
Epifitisko sūnu un ķērpju sugu daudzveidība uz izcirtumos atstātajiem kokiem jaunaudzēs

Linda Gerra-Inohosa ^{1*}, Ilze Pušpure ¹ un Baiba Bambe ¹

Gerra-Inohosa, L., Pušpure, I., un Bambe, B., 2015. Epifitisko sūnu un ķērpju sugu daudzveidība uz izcirtumos atstātajiem kokiem jaunaudzēs. *Mežzinātne* 29, 35–57.

Kopsavilkums. Lai veicinātu bioloģisko daudzveidību, viens no meža apsaimniekošanas veidiem paredz izcirtumos atstāt noteiktu skaitu augošu koku, kas veidotu dzīvotnes epifitiskajām sūnām un ķērpjiem. Mūsu pētījuma mērķis – apkopot pirmos datus par epifitisko sugu sastopamību uz izcirtumos atstātajiem kokiem jaunaudzēs un noskaidrot, kādi faktori ietekmē epifītu sugu skaitu uz tiem. Šī uzdevuma izpildei epifitisko sūnu un ķērpju sugas noteiktas uz 98 izcirtumos atstātajiem kokiem. Papildus pētīta epifītu izplatības dinamika četrās mežaudzēs, kopumā uz 20 kokiem. Izmantojot vispārinātos lineāros modeļus jeb GLM analīzi, noteikta epifītu sugu lielā daudzuma saistība ar forofīta īpašībām – koka sugu, diametru un vecumu. Dotajā pētījumā ar vārdu forofīts apzīmēts dzīva koka substrāts. Uz apskatītajiem 98 kokiem konstatētas 100 epifītu sugas, no tām 48 ķērpji un 52 sūnaugi, tostarp 15 dabisko meža biotopu indikatorsugas. Noteicošais faktors, kas izskaidro epifitisko sugu bagātību uz izcirtumos atstātajiem kokiem, ir koka suga. Lielākais sugu skaits atrasts uz *Populus tremula* stumbriem. Savukārt pastāvīgajos parauglaukumos konstatētas 45 epifītu sugas, no kurām lielākā daļa ir sūnaugi. Iegūtie rezultāti rāda, ka izcirtumos atstātie koki spēj nodrošināt piemērotas dzīvotnes daļai epifītu sugu, tai skaitā arī dabisko mežu biotopu indikatorsugām.

Raksturvārdi: izcirtumos atstātie koki, epifitisko sūnu un ķērpju bagātība, GLM analīze.

•••

Gerra-Inohosa, L. ^{2*}, Puspure, I. ², and Bambe, B. ² **Epiphytic bryophyte and lichen species diversity on retained trees in young forest stands.**

Abstract. In the recent years a common forest management practice has been to leave a certain number of living trees in clear-cuts. The so-called retention trees may ensure survival of epiphytic bryophytes and lichens after tree harvest. In this study, the goal was to determine the occurrence of epiphytic species on retention living trees in young forest stands that had developed on clearcuts. We also examined the relationships between substrate characteristics and epiphytic species richness. Twenty young forest stands with

¹ Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija;

* e-pasts: linda.gerra@silava.lv

² Latvian State Forest Research Institute "Silava", 111 Riga str., Salaspils, LV-2169, Latvia;

* e-mail: linda.gerra@silava.lv

mean stand age 11 years were chosen across the territory of Latvia. Five living trees were sampled for epiphytes in each stand: total 98 sampled trees. Additionally, dynamics of epiphyte communities were studied in four forest stands on 20 trees. Generalized linear model (GLM) analysis was used to determine factors explaining total, indicator, bryophyte and lichen species richness on trees. A total of 100 epiphytes were recorded, of which 48 were lichens and 52 bryophytes. The average number of epiphytic species per one tree was 6 bryophyte species and 6 lichen species. The most common epiphytes were facultative bryophytes – *Dicranum scoparium*, *Brachythecium salebrosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Pylaisia polyantha* and one liverwort species *Radula complanata*. Among lichen species the most common were two foliose lichens – *Hypogymnia physodes* and *Melanelixia glabrata*, as well crustose lichens – *Cladonia coniocraea*, *Lecanora argentata*, *Lecidella elaeochroma* and *Phlyctis argena*. Fifteen epiphytic species were woodland key habitat (WKH) indicators. More than half of sampled retention trees had at least one WKH indicator species, of which two bryophytes – *Lejeunea cavifolia* and *Barbilophozia attenuata* and two lichens – *Pertusaria pertusa* and *Lobaria pulmonaria* are protected species in Latvia. GLM analyses showed that the main factor that explained the epiphyte richness on the trees was tree species. The most important tree species for high epiphyte richness were broad-leaved trees and *Populus tremula*. Total and bryophyte species richness were higher on *Populus tremula* substrate, the mean number of lichen species was higher on *Tilia cordata*, and the highest mean species number of WKH indicators was on *Ulmus glabra*. The results on epiphyte dynamics showed that species vitality and cover increased during 14 years. It is concluded that retention trees can provide habitats for part of the epiphytic species characteristic of forest. Especially *Populus tremula* is an important tree for high epiphyte richness. The obtained results also showed that WKH indicator species had survived or colonized the retention trees.

