., 2003; Zachariassen, 1985). Klimats *A. alni* ietekmē līdzīgi kā *A. ambiens* (sk. iepriekš). Jāatzīmē, ka kāpuru postījumi ir nozīmīgāki tad, ja, apvienojumā ar sausumu un temperatūru virs 30 grādiem vasarā, klāt nāk relatīvais gaisa mitrums, kas pārsniedz 70 % (Oleksyn et al., 1998; Robinson, 2005). Masveida savairošanos var veicināt arī sniega segas saglabāšanās no pirmajām salnām līdz pavasara atkusnim (Sinclair et al., 2003; Zachariassen, 1985). Vairāku sezonu garumā pēc ilgstošiem sausuma periodiem (sausumi vairāku nedēļu garumā un pie nokrišņu daudzuma krietni zem vidējiem rādītājiem pavasaros, vasarās) *A. alni* lapgraužu pieaugums sagaidāms diezgan būtisks (iespējamās pat masveida savairošanās ar defoliācijas rādītājiem tuvu 100 %) (Singer et al., 1992; Stolyarov, 1999).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieku un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Dabiskie ienaidnieki līdzīgi kā *Altica ambiens* (sk. iepriekš). *Syrphidae* dzimtas ziedmuša *Parasyrphus nigrivittatus* (citos avotos kā *Syrphus nigrivittatus*) kāpuri barojas ar šī lapgrauža olām, kāpuriem un kūniņām (Köpf, 1997). Putni šim lapgrauzim neuzbrūk nepatīkamo sekrētu dēļ (izdala gan vaboles, gan to kāpuri) (Gross, 2004). Iespējams, ka patogēns *Bacillus thuringiensis* piedalās *A. alni* populācijas ierobežošanā (Aliniaze, 1998). Iespējams, pie citu fitofāgo sugu savairošanās, *A. alni* var tikt izkonkurēts. Trūkst informācijas par citu *A. alni* ienaidnieku esamību.

Eiropas alkšņu alotājlapsene *Fenusa dohrnii*

Sugas bioloģija:

Lapsene *Fenusa dohrnii* izplatīta visā centrālajā Eiropā, sastopama Ziemeļeiropā, kā arī Britu salās (Friend, 1933). Iespējams, izplatības areāls ir plašāks.



6.3. attēls. *Fenusa dornii*, a – lapsene; b – kāpurs
(avots: <http://www.entomology.ualberta.ca/>; <http://www.leafmines.co.uk/>)

F. dornii barojas ar dažādu sugu alkšņu, bērzu lapu parenhīnu (Friend, 1933). *F. dornii* ir polivoltīna. Lapsenes veido divas paaudzes gadā, bet labākos laikapstākļos gadā var izveidot trīs paaudzes (Friend, 1933). Trīs kāpuru paaudzes veidojas sekojošos laika periodos: maijs–jūnijs, jūlijs, augusts–septembris. Trūkst informācijas par iekūpošanās laikiem, kūniņas stadijas ilgumu un ziemošanas īpatnībām. Ķermeņa garums – lapsenēm vidēji 3 mm, kāpuri – 4 mm (Ellis, 2007; van Frankenhuyzen et al., 2008) (6.3. att.).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Ņemot vērā, ka šī suga ir polivoltīna, kā arī kāpuru barošanās īpatnības, kaitējums samniekaugiem masveida savairošanās rezultātā var būt būtisks. Piemēram, līdzīgai sugai *Fenusa pusilla* raksturīgs savairoties, kad gaisa temperatūra vasarā pārsniedz 28 °C vairāk kā 3 nedēļu laikā. Turklāt, 1928. gadā Ņūhavenā, ASV ir aprakstīti nopietni *Fenusa pusilla* savairošanās gadījumi (Friend, 1933). Būtiski *Fenusa pusilla* savairošanās gadījumi Ziemeļamerikā tika novēroti deviņdesmito gadu sākumā (Mattson et al., 1991). Iespējams, visvairāk cieš jauni koki un nelielas jaunaudzis, lai gan tas pagaidām nav apstiprinājies. Ņemot vērā līdzīgu *Fenusa pusilla* sugu spēju masveidā defoliēt koku lapotnes un *F. dornii* „tuvo” izplatības areālu (Friend, 1933), pastāv iespēja, ka šī suga nākotnē var būtiski apdraudēt kokaudzis Latvijā.

Klimatisko faktoru ietekme

Ja gaisa temperatūra vasarā 3 nedēļu laikā noturas virs 28 °C, pieaug masveida savairošanās risks (Ellis, 2007; Meshkova, 2003).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieku un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Trūkst informācijas par *F. dornii* dabiskajiem ienaidniekiem (Ellis, 2007).

Māņragaste *Xiphydria camelus*

Sugas bioloģija:

Lapsene *Xiphydria camelus* ir visā Eiropas daļā izplatīta suga, ieskaitot Latviju.



6.4. attēls. *Xiphydria camelus*, a – lapsene; b – kāpurs

(avots: <http://aramel.free.fr/>; <http://www.galerie-insecte.org/>)

X. camelus kāpuri prioritāri barojas ar dažādu sugu alkšņu un bērzu koksni (Боробьев, 1985). Trūkst datu par citiem saimniekaugiem, lai gan ir noskaidrots, ka *X. camelus* barojas tikai ar lapu koku koksni (Боробьев, 1985; Мамаев, 1977). *X. camelus* ir viena paaudze viena vai divu gadu laikā. Lidošanas periods šīs sugas lapsenēm ilgst no maija beigām līdz jūlijam, kura laikā lapsenes pārojas un dēj olas. *X. camelus* mātītes ar dējekli izurbj koka stumbrā ap vienu centimetru dziļu eju, kurā iedēj garenas puscaurspīdīgas olas (Боробьев, 1985). Papildus mātīte ievada koksne koka stresu veicinošas vielas, kas novājina koku (pēc *New York State Department of Agriculture & Markets* datiem), un sēņu sporas, kuras ir lapsenei simbiotiskas. Iesētās sēnes *Daldinia decipiens* un *Entonaema cinnabarina* sagrauj koksnes vadaudu sistēmu. Ar šādu koksni kāpuriem ir vieglāk baroties (Strutka et al., 2007; Мамаев, 1977). Kāpuri koksne veido sazarotas, izgrauztas labirintveida ejas, kuras vizuāli nevar novērot. Koki, kuros barojas šīs lapsenes kāpuri, parasti ir nonīkuši vai atmiruši (Боробьев, 1985). Izkūņošanās laikā jaunās lapsenes izlido no koka stumbra caur speciāli izgrauztām atverēm (Мамаев, 1977). Lai gan trūkst specializētu pētījumu, iespējams, pieaugušās lapsenes nebarojas - to žokļi paredzēti, lai izgrauztos no koksnes pēc izkūņošanās. Lapsenei ir slēpts dzīves cikls, tāpēc trūkst informācijas par iekūņošanās periodu un ziemošanas īpatnībām. Ķermeņa garums – lapsenēm vidēji 16 mm, kāpuriem 21 mm (6.4. att.)

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

X. camelus mežsaimniecībā rada būtiskus zaudējumus, jo tās barošanās periodā tiek pilnībā sagrauta koksne un koka aizsargspējas; radītais kaitējums vizuāli nav pamanāms, bet tā rezultāts gan. *X. camelus* lapseņu kāpuri apdzīvo ne tikai veselus, bet arī jaunus un novājinātus kokus, kas kaitējuma bīstamības pakāpi palielina vēl vairāk gadījumos, kad paralēli tiek novērota citu sugu kaitēkļu masveida savairošanās tai pašai koku sugai. *X. camelus* kāpuru darbības rezultātā koksne zaudē savas mehāniskās īpašības, tāpēc pārstrādē tā vairs nav izmantojama (Боробьев, 1985; Мамаев, 1977).

X. camelus masveida savairošanās notiek bieži; Krievijā novērota neregulāri – parasti to veicina citu kaitēkļu, piemēram, lapgraužu savairošanās. Plaši *Xiphydria sp.* masveida bojājumi ASV tiek periodiski konstatēti jau no 19. gadsimta. Savairošanās gadījumā veic sanitārās cirtes (Lieutier, 2004; Воробьев, 1985).

Klimatisko faktoru ietekme

Ja temperatūra ziemā trīs mēnešu laikā saglabājas aptuveni 5 °C un gaisa relatīvais mitrums pārsniedz 50 %, tad iespējama lapgraužu masveida savairošanās. Koki tiek novājināti, kā rezultātā var notikt *X. camelus* savairošanās (Brown, Cameron, 1982; Kurota, 2004; Sharov et al., 1999; Sinclair et al., 2003; Zachariassen, 1985). Savukārt vasarā relatīvā gaisa mitruma paaugstināšanās virs 80 % vismaz 3 dienu garumā var samazināt *X. camelus* skaitu nākamajā gadā par aptuveni 10 %, jo paaugstinātā mitrumā labi vairojas šīs sugas patogēni (Dwyer et al., 2004; Hajek et al., 2008; Poteri et al., 2008). Visbūtiskāk *X. camelus* populācijas limitē –20 °C un zemākas temperatūras kopā ar kailsalu un gaisa relatīvo mitrumu zem 50 % vismaz 2 nedēļas ilgā periodā, kā rezultātā *X. camelus* skaits var būtiski samazināties nākamajā sezonā (Brown, Cameron, 1982; Sinclair et al., 2003; Worner, Gevrey, 2006).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Ar *X. camelus* kāpuriem barojas parazīti, piemēram, daži *Aulacidae* lapseņu dzimtas kāpuri: *Aulacus striatus*, *Aulacus pallipes* (Robinson, 2005). *X. camelus* kāpuros parazitē arī *Rhysella aproximator* lapsenes kāpuri (Preston-Mafham, 1993). Visu triju iepriekš minēto parazītisko lapseņu mātītes izmanto garus dējēkļus, kurus tās izurbj cauri koksnei, lai iedētu olniņas *X. camelus* kāpuru ķermenī (Preston-Mafham, 1993; Robinson, 2005).

Iepriekš minēto parazītisko lapseņu populācijas ierobežo temperatūras kritumi par vidēji 5 °C, jo tad būtiski palielinās relatīvais gaisa mitrums, pārsniedzot 70 %, kas traucē lidot un meklēt saimniekorganismus, tajā skaitā, *X. camelus* kāpurus (Kroder et al., 2006).

Ozolu mūķene *Lymantria dispar*

Sugas bioloģija

Tauriņam *Lymantria dispar* ir plašs izplatības areāls, kurš aptver visu Eiropu, Tuvos un Tālos Austrumus, Ziemeļāfriku un Ziemeļameriku (Brown, Cameron, 1982; Dixon, Foltz, 1985).



a

b

6.5. attēls. *Lymantria dispar*, a – tauriņi (apakšā tēviņš); b – kāpuri (avots: I. Siliņa foto)

Latvijā sastopama *L. dispar* Eiropas forma, kuras izplatīšanos būtiski sekmē arī nejauši apstākļi. Uz transporta līdzekļiem tauriņu izveidoti dējumi (Dixon, Foltz, 1985) spēj pārceļot un

pārvarēt attālumus starp atsevišķiem kontinentiem. *L. dispar* ir oligofāga suga, kuras kāpuri barojas ar vairāk nekā 500 koku un krūmu sugām (Schweitzer, 2004). Kāpuri primāri barojas ar ozolu, kļavu, bērzu, apšu un ābeļu lapām (Elkinton, Liebhold, 1990; Roden, Mattson, 2008; Stoyenoff et al., 1994). *L. dispar* ir monovoltīna suga – olu dējumi pārziemo uz saimniekaugu stumbriem. Pavasarī, gaisa temperatūrai sasniedzot 10 °C, no olām izšķīļas kāpuri. Parasti kāpuri šķīļas aprīlī (citos literatūras avotos minēts, ka maija sākumā). Pēc 45–50 dienām *L. dispar* kāpuri sāk iekūņoties, kūniņas stadija ilgst 10–15 dienas (Боголюбов, Кравченко, 2002). Latvijā jūlija sākumā vai vidū sāk izlidot *L. dispar* pirmie tauriņi. Tauriņi dzīvo aptuveni divas nedēļas un var būt sastopami līdz augusta vidum. Šajā laika periodā nelidojošas mātītes ir piestiprinājušās pie saimniekaugu stumbriem un zaru pamatnēm, tiek apaugļotas un dēj olas (Siliņš, Šmits, 2010). Ķermeņa garums – vidēji 27 mm tauriņiem, 60 mm kāpuriem (6.5. att.) (Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

L. dispar pamatareāls ir Dienvideiropa. Tā tika introducēta Tālajos Austrumos un Ziemeļamerikā. Ziemeļamerikā tā tika introducēta pirms vairāk nekā 100 gadiem, taču nopietnu masveida savairošanos novēroja pagājušā gadsimta septiņdesmito gadu vidū dabisko ienaidnieku trūkuma dēļ (Davidson et al., 1999; Dixon, Foltz, 1985). Elkinton un Liebhold (1990) novērojuši, ka Ziemeļamerikā piekrastes rajonos šai sugai ir tendence masveidā savairoties ik pēc divu gadu „atpūtas” intervāla, kontinenta vidū - pēc piecu līdz astoņu gadu, bet Krievijā un Polijā – ik pēc četrus gadu „atpūtas” perioda (Dixon, Foltz, 1985; Боголюбов, Кравченко, 2002). Vēsturē pirmā lielākā *L. dispar* masveida savairošanās vienā reģionā notika 1869. gadā Ziemeļamerikā, Merilendā. Tās rezultātā tika atlapoti vairāk nekā 404 686 ha mežu. Rekords tika sasniegts 1981. gadā, kad gada laikā *L. dispar* Ziemeļamerikā kopumā atlapoja 5 220 453 ha meža platību. Mūsdienās Eiropā tiek atlapoti vairāki tūkstoši hektāru kokaudžu katru gadu. Vislielākās masveida savairošanās platības reģistrētas Polijā, Vācijā un Nīderlandē (Solter, Hajek, 2009).

2008. gada vasarā Liepājā pirmoreiz Latvijas vēsturē tika novērota *L. dispar* nopietnākā masveida savairošanās, kuras laikā tika defoliēti vairāk kā 40 hektāri meža (Siliņš, Šmits, 2010). Jau 2002. gadā tika novērots, ka, salīdzinājumā ar 2001. gadu, tauriņa izplatības areāls Latvijā būtiski paplašinājies uz ziemeļiem (pēc Latvijas Valsts Meža dienesta publiskā pārskata datiem). Vēlāk *L. dispar* savairošanās 2011. gadā novērota Engures dabas parkā, kur masveida savairošanās apjomus sasniegusi 2012. gadā vairāk nekā 50 hektāru platībā, gandrīz pilnībā defoliējot sīkkrūmus un pieejamos lapkokus (autoru novērojumi).

Klimatisko faktoru ietekme

Tauriņa populāciju attīstību un izplatīšanos labvēlīgi ietekmē siltas un mitras ziemas (temperatūras un mitruma rādītāji virs vidējiem) (Estay et al., 2008; Worner, Gevrey 2006; Yamamura, Kiritani, 1998), tad veiksmīgāk pārziemo olas, un nākošā pavasarī ir vairāk izšķīlušos kāpuru (Allard et al., 2003; Kurota, 2004; Sharov et al., 1999; Simberloff, 2000).

Ir noskaidrots, ka *L. dispar* masveida savairošanās noteicošais klimatiskais faktors ir karstas, sausas vasaras (arī rādītāji, kas vismaz par 10% pārsniedz vidējos) (Davidson et al., 1999; Elkinton, Liebhold, 1990). Šādu klimatisku apstākļu ietekmē palielinās defoliēto koku apjoms, jo ir maz brīvo, nesaistīto ūdens resursu dabā, un lapas bieži kļūst par vienīgo ūdens avotu *L. dispar* kāpuriem (Estay et al., 2008; Sharov et al., 1999).

Salīdzinoši augsta olu un kāpuru izdzīvošana novērojama ja agram rudenim seko salīdzinoši silta ziema (Brown, Cameron, 1982; Elkinton, Liebhold, 1990; Zolubas, 2001). Neizšķīlušos olu skaits palielinās, ja salīdzinoši vēlāk iestājas pavasaris (Berryman, 1996; Sharov et al., 1999). Mazāka olu mirstība ir dējumos, kas atrodas pēc iespējas tuvāk augu vasas zemākajām daļām. Bieza sniega sega (vismaz 40 cm) sekmē olu izdzīvošanu pie augu stumbru pamatnes (Berryman, 1996; Elkinton, Liebhold, 1990; Sharov et al., 1999; Smitley et al., 1998). Ziemas sals ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) ir viens no būtiskākajiem klimatiskajiem faktoriem, kas nosaka olu mirstību ziemošanas periodā. Jo ilgāk saglabājas šāda temperatūra, jo augstāka ir olu mirstība (Tong et al., 2000).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

L. dispar olas izmanto dažas parazitiskas lapsenes: *Ooencyrtus kuvanae* (Calcoidea), *Dibrachys cavus* (Calcoidea), *Pediobius sp.* (Eulophidae), kā arī daži *Braconidae* dzimtas pārstāvji (Brown, Cameron, 1982; Hoch, Schopf, 2001). Būtisku *L. dispar* kāpuru mirstību veicina parazīti – muša *Parasetigena silvestris* (Tachinidae), jātnieciņš *Phobocampe disparis* (Ichneumonidae) (Zolubas, 2001) un entomofāgā sēne *Entomophaga maimaiga* (Pilarska et al., 2006). *Parasetigena silvestris* visbūtiskāk ietekmē *L. dispar* mirstību Eiropā tieši pēc masveida savairošanās (Elkinton, Liebhold, 1990; Zolubas, 2001). Šo parazitisko lapseņu populācijas ierobežo temperatūras samazināšanās par vidēji $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, jo tad būtiski palielinās relatīvais gaisa mitrums, pārsniedzot 70%, kas traucē lidot un meklēt saimniekorganismus (Kroder et al., 2006). Ņemot vērā, ka *Parasetigena silvestris* pupāriji attīstās augsnē, to mirstību veicina ilgstošs lietus (Ford, Shaw, 1991; Paul, 2007).

Ar nukleopoliedrozes vīrusu *L. dispar* kāpuri inficējas pirmajās attīstības stadijās. Tas notiek jūnija sākumā, un inficēšanos sekmē lietus, jo vīrusa izplatīšanos starp kāpuriem būtiski pastiprina gaisa mitruma palielināšanās (Elkinton, Liebhold, 1990; Lautenschlager et al., 1980).

Egļu mūķene *Lymantria monacha*

Sugas bioloģija

Tauriņš *Lymantria monacha* sastopams visā Eiropā, Sibīrijā un Āzijā līdz pat Japānai. Lielāka *L. monacha* sastopamība ir tieši mērenās zonas skujkoku mežos, bet tuvāk areāla dienvidu daļai – augstkalnos (Боголюбов, Кравченко, 2002).



a



b

6.6. attēls. *Lymantria monacha*, a – pieaudzis tauriņš (mātīte); b – kāpurs (foto: A. Šmits)

L. monacha prioritāri barojas ar egli, priedi. Ja savairošanās notiek mistraudzē, kāpuri barojas arī ar cietajiem lapkokiem (pārsvārā kārklēm, ozoliem), bet barības trūkuma apstākļos var atļaut sīkkrūmus un zālaugus. Pirmajā attīstības stadijā kāpuri barojas ar vecajām skujām, apgraužot to pamatnes, bet lielāka auguma kāpuri – ar jaunajām (tekošā gada dzinumus) skujām. *L. monacha* olas pārziemo, un kāpuri šķīļas aprīļa beigās, bet Ziemeļeiropā, tajā skaitā arī Latvijā – maijā, maija beigās (Ozols 1985; Боголюбов, Кравченко, 2002). Kāpuru stadija ilgst vidēji 2 mēnešus vai 9 nedēļas, atkarībā no sezonas, bet kūniņu stadija – 8–14 dienas. Pieaugušie tauriņi lido 10–14 dienas Eiropas dienvidu reģionos – jūlijā, bet Latvijā – no jūlija vidus (vai mēneša trešās dekādes) līdz augusta vidum. Mātītes olas dēj, slēpjot tās zem priežu mizas zvīņām. Ķermeņa garums – kāpuriem vidēji 33 mm, tauriņiem 20 mm (6.6. att.) (Keena et al., 2010; Боголюбов, Кравченко, 2002).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Nozīmīgākie *L. monacha* masveida savairošanās gadījumi reģistrēti 1917.–1927. gadā (vairāk kā 1 milj. hektāru skartās platības), 1930.–1932., 1938.–1943., 1946.–1950., 1964.–1967. un 1994.–1996. gadā Čehijā (Liska, Srutka, 1998), 1946.–1948. gadā Austrijā (Schedul, 1949), bet 1978.–1984. gadā Polijā (Schönherr, 2009).

Ievērojamas *L. monacha* masveida savairošanās novērotas aizpagājušajā un pagājušajā gadsimtā: Latvijā reģistrētas 1859.–1869., 1882.–1898., 1910.–1913., 1949.–1951. un 1953. gadā. Savairošanās 1995.–1996. gadā Pierīgā notika vienlaikus ar lapsenes *Gilpinia pallida* savairošanos. Pēdējā savairošanās novērota 2011. gadā Vangažu mežniecībā. Latvijā *L. monacha* masveida savairošanās cikliem raksturīgs vidēji 16 gadu „atpūtas” periods (pēc Latvijas Valsts Meža Dienesta datiem).

Klimatisko faktoru ietekme

L. monacha olu veiksmīgu pārziemošanu veicina ziemas temperatūras un mitruma rādītāji virs vidējiem (Allard et al., 2003; Kurota, 2004; Sharov et al., 1999; Simberloff 2000; Vanhanen et al., 2007). Sniega sega, kas biezāka par 40 cm, var veicināt olu izdzīvošanu, jo mātītes olas pārsvārā dēj pie stumbra pamatnes (Kurota, 2004; Vanhanen et al., 2007).

Līdzīgi kā *Lymantria dispar*, *L. monacha* masveida savairošanās noteicošais klimatiskais faktors ir karstas, sausas vasaras (klimatiskie rādītāji, kas pārsniedz vidējos) (Davidson et al., 1999; Elkinton, Liebhold, 1990; Vanhanen et al., 2007), bet ziemas sals ap –25 °C (un zemāk) ir viens no būtiskākajiem klimatiskajiem faktoriem, kas nosaka olu mirstību (Estay et al., 2008; Petzoldt, Seaman, 2005). Turklāt, *L. monacha* kāpuru mirstību pavasarī veicina spēcīgas vēja brāzmas un ilgstošs lietus (Vanhanen et al., 2007).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos ietekmējošie klimatiskie faktori

L. monacha dabiskie ienaidnieki un tos ietekmējošie klimatiskie faktori ir līdzīgi kā *Lymantria dispar* tauriņam (skatīt iepriekš).

Egļu astonzobu mizgrauzis *Ips typographus*

Sugas bioloģija

Ips typographus (6.7. att.) ir tipiska monofāga suga. Tā savai attīstībai izmanto parasto egli un tikai retos gadījumos novērota uz citu sugu skujkokiem, ja tie atrodas blakus inficētām eglēm (Ozols, 1985). Visa mizgraužu bioloģija veidota tā, lai spētu kolonizēt augošu nenovājinātu egli. Egļu astonzobu mizgrauzis uzskatāms par bīstamāko kaitēkli pieaugušās egļu audzēs ne tikai Latvijā, bet visā Eirāzijā (Christiansen, Bakke, 1988). Šis kaitēklis parasti savairojas vēja gāztās vai citādi novājinātās eglēs, vai nemizotos baļķos, kas ir virs 12 cm diametrā. Savairojoties šis kaitēklis uzbrūk augošām eglēm. Skandināvijā raksturīga viena paaudze gadā, bet Latvijā samērā bieži (siltajās vasarās) sekmīgi attīstās divas paaudzes (Bičevskis, Ozols 1983; Ozols, 1968, 1985). Latvijā lidošana sākas aprīļa otrajā pusē, maija sākumā (Bičevskis, Ozols, 1983). Pirmā paaudze izlido jūnijā vai jūlija sākumā, bet otrā paaudze – augusta beigās, septembrī (Bičevskis, Ozols, 1983). Jaunās vaboles pārziemo zem mizas vai augsnē netālu no attīstības vietas. Lai egļu astonzobu mizgrauža vaboles spētu kolonizēt dzīvu koku, tām jāsapulcējas pietiekami lielā skaitā lai pārvarētu koka pretestību (Mulock, Christiansen, 1986; Thalenhorst, 1958).



a



b

6.7. attēls. *Ips typographus*, a – vabole; b – kāpuru ejas (foto: A. Šmits)

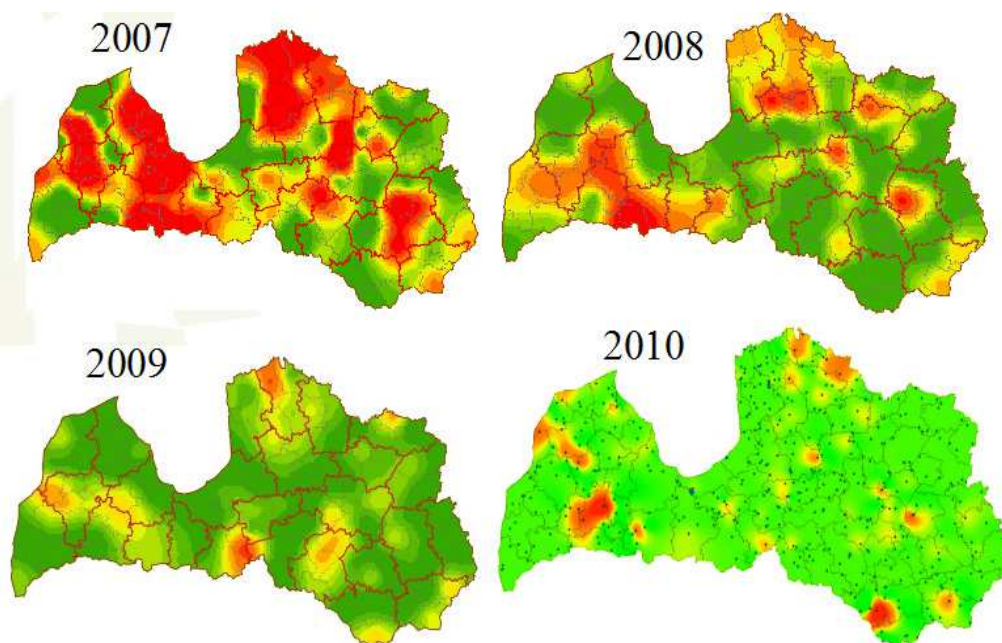
Veids, kādā enerģētiskā koksne tiek savākta un uzglabāta mežā, var ietekmēt ciršanas atlieku kolonizācijas intensitāti ar *I. typographus* un tā vairošanās sekmes. Tas var palielināt (vai samazināt) tuvumā augošu egļu bojājumu risku vai kaitēkļu populācijas savairošanās risku reģionālā līmenī. Ciršanas atliekas, kas tiek izmantotas kā enerģētiskā koksne, parasti tiek atstātas mežā žūšanai. Ciršanas atliekas var tikt atstātas izklaidus vai sakrautas lielākās vai mazākās kaudzēs. Ciršanas atliekas var kraut kaudzēs tūlīt pēc ciršanas vai arī vēlāk.

Egļu astonzobu mizgrauža sekmīgai attīstībai ir nepieciešami egļu stumbri, kas ir resnāki par 12 cm diametrā, tāpēc zari un galotnes nav īsti piemēroti to attīstībai. Literatūrā nav atrodamas ziņas par šī mizgrauža attīstību kaudzēs sakrautās ciršanas atliekās, bet baļķu krāvumos raksturīgi ir tas, ka *I. typographus* kolonizē tikai krāvuma virsējo daļu (Ehnström, 1976), līdzīgi tas tika novērots arī kaudzēs sakrautajās ciršanas atliekās šajā projektā ietvertajos pētījumos. Tādējādi ir sagaidāms, ka risks *I. typographus* savairoties egles ciršanas atliekās kaudzes iekšpusē ir ievērojami mazāks nekā cīsmā izklaidus atstātās ciršanas atliekās, kas ir pakļautas šī mizgrauža uzbrukumiem aktīvajā lidošanas periodā.

I.typographus vaboles sāk lidot aprīļa beigās, maija sākumā. Tēviņi uzbrūk gāztām, lauztām vai novājinātām eglēm, bet, ja mizgrauža populācija ir pietiekoši liela, arī nenovājinātām eglēm, kuras vecākas par 40 gadiem. Tēviņi grauž kopulācijas telpu, pievilinot 2–4 mātītes. Pēc olu dēšanas mizgrauži lido otru reizi, veidojot tā saucamo masu paaudzi (Ozols, 1968). Apmēram jūnija vidū jaunā paaudze jau ir attīstījusies par vabolēm, bet vēl papildus barojas zem koka mizas un attīstības vietas nepamet. Jaunā paaudze lido jūlijā, augustā. Atkarībā no laika apstākļiem, jaunā paaudze vai nu dodas ziemot zemsegā, vai daļa vaboļu veido otro paaudzi, kura, ja sekmīgi attīstījusies, ziemo zem koka mizas (Ozols, 1985).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

I.typographus masveida savairošanās Eiropā novērotas visā parastās egles izplatības reģionā (Skuhravy, 2002). Latvijā lielākā masveida savairošanās novērota pēc 1967. un 1969. gada vējgāzēm (Ozols, 1985). Lai gan Skandināvijā savairošanās ilga 10 gadus (Christiansen, Bakke, 1988), Latvijā tā „apdzisa” pēc 5 gadiem (Ozols, 1985). No 1993.–1997. gadam novēroto masu savairošanos Latvijā izraisīja vairākas secīgas karstas vasaras, kas ļāva sekmīgi attīstīties divām mizgraužu paaudzēm (VMD meža kaitēkļu monitoringa dati). 1996. gadā vēsāka un mitrāka laika ietekmē savairošanās „apdzisa” Vidzemē, bet turpinājās pārējā republikas teritorijā. 2005.gada vētra izraisīja jaunu šī mizgrauža masveida savairošanos, kura „apdzisa” 2009.gadā (6.8. att.) (VMD meža kaitēkļu monitoringa dati).



6.8. attēls. Egļu astoņzobu mizgrauža bojājumi pēc 2005.gada vētras
(VMD meža kaitēkļu monitoringa dati)

Klimatisko faktoru ietekme

Egļu astoņzobu mizgrauža savairošanās parasti saistītas ar plašām vējgāzēm. Ievērojami retāk masveida savairošanās novērotas pēc ilgstošiem sausuma periodiem vai arī citu faktoru novājinātās egļu audzēs (sakņu trupe, skuju graužēji kaitēkļi u.c.) (Bakke, 1968; Christiansen, Bakke, 1988; Ozols, 1985). Ņemot vērā, ka vētru biežums arī saistāms ar klimatiskām izmaiņām, tad var apgalvot, ka šī mizgrauža izplatīšanās dinamika ir tieši saistīta ar klimatisko faktoru ietekmi. Klimatiskie apstākļi ietekmē *I.typographus* populāciju 3 galvenajos veidos: 1) biežākas vētras rada lielu apjomu svaigas egles koksnes, kurā mizgrauzis sekmīgi vairojas; 2) karstas un sausas vasaras novājina egles un samazina to rezistenci pret šo kaitēkli; 3) silti un ilgi rudenī veicina sekmīgu divu paaudžu attīstību (Jönsson et al., 2007).

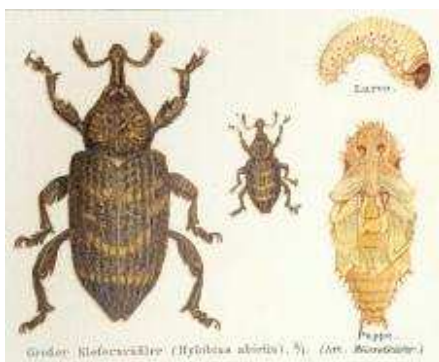
Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Lai gan egļu astoņzobu mizgrauzim ir daudz dabisko ienaidnieku, to nozīme mizgrauža skaita samazināšanā ir niecīga. Galvenā nozīme mizgraužu savairošanās attīstībai ir piemērots barības resurss un koku rezistences kapacitāte (Wermelinger, 2004). Pastāv uzskats, ka mežos bez saimnieciskās darbības dabiskajiem ienaidniekiem ir lielāka iespēja savairoties un samazināt mizgraužu savairošanās risku. Tomēr, novērtējot dabisko ienaidnieku daudzumu apsaimniekotos un aizsargājamajos mežos, netika konstatēta atšķirība dabisko ienaidnieku daudzumā (Hilszczański et al., 2007).

Lielais priežu smecernieks *Hylobius abietis*

Sugas bioloģija

Smecernieks *Hylobius abietis* sastopams visā priežu izplatības areālā. *H. abietis* areāls aptver praktiski visu Eiropu, Sibīriju un Japānu (Leather et al., 1999).



6.9. attēls. *Hylobius labietis*, Pa kreisi – vabole, pa labi – kāpurs un kūniņa
(avots: <http://uk.wikipedia.org/>)

H. abietis ir saimniecībā nozīmīgākā suga *Hylobius* ģintī. Tas barojas ar skujkoku sakņu, stumbru mizu, lūksni un jaunajiem dzinumiem – pārsvarā jauniem kokiem, nelieliem stādiem. *H. abietis* prioritāri izvēlas priedi. Atsevišķos gadījumos novērots, ka vaboles barojas arī ar vītoliem (Leather et al., 1999). Vaboles sāk lidot, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra pārsniedz 10 °C, bet baroties – no veģetācijas perioda sākuma. Mērenajā joslā tam veidojas viena paaudze divos gados – pirmajā gadā tas pārziemo celmu saknēs kāpuru stadijā, bet otrajā gadā pārziemo

vaboles stadijā meža zemsedzē. Ziemeļeiropā, tajā skaitā arī Latvijā, kāpuri var attīstīties zemsedzē arī otrā sezonu. Mērenajā joslā mātītes dēj olas priežu, egļu sakņu mizā, sākot no maija līdz septembrim. Kāpuri šķiļas pēc 2–3 nedēļām, un uzreiz sāk baroties; to attīstība ilgst 13–14 mēnešus. Nākošajā vasarā kāpuri iekūņojas un pavada 2–3 nedēļas kūniņas stadijā. Parasti jaunās vaboles pievienojas vecajām, un no jūlija līdz augustam notiek to papildus barošanās. Šajā laikā ir vislielākie kokiem nodarītie bojājumi. Trešo ziemu pārdzīvo tikai 5–10 % no visām ziemojošajām vabolēm. Ķermeņa izmēri – vabolēm vidēji 10 mm, kāpuriem 18 mm (6.9. att.) (Dogels, 1986; Leather et al., 1999).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

H. abietis masveidā savairojas skujkoku jaunaudzēs. Jaunie skujkoki iet bojā, smecerniekam apgraužot stumbra lūksni, veidojot gredzenveida apgrauzumus. Turklāt, bojātu, ievainotu koku sveķu smarža ir papildus atraktants (Dogels, 1986; Leather et al., 1999).

H. abietis pirmie masveida savairošanās gadījumi notikuši Anglijā 1900. gadā (Moore, 2011). Krievijā pirmā nopietnā masveida savairošanās dokumentēta 1964. gadā aptuveni 30 ha platībā (Ильинский, Тропин, 1965). Katru gadu ASV *Hylobius* ģints smecernieki rada zaudējumus tuvu 3 000 000 dolāru, bet centrālajā Eiropā – vairāku simtu tūkstošu eiro apmērā (Leather et al., 1999). Turklāt, *H. abietis* raksturīgi savairoties vidēji pēc 8 gadus ilga „atpūtas” perioda (Lynn, 2009).

Klimatisko faktoru ietekme

H. abietis vislielāko kaitējumu nodara stādījumiem un jaunaudzēm, kad gaisa temperatūra pārsniedz 26 °C, bet relatīvais gaisa mitrums saglabājas 60–70 % robežās vai ir zemāks (Dillon et al., 2008a; Hajek et al., 2006; Leather et al., 1999). Veģetācijas perioda aizkavēšanās par 2–3 nedēļām norāda, ka daļa kāpuru ziemos otro gadu (Dillon et al., 2008b; Leather et al., 1999).

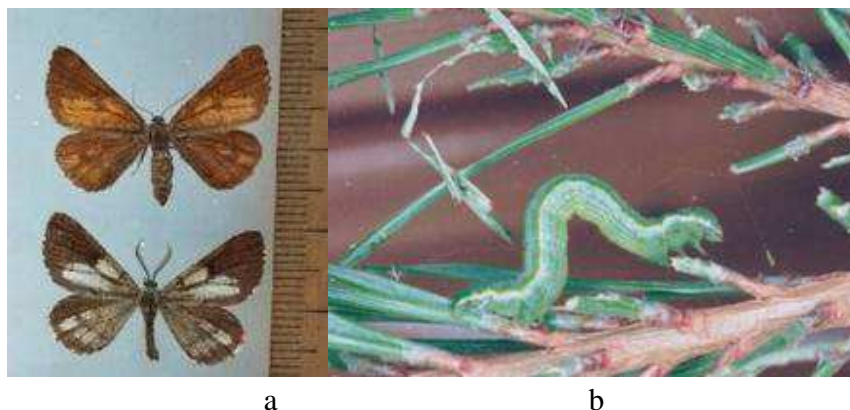
Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Ir zināma endoparazītiska nematode *Steinernema krassei*, kas nedaudz samazina smecernieku populāciju apjomus (Torr et al., 2008). Lapsene *Bracon hylobii* parazitē uz smecernieka kāpuriem. *B. hylobii* var samazināt *H. abietis* kāpuru skaitu par 1–40 %, kas ir salīdzinoši nenozīmīgs rādītājs smecernieka populācijas samazināšanai (Heritage, Moore, 2000; Leather et al., 1999). Turklāt, smecernieka vabolēm, atrodoties augsnē, ir iespējams invadēties ar *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis downesi* nematodēm. *H. downesi* ir efektīvāka, jo spēj samazināt *H. abietis* kāpuru un kūniņu skaitu augsnē par 70–97 %; *S. carpocapsae* – par 50–75 %. *B. hylobii* var ietekmēt *H. abietis* kāpuru skaitu, ja ir pietiekami augstas gaisa temperatūras (24 °C un vairāk), bet relatīvais gaisa mitrums ir zemāks kā 70 % (Heritage, Moore, 2001; Leather et al., 1999; Paul, 2007). Temperatūrās, kas ir zemākas par 20 °C, parazitiskās lapsenes ir mazaktīvas (Heritage, Moore, 2001; Paul, 2007). Savukārt nematožu aktivitāti ierobežo ilgstošs sausums un augstas gaisa temperatūras. Nematodes iecistējas un atrodas diapauzē, ja augsnes temperatūra sasniedz 26 °C vai vairāk, bet kopējais ūdens daudzums samazinās zem 15 %, kas salīdzinoši strauji notiek, gaisa temperatūrai paaugstinoties līdz 25–30 °C (Dillon et al., 2006; Dillon et al., 2008a; Dillon et al., 2008b; Paul, 2007). Nematodēm raksturīga augsta aktivitāte arī salīdzinoši zemās temperatūrās – 3–8 °C (Dillon et al., 2006; Paul, 2007). Entomofāgās nematodes tiek raksturotas kā vieni no būtiskākajiem *H. abietis* populāciju samazinošiem dabiskajiem ienaidniekiem (Dillon et al., 2006).

Priežu sprīžmetis *Bupalus piniarius*

Sugas bioloģija

Tauriņš *Bupalus piniarius* ir izteikta Eirāzijas suga. Tas sastopams parastās priedes izplatības areālā. *B. piniarius* izplatības areāls stiepjas, sākot no Rietumeiropas, caur Viduseiropu un daļēji caur Ziemeļeiropu uz Krievijas Eiropas daļu līdz Sibīrijai (Воробьев, 1985; Мамаев 1977).



6.10. attēls. *Bupalus piniarius*, a – pieaugušie tauriņi; b – kāpurs (foto: A. Šmits)

B. piniarius primāri barojas ar parastās priedes *Pinus sylvestris* skužām, taču masveida savairošanās gadījumos, kad kāpuriem nepietiek barības, tie var atskujot arī egles un kadiķus, un var tikt bojāti pat virši (Šmits, 2003; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977). Tauriņi lido no maija beigām līdz jūlija vidum. Šajā laikā tauriņu mātītes aktīvi dēj olas; 15–30 dienas pēc olu izdēšanas šķīļas jaunie kāpuri. Septembra otrajā pusē, oktobrī pieaugušie kāpuri dodas meža zemsegā līdz minerālaugšnes slāņa sākuma robežai, kur iekūpojas. Kāpuru barošanās parasti notiek līdz pirmajām salnām (Ozols, 1985; Šmits, Vilka, 1993; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977). Masu savairošanās laikā, kad kāpuriem trūkst barības, tie turpina baroties arī novembrī un pat decembrī. Kūniņas šķīļas nākamajā pavasarī – parasti maija vidū. Ķermeņa garums – tauriņiem vidēji 18 mm, kāpuriem 30 mm (6.10. att.) (Šmits, 2003; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Eiropā ir aprakstīti vairāki *B. piniarius* masveida savairošanās gadījumi, sākot ar 18. gs. sākumu. Nopietnāko savairošanās gadījumu hronoloģiskā uzskaitē uzsākta 19. gs. beigās – pārsvarā Polijā, Ukrainā, mazāk – Vācijā un Krievijā (Meshkova, 2003; Ильинский, Тропин, 1965).

