

AKCIJU SABIEDRĪBAS „LATVIJAS VALSTS MEŽI” UN
LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTA „SILAVA”

ZINĀTŅIETILPĪGĀ
LĪGUMDARBA

SAKŅU TRUPES IZPLATĪBU IEROBEŽOJOŠO FAKTORU IZPĒTE

PĀRSKATU KOPSAVILKUMS
2011.-2015. GADS

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS „SILAVA”
PROJEKTA VADĪTĀJS: TĀLIS GAITNIEKS, VADOŠAIS PĒTNIEKS,
MEŽZINĀTŅU DOKTORS

T. Gaitnieks

SATURS

Kopsavilkums	4
Ievads.....	5
Sakņu piepes bioloģijas pētījumi: trupes izplatība egļu audzēs ar kūdras augsnēm; <i>H. annosum</i> genotipu analīze priežu stādījumos	6
Sakņu piepes <i>Heterobasidion annosum</i> augļķermeņu attīstības dinamika uz trupējušas egles koksnes mežizstrādes atliekām un celmiem	7
Sēņu sugu daudzveidība uz trupējušām ar <i>H. annosum</i> inficētām mežizstrādes atliekām un celmiem	8
Sakņu piepes <i>Heterobasidion annosum</i> s.l. sporulācijas sezonālā dinamika un izmaiņas diennakts laikā	9
Sastāva kopšanas cirtēs atstāto mazo dimensiju celmu nozīme sakņu piepes izplatībā.....	10
Sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamība mākslīgi atjaunotās un dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzēs	12
<i>Armillaria</i> sp. izplatības dinamika Dienvidkurzemes mežsaimniecībā.....	13
Lielais priežu smecernieks (<i>Hylobius abietis</i> L.) un tā loma patogēno sēņu izplatībā: literatūras apskats	13
Lielais priežu smecernieks (<i>Hylobius abietis</i> L.) un tā loma patogēno sēņu izplatībā: metodikas aprobācija	15
Lielā priežu smecernieka bojājumu intensitātes izvērtējums atkarībā no attāluma līdz celmiem	15
<i>Phlebiopsis gigantea</i> augļķermeņu sastopamības novērtējums divus gadus pēc celmu apstrādes ar bioloģisko preparātu „Rotstop”	16
Dažādas izcelsmes <i>Pinus sylvestris</i> un <i>Picea abies</i> stādu uzņēmība pret <i>Heterobasidion annosum</i> s.l.	17
Egļu un priežu stādu mākslīgā inficēšana ar <i>Armillaria</i> spp.	17
Dažādu koku sugu rezistences novērtējums pret <i>H. annosum</i> s.l. infekciju.....	18
Latvijas izcelsmes priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumu apsekošana, lai noskaidrotu to inficētību ar <i>Heterobasidion annosum</i> s.l.	19
<i>Pinus contorta</i> un <i>Pinus sylvestris</i> uzņēmība pret <i>Heterobasidion annosum</i> un <i>Heterobasidion</i> sp. infekcijas novērtējums <i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> stādījumos.....	20
Ekspimenta ierīkošana, lai novērtētu <i>H. annosum</i> s.l. micēlija attīstību dažādas izcelsmes <i>Pinus contorta</i> un <i>Pinus sylvestris</i> koksne	21
<i>Pinus sylvestris</i> un <i>Pinus contorta</i> uzņēmības novērtējums pret <i>H. annosum</i> s.l. bazīdijsporu infekciju.....	22
<i>P. contorta</i> un <i>P. sylvestris</i> celmu uzņēmība pret <i>H. annosum</i> s.l bazīdijsporu infekciju	23
Pētījumu objektu izvēle celmu izstrādes eksperimentā	24
Augsnes raksturošana un augsnes paraugu ievākšana turpmākajām analīzēm izvēlētajos atcelmošanai paredzētajos parauglaukumos	25

Celmu izstrādes eksperimentālajās platībās darba ražīguma novērtējums.....	26
Celmu pievešanas darba ražīguma novērtējums.....	27
Augsnes apstrāde ar frēzi atcelmotajās un kontroles platībās	28
Lizimetru uzstādīšana 20 cm dziļumā ietekmes uz barības vielu iznesi novērtēšanai, augsnes ūdens paraugu ievākšana un analīze.....	29
Stādīto kociņu uzskaitē pastāvīgajos parauglaukumos.....	31
Sakņu trupi izraisīto sēņu noteikšana celmu izstrādes parauglaukumos.....	31
Meža stādīšana eksperimentālajās platībās.....	32
Skuju koku stādu sakņu morfoloģisko rādītāju un mikorizācijas novērtējums celmu izstrādes platībās.....	33
Celmu izstrādes potenciālo ekonomisko ieguvumu novērtējums biokurināmā resursu un trapes samazināšanas efekta izteiksmē.....	34
Zemsedzes augu botāniskā sastāva un projektīvā seguma raksturojums ierīkotajos celmu izstrādes parauglaukumos.....	36
Ķērpju un sūnu sugu sastāva analīze atcelmotajās un kontroles platībās.....	36
Celmu izstrādes ietekme uz vaboļu daudzveidību (papildus uzdevums ar atsevišķu vienošanos).....	37
Secinājumi	39
Rekomendācijas.....	41
Ziņojumi	42
Raksti.....	45
Literatūra	46

KOPSAVILKUMS

Mūsu pētījuma mērķis bija analizēt sakņu trapes izplatību ietekmējošos faktoros un izstrādāt rekomendācijas trapes izplatības ierobežošanai. Darbā tika veikti sakņu piepes bioloģijas pētījumi:

- trapes izplatību veicinošo faktoru novērtējums kūdras augsnēs;
- sakņu piepes augļķermeņu attīstības dinamika un citu koksni kolonizējošo sēņu sugu daudzveidība;

- sporulāciju ietekmējošo abiotisko faktoru izvērtējums;
- sastāva kopšanas cirtēs atstāto mazo dimensiju celmu nozīme sakņu piepes izplatībā;
- sakņu trupī izraisošo sēņu sastopamība mākslīgi atjaunotās un dabiski atjaunojošās priežu jaunaudzēs;

- *Phlebiopsis gigantea* augļķermeņu attīstība skuju koku celmos divus gadus pēc apstrādes ar bioloģiskajiem preparātiem;

- lielā priežu smecernieka loma patogēno sēņu izplatībā.

Projekta ietvaros pētīti dažādi skuju koku rezistences aspekti:

- izstrādāta metodika priežu un egļu stādu inficēšanai ar *Armillaria*;

- novērtēta dažādas izcelsmes skuju koku stādmateriāla uzņēmība pret *Heterobasidion* mākslīgās inficēšanās eksperimentā;

- analizēta sakņu piepes izplatība Latvijas izcelsmes priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumos;

- salīdzināta *Pinus contorta* un *Pinus sylvestris* rezistence pret sakņu piepi;

- izvērtēta *Heterobasidion* micēlija attīstība *Pinus contorta* koksne pēc bazīdijsporu infekcijas;

- lauka eksperimentos, izmantojot *Heterobasidion* konīdijsporu suspensiju, analizēta sēnes micēlija attīstība *P. contorta* un *P. sylvestris* koksne;

Projekta izstrādes gaitā ierīkots rūpnieciska mēroga celmu izstrādes eksperiments, lai analizētu celmu raušanas ietekmi uz augsnes fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, meža atjaunošanos, trupī izraisošo sēņu sastopamību, ietekmi uz sūnu, ķērpju un kukaiņu sugu sastopamību. Analizēti arī dažādi celmu izstrādes ekonomiskie aspekti.

Darba rezultātā secināts, ka:

- trupējušas egles koksnes mežizstrādes atlieku atstāšana mežā veicina *Heterobasidion* augļķermeņu attīstību;

- laikā no aprīļa vidus līdz oktobra beigām, kad notiek aktīva sakņu piepes sporulācija nepieciešams veikt celmu apstrādi ar bioloģiskajiem preparātiem;

- mazo dimensiju egļu celmu inficētība ar *Heterobasidion* in būtiski augstāka, salīdzinot ar priežu celmiem; priežu celmos laika gaitā sakņu piepi straujāk izkonkurē citas koksni kolonizējošās sēnes;

- analizējot priežu pluskoku pēcnācēju stādījumus, konstatēts, ka augstāku rezistenci pret sakņu piepi uzrāda Jaunjelgavas stādmateriāls; no trīs dažādām pārbaudītajām Klinškalnu priedes proveniencēm augstāka rezistence pret *Heterobasidion* raksturo provenienci Summit Lake;

- divus gadus pēc celmu izstrādes nav konstatēta augsnes īpašību pasliktināšanās, nav arī konstatēta pastiprināta barības vielu iznese ar augsnes filtrācijas ūdeņiem;

- celmu izstrāde neatstāj negatīvu ietekmi uz sūnu un ķērpju, kā arī kukaiņu sugu daudzveidību (2 gadu novērojumi);

- saimnieciski pieejamie celmu biomasas resursi valsts mežos ir 2,9 milj. tonnas saunas.

IEVADS

Pēdējās desmitgadēs ir palielinājusies sakņu piepes *Heterobasidion annosum* (sakņu trupī izraisošā bazīdijsēne) izplatība, ko veicina meža apsaimniekošanas intensifikācija. Egļu audzēs Latvijā sakņu trapes radītie zaudējumi galvenās cirtes aprites laikā sastāda vidēji 1050 eiro uz hektāru. Sakņu piepes primāro izplatību ar bazīdijsporām iespējams samazināt mežizstrādes laikā apstrādājot svaigus celmus ar bioloģiskajiem preparātiem, bet sekundāro izplatību (micēlijam no trupējušiem kokiem inficējot veselo koku saknes) visefektīvāk samazina celmu izstrāde. Taču ir jāveic pētījumi, lai novērtētu šī procesa ietekmi uz vidi. Svarīgi ir arī izvērtēt trupējušas koksnes nozīmi saistībā ar sakņu piepes bazīdijsporu izplatību, analizējot arī atlieku nozīmi meža bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā. Joprojām nav noskaidrota mazo dimensiju celmu nozīme *Heterobasidion* infekcijas pārnēsē uz veselajiem kokiem. Meža ražību, kvalitāti un veselību iespējams paaugstināt izmantojot pret sakņu piepi rezistentu stādmateriālu. Pielietojot celmu apstrādei rūpnieciski ražotos bioloģiskos preparātus, ilgtermiņā var tikt ietekmētas vietējo sēņu populācijas, tāpēc nepieciešams atrast efektīvus Latvijas izcelsmes *Phlebiopsis gigantea* izolātus.

SAKŅU PIEPES BIOLOĢIJAS PĒTĪJUMI: TRUPES IZPLATĪBA EGLŪ AUDZĒS AR KŪDRAS AUGSNĒM; *H. ANNOSUM* GENOTIPU ANALĪZE PRIEŽU STĀDĪJUMOS

Lai novērtētu sakņu piepes *Heterobasidion annosum* sastopamību un raksturotu sēnes genotipus eglū audzēs ar kūdras augsnēm, 2012. un 2013. gadā ierīkoti trīs parauglaukumi. Šajos parauglaukumos no augošām un kaltsušām eglēm ievākti koksnes paraugi, lai noskaidrotu to inficētību ar *H. annosum*. No koksnes paraugiem iegūtie sakņu piepes izolāti savstarpēji salīdzināti (Stenlid 1985), pārbaudot vai tie ir ģenētiski identiski vai pārstāv atšķirīgus genotipus.

Parauglaukums Ogre ierīkots Vidusdaugavas mežsaimniecības Ogres iecirkņa 178. kv. 5. nog. Kp meža tipā. Parauglaukumā analizēti 100 augoši koki. No tiem *H. annosum* konstatēts 31 kokam, izolēts no 28 paraugiem. Kopā noteikti 16 genotipi, 11 no tiem iekļāva tikai vienu koku, lielākais genotips iekļāva 5 kokus.

Parauglaukums K1 ierīkots Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novada 201. kv. 1. nog. Ks meža tipā. Koksnes paraugi ievākti no 445 kokiem, no tiem 261 augoši un 178 kaltsuši. *H. annosum* konstatēts 102 eglēs: 36 augošās, 66 kaltsušās. Parauglaukumā noteikti 57 genotipi, no kuriem 37 iekļāva atsevišķus kokus. Lielāko genotipu reprezentē 8 koki.

Parauglaukums K2 ierīkots Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novada 187. kv. 15. nog. Kp meža tipā. Koksnes skaidiņas ievāktas no 199 augošiem un 1 nokaltuša koka. *H. annosum* konstatēts 7 augošos kokos, katrs koks pārstāv atsevišķu genotipu. Lielais „mazo genotipu” īpatsvars apsekotajās kūdras augsnēs (genotipu raksturo tikai viens koks) liecina, ka sakņu piepes infekcija pamatā izplatījies ar bazīdijsporām.

Sakņu piepes izplatība un genotipu daudzveidība 2013. gadā novērtēta arī divos parastās priedes stādījumos. Pirmais objekts reprezentē parastās priedes brīvapputes stādījumu (1980. gadā ierīkotais eksperimentālais stādījums (MPS teritorijā) - eksperiments Nr. 235, šis stādījums apsekota arī 2008. gadā). Otrs objekts pārstāv parastās priedes jaunaudzi Vidusdaugavas mežsaimniecībā 292. kv. 7. nog. (11 gadi, 0,8 ha, Ln). Minētajās audzēs apsekti visi kaltsušie koki, paņemti koksnes paraugi gan no kokiem, gan iepriekšējās paaudzes celmiem. Darba metodika aprakstīta 2013. gada 3. etapa starpatskaitē.

1. objektā pavisam izdalīti 45 *H. annosum* genotipi (kopš 2008. gada attīstījušies 20 jauni genotipi). 2013. gadā pavisam tika konstatētas 140 no jauna inficētas priedes – 107 koki ir inficēti ar kādu no 2008. gadā izdalītajiem *H. annosum s.l.* genotipiem.

Rezultāti, kas iegūti 2. objektā liecina, ka sakņu piepei raksturīgie simptomi – kalšana, auglķermeņi – parādās jau I vecuma klases kokiem un analizētajā audzē uzskaitīti 85 koki. *Heterobasidion* spp. atrasts 41 kokam (2013. un 2014. gada dati), konstatēts 21 atšķirīgs sēnes genotips, kas visticamākais izplatījies no iepriekšējās paaudzes celmiem. Lielākā daļa *Heterobasidion* genotipu iekļauj 1 - 2 kokus, bet atsevišķi inficējuši pat 5 kokus. Iegūtie rezultāti liecina, ka analizētajās kūdras un minerālaugsnēs *Heterobasidion* primāri izplatījies ar bazīdijsporām inficējot celmus, tomēr arī iepriekšējās paaudzes inficētie celmi būtiski veicina sakņu piepes izplatību skuju koku audzēs.

SAKŅU PIEPES *HETEROBASIDION ANNOSUM* AUGLĶERMEŅU ATTĪSTĪBAS DINAMIKA UZ TRUPĒJUŠAS EGLES KOKSNES MEŽIZSTRĀDES ATLIEKĀM UN CELMIEM

H. annosum auglķermeņu attīstības dinamika uz lielu dimensiju trupējušām egles koksnes mežizstrādes atliekām un celmiem novērtēta no 2010. līdz 2014. gadam. Novērtējums veikts Meža pētīšanas stacijas (MPS) Kalsnavas mežu novadā. Pētījumā izmantotas 238 lielu dimensiju mežizstrādes atliekas un 40 celmi, kas inficēti ar sakņu piepi. Atliekas analizētas divos meža tipos: damaksnī (Dm) un platlapju kūdrenī (Kp), kā arī atkarībā no mizas bojājumiem. Celmi lokalizēti Kp meža tipā. Papildus tam 2011. gadā ierīkots eksperiments, izmantojot trupējušas atliekas no eglēm diametrā no 4,5 līdz 11,4 cm, lai novērtētu sakņu piepes auglķermeņu attīstību uz maza diametra mežizstrādes atliekām. *H. annosum* attīstības dinamika novērtēta uz 36 trupējušām atliekām. Mazu dimensiju atliekas izvietotas tajos pašos Kp un Dm meža tipa parauglaukumos, kur iepriekš lokalizētas lielu dimensiju atliekas.

Pētījumā ar lielu dimensiju mežizstrādes atliekām noskaidrots, ka Kp meža tipā visvairāk sakņu piepes auglķermeņu veidojas otrā, bet Dm trešā gada laikā pēc mežizstrādes veikšanas, attiecīgi $1242 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ Kp un $1197 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ Dm meža tipā. Konstatēts, ka mizas bojājumi veicina sakņu piepes auglķermeņu veidošanos – uz atliekām ar mizas bojājumiem veidojas vidēji 1,75 reizes vairāk *H. annosum* auglķermeņu nekā uz atliekām bez mizas bojājumiem. Pirmajā gadā pēc atlieku atstāšanas mežā *H. annosum* auglķermeņi pamatā veidojas uz zāgējuma virsmas, bet ar katru gadu palielinās auglķermeņu daudzums uz sānu virsmas, kas klāta ar mizu.

Trupējušiem egļu celmiem Kp meža tipā sakņu piepes auglķermeņi atsevišķi mērīti uz zāgējuma virsmas, sānu virsmas un virszemes saknēm. Visvairāk *H. annosum* auglķermeņu attīstās uz virszemes saknēm, kas sastāda 76% no visiem uz celmiem konstatētajiem

augļķermeņiem. Īpaši daudz augļķermeņu veidojas uz vidēji trupējušiem celmiem, kuriem koksnes struktūra vēl nav pilnībā sagrauta. Uz celmu zāģējuma virsmas arī tika konstatēti *H. annosum* augļķermeņi, tomēr to attīstību kavē uz virsmas izveidojies sūnu slānis.

Uz mazu dimensiju trupējušām egles mežizstrādes atliekām Kp meža tipā visvairāk augļķermeņu veidojas pirmā gada laikā pēc atlieku atstāšanas mežā – $5,3 \text{ cm}^2/\text{m}^3$, bet Dm – trešajā gadā: $6,1 \text{ cm}^2/\text{m}^3$. Kp meža tipā novērota tendence, ka katru gadu samazinās uz atliekām konstatētais augļķermeņu daudzums. Dm savukārt novērota pretēja tendence.

Lai samazinātu *H. annosum* izplatīšanos egļu audzēs, būtu vēlams izvākt no meža trupējušas, ar *H. annosum* inficētas lielu dimensiju egles koksnes mežizstrādes atliekas. Darbā secināts, ka sakņu piepes augļķermeņu veidošanos stimulē mizas bojājumi, tāpēc šādas atliekas ar harvestera izraisītiem bojājumiem mežizstrādes laikā paaugstina *Heterobasidion* primārās izplatības risku, īpaši meža tipos ar spēcīgi attīstītu veģetāciju. Stipri inficētās platībās būtu jāapsver celmu izstrādes lietderība.

SĒŅU SUGU DAUDZVEIDĪBA UZ TRUPĒJUŠĀM AR *H. ANNOSUM* INFICĒTĀM MEŽIZSTRĀDES ATLIEKĀM UN CELMIEM

Sēņu sugu sastopamība un daudzveidība novērtēta uz trupējušām lielu dimensiju egles koksnes atliekām un celmiem. Novērtējums veikts rudenī – septembrī/oktobrī no 2011. līdz 2014. gadam. Analizēta sēņu daudzveidība uz 238 lielu dimensiju trupējušām egles koksnes atliekām platlapju kūdreņa (Kp) un damakšņa (Dm) meža tipos, kā arī uz 40 trupējušiem celmiem Kp meža tipā. 2014. gadā uzsākts sēņu sugu novērtējums uz mazu dimensiju mežizstrādes atliekām (diametrs 4-16 cm).

Četru gadu laikā veiktie novērojumi parāda, ka uz lielu dimensiju trupējušām mežizstrādes atliekām vislielākā sēņu sugu daudzveidība ir ceturtajā gadā – 67 sēņu sugas, Šenona daudzveidības indekss 4,7. Salīdzinot sugu daudzveidību starp meža tipiem, konstatēts, ka četrus gadus pēc pētījuma uzsākšanas tā ir vienāda, Šenona daudzveidības indekss Dm un Kp meža tipu parauglaukumiem ir 4,5. Iepriekšējos gados Dm meža tipā novērtēta lielāka sēņu sugu daudzveidība, salīdzinot ar Kp.