Key words: retention trees, epiphytic bryophyte and lichen richness, GLM analyses.

•••

Герра-Инохоса, Л.^{3*}, Пушпуре, И.³, и Бамбе, Б.³ **Многообразие эпифитных пород мхов и лишайников на вырубке оставленных деревьев в молодняках. деревьях в молодняках.**

Резюме. Один из методов хозяйствования в лесу – оставить на вырубках определённое число живых деревьев, которые образуют местообитания для эпифитных мхов и лишайников. Цель данного исследования – обобщить первые результаты о встречаемости эпифитных видов на вырубке оставленных деревьев в молодняках и выяснить факторы, влияющие на количество эпифитных видов на деревьях. Для этой цели распознаны виды эпифитных мхов и лишайников на 98 оставленных деревьях. Дополнительно исследована динамика распространения эпифитов в четырёх насаждениях – всего на 20 деревьях. Используя генерализированные линейные модели или

³ Латвийский государственный институт лесоведения «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; * эл. почта: linda.gerra@silava.lv

анализ GLM, установлена связь обилия эпифитных видов со свойствами форофита. На осмотренных 98 оставленных деревьях констатировано 100 видов эпифитов – 48 лишайниковых и 52 моховых, в том числе индикаторные виды 15 биотопов естественного леса. Основной фактор, поясняющий изобилие эпифитных видов на оставленных деревьях, это вид дерева. Наибольшее число видов констатировано на стволах *Populus tremula*. В свою очередь на постоянных пробных площадях определены 45 вида эпифитов – в большинстве моховых. Полученные данные свидетельствуют, что на вырубке оставленные, экологические деревья могут обеспечить местообитание некоторым видам эпифитов, в том числе и индикаторным видам естественных лесов.

Ключевые слова: на вырубке оставленные деревья, изобилие эпифитных пород мхов и лишайников, анализ GLM.

Ievads

Pēdējo gadu laikā viena no meža apsaimniekošanas metodēm paredz atstāt noteiktu skaitu dzīvo koku vietās, kur veiktas kailcirtes (Franklin *et al.*, 1997). Tādējādi cenšoties mazināt intensīvu koksnes izvākšanu cirsmas izstrādes laikā un saglabāt atsevišķu dzīvotņu heterogenitāti, kā arī bagātināt apsaimniekoto meža ainavu ar dabiskajam mežam raksturīgām struktūrām (Gustafsson *et al.*, 2010). Galvenais mērķis ir veicināt bioloģisko daudzveidību, saglabājot meža ekonomisko vērtību (Franklin *et al.*, 1997). Tā kā koku saglabāšana kailcirtēs rada lielākas ciršanas izmaksas (Franklin *et al.*, 1997), būtiski ir novērtēt atstāto koku nozīmi meža biotas saglabāšanā (Caners *et al.*, 2010).

Teorētiski izcirtumā atstātie koki veido atsevišķas dzīvotnes epifitiskajām sugām. Dzīvie koki, kā substrāts, veicina vismaz daļas sūnu un ķērpju floras saglabāšanos pēc mežizstrādes, kā arī rada jaunas sugu kolonizēšanās iespējas (Oldén *et al.*, 2014). Atsevišķi autori epifitus atzīst par piemērotāko organismu grupu izcirtumos atstāto koku nozīmīguma izvērtēšanai

(Rosenvald, Löhmus, 2008). Epifitiskās sūnas un ķērpji ir poikilohidri organismi (Smith *et al.*, 2009; Schofield, 2001), un tādēļ tie strauji reaģē uz mikroklimata izmaiņām pēc saimnieciskajiem pasākumiem mežā (Brosoffske, 1997).