Latvijas apstākļos *B. piniarius*, iespējams, ir visbīstamākais priedes kaitēklis. Pēdējos gadu desmitos novērotas periodiskas šī kaitēkļa savairošanās ik pēc 10 gadiem. 1937. gadā masveida savairošanās aptvēra 80 ha, 1966.–1967. gadā 500 ha, 1972.–1976. gadā 670 ha, 1979.–1983. gadā 4000 ha, 1989.–1992. gadā 30000 ha, 1998.–1999. gadā 400 ha. *B. piniarius* skaita samazināšanai veiktas avioapstrādes: 1981. g. 1057 ha platībā, 1990. un 1991. gadā 10964 ha platībā, bet 1998. gadā – 130 ha platībā (pēc Valsts meža dienesta datiem). 1991., 1992. gadā pret šo kaitēkli tika pielietota apstrāde ar insekticīdiem, izmantojot aviāciju, vairāk nekā 10 000 ha

platībā (Šmits, Vilka, 1993). Latvijā ir raksturīgi šī kaitēkļa savairošanās reģioni (Ozols, 1985), tomēr, mainoties klimatam, pastāv iespēja, ka šī kaitēkļa savairošanās var tik novērota arī citās vietās Latvijā.

Klimatisko faktoru ietekme

Pagaidām nav pilnībā noskaidroti klimatiskie faktori, kas ierosina *B. piniarius* masveida uzliesmojumus. Nereti novēroti *B. piniarius* savairošanās gadījumi, kuriem nav bijis iespējams rast racionālu bioloģisku skaidrojumu (Fleming, Volney, 1995; Mellec et al., 2011; Meshkova, 2003; Ильинский, Тропин, 1965), taču konstatēts, ka vairumā gadījumu *B. piniarius* masveida uzliesmojumi notiek pēc sausām vasarām, stipri izžūstot augsnei, kā arī, ja iepriekšējā gadā nokrišņu daudzums bijis zemāks par 550 mm (Cedervind, 2003; Meshkova, 2003). Tāpat novērota likumsakarība, ka pēc ilgstoša kailsala ziemā un temperatūrām zem -20°C , kas saglabājušās ilgāk par nedēļu, augsnē mirst 10–40 % *B. piniarius* ziemojošo kūniņu. Šāds klimats parasti ir kā dabisks regulators, neļaujot savairoties *B. piniarius* nākamajā gadā (Fleming, Volney, 1995; Mellec et al., 2011; Meshkova, 2003). *B. piniarius* kaitējums var pieaugt, paaugstinoties gaisa temperatūrai rudens periodā. Vēsa laika iestāšanās tauriņu lidošanas laikā, gluži pretēji, var sekmēt strauju populācijas samazināšanos (Šmits, 2001).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Noskaidrots, ka ar *B. piniarius* kāpuriem un olām barojas daudzu sugu parazītiskās lapsenes, taču to ietekme tauriņu populāciju regulācijā ir maznozīmīga, turklāt bieži izpaužas pēc *B. piniarius* masu uzliesmojumiem (Elkinton, Liebhold, 1990; Ozols, 1985). Salīdzinoši nozīmīgāka ietekme uz kāpuru mirstību ir nukleopoliedrozes vīrusam *Bacillus thurengiensis kurtsaki* un nematodei *Steinernema carpocapsae* (Cedervind, 2003; Elkinton, Liebhold, 1990). Tomēr jāatzīmē, ka *B. piniarius* savairošanās gadījumus dabiskā ceļā primāri ierobežo klimatiskās izmaiņas (Cedervind, 2003; Fleming, Volney, 1995; Mellec et al., 2011; Meshkova, 2003).

B. piniarius ir aprakstītas vairāk nekā 40 parazītu sugas (Klomp, 1966; Ozols, 1985; Šmits, Vilka, 2003), tomēr to nozīme populācijas regulēšanā ir nenozīmīga. Lielāka nozīme populācijas cikliskumā ir klimatiskajiem apstākļiem (Šmits, 2001).

Priežu rūsganā zāglapsene *Neodiprion sertifer*

Sugas bioloģija

Lapsene *Neodiprion sertifer* sastopama gandrīz visā Eiropā, Āzijā, Sibīrijā, Korejā, Japānā un Ziemeļamerikā. Izplatības areāls nedaudz pārsniedz polāro loku (Kolomiets et al., 1972).



6.11. attēls. *Neodiprion sertifer*, a – kāpuri; b – lapsenes – pa kreisi mātiņa, pa labi tēviņš
(avots: <http://insects.botgard.uran.ru/>)

N. sertifer saimniekaugi ir dažādu sugu priedes. Kāpuri barojas koloniāli, nograužot vecās skujas un gandrīz pilnībā atskujojot priežu vainagus. Barībai pārsvarā tiek izmantotas jaunaudzes, bet masveida savairošanās laikā var ciest dažāda vecuma priežu mežaudzes (Kolomiets et al., 1972; Šmits et al., 2008). *N. sertifer* olas pārziemo uz priežu skujām, bet kāpuri šķiļas no aprīļa otrās puses līdz maija vidum. Kāpuru iekūņošanās notiek no jūlija līdz rudenim. Lapsenes sāk izkūņoties ap augusta beigām. Imago lidošana parasti notiek no septembra otrās puses līdz oktobra sākumam. Ap 3–10 % *N. sertifer* eonimfu paliek pārziemot. *N. sertifer* eonimfas fāzē var diapauzēt 2–3 gadus. Ķermeņa garums – lapsenēm vidēji 9 mm, kāpuriem 14 mm (6.11. att.) (Kolomiets et al., 1972).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Vēsturē ir aprakstīts liels skaits apjomīgu *N. sertifer* savairošanās gadījumu. Eiropā aprakstīti 56 vērā ņemami gadījumi kopš 1873. gada. Lielākās masveida savairošanās Eiropā bijušas: 1873.–1895., 1907.–1913., 1918.–1922., 1932.–1935., 1938.–1940., 1948.–1950., 1950.–1956. gadā. Eiropas ziemeļu daļā, piemēram, Somijā *N. sertifer* raksturīgi savairošanās gadījumi ar 5–6 gadu intervālu, bet izteikti postoši masveida savairošanās gadījumi – vidēji reizi 30 gadus. Krievijā pirmie masveida savairošanās gadījumi notikuši, sākot no 1928.–1929. gada, bet viens no nozīmīgākajiem savairošanās gadījumiem bijis 1932. gadā aptuveni 100 000 ha platībā (Kolomiets et al., 1972). Krievijā vēlāk notikušie uzliesmojumi bijuši 1947.–1949. un 1959.–1961. gadā, taču pēdējā nozīmīgākā savairošanās Krievijā notikusi 1984. gadā. (Kolomiets et al., 1972; Вишнякова, 2011). Interesanti, ka Baltijas valstīs savairošanās gadījumi notikuši līdzīgos laikos: 1928.–1931., 1936.–1938., 1947.–1949. gadā (Kolomiets et al., 1972). Pēdējā nozīmīgākā savairošanās Latvijā notikusi 2004. gadā pie Ventspils (500 ha) un Valkas (300 ha) (Šmits et al., 2008). Ukrainā lielākie uzliesmojumi notikuši 1945.–1964., 1949.–1951., 1959.–1960. gadā (Kolomiets et al., 1972; Вишнякова, 2011). Uzliesmojumu sinhronitāte līdzīgos reģionos skaidrojama tieši ar klimatisko apstākļu līdzību konkrētā sezonā. „Atpūtas” periodi starp savairošanās gadījumiem variē – vidēji 7 gadi visā Eiropā, Centrāleiropā 5 gadi, bet Baltijas reģionā no 5 līdz 12 gadiem (Kolomiets et al., 1972; Вишнякова, 2011; Гурьянова, 1986).

Klimatisko faktoru ietekme

N. sertifer populāciju attīstību sekmē salīdzinoši silts rudens un vēlas salnas (Kolomiets et al., 1972; Ozols, 1985; Tarmo et al., 1996). *N. sertifer* ir viena no izturīgākajām dendrofāgo kaitēkļu sugām, jo spēj izturēt straujas klimatiskas svārstības (Ozols, 1985; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977). *N. sertifer* olas spēj pārziemot pat -40°C salā, ja priežu vainagus klāj sniegs un ilgi saglabājas sniega sega (Kolomiets et al., 1972). Lai gan *N. sertifer* olas spēj izturēt salu, tomēr 60–80 % no tām iet bojā kailsala apstākļos, ja temperatūra saglabājas -36°C vairākas dienas (Kolomiets et al., 1972; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977). Masveida savairošanos parasti paredz, ja ūdens daudzums augsnē sasniedz kritisko robežu (mazāks par 20 %) un ilgstoši nav nokrišņu, vai to daudzums tekošajā vasarā ir mazāks par 50 % (Kolomiets et al., 1972; Paul, 2007). Turklāt lielāka ticamība, ka nākamajā vasarā notiks *N. sertifer* savairošanās, ja tekošās sezonas temperatūras rādītāji vismaz par 20 % pārsniedz vidējos (Kolomiets et al., 1972; Ozols, 1985; Tarmo et al., 1996).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Dabiskā veidā *N. sertifer* populāciju attīstību galvenokārt nosaka klimats un tā izmaiņas. Dabisko ienaidnieku ietekme ir mazsvarīga (Bjorkman et al., 1997; Kolomiets et al., 1972; Ozols, 1985; Tarmo et al., 1996). Ir zināmas dažas parazitisko lapseņu sugas, kas parazitē uz *N. sertifer* kāpuriem. Lapsene *Dipriocampe diprioni* parazitē uz *N. sertifer* olām. Tā visbūtiskāk ietekmē *N. sertifer* populācijas – var samazināt kopējo olu skaitu par 16–30 % (Bjorkman et al., 1997; Martini, 2000). Šo parazitisko lapseņu lidošanu nelabvēlīgi ietekmē straujas gaisa mitruma svārstības, ilgstošs lietus un relatīvais gaisa mitrums, kas pārsniedz 70–80 % robežu (Bjorkman et al., 1997; Kroder et al., 2006; Martini, 2000).

Brūnaste *Euproctis chrysorrhoea*

Sugas bioloģija

Tauriņš *Euproctis chrysorrhoea* ir sastopams visā Palearktikā. Šai sugai ir plašs areāls Ziemeļamerikā. Eiropas ziemeļdaļā tā izplatības areāls stiepjas līdz Holandai un Zviedrijas dienvidu daļai. Eiropas dienvidu reģionos sastopams līdz Vidusjūrai (Frago et al., 2010; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).

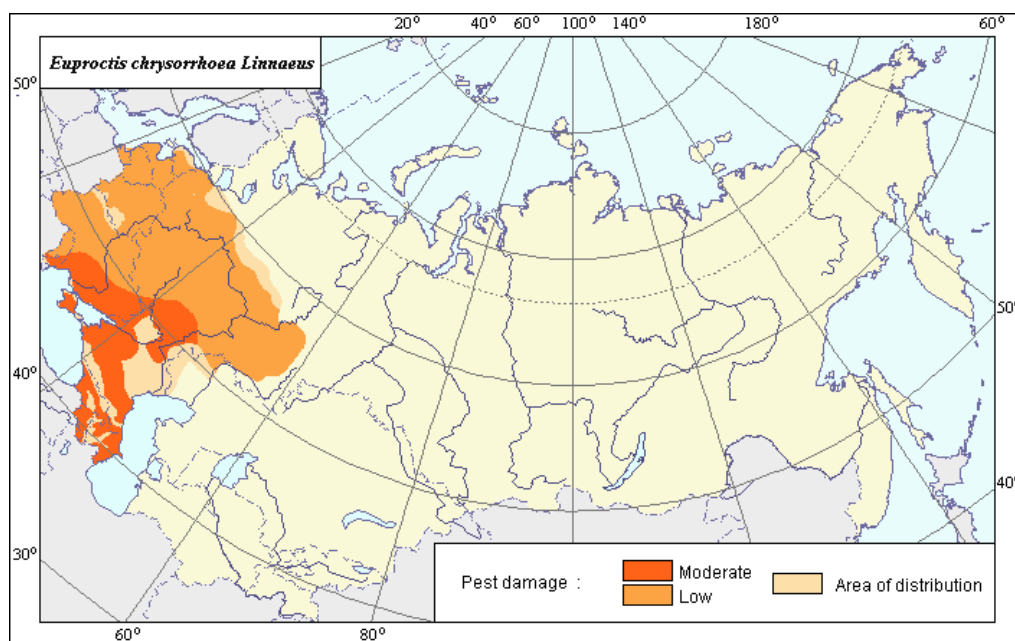


6.12. attēls. *Euproctis chrysorrhoea*, a –kāpurs; b – tauriņš
(avots: <http://micabiodiversity.blogspot.com/>; <http://www.cbif.gc.ca/>)

E. chrysorrhoea kāpuri barojas ar vairāk nekā 26 ģinšu lapkoku un krūmu sugām. Primāri barojas ar augļkoku un ozolu lapām. Pieaugušie īpatņi lido no jūnija otrās puses līdz augustam. Šajā laikā mātītes nepārtraukti dēj olas. Kāpuri sāk šķīlties jūlija beigās un barojas līdz pirmajām salnām, vidēji sasniedzot otro augumu, un izveido ziemošanas ligzdas – ar zīdu pārklātas zaru kopas. Tajās ziemošanai sagatavojas vairāki desmiti kāpuru. Nākamajā pavasarī kāpuri sāk baroties, kad saimniekaugiem parādās pirmās lapas. Pilnībā defoliējot esošās ligzdas, kāpuri migrē uz jauniem zariem, veidojot jaunas. Kūniņas stadija ilgst no jūnija sākuma līdz vidum. Ķermeņa izmēri – tauriņi vidēji 16 mm, kāpuri 40 mm gari (6.12. att.) (Frago et al., 2010; Ozols, 1985; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Masveida savairošanās nodara ne tikai nopietnu kaitējumu dabai un saimniecībai, bet arī cilvēku veselībai. *E. chrysorrhoea* matiņi tiek raksturoti kā vieni no alergēnākajiem *Lymantriidae* tauriņu dzimtā. Koloniālās barošanās laikā *E. chrysorrhoea* kāpuri saskarē viens ar otru gaisā rada neredzamu matiņu mākonī, kas ar vēja palīdzību var tikt izplatīts plašā teritorijā. Cilvēkiem, kas uzturas savairošanās reģionā vai tā tuvumā, matiņi var radīt smagu dermatītu (Frago et al., 2010).



6.13. attēls. *E. chrysorrhoea* bojājumu intensitāte Eiropā

(avots: <http://www.agroatlas.ru/>)

Lielākos bojājumus kāpuri rada tieši pavasarī pēc ziemošanas. To masveida uzliesmojumi notiek neregulāri, un tie ir grūti paredzami. *E. chrysorrhoea* raksturīgi masveidā savairoties kopā ar *L. dispar* (Frago et al., 2010). *E. chrysorrhoea* periodiski uzliesmojumi ir aprakstīti Krievijā jau no 19. gs sākuma (Frago et al., 2010; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977). Nopietnākās masu savairošanās ir notikušas Ziemeļamerikā vidēji ar 7–9 gadu intervālu, sākot no 19. gs. beigām (Frago et al., 2010). Vispostošāk izpaužas savairošanās kopā ar *L. dispar*, jo tad iet bojā praktiski visas skartās mežaudzes ievērojamās platībās (Frago et al., 2010; Meshkova, 2003). Pagaidām zināms, ka *E. chrysorrhoea* gan Ziemeļamerikā, gan Eirāzijā savairojas vidēji ar 8 gadu „atpūtas” intervālu (Battisti, 2006; Fleming, Volney, 1995; Frago et al., 2010; Mattson et al., 2007). Pagaidām Eiropā ievērojamākās masveida savairošanās notikušas dienviddaļā (6.13. att.) (Meshkova, 2003).

Klimatisko faktoru ietekme

Lai gan vasarā *E. chrysorrhoea* kāpuri spēj pārciest ilgstošas lietavas un ilgstošu temperatūras pazemināšanos zem 15 °C, ziemā sals ap –30 °C un zemāk, saglabājoties ilgāk par 3 dienām, spēj iznīcināt līdz 50 % no visiem ziemojošiem kāpuriem (Frago et al., 2010; Meshkova, 2003; Paul, 2007).

Masveida uzliesmojumus tekošajā gadā parasti sekmē salīdzinoši augstas temperatūras (vismaz par 15 % pārsniedzot vidējos rādītājus) maijā un relatīvais gaisa mitrums, kas zemāks par 60 %. Liela iespējamība, ka nākošajā gadā notiks uzliesmojums, ja tekošā gada jūlijā hidrotermālais indekss ir mazāks par 0,09 (Battisti, 2006; Fleming, Volney, 1995; Mattson et al., 2007; Meshkova, 2003; Paul, 2007).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Ir aprakstītas dažas parazitiskās lapsenes, kas parazitē uz *E. chrysorrhoea* olām. Taču jāatzīmē, ka to ietekme uz *E. chrysorrhoea* olu mirstību ir nenozīmīga (Crossman, Webber, 1924; Schaefer, 1986). *E. chrysorrhoea* populācijas būtiski regulē *Tachinidae* dzimtas parazitiskās mušas (Baer, 1920; Dissescu, 1960). Līdzīgi kā *L. dispar*, *E. chrysorrhoea* kāpuru izdzīvošanu ietekmē *Parasetigena silvestris* (Crossman, Webber, 1924; Dissescu, 1960). Jau minēts, ka *P. silvestris* pupāriju mirstību augsnē veicina ilgstošs lietus (Ford, Shaw, 1991; Paul, 2007).

Nukleopoliedrozes vīruss masu uzliesmojuma laikā sekmīgi spēj samazināt *E. chrysorrhoea* populāciju līdz 30 % no tās apjoma (Elkinton, Liebhold, 1990; Lautenschlager et al., 1980). Jāatzīmē, ka svarīgākā loma *E. chrysorrhoea* populāciju regulācijā ir tieši sezonālām klimatiskām svārstībām (Battisti, 2006; Elkinton, Liebhold, 1990; Mattson et al., 2007; Meshkova, 2003; Schaefer, 1986).

Priežu zāglapsene *Diprion pini*

Sugas bioloģija

Lapsene *Diprion pini* sastopama Eirāzijā, Ziemeļamerikā. *D. pini* apdzīvo reģionus, kas sniedzas līdz polārajam lokam (Dogels, 1986; Воробьев, 1985; Мамеев, 1977).



a



b

6.14. attēls. *Diprion pini*, a – kāpurs; b – pieaugusi lapsene
(avots: <http://coleop123.narod.ru/>; <http://www.biolib.cz/en/taxonimage/>)

D. pini biežāk sastopams 20–40 gadus vecās, biežāk stādītās priežu jaunaudzēs (Ozols, 1985; Воробьев, 1985; Мамеев, 1977). Šai sugai raksturīga viena paaudze izplatības areāla ziemeļu reģionos, bet mērenajā klimatiskajā zonā un areāla dienvidu daļā raksturīgas divas paaudzes sezonā. Pieaugušas lapsenes vasarā pirmo reizi lido no aprīļa beigām līdz maija sākumam, otrreiz – augustā. Pavasarī *D. pini* mātītes olas dēj uz vecām skujām, bet vasarā - arī uz tekošā gada skujām. Kāpuri šķiļas vidēji pēc 2–3 nedēļām un barojas primāri ar parastās priedes, kā arī citu priežu sugu skujām, pilnībā atšķujojot zarus un nograužot to mizu. Kāpuri barojas no

augusta līdz oktobrim vai pirmajām salnām. Vēlāk tie nokrīt zemē, un lielākā daļa pārziemo augsnē līdz 15 cm dziļumam, bet neliela daļa paslēpjas mizas nelīdzenumos priežu stubru pamatņu apakšējās daļās. Eonimfas stadijā tie spēj pārziemt līdz nākamajam pavasarim, bet vēsākās sezonās – līdz aiznākamajam. Ķermeņa izmēri – lapsenes vidēji 9 mm, kāpuri 26 mm gari (6.14. att.) (Kurkela et al., 2005; Ozols, 1985; Боробьев, 1985; Мамаев, 1977).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

Jau kopš 19. gs beigām ir aprakstīti *D. pini* savairošanās gadījumi Ukrainā, Krievijā, Baltkrievijā (Supatashvili, 1990; Макарова, 2004). Vēlāk – 20. gs. sākumā – periodiski *D. pini* uzliesmojumi plašās teritorijās aprakstīti Ziemeļamerikā (Kolomiets et al., 1972; Meshkova, 2003). Eiropā *D. pini* savairošanās notiek ik pēc 3–6 gadu pārtraukuma (Augustaitis, 2006; Meshkova, 2003). Ziemeļamerikā savairošanās cikli ir īsāki – ar 2–4 gadu pārtraukumiem (Макарова, 2004). Serbijā aprakstīts viens no lielākajiem *D. pini* masveida uzliesmojumiem vēsturē (1954.–1955. gadā), kā rezultātā pilnībā tika atskujotas mežaudzes 6 000 ha platībā (Vasic, Zivojinovic, 1960). Bieži *D. pini* savairošanās pavada *N. sertifer* masveida uzliesmojumus, kā rezultātā invadētie koki bieži iet bojā. Turklāt *D. pini* uzliesmojumi parasti piesaista sekundāros dendrofāgos kaitēkļus. Punktveida savairošanās gadījumos parasti 30 % no invadētajām priedēm iet bojā (Augustaitis, 2007; Kurkela et al., 2005).

Klimatisko faktoru ietekme

Līdzīgi kā *N. sertifer*, *D. pini* masveida savairošanos nākamajā gadā paredz, ja ūdens daudzums augsnē sasniedz kritisko robežu (zem 20 %) un ilgstoši nav nokrišņu, vai to daudzums tekošajā vasarā mazāks par 50 % (Kolomiets et al., 1972; Kurkela et al., 2005; Paul, 2007). Tāpat arī *D. pini* savairošanās iespēja nākošā gadā pieaug, ja tekošās sezonas temperatūras rādītāji vismaz par 20 % pārsniedz vidējos (Kolomiets et al., 1972; Ozols, 1985; Tarmo et al., 1996; Макарова, 2004).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Lai gan *D. pini* masveida savairošanos pamatā regulē sezonālās klimatiskās svārstības, tomēr būtiska loma ir dabisko ienaidnieku ietekmei (Kolomiets et al., 1972; Vasic, Zivojinovic, 1960). Maznozīmīgi *D. pini* populāciju attīstību ietekmē nukleopoliedrozes vīruss *Birdiavirus diprioni*, taču, jāatzīmē, ka parazitiskās lapsenes *Drino inconspicua* un *Exenterus abruptorius* spēj samazināt līdz 90 % no visiem tekošās sezonas kāpuriem. *B. diprioni* un *D. inconspicua* savairošanās parasti notiek nākamajā gadā pēc *D. pini* masveida uzliesmojuma (Kolomiets et al., 1972; Supatashvili, 1990). Pagaidām nav noskaidrots, kādi klimatiskie apstākļi veicina šo parazitisko lapseņu populāciju attīstību (Tarmo et al., 1996; Supatashvili, 1990; Макарова, 2004). Vienīgi zināms, ka to populācijas sarūk, strauji samazinoties *D. pini* populācijām aptuveni trešajā gadā pēc uzliesmojuma (Supatashvili, 1990; Макарова, 2004).

Priežu pūcīte *Panolis flammea*

Sugas bioloģija

Tauriņš *Panolis flammea* sastopams visā parastās priedes izplatības areālā. *P. flammea* izplatības areāls aptver lielāko daļu Eiropas, Āziju. Izplatības areāla ziemeļu robeža ir 63° ziemeļu platums, bet dienvidu daļā robeža sniedzas līdz Ukrainas dienvidrietumu daļai (Dogels, 1986; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).



a

b

6.15. attēls. *Panolis flammea*, a – kāpurs; b – tauriņš

(avots: <http://www.biolib.cz/en/formsearch/>)

P. flammea kūniņas pārziemo un sāk šķīlties aprīlī. Tauriņi lido no aprīļa beigām līdz maija beigām. Šajā laikā mātītes aktīvi dēj olas. Kāpuri šķīļas no aprīļa otrās puses vai beigām līdz jūnija sākumam. Tie barojas līdz augusta otrajai pusei ar priežu skujām, galvenokārt uz 30–60 gadus veciem kokiem. *P. flammea* sāk iekūņoties jau no jūlija beigām. Kūniņas pārziemo vienu ziemu. Ķermeņa izmēri – tauriņi vidēji 18 mm, kūniņas 40 mm garas (6.15. att.) (Ozols, 1985; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

P. flammea uzskatāms par nopietnu vidējā vecuma priežu kokaudžu kaitēkli. Eiropā ir aprakstīti vairāki epizodiski masveida *P. flammea* uzliesmojumi, sākot ar 18. gs. sākumu. Ukrainā *P. flammea* uzliesmojumi tiek novēroti kopš 1894. gada (Meshkova, 2003). Polijā pirmais nopietnais uzliesmojums aprakstīts 1922.–1924. gadā (Mokrzecki, 1928). Savukārt Anglijā pirmie nopietnākie *P. flammea* masveida savairošanās gadījumi aprakstīti, sākot no 1970. gada (Hicks, Watt, 2000). Zināms, ka *P. flammea* masveida uzliesmojumi notiek vidēji ar 10 gadu „atpūtas” intervālu (Battisti, 2006; Hicks, Watt, 2000; Ozols, 1985; Schroeder, 2008). Turklāt novērots, ka *P. flammea* savairošanās gadījumi bieži pavada mūķeņu dzimtas *Lymantriidae* tauriņu masveida uzliesmojumus (Hicks, Watt, 2000).

Klimatisko faktoru ietekme

P. flammea kāpuru barošanas un attīstību labvēlīgi ietekmē salīdzinoši silti jūnija mēneši. Masveida savairošanās nākamajā gadā var veicināt ilgstošs salīdzinoši silts laiks ziemā, gaisa temperatūrai saglabājoties 0–5 °C robežās 2–3 mēnešus (Meshkova, 2003; Paul, 2007). Šādi apstākļi ievērojami paaugstina ziemojošo *P. flammea* kūniņu izdzīvošanas iespējas (Meshkova, 2003; Ozols, 1985; Воробьев, 1985). Tāpat savairošanās nākamajā gadā var veicināt salīdzinoši karsts pavasaris tekošajā gadā – maijā temperatūrai palielinoties līdz 15 °C un saglabājoties zemam mitrumam (hidrotermālais koeficients zem 0,1), jo šādos apstākļos ievērojami palielinās *P. flammea* izdēto olu saglabāšanās (Meshkova, 2003; Schroeder, 2008).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

Aprakstītas vairākas *Ichneumonidae*, *Brachonidae* dzimtas parazitiskās lapsenes, kas parazitē uz *P. flammea* kāpuriem, kā arī uz *P. flammea* olām parazitējošā lapsene *Trichogramma evanescens*, taču to loma *P. flammea* populāciju regulācijā ir maznozīmīga (Haeselbarth, 2009; Hicks et al., 2008; Mokrzecki, 1928). Noskaidrots, ka neliela, taču būtiska loma kūniņu skaita samazināšanā ir lapsenei *Rictichneumon pachymerus*. Taču *R. pachymerus* populācijas strauji savairojas nākamajā gadā pēc *P. flammea* uzliesmojumiem. Turklāt jāatzīmē, ka *R. pachymerus* ekoloģija ir maz pētīta (Haeselbarth, 2009).

P. flammula masveida savairošanās laikā noskaidrota augsta *P. flammula* kūniņu mirstība (nedaudz vairāk kā 80 %) entomofāgās sēnes *Entomophaga aulicae* iedarbības rezultātā. Pagaidām zināms, ka entomofāgo sēņu izplatīšanos veicina salīdzinoši lietaini un silti rudenī (klimatiskie rādītāji pārsniedz vidējos) (Hicks, Watt, 2000; Meshkova, 2003; Paul, 2007).

Priežu vērpējs *Dendrolimus pini*

Sugas biologija

Tauriņš *Dendrolimus pini* sastopams priežu mežos un audzēs galvenokārt centrālajā un Ziemeļeiropā (Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).



6.16. attēls. *Dendrolimus pini*, a – kāpurs; b – tauriņš
(avots: <http://www.schmetterling-raupe.de/>; <http://www.nhm.ac.uk/>)

D. pini otrā auguma kāpuri pārziemo meža zemsedzē līdz 10 cm dziļumam. Kāpuri no zemsedzes pāriet uz priežu vanagiem, un no aprīļa sākuma līdz jūnija sākumam aktīvi barojas ar priežu skujām, nereti apgraužot zaru mizu (pirmā barošanās). Maija sākumā kāpuri veido kokonus, kuros iekūņojas. No maija vidus līdz jūnija beigām *D. pini* pavada kūniņas stadijā. Vidēji no jūnija sākumā sāk šķilties *D. pini* tauriņi. Pieaugušie tauriņi lido līdz jūlija beigām, augusta sākumam. Šajā laikā *D. pini* mātītes nepārtraukti dēj olas. Kāpuri sāk šķilties jūnija vidū, un uzsāk otro barošanos, kas ilgst līdz pirmajām salnām – parasti oktobra vidum. Sasniedzot 25–30 mm garumu, kāpuri līdz ar pirmajām salnām ierokas meža zemsedzē. Parasti lielākā daļa *D. pini* kāpuru pārziemo otru ziemu. Ķermeņa izmēri – tauriņi vidēji 55 mm, kāpuri 25 mm gari (6.16. att.) (Ozols, 1985; Sierpinska, 1998; Воробьев, 1985; Мамаев, 1977).

Vēsturiskie postījumi un savairošanās cikli

D. pini ir viens no agresīvākajiem skuju kokū kaitēkļiem dendrofāgo tauriņu vidū, jo tā kāpuru stadija ir viena no ilgākajām. Turklāt, kāpuri pēc ziemošanas barojas izteikti intensīvi, pilnībā nograuzot skuju. Par saimniekaugiem kalpo ekonomiski vērtīgas priedes – 50–100 gadus vecas. Bieži *D. pini* invadētie koki nespēj atjaunot vainagus un nereti iet bojā izžūstot (Ozols, 1985; Боро́бьев, 1985; Мамаев, 1977).

Lai gan tauriņam raksturīgi savairoties dažādos Eiropas reģionos, *D. pini* masveida uzliesmojumu laikā bieži tiek skartas 1 000 ha un lielākas platības – parasti Vācijā un Polijā, mazāk – Ukrainā un Krievijā. 1946.–1995. gadā Polijā atskujoti 233 000 ha priežu audžu, bet 1782.–1792. un 1869.–1872. gadā Vācijā tika atskujoti ap 170 000 ha priežu audžu. Salīdzinoši īsā laika posmā 1993.–1996. g. Vācijā *D. pini* ir radījis ievērojamus bojājumus 83 700 ha platībā (Moore, 2009; Sierpinska, 1998). Savukārt, *D. pini* savairošanos vēlāk pavada sekundārie ksilofāgie kaitēkļi, piemēram, mizgrauži (Ozols, 1985; Sierpinska, 1998; Боро́бьев, 1985; Мамаев, 1977). Novērojot savairošanās gadījumus Polijā, noskaidrots, ka pārtraukuma periodiem starp *D. pini* masveida uzliesmojumiem ir tendence sarukt. Tā, piemēram, no 1791.–1925. gadam tie ir bijuši vidēji 38 gadi, bet 1927.–1996. gadā 6–7 gadi (Moore, 2009). Šādas drastiskas izmaiņas sugas dinamikas ciklos tiek skaidrotas galvenokārt ar klimata izmaiņām – globālo sasilšanas procesu (Elkinton, Liebhold, 1990; Meshkova, 2003; Макарова, 2004).

Klimatisko faktoru ietekme

Noskaidrots, ka *D. pini* pamet ziemošanas vietu augsnē un atgriežas saimniekaugu vainagos, kad gaisa temperatūra pirmo reizi pārsniedz 4–5 °C robežu (Meshkova, 2003; Боро́бьев, 1985). Kāpuru bojāeju augsnē ievērojami veicina salīdzinoši vēls, nokrišņiem bagāts un vēss pavasaris, jo, paaugstinoties augsnes mirumam, joprojām mazaktīvie kāpuri invadējas ar nematodēm, entomofāgām sēnēm un iet bojā (Meshkova, 2003; Sierpinska, 1998).

D. pini savairošanos nākamajā sezonā parasti indicē būtisks temperatūras pieaugums tekošā gadā – aprīlī (pirmās kāpuru barošanās laikā), augustā un oktobrī (otrās kāpuru barošanās laikā) (Meshkova, 2003). Turklāt noskaidrots, ka masveida savairošanās parasti korelē ar salīdzinoši augstākām temperatūrām laikā no jūnija līdz septembrim iepriekšējā gada laikā (Meshkova, 2003; Schroeder, 2008; Singh, Satyanarayana, 2009). Taču jāatzīmē, ka savairošanās varbūtību būtiski samazina palielināts nokrišņu daudzums kāpuru barošanās laikā (Meshkova, 2003). Lietus laikā kāpuri pārtrauc baroties, rāpjas uz koku vainagu apakšējām daļām un slēpjas zaru žāklēs, pavadot laiku praktiski nekustīgi (Elkinton, Liebhold, 1990; Мамаев, 1977). Tādējādi kāpuri uzkrāj mazāk rezervju, un līdz ar to tauriņu stadijā mātītes ražo mazāk olu (Elkinton, Liebhold, 1990).

Nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki un tos būtiski ietekmējošie klimatiskie faktori

D. pini ziemojošo kāpuru skaitu ievērojami samazina entomofāgā sēne *Cordyceps militaris*. Tās ietekmē parasti iet bojā 30–80 % no visiem augsnē ziemojošajiem kāpuriem. Turklāt parazitiskā lapsene *Sarcophaga affinis* spēj iznīcināt 10–40 % no visiem kāpuriem. Jāatzīmē, ka, līdzīgi kā daudzas citas parazitiskās lapsenes, *S. affinis* savairojas tikai nākamajā gadā pēc saimniekorganismu masveida uzliesmojuma (Singh, Satyanarayana, 2009). Parazitiskā muša *Muscina pabulorum* spēj par 40–60% samazināt *D. pini* kāpuru skaitu (Singh, Satyanarayana,

2009). Iespējams, līdzīgi kā *P. silvestris*, arī *M. pabulorum* pupāriju mirstību augsnē veicina ilgstošs lietus (Ford, Shaw, 1991; Singh, Satyanarayana, 2009; Paul, 2007).

6.2. Meža kaitēkļu savairošanās gadījumu hronoloģija Latvijā

Vēsturiski atskatoties uz kaitēkļu savairošanās izraisītām problēmām valstīs, kuras atrodas uz dienvidiem no Latvijas, varam sagaidīt, ka Latvijā skuju-lapu grauzēju kaitēkļu ietekme pieaugs. Kaimiņvalstī Lietuvā skuju-lapu grauzēju kaitēkļu savairošanās vērojamas vai ik gadus (Report 2011). Vēl dramatiskāka situācija vērojama Polijā. Kopš 1950. gada Polijā novērotas 6 egļu mūķenes savairošanās. Šīs sugas skaita ierobežošanai lietota ķīmiskā apstrāde 7,3 miljonu hektāru platībā (Glowacka, 1998). Sajā laika periodā novērotas arī plašas citu kaitēkļu savairošanās – *Panolis flammea*, *Dendrolimus pini*, *Bupalus piniarius* un citu. Egļu astoņzobu mizgrauža (*Ips typographus*) ietekmes rezultātā egles kā sugas pastāvēšana Polijā ir apdraudēta (Grodzki, 1997).

Egļu astoņzobu mizgrauža savairošanās, kuras saistītas gan tieši ar temperatūras paaugstināšanos, gan netieši ar klimata izmaiņu rezultātā biežāk novērotām vētrām, rada nopietnus draudus mežsaimniecībai. Šī kaitēkļa pieaugošā ietekme Eiropā 20. gadsimtā (Skuhravy, 2002):

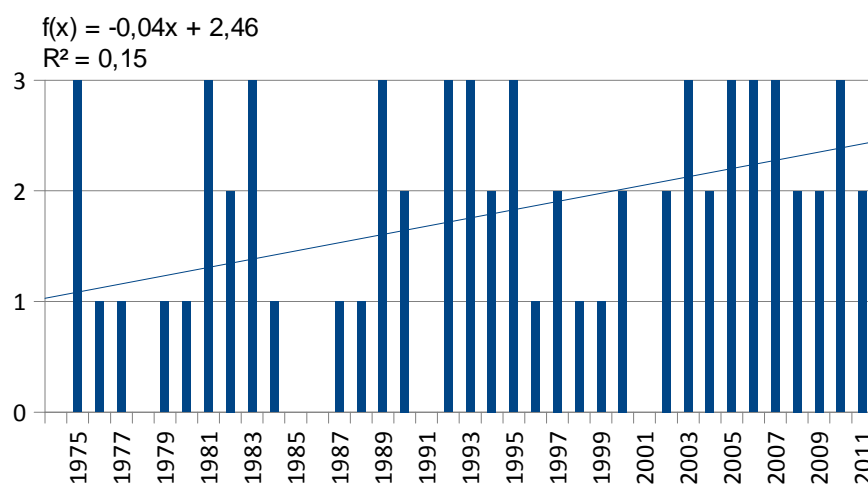
- 1914.g., 1,2 miljoni m³ egles iznīcinātas Ziemeļkarpatos;
- 1918.–1922.g., 1,2 miljoni m³ egles iznīcinātas Polijā;
- 1928.–1934.g., 4,4 miljoni m³ egles iznīcinātas Bosnijā un Hercegovinā;
- 1941.–1953.g., 3 miljoni m³ egles iznīcinātas Slovākijā;
- 1941.–1945.g., 2,6 miljoni m³ egles iznīcinātas Austrijā;
- 1943.–1953.g., apmēram 22 miljoni m³ egles iznīcinātas Vācijā;
- 1944.–1950.g., 2,3 miljoni m³ egles iznīcinātas Polijā;
- 1945.–1952.g., 3 miljoni m³ egles iznīcinātas Slovākijā;
- 1950.–1953.g., 2,8 miljoni m³ egles iznīcinātas ziemeļaustrumu Polijā;
- 1957.–1961.g., 1,5 miljoni m³ egles iznīcinātas Ukrainas Karpatos;
- 1966.–1970.g., 1,4 miljoni m³ egles iznīcinātas Čehu Sudetenē;
- 1977.–1982.g., 2,8 miljoni m³ egles iznīcinātas Norvēģijā un Zviedrijā;

- 1981.–1987.g., 7 miljoni m³ egles iznīcinātas Polijas ziemeļu daļā un 2 miljoni m³ Čehijas Sudetenē;
- 1985.–1987.g., 1,9 miljoni m³ egles iznīcinātas Vācijā (Hessenē);
- 1991.–1999.g., 6,7 miljoni m³ egles iznīcinātas Čehijā;
- 1993.–1997.g., 8,2 miljoni m³ egles iznīcinātas Austrijā un 10,4 miljoni m³ Baltkrievijā;
- 1993.–1997.g. (1999.g.), 5,4 miljoni m³ egles iznīcinātas Slovākijā un 8,7 miljoni m³ Lietuvā.

Kopš 1999.gada jaunas masveida savairošanās novērotas Vācijā, Šveicē, Slovākijā, Polijā, Čehijā, Skandināvijā, Lietuvā, Latvijā, kā arī Gruzijā, Āzijā – Ķīnā.