Tāpat kā uz atliekām, arī uz celmiem lielākā sēņu sugu daudzveidība noteikta 2014. gadā – 31 sēņu suga. Iepriekšējos gados uz celmiem konstatētas no 11 līdz 13 sēņu sugām. Biežāk sastopamās sēnes gan uz celmiem, gan uz atliekām bija *Armillaria* spp., *Heterobasidion parviporum* un *Mycena* spp. Lielā atšķirība atzīmēto sēņu sugu skaitā skaidrojama ar to, ka 2014. gadā sēņu uzskaitē veikta divas reizes, septembrī un oktobrī, bet iepriekšējos gados – vienu reizi. Biežāka sēņu uzskaitē dod pilnīgāku informāciju par faktisko

sēņu sugu sastopamību. 1. tabulā parādīta *Heterobasidion* sp., *Armillaria* spp. un *P. gigantea* sastopamība uz analizētajām atliekām četru gadu novērojumu periodā.

1. tabula. Sēņu sugas uz lielu dimensiju trupējušām egles koksnes mežizstrādes atliekām no 2011. līdz 2014. gadam.

Sugas nosaukums	Atliekas, uz kurām sastopama konkrētā sēne, %			
	2011 N=238*	2012 N=238	2013 N=234	2014 N=232
<i>Heterobasidion</i> sp.	82	83	94	67
<i>Armillaria</i> spp.	76	83	84	84
<i>P. gigantea</i>	19	25	11	6

*atlieku skaits

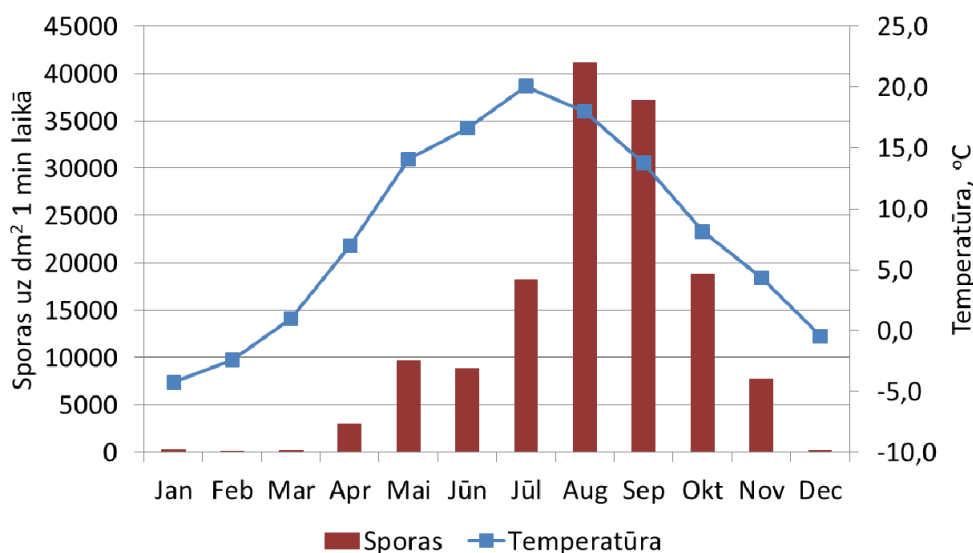
No primārajām koksni kolonizējošām sēnēm jāatzīmē *P. gigantea* īpatsvars. Redzams, ka trešajā gadā pēc atlieku atstāšanas mežā (koki tika zāģēti 2009. gadā) *P. gigantea* sastopama uz 25% analizēto atlieku. *P. gigantea* auglķermeņi izdalot sporas veicina sēnes izplatību un tādējādi nodrošina dabisko *Heterobasidion* ierobežošanu skuju koku audzēs. Uz mazu dimensiju atliekām gadu pēc to atstāšanas mežā konstatētas no 9 – 13 sēņu sugām. Bieži konstatēta *Stereum sanguinolentum* un *Armillaria* spp. Retas un aizsargājamas sēņu sugas netika atrastas ne uz lielu, ne mazu dimensiju atliekām, ne celmiem, bet pētījumu ir nepieciešams turpināt, lai noteiktu, kā mainās sugu sastāvs, sadaloties atliekām un celmiem.

SAKŅU PIEPES *HETEROBASIDION ANNOSUM* S.L. SPORULĀCIJAS SEZONĀLĀ DINAMIKA UN IZMAIŅAS DIENNAKTS LAIKĀ

H. annosum s.l. auglķermeņu sporulācijas dinamika novērtēta no 2012. līdz 2014. gadam. Sporu uzskaitē veikta SIA „Rīgas meži” apsaimniekotajos mežos Tīreļu mežniecības Olaines iecirkņa teritorijā. Sporu uzskaitē veikta visu gadu vismaz reizi nedēļā, kad gaisa temperatūra pārsniedza 0 °C. Papildus sporu sezonālās dinamikas novērtējumam 7 reizes veikta sporu uzskaitē diennakts laikā, ievācot *H. annosum* sporas četros diennakts laikos.

H. annosum sporas ievāktas uz Petri platēm. Petri plates eksponētas tieši zem *H. annosum* auglķermeņiem. Sporu uzskaites periodā kopumā izmantoti astoņi *H. annosum* auglķermeņi. Papildus ievākti dati par gaisa temperatūru un relatīvo gaisa mitrumu sporu ievākšanas laikā. Sporas skaitītas ar mikroskopu „Leica DM400B” 30 redzes laukos 50x palielinājumā. Iegūtais sporu skaits pārrēķināts kā sporu daudzums, kas tiek izdalīts minūtes laikā uz 1 dm² laukuma.

Sezonālās dinamikas novērtējums (1. attēls) liecina, ka sporas tiek izdalītas visu gadu, lielāka sporu produkcija konstatēta no aprīļa vidus līdz novembra sākumam. Maksimālā sporulācija atzīmēta augusta beigās – septembra sākumā, sasniedzot 89 888 sporu uz dm² minūtes laikā. Sporu produkcijai raksturīga sezonālitate, kā arī to būtiski ietekmē gaisa temperatūra un relatīvais gaisa mitrums.



1. attēls. *H. annosum* sporulācijas sezonālā dinamika (2012-2014)

Diennakts sporulācijas novērtējums parāda, ka laika posmā no jūlija līdz septembrim *H. annosum* sporas visvairāk tiek producētas ap pusnakti, bet vismazāk – pusdienlaikā. Vēlā rudenī – oktobrī un novembrī – sporu produkcija dažādos diennakts laikos būtiski neatšķiras, sporas tiek izdalītas vienmērīgi visu diennakti.

Lai ierobežotu *H. annosum* primāro izplatību, mežizstrādi vēlams veikt ziemas mēnešos, kad gaisa temperatūra ir relatīvi zema. Laika posmā no aprīļa līdz novembra sākumam celmu apstrādei ieteicams izmantot bioloģiskos aizsardzības līdzekļus.

SASTĀVA KOPŠANAS CIRTĒS ATSTĀTO MAZO DIMENSIJU CELMU NOZĪME SAKŅU PIEPES IZPLATĪBĀ

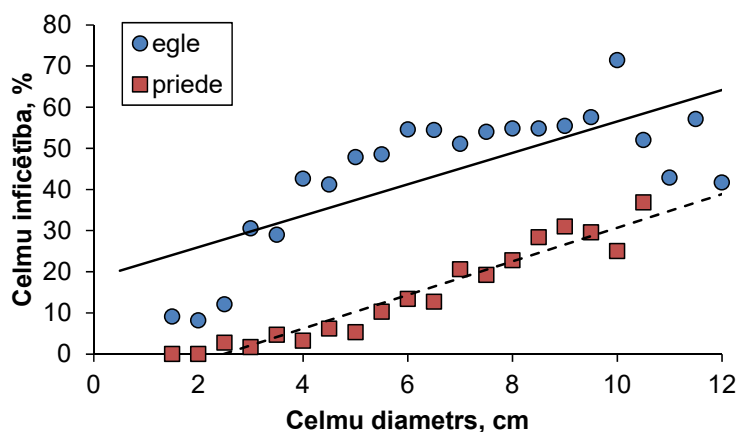
AS „Latvijas valsts meži” valdījumā esošajos mežos krājas kopšanas cirtēs tiek veikta skuju koku celmu apstrāde ar bioloģisko preparātu Rotstop[®], lai ilgtermiņā nodrošinātu sakņu trupi izraisošās sēnes *H. annosum* s.l. izplatības ierobežošanu. Sastāva kopšanas cirtēs celmu apstrāde netiek veikta, jo līdz šim mazo dimensiju celmi (diametrs mazāks par 10 cm) uzskatīti par maznozīmīgiem *H. annosum* s.l. infekcijas izplatībā, pamatojot to ar *H. annosum* s.l. sporu nelielo iespējamību nonākt uz maza diametra celmu virsmas, salīdzinot ar liela diametra celmiem un koksnes nepiemērotību *H. annosum* s.l. attīstībai (Vollbrecht et al.,

1995). Tomēr ir pētījumi, kuros norādīts, ka sastāva kopšanas cirtēs atstāto celmu nozīme vēl ir pārāk nepietiekami izpētīta un būtu nepieciešams izvērtēt *H. annosum* s.l. ierobežošanas pasākumu nepieciešamību (Wang, 2012; Gunulf *et al.*, 2012).

Lai izvērtētu sastāva kopšanas cirtēs atstāto mazo dimensiju celmu (diametrs mazāks par 12 cm) egļu un priežu nozīmi *H. annosum* s.l. izplatībā, Kalsnavas mežu novada zinātniskajos mežos kopā ierīkoti 50 parauglaukumi (25 priežu un 25 egļu), kuros analizēti 4662 celmi (30 - 190 celmi katrā parauglaukumā). Visu celmu zāģējuma virsmas tika pakļautas dabīgai *H. annosum* s.l. bazīdijsporu infekcijai.

Lai analizētu *H. annosum* s.l. micēlija spēju saglabāties mazo dimensiju celmos, 2014. gadā četrpadsmit parauglaukumos veikta pirms 1 – 3 gadiem zāģēto koku analīze (detalizētāku parauglaukumu raksturojumu un darba metodiku skatīt projekta 4. etapa starpatskaitē).

H. annosum s.l. primārā infekcija konstatēta visās analizētajās egļu audzēs (infekcijas īpatsvars 1 – 87%) un 19 no 25 analizētajām priežu audzēm (infekcijas īpatsvars 1 – 63%). Rezultātā secināts, ka sākotnējā maza diametra skuju koku celmu inficētība ar *H. annosum* s.l. audzē var sasniegt pat 87% un infekcijas īpatsvars egļu celmos (vidēji 44,3%) ir būtiski augstāks salīdzinot ar priežu celmiem (vidēji 11,8%), $p < 0,05$. Pastāv pozitīva sakarība starp inficēto celmu skaitu (%) un celmu diametru, neatkarīgi no koku sugas (2. attēls).



2. attēls. Celmu inficētība ar *H. annosum* s.l. atkarībā no celma diametra.

Lielāka diametra celmiem ir ne tikai lielāka iespēja inficēties ar *H. annosum* bazīdijsporām (lielāks virsmas laukums), bet celmi tik ātri arī neizžūst un sakņu piepes micēlijs var sekmīgāk attīstīties dziļāk koksne un sasniegt blakus augošo koku saknes.

Pēc viena līdz trīs gadiem *H. annosum* s.l. micēlijs sastopams 5,3 – 32,6% inficēto egļu celmu, savukārt priežu celmos dzīvotspējīgs micēlijs vairs netika konstatēts.

Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams novērtēt *H. annosum* s.l. micēlija attīstību mazo dimensiju skuju koku celmu saknēs un spēju inficēt blakus augošos veselos kokus.

SAKŅU TRUPI IZRAISOŠO SĒŅU SASTOPAMĪBA MĀKSLĪGI ATJAUNOTĀS UN DABISKI ATJAUNOJUŠĀS PRIEŽU JAUNAUDZĒS

Lai novērtētu sakņu trupi izraisošo sēņu (*Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp.) sastopamību mākslīgi atjaunotās un dabiski atjaunojušās priežu audzēs, 2012. - 2014. gadā tika apsekoti 42 parauglaukumi (priežu audžu vecums - 6-16 gadi; audžu platība no 0,1 līdz 7,5 ha, vidējā platība 1,7 ha). Darba metodika aprakstīta 2014. gada starpatskaitē.

Tikai 5 no 42 parauglaukumiem netika konstatēti kalnu koki (1 parauglaukums no apsekotajiem aprēķinos netika ņemts vērā, jo tajā nesen veikta kopšanas cirte). Salīdzinot vidējo ar *Armillaria* spp. (vid. 27 inficēti koki; maksimāli 306 inficēti koki) un *Heterobasidion* spp. (vid. 4 inficēti koki; maksimāli 30 inficēti koki) inficēto koku skaitu priežu jaunaudzēs (parauglaukumos), konstatēts, ka *Armillaria* spp. sastopama biežāk. Tas skaidrojams ar *Armillaria* spp. bioloģiju. *Armillaria* spp. mežaudzēs ir gan kā primārais, gan kā sekundārais patogēns. Turklāt aktīvā izplatīšanās ar rizomorfām var nodrošināt *Armillaria* spp. augsto sastopamību (salīdzinot ar *Heterobasidion* spp.). Konstatēts, ka palielinoties audžu vecumam palielinās ar *Armillaria* spp. inficēto koku skaits, *Armillaria* spp. inficēto koku skaita variācija starp atsevišķām audzēm ir ļoti izteikta

Darba gaitā tika salīdzināta arī sakņu trupi izraisošo sēņu izplatība dabiski atjaunojušās un mākslīgi atjaunotās priežu audzēs. Konstatēts, ka sakņu trupi izraisošās sēnes biežāk sastopamas mākslīgi atjaunotās jaunaudzēs. Jāatzīmē, ka dabiski atjaunojušās jaunaudzēs arī audzes vecumstruktūra nav tik viendabīga, salīdzinot ar mākslīgi atjaunotām jaunaudzēm - arī tas var ietekmēt sakņu trupi izraisošo sēņu izplatību. Mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs sakņu trupi izraisošo sēņu izplatību var veicināt arī jauno kociņu stādīšana blakus trupējušiem celmiem. Priežu inficēšanos ar *H. annosum* s.l. un *Armillaria* spp. var ietekmēt arī stādmateriālu kvalitāte, piemēram, stādu sakņu bojājumi, ģenētiskās īpašības - nepiemērota stādmateriāla izmantošana samazina tā rezistences spējas. Lai ierobežotu stādīto koku inficēšanos ar sakņu piepi, ieteicams: pēc iespējas mazāk veikt sastāva kopšanas cirtes, mākslīgi atjaunojot priežu audzes, veidot mistraudzes ar lapu kokiem izvākt iepriekšējās paaudzes trupējušos celmus, kas ir infekcijas avots nākošās paaudzes kokiem, bet, ja celmi netiek izvākti, stādīšanu veikt ne tuvāk kā 2 m no inficēta celma.

ARMILLARIA SP. IZPLATĪBAS DINAMIKA DIENVIDKURZEMES MEŽSAIMNIECĪBĀ

Kaltušo koku dinamika Dienvidkurzemes mežsaimniecībā, Akmensraga iecirknī 297. kv. 5. nog., 295. kv. 5., 6., 14., 15. nog. tika analizēta laikā no 2012. līdz 2014. gadam. Turklāt 2013. un 2014. gadā noteikts arī kalšanu izraisošais patogēns. Visi koki tika apsekoti pie sakņu kakla un atzīmēta *Heterobasidion annosum* s.l. un *Armillaria* sp. augļķermeņu, micēlija vai rizomorfu sastopamība, kā arī tika ievākti koksnes paraugi (metodika aprakstīta 2013. un 2014. gada starpatskaitēs).

Atkārtoti apsekojot piecus parauglaukumus 2013. un 2014. gadā, konstatēts, ka kopējais ar *Armillaria* spp. inficēto koku skaits palielinājies kopš 2012. gada (2013. gadā kaltuši no 90 līdz 306 koki, bet 2014. gadā inficēto koku skaits svārstījās no 118 – 328). Atsevišķos parauglaukumos inficēto koku skaits sasniedza pat 227 kokus uz vienu hektāru (318 ar *Armillaria* spp. inficēti koki / 1,4 ha), tātad gandrīz 8% no sākotnēji iestādīto stādu skaita. *Heterobasidion* spp. tika konstatēts salīdzinoši nelielam koku skaitam, kas liecina, ka minētais patogēns nav galvenais iemesls koku bojāejai priežu jaunaudzēs. Iespējams, ja atsevišķās audzēs nebūtu veikta kopšana, izzāgējot kaltušos kokus, tad ar abām sakņu trupi izraisošajām sēņņu sugām inficēto koku skaits būtu vēl lielāks.

Izmantojot molekulārās metodes konstatēts, ka Akmensraga iecirknī 2014. gadā izdalītais *Armillaria* izolāts reprezentē *Armillaria solidipes*. Šī *Armillaria* suga tiek raksturota kā spēcīgs patogēns, kas spēj izraisīt ne tikai novājinātu, bet arī vitālu koku nokalšanu. Tā kā *Armillaria solidipes* parasti neveido rizomorfas, bet micēlijs no viena koka uz otru izplatās saskaroties koku saknēm, tad infekcija visticamāk izplatījusies no iepriekšējās paaudzes celmiem uz jauno paaudzi. Ņemot vērā šo secinājumu, tiek rekomendēts ar *Armillaria* spp. stipri inficētas audzēs izvākt iepriekšējās paaudzes trupējušos celmus.

Turpmāk nepieciešams veikt pētījumus, lai noskaidrotu, kā ierobežot sēnes izplatību, kādi faktori veicina *Armillaria* spp. izplatību (arī saistībā ar klimata izmaiņām) un cik lielus ekonomiskos zaudējumus izraisa celmene.

LIELAIS PRIEŽU SMECERNIEKS (*HYLOBIUS ABIETIS* L.) UN TĀ LOMA PATOGĒNO SĒŅŅU IZPLATĪBĀ: LITERATŪRAS APSKATS

Lielais priežu smecernieks *Hylobius abietis* L. (*Coleoptera: Curculionidae*) ir viens no visbīstamākajiem meža kaitēkļiem skujkoku jaunaudzēs. Šīs vaboles vairojas celmos un

kalstošo vai bojā gājušo skujkoku saknēs (Nordenhem and Nordlander, 1994), bet lielākos postījumus tās nodara pieaugušās vaboles stadijā, barojoties ar skujkoku un dažu lapu koku (piemēram, bērzu) mizu. Konstatēts, ka Anglijā *H. abietis* var izraisīt 30-100% jauno priežu stādu bojāeju un zaudējumi gadā var sasniegt pat 4 miljonus mārciņu (Heritage *et al.* 1989; Leather *et al.* 1999).

Pieaugušo smecernieku izlidošana notiek pavasarī, kad gaisa temperatūra sasniedz 8 - 9 °C (Nordenhem, 1989; Davis *et al.*, 2008), Latvijā parasti aprīļa beigās – maija sākumā (Ozols, 1985). Priežu celmi bieži vien ir pievilcīgāki priekš smecernieka vairošanās, nekā egļu celmi (Bejer-Petersen *et al.*, 1962; Von Sydow and Birgersson, 1997). Nelieliem stādiem smecernieki bieži bojā mizu apkārt stumbram (tā sauktā „stāda gredzenošana”), kas izraisa sulu cirkulācijas traucējumus, un bojātais stāds nokalst (Poteri, 2006).

Stādu aizsardzībai lieto vairākus insekticīdus (Leather *et al.*, 1999; Ozols, 1985). Augsnes sagatavošana pirms stādīšanas arī samazina smecernieka radītos zaudējumus. Stādīti kociņi parasti tiek stiprāk bojāti nekā paaugas kociņi (Leather *et al.*, 1999; Poteri, 2006). Celmu izvākšana var būtiski samazināt *H. abietis* populāciju (Leather *et al.*, 1999). Polijā veiktie eksperimenti parādīja, ka celmu apstrāde ar lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* sporām par 50% samazināja *H. abietis* kāpuru daudzumu (Skecz, 1996).