Pētījumi liecina, ka atstāto koku nozīme starp taksonomiskajām grupām var būt atšķirīga. Negatīvākā ietekme uz izcirtumos atstātajiem kokiem dzīvojošajām sūnu sugām izpaužas pirmajos gados pēc mežizstrādes, kā rezultātā notiek strauja sugu indivīdu bojāeja (Perhans *et al.*, 2009; Rosenvald, Löhmus, 2008). Jebkāda saimnieciskā darbība mežā būtiski samazina gan kopējo sugu skaitu, gan kopējo to segumu (Fenton *et al.*, 2003), tajā skaitā iekļaujot arī retas sugas (Jalonene, Vanha-Majamaa, 2001). Visjutīgāk mežsaimnieciskās darbības uztver aknu sūnas (Fenton *et al.*, 2003). Toties ķērpji uz atstātajiem kokiem, salīdzinājumā ar sūnaugiem, uz izmaiņām reaģē mazāk. Ķērpju sugu atbilžu reakcijas pēc apkārtējo koku izvākšanas var būt atšķirīgas – pirmajos gados pēc ciršanas dažas uzrāda pieaugumu, dažas samazinās, dažas paliek nemainīgas (ne izplatās, ne pieaug apmēros) (Perhans *et al.*, 2009).

Latvijas likumdošana nosaka, ka uz vienu hektāru cirsēmā atstājami vismaz pieci "ekoloģiskie koki" un iespēju robežās četri stāvoši sausi koki (MK noteikumi Nr. 935, 2012). Ir zināms, ka a/s "Latvijas valsts meži" uz katru cirsmas hektāru atstāj vismaz 10 dzīvus kokus, savukārt pārmitro melnalkšņu mežu cirsēmās – 30 kokus (Latvijas valsts meži, 2015). Tostarp arī boreālajos un mērenās klimata joslas mežos visā Eiropā koku saglabāšanas nosacījumi pastāv jau ilgu laiku un tiek īstenoti lielās platībās (Franklin *et al.*, 1997), lai gan par to pozitīvo ietekmi uz sugu daudzveidību informācijas pagaidām ir maz (Lundström *et al.*, 2013). Īpaši trūkst pētījumu par ilglaicīgi atstāto koku ietekmi uz dažādām taksonomiskajām grupām, tādēļ būtu nepieciešams ilgtermiņa monitorings (Rudolphi, Gustafsson, 2011; Perhans *et al.*, 2007).

Uz koku mizas augošo sūnu sugu sastāvu nosaka koka suga un vecums, kā arī meža tips un atsevišķa koka izvietojums. Visvairāk epifītu sastopami uz lapu kokiem ar saplaisājušu, maz lobījušos mizu – ošiem, viksnām, kļavām, liepām. Uz kokiem ar gludu, maz lobījušos mizu – apsēm un baltalkšņiem – sūnas veido nelielus laukumus. Svarīgs vides faktors epifītu attīstībai ir gaisa mitrums. Epifītiskā veģētācija var atšķirties uz vienas un tās pašas sugas kokiem oligotrofos vai mezotrofos un eitrofos augšanas apstākļos. Pirmajā gadījumā tā ir nabadzīga, bet otrajā, kur intensīvi iztvaiko bagātais lakstaugu stāvs un pamežs, sastopama daudzveidīga epifītiskā veģētācija. Tāpat epifīti bagātīgi aug uz koku stumbriem dziļās upju ielejās un strautu gravās, kur gaiss ir mitrāks (Аболинь, 1968). No epifītu sūnām A. Āboliņa (Āboliņa, 1968) konstatējusi visvairāk lapu sūnu sugu

(74 sugas) uz koku pamatnēm. Daudzas no tām ir parastas meža zemsedzes sugas. Tās aug arī uz tādu koku pamatnēm, uz kuriem īstie epifīti sastopami maz – bērza, priedes, egles. Uz koku stumbriem un zariem pavisam atrastas 27 lapu sūnu sugas, no kurām tikai 5 ir obligātie epifīti, bet pārējās sastopamas arī uz citiem substrātiem.