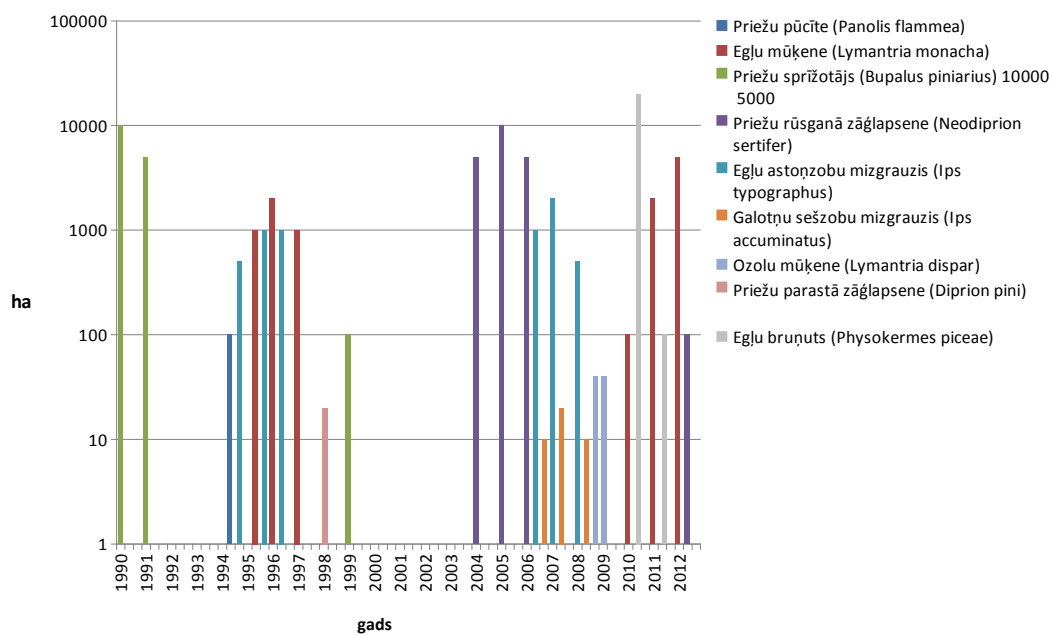
Latvijā *I.typographus* savairošanās apstākļi kļūst labvēlīgāki. Arvien biežāk tiek novērota sekmīga divu paaudžu attīstība (6.17.att.) (A.Šmits, M.Bičevskis, personīgie novērojumi).

Latvijā meža kaitēkļu savairošanās novērotas bieži, tomēr to intensitāte ir mazāka nekā tuvākajās dienvidu kaimiņvalstīs. Divdesmit gadu laikā, kopš Valsts meža dienests veic kaitēkļu monitoringu, nav novērotas izteiktas izmaiņas kaitēkļu savairošanās biežumā vai savairošanās intensitātē (6.18.att.).



0 – attīstījušies tikai 1 mizgraužu paaudze, 1 – nesekmīga otrā paaudze (novērotas mātes ejas, kāpuri nav attīstījušies), 2 – daļēji attīstījušies otrā paaudze (tikai neliela daļa sasniegusi imago stadiju), 3 – sekmīga otrās paaudzes attīstība

6.17.attēls. Egļu astoņzobu mizgrauža (*Ips typographus*) sekmīga divu paaudžu attīstība Latvijā



6.18.attēls. Meža kaitēkļu masveida savairošanās incidenti Latvijā kopš 1990.gada

Apskatā ietverto un citu Latvijā nozīmīgo kaitēkļu sugu temperatūras prasības

N. p. k.	Invāzijas rādītājs	Suga	Savairošanās cikls	Saimniekaugi	Sugas termoizturība			
					Optimums, C°	Minimums, C°	Maksimums, C°	Starpība, C°
1	*	<i>Altica ambiens</i>	?	<i>Alnus incana</i> , <i>A. glutinosa</i>	24	-20	35	55
2	**	<i>Agelastica alni</i>	2	<i>A. incana</i>	20	-20	35	55
3	**	<i>Fenusa dohmii</i>	1	<i>A. incana</i>	20	-15	35	50
4	***	<i>Xiphidria camelus</i>	?	<i>A. incana</i> , <i>A. glutinosa</i>	20	-15	35	50
5	**	<i>Limantria dispar</i>	vidēji 5-8	primāri: ozoli, bērzi, ābeles (ap 500 citām platlapju sugām)	25	-40	45	85
6	**	<i>Cameraria orhidae</i>	?	pamatā <i>Aesculus hippocastanum</i> , un citas kastaņu sugas, <i>Acer platanoides</i>	27	-20	40	60
7	***	<i>Ips typographus</i>	10-40	<i>Picea abies</i>	25	-30	40	70
8	***	<i>Ips minor</i>	?	<i>Picea abies</i>	23	-30	40	70
9	***	<i>Hylobius abietis</i>	vidēji 8	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. abies</i>	30	-20	45	65
10	**	<i>Bupalus piniarius</i>	vidēji 10-20	<i>P. abies</i>	27	-25	35	60
11	**	<i>Fonscolombea fraxini</i>	?	<i>Fraxinus excelsior</i>	22	-20	35	55
12	***	<i>Neodiprion sertifer</i>	vidēji 10-12	<i>P. sylvestris</i>	27	-25	35	60
13	*	<i>Stilpnotia salicis</i>	?	<i>Populus tremula</i>	20	-15	30	45
14	***	<i>Pissodes notatus</i>	vidēji 3-6	<i>P. sylvestris</i>	28	-25	45	70
15	***	<i>Cossus cossus</i>	?	lapukoki, poliāģis	25	-30	30	60
16	***	<i>Phymatodes testaceus</i>	?	ozoli, lapkoki	27	-20	40	60
17	***	<i>Scolytus ratzeburgi</i>	?	bērzi	20	-15	30	45
18	*	<i>Scolytus multistriatus</i>	?	<i>Ulmus glabra</i>	24	-20	40	60
19	*	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	8	ozoli, lapkoki	27	-30	45	75
20	***	<i>Aradus cinnamomeus</i>	?	<i>P. sylvestris</i>	20	-30	40	70
21	***	<i>Xyleborus dispar</i>	10	lapukoki, poliāģis	22	-20	45	65
22	*	<i>Cryphalus piceae</i>	vidēji 10-20	egles, skujkoki	25	-15	30	45
23	***	<i>Archips crataegana</i> ?	?	lapukoki, poliāģis	22	-25	30	55
24	***	<i>Laspeyresia pactolana</i>	?	egles, skujkoki	22	-15	30	45
25	***	<i>Melasoma populi</i>	vidēji 5-10	<i>Populus tremula</i>	24	-20	30	50
26	**	<i>Phalera bucephala</i>	?	lapukoki, poliāģis	27	-30	40	70
27	***	<i>Diprion pini</i>	10	skujkoki	25	-15	35	50
28	**	<i>Rhyacionia buoliana</i>	8	<i>P. sylvestris</i> , skujkoki	25	-30	40	70
29	***	<i>Saperda carcharias</i>	vidēji 10-15	<i>Populus tremula</i>	27	-30	40	70
30	***	<i>Panolis flammea</i>	vidēji 10	<i>P. sylvestris</i>	25	-20	30	50
31	***	<i>Melolontha melolontha</i>	vidēji 15	ozoli, lapkoki	25	-20	35	55
32	***	<i>Dendrolimus pini</i>	?	<i>P. sylvestris</i>	27	-20	40	60
33	***	<i>Lytta vesicatoria</i>	?	<i>Fraxinus excelsior</i>	26	-15	35	50
34	***	<i>Anthaxia quadripunctata</i>	?	skujkoki	27	-30	40	70
35	***	<i>Phytogenes chalcographus</i>		skujkoki	25	-30	40	70
36	***	<i>Lymantria monacha</i>	vidēji 4-6	skujkoki	25	-40	35	75

Apzīmējumi:

*** - vietējs jeb allohtons

** - invazīvs

* - potenciāli invazīvs

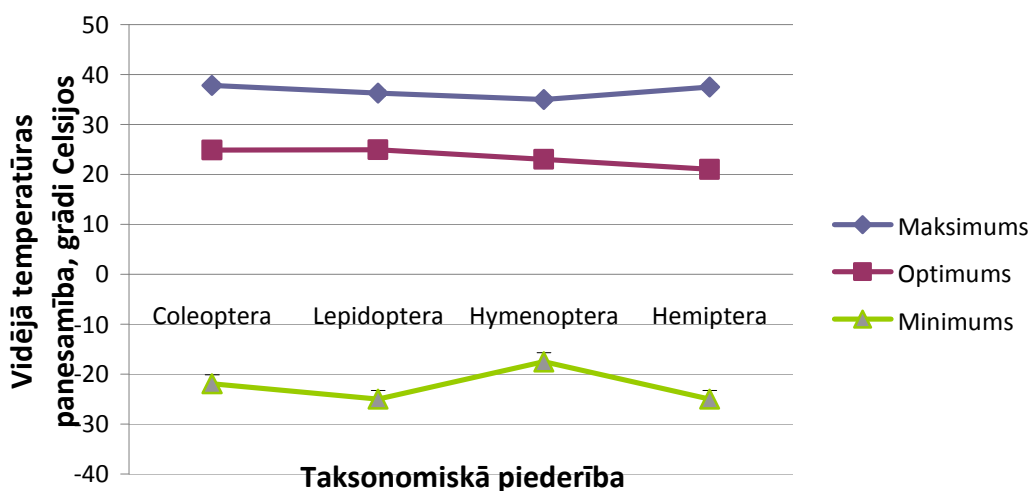
? – nav zināms

Atsauces uz avotiem pēc kārtas numura:

1 – Robinson 2005; 2 – Robinson 2005; 3 – Lynn 2009; 4 – Haris 2009; 5 – Mattson et al. 2007; 6 – Fleming, Volney 1995; Singh, Satyanarayana 2009; 7 – Schroeder 2008; 8 - Schroeder 2008; Battisti 2006; Schroeder 2008; 9 - Lynn 2009; Tan et al. 2010; 10 – Ozols 1985; Fleming, Volney 1995; Mellec et al. 2011; 11 - Singh, Satyanarayana 2009; Kollár et al. 2009; 12 - Ozols 1985; Tarmo et al. 1996; 13 - Lynn 2009; Kollár et al. 2009; 14 - Battisti 2006; Tan et al. 2010; 15 - Singh, Satyanarayana 2009; Battisti 2006; 16 – Raniuss, Janson 2000; 17 - Schroeder 2008; Lombardero et al. 2000; 18 - Schroeder 2008; Singh, Satyanarayana 2009; 19 - Fleming, Volney 1995; Battisti 2006; Mattson et al. 2007; 20 - Battisti 2006; Heliovaara, Vaisanen 1987; 21 - Ozols 1985; Fleming, Volney 1995 22 - Ozols 1985; Singh, Satyanarayana 2009; Lynn 2009; 23 - Battisti 2006; Kollár et al. 2009; 24 - Ozols 1985; Robinson 2005; 25 - Singh, Satyanarayana 2009; Lynn 2009; 26 - Singh, Satyanarayana 2009; 27 - Ozols 1985; Haris 2009; Augustaitis 2006; 28 – Smelyanets 1997; 29 – Moraal, Akkerhuis 2010; 30 - Ozols 1985; Schroeder 2008; Battisti 2006; 31 - Robinson 2005; Schroeder 2008; Lynn 2009; 32 - Ozols 1985; Schroeder 2008; Singh, Satyanarayana 2009; 33 - Fleming, Volney 1995; Battisti 2006; Moraal, Akkerhuis 2010; 34 – Moretti et al. 2010; 35 - Schroeder 2008; Foit 2012; 36 – Mattson et al. 2007; Vanhanen et al. 2007.

6.3. Kopsavilkums: klimata izmaiņu potenciālā ietekme

Mērenas klimatiskas izmaiņas (vidēji 2–5 °C pieaugums) tuvāko 50 gadu laikā varētu veicināt saimniecībā nozīmīgu skujkoku (egle, priede) dendrofāgu izraisītu bojājumu pieaugumu, jo vairākums no tiem ir palearktiskas, holarktiskas, karstuma tolerantas, siltummīlošas (saistīts ar audžu izrobojumu, izcirtumu klimatu – saules pastiprinātu radiāciju) taigas entomofaunai raksturīgas sugas, kurām parasti raksturīgs plašs izplatības areāls ziemeļu puslodē (Fleming, Volney, 1995; Moretti et al., 2010; Ozols, 1985; Singh, Satyanarayana, 2009). Šāds scenārijs nozīmētu, ka cietīs arī ievērojams citu skujkoku sugu apjoms, piemēram, dekoratīvie, dārzkopībā izmantojamie stādi, jo šīm sugām raksturīgas ģenerālistu trofiskās grupas (tās ir saimniekauga nespecifiskas) (Battisti, 2006; Moraal, Akkerhuis, 2010; Heliovaara, Vaisanen, 1987). Tikai nedaudzas no saimnieciski nozīmīgām skujkoku kaitēkļu sugām ir saimniekauga specifiskas (Lynn, 2006; Ozols, 1985). Nelielas klimatiskas izmaiņas jebkurā pagājušā gadsimta posmā indicēja (droši vien, indicēs arī turpmāk), ka jau esošās allohtonās sugas iegūs attīstībai optimālus apstākļus, tādējādi masveidā savairojoties (Singh, Satyanarayana, 2009). Iegūtie dati liecina, ka pat vietējiem apstākļiem raksturīgās dendrofāgo kaitēkļu sugas dzīvo labvēlīgas vairošanās vajadzībai nepietiekošos klimatiskos apstākļos, kas indicē, ka tās „obligātā kārtā” piesaistītas nevis klimatam, bet to barības bāzei. Šajā gadījumā jebkādas vidējo temperatūras celšanās liecinātu par daudzu vietēju sugu masveida savairošanās iespējām (Kollar et al., 2009; Robinson, 2005; Singh, Satyanarayana, 2009; Smelyanets, 1997).



6.19. attēls. Temperatūras panesamības intervāli starp dažādiem taksoniem 36 iepriekš apskatītajām dendrofāgu sugām

Interesanti, ka tieši mizgraužiem un koksngraužiem ir lielākie temperatūru panesamības diapazoni (6.19. att.), kas liecina, ka to ietekme nesamazinātos pat krasu klimata izmaiņu gadījumā (Mellec et al., 2011). Krasa temperatūras paaugstināšanās (vidēji par 5–10 °C) ļautu ātrāk ieviesties potenciāli invazīvām sugām. Lai gan, pēc iegūtās informācijas, saimniecībai nozīmīgu potenciālo ieceļotāju sugu ir maz, tomēr to aklimatizācija mūsu apstākļos nozīmētu nekontrolētu šo sugu masveida savairošanos, kas skaidrojams ar dabisko ienaidnieku trūkumu

mūsu reģionos (Battisti, 2006; Singh, Satyanarayana, 2009). Šajā scenārijā ciestu saimnieciski nozīmīgi lapukoki – bērzi, apses, alkšņi, oši u.c. Par to liecina daudzām lapgraužu kukaiņu sugām raksturīgā prasība pēc paaugstinātas temperatūras (virs 25 °C), kas skaidrojams ar to pamatizcelšanos no subtropiskiem reģioniem (Moraal, Akkerhuis, 2010; Fleming, Volney, 1995). Visapdraudētākās koku sugas šajā gadījumā būtu ozoli, apses un alkšņi, jo tieši šīm sugām ir visvairāk nozīmīgu kaitēkļu, kuriem, atšķirībā no skujkoku dendrofāgiem, ir vairāk šīm koku sugām raksturīgo speciālistu sugu (Mellec et al., 2011; Moraal, Akkerhuis, 2010; Raniuss, Janson, 2000).

Noskaidrots, ka jaunu sugu kompleksus pamatā veidos sugas ar augstu pārvietošanās potenciālu (Liebhold, Tobin, 2008; Yashiro et al., 2010). Tas visaugstākais ir tieši tauriņiem ar plašu saimniekaugu spektru (Crespo-Perz et al., 2011; Liebhold, Tobin, 2008; Worner, Gevrey, 2006). Turklāt, dendrofāgo tauriņu sugām bieži raksturīgi abi invāzijas mehānismi – nejauša dējumu pārceļošana un masveida tālās distances kāpuru balonēšana (Liebhold, Tobin, 2008). Salīdzinoši neliels ir invāzijas risks no nejaušiem ieceļotājiem (parasti tās ir eksotiskas sugas, kas tiek pārvietotas ar atmosfēras augstāko slāņu vēja plūsmu palīdzību), kuru pielāgošanos kavē strauja apstākļu maiņa un izdzīvošanai nepiemērotas dzīvotnes (Brockerhoff et al., 2006; Schreiner, Nafus, 1986). Prognozējams, ka mežu ekosistēmas visbūtiskāk apdraudēs allohtonas sugas, jo tās vēsturiski ir labāk piemērojušās mūsu reģionam raksturīgajiem saimniekaugiem un dabiskajiem ienaidniekiem (Dogels, 1986; Liebhold, Tobin, 2008).

Būtiska nozīme dendrofāgo kukaiņu populāciju samazināšanā – līdz ar to masu uzliesmojumu kontrolē – ir parazītiem, slimībām un nelabvēlīgiem klimatiskiem apstākļiem (Robinson, 2005; Kollar et al., 2009; Singh, Satyaanarayana, 2009). Noskaidrots, ka lapgraužu, mizgraužu un smecernieku populācijas pārsvarā samazina parazītiskās lapsenes un aukstumizturīgas entomofāgās augsnes nematodes (Aliniaze, 1998; Gross, 2004; Köpf et al., 1997; Pettis, 1999; Singer et al., 1992; Stolyarov, 1999). Tauriņu populācijas samazina ne tikai parazītiskās lapsenes, bet arī nukleopoliedrozes vīrusi (Brown, Cameron, 1982; Elkinton, Liebhold, 1990; Hoch, Schopf, 2001; Zolubas, 2001). Salīdzinoši augsts gaisa mitrums (virs 70%) un paaugstināts nokrišņu daudzums kombinācijā ar relatīvi zemu gaisa temperatūru vasarā nozīmīgi samazina parazītisko lapseņu aktivitāti, toties būtiski palielina vīrusu ietekmi (Aliniaze, 1998; Elkinton, Liebhold, 1990; Kroder et al., 2006). Ilgstoši sausuma periodi vasarā būtiski samazina entomofāgo nematožu ietekmi uz meža kaitēļu populācijām (Battisti, 2006; Fleming, Volney, 1995; Meshkova, 2003; Paul, 2007; Peterson et al., 2007).

Ņemot vērā pašlaik vadošās klimata izmaiņu prognozes, jāsecina, ka tuvāko gadsimtu laikā apdraudētāki ir skujkoki, vēlākā laika periodā – lapukoki. Turklāt globālo klimatisko izmaiņu rezultātā, paaugstinoties vidējām sezonālajām temperatūrām, dendrofāgo kukaiņu savairošanās cikli sarūk. Tas nozīmē, ka nākotnē – jau tuvāko 50 gadu laikā – Latvijā vietējo meža kaitēkļu sugu masveida uzliesmojumi notiks biežāk, palielināsies invazīvu, mūsu reģioniem pagaidām neraksturīgu sugu skaits (Elkinton, Liebhold, 1990; Meshkova, 2003; Вишнякова, 2011; Макарова, 2004).

Saskaņā ar projekta darba uzdevumiem pārskata periodā veikta kukaiņu ķeršana logu slazdos. Materiāla sākotnējā analīze kontekstā ar jau iepriekš (pēdējo 5 gadu periodā) Daugavpils universitātē veiktu pētījumu datiem liecina, ka Latvijā konstatētas vairāk par 40 jaunām kukaiņu sugām, kuras šeit ienākušas, izplatības areālam paplašinoties uz ziemeļiem, taču neviena no tām (izņemot šajā nodaļā jau aprakstīto, piemēram, ozolu mūķeni), nerada potenciālus draudus meža apsaimniekošanai tuvākajā nākotnē. Spilgtākie piemēri kukaiņu

sugām, kuras Latvijā sastopamas aizvien vairāk, ir koksngrauži (Cerambycidae): *Phytoecia virgula* (sākotnēji konstatēts tikai Daugavpils apkārtnē, dažu gadu laikā suga izplatījies visā Latvijas dienvidaustrumu daļā) un *Stenurella bifasciata* (sākotnēji konstatēts tikai Latvijas dienvidaustrumu daļā, tagad praktiski visā valsts teritorijā). Tāpat konstatēts, ka dažas ziemeļu (boreālās) sugas Latvijas teritorijā ir kļuvušas ļoti retas (piemēram, skrejvabole *Nebria rufescens*), taču arī tas nav attiecināms uz nevienu no saimnieciski nozīmīgākajām dendrofāgo kukaiņu sugām. Materiāla detalizēta analīze tiks pabeigta un rezultāti pievienoti nākamajai starpatskaitei 2013. gada jūnijā. Tāpat nākamajā pārskata periodā paredzēts turpināt kukaiņu ķeršanu un sugu sastāva analīzi, vērtējot, vai Latviju jau tuvākajā laikā varētu sasniegt kāda no saimnieciski nozīmīgām dendrofāgo kukaiņu sugām.

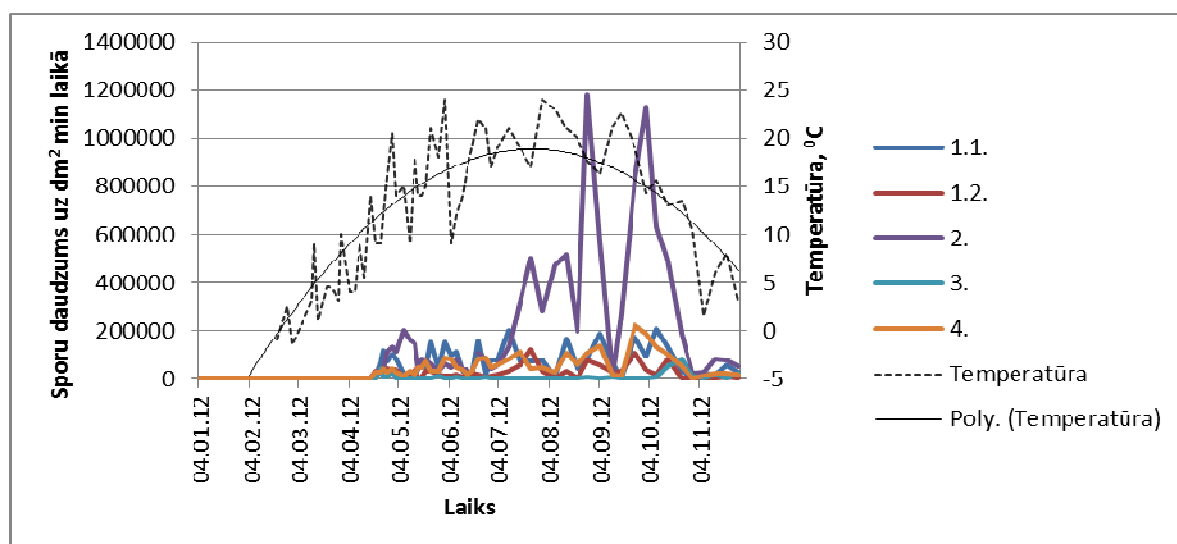
7. *Heterobasidion annosum* sporulācijas dinamika

Heterobasidion annosum ir ekonomiski nozīmīgākais skuju koku patogēns, tādēļ būtiski novērtēt tā sporulācijas sezonālo dinamiku, lai prognozētu risku izmaiņas nākotnē.

Pētījuma ietvaros sporu infekcijas potenciāla novērtējums veikts no 2012. gada 4. janvāra līdz 30. novembrim, laikā, kad gaisa temperatūra konstatēta virs 0°C, jo, kā liecina iepriekš veikti pētījumi, *H. annosum* pārtrauc sporulēt, ja gaisa temperatūra pazeminās zem 0°C (Korhonen, Stenlid, 1998). Bazīdijsporu uzskaitē veikta Petri platēs (plates diametrs 8,5 cm) uz agara barotnes (uz 1 litru ūdens 6 g agara (Becton, Dickinson and Company, „BBLTM Agar, Grade A”, France)) divos atkārtojumos zem katra izvēlēta auglķermeņa. Petri plate novietota tieši zem auglķermeņa, apmēram 2 cm zem tā. Petri plašu ekspozīcijas laikā auglķermeņi apklāti ar pārsegu, lai samazinātu laikapstākļu – vēja, nokrišņu – ietekmi uz eksperimenta rezultātiem. Papildus tam veikti arī temperatūras mērījumi sporu daudzuma noteikšanas laikā.

Pētījums veikts četros sporu uzskaites punktos, novērtējot izdalīto sporu daudzumu zem pieciem *H. annosum* auglķermeņiem (sēnes auglķermeņi lokalizēti uz lielu dimensiju egles mežizstrādes atliekām vai celmiem). Papildus tam viens mērījums veikts, lai noskaidrotu, kāds ir apkārt esošais *H. annosum* sporu fons. Petri plates eksponēšanas ilgums mainīts atkarībā no sporulēšanas intensitātes. Pēc Petri plašu ekspozīcijas mežā zem attiecīgajiem auglķermeņiem plates nogādātas laboratorijā un tur ar mikroskopu Leica DFC490 30 redzeslaukos 50 reižu palielinājumā pēc 3-24 stundām, atkarībā no sporu daudzuma, izskaitītas uzkrītās sporas. Iegūtie dati pārrēķināti uz sporu skaitu, kas tiek izdalīts uz vienu dm² minūtes laikā.

Iegūtie rezultāti (7.1. att.) parāda, ka *H. annosum* 2012. gadā aktīvi sporulējis no maija līdz novembrim, vislielāko aktivitāti sasniedzot septembrī – oktobrī. Iegūtie rezultāti sakrīt ar citu autoru pētījumiem. Gontjērs (Gonthier, 2010) veiktajos pētījumos konstatējis, ka vislielākā sakņu piepes sporu produkcija ir no augusta līdz oktobrim.



7.1. attēls. *H. annosum* vairāku augļķermeņu (apzīmēti ar Nr.1.-4.) sporulācijas sezonālā dinamika 2012. gadā

Salīdzinot sporu produkciju dažādos gadalaikos (7.1. tab.), konstatēts, ka vislielākais sporu daudzums tiek producēts rudenī – 103 926 sporas uz dm^2 minūtes laikā. Vismazāk sporu konstatēts ziemā (vidēji 68 sporas uz dm^2 vienā minūtē). Arī starp augļķermeņiem ir vērojamas atšķirības sporu produkcijā, no kā var secināt, ka to ietekmē arī kādi citi faktori, kas netika analizēti, piemēram, koksnes sadalīšanās pakāpe, augļķermeņu vecums, sēnes micēlija vitalitāte utt.

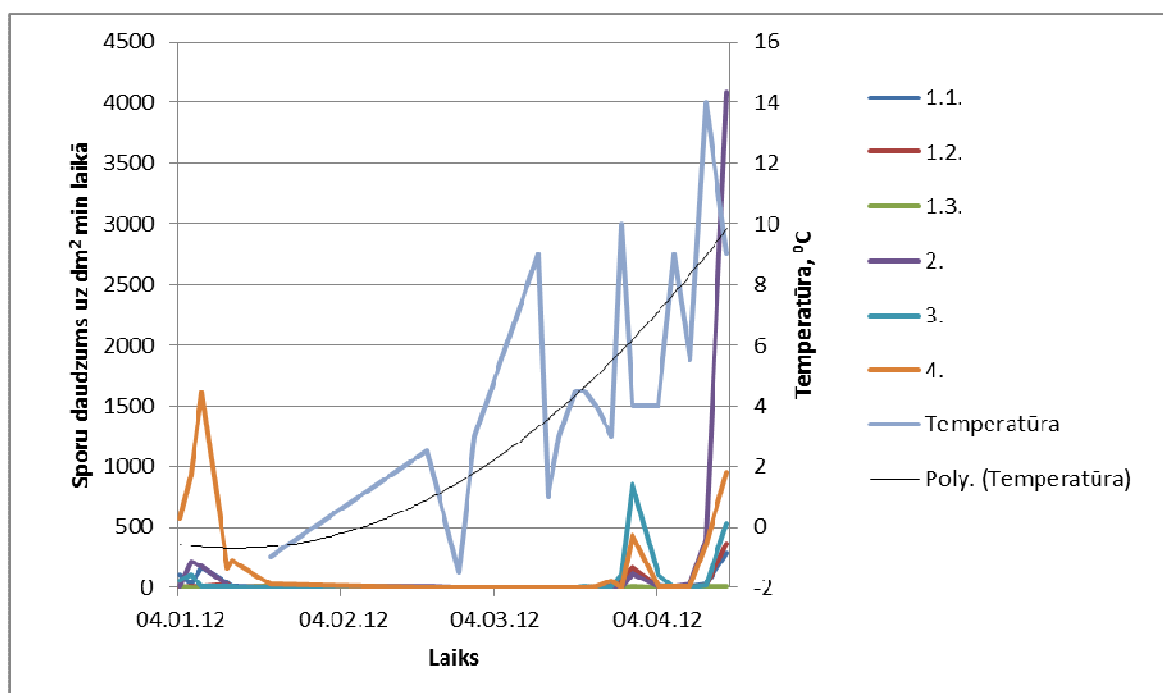
7.1. tabula

Vidējais producēto sporu daudzums (uz dm^2) vienas minūtes laikā tieši zem *H. annosum* augļķermeņa dažādos gadalaikos 2012. gadā

Augļķermenis	Ziema	Pavasaris	Vasara	Rudens
1.1.	27	31213	83471	76915
1.2.	5	12732	32424	30172
2.	31	47381	304499	324939
3.	14	4109	2357	17487
4.	265	18500	67309	70116
vidēji	68	22787	98012	103926

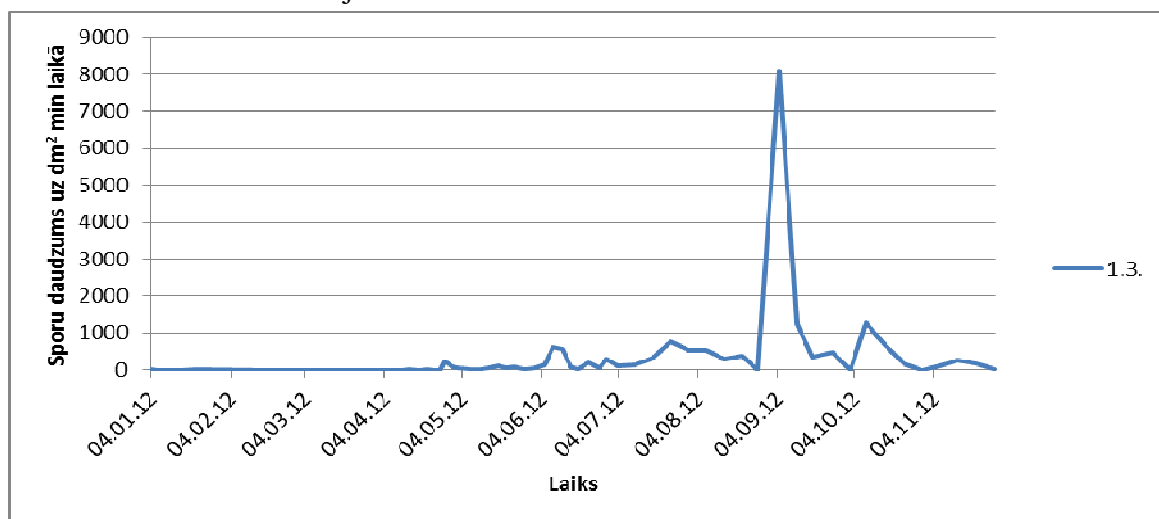
Konstatēts, ka *H. annosum* aktīvi sporulējis, gaisa temperatūrai paaugstinoties virs $+12^{\circ}\text{C}$, bet pie zemākām temperatūrām sporulācija notikusi lēnāk. Jau iepriekš veiktos pētījumos noskaidrots, ka sporu produkcija korelē ar gaisa temperatūru (Hodges, 1969).

Detalizētāk analizējot iegūtos rezultātus no janvāra līdz aprīlim (7.2. att.), konstatēts, ka *H. annosum* aktivitāte ir bijusi periodiska, turklāt dažādos laikos aktīvāki bijuši atšķirīgi augļķermeņi. Iespējams, tas saistīts ar laika apstākļiem – temperatūras un mitruma svārstībām šajā laika posmā, kā arī ar katra augļķermeņa atšķirīgo mikroklimatu.



7.2. attēls. *H. annosum* augļķermeņu sporulācijas dinamika no 2012.gada janvāra līdz aprīlim.

Paralēli sporulācijas novērojumiem zem augļķermeņiem, tika noteikts sporu daudzums gaisā jeb fons (7.3. att.). Šī pētījuma rezultāti parāda, ka, līdzīgi kā nosakot sporu daudzumu tieši zem augļķermeņa, arī šeit sporas no janvāra līdz aprīlim konstatētas ļoti maz. Vislielākais sakņu piepes sporu daudzums gaisā bijis septembra sākumā. Jāatzīmē, ka sporu fons tika noteikts pirmajā sporu uzskaites punktā apmēram 1 m attālumā no diviem augļķermeņiem (1.1. un 1.2.), kas tika izmantoti eksperimentā. Literatūras dati liecina, ka vairāk nekā 90% sporu izdalās līdz 100 m attālumam no augļķermeņiem (Stenlid, 1994). Līdzīgi rezultāti iegūti arī mūsu iepriekšējos pētījumos (K. Kenigsvalde, nepubl. dati). Tomēr sporas ar vēja palīdzību var tikt aiznestas vairāku simtu kilometru attālumā (Stenlid, 1994), un *H. annosum* micēlija attīstību var izraisīt divu sporu nokļūšana uz piemērota substrāta, tāpēc *H. annosum* augļķermeņu attīstību, kas nosaka bazīdijsporu izdalīšanās potenciālu, neapšaubāmi jāuzskata par riska faktoru saimnieciskajos mežos.



7.3. attēls. *H. annosum* sporu fons sporu uzskaites punktā Nr.1.

Citā eksperimentā, nosakot sporu daudzumu uz koksnes ripām un tādā veidā novērtējot sporu daudzumu gaisā, visvairāk sporu konstatēts jūlijā (Gonthier et al., 2001). Minētajā pētījumā februārī sporas netika konstatētas, kas sakrīt ar mūsu veiktā pētījuma rezultātiem.

Nemot vērā izteiktās klimata izmaiņu prognozes, ka veģetācijas periods līdz gadsimta beigām kļūs par 32-60 dienām garāks, varētu prognozēt, ka arī *H. annosum* sporulācijas periods palielināsies par tādu pašu periodu, jo šobrīd tas sakrīt ar veģetācijas periodu – sakņu piepe aktīvāk sporulē tieši veģetācijas periodā. Iepriekš veiktos pētījumos noskaidrots, ka, temperatūrai paaugstinoties par 2°C, palielinās *H. parviporum* koksnes noārdīšanas ātrums par 20% līdz 50%, atkarībā no gadalaika (Müller et al., 2009). Citā pētījumā konstatēts, ka klimata pārmaiņu dēļ pieaugs *H. annosum* radītie zaudējumi, jo, samazinoties periodam, kad ir sasalusi augsne, palielināsies gan sporu produkcija, gan micēlija augšanai piemēroti laikapstākļi (Hantula et al., 2009). Balstoties uz to, var secināt, ka turpmāk arvien ilgākā periodā būs nepieciešams apstrādāt svaigi zāgētu celmu virsmu ar *Phlebiopsis gigantea* sporu suspensiju saturošiem bioloģiskajiem aizsardzības līdzekļiem kā „Rotstop”, lai kavētu *H. annosum* izplatību. Mūsu iegūtie dati (7.2. att.) liecina, ka *H. annosum* sporulācija iespējama arī neatkarīgi no veģetācijas perioda. Protams, janvāra mēnesī izdalītās sporas nevar inficēt koksni, taču sporas saglabā dzīvotspēju vairākus mēnešus pat zemās temperatūrās, un vēlāk piemērotos apstākļos attīstās substrātā, veicinot *H. annosum* izplatību (K. Korhonen, viedokļu apmaiņa). Tādējādi varam secināt, ka *H. annosum* augļķermeņi pat janvāra mēnesī (ja gaisa temperatūra piemērota augļķermeņu sporulācijai) var ietekmēt trupi izraisošās sēnes izplatību.

Iegūtie rezultāti liecina, ka ka temperatūras celšanās klimata izmaiņu ietekmē (un perioda ar sasalušu augsni ilguma samazināšanās) veicinās gan sporu daudzuma pieaugumu, gan micēlija augšanu, līdz ar to palielinot bojājumu apjomu egļu audzēs. Tādēļ nākotnē pieaugs nepieciešamība tajās veikt aizsardzības pasākumus.

8. Koku sugu introdukcijas perspektīvas

Pētījuma ietvaros ievākta informācija par koku sugām, kuras potenciāli varētu tikt izmantotas stādījumos Latvijā, dažādojot meža apsaimniekošanas iespējas un optimāli izmantojot ar klimata izmaiņām saistīto koku augšanas apstākļu uzlabojumu un/vai samazinot prognozēto negatīvo faktoru ietekmi. Apkopota informācija par šo sugu stādījumiem Latvijā (8.1. tab.), izplatības areālu, saimniecisko pielietojumu, iespējamiem audzēšanas riskiem.

Analizējot iegūto informāciju (kopsavilkums ietverts šajā pārskata nodaļā), definētas perspektīvākās sugas, par kuru audzēšanas perspektīvām nākamajā pārskata periodā paredzēts ievākt detalizētu informāciju un/vai ierīkot izmēģinājumus. Iegūti kontakti ar zinātniskajām un meža apsaimniekošanas organizācijām teritorijās, kuru klimats ir tāds, kā Latvijā tiek prognozēts nākotnē (galvenokārt Vācija, Polija), panākot vienošanās par noteiktu provenienču sēklu materiāla ieguves iespējām koku sugām, kurām paredzēta izmēģinājumu ierīkošana.

Abies alba dabiskais izplatības areāls ir Eiropas centrālā daļa, tas sniedzas no Itālijas dienvidiem līdz Polijas vidienei (Distribution map on ..., 2009), var iesniegties arī Baltkrievijā (The Gymnosperm database ..., 2012a), austrumu robeža – Karpati. Aug 140 – 2100 metru augstumā virs jūras līmeņa. Nepatīk bargas ziemas un karstas, sausas vasaras. Var ciest no vēlām pavasara salnām. Aug vidēji līdz ļoti auglīgā, mitrā vai pat periodiski pārplūstošā augsnē, arī aluviālos līdzenumos, retāk kūdrainā, akmeņainā vai kaļķainā augsnē. Koksni izmanto būvniecībā, konstrukcijām, ko ilgstoši ietekmē ūdens, kā arī izgatavo jumta skaidas, mūzikas instrumentus (Leugnerová, 2007). Kokus pirmajos augšanas gados būtiski ietekmē pārnadži. Atsevišķos literatūras avotos definēta kā invazīva suga (Lange et al., 1978).

Abies grandis izplatīta Ziemeļamerikā no 39° līdz 51° Z pl. Aug dažādās augsnēs, bet labāk bagātīgā, mitrā minerālaugsnē. Relatīvi noturīga pret uguns bojājumiem, bet samērā bieži sastopamas sala un zibens plaisas, kas veicina trupes sēņu iekļūšanu koksnē. Nopietnākais risks ir serdes trupe (*Echinodontium tinctorium*), uzņēmīga arī pret sakņu trupi. Blīvas audzes var ciest no snieglauzēm, sniegliecēm. Visbiežāk bojājumus rada šādi kaitēkļi: *Choristoneura occidentalis*, *Orgyia pseudotsugata*, *Scolytus ventralis*, *Barbara* spp., *Earomyia* spp., *Adelges piceae*. Koksni izmanto gan zāģmateriāliem, gan papīrrūpniecībā (Foiles et al., 2012).

Abies lasiocarpa sastopama Ziemeļamerikā no 32° līdz 64° Z pl. Aug ļoti dažādās augsnēs: podzolaugsnē, brūnā podzolaugsnē ar labi attīstītu, plānu humusa slāni, kā arī vidēji skābā purva un mitrā gleja augsnē. Labi aug glaciālo morēnu un aluviālos līdzenumos. Nenoturīga pret vēju. Būtiskākie kaitēkļi: *Choristoneura occidentalis*, *Dryocoetes confusus*, *Adelges piceae*. Cieš no dažādām sakņu un stumbra trupes sēnēm, no kurām būtiskākās ir *Haematostereum sanguinolentum*, *Phellinus pini*, *Amylostereum chailletii*. Koksni pārsvarā izmanto būvniecībā. Nav piemērota papīrrūpniecībai (Alexander et al., 2012).

Abies sibirica sastopama Ziemeļeiropā, Krievijā, Ķīnā. Aug dažāda sastāva (no mālaines līdz smilšainai) mitrā, skābā vai neitrālā augsnē. Slikti panes gaisa piesārņojumu. Sala izturīga suga, bet jaunie dzinumi mēdz ciest vēlās pavasara salnās (Plants for..., 2012a). Koksni izmanto koka konstrukcijām, papīra un mēbeļu ražošanā (Practical plants ..., 2012a). Potenciāli invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Larix decidua (Eiropas lapegle) ir izplatīta Kanādā, Krievijā, kā arī Centrāleiropā – Alpu un Karpatu kalnos, Polijas ziemeļos un Lietuvas dienvidos. Vislabāk aug mitrā, grantainā smilšmāla augsnē. Slikti panes apēnojumu, sausumu un gaisa piesārņojumu (A tree a day ..., 2012). Koksni izmanto zāgmateriāliem, ēku būvniecībā, papīra rūpniecībā (Key Royal ..., 2012). Uzņēmīga pret atsevišķām slimībām (zaru vēzis). Potenciāli invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Larix gmelinii izplatības areāls ir Krievijas un Kanādas boreālie meži līdz pat 72° Z pl. (Red Planet ..., 2012). Aug labi drenētā, vieglā vai grantainā augsnē. Nepanes slikti drenētu augsni. Pumpuri var ciest vēlās pavasara salnās. Koksni izmanto būvniecībā, papīra rūpniecībā (Practical plants ..., 2012b).