Ir zināms, ka dažas *Curculionidae* sugas pārnēsā sēņu sporas uz saimniekkokiem, bet atšķirībā no mizgraužiem, nevienai smecernieku sugai nav speciālu orgānu sēņu micēlija un sporu pārnesšanai (Bright, 1993).

Smecernieku asociācija ar sēnēm ir cieši saistīta ar to ekoloģiju, ieskaitot vaboles barošanu uz svaigas floēmas un mizas mīkstajiem audiem. Izejot no iekūņošanās kameras un galerijām, smecernieki gan iekšēji, gan ārēji sevī uzņem un pārnēsā sēņu sporas. Vesela auga inficēšanu veicina barošanās laikā izraisītie mizas bojājumi, uz kuriem ar vaboles izkārnījumiem vai no ķermeņa virsmas var nonākt patogēno sēņu sporas (Kadlec *et al.* 1992; Viiri, 2004; Davis *et al.*, 2008).

Līdz šim uz *H. abietis* ir atrastas vairākas zilējuma sēnes: *Leptographium alethinum*, *L. procerum*, *L. wingfieldii*, *Ophiostoma canum*, *O. piliferum* (Levieux *et al.*, 1994; Viiri, 2004). *L. alethinum* ir izdalīts arī no *H. abietis* galerijām Skotijā (Jacobs *et al.*, 2001). Vairāku autoru dati liecina, ka šī vabole var kalpot arī kā vektors sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. izplatīšanā (Kadlec *et al.* 1992; Leather *et al.*, 1999; Viiri, 2004). Lauka apstākļos stādiņiem, kuru nokalšanu izraisīja sakņu piepe, uz mizas bieži vien novērojami *H. abietis* bojājumi. Dažreiz pat apkārt šādiem mizas bojājumiem izveidojas mazi *H. annosum* augļķermeņi. Turklāt, laboratorijas eksperimentos konstatēts, ka gan *H. annosum* micēlijs, gan konīdijas saglabā dzīvotspēju, izejot cauri smecernieka gremošanas traktam (Душин, 1979). Lauka

eksperimentā Čehijā *H. annosum* tika izdalīts arī no *H. abietis* ekskrementiem (Kadlec *et al.*, 1992).

Pēc pieejamās literatūras analīzes var secināt, ka smecernieki var veicināt vairāku patogēno sēņu izplatību.

LIELAIS PRIEŽU SMECERNIEKS (*HYLOBIUS ABIETIS* L.) UN TĀ LOMA PATOGĒNO SĒŅU IZPLATĪBĀ: METODIKAS APROBĀCIJA

Eiropā ir diezgan maz datu par sēnēm, kuras pārnēsā lielais priežu smecernieks *H. abietis*, tāpēc 2010. gadā Zviedrijā tika ierīkots eksperiments, lai pārbaudītu dažādas sēņu izdalīšanas metodes (metodika aprakstīta projekta „Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 2011. gada I etapa atskaitē).

Darba rezultātā no vabolēm, izmantojot atšķirīgas metodes, tika izdalītas 88 dažādas sēnes: 2 bazīdijsēņu sugas, 13 raugu sugas, 5 *Mucorales* sugas, 68 askusēņu un nepilnīgi pazīstamo sēņu sugas. 6 sugas pēc tiešas DNS analīzes palika neidentificētas. Atsevišķi raksturojot askusēnes, nepilnīgi pazīstamās, kā arī neidentificētās sēņu sugas, jāatzīmē, ka viena sēņu suga tika izdalīta tikai no dzīvajām vabolēm, 47 – tikai no dezinficētajām un sagrieztajām vabolēm un 26 – izdalītas no vabolēm, izmantojot molekulārās metodes. *Heterobasidion* spp. šajā pētījumā netika izdalīts. Rezultāti liecina, ka sēņu izdalīšanas metodes būtiski ietekmē sugu sastāvu.

LIELĀ PRIEŽU SMECERNIEKA BOJĀJUMU INTENSITĀTES IZVĒRTĒJUMS ATKARĪBĀ NO ATTĀLUMA LĪDZ CELMIEM

Izstrādājot celmus ir svarīgi izvērtēt fitopatoloģiskos riskus, kas saistīti ne tikai ar trupi izraisošām sēnēm, bet arī dažādiem kaitēkļiem. Atjaunotajās mežaudzēs ļoti bieži bojājumus skuju koku stādiem izraisa lielais priežu smecernieks *Hylobius abietis*, kura attīstība saistīta ar celmu klātbūtni.

Lai noteiktu *H. abietis* izraisīto priežu stādu bojājumu intensitāti atkarībā no stādu attāluma līdz celmiem, 2014. gadā rudenī veikta lielā priežu smecernieka bojājumu uzskaitē divos izcirtumos, vizuāli novērtējot stādus visā to garumā. Izcirtumā izvēlēti 10 egļu celmi, kas atrodas vismaz 6 m attālumā no blakus esošajiem skuju koku celmiem. Pie katra celma novērtēti 8 - 12 stādi. Kopā analizēti 215 stādi. Priežu smecernieku izraisīto bojājumu novērtēšanai stādi iedalīti piecās bojājumu klasēs.

Apkopojot rezultātus, konstatēts, ka otrajā gadā pēc cirmsas izstrādes egļu stādi tiešā egļu celmu tuvumā (tuvāk par 2 metriem) ir vairāk pakļauti lielā priežu smecernieka kaitējumam ($p=0,015$). Smecernieku bojājumu pakāpe egļu stādiem, kas atrodas pie trupējušiem un netrupējušiem egļu celmiem, būtiski neatšķiras ($p=0,18$), tādēļ ka *H. abietis* kāpuri celmos attīstās tieši zem mizas un lielajās saknēs.

***PHLEBIOPSIS GIGANTEA* AUGĻĶERMEŅU SASTOPAMĪBAS NOVĒRTĒJUMS DIVUS GADUS PĒC CELMU APSTRĀDES AR BIOĻĢISKO PREPARĀTU „ROTSTOP”**

Pielietojot bioloģisko preparātu „Rotstop” vidē nonāk liels daudzums ģenētiski viendabīgas sēnes *P. gigantea*. Tādēļ svarīgi izvērtēt, kādu ietekmi uz vietējām *P. gigantea* populācijām (bioloģisko daudzveidību) ilgtermiņā atstāj preparāta pielietošana.

Divus gadus pēc kopšanas cirtes un celmu apstrādes ar „Rotstop” ievākti koksnes paraugi 6 objektos, lai novērtētu *P. gigantea* augļķermeņu sastopamību. Katrā objektā apsekoti 100 celmi, kopā ievāktas 16 ripas no priežu celmiem un 65 no egļu celmiem.

Laboratorijā koksnes paraugos bija vērojama salīdzinoši liela dažādu koksnes sēņu daudzveidība. Analizētajos paraugos konstatēta augsta *P. gigantea* sastopamība; aizņemtais *P. gigantea* laukums bija 0,08 – 95,87% (vidēji 26,73%) no kopējā ripas laukuma. *P. gigantea* bija sekmīgi kolonizējusi gan priežu, gan egļu celmus. Uz atsevišķiem celmiem bija sastopama gan preparāta „Rotstop” sastāvā esošā *P. gigantea*, gan dabiskā *P. gigantea*. Veicot genotipu salīdzināšanu konstatēts, ka tikai 5 no analizētajiem 54 *P. gigantea* izolātiem pieder „Rotstop” genotipam un 49 izolāti raksturo dabiskās *P. gigantea* sastopamību. Darbā secināts, ka divus gadus pēc celmu apstrādes *P. gigantea* augļķermeņi sastopami ne vairāk kā uz 10% analizēto skuju koku celmu un dabiskā *P. gigantea* aizstāj preparāta „Rotstop” sastāvā esošo *P. gigantea*. Arī Somijā veiktie pētījumi liecina, ka preparāta „Rotstop” sastāvā esošās *P. gigantea* īpatsvars laika gaitā samazinās – īpaši priežu celmos (Vainio *et al.*, 2001). Tomēr *P. gigantea* preparātiem ir izšķiroša nozīme sakņu piepes bazīdijsporu infekcijas ierobežošanā uz svaigi zāgētu celmu virsmas.

DAŽĀDAS IZCELSMES *PINUS SYLVESTRIS* UN *PICEA ABIES* STĀDU UZŅĒMĪBA PRET *HETEROBASIDION ANNOSUM* S.L.

Līdz šim Latvijā nebija veikti pētījumi, lai izvērtētu atšķirīgas izcelsmes stādmateriāla (4-5 gadus veci stādi) uzņēmību pret *H. annosum* s.l. 2011. gadā *Picea abies* un *Pinus sylvestris* stādi tika mākslīgi inficēti ar *Heterobasidion annosum* s.s. un *Heterobasidion parviporum*, lai noteiktu, vai stādu uzņēmību pret *Heterobasidion* spp. ietekmē sēklu izcelsmes vieta.

Tika pārbaudīti 626 egļu un 540 priežu stādi, kas reprezentēja atšķirīgas sēklu plantācijas, atšķirīgus reproduktīvā materiāla ievākšanas reģionus Latvijā. Metodika aprakstīta 2011. un 2012. gada starpatskaitēs. Četrus mēnešus pēc stādu mākslīgās inficēšanas tika noteikta *Heterobasidion* spp. micēlija izplatība stumbrā uz augšu un leju no inokulācijas vietas. Tika novērtēti arī stādu morfoloģiskie rādītāji.

Konstatēts, ka *P. abies* ir uzņēmīgākas pret abām analizētajām *Heterobasidion* sugām kā *P. sylvestris* ($p < 0.001$). *H. annosum* s.s. augšanas ātrums *P. sylvestris* bija būtiski lielāks, salīdzinot ar *H. parviporum* augšanas ātrumu ($p < 0.001$). Turpretī *P. abies* stumbrā *H. parviporum* micēlijs bija attīstījies straujāk ($p > 0.05$). *Heterobasidion annosum* s.l. sugas *P. abies* ātrāk auga virzienā uz galotni ($p < 0.05$), savukārt *P. sylvestris* abi patogēni veiksmīgāk izplatījās virzienā uz sakņu kaklu ($p > 0.05$). Salīdzinot abu patogēnu sugu augšanas ātrumu atšķirīgas izcelsmes priežu un egļu stādos, konstatēts, ka neviens no analizētajiem stādu variantiem neuzrādīja būtiski augstāku rezistenci pret *H. annosum* s.l. Tomēr tika novērota tendence, ka pret *H. parviporum* uzņēmīgāks ir egļu stādmateriāls, kas tiek audzēts ārpus sēklu izcelsmes reģiona ($p < 0.09$). Latvijā eglei ir izdalīti Austrumu, Rietumu un Centrālais provenienču reģioni. Lai gan daudzos literatūras avotos ir minēts, ka sveķi veicina rezistenci pret *Heterobasidion* infekciju nodrošinošajiem faktoriem (Gibbs 1968; Risbeth 1972, Kerkling *et al.* 2004, Franceschi *et al.* 2005), mūsu pētījumā analizētais Zlēku un Ezernieku stādmateriāls (plantācijas stādmateriāls, ko raksturo paaugstināts sveķu saturs koksne) neuzrādīja augstāku rezistenci pret *H. annosum* s.l.

EGLŪ UN PRIEŽU STĀDU MĀKSLĪGĀ INFICĒŠANA AR *ARMILLARIA* SPP.

Konstatēts, ka *Armillaria* spp. nopietni var izraisīt ievērojamus zaudējumus skuju koku jaunaudzēs, tāpēc darba mērķis bija aprobēt piemērotāko metodiku egļu un priežu stādu

inficēšanai ar *Armillaria* spp., lai, pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, varētu novērtēt dažādas izcelsmes stādmateriālu. Turpmākajos eksperimentos tiks analizēta dažādu provenienču priežu un egļu stādu uzņēmība pret *Armillaria* spp. Laikā no 2009.- 2015. gadam pavisam tika sagatavoti 429 egļu un 656 priežu stādi. Stādmateriāls izvēlēts, lai būtu iespējams salīdzināt dažādas izcelsmes *P. abies* (4 varianti) un *P. sylvestris* (7 varianti) stādu uzņēmību pret *Armillaria* spp.

Lai noskaidrotu piemērotāko metodiku stādmateriāla inokulācijai 2013. gada decembrī tika pārbaudītas divas metodes: inficēšana, ievietojot augsnē ar *Armillaria* sp. inficētu koksni; inficēšana, iegriežot ar sterilizētu nazi 5 mm dziļu brūci stādu stumbrā. Brūces vietā ievieto ar *Armillaria* sp. inficētu *P. abies* koksnes gabaliņu. Stādi pēc inokulācijas tika regulāri laistīti, inkubācija notika istabas temperatūrā bez papildu apgaismojuma. Metodika aprakstīta 2014. gada starpatskaitē.

Salīdzinot abas izmantotās metodes konstatējām, ka piemērotāka metode ir inokulāta ievietošana augsnē, jo, salīdzinot ar „brūces metodi”, konstatēta intensīvāka nekrozes veidošanās stumbrā (visiem analizētajiem stādiem), *Armillaria* spp. rizomorfu attīstība augsnē un uz stāda saknēm, kā arī vienam stādam tika konstatēts *Armillaria* spp. micēlijs zem mizas. Salīdzinot abas inokulācijai izmantotās *Armillaria* spp. sugas, secināts, ka *Armillaria cepistipes* intensīvi veido augsnē rizomorfas, bet *A. solidipes* spējīga veidot gan rizomorfas, gan micēliju zem mizas.

2015. gada maijā ar pieciem *Armillaria* izolātiem (2 izolāti no *A. cepistipes*, 2 no *A. borealis*, 1 no *A. solidipes*) tika inokulēti (inficēšana veikta augsnē ievietojot *Armillaria* sp. inficētu koksni) 309 *P. abies* un 495 *P. sylvestris* stādi. Eksperimentā analizētajiem stādiem tika novērtēti morfoloģiskie rādītāji – garums un diametrs. Vainaga stāvoklis tika novērtēts 28 stādiem no katra varianta eksperimenta ierīkošanas laikā. Mēnesi pēc stādu inokulēšanas kalšanas pazīmes stādiem netika novērotas. Eksperiments arī turpmāk tiks apsekots reizi divos mēnešos, lai novērtētu stādu vitalitāti, garums un diametrs tiks novērtēts eksperimenta beigās. Iegūtie dati tiks analizēti 2016. gadā.

DAŽĀDU KOKU SUGU REZISTENCES NOVĒRTĒJUMS PRET *H. ANNOSUM* S.L. INFEKCIJU

Koka sugas izvēle ir ļoti svarīgs aspekts, lai ierobežotu sakņu trupi izraisīto sēņu izplatību audzē, piemēram, lapu koki tiek raksturoti kā mazāk uzņēmīgi pret sakņu piepi, salīdzinot ar skuju kokiem (Woodward *et al.*, 1998). Lai novērtētu deviņu dažādu koku sugu rezistenci pret *H. annosum* s.s. un *H. parviporum* pirms astoņiem gadiem - 2007. gada pavasarī - Meža pētīšanas stacijas teritorijā (Kalsnavas mežu novadā) tika ierīkots mākslīgās inficēšanas

eksperiments (2. tabula). Katru gadu maija beigās - jūnija sākumā vizuāli novērtēja ar sakņu piepi inficēto un kontrolē izmantoto koku vitalitāti (2. tabula). 2011. gada pavasarī ar Preslera urbi no inficētajām priedēm un lapeglēm tika atkārtoti paņemtas koksnes skaidiņas. Pārbaudot koksnes skaidiņas infekcija konstatēta tikai 2 lapeglēm. Abi koki 2007. gadā tika inficēti ar *H. parviporum* un pieder pie tā paša genotipa (Rb175). Metodika aprakstīta 2011. gada starpatskaitē. Visos parauglaukumos reizi gadā tika veikta koku marķēšana.

2. tabula. 2015. gadā konstatētie bojājumi dažādām koku sugām.

Koku suga	Kvartāls	Nogabals	Platība, ha	Piezīmes
Priede	65	14	0.2	4 kokiem nolauztas galotnes.
Egle	60	16	5.8	14 kokiem mizas bojājumi; 8 kokiem nolauztas galotnes.
Bērzs	263	10	2.2	1 nolauzts koks; 1 kokam mizas bojājumi.
Melnalksnis	263	10	2.2	1 koks nokaltis; 1 – izgāzts.
Osis	263	9	2.4	21 koks vairs nav izmantojams pētījumā
Ozols	222	1	1.1	7 koki nokaltuši.
Baltalksnis	260	4	1.2	3 koki nokaltuši; 2 nolūzuši.
Apse	244	4;10	2.3	4 kokiem ir mizas bojājumi vai deformācijas;
Lapegle	251	11	1.1	6 kokiem mizas bojājumi; 1 kokam nolauzta galotne; 1 koks nokaltis.

Analizējot lapu koku un skuju koku vitalitāti, jāņem vērā, ka analizētajās audzēs konstatēti arī citi patogēni, piemēram, ošu kalšanu izraisīja *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Tomēr pārbaudīt trupējušo koku īpatsvaru audzēs, kā arī novērtēt trapes izplatību koku stumbros, būs iespējams tikai pēc koku nozāģēšanas, kas tiks veikta 2017. gadā – 10 gadus pēc koku inokulācijas.

LATVIJAS IZCELSMES PRIEŽU BRĪVAPPUTES PĒCNĀCĒJU STĀDĪJUMU APSEKOŠANA, LAI NOSKAIDROTU TO INFICĒTĪBU AR *HETEROBASIDION ANNOSUM* S.L.

Lai noskaidrotu Latvijas izcelsmes priežu brīvapputes pēcnācēju inficētību ar *H. annosum* s.l., 2013. gada jūnijā Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā atkārtoti tika pārbaudīts 1980. gadā ierīkotais eksperimentālais stādījums (parastās priedes pēcnācēju stādījums) - eksperiments Nr. 235 (pirmo reizi *H.annosum* s.l. izplatība šajā stādījumā analizēta 2008. gadā. 2013. gadā pārbaudīti seši atkārtojumi, apsekotas 988 parcelas.

Stādmateriāla izcelsme: Bauskas, Dundagas, Jaunjelgavas, Jēkabpils, Kalsnavas, Kokneses, Lubānas, Mazsalacas, Rīgas-Jūrmalas, Smiltenes, Strenču, Tukuma un Ugāles bijušās mežrūpniecības saimniecības pluskoku stādījumi.

Novērtējot koku vainagu stāvokli un analizējot auglķermeņu sastopamību noteikta audzes inficētība ar *Heterobasidion annosum* s.l. Katrā parcelā nozāģēja kaltušus vai izgāztus kokus. No nozāģētajiem kokiem paņemtas apmēram 3 cm biezas ripas, iespējami tuvāk sakņu kaklam. Ripas apstrādātas un analizētas LVMI Silava Mikoloģijas un fitopatoloģijas laboratorijā (metodika aprakstīta 2013. gada starpatskaitē).

Piecu gadu laikā nokaltušo koku skaits apsekotajos sešos atkārtojumos pieaudzis par 148 kokiem (izdalītas 140 *H. annosum* s.l. kultūras). Protams, nevar izslēgt, ka inficēti ir vairāk koki, bet tiem vēl nav konstatētas slimības pazīmes (Rönnberg *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2014). Pētījumā 2008. gadā *H. annosum* s.l. izraisītā infekcija konstatēta 142 kokiem (1.-6. atkārtojumā). Analizētajos 6 atkārtojumos inficēti 3,6% no audzē sākotnēji iestādītajiem kokiem. Salīdzinot stādījumu variantus, 2008. gadā kā uzņēmīgākie stādījumu varianti pret *H. annosum* s.l. infekciju atzīmēti *Jē10*, *Jē11*, *Ma_{sv} 2*, *Sm9*, *Str14*, *Tu16* un *Ka19*. Kā uzņēmīgākie stādījumu varianti pret *H.annosum* infekciju 2013. gadā noteikti *Ja10*, *Jē11*, *Ka19* *Ma_{sv} 12*. Gan 2008., gan 2013. gadā *Ka 19* un *Jē11* stādmateriāls atzīmēts kā uzņēmīgs pret *H. annosum* s.l. Iegūtie dati liecina, ka pret *H. annosum* s.l. uzņēmīgāko stādmateriālu, piemēram, *Ka 19* un *Jē11*, nav ieteicams stādīt meža augsnēs, kur atrodami trupējuši iepriekšējās ģenerācijas celmi. Par visrezistentākajiem stādījumu variantiem pret *H.annosum* infekciju var uzskatīt Jaunjelgavas mežniecībā atlasīto pluskoku pēcnācējus. Tieši šie brīvapputes pēcnācēju varianti visvairāk uzskaitīti neinficētajās parcelās *H.annosum* genotipu robežās gan 2008, gan 2013. gadā.