Vairākas epifītiskās sūnu sugas iekļautas reto un aizsargājamo sūnu sarakstā vai raksturo cilvēka darbības maz ietekmētu mežus: viļņainā un gludā nekera (*Neckera pennata*, *N. complanata*), kažocenes (*Anomodon attenuatus*, *A. longifolius*, *A. viticulosus*), Baumgartnera pārzobe (*Zygodon baumgartneri*), arī aknu sūnas: tamarisku frulānija (*Frullania tamarisci*), doblapu leženeja (*Lejeunea cavifolia*), dakšveida meģerija (*Metzgeria furcata*) (Āboliņa, 1994; Suško, 1998). Tās tiek izmantotas kā dabisku mežu indikatorsugas arī Zviedrijā (Hallingbäck, 1991). Jūtīgās epifītu sugas Zviedrijā biežāk sastopamas mežos uz nogāzēm, kur aug daudz vecu platlapu koku un ir liels koku un krūmu sugu skaits (Gustafsson *et al.*, 1992). Līdzīgi rezultāti, pētot epifītus gravu un nogāžu mežos, iegūti arī Latvijā (Mežaka, Znotiņa, Piterāns, 2005; Mežaka, Znotiņa, 2006).

Mūsu pētījuma mērķis – analizēt pirmos izpētes rezultātus par epifītisko sugu sastopamību uz izcirtumos attātajiem kokiem, kā arī atsevišķi apskatīt sugu dinamiku. Tā īstenošanai izvirzīti šādi darba uzdevumi: (1) noteikt sūnu un ķērpju sugu sastāvu un bagātību uz dzīvajiem kokiem, (2) noskaidrot sugu bagātības saistību ar substrāta īpašībām, (3) apskatīt sugu kompozīcijas izmaiņas uz ekoloģiskajiem kokiem 14 gadu ilgā periodā.

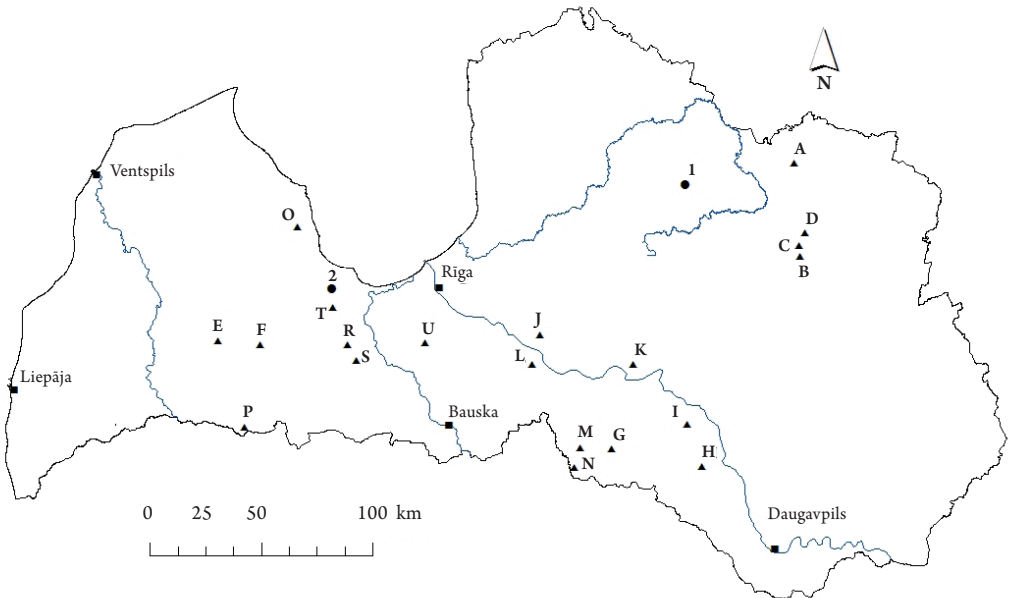
Materiāls un metodika

Lai novērtētu epifītu bagātību uz izcirtumos atstātajiem ekoloģiskajiem kokiem, izraudzītas 20 mežaudzes, aptverot visu Latvijas teritoriju (1. attēls, 1. tabula). Pētītās audzes atrodas 13 novados, vidējais audžu vecums – 11 gadi (1. tabula). Ekoloģisko datu ievākšana veikta 2014. gada vasaras un rudens sezonā. Katrā apsekotajā audzē atlasīti pieci dzīvie ekoloģiskie koki, kas atstāti pēdējās meža ciršanas laikā, izvirzot šādus kritērijus: (1) iespēju robežās izvēlēties lapu kokus, (2) izvēlēties kokus ar lielāku izdzīvotspēju nākotnē.