Larix eurolepis (Hibrīdā lapegle) ar labām sekmēm tiek izmantota meža atjaunošanā Zviedrijas dienvidu daļā (Larsson-Stern, 2003). Vislabāk aug mitrā, auglīgā augsnē (British hardwood ..., 2012), bet stumbra kvalitāte ir labāka, audzējot vieglā, vidēji auglīgā, mitrā augsnē (Larsson-Stern, 2003). Koksni izmanto koka konstrukcijās, kuģu būvē, papīra rūpniecībā, dārza mēbelēm, skaidu plātnēm (Forestry Commission ..., 2012).

Larix kaempferi (Japānas lapegle) ir sastopama Austrumāzijā, Japānā (Plants for ..., 2012b), arī Ziemeļamerikā aptuveni līdz 55° Z pl. (USDA Natural ..., 2012a), Britu salās (First-nature ..., 2012) un Zviedrijas dienvidu daļā (Larsson-Stern, 2003). Labi aug drenētā, vieglā vai grantainā augsnē, spēj augt arī skābā vai mazauglīgā augsnē. Dzinumi var apsalt vēlajās pavasara salnās. (Plants for ..., 2012b). Koksni izmanto zāgmateriāliem, saplākšņa ražošanā, papīra rūpniecībā (Larsson-Stern, 2003).

Larix decidua subsp. *polonica* sastopama Polijā līdz 53° Z pl. (Kulej, 2004).

Larix sibirica izplatīta Krievijā, Sibīrijā (The Gymnosperm..., 2012b), veiksmīgi eksperimentālie stādījumi arī Somijas dienvidu daļā (Lukkarinen et. al., 2010), tiek stādīta Zviedrijā ar mērķi iegūt zāgmateriālus (The Gymnosperm..., 2012b). Labi aug drenētā, vieglā vai grantainā augsnē, spēj augt arī skābā vai mazauglīgā augsnē. Dzinumi var apsalt vēlajās pavasara salnās (Plants for ..., 2012c). Koksne labāk piemērota papīra ražošanai nekā citu sugu lapeglēm. Koksni izmanto zāgmateriāliem, saplākšņa ražošanā, kuģu būvē (Larsson-Stern, 2003).

Picea engelmannii sastopama Ziemeļamerikas rietumu piekrastē aptuveni no 35° līdz 55° Z pl. Aug ļoti dažādās augsnēs, bet vislabāk drenētā mālsmilts, smilšmāla un māla augsnē. Audzes bieži cieš no vējgāzēm un vējlauzēm. Mēdz slimot ar sakņu un stumbra trupi. Koksne izcili piemērota papīra ražošanai, to izmanto arī saplākšņa, zāgmateriālu ražošanā (Alexander, Shepperd, 2012).

Picea glauca ir plaši sastopama Ziemeļamerikā no 44° līdz 69° Z pl. Labi aug auglīgā, mitrā, labi aerētā augsnē, taču augsnes skābums un sastāvs nav būtisks. Pieaugušās audzēs bieži ir augsta ugunsbīstamība. Sniegs un ledus var būtiski izpostīt koku vainagu. Seklās vai pārmitrās augsnēs mēdz ciest no vējgāzēm. Agrīnā vecumā koki bieži cieš no vēlajām pavasara salnām, kā arī tos bojā peļveidīgie grauzēji un zaķi. Mēdz slimot ar sakņu trupi, savukārt stumbra trupe sastopama tikai veciem kokiem. Koksni pamatā izmanto zāgmateriāliem, kokšķiedru plātņu ražošanai (Nienstaedt, Zasada, 2012). Potenciāli invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Picea sitchensis (Sitkas egle) ir izplatīta Ziemeļamerikas rietumu piekrastē no 39° līdz 61° Z pl. Vislabāk aug dziļā, auglīgā, mitrā, bet labi aerētā, skābā augsnē. Koki jūtīgi pret trupi, stumbra ievainojumi viegli inficējas ar *Heterobasidion annosum* un citām trupes sēnēm. Aļņi un brieži rada nopietnus stumbra bojājumus. Koksnei piemīt ļoti laba stiprība, to izmanto

zāģmateriālos un mēbeļu ražošanā (Harris, 2012). Stādījumos Ziemeļeiropā (piemēram, Velsa) ātraudzīgākā skuju koku suga (līdz 36 m³ ha⁻¹ gadā), taču koksnei no šīm plantācijām mehāniskā stiprība zema. Piemērota siltākam klimatam, nekā šobrīd Latvijā, ātraudzīga atsevišķos eksperimentālajos stādījumos Zviedrijas dienvidu daļā.

Pinus strobus ir sastopama Ziemeļamerikas austrumu piekrastē no 35° līdz 55° Z pl. Optimālie augšanas apstākļi ir labi drenētā, smilšainā augsnē ar zemu vai vidēju auglību. Audzes mēdz ciest no sakņu trapes, kā arī ugunsgrēku, sniega un sala nodarītiem bojājumiem. Stumbru mēdz bojāt pārnadži. Koksni izmanto zāģmateriālu, mēbeļu ražošanai (Wendel, Smith, 2012).

Pseudotsuga menziesii (duglāzija) dabiskais izplatības areāls ir Ziemeļamerikas rietumu daļa no 19° līdz 55° Z pl. (Hermann, Lavender, 2012), tā ir sekmīgi introducēta Vācijā un Francijā, bet Argentīnā, Čīlē, Austrijā, Bulgārijā un Lielbritānijā pārgājusi savvaļā un kļuvusi par vietējo skujkoku konkurentu (Broncano et al., 2005). Optimālie augšanas apstākļi ir dziļā, labi aerētā augsnē ar pH reakciju no 5 līdz 6. Augsnes struktūra var variēt no grantainas smilts līdz mālam. Bieži cieš no sakņu trapes (*Rhizina undulata*, *Armillaria mellea*, *Phellinus weirii*) un serdes trapes (*Phellinus pini*). Jaunos kokus bojā pārnadži (Hermann, Lavender, 2012). Koksni izmanto papīra un zāģmateriālu ražošanā (Garden guides ..., 2012).

Betula papyrifera plaši izplatīts Ziemeļamerikā, līdz pat Aļaskai ieskaitot. Aug ļoti dažādās augsnēs, vislabāk dziļā vai vidēji dziļā, labi drenētā augsnē ar glaciāliem nogulumiežiem. Audzēs postījumus nodara stumbra vēzis un sakņu trupe (*Armillaria mellea*), kā arī aļņi, brieži un zaķi. Mēdz ciest no gaisa piesārņojuma un ugunsgrēkiem. Izmanto kā enerģētisko koksni, kā arī papīra ražošanai (Stafford et al., 2012).

Fagus grandifolia ir plaši izplatīts visās ASV, kā arī Kanādas dienvidu daļā. Labi aug dažāda sastāva (no smilts līdz mālam) labi drenētā, irdenā, skābā augsnē ar pietiekošu mitruma daudzumu. Koksni izmanto mēbeļu, bērnu rotaļlietu, virtuves piederumu, kokogļu ražošanai (Gilman, Watson, 1993).

Fagus sylvatica (Eiropas dižskābardis) izplatīts Dienvid- un Centrāleiropā līdz Lietuvai, Dienvidzviedrijai un Lielbritānijai. Vislabāk aug kaļķainā, labi drenētā augsnē (Hedgerous, hedges ..., 2012). Koksni izmanto papīra, mēbeļu, parketa ražošanā (Euforgen: *Fagus sylvatica*, 2009). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus alba dabiskais izplatības areāls no Dienvid- un Centrāleiropas līdz Rietumsibīrijai un centrālajai Āzijai (Global invasive ..., 2005), introducēta ASV, Kanādā un Jaunzēlandē (USDA Natural ..., 2012b), tā tiek uzskatīta par invazīvu sugu Dienvidāfrikā un Austrālijas rietumu daļā (Weed identification ..., 2012). Labi aug vidēji skābā augsnē ar pietiekošu mitruma daudzumu. Gaismas prasīga suga. Koksni izmanto celulozes ražošanai, kā arī sērskociņu un iepakojamo materiālu ražošanai (Plants for ..., 2012d). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus balsamifera izplatīta ASV un Kanādā līdz pat Aļaskai. Labi aug mitrā, auglīgā, sārmainā dažāda sastāva augsnē. Koksni izmanto skaidu brikešu, papīra, saplākšņa un zāģmateriālu ražošanai (Harris, 1990). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus x berolinensis sastopama Kazahstānā, Kirgizstānā, Uzbekistānā (Yang, 2012a), Nīderlandē (Monumental trees ..., 2012), Kanādas dienvidaustrumu daļā. Labi aug mitrā smilts, mālsmilts, smilšmāla vai māla augsnē (USDA Natural ..., 2012c). Koksni izmanto zāģmateriālu un papīra ražošanā (Yang, 2012a). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus x canadensis izplatīta ASV un Kanādā (USDA Natural ..., 2012d), kā arī Eiropā (Vanden-Broeck et al., 2012). Labi aug mitrā, labi drenētā dažāda sastāva augsnē (no

smilts līdz mālam) (Plants for ..., 2012e). Audzē biomasas iegūšanai īsas rotācijas plantācijās (El Bassam, 1998). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus canescens izplatīta gandrīz visā Eiropā – no Itālijas dienvidos līdz Polijai, Lielbritānijai ziemeļos un Baltkrievijai, Krievijas Eiropas daļai austrumos. Izplatības areāls sniedzas arī līdz Āzijai – Turcija, Ķīna, Kaukāza reģions (Germplasm resources ..., 2005), kā arī ASV un Kanādas austrumu daļa (USDA Natural ..., 2012e). Labi aug mitrā, labi drenētā dažāda sastāva augsnē. Nepanes apēnojumu (Plants for ..., 2012f). Bieži cieš no stumbra vēža (Hortipedia: *Populus x canescens*, 2012). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus nigra sastopama visā Eiropā, Āfrikas ziemeļu daļā un Āzijas centrālajā un rietumu daļā. Izplatības areāls sniedzas no Vidusjūras dienvidos līdz 64° Z pl. ziemeļos, no Britu salām rietumos līdz Kazahstānai un Ķīnai austrumos (Vanden Broeck, 2003). Labi aug mitrā, labi drenētā, dziļā, neitrālas reakcijas dažāda sastāva augsnē (Plants for ..., 2012g). Nepanes apēnojumu. Koksni izmanto celulozes, mēbeļu un iepakojamo materiālu ražošanai (Toplu, 2001). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Populus suaveolens sastopama Krievijā (Austrumsibīrijā), Mongolijā (Yang, 2012b), kā arī Korejā, Ķīnas un Japānas ziemeļu daļā. Labi aug vidēji mitrā un mitrā smilšmāla un māla augsnē (Hortipedia: *Populus suaveolens*, 2012). Koksni izmanto biomasas ražošanai (Zalesny et al., 2011).

Populus tremuloides ir plaši izplatīta ASV un Kanādā (ziemeļos līdz pat Aļaskai). Labi aug pietiekoši mitrā, labi drenētā, auglīgā, bāziskā vai neitrālā, mālainā augsnē. Audzēs postījumus bieži nodara peļveidīgie grauzēji, zaķi, aļņi, brieži. Jauniem kokiem bojājumus rada *Venturia macularis* un citas slimības. Koksni nopietni bojā stumbra un zaru vēzis. Koksni izmanto papīra, skaidu plākšņu, zāģmateriālu, finiera, saplākšņa un jumta skaidu, kā arī biomasas ražošanai (Perala, 2012).

Populus trichocarpa sastopama Ziemeļamerikas rietumu daļā no Aļaskas līdz Oregonas štatam. Labi aug labi drenētā, dziļā, neitrālas reakcijas dažāda sastāva augsnē. Bieži slimo ar bakteriālo vēzi. Koksni izmanto papīra, mucu, kastu, iepakojamā materiāla ražošanai. (USDA Natural ..., 2012f). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Quercus rubra (sarkanais ozols) izplatīts ASV austrumu daļā un Kanādas dienvidaustrumos (Tirmenstein, 1991). Eiropā apstādījumos tas introducēts 17. gadsimtā, bet pirmās mežaudzes ierīkotas 19. gadsimta beigās. Mūsdienās plaši sastopams visā Eiropā, ziemeļos līdz pat Lietuvai (Straigyte, Zalkauskas, 2006). Vislabāk aug labi drenētā mālsmilts augsnē (Lady bird..., 2012). Koksni bojā aļņi, brieži, peļveidīgie grauzēji, kā arī ozolu mūķene *Lymantria dispar*. Koksni izmanto zāģmateriālu, papīrmalkas, parketa, finiera, mēbeļu ražošanai (Tirmenstein, 1991). Potenciāli invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Robonia pseudoacacia dabiski aug ASV austrumu daļā, kalnos starp 35° un 43° Z pl. 16. gadsimtā baltā robīnija introducēta Francijā un Lielbritānijā, mūsdienās tā sastopama visā Eiropā, kā arī daļā Āzijas (Ķīnā, Korejā, Indijā) un Jaunzēlandē. Labi aug mitrā, auglīgā smilšmāla augsnē. Bieži cieš no serdes trupes. Koksni izmanto parketa, mēbeļu, apšuvuma dēļu, papīra ražošanai (Hanover, Mebrahtu, 1991). Invazīva suga (Svilāns et al., 2007).

Alnus rubra sastopams Ziemeļamerikas rietumu piekrastē šaurā joslā no 34° līdz 60° Z pl. (Harrington, 2012), tas ir introducēts Eiropā un Jaunzēlandē (Agro forestry..., 2012). Labi aug aluviālas izcelsmes dziļā, mitrā, labi drenētā mālsmilts un smilšmāla augsnē. Koksni izmanto saplākšņa, skaidu plašu, papīra, biomasas ražošanai (Harrington, 2012).

Ailanthus altissima dabiskais areāls ir Ķīna, bet tas ir introducēts un veiksmīgi naturalizējies gan Ziemeļamerikā no Kanādas līdz pat Argentīnai, kā arī Eiropā (Hoskovsky,

1988) un Austrālijā (Fotiadis et al., 2011). Ātraudzīgs, labi atjaunojas ar atvasēm, spēj pielāgoties augšanai jebkādā augsnē, bet labāk aug augsnē ar nelielu mitruma daudzumu (Hoskovsky, 1988). Jaunie koki cieš no sala bojājumiem bargās ziemās. Koksni izmanto zāģmateriālu ražošanā.

8.1. tabula

Introducēto koku sugu stādījumi Latvijā

Koku suga	Teritorija (bij. rajons)														
	Liepāja	Aizkraukle	Limbaži	Ludza	Madona	Ogre	Preiļi	Rēzekne	Rīga	Saldus	Talsi	Tukums	Valka	Valmiera	Ventspils
<i>Abies alba</i>	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
<i>Abies concolor</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Abies grandis</i>	x														
<i>Abies homolepis</i>	x	x	x						x	x	x				
<i>Abies lasiocarpa</i>	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x		
<i>Abies nordmanniana</i>	x	x			x	x			x	x	x	x			x
<i>Abies sibirica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Larix decidua</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Larix gmelinii</i>		x	x									x		x	
<i>Larix eurolepis</i>	x	x		x		x			x		x		x		
<i>Larix kaempferi</i>			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Larix lebedourii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Larix polonica</i>	x		x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	
<i>Larix sibirica</i>	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	
<i>Picea engelmannii</i>		x	x	x		x			x	x	x	x	x	x	
<i>Picea glauca</i>		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Picea schrenkiana</i>			x												
<i>Picea sitchensis</i>	x		x						x	x	x	x	x		
<i>Pinus cembra</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pinus peuce</i>	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x	
<i>Pinus ponderosa</i>	x								x			x			
<i>Pinus sibirica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pinus strobus</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Tsuga canadensis</i>	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x
<i>Betula papyrifera</i>	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	
<i>Betula platyphylla</i>		x	x										x		
<i>Cerasus avium</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Fagus grandifolia</i>		x													
<i>Fagus sylvatica</i>	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x		x	x
<i>Populus alba</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Populus balsamifera</i>	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Populus berolinensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Populus canadensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Populus canescens</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Populus generosa</i>			x		x	x	x	x	x	x				x	
<i>Populus gileadensis</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
<i>Populus jackii</i>	x	x	x							x					
<i>Populus koreana</i>			x												
<i>Populus laurifolia</i>		x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Populus longifolia</i>		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Populus moskowiensis			x						x						
Populus nigra	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Populus petrowskyana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Populus simonii	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x	
Populus suaveolens			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Populus razumovskaya			x												
Populus tremuloides		x	x								x				
Populus trichocarpa			x	x				x	x	x	x	x	x		
Populus tristis			x		x					x	x			x	
Quercus rubra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Robinia pseudoacacia	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x

Avoti: Latvijas Veģetācijas, Mežsaimniecība un Mežrūpniecība, Koki un krūmi Latvijas dārzos un parkos, Meža dzīve, LU Raksti

Nemot vērā apkopoto informāciju, lietderīgi veikt plašāku Eiropas lapegles un tās hibrīdu, kā arī Eiropas dižskābarža produktivitātes un audzēšanas perspektīvu analīzi. Šīs sugas Latvijā līdz šim uzskatītas par introducētām, taču to statuss var mainīties, ņemot vērā klimata izmaiņu ietekmi uz dabisko izplatības areālu robežām, kā arī relatīvi nesenu informāciju par *Larix* ģints sugu vēsturisko izplatību (Binney at al., 2009). Tādēļ projekta ietvaros paredzēts ievākt plašāku informāciju par šīm sugām.

Apsekojot un izvērtējot samērā plašos duglāzijas (*Pseudotsuga menziesii*) un atsevišķos Sitkas egles (*Picea sitchensis*) provenienču eksperimentus Latvijā, nav identificējamās noteiktas proveniencas, kuras būtu izteikti ātraudzīgas vai citādi piemērotas un rekomendējamās plašākai izmantošanai. Šīs sugas ir piemērotas nākotnē Latvijā prognozētajiem apstākļiem, par ko liecina, piemēram, duglāzijas audžu produktivitāte un vitalitāte, noturība pret biotisko un abiotisko faktoru iedarbību Polijas dienvidrietumu daļā, Vācijā, taču Latvijai potenciāli piemērotu provenienču atlasei būtu nepieciešams ierīkot jaunu eksperimentu sēriju, ko projekta ietvaros nav plānots darīt.

Projektā lietderīgi izvērtēt arī esošos introducēto *Populus* ģints sugu un sarkanā ozola (*Quercus rubra*) stādījumus, ņemot vērā, ka nākotnē sagaidāmais klimats Latvijā kļūs šo sugu audzēšanai piemērotāks, taču neparedzot jaunu stādījumu ierīkošanu projekta ietvaros.

Galvenā vērība projekta ietvaros veltāma vietējām koku sugām, analizējot to provenienču atšķirības un potenciālās iespējas nākotnes klimatam piemērotāka ģenētiskā materiāla introdukcijā, kā arī nākotnes klimatam piemērotu sugu (liepa, ozols) plašāku izmantošanas iespēju (mežkopības metožu) analīzei un potenciāli – eksperimentu ierīkošanai.

9. Bojāto egļu audžu izpēte

9.1. Bojāto egļu audžu pētījuma objekti un metodika

Monitorings 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos veikts ar mērķi noteikt koku bojājumu pakāpes izmaiņas bojātajās un veselajās vai mazāk bojātajās egļu mežaudžu daļās un novērtēt bojājumu attīstību atkarībā no audzes dendrometriskajiem rādītājiem, augsnes īpašībām un gruntsūdens līmeņa.

Bojājumu pakāpe noteikta 2012. gada augustā saulainā laikā, sadalot bojātās egles 3 kategorijās, atbilstoši 2010. gadā pielietotajai metodikai (Lazdiņš, 2010).

Paralēli bojājumu pakāpes izmaiņām novērtēta egļu astoņzobu mizgrauža izplatība parauglaukumos. Visos 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos, kas nav nozāģēti sanitārajā cirtē, apsekoti un uzmērīti astoņzobu mizgrauža bojātie koki bojātās koksnes apjoma aprēķināšanai uz viena ha. Kopumā apsekotas 23 audzes, katrā audzē 2 PL. Katrai eglei apsekoti trīs 6 dm² (30 x 20 cm) lieli mizas laukumi. Katrā mizas laukumā uzskaitītas visas ieskrejas (kopulācijas telpas), kas norāda jauno saimju skaitu.

Uzskaiti plānots veikt gan pirmajai, gan otrajai egļu astoņzobu mizgrauža paaudzei. Pirmās paaudzes uzskaitē veikta no 1. jūlija līdz 31. jūlijam, otrās paaudzes uzskaitē plānots veikt no 1. septembra līdz 15. novembrim, atbilstoši 2005. gadā izstrādātajai metodikai (Šmits, 2005).

Egļu audžu mēslošanas izmēģinājumu darba uzdevumi:

1. noteikt augsnes īpašības (pH, N, P, K, C, Mg, Mn, Ca) 0 – 80 cm dziļumā veģetācijas sezonas beigās kontroles un mēslotajās platībās;
2. noteikt dendrometriskos rādītājus ar parauglaukumu metodi mēslotajās un kontroles platībās un ievākt skuju paraugus ķīmiskajām analīzēm veģetācijas perioda beigās;
3. noteikt skuju ķīmisko sastāvu (N, P, K, Ca, Mg, Mn un Fe sālsskābes izvilkumā);
4. izvērtēt sakņu vitalitātes izmaiņas mēslojuma ietekmē (gada laikā pēc pirmo mēslošanas izmēģinājumu ierīkošanas ievākt sakņu paraugus un veikt to vitalitātes analīzi).

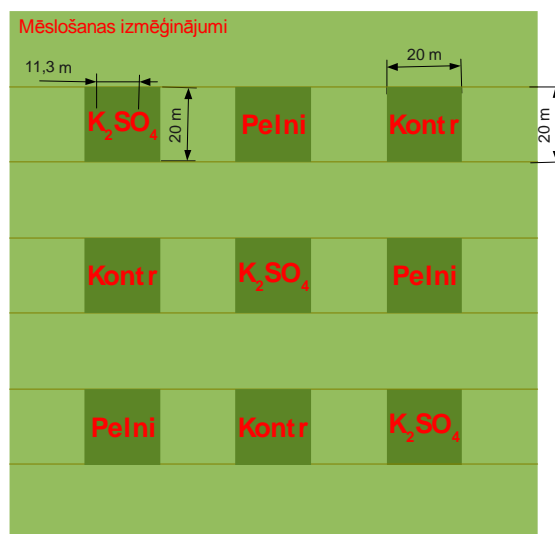
Izmēģinājumiem izraudzītas 3 platības, kur 2007. – 2010. gadā veikta krājas kopšana. Būtisks nosacījums ir raksturīgo galotņu kalšanas bojājumu esamība parauglaukumos. Izmēģinājumu objekta struktūra parādīta 9.1. attēlā. Katrā nogabalā 2011. gadā ierīkoti 9 taisnstūrveida parauglaukumi. Visos parauglaukumos fiksēta koku atrašanās vieta, noteikti koku dendrometriskie rādītāji un bojājumi.

Katrā parauglaukumā veģetācijas perioda beigās (2011. un 2012. gada septembris – oktobris) 2 atkārtojumos ievākti augsnes paraugi 0 – 80 cm dziļumā un noteikts augsnes pH, kopējais N un C un karaļūdenī šķīstošie P, K, C, Mg, Mn un Ca.

Skuju ķīmisko sastāvu (kopējo N un C un karaļūdenī šķīstošo P, K, C, Mn un Fe) noteiks 2012.-2013. gadā vidējiem paraugiem, apvienojot visus paraugus no platībām, kas mēslošanas ar pelniem un K₂SO₄, un kontroles no katra nogabala (atsevišķi viengadīgām un vecākām skujām).

Sakņu vitalitātes raksturojumam kontroles un mēslotajos parauglaukumos izmanto 2010. gadā aprobēto metodiku, ievācot augsnes paraugus no 0 – 10 un 10 – 20 cm dziļuma zem 1 koka katrā parauglaukumā 5 atkārtojumos.

Divas veģetācijas sezonas pēc eksperimenta uzsākšanas atkārtoti uzmērīti mežaudžu dendrometriskie rādītāji, noteikts koku bojājumu indekss un ievākti pēdējo 10 gadu radiālā pieauguma urbumi no 10 kokiem katrā mēslošanas un kontroles variantā katrā nogabalā.



9.1. attēls. Pelnu un kālija minerālmēslošanas izmantošanas izmēģinājumu shēma.

Faktiskā mēslošanas deva saskaņā ar 2011. gadā veikto analīžu rezultātiem izmēģinājumos bija: pelniem 2,5 tonnas ha⁻¹, minerālmēsliem (K₂SO₄ ar 42 % K tīrvielas) 145 kg ha⁻¹. Pelni ņemti no SIA „Siguldas siltums” katlumājas. Pirms transportēšanas uz mežu pelni izsijāti un safasēti 50 kg maisos. Sijāšanu un fasēšanu nodrošināja SIA “Siguldas siltums”. Pelnu analīzes veiktas LVMI Silava Meža vides laboratorijā pirms lielākas pelnu partijas piegādāšanas uz mežu. Izkliešanas laikā tika konstatēts, ka dažādos maisos atvesto pelnu mitruma saturs bija būtiski atšķirīgs, kas apgrūtināja korektu mēslojuma devas noteikšanu uz lauka. Saskaņā ar aprēķiniem ar pelniem ienesti 65 kg K tīrvielas, ar minerālmēsliem – 61 kg.

Bojājumu salīdzināšanai pētījumā izmantots bojājumu pakāpes aritmētiskais vidējais – bojājumu pakāpe, kas ietver visus bojātos kokus, atšķirībā no bojājumu indeksa, kurā ņemti vērā tikai koki ar vismaz 60 % defoliāciju.

Sistēmas iedarbības insekticīda „Aktara” lietošanas izmēģinājumu veikšanas uzdevums ir novērtēt *Physokermes piceae* lomu par 5 m augstāku egļu audzēs, veicot insekticīda injicēšanu mazāk bojātajos kokos un novērtējot to veselības stāvokļa izmaiņas 3 veģetācijas sezonu garumā (pie ilglaicīgo izmēģinājumu parauglaukumiem).

Insekticīda injicēšanu veica 5 nogabalos uz organiskām augsnēm, kur ierīkoti ilglaicīgo novērojumu parauglaukumi, kuros 2011. gadā konstatētas dzīvas bruņutis un svaigi bojājumi, izvēloties 10 kokus ar 1. pakāpes bojājumiem katrā nogabalā.

Injicēšanai izvēlēti 1. bojājuma pakāpes koki (bojāta līdz 1/3 koka vainaga). Koku injicēšanai tika izmantota „ArborJet” palīgierīce (9.2. attēls). Vispirms tika izurbti nelieli caurumi koku sakņu kaklā (līdz 45 cm augstumā un 2 – 3 cm dziļumā), nepieciešamo urbumu skaits noteikts atbilstoši koka augstumam (lai varētu ievadīt 1 g aktīvās vielas uz 1 m koka augstuma, vidēji 3 līdz 4 urbumi kokā).

Injicēšanu veica 2011. gada pavasarī un pirmais ietekmes novērtējums veikts 2011. gada rudenī. 2012. un 2013. gada veģetācijas sezonas beigās novērtēs, vai attiecīgo koku veselības

stāvokļa izmaiņas atšķiras būtiski no neapstrādāto koku ar 1. pakāpes bojājumiem veselības stāvokļa izmaiņām (defoliācija, dehromācija) ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu teritorijā.



9.2. attēls. Firmas ArborJet insekticīdu injicēšanas pistole

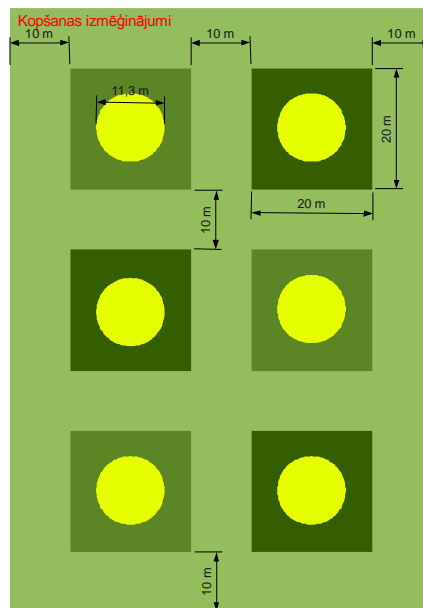
Sastāva kopšanas ciršu ietekmes uz bojājumu izplatību egļu jaunaudzēs novērtēšanai ierīkoti parauglaukumi egļu audzēs kūdreņos, veicot kopšanu audzes ar vidējo augstumu 2 – 4 m un 4 – 8 m, un novērtēt kopšanas ietekmi uz egļu bruņuts populāciju koptajās audzēs.

Pētījumam izraudzītas 6 mākslīgi atjaunotas egļu jaunaudzes ar 2 – 4 m augstiem kokiem un 6 mākslīgi atjaunotas egļu jaunaudzes ar 4 – 8 m augstiem kokiem uz kūdras augsnēm (Kp un Ks) reģionos, kur ir vislielākā bojāto egļu audžu koncentrācija. Izmēģinājumiem izraudzītas egļu audzes ar taisnstūrveida konfigurāciju un vismaz 0,5 ha platībā, lai tajās var izvietot 6 taisnstūrveida laukumus, atstājot starp parauglaukumiem joslu vismaz 10 m platumā.

Izraudzītajās audzēs iezīmēti 6 taisnstūrveida parauglaukumi (9.3. attēls), no kuriem 3 norobežoti ar krāsainu lentu, lai tajos neveiktu kopšanu, bet atlikušajiem 3 iezīmēja tikai centru. Visos taisnstūrveida parauglaukumos ierīkoti aplveida parauglaukumi 100 m² platībā, kuros uzmērīts visu koku augstums un novērtēta bojājumu pakāpe (defoliācija, dehromācija).

2012. gada rudenī visos parauglaukumos vēlreiz uzmērīts koku augstums un augstuma pieaugums, noteikti bojājumi un uzskaitītas egļu bruņušu mātīšu čaulas, ņemot 2 nejauši izraudzītus 20 cm garus dzinumu galus no vainaga vidusdaļas un augšdaļas 6 kokiem ap parauglaukuma centru (kopā 864 dzinumi).

Visas pētījumiem izraudzītās jaunaudzes robežojas ar vecākām egļu audzēm, kurās 2011. gada vasarā konstatēti egļu bruņuts radīti bojājumi. Tikai vienā no pētījumam izraudzītajām jaunaudzēm uzmērīšanas laikā 2011. gadā konstatēti svaigi, bet nenožīmīgi egļu bruņuts bojājumi; attiecīgi jebkuri nožīmīgi bojājumi, kas tiktu atrasti pēc kopšanas, būtu veidojušies pēc kopšanas. Mežaudžu uzmērījumu rezultātu kopsavilkums dots 9.1. tabulā.



9.3. attēls. Kopšanas izmēģinājuma shēma

2011. gada rudenī visos nogabalos veica kopšanu. Kopšanu nodrošināja AS „Latvijas valsts meži”. Saskaņā ar metodiku, kopšanas darbu veicējiem vajadzēja atstāt neskartus kontroles parauglaukumus, taču praksē kontroles parauglaukumi netika atstāti.



9.4. attēls. Sastāva kopšanas parauglaukumu izvietojums Latvijas teritorijā

Valdošās sugas koku skaits un vidējais koku augstums kopšanas parauglaukumos

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukums						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
66-06-07- 313-200-11	H, m	1,91	2,43	2	2,01	1,79	1,96	2,03
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1100	2100	2500	2200	2200	1400	1917
69-01-07- 608-147-16	H, m	3,01	2,96	4,41	3,23	4,17	2,69	3,42
	Koku skaits, gab. ha ^s	3000	3500	3400	2600	2500	2700	2950
69-01-07- 608-176-3	H, m	2,17	2,25	2,33	2,65	3,05	1,49	2,31
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	4900	3500	3300	3000	2600	2700	3333
69-01-07- 608-179-6	H, m	1,87	1,65	1,53	1,8	1,53	1,49	1,66
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	3700	2700	1700	2600	3500	2700	2817
70-07-07- 304-227-24	H, m	2,99	2,62	3,02	2,58	2,76	2,19	2,73
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	2200	2500	3100	2000	3200	1700	2450
80-09-07- 604-177-10	H, m	3,66	4,12	3,11	4,59	7,27	6,05	4,8
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	3200	600	800	2500	1400	2000	1750
80-10-07- 604-55-3	H, m	2,72	3,08	3,41	3,13	2,52	3,25	3,03
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1400	1500	2700	1400	2200	1400	1767
80-11-07- 609-141-10	H, m	1,22	1,8	1,86	1,32	1,26	1,4	1,52
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	2800	3500	3500	3000	1800	1700	2717
80-11-07- 609-188-1	H, m	3,21	2,99	3,34	3,27	2,51	2,77	3,06
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	2600	2300	2600	2600	1700	2100	2317
83-01-07- 601-103-18	H, m	0,65	0,6	0,43	0,67	0,88	0,66	0,72
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1700	1800	300	2100	4000	2100	2000
83-01-07- 601-105-2	H, m	0,68	0,9	1,04	1,12	1,47	1,54	1,09
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	4200	1200	1400	3100	3300	1500	2450
83-05-07- 603-294-15	H, m	1,6	1,62	0,89	0,97	0,81	1,3	1,27
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	6100	6200	3500	4100	4000	4800	4783

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukums						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
Vidēji	H, m	2,07	2,13	2,47	2,17	2,17	2,11	2,18
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	3075	2617	2400	2600	2700	2233	2604

9.2. Bojāto egļu audžu pētījuma rezultāti

Bojājumu dinamika 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos

Koku veselības stāvokļa izmaiņu novērojumi 2012. gadā veikti visos parauglaukumos, kas nav nozāģēti sanitārajā cirtē. Būtiskākās atziņas, kas iegūtas, apsekojot iepriekšējā gadā ierīkotos parauglaukumus, ir:

- nevienā parauglaukumā (2011. gadā tikai atsevišķos parauglaukumos Klīves iecirknī) nav konstatētas dzīvas bruņušu mātītes, un nav novērota raksturīgā medusrasas izdalīšanās, kas nozīmē, ka bruņuts intensīvas izplatīšanās fāze ilgst 1 – 2 gadus, kā tas ir aprakstīts literatūrā (Kunkel, 1997; Turguter, Ülgentürk, 2006; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010), un Latvijā bruņuts savairošanās notikusi 2009.-2010. gadā, bet 2011. gadā jauni bojājumi parādījās tikai atsevišķās audzēs, un to intensitāte bija mazāka nekā iepriekšējos gados;
- notiek bojāto koku atveseļošanās – arī daļa sākotnēji „norakstīto” koku (3. bojājumu pakāpe) ir atguvuši skujas (9.5. attēls), kas apstiprina hipotēzi, ka stresa faktors (egļu bruņuts) vairs neiedarbojas uz bojātajiem kokiem un nav izraisījusi arī sekundāro kaitēkļu savairošanos. Šis secinājums neattiecas uz audzēm, kas 2010. gadā atbilda sanitārās cirtes kritērijiem un tika nocirstas kailcirtē;
- Skandināvijas valstīs un Lietuvā bruņuts izplatību un bojājumu intensitātes palielināšanos saista ar klimata izmaiņām, kas rada šī kaitēkļa attīstībai labvēlīgus meteoroloģiskos apstākļus (Olsson et al., 2012; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010), tāpēc paredzams, ka nākotnē bojājumu intensitāte palielināsies vēl vairāk un savlaicīgi jāveic profilaktiski pasākumi, lai ierobežotu šī kaitēkļa izplatību un sekmētu bojāto audžu atveseļošanos;
- pagaidām nav skaidrs, vai Latvijā bojājumu iemesls ir egļu bruņuts (*Physokermes piceae*) vai Ungārijas bruņuts (*Physokermes inopinatus*), vai starpsugu hibrīds, jo abu sugu bioloģija ir maz pētīta un vienīgā morfoloģiski viegli nosakāmā atšķirība ir kukaiņu izplatība koku vainagā – egļu bruņuts parasti invadē tikai pēdējā gada dzinumus, bet Ungārijas bruņuts sastopama arī uz vecākiem dzinumiem. 2010. gadā veiktajos novērojumos kukaiņi konstatēti uz dažāda vecuma dzinumiem, bet vizuāli mātīšu čaulas atšķīrās no Zviedrijas dienvidos tajā pašā gadā ievāktajām Ungārijas bruņušu mātīšu čaulām.



9.5. attēls. Egles, kurām 2010. gadā konstatēta 90 % defoliācija (2011. gads)

Izvērtējot bojājumu dinamiku (3.2. tabula), konstatēts, ka nedzīvo koku skaits 2 gadu laikā kopumā palielinājies par 5 % (jāņem vērā, ka lielākā daļa visvairāk bojāto audžu ir nocirstas sanitārajās cirtēs, un iegūtais rezultāts attiecas uz audzēm, kurās nebija pamata veikt sanitārās kailcirtes), koku ar 2. pakāpes bojājumiem skaits ir samazinājies vairāk kā 2 reizes, koku ar 1. pakāpes bojājumiem skaits ir samazinājies par 4 %, bet pilnīgi veselo koku skaits ir pieaudzis par 10 %. Salīdzinot ar sākotnējo bojājuma pakāpi, veselo koku kategorijā jauni bojājumi radušies 20 % koku, savukārt koku grupā ar 30 % defoliāciju 57 % koku novērota atveseļošanās un 21 % koku – stāvokļa pasliktināšanās. Koku grupā ar vismaz 60 % defoliāciju veselības stāvoklis uzlabojies 70 % koku, un 19 % no kokiem šajā grupā ir gājuši bojā. Īpatnēji, ka arī koku grupā ar 3. pakāpes bojājumiem (koki ar gandrīz pilnībā nobirušām skujām), notikusi veselības stāvokļa uzlabošanās 26 % koku, t.i., kokiem atjaunojušās skujas, un 2012. gadā veidojušies normāli dzinumu pieaugumi. Stipri bojāto koku (2. un 3. bojājumu pakāpe) īpatsvars samazinājies no 24 % līdz 20 %. Veselības stāvokļa pasliktināšanās līdz 2. vai 3. bojājumu pakāpei notikusi 8 % veselo un viegli bojāto koku (0. un 1. bojājumu pakāpe), tajā skaitā 20 % koku ar 1. bojājumu pakāpi.

Salīdzinot koku skaita un šķērslaukuma izmaiņas (9.2. un 9.3. tabula) dažādās bojājuma pakāpēs, statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas, piemēram, veselu koku skaits mainījies no 52 % līdz 62 %, bet veselu koku šķērslaukums – no 50 % līdz 66 %. Tas nozīmē, ka bojājumu intensitāte un koku atveseļošanās pētījuma ietvaros ierīkotajos parauglaukumos nav atkarīga no koku dimensijām. Korelācija starp koku caurmēru un bojājuma pakāpes izmaiņām 2 gadu laikā arī nav konstatēta ($r = 0,16$).