***PINUS CONTORTA* UN *PINUS SYLVESTRIS* UZŅĒMĪBA PRET *HETEROBASIDION ANNOSUM* UN *HETEROBASIDION* SP. INFEKCIJAS NOVĒRTĒJUMS *PINUS CONTORTA* VAR. *LATIFOLIA* STĀDĪJUMOS**

Lai novērtētu *Pinus contorta* var. *latifolia* un *Pinus sylvestris* inficētību ar *H. annosum* s.l., infekcijas attīstības dinamiku un *H. annosum* s.l. ģenētisko daudzveidību un izdalītu rezistentākās proveniences 4 *Pinus contorta* var. *latifolia* stādījumos (Vidusdaugavas, Dienvidkurzemes un Ziemeļkurzemes mežsaimniecībās un MPS Kalsnava) apsekti 4533 koki un iepriekšējās paaudzes celmi, kopā ievākti un analizēti 1223 koksnes paraugi no kokiem un 382 no iepriekšējās paaudzes celmiem. Paraugi apstrādāti LVMI Silava Mikoloģijas un fitopatoloģijas laboratorijā. Lai noteiktu koksnes paraugu inficētību ar

H. annosum s.l., pārbaudīta *H. annosum* s.l. konīdijnesēju sastopamība. Pēc micēlija mikroskopiskajām un makroskopiskajām pazīmēm noteiktas arī citas koksni kolonizējošās sēnes. Visiem izdalītajiem *H. annosum* s.l. izolātiem noteikta suga un inficēto koku skaits (genotipu robežas). Vidusdaugavas mežsaimniecībā Zvirgzdē ierīkotajā stādījumā analizēta *Heterobasidion* spp. genotipu attīstības dinamika. Darba metodika aprakstīta 2011., 2012., 2013., 2014. gada starpatskaitēs.

Izvēlētajās audzēs priežu inficētība svārstījās no 1,1 līdz 18,1%. Visos stādījumos *Pinus sylvestris* inficētība bija daudz zemāka nekā *Pinus contorta* var. *latifolia*. Analizētajās *P. contorta* var. *latifolia* audzēs konstatēts gan *H. annosum* s.s., gan *H. parviporum*, tomēr veģetatīvo un ģeneratīvo infekciju galvenokārt izraisīja *H. annosum* s.s.

Vidusdaugavas mežsaimniecības stādījumā kopējais ar *H. annosum* s.l. inficēto *P. contorta* var. *latifolia* skaits sasniedza 289, konstatēta tikai viena inficēta *Pinus sylvestris*. Kopš 2010. gada, kad uzsākti pētījumi, inficēto priežu skaits palielinājies par 97 (4,3% no audzē augošajiem kokiem). *P. contorta* var. *latifolia* provenience Summit Lake ir mazāk uzņēmīga ($p < 0,05$) pret sakņu piepes infekciju, salīdzinot ar proveniencēm Fort Nelson un Pink Mountain, Ugāles stādījumā inficēto koku skaits analizētajās proveniencēs bija pārāk neliels, lai izdarītu secinājumus. Vidusdaugavas mežsaimniecībā *P. contorta* var. *latifolia* stādījumā 2010. gadā vidēji uz 1 ha tika izdalīti 36 sakņu piepes genotipi, bet 2014. gadā konstatēti 45 *H. annosum* s.l. genotipi, kas inficējuši no 1 līdz 47 priedēm. Tikai 8 no 2010. gadā konstatētajiem genotipiem nav inficējuši jaunus kokus. Lielākā genotipa robežas kopš 2010. gada palielinājušās par 5 m, bet inficēto koku skaits tajā palielinājies par 18 kokiem (no 29 līdz 47). Dienvidkurzemes mežsaimniecībā ierīkotajā stādījumā netika izdalīta Klinškalnu priedes provenience, kas uzrādītu būtiski augstāku rezistenci.

Konstatēts, ka lauksaimniecības augsnēs ierīkotos *P. contorta* var. *latifolia* stādījumos sakņu piepes micēlijs izplatās ātrāk nekā meža augsnēs.

P. contorta var. *latifolia* raksturo augstāka uzņēmība pret *H. annosum* s.l. sekundāro infekciju, salīdzinot ar *P. sylvestris*.

EKSPERIMENTA IERĪKOŠANA, LAI NOVĒRTĒTU *H. ANNOSUM* S.L. MICĒLIJA ATTĪSTĪBU DAŽĀDAS IZCELSMES *PINUS CONTORTA* UN *PINUS SYLVESTRIS* KOKSNĒ

Eksperimentā izmantotie koki no *Pinus contorta* proveniencēm Summit Lake, Pink Mountain, Fort Nelson un „Skrīveri” I. Baumaņa vadībā tika marķēti 2014. gadā, tajā pašā laikā LVMI Silava Mikoloģijas un fitopatoloģijas laboratorijā tika sagatavoti eksperimentā

izmantojamie sēņu izolāti - atkarībā no to augšanas ātruma un „agresivitātes” (inficēto koku skaita viena genotipa robežās). Vidusdaugavas mežsaimniecības Vecumnieku iecirknī izvēlējās 4 *Pinus sylvestris* un 4 *Pinus contorta* var. *latifolia* (193. kv. 2. nog.) un 12 *Pinus contorta* var. *latifolia* (196. kv., 12. nog.) bez dzīvnieku bojājumiem un stumbru deformācijām līdz 5 m augstumam. Koku vidējais diametrs 1,3 m augstumā bija 13,1 cm. Lai novērtētu micēlija attīstību dažādas izcelsmes priežu koksne, koki tika sazāģēti 30 cm garos nogriežņos (bluķīšos). Pavisam tika analizēti 90 bluķīši (metodika aprakstīta 2014. un 2015. gada atskaitēs).

Katrā no bluķīšiem aplievā tika iestrādātas 4 bedrītes (apaļas, diam. 1,5 cm). Bedrītē ar automātiskās pipetes palīdzību iepilināti 400 mikrolitri attiecīgās *H. annosum* s.l. sporu suspensijas. Eksperimentā izmantoti četri *H. annosum* s.s. izolāti, izdalīti no *P. sylvestris* un *P. contorta* koksnes. *H. annosum* s.l. konīdijsporu suspensijas ar sporu koncentrāciju 500 sporas mililitrā sagatavotas laboratorijā tajā pašā dienā pirms eksperimenta ierīkošanas. Pēc suspensijas iepilināšanas bluķīši novietoti nojumē un regulāri laistīti, lai nenotiktu koksnes pārmērīga izžūšana. Ieaugšanas dziļums tiks pārbaudīts ik pēc 2 nedēļām, izmantojot kontrolei atstātos bluķīšus. No katra bluķīša tiks analizētas trīs augšējās ripas. Darbā tiks pārbaudīta hipotēze, ka provenienci Summit Lake raksturo zemāks patogēna augšanas ātrums, salīdzinot ar citām proveniencēm, jo šī proveniencie uzrādīja zemāku uzņēmību lauka eksperimentos. Kontroles variantā tiks pārbaudīta *H. annosum* s.l. micēlija attīstība *P. sylvestris* koksne. Eksperimentā iegūtie dati tiks analizēti 2015. gada augustā.

***PINUS SYLVESTRIS* UN *PINUS CONTORTA* UZŅĒMĪBAS NOVĒRTĒJUMS PRET *H. ANNOSUM* S.L. BAZĪDIJSPORU INFEKCIJU**

Eksperimentā salīdzināta parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) un Klinškalnu priedes (*Pinus contorta* Dougl. ex. Loud.) uzņēmība pret sakņu piepes bazīdijsporu infekciju. Koku uzņēmība pret *Heterobasidion* izraisīto infekciju analizēta izmantojot 30 cm augstus bluķīšus. Eksperiments ierīkots 2011. gadā. Pavisam eksperimentā izmantoti 6 koki (3 *P. contorta* + 3 *P. sylvestris*), kas sazāģēti 30 cm garos nogriežņos. Sazāģētie bluķīši novietoti ar *H. annosum* s.l. inficētās audzēs MPS Kalsnava teritorijā, aktīvi sporulējošu *H. annosum* s.l. auglķermeņu tuvumā. Inkubācijas periods mežā - 5 dienas, pēc tam bluķīši inkubēti nojumē uz lauka 18 dienas. Lai koksne nezaudētu mitrumu un virsma nesaplaisātu, bluķīši regulāri laistīti. Pēc tam bluķīšus sazāģēja 3 cm biezās ripās un augšējās trīs ripas nogādāja LVMI Silava laboratorijā tālākai inkubācijai un analīzei. Izmantojot stereo mikroskopu *Leica MZ 7.5*

(palielinājums 20x), pārbaudīta *H. annosum* s.l. konīdijnesēju sastopamība uz pirmās un otrās ripas apakšpusēs (3 cm un 7 cm dziļumā) (metodiku skatīt 2011. gada starpatskaitē).

Salīdzinot *H. annosum* s.l. aizņemto laukumu divos analizētajos dziļumos (3 cm un 7 cm), konstatēts, ka aizņemtais laukums 3 cm dziļumā *P. sylvestris* koksne ir lielāks nekā *Pinus contorta*, taču atšķirības nav būtiskas. Savukārt izvērtējot *H. annosum* s.l. attīstību 7 cm dziļumā secināts, ka *H. annosum* s.l. aizņemtais laukums ir lielāks *P. contorta* koksne, salīdzinot ar *P. sylvestris*. Iegūtie rezultāti liecina par lielāku *H. annosum* augšanas ātrumu vertikālā virzienā *P. contorta* koksne, salīdzinot ar *P. sylvestris* koksni. Iespējams tas ir saistīts ar koksnes īpašībām, jo *P. contorta* ir ātrāk augoša koku suga, salīdzinot ar parasto priedi. Kā liecina citu autoru pētījumi (Piri, 2003), patogēna straujāku attīstību veicina platākas koku gadskārtas. Tāpēc gan ierīkojot *P. contorta* stādījumus, gan turpmākajā audzes apsaimniekošanā ieteicams veikt visus iespējamus aizsardzības pasākumus, lai ierobežotu sakņu trupi izraisošo sēņu izplatību.

***P. CONTORTA* UN *P. SYLVESTRIS* CELMU UZŅĒMĪBA PRET *H. ANNOSUM* S.L. BAZĪDIJSPORU INFEKCIJU**

Lai novērtētu *Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm. un *P. sylvestris* (L.) celmu uzņēmību pret *H. annosum* s.l. bazīdijsporu infekciju, tika nozāģētas 103 *P. sylvestris* un 90 *P. contorta*. Pēc 2 – 3 mēnešiem no nozāģēto kociņu celmiem tika ievāktas 120 Klinškalnu un 133 parastās priedes celmu koksnes ripas (metodika aprakstīta 2014. gada starpatskaitē).

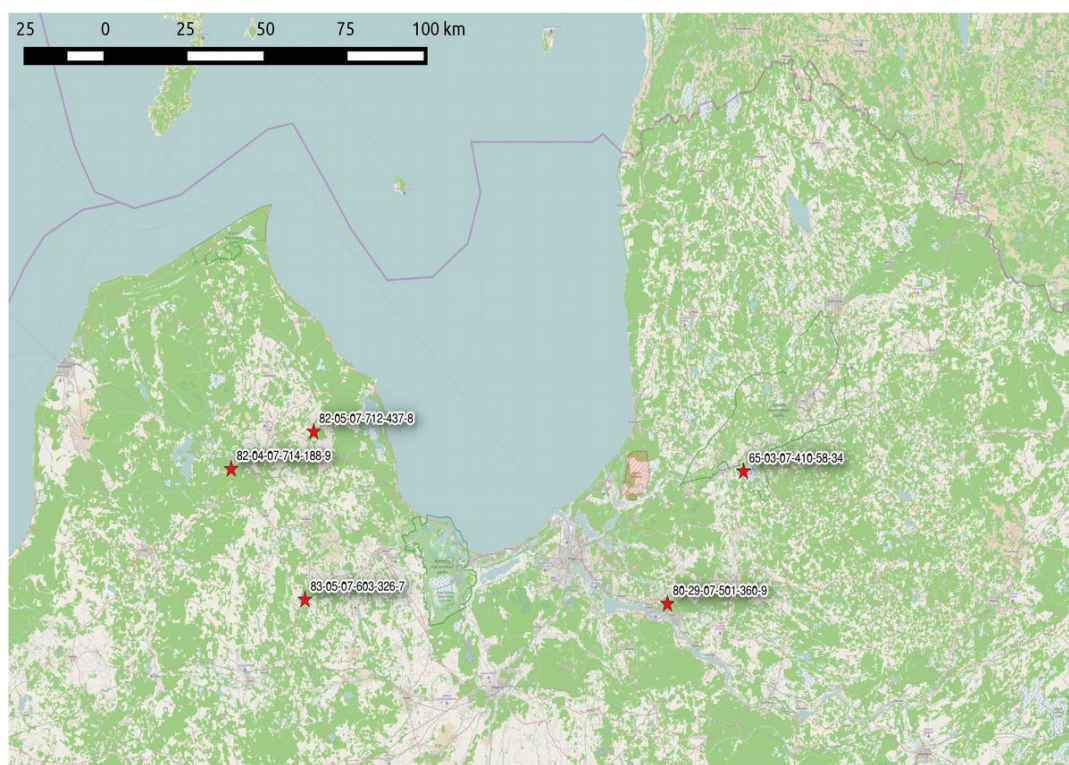
H. annosum s.l. bazīdijsporu izraisītā infekcija tika konstatēta tikai divos no septiņiem analizētajiem parauglaukumiem. Konstatēts, ka vidējais relatīvais *H. annosum* s.l. aizņemtais laukums *P. contorta* var. *latifolia* inficētajos celmos bija lielāks, salīdzinot ar parasto priedi, tomēr atšķirības, salīdzinot abas sugas, nebija būtiskas ($p > 0.05$). Tas varētu būt skaidrojams ar nelielu *H. annosum* s.l. inficēto koku paraugkopas apjomu.

Liela nozīmē celmu kolonizēšanā ir arī konkurējošo un antagonisko sēņu klātbūtnei (Hodges, 1969; Stenlid, Redfern 1998). Mikroskopējot koksnes paraugus, tika novērtēta arī *P. gigantea* sastopamība. Šī sēne bieži satopama boreālajos mežos uz skuju koku celmiem (Meredith, 1959), tā raksturota kā sakņu piepes antagonists, un tiek izmantota bioloģisko preparātu izstrādei (Woodward *et al.*, 1998). Literatūrā plaši aprakstīta *P. gigantea* augstā efektivitāte sakņu piepes izplatības ierobežošanā (Holdenrieder, Greig, 1998). Analizētajos parauglaukumos biežāk uz abu koku sugu ripām konstatēta *P. gigantea*, kas aizņēma būtiski ($p < 0.05$) lielāku celmu virsmas laukumu, salīdzinot ar *H. annosum* s.l.

PĒTĪJUMU OBJEKTU IZVĒLE CELMU IZSTRĀDES EKSPERIMENTĀ

Pētījuma veikšanai izraudzīti 5 pētījumu objekti (3. attēls) Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Parauglaukumi ierīkoti nogabalos, kuros pēc sākotnējā novērtējuma vismaz 50 % no celmiem ir trupējuši. Katrā izmēģinājumu objektā ierīkoti 2 parauglaukumi izmēģinājumu veikšanai, tajā skaitā 1 parauglaukums kontrolei un 1 – atcelmošanai. Parauglaukuma platība ir vismaz 0,5 ha. Starp atcelmoto un kontroles parauglaukumu meža atjaunošanas izmēģinājumos atstāta buferjosla, ko veido vismaz 10 m plata atcelmota un 10 m plata neatcelmota josla.

Pēc pētījumu objektu ierīkošanas fiksēta visu celmu atrašanās vieta parauglaukumā, kā arī celma koku suga, vidējais augstums, caurmērs un vizuāli identificējami trupes bojājumi. Celmu koordinātes noteiktas, mērot celma atrašanās vietas azimutu un attālumu no parauglaukuma centra.



3. attēls. Pētījumu objektu izvietojums.

Kopā visos izmēģinājumu objektos sagatavotas 149 tonnas celmu sausnas (aptuveni 890 ber. m³, pārrēķinot uz biokurināmā tilpuma mērvienībām). Celmi pievesti uz augšgala krautuvi 2013. gadā, 3-6 mēnešus pēc izstrādes. Pēc tam veikta augsnes apstrāde (ar aktīvo disku arklu) un stādīšana ar egles ietvarstādiem un melnalkšņa (2 objektos) un egles kailsakņu stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu. Pēc augsnes apstrādes ierīkoti ūdens kvalitātes

novērojumu parauglaukumi. Ūdens paraugu ņemšana un to ķīmisko analīžu veikšana uzsākta 2013. gada jūnijā.

AUGSNES RAKSTUROŠANA UN AUGSNES PARAUGU IEVĀKŠANA TURPMĀKAJĀM ANALĪZĒM IZVĒLĒTAJOS ATCELMOŠANAI PAREDZĒTAJOS PARAUGLAUKUMOS

Uzsākot pētījumu, 2011. gada augustā, septembrī un oktobrī visos ierīkotajos izmēģinājumu objektos ievākti augsnes un nedzīvās zemsegas paraugi. Paraugu ievākšanas metodika izraudzīta atbilstoši Eiropas meža augšņu monitoringa prasībām (ICP Forests, 2010), lai iegūtie dati būtu salīdzināmi ar augšņu monitoringa datiem (Bārdule *et al.*, 2009; Komorovska *et al.*, 2009; Bārdule & Lazdiņš, 2010). Detalizēts paraugu ievākšanas apraksts atspoguļots projekta 2. etapa starpatskaitē (2012. gads).

Pētījumā iekļautos objektos augsnes virskārtā jeb uzsūcošo sakņu izplatības zonā dominē mālsmilts, smaga mālsmilts un smilts augsnes, bet augsnes dziļākajos slāņos (40-80 cm dziļumā) papildus konstatēts arī smags smilšmāls un smilšmāls.

Svarīgākie augsnes īpašības raksturojošie fizikālie un ķīmiskie parametri nedzīvā zemsegā, augsnes virskārtā un augsnes dziļākos slāņos parādīti 3. tabulā.

3. tabula. Vidējo augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību raksturojums pētījumu objektos

Augsnes slānis	Blīvums, kg m ⁻³	pH (CaCl ₂)	C _{org.} , g kg ⁻¹	N _{kop.} , g kg ⁻¹	C/N	Absorbēto bāzu summa, mgekv. 100 g ⁻¹	Hidrolītiskais skābums, mgekv. 100 g ⁻¹
O horizonts	189	3,65	325,8	11,2	29	27,2	68,1
0-10 cm	1268	3,52	49,7	1,8	28	2,0	15,3
20-40 cm	1636	4,30	8,8	0,3	29	1,9	5,0
40-80 cm	1678	4,86	5,1	0,2	32	12,5	2,9

Pētījuma objektos konstatēts salīdzinoši liels augsnes granulometriskā sastāva neviendabīgums, it īpaši augsnes dziļākajos slāņos; tomēr statistiski būtiskas augsnes ķīmisko īpašību atšķirības, salīdzinot pētījuma objektus, nav konstatētas. Līdz ar to pētījumā iekļautie objekti no augsnes fizikāli ķīmisko īpašību raksturojuma viedokļa ir savstarpēji salīdzināmi un piemēroti ilgtermiņa celmu izstrādes ietekmes uz vidi, meža atjaunošanos, CO₂ piesaisti meža augsnēs un biogēno elementu aprites pētījumiem.