Ilglaicīgajam pētījumam epifītu sugu dinamika izvērtēta divās vietās – Meža pēti-

šanas stacijas Mežoles meža novadā, 74. kv. 5. nog. priežu slāpajā mētrajā un 108. kv. 20., 21. nog. (“Kazarmu apses”) jauktu koku vēri, kā arī bijušajā Valguma mežniecībā Ķemeru nacionālā parka teritorijā: 101. kv. 4. nog. jauktu koku šaurlapju ārenī un 44. kv. 11. nog. priežu damaksnī (1. attēls). Cirtes objektos veiktas 1995. vai 1996. gadā. Vērtēti kopā 20 dzīvie koki vai sausokņi (9 priedes, 5 apses, 4 kļavas un 2 bērzi), pirmā uzskaitē izdarīta 1999. gadā, otrā – 2013. gadā.

Epifītiskā veģetācija raksturota uz katra izvēlēta koka. Uzskaitītas visas sūnu un ķērpju sugas, norādot to segumu procentos. Dzīvā koka stumbrs sadalīts sešos mazākos laukumiņos (parauglaukumos). Pirmkārt,



1. attēls. Apsekota mežaudžu atrašanās vietas Latvijas teritorijā.

Figure 1. Location of studied forest stands in Latvia.

Apzīmējumi / Legend: A–U pirmās uzskaites jaunaudzes, 1–2 ilglaicīgo pētījumu jaunaudzes / A–U new stands of first inventory, 1–2 new stands of long term research.

Apsēkotās mežaudzes raksturojošie parametri
Characteristics of studied forest stands

Objekts Object	Koordinātes Coordinates		Novads Region	Ciršanas gads Year of clear-cutting
	x	y		
A	6368855,73	667645,18	Alūksnes	2003
B	6327050,51	669965,34	Gulbenes	2003
C	6331594,67	669785,79	Gulbenes	2003
D	6337439,39	672111,25	Gulbenes	2003
E	6288727,33	408425,61	Brocēnu	2002
F	6287015,56	427280,35	Brocēnu	2002
G	6240401,35	585306,70	Viesītes	2004
H	6232398,00	626091,35	Jēkabpils	2004
I	6251614,10	619571,62	Jēkabpils	2004
J	6291401,17	553028,37	Ķeguma	2002
K	6278108,66	595261,99	Kokneses	2004
L	6278278,25	549720,89	Ķeguma	2002
M	6240751,16	571220,5	Neretas	2004
N	6231517,61	566913,73	Neretas	2004
O	6339933,43	444276,77	Talsu	2003
P	6250227,18	420313,58	Saldus	2002
R	6287273,51	466662,82	Jelgavas	2002
S	6279902,73	470456,45	Jelgavas	2002
T	6303902,85	459944,63	Tukuma	2003
U	6288167,19	501584,77	Olaines	2002

nodalīta koka ziemeļu (Z) un dienvidu (D) puse, otrkārt, katra puse sadalīta trīs augstuma posmos: koka pamats 0 m – 0,5 m augstumā no zemes, stumbra lejasdaļa 0,5 m – 2 m augstumā, stumbra augšdaļa > 2 m. Kopumā, sadalot koku dažādos augstumos Z un D pusēs, epifītiskās sugas un to procentuālais segums noteikts atsevišķi sešos parauglaukumos uz katra izvēlētā koka. Virs 2 m atzīmētas sugas, kuras vizuāli bija saskatāmas, neizmantojot papildaprīkojumu. Sugu nomenklatūra no-

teikta lapu sūnām saskaņā ar publicēto Latvijas sūnu sarakstu (Āboliņa, 2001), ņemot vērā Eiropā pēdējā laikā veiktās izmaiņas lapu sūnām (Hill *et al.*, 2006), aknu sūnām pēc R. Grolles un D. Longa (Grolle, Long, 2000), savukārt ķērpju sugām pēc K. Smita u.c. (Smith *et al.*, 2009) un A. Piterāna (Piterāns, 2001). Datu analīzei izmantota informācija par katras sugas sastopamību uz visa koka stumbra, nenodalot mazākas vienības parauglaukumos.

Dati par epifītu sugu sastopamību ilglaicīgajos parauglaukumos apkopoti 7. tabulā, norādot augstuma posmu uz forofīta stumbra. Rezultāti par sugu bagātību uz ekoloģiskajiem kokiem (pirmā sugu uzskaitē) un sugu daudzveidību ilglaicīgajos parauglaukumos analizēti atsevišķi.