Bojājumu dinamika – koku skaita sadalījums¹

Bojājumu pakāpe 2010. gadā	Bojājumu pakāpe 2012. gadā	Koku sadalījums		Koku skaits bojājumu pakāpē 2010. gadā	Koku skaits bojājumu pakāpē 2012. gadā
		sākotnējā bojājumu pakāpē	no kopskaita visās bojājumu pakāpēs		
0	0	80 %	42 %	0 %	0 %
	1	13 %	7 %		
	2	3 %	1 %		
	3	4 %	2 %		
1	0	57 %	13 %	23 %	18 %
	1	22 %	5 %		
	2	10 %	2 %		
	3	11 %	3 %		
2	0	43 %	7 %	15 %	6 %
	1	28 %	4 %		
	2	11 %	2 %		
	3	19 %	3 %		
3	0	2 %	0 %	9 %	14 %
	1	15 %	1 %		
	2	9 %	1 %		
	3	74 %	7 %		

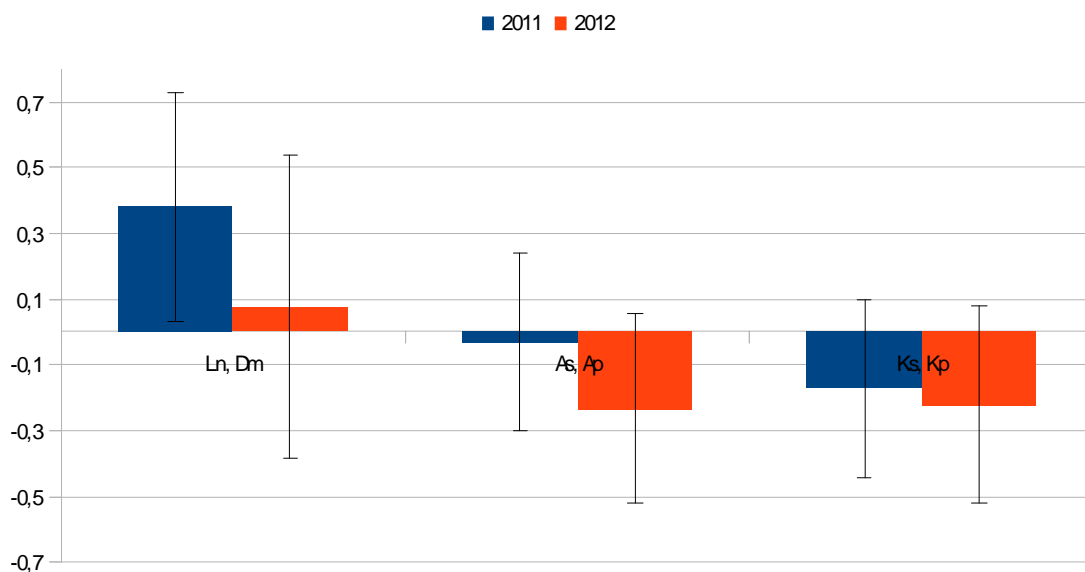
¹ Ar sarkanu krāsu iezīmētas rindas, kurās koku defoliācijas pakāpe palielinās, ar zaļu - rindas, kur defoliācijas pakāpe samazinās, ar dzeltenu - rindas, kur nenotiek izmaiņas.

9.3. tabula.

Bojājumu dinamika – šķērslaukuma sadalījums

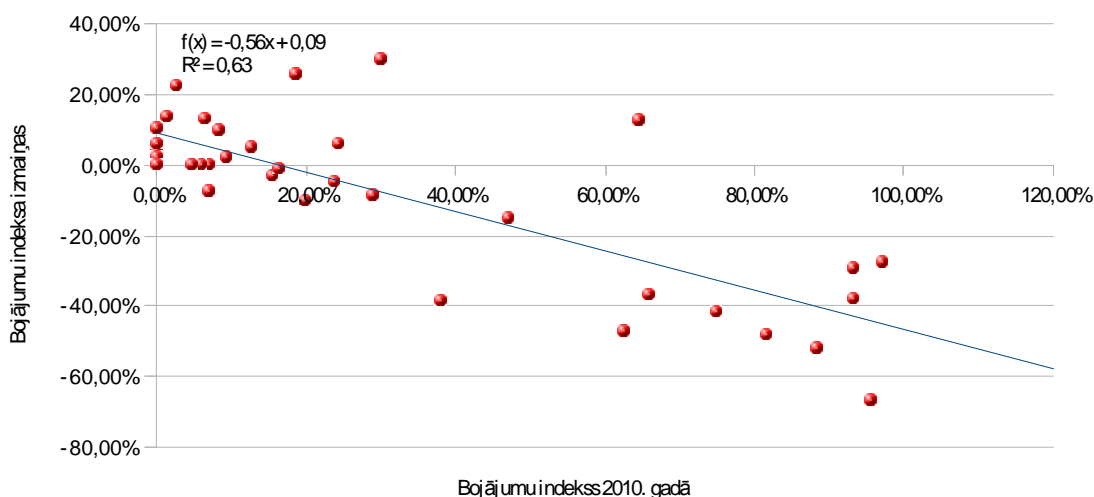
Bojājumu pakāpe 2010. gadā	Bojājumu pakāpe 2012. gadā	Šķērslaukuma sadalījums		Šķērslaukums bojājumu pakāpē 2010. gadā	Šķērslaukums bojājumu pakāpē 2012. gadā
		sākotnējā bojājumu pakāpē	no kopskaita visās bojājumu pakāpēs		
0	0	86 %	43 %	0 %	0 %
	1	10 %	5 %		
	2	1 %	1 %		
	3	3 %	1 %		
1	0	61 %	16 %	26 %	16 %
	1	22 %	6 %		
	2	7 %	2 %		
	3	10 %	3 %		
2	0	48 %	8 %	16 %	4 %
	1	25 %	4 %		
	2	9 %	1 %		
	3	19 %	3 %		
3	0	1 %	0 %	9 %	14 %
	1	13 %	1 %		
	2	9 %	1 %		
	3	77 %	7 %		

Salīdzinot stāvokļa izmaiņas dažādos meža tipos, nav konstatēta statistiski būtiska atšķirība. Tas saistīts ar lielu datu izkliedi, tomēr 9.6. attēlā redzams, ka 2011. gadā stāvokļa pasliktināšanās notikusi galvenokārt sausieņu meža tipos, bet kūdreņos un āreņos stāvoklis saglabājies nemainīgs vai nedaudz uzlabojies; savukārt, 2012. gadā stāvoklis uzlabojies vai palicis nemainīgs visos meža tipos. Bojājumu izplatīšanās sausieņu tipos tendences iemesls ir tas, ka kūdreņos un āreņos bojājumi sākās agrāk, jau 2009. gadā, bet sausieņu meža tipos tie izplatījās tikai 2010. un 2011. gadā. Līdzīgs scenārijs īstenojās arī Lietuvā, kur vispirms cieta egļu audzes uz organiskām susinātām augsnēm, bet pēc tam arī pārējās egļu audzes. Šo hipotēzi apstiprina fakts, ka 2012. gadā jaunu bojājumu veidošanās sausieņos krasi samazinājās.



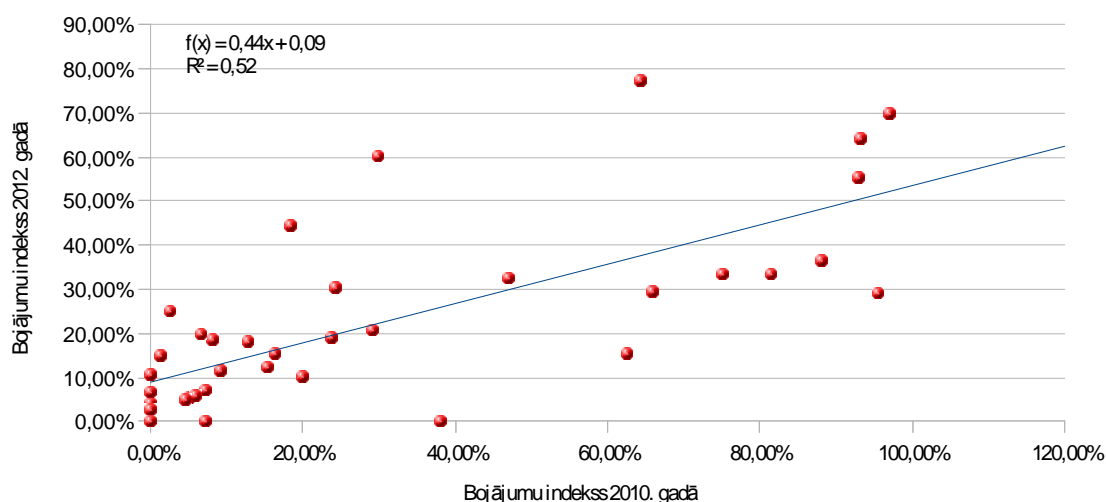
9.6. attēls. Bojājumu pakāpes izmaiņas dažādos meža tipos²

Pieņēmumu par bojājumu samazināšanos uz susinātajām augsnēm, kur sākotnēji konstatēja visvairāk nokaltušu koku, apstiprina arī 9.7. attēls, kurā redzams, ka bojājumu indekss palielinājies parauglaukumos, kur sākotnēji bija vismazāk bojāto koku, turpretim parauglaukumos ar daudziem bojātiem kokiem bojājumu indekss samazinās. 9.8. attēlā redzams, ka pastāv cieša lineāra korelācija starp sākotnējo un 2012. gadā konstatēto bojājumu indeksu; tas nozīmē, ka 2010. gadā vairāk bojātās audzes ir sliktākā stāvoklī arī tagad, tomēr stresa faktora, kas izraisījis šos bojājumus, iedarbība beigusies agrāk, un audzes sākušas atveseļoties. Vērtējot šo faktu, jāņem vērā, ka mežaudzes, kur bojājumi bija visintensīvākie, tika nocirstas sanitārajā cirtē.



9.7. attēls. Sakarība starp sākotnējo bojājumu indeksu un tā izmaiņām

² Negatīva vērtība grafikā nozīmē to, ka defoliācijas pakāpe samazinājusies, t. i., koka veselības stāvoklis uzlabojies.



3.8. attēls. Sakarība starp sākotnējo bojājumu indeksu un 2011. gadā konstatēto bojājumu indeksu

Veicot korelācijas analīzi, konstatēts, ka starp bojājumu pakāpes izmaiņām 2010. – 2011. gadā un augstumu virs jūras līmeņa pastāv cieša lineāra korelācija ($r = 0,55$), t.i., jo lielāks augstums virs jūras līmeņa, jo lielāka varbūtība, ka bojājumi palielināsies. 2012. gadā šāda sakarība vairs nav konstatēta. Pirms tam, 2010. gadā, konstatēta negatīva korelācija starp bojājumu indeksu un augstumu virs jūras līmeņa. Iespējams, ka augstāk virs jūras līmeņa ierīkotajos parauglaukumos (Vidzemes augstienē) bojājumi izplatījās vēlāk, nekā piejūras zemienē ierīkotajos parauglaukumos, tāpēc 2011. gadā konstatēta pozitīva sakarība ar bojājumu indeksu.

Bojājumu pakāpes izmaiņām konstatēta pozitīva korelācija ar koku skaitu, šķērslaukumu un krāju audzē. Tas nozīmē, ka audzēs ar lielāku koku skaitu, dimensijām un kopējo krāju koku atlabšanas varbūtība ir mazāka. Šāda pati sakarība ar bojājumu intensitāti 2010., 2011. vai 2012. gadā nav konstatēta.

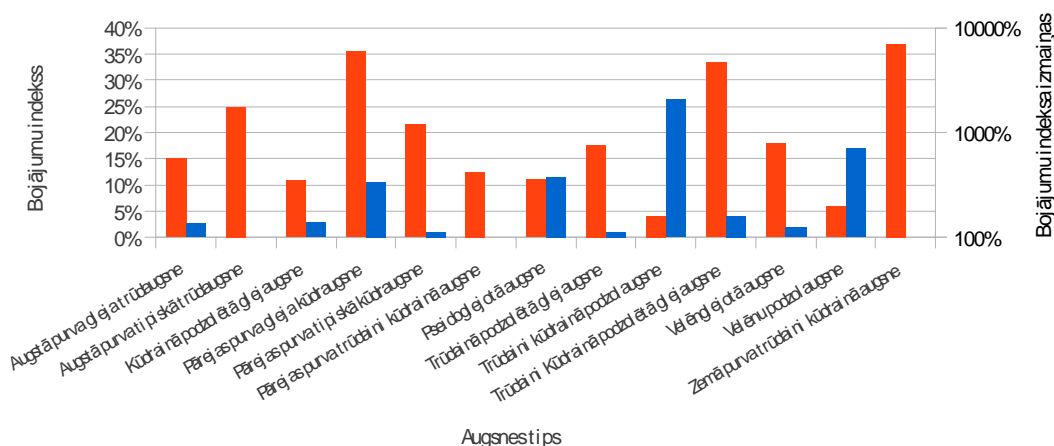
Salīdzinot augsnes analīžu rezultātus un bojājumu indeksu 2012. gadā, konstatēta cieša lineāra bojājumu indeksa korelācija ar N-NO_3 ($r = 0,51$) un cieša negatīva lineāra korelācija ar māla daļiņu īpatsvaru augsnē ($r = -0,50$). Vidēji cieša pozitīva korelācija konstatēta starp bojājumu indeksu un Ca ($r = 0,46$) un Mg ($r = 0,48$) saturu augsnē, kā arī mitruma saturu augsnē ($r = 0,46$); vāja korelācija ar N ($r = 0,33$) un C_{org} ($r = 0,29$) saturu augsnē. Salīdzinot ar 2010. gadu, palielinājusies Ca un Mg saturs, kā arī māla daļiņu īpatsvars ietekmē. Vidējās bojājumu pakāpes izmaiņām nav konstatēta korelācija ar barības vielu koncentrāciju vai māla daļiņu īpatsvaru dažādos augsnes slāņos.

2010. gadā konstatēja, ka izteiktāka korelācija ir barības vielu rezervēm, nevis koncentrācijai dažādos augsnes slāņos (Bārdule et al., 2011). Salīdzinot audžu bojājumu indeksu 2012. gadā un 2010. gadā un konstatētās barības vielu rezerves 0 – 80 cm slānī, cieša pozitīva korelācija konstatēta NO_3^- , apmiņas Mn, N, C_{org} un Ca uzkrājumam augsnē, attiecīgi, $r = 0,51$; $0,56$; $0,56$; $0,51$ un $0,63$. Tāpat cieša pozitīva korelācija konstatēta starp bojājuma indeksu un vidējo augsnes blīvumu 0 – 80 cm dziļumā ($r = 0,63$). Tas apstiprina iepriekš izvirzīto hipotēzi, ka sablīvētās augsnēs bojājumu risks ir lielāks. Apmiņas Mn korelācija ar bojājumu indeksu apstiprina iepriekš veiktos pētījumos izvirzīto pieņēmumu, ka reducētajiem Mn savienojumiem ir saistība ar egļu vitalitātes pasliktināšanos (Nollendorfs, 2007). Vidēji cieša negatīva korelācija konstatēta starp bojājumu indeksu un K krājumiem

augsnē. Salīdzinot ar 2010. gadu, visiem uzskaitītajiem elementiem korelācija ar bojājumu indeksu palielinājusies. Salīdzinot ar bojājumu pakāpes izmaiņām, vidēji cieša negatīva korelācija konstatēta tikai NO_3^- ($r = -0,41$). Tas liecina, ka audžu atveseļošanās etapā lielākiem NO_3^- krājumiem ir pozitīva ietekme uz audžu atveseļošanos. Taču tas var būt saistīts arī ar faktu, ka bojājumi vispirms izplatījās kūdras augsnēs, kurām raksturīga lielāka N koncentrācija, attiecīgi arī atveseļošanās process vispirms sākās kūdras augsnēs. Ciešākā korelācija starp bojājumu indeksu un barības vielu rezervēm konstatēta augsnes virskārtas slāņos (0 – 20 cm).

Salīdzinot bojājumu indeksu ar barības vielu rezervēm, kas aprēķinātas, summējot barības vielu krājumus dažādos augsnes ģenētiskajos horizontos, iegūti līdzīgi rezultāti – bojājumu indeksam 2012. gadā ir cieša pozitīva korelācija ar NO_3^- , apmaiņas Mn, N, C_{org} un Ca uzkrājumiem augsnē, attiecīgi $r = 0,51$; $0,56$; $0,56$; $0,51$ un $0,63$. Tāpat negatīva korelācija ar bojājumu indeksu konstatēta K.

Salīdzinot barības vielu rezerves un bojājumu indeksu 2012. gadā dažādos augšņu tipos (9.4. tabula), konstatēta vidēji cieša pozitīva korelācija ar NH_4^+ , N, C_{org} , Ca un P (attiecīgi $r = 0,59$; $0,58$; $0,58$; $0,64$ un $0,42$), kā arī cieša korelācija ar apmaiņas Mn uzkrājumu ($r = 0,80$), kā arī vidēji cieša negatīva korelācija ar K uzkrājumu augsnē ($r = -0,54$). Intensīvākie bojājumi arī 2012. gadā saglabājas pārmitrās kūdras augsnēs (9.9. attēls).



3.9. attēls. Bojājumu indekss un tā izmaiņas dažādos augšņu tipos.

Barības vielu rezerves 0 – 80 cm dziļumā dažādos augšņu tipos

Augsnes tips	N-NH ₄ , kg ha ⁻¹	N-NO ₃ , kg ha ⁻¹	Apmaiņas Mn, kg ha ⁻¹	N, kg ha ⁻¹	C, kg ha ⁻¹	K, kg ha ⁻¹	Mn, kg ha ⁻¹	Ca, kg ha ⁻¹	Mg, kg ha ⁻¹	Na, kg ha ⁻¹	P, kg ha ⁻¹
Augstā purva gleja trūdaugsne	78,1	10,7	-	15 926	341 943	1 427	188	9 182	2 440	-	1 091
Augstā purva tipiskā trūdaugsne	138,5	17,5	-	31 585	634 706	1 878	196	20 430	2 503	-	1 062
Kūdrainā podzolētā glejaugsne	88,4	17,5	3,3	13 337	272 181	2 397	285	6 481	2 349	2 303	1 183
Pārejas purva gleja kūdraugsne	132,9	63,1	16,8	23 957	536 805	2 373	241	20 440	2 801	2 035	1 768
Pārejas purva tipiskā kūdraugsne	140,4	34,6	14,3	13 902	308 334	2 108	312	9 109	3 021	745	2 454
Pārejas purva trūdaini kūdrainā augsne	112,9	32,4	-	31 023	637 867	1 339	202	24 221	2 173	-	915
Pseudoglejotā augsne	82,3	47,3	16,0	6 903	233 946	7 109	492	744	4 506	906	1 210
Trūdainā podzolētā glejaugsne	82,8	29,3	7,0	7 541	122 114	6 595	333	1 057	5 545	917	1 463
Trūdaini kūdrainā podzolaugsne	44,4	52,8	5,6	6 976	158 166	4 762	265	6 924	3 909	4 189	1 459
Trūdaini Kūdrainā podzolētā glejaugsne	78,1	16,5	38,8	16 822	322 744	2 433	766	11 852	2 508	617	1 392
Velēnglejotā augsne	65,9	30,1	7,7	10 350	212 067	3 509	264	2 740	3 562	1 583	1 061
Velēnu podzolaugsne	37,4	40,4	3,8	9 401	83 204	8 478	257	4 516	4 271	637	802
Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne	102,7	63,8	29,8	28 710	564 819	1 423	250	38 267	4 105	847	1 522
Vidēji	108,3	44,6	20,4	19 251	399 701	2 853	335	17 518	3 533	1 096	1 680

Egļu audžu mēslošanas izmēģinājumu rezultāti

2012. gadā apsekoja izmēģinājumus 3 nogabalos, kuros 2011. gada vasarā ierīkoti mēslošanas izmēģinājumi. Izmēģinājumu objekti ierīkoti AS „Latvijas valsts meži” Zemgales mežsaimniecības Klīves iecirknī. Mēslojums iestrādāts 2011. gada 16. jūnijā, pirms tam nosakot koku dendrometriskos rādītājus un bojājumu pakāpi visos parauglaukumos. Mežaudžu raksturojums dots 9.5. tabulā, parauglaukumu raksturojums sadalījumā pa izmēģinājumu variantiem dots 9.6. tabulā.

2011. gada septembrī veikta sākotnējā bojājumu uzskaitē, ievākti augsnes paraugi 4 atkārtojumos katrā parauglaukumā un veiktas augsnes analīzes. Augsnes analīžu rezultāti iekļauti 2011. gada pētījuma pārskatā (Lazdiņš, 2011). Sakņu vitalitātes novērtējums, egļu skuju analīze un atkārtots koku veselības stāvokļa izmaiņu novērtējums 2011. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos uzsākts 2012. gada rudenī. Līdz šim brīdim pabeigta bojājumu uzskaitē un visām analīzēm nepieciešamo paraugu ievākšana.

9.5. tabula

Mēsloto mežaudžu raksturojums

Koku suga	Biezums, gab. ha ⁻¹	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Virszemes biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
16. kvartāls, 10. nogabals						
E	536	22	18	22	108	220
Visas sugas	536	22	18	22	108	220
17. kvartāls, 7. nogabals						
E	469	26	19	26	126	259
Visas sugas	469	26	19	26	126	259
41. kvartāls, 14. nogabals						
B	14	15	15	0	1	2
E	497	22	18	20	97	200
Ma	3	18	17	0	0	1
Visas sugas	514	22	18	20	99	202

Salīdzinot bojājuma pakāpi 2011. un 2012. gada beigās, redzams, ka kontroles parauglaukumos tā nav mainījusies, bet abos mēslotajos parauglaukumos būtiski samazinājusies, tajā skaitā platībās, kur ienesti minerālmēsli – 2 reizes (9.6. tabula). Koku skaits parauglaukumos samazinājies vidēji par 8 %, tajā skaitā mēslotajos parauglaukumos par 7 % un kontroles parauglaukumos – par 11 %.

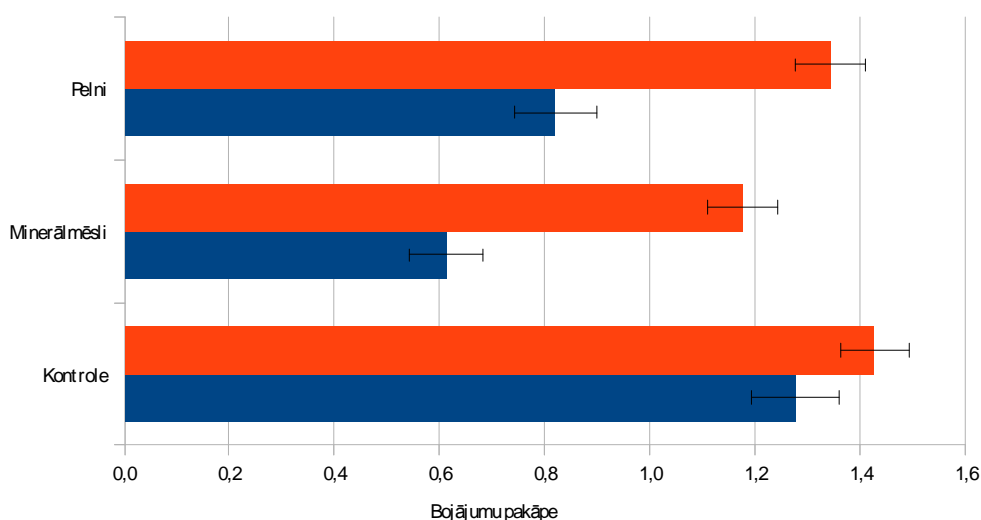
3.6. tabula

Dažādu izmēģinājumu variantu raksturojums

Rādītājs	Kontrole	Minerālmēsli	Pelni	Visi varianti
caurmērs krūšu augstumā, cm	23,9 ± 0,4	23,2 ± 0,5	23,3 ± 0,4	23,5 ± 0,3
bojājuma pakāpe 2011. gadā	1,4 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0
bojājuma pakāpe 2012. gadā	1,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0
bojājumu pakāpes izmaiņas	-0,2 ± 0,1	-0,6 ± 0,1	-0,5 ± 0,1	-0,4 ± 0,1
koku skaits 2011. gadā	171	177	191	539
koku skaits 2012. gadā	152	165	178	495
koku skaita izmaiņas	89 %	93 %	93 %	92 %

Veicot atšķirību būtiskuma analīzi, konstatēts, ka bojājumu pakāpe atšķiras būtiski ($p < 0,05$) starp kontroles un abiem mēslojuma variantiem, bet nav būtiskas atšķirības ($p = 0,09$) starp parauglaukumiem, kas mēsloti ar pelniem un minerālmēsliem.

Sevišķi uzskatāmi mēslojuma ietekmi raksturo grafiks 9.10. attēlā. Grafikā redzams, ka pirmajā gadā būtiska atšķirība no kontroles bija tikai parauglaukumos, kuros ienesti minerālmēsli, bet 2012. gadā būtiska atšķirība no kontroles ir abiem mēslojuma variantiem. Tāpat būtiska atšķirība ir starp 2011. gada un pašreizējo bojājumu pakāpi abos mēslojuma variantos. Minerālmēsli rada lielāku efektu. Iespējamais skaidrojums šai parādībai konstatēts 2011. gadā, veicot pelnu analīzes citu pētījumu vajadzībām. Saskaņā ar LVMI Silava Meža vides laboratorijas kvalitātes kontroles vadītājas teikto, kālija saturs pelnos dažādos maisos atšķīrās vairāk kā 10 reizes. Acīmredzot, daļa pelnu pirms fasēšanas stāvēja zem klajas debess un lielākā daļa kālija no tiem izskalojās.



9.10. attēls. Bojājumu pakāpe dažādos izmēģinājumu variantos

Bojājumu dinamikas analīze (bojājumu pakāpes salīdzinājums vieniem un tiem pašiem kokiem 2011. un 2012. gadā, 9.7. tabula) rāda, ka sākotnēji nebojātu koku kopskaits pieaudzis 2,6 reizes. Ar minerālmēsliem apstrādātajā platībā nevienam veselajam kokam nav radušies jauni bojājumi, bet ar pelniem apstrādātajā platībā tādu koku, kam radušies jauni bojājumi, ir 2,3 reizes mazāk nekā kontroles platībā. Koku skaits ar 1. bojājumu pakāpi samazinājies no 40 % līdz 28 %. Izmaiņas notikušas, uzlabojoties koku veselības stāvoklim. Arī šeit mēslotajās platībās ir būtiski labāki rezultāti – parauglaukumos, kas apstrādāti ar minerālmēsliem, 80 % koku ir pilnībā atveseļojušies, 20 % koku veselības stāvoklis nav mainījies, un nevienam kokam tas nav pasliktinājies. Ar pelniem mēslotajos parauglaukumos 6 % koku veselības stāvoklis pasliktinājies un 73 % uzlabojies, savukārt kontroles parauglaukumos veselības stāvoklis uzlabojies tikai 42 % koku, kam sākotnēji konstatēta 1. bojājumu pakāpe. Kokiem ar 2. bojājumu pakāpi ar minerālmēsliem apstrādātajos parauglaukumos veselības stāvoklis uzlabojies 68 % koku, ar pelniem mēslotajos parauglaukumos – 71 % koku, bet kontroles parauglaukumos – tikai 22 % koku. Koku ar gandrīz pilnīgu defoliāciju atlabšana notikusi ar pelniem mēslotajās platībās (21 % koku ar sākotnēji noteiktu 3. bojājumu pakāpi) un kontroles platībās (9 % koku).

Bojājumu dinamika

Sākotnējā bojājumu pakāpe	Pašreizējā bojājumu pakāpe	Varianti			No kopskaita	Koku skaita izmaiņas bojājumu pakāpē	
		kontrole	minerālmēsli	pelni		sākotnēji	tagad
0	0	79 %	100 %	91 %	17 %	18 %	47 %
	1	21 %	0 %	9 %	1 %		
1	0	42 %	80 %	73 %	27 %	40 %	28 %
	1	53 %	20 %	21 %	12 %		
	2	5 %	0 %	3 %	1 %		
	3	0 %	0 %	3 %	0 %		
2	0	3 %	13 %	18 %	4 %	34 %	14 %
	1	19 %	55 %	53 %	14 %		
	2	58 %	32 %	18 %	12 %		
	3	19 %	0 %	12 %	4 %		
3	0	0 %	0 %	6 %	0 %	8 %	11 %
	1	0 %	0 %	6 %	0 %		
	2	9 %	0 %	11 %	1 %		
	3	91 %	100 %	78 %	7 %		
2. un 3. klases koki		41 %	15 %	21 %	25 %	41 %	25 %

Sistēmas iedarbības insekticīda „Aktara” lietošanas izmēģinājumu veikšana

2011. gada pavasarī ierīkoti 5 parauglaukumi 3 nogabalos, kuros jau 2010. gadā bija ierīkoti ilglaicīgo novērojumu parauglaukumi egļu audžu bojājumu iemeslu noskaidrošanai un kuros arī 2011. gada pavasarī konstatēta egļu bruņuts savairošanās (9.8. tabula). Katrā parauglaukumā atlasīti 10 paraugkoki ar 1. pakāpes bojājumiem, kuros 2011. gada jūnijā injicēja insekticīdu „Aktara”. Koku injicēšanai tika izmantota „ArborJet” injekcijas šļirce. Vispirms kokos sakņu kakla augstumā vai uz lielākajām saknēm izurba nelielus caurumus (3 – 5 cm dziļumā, 15 – 20 cm attālumā pa perimetru vienu no otra). Tālāk tika injicēts insekticīds „Aktara”, kura deva tika noteikta atkarībā no koku augstuma – 1 g uz 1 m augstuma. Pavisam apstrādāti 50 koki.

9.8. tabula

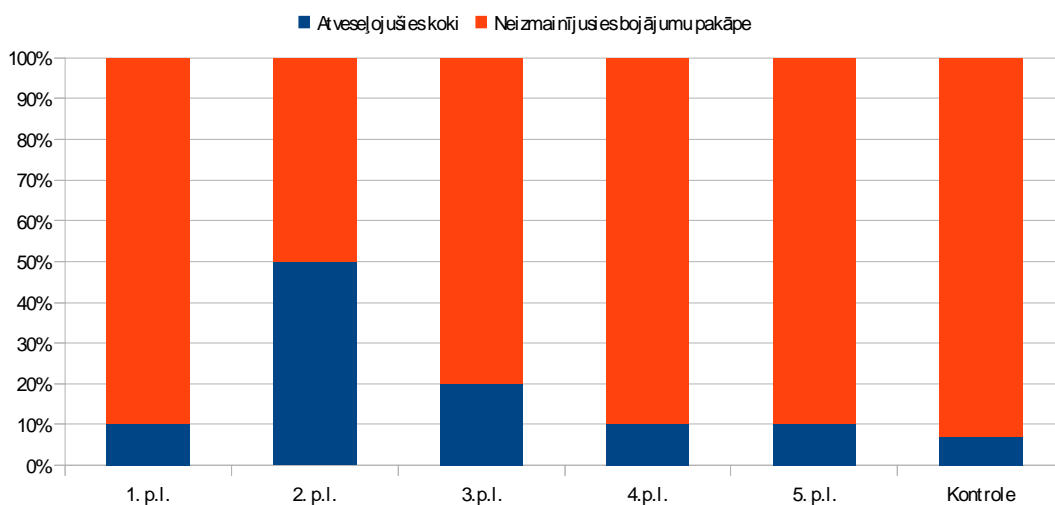
Mežaudzes, kurās ierīkoti izmēģinājumi

PL	Atslēga	Kadastra numurs	Nogabala numurs	Platība	Saimniecība	SUG kods	MT	NRI vecuma desmitgade	NRI formula
4., 5.	69-02-07-609-16-10	54860080410	10	4,5	Klīves I Zemgales MS Klīves M	3	Ks	5	10E 50
1., 3.	69-02-07-609-17-1	54860080410	1	5,0	Klīves I Zemgales MS Klīves M	3	Ks	5	10E 44
2.	80-27-55-001-18-24	80800010418	24	2,6	Rīgas pilsētas meža fonds	3	Ks	6	10E 55

2011. gada septembrī tika veikta pirmā koku veselības stāvokļa novērtēšana. No 50 kokiem, kam bija veiktas injekcijas, 9 bija pārgājuši no 1. bojājuma pakāpes uz 0. pakāpi (veseli koki). Neviens no kokiem nebija pārgājis uz lielāku bojājuma pakāpi. Kontroles parauglaukumā, kas ierīkots Rīgas pilsētas meža fondā, 4 % koku ar 1. bojājumu pakāpi

2011. gada vasaras laikā delofiācija palielinājās līdz vismaz 60 % (bojājumu pakāpe 2 vai 3, Lazdiņš, 2011).

2012. gadā, veicot atkārtotu koku ar veiktām injekcijām apsekošanu, konstatēts, ka 17 % koku bojājumu pakāpe samazinājusies, un kokus var uzskatīt par pilnīgi veseliem. Lielākajā daļā parauglaukumu atveseļojušies 10 % koku, bet 1 parauglaukumā – 50 % koku. Kontroles parauglaukumos, kas ierīkoti 2010. gadā tajās pašās mežaudzēs, tikai 7 % koku ar sākotnējo bojājuma pakāpi 1 ir pilnībā atveseļojušies (9.11. attēls). Tāpat kā 2011. gadā, insekticīdu injicēšana rada mazāku pozitīvo efektu nekā mēslošana. Tas liecina, ka bruņuts kaitīgā iedarbība ir beigusies, bet sekundārie kaitēkļi vismaz pagaidām nerada būtisku ietekmi uz egļu veselības stāvokli. Būtiski, ka 2012. gadā nevienā no audzēm, kur kokiem veiktas injekcijas, vairs nav atrastas dzīvas bruņutis.



9.11. attēls. Koku ar veiktām injekcijām atveseļošanās parauglaukumos

Pētījuma rezultāti, kas iegūti 2011. un 2012. gadā, liecina par to, ka masveida egļu bojājumi ir saistīti ar kaitēkļiem, taču parauglaukumi ierīkoti mežaudzēs, kur pirmie bojājumi konstatēti jau 2010. gadā, un insekticīdi, kas izmantoti 2011. gadā, šajā gadījumā vairāk ierobežoja sekundāro kaitēkļu invāziju. Saskaņā ar lietuviešu kolēģu atzinumu, insekticīdi var būt efektīvi egļu bruņuts savairošanās pirmajā gadā, pēc tam koki cieš jau no sekundāriem stresa faktoriem, kas gadu pēc insekticīda izmantošanas pilnīgi vienādi iedarbojas gan uz apstrādātajiem, gan kontroles kokiem.

Sastāva kopšanas ciršu ietekme uz bojājumu izplatību egļu jaunaudzēs

Veicot atkārtotu kopšanas parauglaukumu uzmērīšanu, konstatēts, ka kopšana veikta tikai 6 nogabalos (9.9. tabula), pie kam izkopti gan kontroles, gan kopjamie parauglaukumi. Tas nozīmē, ka pētījumā nav iespējama iekšējā nogabalu kontrole, taču var salīdzināt izkoptos un nekaitētos nogabalus.

Kopšanas laikā izzāģēti galvenokārt lapkoki, egļu skaitu samazinot minimāli. Valdošās sugas koku skaita samazinājums izkoptajos nogabalos ir 11 %, bet nekaitētajās audzēs – 5 %. Vidējā koku augstuma izmaiņas izkoptajos nogabalos ir 16 cm, nekaitētajās audzēs – 12 cm (9.10. tabula). Sakarība starp koku augstumu un skaitu izmēģinājumu objektos parādīta 9.12. attēlā.

Veicot atkārtotu jaunaudzju apsekošanu, nevienā no parauglaukumiem ne koptajās, ne nekaitējās audzēs nav konstatēti egļu bruņuts bojājumi vai dzīvas egļu bruņutu mātītes. Tas liecina, ka Latvijā nav notikusi egļu bruņutu invāzija jaunaudzēs. Iespējams, ka tas saistīts ar egļu bruņuts populācijas samazināšanos šo kaitēkļu dabisko ienaidnieku darbības rezultātā. Arī 2010. gadā ierīkotajos ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos 2012. gadā vairs netika konstatētas dzīvas bruņutis. Iespējams, ka citāds rezultāts tiktu iegūts, ja pētījumu objektus ierīkotu jau 2009. vai 2010. gadā, kad bojājumi izplatījās visintensīvāk.

Lai savlaicīgi identificētu egļu bruņuts bojājumu izplatīšanās risku, ieteicams izmantot tālīzpētes metodi, kas izstrādāta Skandināvijas dienvidu daļā un ļauj identificēt bojātās audzes gadu pirms vizuālu bojājumu parādīšanās vainaga lejasdaļā (Olsson et al., 2012).

Jaunaudzju kopšanas izmēģinājumu turpināšana nav lietderīga. To vietā ir lietderīgi paplašināt meža mēslošanas izmēģinājumu programmu un ierīkot meža atjaunošanas izmēģinājumus bojātajās audzēs, kas nocirstas sanitārajā cirtē.

9.9. tabula

Valdošās sugas koku skaits un vidējais koku augstums pēc kopšanas³

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukumi						Videji
		1	2	3	4	5	6	
66-06-07- 313-200- 11	H, m	2,03	2,64	2,22	2,19	1,98	2,13	2,22
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1000	2100	2400	2200	2100	1400	1867
69-01-07- 608-147- 16	H, m	3,06	3,07	4,58	3,23	4,04	2,71	3,46
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	2900	3200	3100	2400	2400	2600	2767
69-01-07- 608-176- 3	H, m	2,37	2,4	2,28	2,69	3,35	2,28	2,54
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	4500	3300	3200	2900	2400	1100	2900
69-01-07- 608-179- 6	H, m	1,97	1,75	1,63	1,98	1,63	1,5	1,76
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	3600	2500	1600	2600	3400	2600	2717
70-07-07- 304-227- 24	H, m	3,16	2,82	3,56	2,96	3,36	2,18	3,05
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1500	1700	2200	1500	1500	1400	1633
80-09-07- 604-177- 10	H, m	3,59	4,12	3,11	4,62	7,27	6,05	4,81
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	3000	600	800	2400	1400	2000	1700
80-10-07- 604-55-3	H, m	2,72	3,05	3,5	3,13	2,52	3,17	3,04
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1400	1400	2600	1400	2100	1300	1700
80-11-07- 609-141- 10	H, m	1,35	2,01	2,19	1,57	1,16	1,67	1,72
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	3000	4000	3100	3000	1700	1400	2700
80-11-07- 609-188- 1	H, m	3,54	3,24	3,57	3,56	2,72	2,98	3,32
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	2500	2200	2400	2500	1600	1800	2167
83-01-07- 601-103-	H, m	0,72	0,71	0,5	0,75	0,97	0,75	0,81
	Koku skaits,	1500	1600	300	2000	3800	2000	1867

³ Ar pelēku prāsu iezīmēti nogabali, kas atkārtotas uzmērīšanas laikā 2012. gadā nebija izkopti.

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukumi						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
18	gab. ha ⁻¹							
83-01-07- 601-105- 2	H, m	0,76	1,01	1,15	1,24	1,61	1,69	1,21
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	4000	1200	1400	3000	3300	1500	2400
83-05-07- 603-294- 15	H, m	1,78	1,86	0,9	1,13	0,96	1,24	1,35
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	4500	4500	3400	3800	3800	4600	4100
Vidēji	H, m	2,19	2,3	2,61	2,31	2,27	2,24	2,31
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	2783	2358	2208	2475	2458	1975	2376

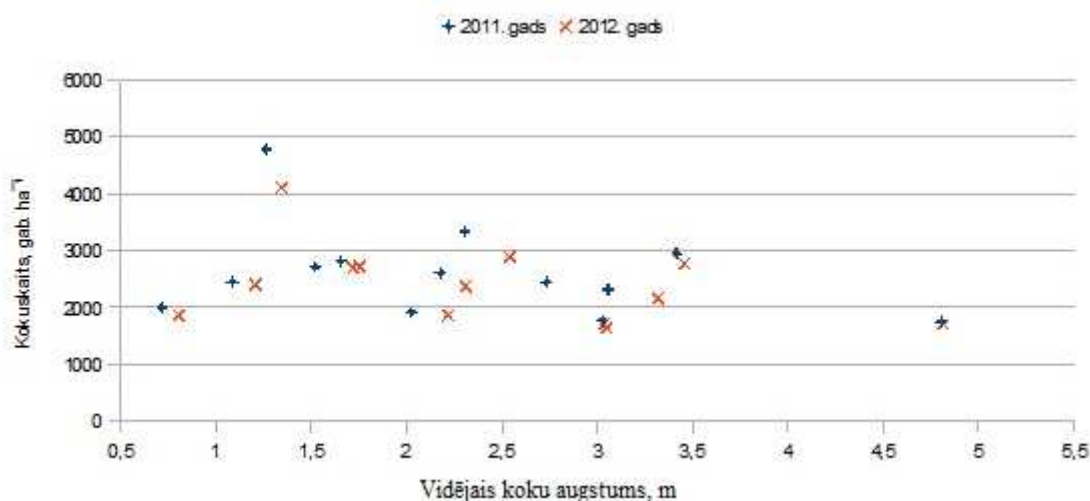
9.10. tabula

Valdošās sugas koku skaita un vidējā koku augstuma izmaiņas⁴

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukums						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
66-06-07- 313-200- 11	H, m	0,12	0,21	0,22	0,18	0,19	0,18	0,19
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	91 %	100 %	96 %	100 %	95 %	100 %	97 %
69-01-07- 608-147- 16	H, m	0,05	0,11	0,17	0,01	-0,14	0,02	0,04
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	97 %	91 %	91 %	92 %	96 %	96 %	94 %
69-01-07- 608-176- 3	H, m	0,2	0,15	-0,05	0,03	0,29	0,79	0,23
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	92 %	94 %	97 %	97 %	92 %	41 %	87 %
69-01-07- 608-179- 6	H, m	0,1	0,1	0,1	0,18	0,1	0	0,1
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	97 %	93 %	94 %	100 %	97 %	96 %	96 %
70-07-07- 304-227- 24	H, m	0,17	0,19	0,55	0,37	0,6	-0,01	0,31
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	68 %	68 %	71 %	75 %	47 %	82 %	67 %
80-09-07- 604-177- 10	H, m	-0,07	0	0	0,03	0	0	0,01
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	94 %	100 %	100 %	96 %	100 %	100 %	97 %
80-10-07- 604-55-3	H, m	0	-0,03	0,09	0	0	-0,08	0,01
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	100 %	93 %	96 %	100 %	95 %	93 %	96 %
80-11-07- 609-141- 10	H, m	0,13	0,2	0,33	0,25	-0,1	0,27	0,2
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	107 %	114 %	89 %	100 %	94 %	82 %	99 %
80-11-07- 609-188- 1	H, m	0,32	0,25	0,23	0,3	0,2	0,21	0,26
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	96 %	96 %	92 %	96 %	94 %	86 %	94 %
83-01-07- 601-103- 18	H, m	0,06	0,11	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	88 %	89 %	100 %	95 %	95 %	95 %	93 %
83-01-07-	H, m	0,08	0,1	0,11	0,12	0,14	0,15	0,12

⁴ Ar pelēku prāsu iezīmēti nogabali, kas atkārtotas uzmērīšanas laikā 2012. gadā nebija izkopti.