CELMU IZSTRĀDES EKSPERIMENTĀLAJĀS PLATĪBĀS DARBA RAŽĪGUMA NOVĒRTĒJUMS

Izmēģinājumos izmantoti 2 celmu raušanas un plēšanas kausi – CBI celmu izstrādes kauss (4.B attēls), kas montēts uz kāpurķēžu ekskavatora Komatsu PC210LC un Latvijā izveidota kausa MCR-500 prototips (4.A attēls) uz New Holland E215B ekskavatora.



A



B

4. attēls: Celmu izstrādes kauss MCR-500 (A) un CBI (B).

Kopā visos objektos izrauti 1568 celmi. Vidējā celma caurmērs ir 35 cm, augstums – 30 cm. Vidējais darba laika patēriņš 1 tonnas koksnes sausnes sagatavošanai ir 0,42 stundas, bet produktīvo darba stundu izteiksmē – 0,37 stundas. Nepastāv statistiski būtiska atšķirība starp abiem ekskavatoriem un izmantotajiem celmu raušanas kausiem.

Visām koku sugām celmu izstrādes darba ražīgums palielinās, pieaugot celma diametram. Darba ražīgums krasi samazinās, neatkarīgi no koku sugas, ja celma diametrs ir mazāks par 20 cm.

Raujot trupējušus celmus, darba ražīgums ir par 14 % lielāks, nekā, raujot veselus celmus. Lielāko ietekmi uz darba ražīgumu atstāj celmu izraušana no zemes un saplēšana. Trupējušu celmu saplēšanai patērē 3 reizes mazāk laika, nekā veselu celmu saplēšanai.

Pētījumā konstatēts, ka vairāku celmu vienlaicīga raušana, celmu grupā vispirms izraujot lielāko celmu (Lazdiņš *et al.*, 2012), nepalielina, bet tieši pretēji – samazina darba ražīgumu. Celmus bija grūtāk izraut un attīrīt platībās ar augstu gruntsūdens līmeni.

Celmu biokurināmā sagatavošanas un piegādes pašizmaksa izmēģinājumos ir 12,3 EUR ber. m³. Celmu izstrāde sastāda 21 % no pašizmaksas, bet lielākā izmaksas veido celmu pievešana, transporta pakalpojumi un smalcināšana. Raujot celmus, kas resnāki par 20 cm, darba ražīgums pieaugtu līdz 3,71 tonnām h⁻¹, celmu biokurināmā pašizmaksa samazinātos

līdz 11,2 EUR ber. m³ (par 10 %), bet izstrādei pieejamā celmu biomasa – tikai par 2,5 %. Tas nozīmē, ka minimālo izstrādājamo celmu dimensiju izvēlei ir būtiska nozīme kurināmā pašizmaksas noteikšanā.

Efektīvākais risinājums izmaksu samazināšanai ir augsnes sagatavošana vienlaicīgi ar celmu raušanu (tas ir iespējams ar MCR-500 kausu), kā arī divpakāpju celmu sasmalcināšana – vispirms līdz rupjiem gabaliem (Ø ap 20 cm) augšgala vai lejasgala krautuvē, atsijājot vienlaicīgi arī augsni, un tad līdz sadedzināšanai piemērota izmēra šķeldu sagatavošana lejasgala krautuvē vai pie patērētāja.

CELMU PIEVEŠANAS DARBA RAŽĪGUMA NOVĒRTĒJUMS

Kopā no visiem izmēģinājuma objektiem uz augšgala krautuvi pievestas 137 tonnas celmu biomasas (74 kravas). Vidējā krava ir 1,74 tonnas sausnas. Vienai kravai patērētais produktīvais darba laiks sastāda 19,9-46,8 min. 53 % no produktīvā darba laika patērē iekraušanai un izkraušanai. Vienas tonnas biomasas iekraušana aizņem 5,2 min., bet izkraušana 3 min, braukšanas ātrums uz un no krautuves ir vidēji 40 m min.⁻¹. Cirmsās, kur celmi rauti ar MCR-500 kausu, pievešanai patērēts būtiski mazāk produktīvā laika, nekā cirmsās, kas atcelmotas ar CBI kausu.

Secināts, ka vasarā un rudenī rauto celmu pievešana uz augšgala krautuvi jāplāno tajā pašā gadā vai arī nākošā gada veģetācijas sezonas laikā. Ziemā rautie celmi jāpieved uzreiz pēc atcelmošanas, jo pēc ziemas atkušņiem celmi var piesalt pie zemes vai sasalt savā starpā un tad to pievešanai jāpatērē būtiski vairāk laika un enerģijas. Celmu krautņu veidošanas prasmes pilnveidošanai nepieciešama papildus apmācība, kurā jāiesaistās arī celmu rāvēju operatoriem.

2014. gada septembrī sadarbībā ar SIA “Vīgranti” veikts divpakāpju celmu drupināšanas izmēģinājums, vispirms sasmalcinot celmus ar drupinātāju bez sieta (Doppstadt DW-2060), tad izsijājot sasmalcināto materiālu ar trumuļveida sietu (Doppstadt SM-414 Profi), un beigās sašķeldojot ar mobilo šķeldotāju¹ (Doppstadt DH 910). Tehnoloģiskā procesa, kurā iesaistīts drupinātājs, sijātājs, frontālais iekrāvējs (pēc nepieciešamības) un kokvedējs ar krānu celmu iekraušanai darba ražīgums ir 58 ber. m³ darba stundā.

Darbā secināts, ka sagatavojot 1 ber. m³ rupji smalcinātu šķeldu, veidojas 150 kg augsnes un sīko koksnes frakciju atlikumu, tajā skaitā 17 % atdalās jau drupinātājā, kā arī

¹ Šis etaps pētījumā nav ietverts, izvērtējot situāciju, kad patērētājam piegādā rupji sasmalcinātu biomasu.

materiāla pārvietošanas laikā, bet 83 % atdalās sijātājā. Pārrēķinot uz 1 šķeldu kravu (90 ber. m³), atlikumu daudzums ir 13,5 tonnas. Risinājums varētu būt atlikuma sajaukšana ar koksnes pelniem, veidojot substrātu lauksaimniecības augsņu ielabošanai.

AUGSNES APSTRĀDE AR FRĒZI ATCELMOTAJĀS UN KONTROLES PLATĪBĀS

6-7 mēnešus pēc atcelmošanas (2013. gada vasarā) visos pētījumu objektos veikta augsnes sagatavošana ar aktīvo disku frēzi. Vidējais produktīvā darba laika patēriņš augsnes sagatavošanai ir 89 min. ha⁻¹, degvielas patēriņš 1 ha apstrādei – 18 L, bet vidējās izmaksas – 157 EUR ha⁻¹. Netika konstatētas būtiskas atšķirības darba ražīgumā, gatavojot augsni atcelmotā un kontroles platībā.

Pēc atcelmošanas, pievešanas un augsnes sagatavošanas darbu pabeigšanas visos pētījumu objektos noteikts augsnes sablīvējums (penetrācijas pretestība) 0-80 cm dziļumā. Penetrācijas pretestības mērījumi veikti stādviētās, lai salīdzinātu atcelmošanas tehnikas ietekmi uz augšanas apstākļiem. Atcelmošanas izmēģinājumu objektos augu saknēm kritiskais augsnes sablīvējuma līmenis konstatēts tikai dziļākajos augsnes slāņos, kas maz ietekmē koku sakņu augšanu. Statistiski būtiska atšķirība starp atcelmotajiem un kontroles objektiem nav konstatēta ($p > 0,05$).

Augsnes mineralizācijas pakāpe (skarificētās platības īpatsvars) noteikta tajos pašos punktos, kur mērīta augsnes penetrācijas pretestība. Katrā punktā izdarītas 4 fotogrāfijas Z, D, A, R virzienā 5 m attālumā no mērījumu punkta centra, kas vēlāk sadalītas 49 lauciņos (5. attēls), kuros vizuāli noteikts vai dominē mineralizētā platība, vai neskarta veģetācija.



5. attēls. Augsnes mineralizācijas pakāpes noteikšana.

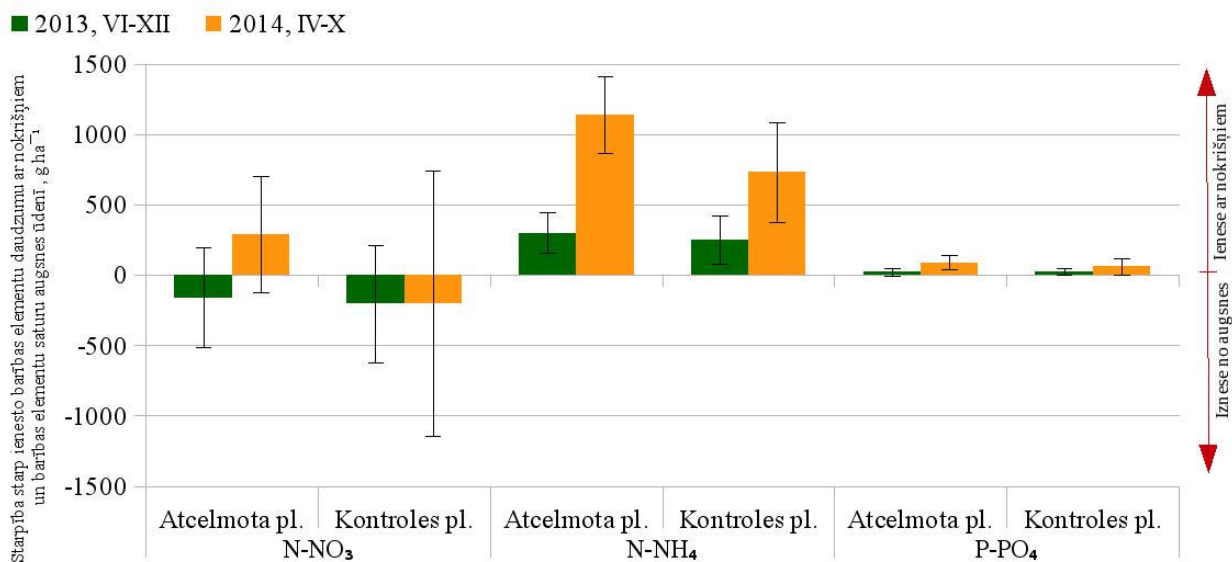
Latvijā 2007. gadā veiktā pētījumā konstatēts, ka augsnes mineralizācija atcelmotās un pēc tam ar aktīvo disku frēzi apstrādātās platībās sasniedz 50 % (Lazdāns & Zimelis, 2008). Saskaņā ar mūsu izmēģinājumos iegūtajiem datiem mineralizācijas pakāpe ir vidēji 30 %, tajā skaitā atcelmotajās platībās 33 % un kontroles platībās 27 %. Atšķirība starp kontroles un atcelmotajām platībām ir statistiski būtiska.

LIZIMETRU UZSTĀDĪŠANA 20 CM DZIĻUMĀ IETEKMES UZ BARĪBAS VIELU IZNESI NOVĒRTĒŠANAI, AUGSNES ŪDENS PARAUGU IEVĀKŠANA UN ANALĪZE

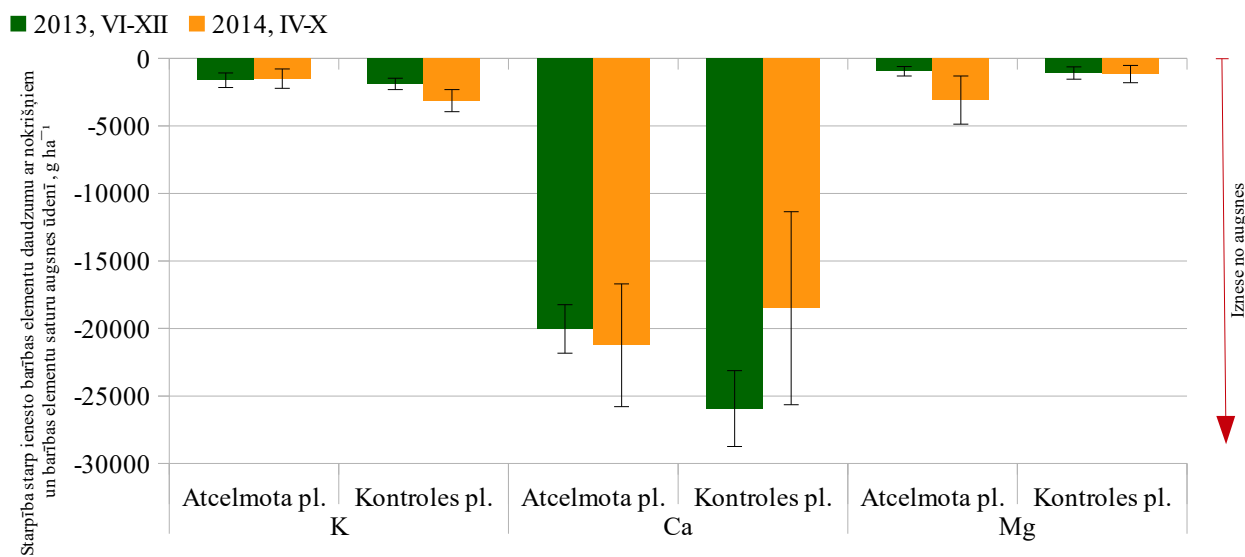
Vakuuma lizimetri uzstādīti 3 izmēģinājumu objektos: Dursupē, Nītaurē un Ogrē. Katrā objektā atcelmotā un kontroles parauglaukuma centrā līdzenā vietā apļveidā izkārtoti 5 lizimetru pāri. Viens no katra pāra lizimetriem savāc ūdeni no 30 cm dziļuma, otrs lizimetrs – no 60 cm dziļuma. Lizimetrus izsūknē reizi 2 nedēļās, apvienojot augsnes ūdens paraugus katra mēneša kopējā paraugā. Detalizēta augsnes ūdens paraugu ievākšanas metodika izklāstīta projekta 2. etapa starpatskaitē (2012. gads).

Meža ekosistēmā, nokrišņiem nonākot uz augsnes un sūcoties cauri augsnes slāņiem, ūdens daudzums un tā ķīmiskais sastāvs mainās. Secināts, ka pētītajos objektos nokrišņu ūdenim skalojoties cauri augsnes slāņiem, tas, galvenokārt, kļūst nedaudz bāziskāks. Tomēr, salīdzinot vidējās augsnes ūdens pH vērtības atcelmotās un kontroles platībās 30 cm un 60 cm dziļumā 15-24 mēnešus pēc atcelmošanas, nav konstatēta statistiski būtiska atcelmošanas ietekme uz augsnes ūdens pH vērtībām.

Lai raksturotu atcelmošanas ietekmi uz barības elementu apriti un novērtētu minerālo barības vielu izskalošanos no augsnes, analizēta starpība starp barības elementu daudzumu, kas pētījumu periodā ienests meža ekosistēmā ar nokrišņiem, un barības elementu saturu augsnes ūdenī. Nokrišņu ūdeņiem skalojoties cauri augsnes slāņiem notiek to intensīva bagātināšanās ar K, Ca un Mg joniem (6., 7. attēls).



6. attēls. Celmu izstrādes ietekme uz nitrātujonu, amonija jonu un fosfātujonu apriti augsnē.



7. Attēls. Celmu izstrādes ietekme uz kālija, kalcija un magnija apriti augsnē.

Pētījuma rezultāti, it īpaši 2. pētījumu periodā, iezīmē lielu barības elementu satura dabisko variāciju augsnes ūdeņos (gan sezonāli viena objekta ietvaros, gan arī starp pētījuma objektiem) meža ekosistēmās, kur veikta saimnieciskā darbība. Līdz ar to divu gadu laikā pēc atcelmošanas nav konstatēta biogēno elementu pastiprināta izskalošanās no augsnes vai arī barības vielu uzkrāšanās augsnē.

STĀDĪTO KOCIŅU UZSKAITE PASTĀVĪGAJOS PARAUGLAUKUMOS

Pēc meža atjaunošanas darbu pabeigšanas 2013. gada oktobrī un 2014. gada septembrī veikta izdzīvojušo stādu uzskaitē visos izmēģinājumu objektos. 2014. gadā izdzīvojušo egles un melnalkšņa stādiņu skaits izmēģinājumu platībās atbilst meža atjaunošanas normatīviem. Atcelmotajās platībās aptuveni puse stādiņu ir uz tiltiņa, 37 % vagā un 11 % kopā nesagatavotā platībā un skarificētajos laukumos. Kontroles platībās uz tiltiņa stādīts nedaudz vairāk stādu (59 %), bet nesagatavotā platībā ir tikai 2 % izdzīvojušo stādiņu. Skarificētajā platībā stādīti tikai melnalkšņa stādi. Statistiski būtiskas atšķirības atcelmotajās un kontroles platībās nav konstatētas ne izdzīvojušo stādu izvietojumā, ne arī skaitā.

Ieaugušo un saglabājušos stādiņu uzmērījumi 2014. gadā atcelmotajā un kontroles platībās neuzrāda būtisku egļu stādiņu augstuma atšķirību; attiecīgi, atcelmotajās platībās stādiņu grums ir vidēji 51,6 cm un kontroles platībās 50,9 cm. Melnalkšņa stādiņu augstums atcelmotajās platībās ir nedaudz mazāks - 92,2 cm, salīdzinot ar 97,5 cm kontroles platībās, taču atšķirība nav statistiski būtiska. Dzīvnieku bojāto koku īpatsvars ir vidēji 1 % no saglabājušos koku skaita; nepastāv statistiski būtiska atšķirība kontroles un atcelmotajās platībās, tomēr atcelmotajās platībās bojātie koki konstatēti tikai 1 audzē, bet kontroles platībās – 4 audzēs; attiecīgi, ir pamats pārbaudīt, vai atcelmošana var mazināt dzīvnieku bojājumu risku.

SAKŅU TRUPI IZRAISOŠO SĒŅU NOTEIKŠANA CELMU IZSTRĀDES PARAUGLAUKUMOS

No 2012. līdz 2014. gadam veikts pētījums, lai noskaidrotu celmu izstrādes ietekmi uz sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamību. 2012. gada novembrī-decembrī piecos objektos (Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās) veikta atcelmošana. Atcelmošana veikta platībās, kuras divus gadus iepriekš izstrādātas kailcirtē.

Izmēģinājumu objektos gan pirms (2011. un 2012. gadā), gan pēc atcelmošanas (2012., 2014. gadā) ievākti koksnes paraugi patogēno sēņu identificēšanai. 2011. un 2012. gadā no 1208 celmiem ievākti 4832 koksnes paraugi. *H. annosum* s.l. infekcija konstatēta 192 paraugos, *Armillaria* spp. rizomorfas konstatētas 234 celmu dobumos un zem mizas. *H. annosum* tīrkultūras tika izdalītas no 163 celmiem. Vairumā gadījumu – 141 celms (87%) reprezentēja atsevišķus genotipus. Divdesmit divi inficēti celmi (13%) raksturoja 10 genotipus, kas katrs ietvēra 2-3 kokus. Tikai divu minēto genotipu robežās atzīmēti trīs koki. Liels daudzums šādu nelielu genotipu (ko vairumā gadījumā reprezentēja tikai viens koks)

liecina, ka *H. annosum* infekcija minētajos parauglaukumos pamatā izplatījusies ar bazīdijsporām.

Uzreiz pēc atcelmošanas darbu veikšanas 2012. gadā ievākti sakņu paraugi no 100 trupējušiem (501 sakne) un 100 vizuāli veselīgiem celmiem (502 saknes). Koksnes paraugi tika ievākti no katra celma piecu pēc iespējas resnāko sakņu lūzuma vietās. 2014. gada jūlijā tika ievākti paraugi vienā parauglaukumā no 45 egļu sakņu un izlauzto celmu daļām, kas palika parauglaukumā pēc celmu izvākšanas. Metodiku skatīt 2012. gada 2. etapa atskaitē.

No katra sakņu fragmenta paņemts paraugs, kas sterilizēts liesmā un uzlikts uz iesala-agara barotnes Petri platē. No sakņu paraugiem augošās sēnes izdalītas un pēc morfoloģiskām pazīmēm iedalītas atsevišķās grupās. No katras izdalītās grupas paņemta viena sēņu kultūra molekulārajām analīzēm. Pelējuma sēnes, tādas, kā *Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Gliocladium*, tika noteiktas līdz ģintij un pamatojoties tikai uz micēlija morfoloģiskajām pazīmēm.