Papildus izmantoti 2013. gada pētījuma dati par katru ekoloģisko koku – koka suga, vecums un diametrs. Dati par koka vecumu bija pieejami 55 forofītiem. Dažas epifītiskās sugas noteiktas tikai līdz ģints līmenim. *Lepraria* ģints sugas tika apvienotas zem nosaukuma *Lepraria* spp., izņemot sugu *Lepraria membranacea*, kura, pateicoties sugas morfoloģiskajai uzbūvei, ir viegli nosakāma lauka apstākļos. Ilglaicīgajos parauglaukumos tikai līdz ģintij noteikti daži *Cladonia*, *Lecanora*, *Lecidella* un *Melanelia* ģinšu eksemplāri, kas nebija veidojuši apotēcijus.

Lai noskaidrotu substrātu īpašību ietekmi uz sugu bagātību, datu apstrādei izmantots vispārinātais lineārais modelis jeb GLM (*generalised linear model*), kas ir klasiskā lineārā modeļa vispārinājums. Tā kā analizēti skaita dati, tika izvēlēts Puasona sadalījums (*Poisson distribution*) un logaritmiskā saistības funkcija (*log link function*) (Zuur *et al.*, 2007). Kopumā izveidoti četri modeļi – kopējai sugu, dabisko meža biotopu indikatorsugu (Auniņš, 2013), kā arī atsevišķi ķērpju un sūnu sugu bagātībai – no attiecīgajiem faktoriem. Visiem modeļiem par parauglaukumu, kā randomizētais faktors, izvēlēts ekoloģiskais koks. Kopumā analizēti 98 koki. Visos modeļos pārbaudītie faktori – koka suga, koka vecums un diametrs. Veicot GLM analīzi, koku suga *Alnus glutinosa* izvēlēta kā atsauces suga, jo raksturojas ar

augstu fakultatīvo epifītu skaitu (Mežaka *et al.*, 2008). Veidojot modeļus no izvēlētajiem faktoriem, atlasīti mainīgie lielumi, kuru $p < 0,05$. Iegūtie dati rādīja, ka no koku sugām dominēja liela diametra *Populus tremula*. Tādējādi, lai pārbaudītu vai modelim, kas skaidro sūnu sugu bagātību uz kokiem, primārais faktors ir koku suga vai diametrs, papildus tika izveidots modelis sūnu sugu blīvumam uz forofīta. Par blīvumu uzskatīta sugu skaita attiecība pret diametru. Datu analīze veikta, izmantojot R programmu, 3.1.2. versiju. GLM analīzei izmantoti dati par sugu bagātību no pirmās sugu uzskaites.

Sūnu sugu nomenklatūra veidota saskaņā ar publicēto Latvijas sūnu sarakstu (Āboliņa, 2001), ņemot vērā arī Eiropā pēdējā laikā veiktās izmaiņas lapu sūnām (Hill *et al.*, 2006); ķērpju sugu nomenklatūra veidota pēc A. Piterāna (Piterāns, 2001).

Rezultāti

Epifītu sugu bagātība

Sūnu un ķērpju sugas uzskaitītas uz 98 ekoloģiskajiem kokiem, no kuriem visvairāk aprakstīta parastā apse *Populus tremula* un parastais ozols *Quercus robur* (2. tabula). Iegūtie rezultāti rāda, ka vislielākais vidējais koka diametrs noteikts *Populus tremula*, toties vidējā vecuma vērtības lielākas bija parastās priedes *Pinus sylvestris* un parastā oša *Fraxinus excelsior* aprakstītajām koku sugām (2. tabula).

Kopumā uzskaitītas 100 epifītu sugas, no kurām 48 pārstāv ķērpjus un 52 sūnaugus. No visām sūnu sugām konstatētas 24 pleiroparpās, 17 akroparpās un 11 aknu sūnu sugas (3. tabula). Savukārt pēc ķērpju morfoloģiskajām grupām 23 sugas pārstāv