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukums						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
601-105-2	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	95 %	100 %	100 %	97 %	100 %	100 %	98 %
83-05-07-603-294-15	H, m	0,18	0,25	0,01	0,16	0,15	-0,06	0,08
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	74 %	73 %	97 %	93 %	95 %	96 %	86 %
Vidēji	H, m	0,12	0,17	0,13	0,14	0,1	0,13	0,13
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	91 %	90 %	92 %	95 %	91 %	88 %	91 %



9.12. attēls. Sakarība starp valdošās sugas vidējo koku augstumu un skaitu

Stumbra kaitēkļu bojājumi parastās egles audzēs

Egles astoņzobu mizgrauzis *Ips typographus* L. ir viens no galvenajiem parastās egles audžu kaitēkļiem. Tas ir bīstams ne tikai Latvijā (Bičevskis, Ozols, 1983), bet arī visā Eirāzijā (Christiansen, Bakke, 1988). Šis kaitēklis parasti savairojas vēja gāztās vai citādi novājinātās eglēs vai nemizotos baļķos, kas ir virs 12 cm diametrā. Skandināvijā raksturīga viena paaudze gadā (Šmits, 2009), bet Latvijā samērā bieži (siltajās vasarās) sekmīgi attīstās divas paaudzes (Bičevskis, Ozols, 1983; Ozols 1968; Ozols 1985). Vecās vaboles ziemo zemsegā 2–5 cm dziļumā, lielākoties zem veco koku vainagu klāja. Tikai neliela daļa vaboļu paliek ziemot attīstības vietās zem mizas, pa lielākai daļai uz gulošiem stumbriem (Ozols, 1985). Vaboles lido pavasarī, kad zemsegas temperatūra paaugstinās virs +10 °C. Tas parasti notiek maija sākumā, retāk aprīļa vai maija beigās (Šmits, Bičevskis, 1997). No kopulācijas telpas atiet 2–3 mātesejas, paralēli koka stumbra asij. To garums līdz 15 cm, savukārt, kāpurejas vidēji garas, atrodas blīvi viena pie otras, perpendikulāras mātesejai (Bičevskis, Ozols, 1983). Latvijā lidošana sākas aprīļa otrajā pusē, maija sākumā. Pirmā paaudze izlido jūnijā vai jūlija sākumā, bet otrā paaudze – augusta beigās, septembrī (Šmits, Bičevskis, 1997). Jaunās vaboles pārziemo zem mizas vai augsnē netālu no attīstības vietas. Lai egles astoņzobu mizgrauža vaboles spētu kolonizēt dzīvu koku, tām jāsapulcējas pietiekami lielā skaitā, lai pārvarētu koka pretestību (Mulock, Christiansen, 1986). Egles astoņzobu mizgrauža sekmīgai attīstībai ir nepieciešami egles stumbri, kas ir resnāki par 12 cm diametrā. Tas nozīmē, ka zari un galotnes nav tieši piemēroti to attīstībai (Šmits, 2009).

Ievākto materiālu vērtējumi par egles stumbra kaitēkļu bojājumiem egles bruņuts bojātajās parastās egles audzēs, kas sagatavoti atbilstoši M. Bičevska izstrādātās metodikas, apkopoti 9.11. tabulā un 9.13. attēlā (Bičevskis, 2006).

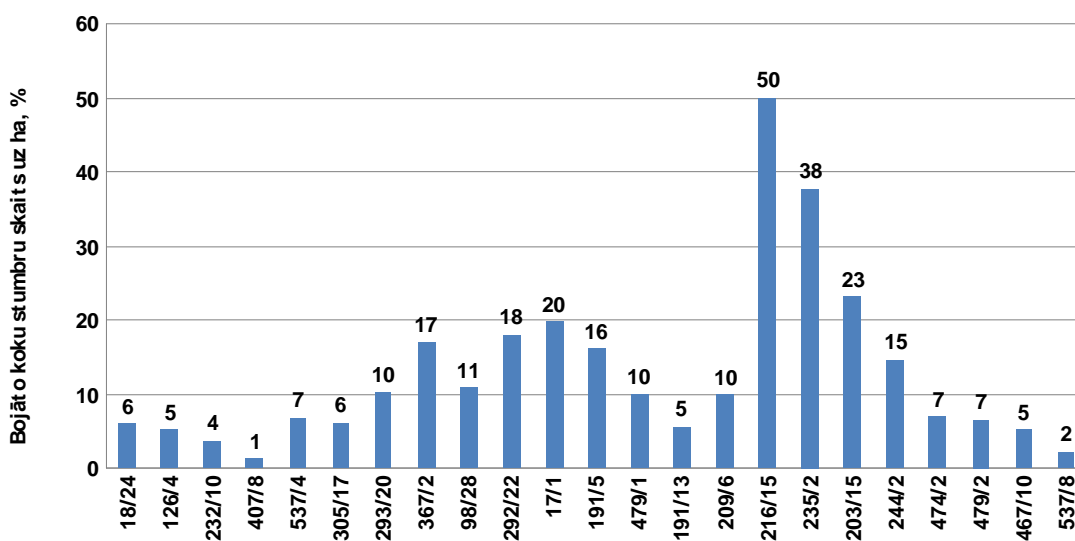
Stumbra kaitēkļu bojājumi tika konstatēti visās apsekotajās 23 egles bruņuts bojātajās parastās egles audzēs. Koku stumbru apsekošanā tika konstatētas pārsvarā mizgraužu Scolytidae dzimtas sugas: pūkainais egļu mizgrauzis (*Polygraphus polygraphus* L.), egļu sešzobu mizgrauzis (*Pityogenes chalcographus* L.), egļu dubultzobu mizgrauzis (*Ips duplicatus* Sahlb.), egļu astoņzobu mizgrauzis (*Ips typographus* L.) un svītrainais mizgrauzis (*Trypodendron lineatus* Oliv.). Zem atlupušas mizas uz stumbriem tika konstatēti egļu smecernieka-sveķotāja (*Pissodes harcyniae* Hrbst.) un mazā egļu koksngrauža (*Tetropium castaneum* L.) bojājumi un sēņotnes pārveidnes – rizomorfas, kas veic augošajos sēņu auglķermeņos vadorgānu funkcijas. Rizomorfas raksturīgas *Armillaria* spp. sēnēm.

9.11. tabula

Stumbra kaitēkļu izraisītu augošu egles stumbru bojājumu un to izraisīto riska apstākļu izvērtējums ballēs

Novērtējums ballēs	Bojāto koku stumbru skaits uz ha, %	Parastās egles audžu skaits	Audzju atrašanās kvartāli/nogabali
0 (nav riska)	< 3 %	2	LVM 407/8, 537/8
1 (vidējs risks)	3 – 10 %	11	18/24, 126/4, 232/10 LVM 537/4, 305/17, 479/1, 191/13, 209/6, 474/2, 479/2, 467/10
2 (augsts risks)	> 10 %	10	LVM 293/20, 367/2, 98/28, 292/22, 17/1, 191/5, 216/15, 235/2, 203/15, 244/2

9.11. tabulā redzams, ka 2 audzēs (uz apsekošanas brīdi) konstatēts, ka apsaimniekošanas riska apstākļi nepastāv, savukārt vidēja riska apstākļi – 11 audzēs un augsta – 10 audzēs.



9.13. attēls. Stumbra kaitēkļu bojāto augošu egles stumbru skaits egles bruņuts bojātajās parastās egles audzēs uz ha, %

Visi uzskaitītie koki iedalīti bojātos un nebojātos. Par bojātiem kokiem uzskatītas egles, kurām vispirms sākusi brūnēt galotne un pēc tam bojājumi parādījušies arī vainaga lejasdaļā. Bojātie koki tika uzskaitīti 3 bojājumu pakāpēs:

1. 1/3 no vainaga (kalstoša koka galotne, pārējās vainaga daļās bojājumi ir nelieli);
2. 2/3 no koka vainaga (koks zaudējis lielāko daļu skuju, būtiski bojājumi visā vainagā);
3. koks zaudējis visas skujas, bet iespējami nelieli zaļi jaunie dzinumi (Bārdule et al., 2011).

Izvērtējot stumbra kaitēkļu bojāto koku skaitu pēc koka bojājuma pakāpes, secināts, ka 95,3 % gadījumos tika bojāti pārsvarā koki ar vērtējuma pakāpi 3.

Pētījuma rezultāti liecina, ka audzēs, kurās tika konstatēta augsta riska pakāpe, jāveic mežsaimnieciskie pasākumi, kas vērsti uz augšanas apstākļu uzlabošanu – meliorācijas sistēmu rekonstrukcija, meža mēslošana, slimo koku izzāģēšana, tajā skaitā, no piegulošajām audzēm.

Jūlijā un augustā bojātām eglēm var būt bojāta tikai stumbra vidusdaļas un galotnes miza. Tad mizgrauža bojājumi ieraugāmi tikai pēc tam, kad mizu bojātajā daļā noknābj putni. Visbiežāk tas var notikt ziemā, tāpēc vērtētās audzēs vajadzīga atkārtota bojājumu novērtēšana pavasarī.

9.3. Rekomendācijas praksei

Pētījuma rezultāti apstiprina egļu bruņuts (*Physokermes piceae*) saistību ar egļu audžu masveida bojājumiem 2010. un, iespējams, 2009. gadā. Konsultējoties ar Zviedrijas speciālistiem (Linneja Universitātē), saņemts atzinums, ka Latvijā egļu audzēs izplatītā bruņuts pēc morfoloģiskām pazīmēm nelīdzinās Ungārijas bruņutij (*Physokermes inopinatus*), kas pēdējos gados izplatās Zviedrijas un Norvēģijas dienvidu daļā, radot līdzīgus postījumus egļu audzēs (Olsson et al., 2012). Abu bruņutu sugu bioloģija ir maz pētīta un vienīgā morfoloģiski viegli nosakāmā atšķirība ir kukaiņu izplatība koku vainagā – egļu bruņuts parasti invadē tikai pēdējā gada dzinumus, bet Ungārijas bruņuts sastopama arī uz vecākiem dzinumiem. 2010. gadā veiktajos novērojumos Latvijā kukaiņi konstatēti uz dažāda vecuma dzinumiem, bet vizuāli mātīšu čaulas atšķīrās no Zviedrijas dienvidos tajā pašā gadā ievāktajām Ungārijas bruņuts mātīšu čaulām. Arī Lietuvas entomologi uzskata, ka līdzīgu egļu audžu bojājumu iemesls Lietuvā 2009.-2010. gadā bija egļu bruņuts ("Kupiškio FMU - Lithuania | FSC FM | Kupiškio FMU - Lithuania on ekobai.com," n.d.; Lithuanian state forests, n.d.).

Veicot bojāto egļu audžu monitoringu, nevienā no parauglaukumiem, kas ierīkoti 2010. gadā, nav konstatētas dzīvas bruņutu mātītes un nav novērota raksturīgā medusrasas izdalīšanās. Veicot bojāto audžu monitoringu gadu iepriekš, 2011. gadā, tikai atsevišķos parauglaukumos AS "Latvijas valsts meži" Klīves iecirknī konstatēja lielu skaitu dzīvu bruņutu. Tas nozīmē, ka bruņuts intensīvas izplatīšanās fāzē Latvijā, tāpat kā Dienvideiropas valstīs, ilgst 1-2 gadus, kā tas ir aprakstīts literatūrā (Hartwig, 1997; Turguter, Ülgentürk, 2006; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010), un Latvijā bruņuts savairošanās notikusi 2009.-2010. gados, bet 2011. gadā jauni bojājumi parādījās tikai atsevišķās audzēs un to intensitāte bija mazāka, nekā iepriekšējos gados. Tas nozīmē arī to, ka nevar vienādi vērtēt egļu izdzīvošanas iespējas kukaiņu savairošanās pirmajā un turpmākajos gados.

Skandināvijas valstīs un Lietuvā bruņuts izplatību un bojājumu intensitātes palielināšanos saista ar klimata izmaiņām, kas rada šī kaitēkļa attīstībai labvēlīgus

meteoroloģiskos apstākļus (Olsson et al., 2012; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010). Saskaņā ar pētījumiem, kas veikti Turcijā, egļu bruņuts savairošanas veicina ilgstoši sausuma periodi (1-2 nedēļas bez nokrišņiem) veģetācijas perioda laikā. Saskaņā ar klimata modeļu datiem, nākotnē Latvijā šādu bezlietus periodu iestāšanās varbūtība palielināsies (Jansons, 2011), tāpēc paredzams, ka nākotnē masveida egļu bruņuts savairošanās iespējamība palielināsies, un ir svarīgi savlaicīgi veikt profilaktiskos pasākumus, lai ierobežotu kaitēkļa izplatību un sekmētu bojāto audžu atveseļošanas. Būtiski atzīmēt, ka tajā laikā, kad Latvijā un Lietuvā notika masveida egļu bruņuts savairošanās, Igaunijā un Somijā tika bojāti tikai atsevišķi koki. Tas liecina, ka šajās valstīs klimatiskie apstākļi vēl nav mainījušies tik ātri, lai notiktu masveidīga savairošanās.

Baltijas valstīs egļu bruņuts savairošanās sākās egļu tīraudzēs uz susinātām kūdras un minerālaugsnēm, bet pēc tam pārsviedās arī uz egļu audzēm uz dabiski sausām audzēm. Netika konstatēta bojājumu izplatības korelācija ar citu sugu koku piemistojumu vai koku dimensijām. Tas liecina, ka riskam vienādi pakļautas gan egļu tīraudzes, gan mistraudzes, taču vispirms egļu bruņuts savairojas novājinātās egļu audzēs. Bojāto audžu apsekošana 2010. gadā liecināja, ka raksturīgākās bojātās audzes ir egļu tīraudzes uz susinātas augsnes, kurās nesen veikta krājas kopšana. Iespējams, ka šo sakarību var izskaidrot arī ar nekorektu paraugkopas izvēli – šādas audzes ir visizplatītākās, taču tā skaisrojama arī ar egļu bruņuts bioloģiju – šie kukaiņi savairojas saulainās, labi vēdinātās vietās (izretināta audze) un egļu audzes uz susinātām augsnēm vairāk cieš ilgstošos sausuma periodos, jo liela daļa koku uzsūcošo sakņu atrodas tuvāk augsnes virskārtai, kas sausumā ātrāk izkalst. Kad egļu bruņutis ir savairojušās, tās spēj invadēt un bojāt arī egļu audzes uz dabiski sausām minerālaugsnēm.

Latvijā veikto pētījumu rezultāti nedod atbildi uz jautājumu, vai egļu bruņutis būtu savairojušās 2010. gadā un cik intensīvi notiktu šī savairošanās, ja nebūtu novājinātu egļu audžu, t.i. tiktu novērsta tādu stresa faktoru iedarbība, kā augsts stāvošs gruntsūdens vai barības vielu deficīts. Visticamāk, ka bojājumu intensitāte būtu mazāka un audžu atveseļošanās varbūtība – lielāka. Novērojumi 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos bojātajās egļu audzēs liecina, ka egļu audžu, kas nav nocirstas sanitārajā cirtē, veselības stāvoklis uzlabojas un stipri bojāto koku (defoliācija virs 60 %) īpatsvars samazinās. Daļēji atveseļojušos koku ar nelieliem bojājumiem (defoliācija līdz 30 %) skaits ir gandrīz 3 reizes lielāks, nekā šīs pašas grupas koku skaits, kuru veselības stāvoklis pasliktinājies. Līdzīgi, atveseļojušos koku ar sākotnējo defoliācijas pakāpi virs 60 % ir 2,5 reizes vairāk nekā šīs pašas kategorijas nokaltušo koku. Tas liecina, ka, fiksējot audzes stāvokli vasaras beigās, kā tas tika darīts pētījumā, var prognozēt, ka bojāto koku skaita pieaugums būs neliels. Jāņem vērā, ka pētījums veikts kaitēkļu masveida savairošanās 2. gadā, jo Latgales un Zemgales reģionā lielākā daļa parauglaukumu ierīkoti audzēs, kur koki kaltuši jau pagājušajā gadā. Pirmajā kaitēkļu masveida savairošanās gadā arī mazāk bojāto koku izdzīvošanas varbūtība ir mazāka, nekā otrajā gadā. To apstiprina arī lietuviešu mežsaimnieku būtā pieredze.

Pētījumi pierādīja, ka vienīgais no pētītajiem abiotiskajiem faktoriem, kas negatīvi korelē ar sākotnējo bojājumu intensitāti un pēc tam pozitīvi korelē ar koku atveseļošanās rādītājiem, ir kālija saturs augsnē. Izteikta pozitīva korelācija ar sākotnējiem bojājumiem konstatēta gruntsūdens līmenim, organisko vielu un slāpekļa saturam augsnē, kā arī atsevišķu metālu, tajā skaitā viegli šķīstošo mangāna savienojumu daudzumam augsnē. Kālija saturs un gruntsūdens līmenis ir rādītāji, ko var ietekmēt ar saimniecisko darbību.

Pētījuma rezultāti liecina, ka mēslojums (arī relatīvi nelielas devas, kas atbilst 61 kg ha⁻¹ kālija tīrvielas) ir efektīvs līdzeklis bojātu mežaudžu atveseļošanai, kas turpina

iedarboties vismaz 2 gadus pēc mēslojuma iestrādes un nodrošina, ka 2. un 3. pakāpes bojājumu īpatsvars samazinās no 41 % līdz 21 % vai pat 15 %. Izmantojot pelnus, būtiski kontrolēt to kvalitāti, lai ienestās pelnu devas atbilstu plānotajām. Bojāto mežaudžu mēslošana ar kāliju saturošiem minerālmēsliem vai koksnes pelniem var aizstāt sanitāro kailcirti egļu bruņuts bojātās audzēs. Izmantots profilaktiski, mēslojums var radīt vēl lielāku pozitīvo efektu.

Rekomendācijas balstītas uz projektā iesaistīto pētnieku pieredzi un pētījuma rezultātiem, tāpēc nākotnē, papildinot zināšanas par bojājumu attīstības dinamiku, it īpaši saistībā ar sekundāro kaitēkļu invāziju un meža atjaunošanas rezultātiem bojātajās audzēs, tās ir jāpildinveido.

Meža atjaunošana

Pētījumā nav iegūts empīriskais materiāls par meža atjaunošanu, taču, balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, var secināt, ka meža atjaunošanai izstrādātās egļu cirmsās jāpievērš liela vērība nākotnes mežaudžu vitalitātei, mazinot risku, ka nākotnē audzes cietīs no bruņuts bojājumiem.

Ieteikumi meža atjaunošanai uz susinātām kūdras augsnēm ir:

- 1) egļu audzēs, papildus stādītajiem kokiem, sekmēt dabisko atjaunošanos un citu koku sugu ienākšanu. Īpaši vēlama priede, jo uz tās dzīvo egļu bruņuts dabiskais ienaidnieks: platsmecernieks (*Anthrribus nebulosus*). Priedi var stādīt vai saglabāt dabiski izaugušo priežu grupas, kas nekonkurē ar egli;
- 2) veicot augsnes gatavošanu, ieteicams vienlaicīgi īstenot mikromeliorācijas pasākumus, lai aerētais augsnes slānis, kurā attīstīties koku saknēm, būtu maksimāli dziļš;
- 3) vietās, kur lieko ūdeni nav iespējams novadīt, ieteicams atstāt dabiskajai atjaunošanai un egli nestādīt, lai neradītu mitrajās vietās potenciālos bruņuts savairošanās perēkļus;
- 4) lapkokus egļu izcirtumos ieteicams ieaudzēt dabiskās atjaunošanās ceļā, saglabājot lapkoku grupas agrotehniskās un sastāva kopšanas laikā. Arī potenciālās aizsargjoslas atstājamas dabiskajai atjaunošanai ar koku sugām, kas nav pakļautas tiem pašiem riskiem, kam pakļauta egle, kopšanas laikā izvēcot tikai koku sugas, kas varētu būt slimību pārnēsātāji eglei.

Konstatēts, ka mistraudžu veidošana ar bērzu, neuzlabojot augšanas apstākļus (augšnes aerācija, mēslojums), var nedot vēlamo noturības palielināšanas efektu, jo 2010. gadā bojājumi vienādi intensīvi izplatījās gan egļu tīraudzēs, gan mistraudzēs. Egles aizstāšana ar citām koku sugām, piemēram, stādot melnalksni, kā tas tiek praktizēts Lietuvā, nav nepieciešama, izņemot platības, kur tam ir cits pamatojums (piemēram, intensīvi sakņu trupes bojājumi).

Jaunaudžu kopšana

Jaunaudžu kopšana ir nozīmīgākais mežsaimnieciskais pasākums, kura mērķis ir nodrošināt, lai katrs no augošajiem kokiem būtu ar spēcīgu un labi attīstītu vainagu un spētu pretoties egļu bruņuts uzbrukumiem, kā arī ātrāk atveseļoties pēc tam, kad šī stresa faktora iedarbība ir beigusies. Egļu jaunaudžu kopšanas principi ir aprakstīti prof. P. Zālīša darbos (Zālītis, 2004; Zālītis, Lībiete, 2008).

Pirmā sastāva kopšana veicama savlaicīgi (līdz valdaudzes koki sasniedz 4 m augstumu) ar mērķi samazināt koku savstarpējo konkurenci un palielināt radiālo pieaugumu, veicinot koku stabilitātes attīstību. Optimālais atstājamo koku skaits ir 1400 gab. ha⁻¹. Šādā audzē

turpmāko 20 gadu laikā veidojas visstraujākais pieaugums, attiecīgi, ekonomiskie riski, pat ja audzi noposta egļu bruņuts, būs salīdzinoši vismazākie.

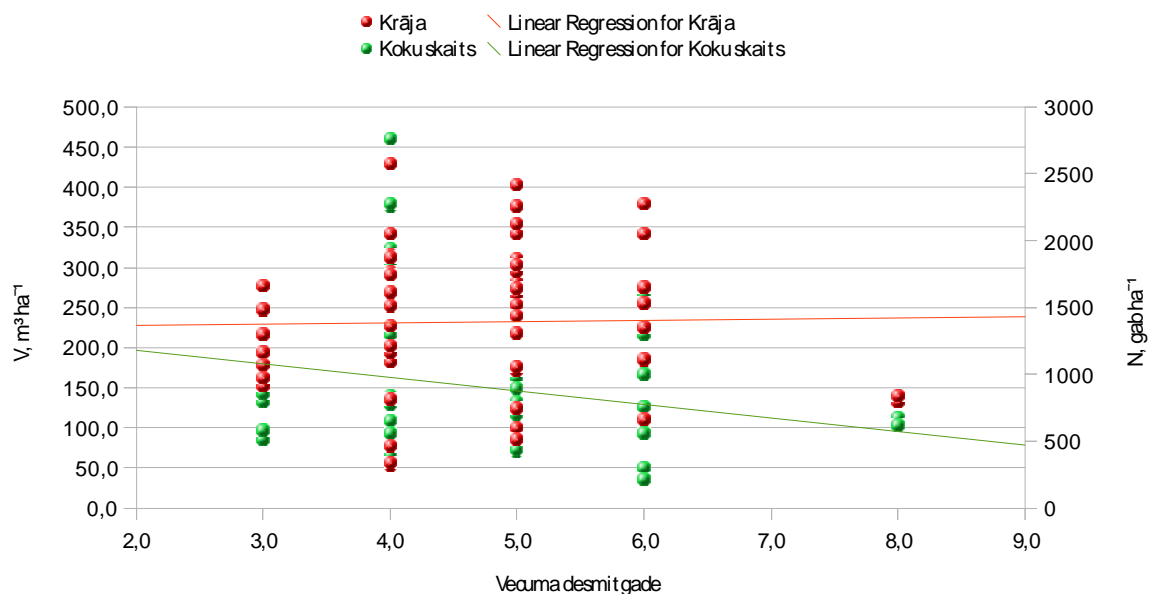
Ja nepieciešama tālāka koku skaita reducēšana, lai veicinātu to individuālās stabilitātes veidošanos, nākamo sastāva kopšanu (valdaudzes koku augstums 6–9 m) ieteicams veikt ar lielu intensitāti; ja tas ir ekonomiski izdevīgi, tad šajā cirtē izvēlējies atzarotus sīkkokus, bet atstāj tehnoloģiskajos ceļos zarus un skuju⁵, kurās koncentrēta lielākā daļa barības vielu (īpaši būtiski – kālijs). Mehānizēto kopšanu sīkkoksnes ieguvei uz organiskām augsnēm vēlams veikt ziemas periodā, kad augsne ir sasalusi, lai iespējami izvairītos no palikušās audzes bojājumiem. Galvenais kopšanas uzdevums ir iegūt pēc iespējas lielāku dimensiju un pret vēju noturīgākus kokus vecuma grupā 30–50 gadi, kad ir lielākais bruņuts bojājumu un citu apdraudējumu risks. Tas ļaus mazināt saimnieciskos zaudējumus, veicot sanitārās cirtes.

Krājas kopšana un galvenā cirte

Pētījuma ietvaros egļu audžu apsaimniekošana analizēta, galvenokārt ņemot vērā iespējamās bojājumu riskus; var būt citi faktori, kas nosaka atšķirīgas pieejas nepieciešamību. Krājas kopšanas cirtes uz vairākiem gadiem palielina audzes nestabilitāti (skatīt, piemēram, iepriekšējos gados veiktus pētījumus par vēja bojājumiem) un biotisko faktoru radīto bojājumu risku, arī sakņu trapes izplatīšanās risku, kas kopumā var samazināt koku vitalitāti un palielina iespējas nozīmīgiem bruņuts bojājumiem. Jau iepriekšējā gadā konstatēts, ka situācija pēc kopšanas cirtes (apgaismojums, temperatūra) ir labvēlīgāka bruņuts attīstībai. Tāpat šī projekta ietvaros veicot dendrofāgo kukaiņu sugu analīzi, secināts, ka nākotnē sagaidāms to aktivitātes pieaugums un vairākums no tiem ir palearktiskas, holarktiskas karstuma tolerantas, siltummīlošas sugas, kurām ir labvēlīgi audzes izrobojumi un saules pastiprināta radiācija. Tādēļ izskatāmi vismaz 2 egļu tīraudžu apsaimniekošanas scenāriji – ar apriti 40 gadi bez krājas kopšanas (pielietojot arī zemāku intensitāti pēdējā jaunaudžu kopšanā, kad koku augstums 6–9m) un ar apriti 80 gadi ar iespējami mazu krājas kopšanas cirtu skaitu (ja iespējams, vienu), ar mežsaimnieciski pamatotu intensitāti, kas iespējami būtiski neietekmē mežaudzes noturību pret vēju un nepasliktina paliekošās audzes kvalitāti, tajā pašā laikā nodrošinot lielākos iespējamās ieņēmumus. Jāņem vērā, ka mežiem uz susinātām augsnēm ir jānodrošina līdzekļi meliorācijas sistēmu atjaunošanai, lai nākotnē nesamazinātu meža vērtību un koksnes piegāžu potenciālu. Ne mazāk svarīga mežu uz susinātām augsnēm funkcija ir CO₂ piesaistes nodrošināšana. Lielākā daļa neto CO₂ piesaistes valsts mežos veidojas tieši susinātajos mežos. Krājas kopšanu uz organiskām augsnēm ieteicams veikt ziemas periodā, kad augsne ir sasalusi.

Kopšanas intensitātes vērtējums nav šī pētījuma darba uzdevumos, taču, salīdzinot krāju un koku skaitu pētījuma ietvaros dažāda vecuma audzēs ierīkotajos parauglaukumos, redzams, ka pēc 30 gadu vecuma sasniegšanas vidējā krāja gandrīz nemainās, saglabājoties 230–240 m³ ha⁻¹ robežās, bet koku skaits samazinās pašizretināšanās un krājas kopšanas rezultātā (9.14. attēls).

⁵ Trūkst datu par sīkkoku izvākšanas ekonomisko efektu un zaru atstāšanas ietekmi uz augsni; visticamāk, ka tā sekme augsnes paskābināšanos un īslaicīgi varētu radīt nelabvēlīgus apstākļus egļu attīstībai.



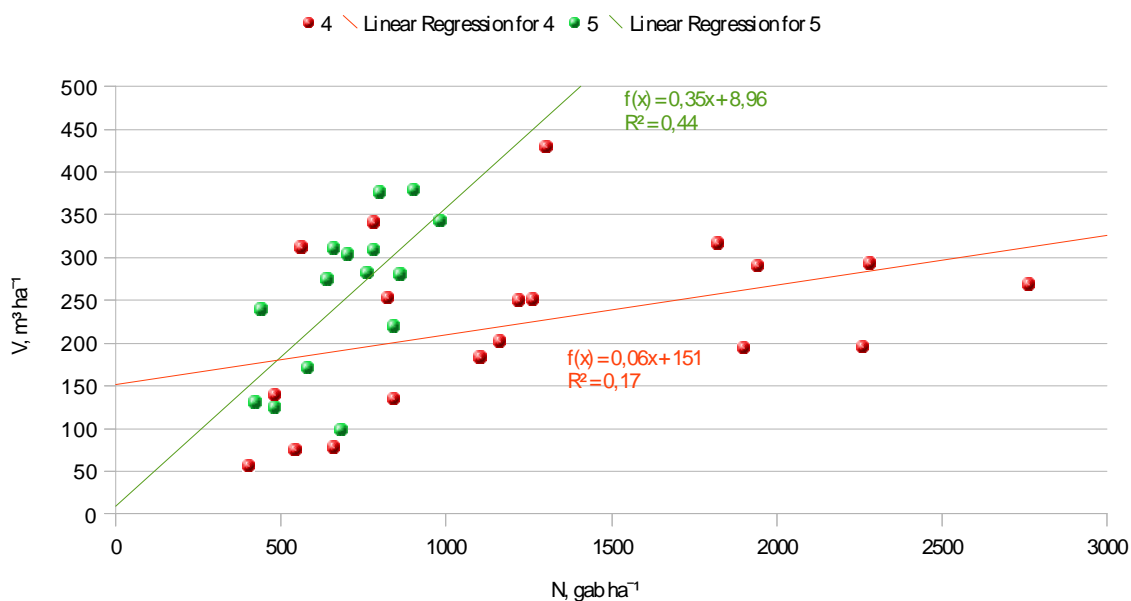
9.14. attēls. Krāja un valdaudzes koku skaits 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos

Visvairāk izmēģinājumu objektu ierīkots 41–60 gadus vecās audzēs. 9.12. tabulā redzams, ka vidējā krāja 41–50 un 51–60 gadus vecās audzēs statistiski būtiski neatšķiras, neskatoties uz to, ka vidējais koku skaits 41–50 gadus vecās audzēs ir būtiski lielāks. Salīdzinot krāju un koku skaitu šajās divās vecuma desmitgadēs, redzams, ka 41–50 gadus vecās mežaudzēs, kur koku skaits ir lielāks par 1500 gab. ha⁻¹, krāja nav lielāka, kā mežaudzēs ar koku skaitu no 800 līdz 1500 gab. ha⁻¹ (9.15. attēls), bet atsevišķās mežaudzēs pie vienāda koku skaita tā ir tikpat liela kā 51–60 gadus vecās mežaudzēs. Tas liecina, ka, veicot kopšanu intensīvāk, 41–50 gadu vecumā var panākt to, ko iegūst 51–60 gadu vecumā, apsaimniekojot mežaudzes ar tradicionālām metodēm.

9.12. tabula

Koku skaits un krāja 41–50 un 51–60 gadus vecās egļu audzēs pētījuma ietvaros ierīkotajos izmēģinājumu objektos

Rādītājs	4. vecuma desmitgade	5. vecuma desmitgade
Vidējais koku skaits, gab. ha ⁻¹	1228±352	712±79
Maksimālais koku skaits, gab. ha ⁻¹	2760	980
Minimālais koku skaits, gab. ha ⁻¹	400	420
Vidējā krāja, m ³ ha ⁻¹	221 ± 23	256 ± 21
Maksimālā krāja, m ³ ha ⁻¹	430	403
Minimālā krāja, m ³ ha ⁻¹	53	87



9.15. attēls. Sakarība starp krāju un valdaudzes koku skaitu 2010. gadā 40–60 gadus vecās audzēs ierīkotajos parauglaukumos

Galvenās cirtes izpildes veids – kailcirtē ar ekoloģisko koku grupu saglabāšanu, mežizstrādes atliekas izvēcot biokurināmajam. Arī celmus var izstrādāt, ja ir pieņemami pievešanas apstākļi un koku dimensijas (nav lietderīgi plānot celmu izstrādi, ja vidējā celma caurmērs ir mazāks par 20 cm).

Būtisks ir jautājums par mežizstrādes atlieku, tajā skaitā, skuju atstāšanu cirmā krājas kopšanā un galvenajā cirtē barības vielu rezervju saglabāšanai. 9.13. tabulā dots galveno biogēno elementu (N, P, K) uzkrājuma aprēķins organiskajās un minerālaugsnes 20 cm biežā augsnes virskārtas slānī, kur koncentrēta lielākā daļa koku sakņu, kā arī šo pašu elementu uzkrājums dažādās koksnes frakcijās 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos bojātajās egļu audzēs. Pārreķinu koeficienti elementu satura noteikšanai koksnes frakcijās un koksnes blīvums ņemti no Somijā veiktu pētījumu datiem (Wilen et al., 1996), koksnes frakciju pārreķinu koeficienti ņemti no vadlīnijām siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO₂ piesaistes aprēķiniem zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektorā (Penman, 2003). Saskaņā ar šo aprēķinu, mežizstrāde, it īpaši kūdras augsnēs, visvairāk ietekmē kālija (K) rezerves augsnē – veicot tikai apaļkoksnes sortimentu gatavošanu, no meža iznes 28 % K, bet, savācot celmus un izstrādājot arī mežizstrādes atliekas, no meža tiek iznesti 39 % no K rezervēm ($113 \pm 40 \text{ kg ha}^{-1}$). Somijā veiktu pētījumu rezultāti liecina, ka, iznesot visu virszemes biomasu, no audzes var izņemt līdz pat 80 % no kālija rezervēm (Wall, 2008).

Saskaņā ar 2. līmeņa monitoringa datiem, ar nokrišņiem gada laikā augsnē ienes 1,5-2 kg K ha⁻¹; attiecīgi, lai kompensētu šādu K daudzumu, pat pieņemot, ka tas neizskalojas no augsnes, būtu nepieciešami 60–75 gadi. Jāatzīst, ka K izskalošanās no augsnes pēc mežizstrādes pastiprināti notiek arī tad, ja mežizstrādes atliekas atstāj cirmā (Wang et al., 2010), tāpēc efektīvākais un, iespējams, ekonomiski pamatotākais risinājums ir maksimāla biomasas ieguve galvenās cirtes laikā, atgriežot barības vielas mēslojuma (koksnes pelnu)

veidā pēc nākošās aprites sastāva vai krājas kopšanas, kad koki aug un akumulē barības vielas visintensīvāk.

9.13. tabula

Biogēno elementu iznese atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Elements	Biogēno elementu rezerves, tonnas ha ⁻¹					Biogēno elementu iznese atkarībā no mežizstrādes intensitātes		
	augsnē 0-20 cm slānī	koksne	mežizstrādes atliekās	koku pazemes daļā	kopā	apaļkoku sortimentu sagatavošana	+ mežizstrādes atlieku vākšana ⁶	+ celmu izstrāde ⁷
Mežaudzes uz organiskām augsnēm								
N	12,724	0,238	0,071	0,099	13,795	2 %	2 %	2 %
P	0,510	0,010	0,003	0,004	0,583	2 %	2 %	3 %
K	0,167	0,080	0,024	0,033	0,289	28 %	33 %	39 %
Mežaudzes uz minerālaugsnēm								
N	5,385	0,335	0,101	0,139	6,327	5 %	6 %	8 %
P	0,374	0,015	0,004	0,006	0,429	3 %	4 %	5 %
K	0,525	0,113	0,034	0,047	0,713	16 %	19 %	22 %

Galvenās cirtes kontekstā būtisks ir arī jautājums par mežizstrādes atlieku ietekmi uz zemsegu un augsnes pH. Vairākos pētījumos parādās dati par īslaicīgu augsnes paskābināšanos pēc mežizstrādes cirsmā palikušās biomasas sadalīšanās rezultātā (Pels, Sarabèr, 2011). Augsnes virskārtas paskābināšanās var sekmēt K un citu augu barības vielu izskalošanos no augsnes un augiem potenciāli toksisku elementu, piemēram, reducētā Mn savienojumu atbrīvošanos (Nollendorfs, 2007). Tas norāda uz mežizstrādes atlieku vākšanas iespējamo pozitīvo ietekmi uz minerālās barošanās režīmu, ja barības vielas pēc tam tiek atgrieztas mēslojuma veidā, tomēr empīriski dati, kas raksturotu barības vielu apriti cirsma, kur veikta atlieku vākšana vairāku meža apsaimniekošanas ciklu garumā, pagaidām nav iegūti.

Lai novērtētu mežizstrādes atlieku vākšanas īstermiņa ietekmi un nodrošinātu datu ieguves iespējas ilgtermiņā, nepieciešami izmēģinājumi uz kūdras augsnēm galvenajā cirtē, vienā variantā izvedot mežizstrādes atliekas, otrajā – ieklājot tās ceļos un kontroles variantu atstājot necirstu. Līdzīgs izmēģinājums ierīkojams krājas kopšanā, salīdzinot koptajā (zari ceļos un zari izvesti) un nekoptajā platībā notiekošos procesus. Mēslošanas ietekmes novērtēšanai ierīkotie izmēģinājumu objekti jādala uz pusēm, vienā daļā ienesot koksnes pelnu mēslojumu.

Meliorācijas sistēmas – pastāvīgi jāuztur, it īpaši pirms krājas kopšanas cirtēm, kapitālo remontu veicot pirms galvenās cirtes, vienlaicīgi ar ceļu labošanas un cirsmu sagatavošanas darbiem, lai mežizstrādes gadā tās pilnībā funkcionētu. Ja nepieciešams, kapitālo remontu veic arī pirms krājas kopšanas, sagatavojot materiālu pievešanas ceļu. Pēc galvenās vai krājas kopšanas cirtes un materiālu izvešanas pārbauda meliorācijas sistēmu stāvokli un

⁶ Tehnoloģiskie zudumi 30 %.

⁷ Tehnoloģiskie zudumi 50 %.

nepieciešamības gadījumā veic remontus. Nav pieļaujama augsnes sablīvēšana un risu veidošana aizsargjoslās un ūdeņu tuvumā, tādējādi traucējot ūdens kustību.

Mēslošana – ieteicama pēc krājas (un, ja iespējams, arī sastāva) kopšanas cirtēm, ienesot audzē barības vielu daudzumu, kas līdzvērtīgs galvenajā cirtē vai krājas kopšanā iznestajos kokmateriālos un mežizstrādes atliekās esošajām barības vielām. Neizmanto slāpekļa mēslojumu, bet minerālmēslus vai koksnes pelnus⁸. Optimālās mēslojuma devas jāizvērtē eksperimentālā ceļā. Tieši tāpat jānovērtē arī kompleksa mēslojuma ietekme – iespējams, ka noteiktos apstākļos slāpekļa mēslojums kopā ar kālija un fosfora piedevām (piemēram granulētas notekūdeņu dūņas) radītu lielāku pozitīvo efektu nekā koksnes pelni vai kālija mēslojums.