Pētījumā noskaidrots, ka visbiežāk sastopamās trupi izraisošās sēnes egļu saknēs bija celmenes *Armillaria* spp. un sakņu piepe *Heterobasidion* spp. *Armillaria* ģints sēnes konstatētas 26,7% trupējušo un 29,9% veselo celmu saknēs. *Armillaria* spp. ne vienmēr izraisa koku bojāeju, šī sēne var kolonizēt koksni arī kā saprofīts. Tomēr lielais otras sakņu trupi biežāk izraisošās sēnes īpatsvars analizētajos celmos norāda uz celmu lomu sakņu trupes izplatības veicināšanā. Sakņu diametrs, no kurām izdevās izdalīt *Armillaria* sp. variēja no 1,0 cm līdz 18,0 cm. (vidēji 4,5 cm). Visi izdalītie sakņu piepes izolāti piederēja vienai sugai – *Heterobasidion parviporum*, sēne tika izdalīta no 10,8% trupējušo un 2% veselo celmu saknēm. Sakņu diametrs variēja no 1,5 cm līdz 14,0 cm (vidēji 6,1 cm). Pusotru gadu pēc celmu izvākšanas *H. parviporum* atrasts tikai vienā no analizētajiem sakņu fragmentiem.

MEŽA STĀDĪŠANA EKSPERIMENTĀLAJĀS PLATĪBĀS

Darba laika patēriņš stādīšanai tika izvērtēts katram objektam atsevišķi, bet netika atsevišķi izdalīta atcelmotā un kontroles platība. Vidējais darba laika patēriņš 100 stādu iestādīšanai ir 45 min. Vidējais darba laika patēriņš 1 ha apstādīšanai izmēģinājumos bija 14 darba stundas. Svērtais darba ražīgums (pārrēķinot uz 2000 stādiņiem) ir 15 darba stundas. Atcelmotajā platībā stādīšana ir ātrāka, taču statistiski būtiska atšķirība, salīdzinot visus objektus, nav konstatēta.

Agrotehnikā kopšana veikta nākošajā vasarā pēc koku stādīšanas. Aizzēlumu veidoja galvenokārt graudzāles, kas bija raksturīgas platībās, kur eglītes bija stādītas “uz tiltiņa”.

Vidējas kopējā darba laika patēriņš kopšanai ir 4,9 stundas ha⁻¹. Vidēji uz 1 ha patērēts 2,8 L degvielas un 0,1 L motoreļļas. Visos objektos agrotehniskā kopšana atcelmotajā platībā aizņēma nedaudz mazāk laika.

Stādvieta nebija aizzēlušas, ja stādīšana tika veikta uz augsnes satavošanas laikā izveidotām pacilām (šādas pacilas var izveidot, izmantojot MCR-500 kausu).

Stādīšanas pašizmaksa, neskaitot stādmateriālu, ar faktiskajiem darba ražīguma rādītājiem ir 130 EUR ha⁻¹, bet kopā ar stādmateriālu pie stādīšanas biežuma 2200 gab. ha⁻¹ – 523 EUR ha⁻¹. Agrotehniskās kopšanas pašizmaksa atbilstoši pētījuma rezultātiem ir 71 EUR ha⁻¹ vai 284 EUR ha⁻¹ aprites laikā, pieņemot, ka agrotehniskā kopšana jāveic 4 reizes. Kopējās izmaksas stādīšanai un agrotehniskajai kopšanai (4 reizes) saskaņā ar pētījuma rezultātiem ir 807 EUR ha⁻¹. Agrotehniskās kopšanas darba ražīgums atcelmotajā un kontroles platībā izmēģinājumos būtiski neatšķīrās.

Paaugstinot darba veicēju kvalifikāciju, stādīšanas izmaksas iespējams būtiski samazināt (par 32%), bet apstādāmās platības būtiski palielināt (par 48%).

SKUJU KOKU STĀDU SAKŅU MORFOLOĢISKO RĀDĪTĀJU UN MIKORIZĀCIJAS NOVĒRTĒJUMS CELMU IZSTRĀDES PLATĪBĀS

Mežizstrāde var ietekmēt kokaugiem nozīmīgo ektomikorizas sēņu sugu sastāvu un sastopamību (Jones *et al.*, 2003; Heinonsalo *et al.*, 2004). Arī celmu izstrādes radītās izmaiņas augsnes ķīmiskajās, fizikālajās un bioloģiskajās īpašībās (Hope, 2007; Kataja-aho *et al.*, 2011) var būtiski ietekmēt mikorizas sēņu sastopamību un līdz ar to stādu iesaigšanās sekmes. Tikai atsevišķos pētījumos celmu izstrāde ir analizēta saistībā ar stādu mikorizāciju (piemēram, Menkis *et al.*, 2010; Kataja-aho *et al.*, 2012), tāpēc nepieciešamas papildus zināšanas par celmu izstrādes ietekmi uz sakņu mikorizāciju dažādos meža tipos, kā arī uz sakņu piepes (*Heterobasidion annosum* s.l.) izplatību.

Darbā novērtēti stādu morfoloģiskie rādītāji (virszemes daļu garums, sakņu kakla diametrs), sakņu vitalitāte un mikorizācija celmu izstrādes objektos augošajiem egļu stādiem. Sākotnējais stādmateriāla novērtējums veikts pirms izstādīšanas, raksturojot morfoloģiskos parametrus vidēji 50 stādiem no katrā objektā izmantotā stādmateriāla (kopā 270 stādi) un sakņu mikorizāciju – 25 stādiem no katra varianta (kopā 125 stādi). Pēc pirmās un otrās sezonas, attiecīgi 2013. un 2014. gada oktobrī, veikts atkārtots stādu mikorizācijas un morfoloģisko parametru novērtējums, no katra parauglaukuma atcelmotās un neatcelmotās daļas ievācot 10 stādus (kopā 100 stādi). Stādu mikorizu daudzveidība novērtēta pēc sakņu

morfortipēšanas metodes, kā arī nosakot mikorizu veidojošās sēņu sugas ar molekulārajām metodēm. Darba metodika detalizēti aprakstīta 2013. gada starpatskaitē.

Pirmās augšanas sezonas dati liecina, ka atcelmotajās platībās vairākos objektos sakņu vitalitāte bija relatīvi augstāka kā neatcelmotajās platībās, kas varētu būt saistīts ar labāku augsnes aerāciju pēc celmu izstrādes. Savukārt otrajā sezonā pēc apmežošanas stādu sakņu vitalitāte zemāka bija atcelmotajās platībās, salīdzinot ar kontroles platībām. Iespējams to ietekmē augsnes pakāpeniska sablīvēšanās vai arī lēnāka minerālelementu aprīte kontroles parauglaukumos un līdz ar to aktīvāka sakņu augšana, lai nodrošinātu nepieciešamo minerālelementu uzņemšanu. Iegūtie rezultāti liecina, ka atcelmoto platību atjaunošanai izmantotā A/S „Latvijas valsts meži” „Sēklas un stādi” kokaudzētavās izaudzētā stādmateriāla mikorizācija bija ļoti atšķirīga. Egļu kailsakņu stādus ar uzlaboto sakņu sistēmu raksturoja augsta mikorizācija ar *Wilcoxina* sp., kas var sekmēt stādu iesaigāšanos un spēju labāk pārciest pārstādīšanas radīto stresu. Savukārt egļu ietvarstādiem raksturīga samērā augsta sakņu kolonizācija ar *Thelephora terrestris*, kas nav uzskatāma par stādu iesaigāšanos stimulējošu mikorizu sugu. Lai izdarītu pamatotus secinājumus par celmu izstrādes ietekmi uz stādu attīstību un mikorizāciju ilgtermiņā, nepieciešams turpināt iesāktos pētījumus.

CELMU IZSTRĀDES POTENCIĀLO EKONOMISKO IEGUVUMU NOVĒRTĒJUMS BOKURINĀMĀ RESURSU UN TRUPES SAMAZINĀŠANAS EFEKTA IZTEIKSMĒ

Pētījumā, izmantojot Meža resursu monitoringa (MRM) datus, novērtēta par 20 cm resnāku celmu biomasa egļu audzēs. Celmu pazemes daļas, lielo sakņu (caurmērs lielāks par 5 cm) un sīksakņu biomasa noteikta, izmantojot Zviedrijā izstrādātus biomasas vienādojumus (Marklund, 1988). Detalizēts metodikas apraksts izklāstīts projekta 2. etapa starpatskaitē (2012. gads).

Vidējā par 20 cm resnāku celmu un sakņu biomasa egļu audzēs valsts mežos ir 121 tona ha⁻¹; pieejamā biomasa vidēji ir 78 tonnas ha⁻¹, bet tehnoloģiski pieejamā jeb izstrādājamā biomasa ir vidēji 48 tonnas ha⁻¹.

Tehnoloģiski iegūstamā par 20 cm resnāku celmu biomasa izstrādei piemērotās platībās valsts mežos ir 2905 tūkst. tonnas. Visvairāk tehnoloģiski pieejamās biomasas koncentrēts 61-80 gadus vecās egļu audzēs.

Vidējās celmu izstrādes un biokurināmā sagatavošanas izmaksas ir 2629 EUR ha⁻¹, tajā skaitā augsnes sagatavošana. Kopējās izmaksas visu tehnoloģiski pieejamo celmu izstrādei ir 160 milj. EUR, prognozējamie ieņēmumi – 174 milj. EUR (4. tabula). Ietaupījums uz augsnes

gatavošanas rēķina, veicot celmu izstrādi visās tam piemērotajās egļu audzēs valsts mežos (67 tūkst. ha), ir aptuveni 10 milj. EUR.

4. tabula. Celmu izstrādes izmaksu un ieņēmumu novērtējums.

Vecuma desmitgade	Ražošanas izmaksas, EUR ber. m ⁻³	Ražošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹	Ražošanas izmaksas, tūkst. EUR	Prognozējamie ieņēmumi, tūkst. EUR
4	9,3	2 453	1 419	1 565
5	9,4	3 972	12 906	13 887
6	9,3	2 432	19 587	21 013
7	9,1	2 156	22 702	24 668
8	9,6	2 446	27 051	28 722
9	9,3	2 272	15 646	16 762
10	9,1	2 692	15 623	16 939
11	9,0	2 670	8 885	9 918
12	9,0	2 818	9 962	11 160
13	8,9	3 405	6 663	7 583
14	8,7	2 961	3 396	3 873
15	8,9	3 049	15 980	18 220
Visās vecuma desmitgadēs	9,1	2 629	159 818	174 311

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem celmu izstrāde jau tagad var būt ekonomiski rentabla, taču jāņem vērā, ka no aprēķiniem ir izslēgti par 20 cm tievākie celmi; attiecīgi, reālos darba apstākļos biokurināmā pašizmaksa būtiski pieaugs, it īpaši, ja mērķis ierobežot trapes izplatību nosaka nepieciešamību obligāti izstrādāt arī par 20 cm tievākos celmus.

Ražošanas izmaksas var mazināt, apvienojot augsnes gatavošanu un atcelmošanu vietās, kur augsnes sagatavošana ar aktīvo disku arklu ir apgrūtināta vai nelietderīga (kūdreņi, slapjaini, āreņi).

Nepieciešams arī novērtēt ilgtermiņa ieguvumus no atcelmošanas saistībā ar trapes izplatības ierobežošanu un citiem netiešajiem mežsaimnieciskajiem ieguvumiem (piemēram, priežu smecernieka un pārnadžu bojājumi). Pētījumā iegūtie dati liecina, ka, veicot celmu izstrādi, ir iespējams samazināt meža atjaunošanas izmaksas, piemēram, saistībā ar jau iepriekšminēto augsnes sagatavošanu.

ZEMSEDZES AUGU BOTĀNISKĀ SASTĀVA UN PROJEKTĪVĀ SEGUMA RAKSTUROJUMS IERĪKOTAJOS CELMU IZSTRĀDES PARAUGLAUKUMOS

Celmu izstrādes eksperimenta objektos veģetācija raksturota gan 2012. gada rudenī pirms veikta celmu izstrāde, gan vienu sezonu pēc celmu izstrādes veikšanas – 2013. gada rudenī. Augu sugu uzskaitē katrā no teritorijām veikta, kamēr, apsekojot visu parauglaukumu, jaunas sugas vairs netika atrastas, kā arī ierīkojot 2x2 m parauglaukumu katrā objektā. Kopumā konstatētas 146 vaskulāro augu sugas – no tām 2012. gadā 136 (vidēji 47 katrā parauglaukumā) un 2013. gadā 116 sugas (vidēji 40 sugas parauglaukumā). Pēc celmu izstrādes veikšanas kā kontroles, tā atcemotajās platībās kopumā konstatētas 94 vaskulāro augu sugas. Atcelmošanai paredzētajos parauglaukumos 2012. gada rudenī vidēji konstatētas 45 sugas, bet sezonu pēc atcelmošanas – 43 sugas, savukārt kontroles parauglaukumos 2012. gada uzskaitē vidēji konstatētas 50 sugas, bet 2013. gada uzskaitē – 37. Analizējot vaskulāro augu sugu sastāvu celmu izstrādes un kontroles objektos, konstatēts, ka kontroles parauglaukumos biežāk sastopamas atsevišķas skuju koku mežiem tipiskās sugas kā meža zaķskābene, dzeltenā zelnātrīte, meža dedestiņa, sievpararde un dzeloņainā ozolpararde, kā arī ar izcirtuma aizaugšanu saistītas sugas (apse un blīgzna). Savukārt celmu izstrādes objektos biežāk sastopamas ar atklātu augsni saistītas augu sugas kā mazā skābene, ūdenspipars, trejdzīslu mēringija, purva neaizmirstule, dumbrāju zaķpēdiņa. Visas parauglaukumos konstatētās sugas bija Latvijā bieži sastopamas.

ĶĒRPJU UN SŪNU SUGU SASTĀVA ANALĪZE ATCELMOTAJĀS UN KONTROLES PLATĪBĀS

Celmu izstrāde saistīta ar augsnes traucējumiem, kam var būt ilglaicīga ietekme uz dažādām organismu grupām. Literatūras dati liecina, ka celmu izstrāde plašos mērogos var negatīvi ietekmēt lapu sūnu, aknu sūnu un ķērpju sastopamību (Walmsley & Godbold, 2010).

Pētījums par ķērpju un sūnu sugu sastāva izmaiņām pēc celmu izstrādes veikts piecos celmu izstrādes eksperimenta objektos. Ķērpju un sūnu sugu sastāvs novērtēts pirms celmu izstrādes 2012. gada oktobrī un secīgi divas sezonas pēc tās (2013. un 2014. gada oktobrī). Katrā izcirtumā apsekota gan kontroles teritorija, gan teritorija, kurā veikta celmu izstrāde. Ķērpju un sūnu sugu sastopamība novērtēta kā uz augsnes, tā arī uz atstātajiem celmiem. Darba metodika atspoguļota 2014. gada 4. etapa starpatskaitē.

Platībās, kurās veikta celmu izstrāde, kopumā ir samazinājies ar koksnes substrātu saistīto ķērpju sugu skaits. Kopumā visos parauglaukumos konstatētas deviņas ķērpju sugas, no kurām visbiežāk sastopamas bija sugas no kladoniju ģints *Cladonia coniocrea*, *C. digitata*, *C. fimbriata*, *C. chlorophaea* un *C. coniocraea*, kā arī *Lepraria incana*. Tā kā parauglaukumos konstatētās ķērpju sugas ir plaši izplatītas, secināts, ka celmu izstrāde kontrolētā apjomā neapdraud ķērpju sugu saglabāšanos. Bez tam pētījuma dati liecina, ka celmu izstrādes process var sekmēt jaunu mikrobiotopu kā augsnes un akmeņu atsegumu izveidošanos, kas var kalpot par substrātu atsevišķu ķērpju un sūnu sugu attīstībai.

Lielākajā daļā analizēto izcirtumu 2013. gadā konstatēts lielāks sūnu sugu skaits nekā 2012. gadā. Iespējams, ka tas izskaidrojams ar jaunu, īpaši pioniersugām piemērotu, ekoloģisko nišu veidošanos augsnes sagatavošanas un celmu izstrādes rezultātā. Trūdoša koksne, arī celmu veidā, pētījumā atzīmēta kā nozīmīgs substrāts vairākām sūnu sugām, it īpaši aknu sūnām. Salīdzinot sūnu sugu sastāvu trīs laika periodos kontroles un atcelmotajos parauglaukumos, secināts, ka kontroles parauglaukumos sastopamas 17 specifiskas sugas, kas netika konstatētas atcelmotajās platībās, savukārt atcelmotajās platībās atrastas 9 specifiskās sugas. Tomēr pašreizējais datu apjoms ir nepietiekams, lai viennozīmīgi secinātu, vai briofloras daudzveidību teritorijās ietekmē apsaimniekošanas pasākumu intensitāte vai arī citi faktori.

Sūnu sugu sastopamību atsevišķos parauglaukumos būtiski ietekmē augšanas apstākļi un reljefa īpatnības, kam varētu būt lielāka ietekme uz attiecīgo sūnu sugu sastopamību, nekā veiktajiem apsaimniekošanas pasākumiem.

Darbā secināts, ka gan atcelmotajās, gan kontroles platībās lielākoties konstatētas bieži sastopamas ķērpju un sūnu sugas. Neviena no šajā pētījumā uz celmiem konstatētajām ķērpju un sūnu sugām nav iekļauta aizsargājamo vai reto sugu kategorijā.

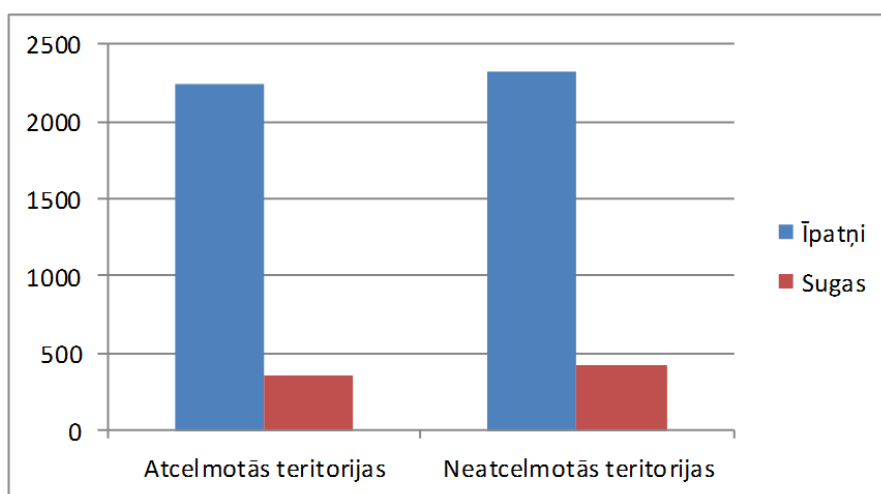
Turpmākajā darbā nepieciešams precizēt pieļaujamo celmu izstrādes intensitāti, lai neapdraudētu ķērpju un sūnu sugu attīstību. Tā kā trūkst pamatinformācijas par izcirtumu nozīmi ķērpju un sūnu daudzveidības nodrošināšanā, svarīgi būtu pētījumi, lai raksturotu ķērpju un sūnu sugu sastāvu izcirtumos dažādos mežu tipos, ņemot vērā celmu dimensijas un izcirtuma vecumu.

CELMU IZSTRĀDES IETEKME UZ VABOĻU DAUDZVEIDĪBU (PAPILDUS UZDEVUMS ĀR ATSEVIŠĶU VIENOŠANOS)

Celmos dzīvojošās saproksilofītās vaboles kā modeļgrupa visbiežāk ir izmantotas celmu izstrādes ietekmes izvērtēšanai uz bezmugurkaulnieku bioloģisko daudzveidību. Līdz šim īpaši Skandināvijas valstīs un Kanādā veikti plaši pētījumi, izvērtējot šos aspektus, tomēr

zinātniekiem nav vienota viedokļa, cik tad īsti celmu procentuāli būtu jāatstāj cirsmās, lai tie palīdzētu saglabāt bezmugurkaulnieku bioloģisko daudzveidību (Victorsson & Jonsell 2012; Brin *et al.* 2013). Kopumā literatūras analīze parāda, ka celmiem ir liela nozīme vaboļu bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā, bet nepieciešami papildus pētījumi, lai novērtētu skuju koku celmu lomu Latvijā meža veselības nodrošināšanā, arī saistībā ar mežsaimniecībai kaitīgu sugu attīstību.