Apsēkotos kokus raksturojošie parametri
Characteristics of studied trees

Koka suga <i>Tree species</i>	Apsēkoto koku skaits <i>Number of studied trees</i>	Koka vidējais diametrs <i>Mean tree diameter</i>	Koka vidējais vecums <i>Mean tree age</i>
<i>Tilia cordata</i>	7	37,2±11,4 (25,8...60,2)	68,2±4,8 (62...75)
<i>Populus tremula</i>	29	53,8±7 (37,6...65,8)	67,2±11,6 (44...87)
<i>Quercus robur</i>	22	29,8±11,1 (15...58)	64,4±18,8 (41...85)
<i>Acer platanoides</i>	4	30,3±8 (22,1...41,1)	60,5±2,1 (59...62)
<i>Fraxinus excelsior</i>	8	43,4±11,4 (23...56,9)	76,3±2,5 (74...79)
<i>Alnus glutinosa</i>	9	39,8±7 (30,3...51,6)	74,6±7,5 (67...86)
<i>Betula pendula</i>	12	40,8±9,3 (19,7...53,8)	67,4±14,1 (45...81)
<i>Pinus sylvestris</i>	3	42,5±1,1 (41,7...43,3)	100±29,7 (79...121)
<i>Ulmus glabra</i>	4	32±8 (22,5...43,8)	75,7±9,8 (64...88)

Vidējais=S.D. (standartnovirze) un amplitūda attēlota / Mean=S.D. (standart deviation) and range presented.

kreju ķērpjus, 7 – zvīņu ķērpjus, 12 – lapu ķērpjus un 6 attiecīgi krūmu ķērpjus. Visizplatītākie sūnaugi: *Hypnum cupressiforme*, *Radula complanata*, *Orthotrichum speciosum*. No ķērpju sugām biežāk sastopamas sugas no *Lepraria* ģints, *Phlyctis argena* un *Cladonia coniocraea*. Astoņpadsmit sugas konstatētas tikai uz viena substrāta, no tām 8 sūnu un 10 ķērpju sugas. Uz ekoloģiskajiem kokiem noteiktas 15 dabisko mežu biotopu indikatorsugas, no kurām biežāk konstatēta sūnu suga *Homalia trichomanoides* un ķērpju suga *Graphis scripta*.

Epifītu sugu saistība ar substrātu

Veicot GLM analīzi, iegūtie modeļi liecināja, ka gan kopējo sugu, gan dabisko meža biotopu indikatorsugu un ķērpju sugu skaitu substrāta līmenī vislabāk skaidro koka suga (4. tabula). Kopējais sugu skaits un

dabisko meža biotopu indikatorsugu skaits būtiski atšķirās starp koku sugu melnalksnis *Alnus glutinosa* (modeļos izvēlēta kā atsauces suga) un koku sugām *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula* un parasto gobu *Ulmus glabra*. Lielākais kopējais sugu skaits konstatēts uz *Populus tremula*, savukārt *Ulmus glabra* raksturīga lielākā indikatorsugu bagātība (4. tabula).

Ķērpju sugu skaits būtiski atšķirās starp *Alnus glutinosa* (atsauces suga) un parasto bērzu *Betula pendula*, parasto liepu *Tilia cordata*. Lielākais ķērpju sugu skaits konstatēts uz *Tilia cordata* substrāta (5. tabula). Rezultāti apliecināja, ka sūnu sugu bagātību uz ekoloģiskajiem kokiem pilnīgāk skaidro ne tikai koka suga, bet arī koka diametrs (5. tabula). Toties sūnu sugu blīvuma modelim neviens no apskatītajiem faktoriem nebija būtisks.

3. tabula / Table 3

Uz pētītajiem kokiem noteiktās sūnu un ķērpju sugas (n = 98)

Recorded bryophyte and lichen species on studied trees (n = 98)