Augu aizsardzība – jāpievērš pastiprināta uzmanība mizgraužu izplatībai, it īpaši, saistībā ar lielām vējgāzēm un citu stresa faktoru, piemēram, bruņuts izplatību. Sanitārās kailcirtes bruņuts bojātajās audzēs vai audzēs, kur novērota bruņuts savairošanās, veic visu gadu, izņemot pavasari. Bruņuts izplatību ietekmē tikai tās cirtes, kas veiktas pavasarī un vasaras pirmajos mēnešos, tiklīdz konstatēti masveidīgi bojājumi. Cirtes, kas veiktas, sākot ar augustu, ir seku likvidēšana un sekundāro kaitēkļu ieviešanās riska novēršana, jo jaunā bruņutu paaudze jau ir paspējusi izaugt. Sanitārās kopšanas cirtes veic ziemas periodā, kad augsne sasalusi; sanitārās kopšanas ciršu nepieciešamību novērtē, sākot ar augustu, kad bojājumi vairs neizplatās tik intensīvi kā vasaras sākumā un pavasarī. Mežizstrādes atliekas izved pārstrādei biokurināmajā vai iebrauc ceļos. Mežizstrādes atlieku izmantošanas paņēmiena izvēle nav tik daudz saistīta ar bruņuts izplatīšanās risku, bet gan ar sekundāro kaitēkļu invāzijas iespēju mazināšanu. Pirms izvešanas no cirsmas pārstrādājamās mežizstrādes atliekas apžāvē cirmā 1–2 nedēļas vai, kamēr nobirst lielākā daļa skuju. Bruņuts invāzijas pirmajā gadā jāreķinās ar nepieciešamību veikt vairāk sanitārās kailcirtes, bet otrajā gadā, kad bruņuts dabiskie ienaidnieki jau ir paspējuši savairoties – sanitārās kopšanas cirtes, izvēcot tikai bojātos kokus. Pieejamie dati neļauj novērtēt, cik liela ir bojājumu izplatīšanās varbūtība pirmajā un otrajā gadā, taču Lietuvā 2009. un 2010. gadā gūtā pieredze liecina, ka pirmajā kaitēkļu invāzijas gadā lielākā daļa koku ar bojājumu pazīmēm vēlāk iet bojā vai arī turpina nīkuļot un kļūst par mizgraužu perēkli. Latvijā iegūtie rezultāti raksturo egļu bruņuts izplatīšanās pēdējo gadu, kad lielākā daļa mazāk bojāto koku atveseļojas.

Pirmajā invāzijas gadā, vērtējot bojātos kokus, pieņem, ka puse koku ar vainaga bojājuma pakāpi līdz 30 % pavasarī (maiņa beigās) rudenī sasniegs bojājuma pakāpi – vairāk kā 60 % defoliācija. Pirmā gada rudenī pēc veģetācijas sezonas beigām un otrajā gadā pieņem, ka koku defoliācijas pakāpe no maiņa beigām līdz veģetācijas sezonas beigām nemainīsies, attiecīgi, par stipri bojātiem uzskata tikai kokus ar vairāk kā 60 % defoliāciju.

Nemot vērā atkārtotas egļu bruņuts savairošanās risku, ieteicams pavasara beigās un vasaras sākumā (maijs, jūnija sākums) veikt aerofotografēšanu riskam visvairāk pakļautajās teritorijās, lai vizuāli novērtētu, vai nav redzama egļu galotņu brūnēšana. To pašu var darīt ar augstas izšķirtspējas satelītattēliem, izmantojot Zviedrijā aprobēto metodiku (Olsson et al., 2012). Saskaņā ar zviedru datiem novērojumi no gaisa ļauj konstatēt bruņuts savairošanos 1 gadu pirms tā ir redzama no zemes. Tas nozīmē, ka mežsaimniekiem ir 1 sezona, lai veiktu profilaktiskus pasākumus, piemēram, ienestu audzē kālija mēslojumu vai

⁸ Koksnes pelnu iedarbība vēl ir precizējama, jo pagaidām nav pamata uzskatīt, ka tie egļu audzēs iedarbojas labvēlīgi, pretstatā minerālmēsliem.

veiktu sanitārās cirtes, ja bojājumi parādās lielās platībās. Aerofotografēšana nav jāveic visiem mežu masīviem, bet “parauglaukumu” veidā, veicot atsevišķus pārlidojumus noteiktā maršrutā, kas ietver riska teritorijas ar vislielāko susināto organisko augšņu īpatsvaru, piemēram, Sēlijas reģionā. Ja konstatē lielus brūnējošus apgabalus, tad ir vērts veikt detalizētu izpēti, identificēt audzes ar bojātajām galotnēm un veikt profilaktiskus pasākumus.

Kaitēkļu izplatīšanās pirmajā gadā efektīvākais profilaktiskais pasākums ir sanitārā cirte, bet otrajā gadā – meža mēslošana. Gan pirmajā, gan otrajā gadā, gan pārējā laikā mēslošana ar kāliju saturošu mēslojumu vai koksnes pelniem, it īpaši pēc kopšanas cirtēm, īstenojama kā profilaktisks pasākums.

Izmantotā literatūra

1. Agro forestry tree database: *Alnus rubra* (2012). [skatīts 2012. gada 16. novembrī]. Pieejams: <http://www.worldagroforestry.org/sea/products/afdbases/af/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=18006>
2. Aldén T. (1971). Influence of CO₂, moisture and nutrients on the formation of Lammas growth and prolepsis in seedlings of *Pinus silvestris* L. *Studia Forestalia Suecica*, 93, 1-21.
3. Alexander R.R., Shepperd W.D. (2012). *Picea engelmannii* Parry ex Engelm. Engelmann spruce. [skatīts 2012. gada 7. novembrī]. Pieejams: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/picea/engelmannii.htm
4. Alexander R.R., Shearer R.C., Shepperd W.D. (2012). *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt. Subalpine Fir. [skatīts 2012. gada 12. novembrī]. Pieejams: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/abies/lasiocarpa.htm
5. Aliniaze M.T. (1998). Ecology and management of hazelnut pests. *Annual Review of Entomology*, 43, 395-419.
6. Allard B., Fortuna S., Lee S.S., Novotny J., Baldini A., Courtinho T. (2003). Global information on outbreaks and impact of major forest insect pests and diseases. Paper of the 12th World Forestry Congress, Canada. [skatīts 2012. gada 20. novembrī]. Pieejams: <http://www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/1019-b3.htm>
7. Andren E. (1998). Holocene environmental changes recorded by diatom stratigraphy in the southern Baltic Sea. [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams: <http://su.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:454502>
8. Anekonda T.S., Lomas M.C., Adams W.T., Kavanagh K.L., Aitken S.N. (2002). Genetic variation in drought hardiness of coastal Douglas-fir seedlings from British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (10), 1701-1716.
9. Aranda I., Alonso J., Pardos J.A., Gil L. (2006). Developmental constraints limit the response of Canary Island pine seedlings to combined shade and drought. *Forest Ecology and Management*, 231, 164-168.
10. Aranda I., Castro L., Pardos M., Gil L., Pardos J.A. (2005). Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Forest Ecology and Management*, 210, 117-129.
11. A tree a day: *Larix decidua* (2012). [skatīts 2012. gada 12. novembrī]. Pieejams: http://www.atreeaday.com/atreeaday/Larix_decidua.html
12. Augustaitis A. (2006). Pine sawfly (*Diprion pini* L.) – related changes in Scots pine crown defoliation and possibilities of recovery. *Polish Journal of Environmental Study*, 16 (3), 363-369.
13. Ābolkalns J., Majore M., Stelle V. (1960). Driasa floras atliekas Gaujas ielejas trešās virspalū terases nogulumos. *Latvijas PSR ZA vēstis*, Nr. 8.
14. Āboltiņš O. (2010). No leduslaikmeta līdz globālajai sasilšanai – dabas vides pagātne un tagadne Latvijā. LU akadēmiskais apgāds, 128 lpp.
15. Baer W. (1920). Die Tachinen als Schmarotzer der schädlichen Insekten. Ihre Lebensweise, wirtschaftliche Bedeutung und systematische Kennzeichnung. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 6 (2), 185-246.
16. Bakke A. (1968). Ecological studies on bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) associated with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Norway with particular reference to the influence of temperature. *Medd. Nor. Skogsforsøksves*, 21, 443-602.

17. Battisti A. (2006). Insect populations in relation to environmental change in forests of temperate Europe. – Paine T.D. (ed). Invasive Forest Insects, Introduced Forest Trees, and Altered Ecosystems, 127-140.
18. Bārdule A., Lazdiņš A., Bārdulis A., Liepiņš J., Stola J. (2011). Augsnis īpašību izvērtējums SIA "Rīgas meži" valdījumā esošajās 2010. gadā bojātajās egļu audzēs āreņos un kūdreņos. Referātu tēzes, 2011, Latvijas Universitāte, Rīga, 45–47.
19. Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. (1986). Pollen analysis and pollen diagrams. Hand- book of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, 455–484.
20. Berryman A.A. (1996). What causes population cycles of forest Lepidoptera? Trends in Ecology & Evolution, 11 (1), 28-32.
21. Bičevskis M., Ozols G. (1983). Egļu astoņzobu mizgrauža bioloģija un sintētiskā feromona lietošana. Jaunakais Mežsaimniecībā, 25, 48-56.
22. Bičevskis M. (2006). Egļu astoņzobu mizgrauža savairošanās ierobežošanas sekmju novērtējums AS LVM valdījumā esošajos mežos pēc 2005.gada janvāra vētras. LVMI Silava, 28 lpp.
23. Bingham M.A., Simard S.W. (2013). Seedling genetics and life history outweigh mycorrhizal network potential to improve conifer regeneration under drought. Forest Ecology and Management, 287, 132–139.
24. Binney A.H., Willis K.J., Edwards M.E., Bhagwat S.A., Anderson P.M., Andreev A.A., Blaauw M., Damblon F., Haesaerts P., Kienast F., Kremenetski K.V., Krivonogov S.K., Lozhkin A.V., MacDonald G.M., Novenko E.Y., Oksanen P., Sapelko T.V., Øliranta M., Vazhenina L. (2009) The distribution of late-Quaternary woody taxa in northern Eurasia: evidence from a new macrofossil database. Quaternary Science Reviews, 28, pp. 2445–2464.
25. Bjorkman C., Larsson S., Bommarco R. (1997). Oviposition preferences in pine sawflies: a trade-off between larval growth and defence against natural enemies. Oikos, 79, 45-52.
26. Bleby T.M., Burgess S.S.O. & Adams M.A. (2004) A validation, comparison and error analysis of two heat-pulse methods for measuring sap flow in *Eucalyptus marginata* saplings. Functional Plant Biology, 31, pp. 645–658.
27. Blodner C., Skroppa T., Johnsen Ø., Polle A. (2005). Freezing tolerance in two Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) progenies is physiologically correlated with drought tolerance. Journal of Plant Physiology, 162, 549 - 558.
28. Blouin V.M., Schmidt M.G., Bulmer C.E., Krzic M. (2008). Effects of compaction and water content on lodgepole pine seedling growth. Forest Ecology and Management, 255, 2444–2452.
29. Boé J., Terray L. (2008). Uncertainties in summer evapotranspiration changes over Europe and implications for regional climate change. Geophysical Research Letters, 35, 5 pp.
30. British hardwood tree nursery. *Larix eurolepis* (Hybrid larch) (2012). [skatīts 2012. gada 23. novembrī]. Pieejams: <http://www.britishhardwood.co.uk/larix-eurolepis-hybrid-larch/192/>
31. Brockerhoff E.G., Liebhold A.M., Jactel H. (2006). The ecology of forest insect invasions and advances in their management. Canadian Journal of Forestry Research, 36, 263 – 268
32. Broncano M.J., Vila M., Boada M. (2005). Evidence of *Pseudotsuga menziesii* naturalization in montane Mediterranean forests. Forest Ecology and Management, 211, 257-263.
33. Brown M.W., Cameron E.A. (1982). Natural enemies of *Lymantria dispar* (Lep: *Lymantriidae*) eggs in central Pennsylvania, U.S.A, and review of the world literature on natural enemies of *L.dispar* eggs. Entomophaga, 27, 311-322.

34. Bulmer C.E., Simpson D.G. (2005). Soil compaction and water content as factors affecting the growth of lodgepole pine seedlings on sandy clay loam soil. *Canadian Journal of Soil Science*, 85, 667–679.
35. Büsgen M. (1929). The structure and life of forest trees. John Wiley and Sons, New York, 436p.
36. Carvell K.L. (1956). Summer shoots cause permanent damage to red pine. *Journ. Forestry* 54, 271.
37. Cedervind J. (2003). Impact of pine looper defoliation in Scots pine. Department of Entomology, Uppsala, Doctoral thesis, 44 p.
38. 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.
39. Chiatante D., Di Iorio A., Sciandra S., Scippa G. S., Mazzolenic S. (2006). Effect of drought and fire on root development in *Quercus pubescens* Willd. and *Fraxinus ornus* L. seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 56 (2), 190-197.
40. Christiansen E., Bakke A. (1988). The spruce bark beetle of Eurasia. - Berrymann A.A. (ed). Dynamics of forest insect populations. Plenum, New York, 479-503.
41. Codesido V., Fernández-López J. (2009). Genetic variation in seasonal growth patterns in radiata pine in Galicia (northern Spain). *Forest Ecology and Management*, 257, 518-526.
42. Conlin T.S.S., van den Driessche R. (1996). Soil compaction studies. Canadian Forest Service, FRDA Rep. No. 264, 14 pp.
43. Cregg B.M., Zhang J.W. (2001). Physiology and morphology of *Pinus sylvestris* seedlings from diverse sources under cyclic drought stress. *Ecology and Management*, 154 (1-2), 131–139.
44. Crespo – Perez V., Rebaudo F., Silvan J., Dangles O. (2011). Modeling invasive species spread in complex landscapes: the case of potato moth in Ecuador. *Landscape Ecology*, 26, 1447 – 1461.
45. Crossman S.S., Webber R.T. (1924). Recent European investigations of parasites of the gipsy moth, *Porthetria Dispar* L., and the brown-tail moth, *Euproctis Chrysorrhoea* L. *Journal of Economic Entomology*, 17 (1), 67–76.
46. Czajkowski, T. Ahrends B., Bolte A. (2009) Critical limits of soil water availability (CL-SWA) for forest trees – an approach based on plant water status. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research*, 59(2), pp. 87-94.
47. Danusevičius D. (1999). Early genetic evaluation of growth rhythm and tolerance to frost in *Picea abies* (L.) Karst. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 38 p.
48. Danusevičius D., Persson B. (1998). Phenology of natural Swedish populations of *Picea abies* as compared with introduced seed sources. *Forest Genetics*, 5, 211-220.
49. Davidson C.B., Gottschalk K.W., Johnson J.E. (1999). European gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) outbreaks: a review of the literature. United States Department of Agriculture, General Technical Report, 15 p.
50. Davis B.A.S., Brewer S., Stevenson A.C., Guiot J. (2003). The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews*, 22, 1701-1716.
51. Di Iorio A., Montagnoli A., Scippa G.S., Chiatantea D. (2011). Fine root growth of *Quercus pubescens* seedlings after drought stress and fire disturbance. *Environmental and Experimental Botany*, 74, 271-279.
52. Dillon A.B., Moore C.P., Downes M.J., Griffin C.T. (2008a). Evict or Infect? Managing populations of the large pine weevil, *Hylobius abietis*, using a bottom-up and top-down approach. *Forest Ecology and Management*, 255, 2634-2642.

53. Dillon A.B., Rolston A.N., Meade C.V., Downes M.J., Griffin C.T. (2008b). Establishment, persistence and introgression of entomopathogenic nematodes in a forest ecosystem. *Ecological Applications*, 18, 735-747.
54. Dillon A.B., Ward D., Downes M.J., Griffin C.T. (2006). Suppression of the large pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae) in pine stumps by entomopathogenic nematodes with different foraging strategies. *Biological Control*, 38, 217-226.
55. Dinger E.J., Rose R. (2009). Integration of soil moisture, xylem water potential, and fall–spring herbicide treatments to achieve the maximum growth response in newly planted Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (7), 1401-1414.
56. Disante K.B., Fuentes D., Cortina J. (2011). Response to drought of Zn-stressed *Quercus suber* L. seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 70 (2-3), 96-103.
57. Dissescu G. (1960). Folosirea, in lucrarile de prognoza, a depunerilor de oua ale insectei *Euproctis chrysorrhoea* L. *Revista Padurilor* 75 (7), 432-437.
58. Distribution map on Silver fir (*Abies alba*), Euroforger (2009). [skatīts 2012. gada 2. novembrī]. Pieejams: http://www.euforgen.org/fileadmin/www.euforgen.org/Documents/Maps/PDF/Abies_alba.pdf
59. Dixon W.N., Foltz J.L. (1985). The gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). *Entomology Circular* (270), 4 p.
60. Dogels V. (1986). Bezmugurkaulnieku zoologija. Zvaigzne, Rīga, 556 lpp.
61. Dormling I., Gustafsson A., von Wettstein D. (1968). The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. *Silvae Genetica*, 17, 44-63.
62. Dwyer G., Dushoff J., Yee S.H. (2004). The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. *Nature*, 430, 341-345.
63. Dye P. (2012). A review of changing perspectives on *Eucalyptus* water-use in South Africa. *Forest Ecology and Management*. [skatīts 2012. gada 20. novembrī]. Pieejams: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112712005117>
64. Ehnström, B. (1976). Barkborreangrepp i massavedsvältor. Sveriges Skogsvårds Förbund. Skogs- och virkesskydd., 146-156.
65. Ehrenberg C.E. (1963). Genetic variation in progeny tests of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Studia Forestalia Suecica*, 10, 1-135.
66. Ehrenberg C. (1970). Breeding for stem quality. *Unasylva*, 24, 23-31p.
67. El Bassam N. (1998). Energy plant species. Their use and impact on environment and development [skatīts 2012. gada 13. novembrī]. Pieejams: http://books.google.lv/books?id=QDS8URpY4zYC&pg=PA203&lpg=PA203&dq=Populus+x+canadensis+wood+use&source=bl&ots=dLK3JdqZZC&sig=TBMD-uS-smicdH0erZ1H7ZuP_OA&hl=lv&sa=X&ei=epW0UKmHIOsB4gTDi4GADg&ved=0CE0Q6AEwBA#v=onepage&q=Populus%20x%20canadensis%20wood%20use&f=false
68. Elfving B., Ericsson T., Rosvall O. (2001). The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review. *Forest Ecology and Management*, 141, 15-29.
69. Elkinton J.S., Liebhold A.M. (1990). Population dynamics of Gypsy moth in North America. *Annual Review of Entomology*, 35, 571 – 596.
70. Ellis W.N. (2007). Bladmieeëders van Europa/ Leafminers of Europe. [skatīts 2012. gada 23. novembrī]. Pieejams: <http://www.bladmieeëders.nl/>
71. Estay S.A., Lima M., Labra F.A. (2008). Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modelling. *Journal of Applied Entomology*, 1-9.

72. Euforgen: *Fagus sylvatica* (2009). [skatīts 2012. gada 19. novembrī]. Pieejams: http://www.euforgen.org/fileadmin/www.euforgen.org/Documents/Maps/JPG/Fagus_sylvatica.jpg
73. Ferrell W.K., Woodard E.S. (1966). Effect of seed origin on drought resistance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Ecology*, 47, 499–503.
74. First nature: *Larix kaempferi* – Japanese larch (2012). [skatīts 2012. gada 14. novembrī]. Pieejams: http://www.first-nature.com/trees/larix_kaempferi.php
75. Fleming R.A., Volney W.J.A. (1995). Effects of climate change on insect defoliator population processes in Canada's boreal forest: Some plausible scenarios. *Water, Air & Soil Pollution*, 82 (1-2), 445-454.
76. Flohn H. (1975). History and intransivity of climate. The physical basis of climate and climate modeling, GARP publ. Ser., 16, 106-118.
77. Foiles M.W., Graham R.T., Olson D.F.Jr. (2012). *Abies grandis* (Dougl. ex. D. Don) Lindl. Grand Fir [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/abies/grandis.htm
78. Foit J. (2012). Felling date affects the occurrence of *Pityogenes chalcographus* on Scots pine logging residues. *Agricultural and Forest Entomology*, 14 (3), Review paper, 3 p.
79. Ford T.H., Shaw M.R. (1991). Host records of some West Palaearctic Tachinidae (Diptera). *Entomologist's Record*, 103, 23-38.
80. Forestry Commission: Hybrid larch – *Larix x marschlinsii* (Syn. *L. x eurolepis*) (2012) [skatīts 2012. gada 26. novembrī]. Pieejams: <http://www.forestry.gov.uk/forestry/INFD-5NLQH>
81. Fotiadis G., Kyriazipoulos A.P., Fraggakis I. (2011). The behavior of *Ailanthus altissima* weed and its effects on natural ecosystems. *Journal of environmental biology*, 32, 801-806.
82. Frago E., Guara M., Pujade-Villar J., Selfa J. (2010). Winter feeding leads to a shifted phenology in the browntail moth *Euproctis chrysorrhoea* on the evergreen strawberry tree *Arbutus unedo*. *Agricultural and Forest Entomology*, 12, 381-388.
83. Friend R.B. (1933). The Birch mining- sawfly *Fenusa pumila*. *Bulletin* 348, 76 p.
84. Gabrilavičius R., Danusevičius D. (2003). Eglės genetiniai tyrimai ir selekcija Lietuvoje (Genetics and breeding of Norway spruce in Lithuania: monografija. Vilnius: UAB „Petro ofsetas”, 364p.
85. Garden guides: Douglas fir (Menziesii) (2012). [skatīts 2012. gada 20. novembrī]. Pieejams: <http://www.gardenguides.com/taxonomy/douglas-fir-pseudotsuga-menziesii/>
86. Germplasm resources information network: *Populus x canescens* (Aiton) Sm. (2005). [skatīts 2012. gada 8. novembrī]. Pieejams: www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?29379
87. Gessler A, Rienks M, Rennenberg H. (2005) Radial variation of sap flow densities in the sapwood of beech trees (*Fagus sylvatica*). *Phyton*, 45, pp. 257-266.
88. 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.
89. Gilman E.F., Watson D.G. (1993). *Fagus grandifolia* American beech. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: http://hort.ufl.edu/database/documents/pdf/tree_fact_sheets/faggraa.pdf
90. Gindaba J., Rozanov A., Negash L. (2004). Response of seedlings of two *Eucalyptus* and three deciduous tree species from Ethiopia to severe water stress. *Forest Ecology and Management*, 201 (1), 119-129.
91. Gindaba J., Rozanov A., Negash L. (2005). Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. *Forest Ecology and Management*, 205 (1-3), 127-138.

92. Global invasive species database: *Populus alba* (tree) (2005) [skatīts 2012. gada 21. novembrī]. Pieejams: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?fr=1&si=261>
93. Glowacka B. (1998). The control of the Nun Moth (*Lymantria monacha* L.) in Poland: A comparison of two strategies. - McManus M.L., Liebhold A.M. (eds.) Population Dynamics, Impacts, and Integrated Management of Forest Defoliating Insects. USDA Forest Service general technical report NE-247, 108-115.
94. Gonthier P. (2010). Controlling root and butt rot diseases in Alpine European forests. – In: Arya A., Perello A.E. (eds.). Management of Fungal Plant Pathogens. CAB International, 345-361.
95. Gonthier P., Garbelotto M., Varese G.C., Nicolotti G. (2001). Relative abundance and potential dispersal range of intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed forests. Canadian Journal of Botany, 79, 1057-1065.
96. Graciano C., Guiamét J.J., Goya J.F. (2005). Impact of nitrogen and phosphorus fertilization on drought responses in *Eucalyptus grandis* seedlings. Forest Ecology and Management, 212 (1-3), 40-49.
97. Granda V., Cuesta C., Álvarez R., Ordás R., Centeno M.L., Rodríguez A., Majada J.P., Fernández B., Feito I. (2011). Rapid responses of C14 clone of *Eucalyptus globulus* to root drought stress: Time-course of hormonal and physiological signaling. Journal of Plant Physiology, 168 (7), 661-670.
98. Grill D., Tausz M., Pöllinger U., Jiménez M.S., Morales D. (2004). Effects of drought on needle anatomy of *Pinus canariensis*. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 199 (2), 85-89.
99. Grodzki W. (1997). Changes in the occurrence of bark beetles on Norway spruce in a forest decline area in the Sudety Mountains in Poland. - Gregoire J.C., Liebhold A.M., Stephen F.M., Day K.R., Salom S.M. (eds.). Proceedings of the IUFRO conference, 105-111.
100. Gross J., Fatouros N.E., Neuvonen S., Hilker M. (2004). The importance of specialist natural enemies for *Chrysomela lapponica* in pioneering a new host plant. Ecological Entomology, 29, 584-593.
101. Grudzinska I., Kalniņa L., Saulīte A. (2010). Būšnieku ezera attīstība un vides apstākļu izmaiņas holocēnā. Latvijas Universitātes raksti, 752, Zemes un vides zinātnes, 64.–74.lpp.
102. Haeselbarth E. (2009). Zur Parasitierung der Puppen von Forleule (*Panolis flammea* [Schiff.]), Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* [L.]) und Heidel-beerspanner (*Boarmia bistortata* [Goeze]) in bayerischen Kiefernwäldern. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 87 (1-4), 186–202.
103. Hagner M. (1970). The intra- provenance correlation between annual rhythm and growth of single trees of *Pinus silvestris* L. Studia Forestalia Suecica, 82, 1-40.
104. Hajek A.E., Glare T.R., O'Callaghan M. (eds.) (2008). Use of Microbes for Control and Eradication of Invasive Arthropods. New York, Springer, 19-32.
105. Hallgren S.W., Helms J.A. (1988). Control of height growth components in seedlings of Californie red and white fir by seed source and water stress. Can.Journ.For.Res., 18, 521-529.
106. Hanover J.W., Mebrahtu T. (1991) *Robinia pseudoacacia*: Temperate legume tree with Worldwide Potential. [skatīts 2012. gada 14. novembrī]. Pieejams: http://www.winrock.org/fnrm/factnet/factpub/FACTSH/R_pseudoacacia.html
107. Hantula J., Piri T., Vainio E. (2009). *Heterobasidion parviporum* – getting ready for the climate change. Response of wood decomposition by *Heterobasidion parviporum* to temperature changes and differentiation of subpopulations according to local climate. Network of Climate Change Risks on Forests (FoRisk). SNS Workshop, October 26-28, 2009, Tvärminne, Finland, p.9.

108. Hansen O.K., Nielsen U.B., Edvardsen Ø.M., Skúlason B., Skage J. (2004). Nordic provenance trials with *Abies lasiocarpa* and *Abies lasiocarpa* var. *arizonica*: three-year results. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 112-126.
109. Haris A. (2009). Sawflies of the Zselic Hills, SW Hungary (Hymenoptera: Symphyta). *Natura Somogyiensis*, 15, 127-158.
110. Harrington C.A. (2012). *Alnus rubra* Bong. Red alder [skatīts 2012. gada 19. novembrī].
Pieejams:http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_2/alnus/rubra.htm
111. Harris A.S. (2012). *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. Sitka spruce [skatīts 2012. gada 2. novembrī].
Pieejams:http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/picea/sitchensis.htm
112. Harris H.T. (1990). *Populus balsamifera* subsp. *balsamifera* [skatīts 2012. gada 6. novembrī].
Pieejams:<http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/popbalb/all.html#DISTRIBUTION%20AND%20OCCURRENCE>
113. Hayato I., Masato S., Hideyuki S., Kunihide T. (2006). The water relation of seedlings of *Picea jezoensis* on fallen logs. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 (3), 664-670.
114. Heikkilä M. (2010). Postglacial climate changes and vegetation responses in northern Europe. Academic dissertation. Helsinki University Press, Helsinki, 55 p.
115. Hedgerows, hedges and verges of Britain and Ireland: Beech (*Fagus sylvatica*) (2012). [skatīts 2012. gada 12. novembrī]. Pieejams:<http://hedgerowmobile.com/beech.html>
116. Heliövaara K., Vaisanen R. (1987). Geographic variation in the life-history of *Aradus cinnamomeus* and a breakdown mechanism of the reproductive isolation of allochronic bugs (Heteroptera, Aradidae). *Annual Zoology*, 24, 1-17.
117. Heritage S., Moore R. (2000). The assessment of site characteristics as part of a management strategy to reduce damage by *Hylobius*. UK Forestry Commission Information Note, 38, 5 p.
118. Hermann R.K., Lavender D.P. (2012). *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco Douglas fir [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams:
http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/pseudotsuga/menziesii.htm
119. Herms D.A. (2007). Tactics and tools for IPM. Chapter 11, 49-59.
120. Hicks B.J., Leather S.R., Watt A.D. (2008). Changing dynamics of the pine beauty moth (*Panolis flammea*) in Britain: the loss of enemy free space? *Agricultural and Forest Entomology*, 10 (3), 263-271.
121. Hicks B.J., Watt A.D. (2000). Fungal disease and parasitism in *Panolis flammea* during 1998: evidence of change in the diversity and impact of the natural enemies of a forest pest. *Forestry* 73 (1), 31-36.
122. Higham T. (2007). Carbon 14 dating. *Encyclopedia of Archaeology* University of Oxford, Oxford, UK, 955-957.
123. Hilszczański J., Gibb H., Bystrowski C. (2007). Insect natural enemies of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytinae) in managed and unmanaged stands of mixed lowland forest in Poland. *Journal of Pest Sciences*, 80, 99-107.
124. Hirochika H. (1993). Activation of tobacco retrotransposons during tissue culture. *EMBO Journal*, 12, 2521-2528.
125. Hoch G., Schopf A. (2001). Effects of *Glyptapanteles liparidis* (Hym.: Braconidae) parasitism, polydnavirus, and venom on development of microsporidia-infected and uninfected *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantriidae) larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, 77 (1), 37-43.
126. Hodges C.S. (1969). Modes of infection and spread of *Fomes annosus*. *Annual Review of Phytopathology*, 7, 247-266.

127. Hoffmann K. (1965). Bedeutung des Austriebes für den Fichtenbau im Pleistozän der DDR. *Soz.Forstwirtschaft*, 7, 204-207.
128. Hortipedia: *Populus suaveolens* (2012) [skatīts 2012. gada 21. novembrī]. Pieejams: http://en.hortipedia.com/wiki/Populus_suaveolens
129. Hortipedia: *Populus x canescens* (2012) [skatīts 2012. gada 16. novembrī]. Pieejams: http://en.hortipedia.com/wiki/Populus_x_canescens
130. Horton T.R., Bruns T.D., Parker V.T. (1999). Ectomycorrhizal fungi associated with *Arctostaphylos* contribute to *Pseudotsuga menziesii* establishment. *Canadian Journal of Botany*, 77, 93-102.
131. Hoskovsky M.C. (1988). Element stewardship abstract for *Ailanthus altissima* tree-of-heaven [skatīts 2012. gada 9. novembrī]. Pieejams: <http://www.invasive.org/gist/esadocs/documnts/ailaalt.pdf>
132. Hüttermann A., Zommorodi M., Reise K. (2002). Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil and Tillage Research*, 50 (3-4), 3-34.
133. Jansons Ā. (2010). Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām. *Starpatskaite, LVMI, Silava*, 133 lpp.
134. Jansons Ā. (2011). Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām. *Starpatskaite, LVMI, Silava*, 106 lpp.
135. Johnsen Ø. (1989). Phenotypic changes in progenies of northern clones of *Picea abies* (L.) Karst. grown in a southern seed orchard. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 4, 331-341.
136. Jump J.A. (1938). A study of forking in red pine. *Phytopathology*, 38, 798-811.
137. Junttila O. (1986). Effects of temperature on shoot growth in northern provenances of *Pinus sylvestris* L. *Tree Physiology*, 1, 185-192.
138. Jönsson A.M., Harding S., Barring L., Ravn H.P. (2007). Impact of the climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*, 146, 70-81.
139. Kabailiene M., Vaikutienė 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.
140. Kalendar R., Tanskanen J., Immonen S., Nevo E., Schulman A.H. (2000). Genome evolution of wild barley (*Hordeum spontaneum*) by BARE-1 retrotransposon dynamics in response to sharp microclimatic divergence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of U.S.A.*, 97(12), 6603-6607.
141. Kalnina L. (2006). Paleovegetation and human impact in the surroundings of the ancient Lake Burtnieks as reconstructed from pollen analysis. *Acta Arheologica. Back to Origin. New Research in the Mesolithic-Neolithic Zvejnieki Cemetery and Environment, Northern Latvia*, 51-71.
142. Kalnina L., Gorovneva I. (2007). Pollen studies in Latvia. *Open Scientific Meeting of the European Pollen Database, Abstracts, IMEP Aix-en-Provence, France*, 7 p.
143. 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, Tullamore, Ireland*, 60-63.
144. Kalniņa L., Ceriņa A., Gorovņeva I. (2007). Senā Burtnieka ziemeļdaļas paleoveģetācijas izmaiņas akmens laikmetā. *Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds*, 144.-146. lpp.
145. 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.

146. Kārklīņš A., Gemste I., Mežals H., Nikodemus O., Skujāns R. (2009). Latvijas augšņu noteicējs. - Kārklīņš A. (red.). Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, Jelgava, 235 lpp.
147. Keena M.A., Vandel A., Pultar O. (2010). Phenology of *Lymantria monacha* (Lepidoptera: Lymantriidae) laboratory reared on spruce foliage or a newly developed artificial diet. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 103(6), 949–955.
148. Key Royal Botanic Gardens: Common larch *Larix decidua* (2012) [skatīts 2012. gada 6. novembrī]. Pieejams: http://apps.kew.org/trees/?page_id=151
149. Klomp H. (1966). The dynamics of field population of the pine looper, *Bupalus piniarius* L. (lep.,Geom.). *Adv.Ecol.Res.*, 3, 207-305.
150. Kļaviņš M., Blumberga D., Bruņiniece I., Briede A., Grišule G., Andrušaitis A., Āboliņa A. (2008). Klimata mainība un globālā sasilšana. LU akadēmiskais apgāds, Rīga, 175 lpp.
151. Kole C. (2007). Genome mapping and molecular breeding in plants. *Forest Trees*, 7, 29-92.
152. Kollár J., Hrubík P., Tkáčova S. (2009). Monitoring of harmful insect species in urban conditions in selected model areas of Slovakia. *Plant Protection Science*, 45, 119–124.
153. Kolomiets N.G., Stadnitskii G.V., Vorontsov A.I. (1972). The European pine sawfly. Distribution, biology, economic importance, natural enemies and control. Nauka Publishers, Siberian Branch, Novosibirsk, 138 p.
154. Kondratienė O., Damusyte A. (2009). Pollen biostratigraphy and environmental pattern of Snaigupele Interglacial, Late Middle Pleistocene, western Lithuania. *Quaternary International*, 207, 4–13.
155. Köpf A., Rank N.E., Roininen H., Tahvanainen J. (1997). Defensive larval secretions of leaf beetles attract a specialist predator *Parasyrphus nigrivittatus*. *Ecological Entomology*, 22, 176-183.
156. Korhonen K., Stenlid J. (1998). Biology of *Heterobasidion annosum*. – In: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds.). *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, 43-70.
157. Kroder S., Samietz J., Dorn S. (2006). Effect of ambient temperature on mechanosensory host location in two parasitic wasps of different climatic origin. *Physiological Entomology*, 31, 299–305.
158. Kulej M. (2004). Adaptation of larch (*Larix decidua*) of Polish proveniences under mountainous conditions of Beskid Sądecki (southern Poland). *Journal of Forest Science*, 50, 559-565.
159. Kullberg Y., Welander N.T. (2003). Effects of simulated winter browsing and drought on growth of *Quercus robur* L. seedlings during establishment. *Forest Ecology and Management*, 173, 125-133.
160. Kumar A., Bennetzen J.L. (2000). Retrotransposons: central players in the structure, evolution and function of plant genomes. *Trends in Plant Science*, 5, 509-510.
161. Kunkel H. (1997). Scale insect honeydew as forage for honey production. *Soft Scale Insects, their Biology, Natural Enemies and Control*, World Crop Pests, 7 (A), 291-302.
162. Kupiökio FMU – Lithuania | FSC FM | Kupiökio FMU - Lithuania on ekobai.com. [skatīts 2012. gada 13. decembrī]. Pieejams: <http://www.ekobai.com/company/44764/kupikio-fmu-lithuania>
163. Kurkela T., Aalto T., Varama M., Jalkanen R. (2005). Defoliation by the common pine sawfly (*Diprion pini*) and subsequent growth reduction in Scots pine: a retrospective approach. *Silva Fennica*, 39(4), 467–480.
164. Kurota H. (2004). Overwintering strategies depending on high cold hardiness in nondiapauses stages in *Bruchidius dorsalis* (Coleoptera: Bruchidae). *Environmental Entomology*, 33 (5): 1163-1168.

165. Kushida T. (2005). Effect of high summer temperatures on lammass shoot elongation and flowering in Japanese red pine. *Phyton*, 45 (4), 215-221.
166. Kvaalen H., Johnsen Ø. (2008). Timing of bud set in *Picea abies* is regulated by a memory of temperature during zygotic and somatic embryogenesis. *New Phytologist*, 177, 49-59.
167. Kvaalen H., Sjøgaard G., Steffenrem A. (2010). Environmental and genetic effects on lammass growth of Norway spruce. Adaptation of trees and stands to forest disturbances: management considerations, Book of abstracts of International scientific conference, October 18-21, 2010, Riga, Latvia., p.13.
168. 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) Roininen, 147-163.
169. Lady Bird Johnson Wildflower Center: *Quercus rubra* L. (2012). [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams: http://www.wildflower.org/plants/result.php?id_plant=QURU
170. Lange V., Mauriņš A., Zvirgzds A. (1978). Dendroloģija. Zvaigzne, Rīga, 303 lpp.
171. Larsen J.B. (1981). Geographic variation in winter drought resistance of Douglas-fir (*Pseudotsuga mezesii* Mirb. Franco). *Silva Genetica*, 30 (4-5), 109-114.
172. Larsson-Stern M. (2003). Larch in commercial forestry: A literature review to help clarify the potential of Hybrid larch (*Larix x eurolepis* Henry) in southern Sweden. [skatīts 2012. gada 8. novembrī]. Pieejams: <http://pub.epsilon.slu.se/441/2/Lic1Larsson-Stern.pdf>
173. Latva-Karjanmaa T., Suvanto L., Leinonen K., Rita H. (2003). Emergence and survival of *Populus tremula* seedlings under varying moisture conditions. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 2081–2088.
174. Lautenschlager R.A., Podgwaite J.D., Watson D.E. (1980). Natural occurrence of the nucleopolyhedrosis virus of the gypsy moth, *Lymantria dispar* [Lep.: Lymantriidae] in wild birds and mammals. *Entomophaga*, 25 (3), 261 – 267.
175. Lauva D., Grīnfelde I., Veinbergs A. (2012). The annual variation of the shallow groundwater levels by diverse climate scenarios in Latvia. BALWOIS, Ohrid, Republic of Macedonia, May 28 - June 2, 2012. [skatīts 2012. gada 23. novembrī]. Pieejams: <http://balwois.com/2012/USB/papers/588.pdf>
176. Lazdiņš A. (2010). Egļu audžu masveida bojājumu cēloņu izzināšana SIA “Rīgas meži” nosusinātās meža zemēs. LVMI Silava, 78 lpp..
177. Lazdiņš A. (2011). AS “Latvijas valsts meži” valdījumā esošajos mežos bojāto egļu audžu masveida bojājumu iemeslu noskaidrošana un rekomendāciju izstrāde bojāto audžu apsaimniekošanai. LVMI Silava, 145 lpp.
178. Leather S.R., Day K.R., Salisbury A.N. (1999). The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal? *Bulletin of Entomological Research*, 89, 3-16.
179. Leea C.S., Kimb J.H., Yic H., Youa Y.H. (2004). Seedling establishment and regeneration of Korean red pine (*Pinus densiflora* S. et Z.) forests in Korea in relation to soil moisture. *Forest Ecology and Management*, 199, 423–432.
180. Leisker D. (1930). Massenaufreten des Blauen Erlenblattkäfers (*Agelastica alni*). *Deutsche Forstzeitung*, 14, 908.
181. Leiva M.J., Fernández-Alés R. (1998). Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex subsp. ballota* population, and its relation to seedling morphology. *Forest Ecology and Management*, 111 (2-3), 147-156.
182. Lemcoff J.H., Guarnaschelli A.B., Garau A.M., Prystupa P. (2002). Elastic and osmotic adjustments in rooted cuttings of several clones of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from southeastern Australia after a drought. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 197 (2), 134-142.