Šī pētījuma pamatzdevums bija izvērtēt līdzšinējos pētījumos izmatotās metodes, kā arī veikt piemērotāko metožu aprobāciju lauka apstākļos celmu izstrādes objektos. Pēc literatūras datiem galvenās līdzīgos pētījumos pielietotās metodes ir “izskreju” lamatas (*emergence traps*), logu lamatas (*Windows traps*) un sieti vai termoelektori (*Tullgren funnels*). Trešās sezonas laikā lauka apstākļos aprobēti trīs lamatu veidi (logu, augsnes un Malēzes lamatas). Kā piemērotākās atzītas logu un augsnes lamatas, taču ir jādodomā par šo lamatu veidu kombinēšanu vai nu ar uznavu lamatām vai ar celmu mizu mehānisku ievākšanu izmantošanai termoelektorā. Atcelmotajās teritorijās tika ievākti 2249 vaboļu īpatņi, kas pārstāvēja 356 sugas, neatcelmotajās teritorijās 2317 īpatņi no 422 sugām. Atšķirības starp ievāktu īpatņu un sugu skaitu abās teritorijās ir nebūtiskas. Tas redzams no grafika, kas attēlots 8. attēlā.



8. attēls. Atšķirības starp ievāktu īpatņu un sugu skaitu atcelmotajās un neatcelmotajās teritorijās.

Arī analizējot īpatņu un sugu skaitu nozīmīgākajās ar koksni saistītajās dzimtās atcelmotajās un neatcelmotajās platībās kopumā netika konstatētas būtiskas atšķirības.

Iegūtie rezultāti liecina, ka pētījumu teritorijā meža atcelmošana nav atstājusi būtisku ietekmi uz vaboļu bioloģisko daudzveidību. Tas vistīcāmāk izskaidrojams ar nelielo atcelmotās teritorijas platību un salīdzinoši augsto Latvijas mežu bioloģisko daudzveidību kopumā.

Vienlaicīgi atstātie celmi nebija perēklis dažādu kaitīgo vaboļu sugu savairošanās gadījumiem.

2014. gada pētījumi, kas ilga visu aktīvo sezonu no aprīļa līdz oktobrim, parādīja, ka vislielākais ievāktu vaboļu skaits un sugu daudzveidība bija maijā – jūlijā mēnešos. Iepriekšējo gadu pētījumi tika veikti jūlijā – septembrī, kad sugu daudzveidība ir mazāka. Turpmākos pētījumos, vaboļu uzskaitē jāveic visu sezonu vai maijā – jūlijā, kad ir lielākā sugu daudzveidība. Tas liecina arī par to, ka atcelmošanas veikšana vasaras otrajā pusē vai rudenī celmos sastopamo vaboļu bioloģiskajai daudzveidībai var nodarīt mazāku kaitējumu, nekā tad, ja šos darbus veic vasaras pirmajā pusē, kad no koksnes izlido lielākais daudzums tajā mītošo kukaiņu. Vislielākais saproksilofīto sugu skaits pie celmiem izvietotajās lamatās bija otrajā – trešajā gadā.

Mūsu pētījumu rezultāti rāda, ka vērtīgo saproksilofīto sugu skaits provizoriski sāk samazināties jau ceturtajā gadā, bet lamatās palielinās uz lapām un zālaugiem mītošo vaboļu sugu īpatsvars. Tas liecina, ka izcirtumi ir vairāk aizauguši un, ka atcelmošanas darbus no dabas aizsardzības viedokļa lietderīgāk būtu veikt 4 - 5 gadus pēc mežizstrādes. Atcelmošanas veikšanas laiks būtu rūpīgi jāizvērtē, ņemot vērā gan procesa ietekmi uz meža bioloģisko daudzveidību, gan uz meža atjaunošanos. Mūsu pētījumi neuzrāda būtisku atcelmošanas ietekmi uz mežā dzīvojošo vaboļu sugu kompleksu.

SECINĀJUMI

1) Visvairāk jauno sporulējošo *Heterobasidion annosum* augļķermeņu uz lielu dimensiju egles koksnes mežizstrādes atliekām organiskās augsnēs veidojas otrajā gadā pēc atlieku atstāšanas mežā – 1242 cm² uz m³; Dm meža tipā savukārt visvairāk jauno augļķermeņu konstatēts trešajā gadā – 1197 cm² uz m³; sēnes augļķermeņi veidojas arī uz 5 – 10 cm liela diametra trupējušām egles koksnes atliekām.

2) a) Uz atliekām ar mizas bojājumiem veidojas vidēji 1,7 reizes vairāk augļķermeņu nekā uz atliekām bez mizas bojājumiem; retas un aizsargājamas sēņu sugas četrus gadus laikā uz lielu dimensiju egles koksnes trupējušām mežizstrādes atliekām netika konstatētas.

b) *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. attīstību būtiski veicina paaugstināts mitruma daudzums un bagātīga veģetācija;

3) Kp meža tipā trīs gadu laikā uz viena egļu celma izveidojušos *Heterobasidion* augļķermeņu laukums ir vidēji 240 cm²; 76% augļķermeņu konstatēti uz celmu virszemes saknēm; augļķermeņu attīstību stimulē sakņu atsegšana un pārzāģēšana.

4) Aktīva *H. annosum* sporulācija sākas aprīļa vidū un turpinās līdz oktobra beigām. Sporulācijas sezonālo dinamiku ietekmē gaisa temperatūra un relatīvais gaisa mitrums. Maksimālā sporu produkcija konstatēta augustā un septembrī – laikā, kad vidējā diennakts temperatūra ir 15 °C. Maksimālā sporulācija novērota pulksten 0:00 naktī, bet minimālā pusdienlaikā.

5) Mazo dimensiju egļu celmu inficētība ar *H. annosum* (vidēji 62,8%) ir būtiski augstāka salīdzinot ar priežu celmiem (vidēji 18,7%), $p < 0,05$; celmu inficētība pieaug palielinoties celmu diametram; gada laikā *Heterobasidion* infekcija mazo dimensiju priežu celmos samazinās par 90%, bet egļu celmos par 30%.

6) a) Apsekotajās priežu jaunaudzēs konstatēti 1 – 30 ar *H. annosum* un 1 – 306 ar *Armillaria* spp. inficēti koki. Ar *H. annosum* inficēto koku skaits palielinās pieaugot audzes vecumam. Sakņu trupi izraisošās sēnes biežāk sastopamas mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs, ko veicina sakņu kontakti starp stādītiem kokiem;

b) veicot sastāva kopšanas cirti marta mēnesī konstatēti 7% ar *H. annosum* inficētu egļu un 2% inficētu priežu celmu. Savukārt pēc cirtes jūlija mēnesī inficēto egļu un priežu celmu īpatsvars ir attiecīgi 63% un 7%.

7) Skuju koku mākslīgai inficēšanai ar *H. annosum* aprobēta un praksē pārbaudīta inokulācijas metode – inficētā materiāla ievietošana urbumā pie stādiņa stumbra pamata.

8) Egļu stādu inficētība ar *H. annosum* bija 98 – 100%, bet priežu 78 – 97%. No piecām analizētajām priežu proveniencēm kā rezistentākie atzīmēti Sāvienas plantācijas stādi. No sešām analizē egļu proveniencēm augstāko rezistenci uzrādīja Jēkabpils un Zaubes mežniecības stādmateriāls.

9) Analizējot pluskoku pēcnācēju stādījumus secināts, ka augstāka rezistence pret *Heterobasidion* raksturo Jaunjelgavas stādmateriālu; Klinškalnu priedes *Pinus contorta* proveniencē Summit Lake uzrāda lielāku rezistenci, salīdzinot ar proveniencēm Fort Nelson un Pink Mountain; analizētajos *Pinus contorta* un *Pinus sylvestris* stādījumos 95,2% gadījumu sakņu piepe izplatījusies sakņu kontaktu ceļā.

10) Ar *H. annosum* inficētās platībās egles celmiem, kas pēc vizuālā novērtējuma tika klasificēti kā „veseli”, 20% no analizētajām saknēm bija izteikti trupējušas, bet 50% sakņu konstatētas koksnes krāsas izmaiņas; sakņu trupi izraisošā sēne *Armillaria* spp. konstatēta 27% analizēto trupējušo egļu celmu saknēs un 30% veselo celmu saknēs.

11) Divus gadus pēc celmu izstrādes nav konstatēta augsnes sablīvēšanās, bet atzīmēta tendence augsnes struktūras uzlabojumam. Nav būtisku atšķirību barības elementu saturā

izstrādātajās un kontroles platībās. Mūsu izmēģinājumos nav konstatēta pastiprināta barības vielu iznese ar augsnes filtrācijas ūdeņiem.

12) Ieaugušo un saglabājušos egļu stādiņu uzmērījumi 2014. gadā atcelmotajās un kontroles platībās neuzrāda būtiskas ($\alpha=0,05$) atšķirības. Melnalkšņa stādiņi atcelmotajās platībās ir nedaudz mazāki salīdzinājumā ar kontroles platībām attiecīgi: $92,2\pm 4,1$ cm un $97,5\pm 5,0$ cm, taču atšķirība nav statistiski būtiska.

13) Atcelmota platību atjaunošanai izmantotos LVM „Sēklas un stādi” kokaudzētavās izaudzētos egļu kailsakņus ar uzlaboto sakņu sistēmu raksturoja augsta mikorizācija ar *Wilcoxina* sp., kas var sekmēt stādu iesaigšanu un labāk pārciest pārstādīšanas radīto stresu.

14) Saimnieciski pieejamie celmu biomasas resursi valsts mežos ir 2,9 milj. tonnas sausnas ($14,5$ milj. ber. m^3). Vidēji egļu izcirtumā var iegūt 48 tonnas sausnas ha^{-1} celmu biomasas (240 ber. $m^3 ha^{-1}$).

15) Lai gan kopumā ar koksnes substrātu saistīto ķērpju sugu skaits ir samazinājies, celmu izstrāde kontrolētā apjomā neapdraud ķērpju sugu sastopamību. Neviena konstatētā ķērpju vai sūnu sugu nav iekļauta aizsargājamo vai reto sugu kategorijā. Celmu izstrādes procesā izveidojas jauni mikrobiotopi, kā augsnes vai akmeņu atsegumi, kas var kalpot atsevišķu ķērpju/ sūnu sugu attīstībai.

16) Netika konstatētas būtiskas atšķirības vaboļu sugu skaita ziņā atcelmotajās (356) un kontroles – 422 platībās.

REKOMENDĀCIJAS

1) Auglīgajos meža tipos (Kp, Gr) ar labi attīstītu veģētāciju nav pieļaujama svaigas, ar sakņu piepi inficētas egles koksnes mežizstrādes atlieku (tajā skaitā ar diametru 5 – 10 cm) atstāšana mežā.

2) Platlapju kūdrenī maksimāli jānovērš virszemes sakņu bojājumi mežizstrādes laikā.

3) Izstrādāti priekšlikumi, kas iekļauti Ministru kabineta noteikumos Nr. 947 “Noteikumi par meža aizsardzības pasākumiem un ārkārtējās situācijas izsludināšanu mežā”:

“7. Lai ierobežotu sakņu trupī izraisošās sēnes *Heterobasidion annosum* s.l. (Sakņu piepe) izplatību, cērtot kokus, no meža izvāc zaļu trupējušu egles koksni (izgāztas, laužas egles, lielu apmēru ciršanas atliekas (diametrs 10 – 50 centimetru)).”.

4) Veicot mežizstrādi aprīļa – oktobra mēnešos jāveic celmu aizsardzības pasākumi.

- 5) Sastāva kopšanas cirtēs egļu audzēs, kur nav iespējams veikt celmu aizsardzības pasākumus, mežizstrādi ieteicams veikt ziemas – pavasara mēnešos.
- 6) Celmu izstrāde ieteicama egļu izcirtumos uz auglīgām minerālaugsnēm (*Gr, Vr, Vrs, Grs, Ap*), kur vienlaicīgi ar atcelmošanu veicama:
 - a) augsnes sagatavošana (*pacilu veidošana*) meža atjaunošanai;
 - b) platības mikromeliorācija – ievalku veidošana pārmitro vietu nosusināšanai;
 - c) apšu celmu izstrāde lapkoku atvašu veidošanās intensitātes mazināšanai.
- 7) Izstrādājami par 20 cm resnāki egļu celmi, celmu izstrāde veicama 6-12 mēneši pēc galvenās cirtes.
- 8) Platībās ar augstu gruntsūdens līmeni celmu izstrādi lietderīgi veikt ziemā.
- 9) Izcirtumu atjaunošanai ar egli ieteicams izmantot egļu kailsakņus ar uzlaboto sakņu sistēmu.
- 10) Egļu un priežu stādīšanu ieteicams veikt ne tuvāk par diviem metriem no trupējušiem skuju koku celmiem, lai ierobežotu lielā priežu smecernieka bojājumu riskus un inficēšanos ar sakņu piepi.

ZIŅOJUMI

- 1) Kļaviņa D., Gaitnieks T., Lazdiņš A., Velmala S., Menkis A., Vasaitis R. 2013. Impact of stump removal on mycorrhization and field growth of *P.abies* seedlings in Latvia. NEFOM meeting, Uppsala,25.-26.11.2013
- 2) Gaitnieks T., Arhipova N., Ruņģis D., Laiviņš M., Vasaitis R. 2013. Common ash dieback in Latvia: natural regeneration of declining ash stands.London. 29.11.2013.
- 3) Arhipova N., Gaitnieks T., Kengsvalde K., Lazdiņš A., Bruna L., Zaluma A., Klavina D., Vasaitis R. 2013. New project on stump extraction and root rot targets and preliminary findings. Meeting the needs of EU2020,EU4BIO-an international workshop in Helsinki. Helsinki. 18-20.11.2013.
- 4) Zaluma A., Jansons A., Baumanis I., Arhipova N., Sisenis L., Gaitnieks T. 2014. Susceptibility of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* to *Heterobasidion annosum* s.l. The 9th international scientific conference “Students on their Way to Science”, Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia, on 25 April, 2014.
- 5) Zaļuma A., Brūna L., Gaitnieks T. 2014. Distribution of *Heterobasidion* spp. and *Armillaria* spp. in young pine forest stands in Latvia, one-year observations „XIX Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists” Talsi, Latvija 22.-26.09.2014.
- 6) Brūna L., Kenigvalde K., Zaļuma A., Korhonen K., Gaitnieks T. 2014. Testing different tree species for susceptibility to *Heterobasidion annosum* in Latvia. „XIX Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists” Talsi, Latvija 22.-26.09.2014.
- 7) Brūna L., Arhipova N., Gaitnieks T. 2014. Species richness of wood-inhabiting fungi on logs and stumps of Norway spruce infected by *Heterobasidion parviporum*. „XIX Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists” Talsi, Latvija 22.-26.09.2014.

- 8) Kļaviņa D., Pennanen T., Gaitnieks T., Lazdiņš A., Menkis A. 2014. Ectomycorrhizal and other root associated fungi on Norway spruce in declining Norway spruce stands in Latvia. „XIX Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists” Talsos, Latvijā 22.-26.09.2014.
- 9) Kļaviņa D., Gaitnieks T., Lazdiņš A. 2014. Study of ECM community in conifer stands 12 years after wood ash treatment: preliminary results. NEFOM meeting. Rīga, Latvija. 27-28.11.14.
- 10) Brauners I., Brūna L., Gaitnieks T. 2014. Testing the ‘Rotstop’ biological preparation for controlling *Heterobasidion* root rot in Latvia. 20th annual international scientific conference “Research for Rural Development”. Latvija, Jelgava 21.-23.05. 14.
- 11) Brūna L., Gaitnieks T., Arhipova N. 2014. Sēņu sugu sastopamība uz trupējušām egles koksnes atliekām. LU 72. konference. Rīga, 2014. gada 29. janvāris.
- 12) Kenigšvalde K., Brauners I., Zaļuma A., Kenigšvalde A., Bezdelīga J., Gaitnieks T. 2014. Bioloģiskā preparāta Rotstop sastopamība komerciāli apstrādātos skuju koku celmos. LU 72. konference. Rīga, 2014. gada 29. janvāris.
- 13) Zaļuma A., Jansons Ā., Baumanis I., Arhipova N., Sisenis L., Gaitnieks T. 2014. *H. annosum* s.l. izplatības dinamikas (no 2010- 2013. gadam) *P. contorta* un *P. sylvestris* stādījumā. LU 72. konference. Rīga, 2014. gada 13. janvāris.
- 14) Ēberliņa A., Brauners I., Kenigšvalde K., Nitiša D., Gaitnieks T. 2015. *Heterobasidion* spp. attīstība maza diametra skuju koku celmos. LU 73. Zinātniskā konference, Rīga, 2015. gada 4. februāris.
- 15) Gaitnieks T., Kenigšvalde K., Brauners I., Gžibovska Z., Sisenis L., Korhonen K., 2015. Saimnieciski nozīmīgāko skuju koku sugu celmu sezonālā inficētība ar lielo pergamentsēni *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jūl. un sakņu piepi *Heterobasidion annosum* s.l. Zinātniski praktiskā konference „Zinātne un prakse nozares attīstībai”, Jelgava, 2015. gada 16. marts.
- 16) Brauners I., Kenigšvalde K., Brūna L., Zaļuma A., Ēberliņa A., Gaitnieks T. 2015. Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. primārā un sekundārā izplatība. Zinātniski praktiskā konference” Zinātniski praktiskā konference „Zinātne un prakse nozares attīstībai”, Jelgava, 2015. gada 16. marts.
- 17) Brūna L., Burņeviča N., Gaitnieks T. 2015. Sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. auglķermeņu attīstības dinamika. Zinātniski praktiskā konference „Zinātne un prakse nozares attīstībai”, Jelgava, 2015. gada 16. marts.
- 18) Gruduls K., Donis J., Gaitnieks T. 2015. *Heterobasidion annosum* in Norway spruce stems on drained peatland sites. Conference "Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems", April 23th - 24th, Riga, Latvia.
- 19) Brūna L., Gaitnieks T., Vasaitis R. 2015. Spore production of *Heterobasidion annosum* s.l. fruit bodies in Latvia: impact of seasonal and meteorological factors. Conference "Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems", April 23th - 24th, Riga, Latvia.
- 20) Zaļuma A., Arhipova N., Sisenis L., Jansons A., Baumanis I., Gaitnieks T., Vasaitis R. 2013. Spreading of *Heterobasidion annosum* s.l. infection in *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* plantations during three years. VII International Conference "Research and conservation of biological diversity in Baltic Region”, Daugavpils University, Latvia, on 25-27 April, 2013.