183. Leugnerová G. (2007). *Abies alba* Mill. – Silver fir [skatīts 2012. gada 2. novembrī]. Pieejams: <http://botany.cz/en/abies-alba/>
184. Li C. (1998). Some aspects of leaf water relations in four provenances of *Eucalyptus microtheca* seedlings. *Forest Ecology and Management*, 111 (2-3), 303-308.
185. Li C., Wang K. (2003). Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. *Forest Ecology and Management*, 179 (1-3), 377 – 385.
186. Liebhold A.M., Tobin P.C. (2008). Population ecology of insect invasions and their management. *Annual Review of Entomology*, 53, 387–408.
187. Lieutier F. (2004). Bark and wood boring insects in living trees in Europe: A Synthesis. Springer, 569 p.
188. Liska J., Srutka P. (1998). Recent outbreak of the nun moth (*Lymantria Monacha* L.) in the Czech Republic. USDA Forest Service General Technical Report NE-247, 351-352.
189. Lithuanian state forests, Forest health / Generalinė miškų urėdija, Forest health. [skatīts 2012. gada 13. decembrī]. Pieejams: http://www.gmu.lt/forest_health/
190. Little C.H.A., Macdonald J.E. (2003). Effects of exogenous gibberellin and auxin on shoot elongation and vegetative bud development in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea glauca*. *Tree Physiology*, 23, 73–83.
191. Liu X. (2003). Study on character of *Populus cathayana* male tree and its genetic dominance. *Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry*, 3, 22-23.
192. Löf M. (2000). Establishment and growth in seedlings of *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*: influence of interference from herbaceous vegetation. *Canadian Journal of Forest Research*, 30, 855–864.
193. Lombardero M.J., Ayres M.P., Ayres S.D., Reeve J.D. (2000). Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, 29 (3), 421- 432.
194. Lukkarinen A.J., Ruotsalainen S., Nikkanen T., Peltola H. (2010). Survival, height growth and damages of siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) and Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) larch provenances in field trials located in southern and northern Finland. *Silva Fennica*, 44 (5), 727-747.
195. Lynn K.A. (2009). User-friendly methods for timing integrated pest management strategies: an analysis of degree-day models and biological calendars. *Ohio State University, Entomology*, 109 p.
196. Madlung A., Comai L. (2004). The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94, 481-495.
197. Madsen P. (1994). Growth and survival of *Fagus sylvatica* seedlings in relation to light intensity and soil water content. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9 (1-4), 316–322.
198. Magnesen S. (1986). Det internasjonale sitkagran-proveniensforsøket på Vestlandet. Norsk institutt for skogforskning. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning, 1/86, 12 s.
199. 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.
200. Manuel J., Ávila S., Martín J.R., Alonso C.J., Sánchez de Cos Escuin C., Cadalso J.M., Bartolomé M.L. (2012). Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT. [skatīts 2012. gada 20. novembrī]. Pieejams: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar
201. Martini A. (2000). Notes on mortality factors of *Neodiprion sertifer* eggs in pine stands of the Appennino Tosco-Romagnolo. *Studi di Bologna*, 54, 137-142.

202. Mattson W.J., Herms D.A., Witter J.A., Allen D.C. (1991). Woody plant grazing systems: North American outbreak folivores and their host plants. USDA Forest Service general technical report, 32 p.
203. McCabe R.A., Labisky R.F. (1959). Leader forking of red and white pines in plantations. *Journ. Forestry*, 57, 94-97.
204. McClintock B. (1984). The significance of responses of the genome to challenge. *Science*, 226, 792-801.
205. Mediavilla S., Escudero A. (2004). Stomatal responses to drought of mature trees and seedlings of two co-occurring Mediterranean oaks. *Forest Ecology and Management*, 187 (2-3), 281-294.
206. Mellec A., Karg J., Bernacki Z., Slowik J., Korczynski I., Krummel T., Mazur A., Altena H.W., Gerold G., Reinhardt A. (2011). Effects of insect mass outbreaks on throughfall composition in even aged European pine stands - implications for the C and N cycling. *Earth Science & Climatic Change*, 1 (1), 6 p.
207. Mena-Petite A., Duñabeitia M.K., Gonzalez-Moro B., Munoz-Rueda A., Lacuesta M. (1999). Sequential effects of acidic precipitation and drought on water relations of *Pinus radiata* seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 155 (1), 93-100.
208. 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.
209. Mendoza V.M., Villanueva E.E., Adem J. (2002). Simulation of the annual thermal and hydrological cycle in Mexico. *Geofisica internacional*, 41, 163-178.
210. Meshkova V. (2003). Dependency of outbreaks distribution from insects-defoliators' seasonal development. *Proceedings: Ecology, Survey and Management of Forest Insects*, 52-60.
211. Mitamura M., Yamamura Y., Nakano T. (2008). Large-scale canopy opening causes decreased photosynthesis in the saplings of shade-tolerant conifer, *Abies veitchii*. *Tree Physiology*, 29, 137–145.
212. Mokrzecki Z. (1928). Strzygonia cnoinówka (*Panolis flammea* Schiff.). *Monografia Lesno-Entomologiczna. Zw. Zawod. Lesnik. Polsk.*, 131 p.
213. Monumental trees: Berlin poplars (*populus x berolinensis*) in Europe (2012) [skatīts 2012. gada 27. novembrī]. Pieejams: <http://www.monumentaltrees.com/en/europe-populusxberolinensis/>
214. Moore R. (2009). Pine-tree Lappet Moth & Hylobius MSS & D.micans. Scotland Forest Research, Presentation material, 45 p.
215. Moore R. (2011). Insect pests of trees in Scotland the auld, the new and potential pests. Great Britain Forestry Comision, Presentation, 92 p.
216. Moraal L.G., Akkerhuis G.A. J. M. J. 2010. Changing patterns in insect pests on trees in The Netherlands since 1946 in relation to human induced habitat changes and climate factors - An analysis of historical data. *Forest Ecology and Management*, 261 (1), 50-61.
217. Moretti M., De Cáceres M., Pradella C., Obrist M.K., Wermelinger B., Legendre P., Duelli P. (2010). Fire-induced taxonomic and functional changes in saproxylic beetle communities in fire sensitive regions. *Ecography*, 33, 760-771.
218. 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.
219. Müller M., La Porta N., Eklöf J., Pavlov I., Morozova T., Korhonen K. (2009). Response of wood decomposition by *Heterobasidion parviporum* to temperature changes and differentiation of subpopulations according to local climate. Network of Climate Change Risks on Forests (FoRisk). SNS Workshop, October 26-28, 2009, Tvärminne, Finland, p.26.
220. Mulock P., Christiansen E. (1986). The threshold of successful attack by *Ips*

- typographus* on *Picea abies*: A field experiment. *Forest Ecology and Management*, 14: 125–132.
221. Murray B.G. (2005). When does intraspecific C-value variation become taxonomically significant? *Annals of Botany*, 95, 119–125.
 222. Nagakura J., Shigenaga H., Akama A., Takahashi M. (2004). Growth and transpiration of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings in response to soil water content. *Tree Physiology*, 24, 1203–1208.
 223. Nielsen C.N., Jørgensen F.V. (2003). Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. *Forest Ecology and Management*, 174 (1–3), 233–249.
 224. Nienstaedt H., Zasada J.C. (2012). *Picea glauca* (Moench) Voss White spruce. [skatīts 2012. gada 1. novembrī]. Pieejams: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/picea/glauca.htm
 225. 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.
 226. Niinemets E., Saarse L. (2009). Holocene vegetation and land-use dynamics of south-eastern Estonia. Pleistocene and Holocene Palaeoenvironments and Recent Processes across NE Europe. *Quaternary International*, 207 (1–2), 104–116.
 227. Nikodemus O., Kārklīš A., Kļaviņš M., Melecis V. (2008). Augsnis ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. - Nikodemus O. (red.). LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 254 lpp.
 228. Nollendorfs V. (2007). Egļu audžu panīkuma un sabrukšanas cēloņu noskaidrošana, to samazināšanas iespējamie pasākumi (pārskats par Meža attīstības fonda pētījumu). LVMI Silava, 60 lpp.
 229. Norgren O., Little C.H.A., Sundblad L.G. (1996). Seedling shoot, needle and bud development in three provenances of *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* cultivated in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 356–363.
 230. Notebaert B., Verstraeten G. (2010). Sensitivity of West and Central European river systems to environmental changes during the Holocene. *Earth-Science Reviews*, 103, 163–182.
 231. Odin H. (1972). Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants. *Studia Forestalia Suecica*, 97, 1–32.
 232. 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.
 233. Oleksyn J., Karolewsky P., Giertich M.J., Zytowski R., Reich P.B., Tjoelker M.G. (1998). Primary and secondary host plants differ in leaf-level photosynthetic response to herbivory: evidence from *Alnus* and *Betula* grazed by the alder beetle, *Agelastica alni*. *New Phytology*, 140, 339–249.
 234. Olsson P.O., Jönsson A.M., Eklundh L. (2012). A new invasive insect in Sweden – *Physokermes inopinatus*: Tracing forest damage with satellite based remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 285, 29–37.
 235. Olszyk D., Wise C., van Ess E., Apple M., Tingey D. (1998). Phenology and growth of shoots, needles, and buds of Douglas-fir seedlings with elevated CO₂ and (or) temperature. *Canadian Journal of Botany*, 76, 1991–2001.
 236. Ozola I., Ceriņa A., Kalniņa L. (2010). Paleoveģetācijas attīstība Burtņieka senezerā un tā apkārtnē pie Pantenes. *Latvijas Universitātes raksti*, 752, Zemes un vides zinātnes, 75.–87. lpp.
 237. Ozols G. (1968). Egles stumbra kaitēkļi un to ekoloģiskās grupas Latvijas PSR. *Latvijas Entomologs*, 21, 19.–34.lpp.

238. Ozols G. (1985). Priedes un egles dendrofāģie kukaiņi Latvijas mežos. Zinātne, Rīga, 207 lpp.
239. Pallardy S.G. (2008). Physiology of woody plants. Elsevier, 454p.
240. Paul D.H. (2007). An introduction to soil water repellency. Proceedings of the 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals (ISAA2007), 13 p.
241. Pels J.R., Sarabèr A.J. (2011). Utilization of biomass ashes. - Grammelis P. (ed.). Solid Biofuels for Energy. Springer, London, 219–235.
242. Penman J. (ed). (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa, Japan, 590 p.
243. Perala D.A. (2012). *Populus tremuloides* Michx. Quaking aspen [skatīts 2012. gada 22. novembrī]. Pieejams: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_2/populus/tremuloides.htm
244. Peterson A.T., Williams R., Chen G. (2007). Modeled global invasive potential of Asian gypsy moths, *Lymantria dispar*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 125, 39 – 44.
245. Pettis G.V. (1999). Management of insect pests of crape myrtle (*Lagerstroemia* spp.) with special reference to the ecology and biology of *Altica litigata* fall (Coleoptera: Chrysomelidae). The University of Georgia, PhD review, 118 p.
246. Petzoldt C., Seaman A. (2005). Climate change and agriculture: promoting practical and profitable responses. Background paper, 11 p.
247. Pharis R.P., Ferrell W.K. (1966). Differences in drought resistance between coastal and inland sources of Douglas-fir. Canadian Journal of Botany, 44 (12), 1651-1659.
248. Pilarska D., McManus M., Pilarski P., Georgiev G., Mirchev P., Linde A. (2006). Monitoring the establishment and prevalence of the fungal entomopathogen *Entomophaga maimaiga* in two *Lymantria dispar* L. populations in Bulgaria. J. Pest Sci, 79, 63 – 67.
249. Pita P., Soria F., Cañas I., Toval G., Pardos J.A. (2001). Carbon isotope discrimination and its relationship to drought resistance under field conditions in genotypes of *Eucalyptus globulus* Labill. Forest Ecology and Management, 141 (3), 211-221.
250. Plants for a future: *Abies sibirica* – Ledeb. (2012a). [skatīts 2012. gada 2. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Abies+sibirica>
251. Plants for a future: *Larix kaempferi* – (Lamb.) Carrière (2012b). [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Larix+kaempferi>
252. Plants for a future: *Larix sibirica* - Ledeb. (2012c). [skatīts 2012. gada 8. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Larix+sibirica>
253. Plants for a future: *Populus alba* (2012d). [skatīts 2012. gada 6. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Populus+alba>
254. Plants for a future: *Populus x canadensis* Moench. (2012e). [skatīts 2012. gada 6. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Populus+x+canadensis>
255. Plants for a future: *Populus x canescens* (Aiton) Sm. (2012f). [skatīts 2012. gada 20. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=populus+x+canescens>
256. Plants for a future: *Populus nigra* L. (2012g). [skatīts 2012. gada 12. novembrī]. Pieejams: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Populus+nigra>
257. 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.

258. Possen B.J.H.M., Oksanen E., Rousi M., Ruhanen H., Ahonen V., Tervahauta A., Heinonen J., Heiskanen J., Kärenlampi S., Vapaavuori E. (2011). Adaptability of birch (*Betula pendula* Roth) and aspen (*Populus tremula* L.) genotypes to different soil moisture conditions. *Forest Ecology and Management*, 262, 1387–1399.
259. Poteri M., Lilja A., Petaisto R.L. (2005). Control of nursery diseases and pests in Finnish forest tree nurseries. Working papers, 19-26.
260. Practical plants: *Abies sibirica* Siberian fir (2012a). [skatīts 2012. gada 13. novembrī]. Pieejams: http://practicalplants.org/wiki/Larix_gmelinii
261. Practical plants: *Larix gmelinii* Dahurian larch (2012b). [skatīts 2012. gada 13. novembrī]. Pieejams: http://practicalplants.org/wiki/Larix_gmelinii
262. Preston-Mafham R., Preston-Mafham K. (1993). The encyclopedia of land invertebrate behaviour. Cambridge, MIT Press, 148 p.
263. Pujāte A., Kalniņa L., Silamiķele I. (2010). Veģetācijas izmaiņu atspoguļojums putekšņu spektros Ķemeru tīreļa takas apkārtnē. Latvijas Universitātes raksti, 752, Zemes un vides zinātnes, 88.–97. lpp.
264. Ragab R., Prudhomme C. (2002). Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: prospective and challenges for the 21st century. *Biosystems Engineering*, 81 (1), 3-34.
265. Raniuss T., Janson N. (2000). The influence of forest regrowth, original canopy cover and tree size on saproxylic beetles associated with old oaks. *Biological Conservation*, 95, 85-94.
266. 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.
267. Red Planet Inc.: Prince Rupprecht larch - *Larix gmelinii* var. *principis-rupprechtii* (2012). [skatīts 2012. gada 14. novembrī]. Pieejams: http://www.cirrusimage.com/tree_prince_Rupprecht_larch.htm
268. Robert S.D., Harrington C.A., Terry T.A. (2005). Harvest residue and competing vegetation affect soil moisture, soil temperature, N availability, and Douglas-fir seedling growth. *Forest Ecology and Management*, 205, 333–350.
269. Robinson W.H. (2005). Urban insects and arachnids. A Handbook of Urban Entomology. Cambridge University Press, UK, 225 p.
270. Roden D.B., Mattson W.J. (2008). Rapid induced resistance and host species effects on gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.): Implications for outbreaks on three tree species in the boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 255, 1868-1873.
271. Rolando C.A., Little K.M. (2008). Short communication measuring water stress in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden seedlings planted into pots. *South African Journal of Botany*, 74, 133–138.
272. Rone V. (1984). Pirmie egļu provenienču vērtēšanas rezultāti Latvijā. Jaunākais Mežsaimniecībā, 26, 33.-38.lpp.
273. Rone V. (1985). Egles klonu juvenilā augšana un selekcijas stratēģija. Jaunākais Mežsaimniecībā, 27, 10.-16.lpp.
274. Ronis E. (1962). Par dažām Latvijas PSR sastopamām parastās egles formām. Jaunākais Mežsaimniecībā, 4, 9.-14.lpp.
275. Ruano I., Pando V., Bravo F. (2009). How do light and water influence *Pinus pinaster* Ait. germination and early seedling development? *Forest Ecology and Management*, 258 (12), 2647–2653.
276. Sabot F., Schulman A.H. (2006). Parasitism and the retrotransposon life cycle in plants: a hitchhiker's guide to the genome. *Heredity*, 97, 381-388.
277. Salminen H., Jalkanen R. (2005). Modelling the effect of temperature on height increment of Scots pine at high latitudes. *Silva Fennica*, 39, 497–508.

278. Schaefer P.W. (1986). Bibliography of the browntail moth, *Euproctis Chrysorrhoea* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) and its natural enemies. Agricultural Experiment Station, University of Delaware, 464, 66 p.
279. Schedul K. (1949). Discoveries and observations resulting from the nun-moth outbreak in Styria during 1946-48. 129 p.
280. Schönherr J. (2009). Nun moth outbreak in Poland 1978–1984. Journal of Applied Entomology, 99, 73-76.
281. Schreiner I., Nafus D. (1986). Accidental introductions of insect pests to Guam, 1945-1985. College of Agriculture and Life Science, Proceeding, 45 – 52.
282. Schroeder L.M. (2008). Insect pests and forest biomass for energy. Sustainable use of forest biomass for energy. Managing Forest Ecosystems, 12, 109-128.
283. Schweitzer D.F. (2004). Gypsy moth (*Lymantria dispar*): impacts and options for biodiversity. Oriented Land Managers, NatureServe, Virginia, 59 p.
284. 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.
285. 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.
286. Sezen K., Ismail D., Demirbag Z. (2003). Study of the bacterial flora as a biological control agent of *Agelastica alni* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). Biologia, Bratislava, 327-331.
287. Sharma T.C. (1988). An evaluation of évapotranspiration in tropical central Africa. Hydrological Sciences, 33, 31-40.
288. 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.
289. Sharov A.A., Pijanowski B.C., Liebhold A.M., Gage S.H. (1999). What affects the rate of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) spread: winter temperature or forest susceptibility? Agricultural and Forest Entomology, (1), 37-45.
290. Siemens J.A., Zwiazek J.J. (2003). Effects of water deficit stress and recovery on the root water relations of trembling aspen (*Populus tremuloides*) seedlings. Plant Science, 165, 113 – 120.
291. Sierpinska A. (1998). Towards an integrated management of *Dendrolimus pini* L. Proceedings: Population Dynamics, Impacts, and Integrated Management of Forest Defoliating Insects. USDA Forest Service General Technical Report NE-247, 129-142.
292. Sinclair B.J., Addo-Bediako A., Chown S.L. (2003). Climatic variability and the evolution of insect freeze tolerance. Biological Reviews, 78, 181-195.
293. Siliņš I., Šmits A. (2010). Ozolu mūķenes *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) populācijas reprodutivitātes rādītāju novērtējums masu savairošanās reģionā. Mežzinātne 22 (55), 47.- 69.lpp.
294. Simberloff D. (2000). Global climate change and introduced species in United States forests. The Science of Total Environment, Knoxville, 253 – 261.
295. Singer M.C., Vasco D., Parmesan C., Thomas C.D., Ng D. (1992). Distinguishing between „preference” and „motivation” in food choice: an example from insect oviposition. Animal Behaviour, 44, 463-471.
296. Singh T.V.K., Satyanarayana J. (2009). Insect outbreaks and their management. Integrated pest management: innovation-development process, 331-350.
297. Skuhřavý V. (2002). Lýkožřout smřkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity. Der Buchdrucker und seine Kalamitäten. Agrospoj, Praha.

298. Smelyanets V. (1997). Dynamics of trophical niches of the winter pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana* schiff., Lepidoptera: Tortricidae) and response of the protective system of the scots pine to the affection. 1. Dynamics of formation of trophical niches of the winter pine shoot moth in stands of the Scots pine. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 30 (5), 409-420.
299. Smitley D., Andresen J., Priest R., Mech R., McCullough D. (1998). Winter mortality of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) eggs in Michigan. Environmental Entomology 27 (3), 700 – 708.
300. Solter L.F., Hajek A.E. (2009). Control of gypsy moth, *Lymantria dispar*, in North America since 1878. Progress in Biological Control 6 (4), 181 – 212.
301. Spieß N., Oufir M., Matušíková I., Stierschneider M., Kopecky D., Homolka A., Burg K., Fluch S., Hausman J.F., Wilhelm E. (2012). Ecophysiological and transcriptomic responses of oak (*Quercus robur*) to long-term drought exposure and rewatering. Environmental and Experimental Botany, 77, 117 – 126.
302. Stafford L.O., Bjorkbom J.C., Zasada J.C. (2012). *Betula papyrifera* Marsh. Paper birch. [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_2/betula/papyrifera.htm
303. 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.
304. Stancikaite M., Kisieliene D., Moe D., Vaikutiene G. (2009). Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania. Quaternary International, 207, 80–92.
305. 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.
306. Steffenrem A., Lindland F., Skrøppa T. (2008). Genetic and environmental variation of internodal and whorl branch formation in a progeny trial of *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research, 23, 290-298.
307. Stenlid J. (1994). Regional differentiation in *Heterobasidion annosum*. – In: Johansson M., Stenlid J. (eds.). 8th International Conference on Rott and Butt Rots, Conference proceedings, August 9-16, 1993, Wik, Sweden and Haikko, Finland, 243-248.
308. Stolyarov M.V. (1999). Cyclicity and some characteristics of mass reproduction of *Calliptamus italicus* L. in Southern Russia. Russian Journal of Ecology, 43-48.
309. Stoyenoff J.L., Witter J.A., Montgomery M.E., Chilcote C.A. (1994). Effects of host switching on gypsy moth (*Lymantria dispar* (L.)) under field conditions. Oecologia 97 (2), 143-157.
310. Straigyte L., Zalkauskas R. (2006). Red oak (*Quercus rubra* L.) condition and morphological traits differences in Southern Lithuanian forest. Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis, 6 (1-2), 135-140.
311. Strutka P., Pazoutova S., Kolarik M. (2007). *Daldinia decipiens* and *Entonaema cinnabarina* as fungal symbionts of Xiphydria wood wasps. Mycological Research, 111 (2), 224-231.
312. Suna Z., Gebremichaela M., Ardöb J., Nickles A., Caquetd B., Merboldhf L., Kutschig W. (2012). Estimation of daily evapotranspiration over Africa using MODIS/Terra and SEVIRI/MSG data. Atmospheric Research, 112 (8), 35 – 44.
313. Supatashvili A.S. (1990). Biological agents controlling Diprion pini. Zashchita Rastenii (Moskva) 6, 23-24.
314. Svilāns A., Celmiņš A., Āboliņa A., Teļnovs D., Greķe K., Vimba E., Gavrilova Ģ., Strāķe S., Pilāts V. (2007). Latvijas svešzemju sugu saraksts [skatīts 2012. gada

19. novembrī]. Pieejams: http://biodiv.lvgma.gov.lv/cooperation/invaz/i-netam_invazivie.xls/
315. Sjøgaard G., Fløistad I.S., Granhus A., Hanssen K.H., Kvaalen H., Skrøppa T., Steffenrem A. (2011). Lammas shoots in spruce - occurrence, genetics and climate. Forest management and silviculture in the north - balancing future needs, Book of abstracts for the conference. [skatīts 2012.gada 3.septembrī]. Pieejams: http://www.skogoglandskap.no/filearchive/lammas_shoots_in_spruce.pdf.
 316. Sjøgaard G., Kvaalen H., Granhus A., Fløistad I.S., Hanssen K.H., Steffenrem A., Skrøppa T. (2012). Lammas shoots in Norway spruce - a future challenge? [skatīts 2012. gada 5. oktobrī]. Pieejams: <http://www.nordgen.org/index.php/en/Forest/Tema/Lammas-shoots-in-Norway-spruce-a-future-challenge>
 317. Šmits A. (2001). Responses of *Bupalus piniarius* to plant quality variation generated by larval feeding. Doctoral Dissertation. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria, 176.
 318. Šmits A. (2003). Performance of pine looper *Bupalus piniarius* larvae under population build-up conditions. Entomologia Experimentalis et Applicata, 104 (1), 117-124.
 319. Šmits A. (2005). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamika vētras postītās mežaudzēs. LVMI Silava, 36 lpp.
 320. Šmits A. (2009). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamikas monitorings. LVMI Silava, 39 lpp.
 321. Šmits A., Bičevskis M. (1997). Egļu astoņzobu mizgrauzis. Meža dzīve, 16–20.
 322. Šmits A., Striķe Z., Liepa I. (2008). Priežu rūsganās zāglapsenes (*Neodiprion sertifer* Geoff r.) izraisītās defoliācijas ietekme uz priežu (*Pinus sylvestris* L.) pieaugumu. Mežzinātne 18 (51), 53-73.
 323. Šmits A., Vilka M. (1993). Priežu sprīžotāja (*Bupalus piniarius* L.) savairošanās Kurzemē. Mežzinātne 1(34)/2(35), 73-83.
 324. Takahashi M., Sakai Y., Ootomo R., Shiozaki M. (2000). Establishment of tree seedlings and water-soluble nutrients in coarse woody debris in an old-growth *Picea abies* forest in Hokkaido, northern Japan. Canadian Journal of Forest Research, 30, 1148–1155.
 325. Tan J.Y., Keith D.W.R., Morgann G. (2010). Flight ability and reproductive development in newly-emerged pine weevil *Hylobius abietis* and the potential effects of climate change. Agricultural and Forest Entomology, 12, 427-434.
 326. Tarmo V., Seppo N., Ari N., Martti V., Pekka N. (1996). Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine. Silva Fennica, 30 (2–3), 169-177.
 327. Tazaki T. (1960). On the growth of Pine yearlings in coastal dune regions with special reference to their drought resistance. Japanese Journal of Botany, 17 (2), 239-77.
 328. Thalenhorst W. (1958). Grundzüge der Populationsdynamik des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät den Universität Göttingen, 21, 1-126.
 329. The Gymnosperm Database: *Abies alba* (2012a). [skatīts 2012. gada 3. novembrī]. Pieejams: http://www.conifers.org/pi/Abies_alba.php
 330. The Gymnosperm Database: *Larix sibirica* (2012b). [skatīts 2012. gada 13. novembrī]. Pieejams: http://www.conifers.org/pi/Larix_sibirica.php
 331. Thomas D.S. (2009). Survival and growth of drought hardened *Eucalyptus pilularis* Sm. seedlings and vegetative cuttings. New Forests, 38, 245–259.
 332. Tirmenstein D.A. (1991). Quercus rubra. In: Fire effect information sistem. [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams: <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/querub/all.html>

333. Tong L., Chun-Xiang H., Guo-Cai Z., Zhan-Shan H., Lian-Jie Z., Jing-Mei W., Jin-Hua Z. (2000). Life circle and bionomics of *Lymantria dispar* L. Journal of Forestry Research, 11 (4), 255 – 258.
334. Toplu F. (2001). Progres on national activities on gene conservation of black poplar (*Populus nigra* L.) in Turkey [skatīts 2012. gada 13. novembrī]. Pieejams: http://books.google.lv/books?id=fGbOvZRKVYwC&pg=PA75&lpg=PA75&dq=populus+nigra+wood+use&source=bl&ots=2ANudjR_dQ&sig=oxfsYyLjKXiCm6MDH14NBgE24eQ&hl=en&sa=X&ei=vwe1UM39E8SN4AS9joC4CQ&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q=populus%20nigra%20wood%20use&f=false
335. Torr P., Heritage S., Wilson M.J. (2007). *Steinernema kraussei*, an indigenous nematode found in coniferous forests: efficacy and field persistence against *Hylobius abietis* Agricultural and Forest Entomology, 9 (3), 181 – 188.
336. Tscharntke T., Thiessen S., Dolch R., Boland W. (2001). Herbivory, induced resistance, and interplant signal transfer in *Alnus glutinosa*. Biochemical Systematics and Ecology, 29, 1025–1047.
337. Tuomela K. (1997). Leaf water relations in six provenances of *Eucalyptus microtheca*: a greenhouse experiment. Forest Ecology and Management, 92 (1-3), 1-10.
338. Turguter S., Ülgentürk S. (2006). *Physokermes piceae* (Schrank) (Yumrulu Ladin Koşnili) (Hemiptera: Coccidae)'nin Biyolojik Özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi, 12, 44–50.
339. Ununger J., Ekberg I., Kang H. (1988). Genetic control and age related changes of juvenile growth characteristics in *Picea abies*. Scand.Journ..For.Res., 3, 55-56.
340. USDA Natural resources conservation service: *Larix kaempferi* (Lam.) Carrière Japanese larch (2012a). [skatīts 2012. gada 14. novembrī]. Pieejams: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=LAKA2>
341. USDA Natural resources conservation service: *Populus alba* L. White poplar (2012b). [skatīts 2012, gada 7. novembrī]. Pieejams:<http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=poal7>
342. USDA Natural resources conservation service: *Populus x berolinensis* C. Koch [*laurifolia* x *nigra* var. *italica*] (2012c). [skatīts 2012. gada 7. novembrī]. Pieejams: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=pobe2>
343. USDA Natural resources conservation service: *Populus x canadensis* Moench (pro sp) [*deltoides* x *nigra*] (2012d). [skatīts 2012. gada 7. novembrī]. Pieejams: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=POCA19>
344. USDA Natural resources conservation service: *Populus x canescens* (Aiton) Sm. (pro sp.) [*alba* x *tremula*] (2012e). [skatīts 2012, gada 12. novembrī]. Pieejams: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=POCA14>
345. USDA Natural resources conservation service: *Populus balsamifera* L. ssp *trichocarpa* (Torr. & A. Gray ex Hook.) Brayshaw black cottonwood (2012f). [skatīts 2012. gada 9. novembrī]. Pieejams: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=pobat>
346. Valsts Meža dienesta publiskais pārskats (2002). Latvijas Valsts Meža Dienests, 40 lpp.
347. Valstybinė Miškų Tarnyba. Netikrasis eglinis skydamaris (*Physokermes piceae* Schrank.). 2010. [skatīts 2012. gada 12. oktobrī]. Pieejams: <http://www.msat.lt/lt/kenkejai/vabzdziai/spyglius-grauziantys/netikrasis-eglinis-skydamaris/>
348. Vanden Broeck A. (2003). European black poplar *Populus nigra* [skatīts 2012. gada 16. novembrī]. Pieejams:http://www.euforgen.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/927_Technical_guidelines_for_genetic_conservation_and_use_for_black_poplar__Populus_nigra_.pdf

349. Vanden-Broeck A., Cox K., Michiels B., Verschelde P., Villar M. (2012). With a little help from my friends: hybrid fertility of exotic *Populus x canadensis* enhanced by related native *Populus nigra*. *Biological invasions*, 14, 1683-1696.
350. van Frankenhuyzen K., Régnière J., Bernier-Cardou M. (2008). Response of *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) to *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* at different ingested doses and temperatures. *Journal of Invertebrate Pathology*, 99, 263-274.
351. Vanhanen H., Veteli T.O., Päivinen S., Kellomäki S., Niemelä P. (2007). Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study. *Silva Fennica* 41(4), 621–638.
352. Vasic K., Zivojinovic D. (1960). The common pine sawfly (*Diprion pini* L.) in Maljen in the years 1954 and 1955. Life-cycle, ecology and population dynamics. *Plant Protection*, 57-58, 31-71.
353. 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.
354. Vēveris A. (1966). Agri un vēlu plaukstošās egles Latvijas PSR mežos. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 8, 15.-21.lpp.
355. Vēveris A. (1975). Koksnes blīvuma mainība egļu audzēs. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 17, 14.-18.lpp.
356. Vicient C.M., Suoniemi A., Ananthawat-Jonsson K., Tanskanen J., Beharav A., Nevo E., Schulman A.H. (1999). Retrotransposon BARE-1 and its role in genome evolution in the genus *Hordeum*. *The Plant Cell*, 11, 1769-1784.
357. Wall A. (2008). Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management*, 256, 1372–1383.
358. Wang P., Olsson B.A., Arvidsson H., Lundkvist H. (2010). Short-term effects of nutrient compensation following whole-tree harvesting on soil and soil water chemistry in a young Norway spruce stand. *Plant and Soil*, 336, 323–336.
359. Wang Y.M., Traore S., Kerh T. (2009). Computational performance of reference evapotranspiration in semiarid zone of Africa. *Scientific Research and Essay*, 4 (6), 577-583.
360. Weed identification: White poplar (2012). [skatīts 2012. gada 22. novembrī]. Pieejams:
<http://www.weeds.org.au/cgi-bin/weedident.cgi?tpl=plant.tpl&ibra=all&card=E55>
361. Wendel G.W., Smith H.C. (2012). *Pinus strobus* L. Eastern White Pine [skatīts 2012. gada 2. novembrī]. Pieejams:
http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/Volume_1/pinus/strobus.htm
362. 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.
363. Wermelinger B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202, 67–82.
364. West R.F., Ledig F.T. (1964). Lammas shoot formation in Scots pine. *Proceedings of 11th Northeast. Forest Tree Improvement Conference*, 1963, 21-30.
365. West R.F., Rogers R. (1965). The effect of lammas shoot growth on the stem form of young Scotch pine. Published as a Paper of the Journal Series, New Jersey Agricultural Experiment Station, New Brunswick, New Jersey, 14-20.
366. Wilen C., Moilanen A., Kurkela E. (1996). Biomass feedstock analyses. VTT, 1996. [skatīts 2012. gada 10. novembrī]. Pieejams:
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1996/P282.pdf>

367. Worner S.P., Gevrey M. (2006). Modelling global insect pest species assemblages to determine risk of invasion. *Journal of Applied Ecology*, 43, 858 – 867.
368. Wühlisch G.von, Muhs H.J. (1986). Influence of age on sylleptic and proleptic free growth of Norway spruce seedlings. *Silvae Genetica*, 35 (1), 42-48.
369. Xiao X., Peng Q., Wu C., Korpelainen H., Li C. (2008a). Drought inhibits photosynthetic capacity more in females than in males of *Populus cathayana*. *Tree Physiology*, 28, 1751–1759.
370. Xiao X., Xu X., Yang F. (2008b). Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. *Silva Fennica*, 42 (5), 705–719.
371. Xu X., Peng G., Wu C., Korpelainen H., Li C. (2008a). Drought inhibits photosynthetic capacity more in females than in males of *Populus cathayana*. *Tree Physiology*, 28, 1751-1759.
372. Xu X., Yang F., Xiao X., Zhang S., Korpelainen H., Li C. (2008b). Sex-specific responses of *Populus cathayana* to drought and elevated temperatures. *Plant, Cell & Environment*, 31, 850-860.
373. Xu X., Yang F., Yin C., Li C. (2007). Research advances in sex-specific responses of dioecious plants to environmental stresses. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18 (11), 2626-2631.
374. Xu X., Zhao H., Zhang X., Hanninen H., Korpelainen H., Li C. (2010). Different growth sensitivity to enhanced UV-B radiation between male and female *Populus cathayana*. *Tree Physiology*, 30, 1489-1498.
375. Yamamura K., Kiritani K. (1998). A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. *Applied Entomology and Zoology*, 33, 289 - 298.
376. Yang Z.D. (2012a). Flora of China: *Populus x berolinensis* [skatīts 2012. gada 27. novembrī].
Pieejams:http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=210001735
377. Yang T. (2012b). Flora of China: *Populus suaveolens* [skatīts 2012. gada 8. novembrī].
Pieejams:http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200005718
378. Yashiro T., Matsuura K., Guenard B., Terayama M., Dunn R.R. (2010). On the evolution of the species complex *Pachycondyla chinensis* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae), including the origin of its invasive form and description of a new species. *Zootaxa*, 2685, 39–50.
379. Zabowski D., Java B., Scherer G., Everett R.L., Ottmar R. (2000). Timber harvesting residue treatment: Part 1. Responses of conifer seedlings, soils and microclimate. *Forest Ecology and Management*, 126, 25–34.
380. Zachariassen K. E. (1985). Physiology of cold tolerance in insects. *Physiol Rev.*, 65 (4), 799-832.
381. Zalesny R.S. Jr., Cunningham M.W., Hall R.B., Mirck J., Rockwood D.L., Stanturf J.A., Volk T.A. (2011). Woody biomass from short rotation energy crops. [skatīts 2012. gada 21. novembrī].
Pieejams:http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2011/nrs_2011_zalesny_004.pdf
382. Zālītis P. (2004). Sastāva kopšanas circes. *LVMi Silava*, 4 lpp.
383. Zālītis P., Lībiere Z. (2008). Kopšanas ciršu režīms egļu jaunaudzēs. *LLU Raksti*, 20 (315), 38–45.
384. Zernitskaya V., Mikhailov N. (2009). Evidence of early farming in the Holocene pollen spectra of Belarus. *Quaternary International*, 203, 91–104.
385. Zīverts A. (2004). Hidroloģija. Ievads un hidroloģiskie aprēķini. *LLU, Jelgava*, 104.lpp.
386. Zolubas G. (2001). Gypsy moth parasitoids in the declining outbreak in Lithuania. *Journal of Applied Entomology*, 125 (5), 229 – 234.

387. Боголюбов А.С., Кравченко М.В. (2002). Определитель насекомых-вредителей лесных древесных пород России. Экосистема, Москва. [skatīts 2012. gada 2. novembrī]. Pieejams: <http://www.ecosystema.ru/01welcome/abogol.htm>
388. Вишнякова С.В. (2011). К вопросу о закономерностях развития вспышек массового размножения фитофагов (на примере рыжего соснового пилильщика). Публичный осмотр. [skatīts 2012. gada 5. novembrī]. Pieejams: http://science-bsea.narod.ru/2011/les_2011/vichnyakova_vopros.htm
389. Воробьев Г.И. (1985). Лесная энциклопедия. Советская энциклопедия, Москва, 563 с.
390. Гурьянова Т.М. (1986). Цикличность размножения рыжего соснового пилильщика. Лесоведение (4), 23–30.
391. Ильинский А.И., Тропин И.В. (1965). Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых. Лесная промышленность, 525 с.
392. Макарова Т.А. (2004). Биоэкологические особенности и причины вспышек массового размножения обыкновенного соснового пилильщика (*Diprion pini* L.) в условиях Севера Западной Сибири. Диссертация, 131 с.
393. Мамаев Б.М. (1977). Биология насекомых - разрушителей древесины. Всесоюзный институт научной и технической информации, серия "Итоги науки и техники - энтомология", т.3., Москва, 213 с.
394. Роне В. (1975). Межсемейный и клоновый отбор у ели обыкновенной. В кн: *Генетические исследования древесных в Латвийской ССР*. Зинатне, Рига, с.34-44.
395. Роне В. (1980). Отбор клонов ели на повышение ювенильной быстроты роста. Отчёт лаборатории лесной селекции. Научно- производственное объединение „Силава”, Саласпилс, с.21-54.
396. Чертовский В. (1978). Еловые леса европейской части СССР. Лесная промышленность, Москва, 176 с.
397. Юркевич И., Голод Д. (1966). Сезонное развитие ели обыкновенной. Наука и техника, Минск, 70 с.
398. Attēls. [skatīts 2012. gada 10. novembrī]. Pieejams: <http://www.fs.fed.us/r3/resources/health/field-guide/images/large/fid-f053-large.jpg>
399. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: http://oregonstate.edu/dept/nurspest/Images/insects/alder_leaf_beetle_larva_and_damage_thumb.jpg
400. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: [http://nv.wikipedia.org/wiki/E%CA%BCelyaa%C3%ADg%C3%AD%C3%AD:Agelastica_alni_\(aka\).jpg](http://nv.wikipedia.org/wiki/E%CA%BCelyaa%C3%ADg%C3%AD%C3%AD:Agelastica_alni_(aka).jpg)
401. Attēls. [skatīts 2012. gada 10. novembrī]. Pieejams: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Agelastica_alni_larva_3_beentree.jpg
402. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: http://www.entomology.ualberta.ca/searching_image_large.php?t=Fenusa+dohnii&im=7822
403. Attēls. [skatīts 2012. gada 21. novembrī]. Pieejams: <http://www.leafmines.co.uk/html/Hymenoptera/F.dohniilarv.htm>
404. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: <http://aramel.free.fr/INSECTES14-1.shtml>
405. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: <http://www.galerie-insecte.org/galerie/ref-29690.htm>
406. Attēls. [skatīts 2012. gada 21. novembrī]. Pieejams: http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Hylobius_abietis_meyers_1888_v16_p352.jpg

407. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī].
Pieejams: <http://insects.botgard.uran.ru/node/33>
408. Attēls. [skatīts 2012. gada 10. novembrī]. Pieejams:
<http://micabiodiversity.blogspot.com/2010/12/peacock-butterfly.html>
409. Attēls. [skatīts 2012. gada 10. novembrī]. Pieejams:
http://www.cbif.gc.ca/spp_pages/noctuoidea/jpgs/image_e.php?image%5B%5D=108320.jpg,Euproctis%2Bchrysorrhoea
410. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams:
http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Euproctis_chrysorrhoea/map/
411. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams:
http://coleop123.narod.ru/hymenoptera/Diprion_pini.htm
412. Attēls. [skatīts 2012. gada 21. novembrī]. Pieejams:
<http://www.biolib.cz/en/taxonimage/id139030/?taxonid=63165>
413. Attēls. [skatīts 2012. gada 22. novembrī]. Pieejams:
<http://www.biolib.cz/en/formsearch/?action=execute&searcharea=2&string=Panolis+Flammea>
414. Attēls. [skatīts 2012. gada 21. novembrī]. Pieejams: <http://www.schmetterling-raupe.de/art/pini.htm>
415. Attēls. [skatīts 2012. gada 15. novembrī]. Pieejams: <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/species-of-the-day/biodiversity/economic-impact/dendrolimus-pini/taxonomy/index.html>