- 21) Kenigšvalde K., Brauners I., Saulīte D., Zaļuma A., Brūna L., Korhonen K., Gaitnieks T. 2013. Biological control of *Heterobasidion annosum* s.l. by *Phlebiopsis gigantea* in Latvia. VII International Conference "Research and conservation of biological diversity in Baltic Region", Daugavpils University, Latvia, 25-27 April, 2013.
- 22) Brauners I., Kenigšvalde K., Gaitnieks T. 2013. Bioloģiskā preparāta "Rotstop" pielietošana un kvalitātes kontrole A/S Latvijas valsts meži apsaimniekotajos mežos. LLU Meža fakultātes zinātniski praktiskā konference „Mežzinātne un prakse nozares attīstībai”, Jelgava, 19. marts.
- 23) Gruduls K., Liepa I., Donis J., Gaitnieks T. 2013. *Heterobasidion* spp. parastās egles paaugā: sastopamība un izplatība stumbrā. LLU Meža fakultātes zinātniski praktiskā konference „Mežzinātne un prakse nozares attīstībai”, Jelgava, 19. marts.
- 24) Zaļuma A., Gailis A., Gaitnieks T. 2013. Latvijas izcelsmes *Pinus sylvestris* (L.) un *Picea abies* (L.) 4-5 gadus vecu stādu rezistence pret *Heterobasidion annosum* s.l. LLU Meža fakultātes zinātniski praktiskā konference „Mežzinātne un prakse nozares attīstībai”, Jelgava, 19. marts.
- 25) Zaļuma A., Arhipova N., Sisenis L., Jansons Ā., Baumanis I., Gaitnieks T., Vasaitis R. 2012. *Heterobasidion annosum* s.l. izplatība *Pinus contorta* un *Pinus sylvestris* stādījumos. LU 70. Zinātniskā konference, Rīga, 2. februāris.
- 26) Brūna L., Korhonen K., Gaitnieks T. 2012. Sakņu piepes *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s.l. auglķermeņu attīstības dinamika uz trupējušas egles koksnes. LU 70. Zinātniskā konference, Rīga, 2. februāris.
- 27) Nitiša D., Gaitnieks T., Korhonen K., Vasaitis R. 2012. Maza diametra skujkoku celmu nozīme sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. izplatībā. LU 70. Zinātniskā konference, Rīga, 2. februāris.
- 28) Zaļuma A., Gaitnieks T., Gailis A., Vasaitis R. 2012. Resistance of 4-5 years old Latvian provenances of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* seedlings to *Heterobasidion annosum* s.l. IUFRO 7.03.10 – “Methodology of forest insect and disease survey” Working Party Meeting, Palanga, Lithuania, 10–14 September 2012.
- 29) Brūna L., Gaitnieks T., Vasaitis R. 2012. Development of *Heterobasidion parviporum* fruit bodies on decayed spruce logs. IUFRO 7.03.10 – “Methodology of forest insect and disease survey” Working Party Meeting, Palanga, Lithuania, 10–14 September 2012.
- 30) Gaitnieks T., Kenigšvalde K., Korhonen K. 2012. *In vitro* testing of properties of Latvian *Phlebiopsis gigantea* strains. IUFRO 7.03.10 – “Methodology of forest insect and disease survey” Working Party Meeting, Palanga, Lithuania, 10–14 September 2012.
- 31) Klavina D., Pennanen T., Rajala T., Menkis A., Gaitnieks T. 2012. Mycorrhizae and fine root characteristics of *Heterobasidion* infected and non-infected Norway spruce. IUFRO 7.03.10 – “Methodology of forest insect and disease survey” Working Party Meeting, Palanga, Lithuania, 10–14 September 2012.
- 32) Klavina D., Velmala S., Zaļuma A., Pennanen T., Gailis A., Gaitnieks T. 2012. „Colonization by several ectomycorrhizal fungi might be related to reduced growth of *Heterobasidion annosum* s.l. mycelium in Norway spruce seedlings”. „Joint IUFRO 7.03.01 “Cone and seed insects” and 7.03.04 “Diseases and insects in forest nurseries” Working Party Meeting, Vilnius, Lithuania.
- 33) Arhipova N., Gaitnieks T., Donis J., Menkis A., Stenlid J., Vasaitis R. 2012. Heart rot of spruce and alder in forests of Latvia – impact and possibilities for silvicultural control. Joint IUFRO 7.03.06. “Integrated management of forest defoliating insects” and 7.03.10.

“Methodology of forest insect and disease survey” Working Party Meeting, September 10 – 14, Palanga, Lithuania.

34) Arhipova N., Gaitnieks T., Donis J., Stenlid J., Vasaitis R. 2011. Decay and associated fungi in *A. glutinosa* in Latvia. 2011. XIII IUFRO conference "Root and Butt Rot of Forest Trees", September 4th – 10th, Firenze – Auditorium di S. Apollonia, S. Martino di Castrozza, Palazzo Sass Maor (Trento), Italy.

35) Nitisa D., Gaitnieks T., Stivrina B., Donis J., Korhonen K., Asaitis R. - Dynamics of *Heterobasidion* sporocarp formation on coarse woody debris retained on harvested *Picea abies* sites. 2011. XIII IUFRO conference "Root and Butt Rot of Forest Trees", September 4th – 10th, Firenze – Auditorium di S. Apollonia, S. Martino di Castrozza, Palazzo Sass Maor (Trento), Italy.

36) Zaluma A., Arhipova N., Sisenis L., Jansons A., Baumanis I., Gaitnieks T., Vasaitis R. - Resistance of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* to *Heterobasidion annosum*. 2011. XIII IUFRO conference "Root and Butt Rot of Forest Trees", September 4th – 10th, Firenze – Auditorium di S. Apollonia, S. Martino di Castrozza, Palazzo Sass Maor (Trento), Italy.

37) Kenigšvalde K., Korhonen K., Gaitnieks T. - Efficacy testing of Latvian *Phlebiopsis gigantea* strains. 2011. XIII IUFRO conference "Root and Butt Rot of Forest Trees", September 4th – 10th, Firenze – Auditorium di S. Apollonia, S. Martino di Castrozza, Palazzo Sass Maor (Trento), Italy.

38) Kļaviņa D., Lazdiņš A., Bārdulis A., Gaitnieks T. 2011. Vitality of fine roots in spruce stands with different degree of foliage damage in Latvia. COST conference "Carbon balance after disturbances and drought". COST Action FP0803. Barcelona, 27-30 June, 2011.

39) Kļaviņa D., Donis J., Gaitnieks J. 2011. Sakņu vitalitāte un stumbra koksnes pieaugums egļu audzēs ar dažādu vainaga bojājumu pakāpi. LU 69. Zinātniskā konference, Rīga, 1.februāris.

40) Bruna L., Korhonen K., Gaitnieks T. 2011. Development of *Heterobasidion* fruit bodies on decayed spruce logs. SNS PATHCAR Nordic / Baltic Forest Pathology Meeting, 26th - 29nd of September, Uppsala, Sweden.

41) Nitisa D., Gaitnieks T., Korhonen K., Vasaitis R. 2011. The susceptibility of small diameter conifer stumps to the basidiospores of *Heterobasidion annosum* s.l. SNS PATHCAR Nordic/ Baltic Forest Pathology Meeting, 26th - 29nd of September, Uppsala, Sweden.

42) Kenigšvalde K., Kļaviņa D., Arhipova N., Nitiša D., Zaļuma A., Brūna L., Ķiesnere R.D., Druva-Lūsīte I., Gaitnieks T. 2011. *Heterobasidion annosum* izplatību ierobežojošo faktoru izpēte: skujkoku celmu apstrāde, izmantojot *Phlebiopsis gigantea* Latvijas izolātus. Apvienotais pasaules latviešu zinātnieku 3. un Letonikas 4. kongress „Zinātne, sabiedrība un nacionālā identitāte”, 24.-27. oktobris, Rīga. Stenda plakāts.

RAKSTI

1) Zaluma A., Gaitnieks T., Arhipova N., Vasaitis R. 2015. Growth rates of *Heterobasidion annosum* s.s. and *H. parviporum* in functional sapwood of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. For. Path. doi: 10.1111/efp.12220. In press.

2) Barševskis A., Cibulskis R., Shavrin A., Anichtchenko A., Balalaikins M., Valainis U., Kivleniece I., Avgin S.S., Tamutis V., Huruk S., Cibulskis R., Kļaviņa D. 2014. Faunistic

- records of the beetles (Hexapoda: Coleoptera) in Latvia. 5. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 14 (2): 115 – 122.
- 3) Kenigsvalde K., Nitiša D., Saulīte D., Korhonen K., Vulfa L., Nikolajeva V., Gaitnieks T. The impact of *Trichoderma* sp. on development of *Heterobasidion annosum* in decayed understory *Picea abies* stumps. Iesniegts publicēšanai žurnālā „Proceedings of the Latvian Academy of Sciences”.
- 4) Brauners I., Brūna L., Gaitnieks T. 2014. Testing the 'Rotstop' biological preparation for controlling *Heterobasidion* root rot in Latvia. In: Proceedings of 20th annual international scientific conference "Research for Rural Development". Treija, S., Skujeniece, S. (eds.). Latvia University of Agriculture, Jelgava, Vol. No. 2, pp. 97 - 102.
- 5) Kivleniece I., Barševskis A., Avgin S.S., Zaļuma A. 2014. Diversity of saproxylic beetles (Hexapoda: Coleoptera) in clear-cut sites with removed and retained stumps in central Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 14 (2): 145 – 157.
- 6) Šmits A., Gaitnieks T. 2013. Skuju koku celmu apstrādes ar lielās pergamentsēnes (*Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich) sporām ietekme uz lielā priežu smecernieka (*Hylobius abietis* L.) attīstību. *Mežzinātne* 27(60): 103-112.
- 7) Cleary M.R., Arhipova N., Morrison D.J., Thomsen I.M., Sturrock R.N., Vasaitis R., Gaitnieks T., Stenlid J. 2013. Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *Forest Ecology and Management* 290: 5–14.
- 8) Kļaviņa D., Gaitnieks T., Menkis A. 2013. Survival, growth and ectomycorrhizal community development of container- and bare-root grown *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings outplanted on a forest clear-cut. *Baltic Forestry* 19(1): 39-49.
- 9) Gruduls K., Donis J., Gaitnieks T. 2013. Comparison of different electronic devices for detecting *Heterobasidion* root rot. In: *Proceedings of annual 19th international scientific conference "Research for Rural Development"*. Treija S., Skujeniece S. (eds.). Latvia University of Agriculture, Jelgava, pp. 55-58.
- 10) Gruduls K., Gaitnieks T., Donis J., Liepa I. (2012) *Heterobasidion* spp. in *Picea Abies* understory: incidence and impact on radial growth of trees. In: *Proceedings of 18th annual international scientific conference "Research for Rural Development"*. Treija, S., Skuja, I. (eds.). Latvia University of Agriculture, Jelgava, pp. 21-24.

LITERATŪRA

- Alaoui, A. & Diserens, E. (2011). Changes in soil structure following passage of a tracked heavy machine. *Geoderma* 163(3-4), 283–290.
- Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W. M. & Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management* 241(1-3), 162–174.
- Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Hermy, M. & Verheyen, K. (2010). Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. *Forest Ecology and Management* 260(10), 1664–1676.
- Arlinger, J. (1997). *SkogForsk Yield - a program for calculations of possible levels of saw logs, pulp wood and forest fuel removals - User's Guide, version 2.0*. Uppsala.
- Bārdule, A., Bādērs, E., Stola, J. & Lazdiņš, A. (2009). Forest soil characteristic in Latvia

according results of the demonstration project BioSoil (Latvijas meža augsņu īpašību raksturojums demonstrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā). *Mežzinātne | Forest Science* 20 (53), 105–124.

Bārdule, A. & Lazdiņš, A. (2010). Accumulation of carbon and nitrogen in mineral soils in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) stands on naturally afforested farmlands. *Mežzinātne | Forest Science* 21(54), 95–109.

Bejer-Petersen, B., Juutinen, P., Kangas, E., Bakke, A., Butovitsch, V., Eidmann, H.H., Heqvist, K.-J. and Lekander, B. 1962. Studies on *Hylobius abietis* L. 1. Development and life cycle in the Nordic countries. *Acta Entomologica Fennica*, 17: 1-106.

Bright, D.E. 1993. Systematics of bark beetles. In: Schowalter, T.D. and Filip, G.M. (eds). *Beetle-Pathogen interactions in conifer forests*. San Diego, Academic Press, USA.

Brin, A., Bouget, Ch., Valladares, L., Brustel, H. 2013. Are stumps important for the conservation of saproxylic beetles in managed forests? – Insights from a comparison of assemblages on logs and stumps in oak-dominated forests and pine plantations. *Insect Conservation and Diversity*, 6(3-3):255-264.

Davis, E.E., Albrecht, E. M. and Venette, R.C. 2008. *Hylobius abietis*. In: Venette, R. C. (ed.) *Pine commodity – based survey reference*. CAPS, June 2008, USDA Forest Service, St. Paul, USA, 36 lpp.

Franceschi, V. R., Krokene, P., Christiansen, E., Krekling, T. 2005. Anatomical and chemical defences of conifer bark beetles and other pests. *New Phytologist*, 167: 353-376.

Gibbs, J.N. 1968. Resin and the Resistance of Conifers to *Fomes annosus*. *Annals of Botany*, 32(3):649-665.

Gunulf, A., Mc Carthy, R. & Rönnerberg, J. 2012. Control efficacy of stump treatment and influence of stump height on natural spore infection by *Heterobasidion* spp. of precommercial thinning stumps of norway spruce and birch. *Silva Fennica* 46(5): 655–665.

Heinonsalo, J., Frey-Kietz, P., Pierrat, J.C., Churin, J.L., Vairelles, D., Garbaye, J. 2004. Fate, tree growth effect and potential impact on soil microbial communities of mycorrhizal and bacterial inoculation in a forest plantation. *Soil Biol Biochem* 36: 211-216.

Heritage, S. G., Collins, S. and Evans, H. F. 1989. A survey of damage by *Hylobius abietis* and *Hylastes* spp. in Britain. In: Alfaro, R.I. and Glover, S. G. (eds) *Insects affecting reforestation: biology and damage*. Victoria, Canada, Forestry Canada, pp. 28-33.

Hope, G.D. 2007. Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of a 10 years after stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia. *Forest Ecol Manag* 242:625–635.

ICP Forests. *ICP Forests Manual*. [online] (2010) (ICP Forests). Available from: <http://icpforests.net/page/icp-forests-manual>. [Accessed 2011-10-04].

Jacobs, K., Wingfield, M. J., Uzunovic, A. and Frisullo, S. 2001. Three new species of *Leptographium* from pine. *Mycological Research*, 105: 490-499.

Jones, M.D., Durall, D.M., Cairney, J.W.G. 2003. Ectomycorrhizal fungal communities in young forest stands regenerating after clearcut logging. *New Phytologist* 157 : 399-422.

Kadlec, Z. P., Stary, P. and Zumr, V. 1992. Field evidence for the large pine weevil, *Hylobius abietis* as a vector of *Heterobasidion annosum*. *European Journal of Forest Pathology*, 22: 316-318.

Kataja-aho S., Fritze H., Haimi J. 2011. Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 262, 379-388.

Kataja-aho, S., Pennanen, T., Lensu, A., Haimi, J. 2012. Does stump removal affect early growth and mycorrhizal infection of spruce (*Picea abies*) seedlings in clear-cuts? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27: 746-753.

Komorovska, A., Lazdiņš, A., Bāders, E. & Martinsone, K. (2009). International programme "Forest Focus 2006" demonstration project BioSoil in Latvia. *Proceedings of Adaptive Forest Management to Maintain the Environmental Services: Carbon Sequestration, Biodiversity and Water*, Finland, 2009. pp 70–71. Finland: METLA.

Krekling, T., Franceschi, V.R., Krokene, P., Solheim, H. 2004. Differential anatomical response of Norway spruce stem tissues to sterile and fungus infected inoculations. *Trees Structure Function*, 18: 1–9.

Latvijas Valsts standarts (2006). LVS ISO 11464:2006 Augsnes kvalitāte. Parauga sagatavošana fizikāli-ķīmiskām analizēm (Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analysis). LVS.

Lazdāns, V. & Zimelis, A. (2008). Dažādu meža atjaunošanas paņēmieni pielietošanas iespēju analīze platībās, kur veikta celmu izstrāde enerģētiskās koksnes sagatavošanai. LVMI Silava.

Lazdiņa, D. (2008). *Mehanizētās ietvarstādu stādīšanas tehnoloģiju mežsaimnieciskais novērtējums*. Salaspils.

Lazdiņa, D., Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2008). Mechanized planting in Latvia – preliminary results. *Proceedings of The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations*, Copenhagen, 2008. p 20. Copenhagen: Forest & Landscape Denmark University of Copenhagen. ISBN 978-87-7903-367-2.

Lazdiņš, A. (2012). *Mežizstrādes tehnikas, meža kopšanas un atjaunošanas darba ražīguma pētījumi biokurināmā sagatavošanas un meža atjaunošanas izmaksu novērtēšanai (Pārksats par līgumpētījuma pirmajā etapā paredzēto darbu izpildi)*. Salaspils. (2010/0255/2DP/2.1.1.1.0/APIA/VIAA/174 (2012.R01)).

Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Gusarevs, I. (2012). Preliminary data on productivity of stump lifting head MCR-500. *Proceedings of Renewable energy and energy efficiency*, Jelgava, 2012. pp 150–155. Jelgava: Latvia University of Agriculture.

Leather, S. R., Day, K. R. and 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.

Levieux, J., Piou, D., Cassier, P., Andre, M. and Guillaumin, D. 1994. Associations of phytopathogenic fungi for the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with the European pine weevil *Hylobius abietis* (L.) (Col., Curculionidae). *Canadian Entomologist*, 126: 929-936.

Marklund, L. G. (1988). *Biomassfunktioner för tall, gran och björk i Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogstaxering. ISBN 9789157635242.

Menkis, A., Uotila, A., Arhipova, N., Vasaitis, R. 2010. Effects of stump and slash removal on growth and mycorrhization of *Picea abies* seedlings outplanted on a forest clear-cut. *Mycorrhiza* 20 (7): 505-509.

Nordenhem, H. 1989. Age, sexual development, and seasonal occurrence of the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Journal of Applied Entomology*, 108: 206-270.

Nordenhem, H., Nordlander, G. 1994. Olfactory oriented migration through soil by root-living *Hylobius abietis* (L.) larvae (Col., Curculionidae). *Journal of Applied Entomology*, 117: 457-462.

Nugent, C., Kanali, C., Owende, P. M., Nieuwenhuis, M. & Ward, S. (2003). Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. *Forest Ecology and Management* 180(1-3), 85-98.

Ozols, G. 1985. Priedes un egles dendrofāģie kukaiņi Latvijā mežos. Rīga „Zinātne”, 65-76 lpp.

Palviainen, M., Finer, L., Laiho, R., Shorohova, E., Kapitsa, E., Vanha-Majamaa, I. 2010. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management* 259: 390-398.

Penman, J. (Ed.) (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* [online]. 2108 -11, Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Available from: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>

Poteri, M. (ed) 2006. Kaitēkļi un slimības kokaudzētavās. Rokasgrāmata, Latvijas Valsts Meži, 127 lpp.

Risbeth, J. 1972. Resistance to fungal pathogens of tree roots. In: Proceedings of the Royal society of London Series V, Biological sciences, 181: 333-351.

Skrecz, I. 1996. Impact of *Phlebia gigantea* (Fr.) Donk on the colonisation of Scots pine stumps (*Pinus sylvestris* L.) by the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.). *Folia Forestalia Polonica, Series A.*, 38: 89-101.

Vainio, E., Lipponen K., Hantula, J. 2001. Persistence of a biocontrol strain of *Phlebiopsis gigantea* in conifer stumps and its effects on within-species genetic diversity. – *Forest Pathology*, 31, 285-295.

Victorsson, J.D., Jonsell, M. 2012. Effects of stump extraction on saproxylic beetle diversity in Swedish clear-cuts. *Insect Conservation and Diversity*, 6(4): 483-493.

Viiri, H. 2004. Fungi associated with *Hylobius abietis* and other weevils. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-C. & Evans, H.F. (eds.). *Bark and wood boring insects in living trees in Europe; a synthesis*. Kluwer Academic Publishers, p. 381-393.

Vollbrecht, G., Gemmel, P., Pettersson, N. 1995. The effect of Precommercial Thinning on the Incidence of *Heterobasidion annosum* in Planted *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10 (1-4), p. 37 – 41.

Von Sydow, F. and Birgersson, G. 1997. Conifer stump colonization and pine weevil (*Hylobius abietis*) reproduction. *Canadian Journal of Forest Research*, 27: 1254-1262.

Walmsley, J.D., Godbold, D.L. 2010. Stump harvesting for bioenergy – a review of the environmental impacts. *Forestry* 83(1): 17-38.

Wang, L.Y. 2012. Impact of *Heterobasidion* spp. root rot in conifer trees and assessment of stump treatment. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.

Душин, Н.Г. 1979. К вопросу о распространении корневой губки некоторыми насекомыми стволовой группы. *Защита леса*, 4: 24-26.