Sūnu / ķērpju suga <i>Bryophyte / Lichen species</i>	Sugas akronīms <i>Acronym of species</i>	Augšanas forma / morfoloģiskā grupa <i>Life form / morphological group</i>	Sastopamība <i>Occurrence</i>
<i>Amblystegium serpens</i>	Ambser	pleiokarpa	24
<i>Amblystegium subtile</i>	Ambsub	pleiokarpa	3
<i>Anomodon longifolius</i>	Anolon	pleiokarpa	2
<i>Barbilophozia attenuata</i>	Baratt	aknu	1
<i>Brachythecium rutabulum</i>	Brarut	pleiokarpa	22
<i>Brachythecium salebrosum</i>	Brasal	pleiokarpa	45
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>	Bravel	pleiokarpa	1
<i>Bryum moravicum</i>	Brylae	akrokarpa	4
<i>Ceratodon purpureus</i>	Cerpur	akrokarpa	7
<i>Chiloscyphus pallenscens</i>	Chipal	aknu	1
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	Cirpil	pleiokarpa	2
<i>Climacium dendroides</i>	Cliden	pleiokarpa	4
<i>Dicranum flagellare</i>	Dicfla	akrokarpa	1
<i>Dicranum montanum</i>	Dicmon	akrokarpa	31
<i>Dicranum polysetum</i>	Dicpol	akrokarpa	3
<i>Dicranum scoparium</i>	Dicsco	akrokarpa	31
<i>Eurhynchium angustirete</i>	Eurang	pleiokarpa	20
<i>Fissidens adianthoides</i>	Fisadi	akrokarpa	6
<i>Fissidens taxifolius</i>	Fistax	akrokarpa	2
<i>Frullania dilatata</i>	Frudil	aknu	19
<i>Homalia trichomanoides</i>	Homtri	pleiokarpa	27
<i>Homalothecium lutescens</i>	Homlut	pleiokarpa	3
<i>Hylocomnium splendens</i>	Hylspl	pleiokarpa	4
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Hypcup	pleiokarpa	59
<i>Jamesoniella autumnalis</i>	Jamaut	aknu	1
<i>Lejeunea cavifolia</i>	Lejcav	aknu	3
<i>Lepidozia reptans</i>	Leprep	aknu	1
<i>Leskea polycarpa</i>	Lespul	pleiokarpa	1
<i>Leucodon sciuroides</i>	Leusci	pleiokarpa	5
<i>Lophocolea heterophylla</i>	Lophet	aknu	3
<i>Metzgeria furcata</i>	Metfur	aknu	3
<i>Mnium hornum</i>	Mnihor	akrokarpa	3

3. tabula (turpinājums) / Table 3 (continued)

Sūnu / ķērpju suga <i>Bryophyte / Lichen species</i>	Sugas akronīms <i>Acronym of species</i>	Augšanas forma / morfoloģiskā grupa <i>Life form / morphological group</i>	Sastopamība <i>Occurrence</i>
<i>Neckera pennata</i>	Necpen	pleiokarpa	14
<i>Orthotrichum speciosum</i>	Ortspe	akrokarpa	46
<i>Plagiochila asplenioides</i>	Plaasp	aknu	9
<i>Plagiomnium affine</i>	Plaaff	akrokarpa	14
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	Placus	akrokarpa	34
<i>Plagiomnium undulatum</i>	Plaund	akrokarpa	7
<i>Plagiothecium laetum</i>	Plalae	pleiokarpa	7
<i>Platygyrium repens</i>	Plarep	pleiokarpa	9
<i>Pleurozium schreberi</i>	Plesch	pleiokarpa	9
<i>Polytrichum juniperinum</i>	Poljun	akrokarpa	5
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	Ptipul	aknu	13
<i>Pylaisia polyantha</i>	Pylpol	pleiokarpa	33
<i>Radula complanata</i>	Radcom	aknu	57
<i>Rhodobryum roseum</i>	Rhoros	akrokarpa	7
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Rhytri	pleiokarpa	11
<i>Sanionia uncianata</i>	Sanunc	pleiokarpa	3
<i>Sciurohypnum oedipodium</i>	Scioed	pleiokarpa	1
<i>Tetraphis pellucida</i>	Tetpel	akrokarpa	2
<i>Thuidium tamariscinum</i>	Thutam	pleiokarpa	16
<i>Ulota crispa</i>	Ulocri	akrokarpa	20
<i>Acrocordia gemmata</i>	Acrgem	krevu	12
<i>Anaptychia ciliaris</i>	Anacil	krūmu	1
<i>Arthonia sp.1</i>	Artsp1	krevu	1
<i>Arthonia spadicea</i>	Artspa	krevu	1
<i>Arthonia vinosa</i>	Artvin	krevu	1
<i>Bacidia rubella</i>	Bacrub	krevu	1
<i>Bacidia sp.1</i>	Bacsp1	krevu	1
<i>Buellia griseovirens</i>	Buegris	krevu	3
<i>Cladonia cenotea</i>	Clacen	krevu/zviņu	2
<i>Cladonia chlorophaea</i>	Clachl	krevu/zviņu	9
<i>Cladonia coccifera</i>	Clacoc	krevu/zviņu	1
<i>Cladonia coniocraea</i>	Clacon	krevu/zviņu	52
<i>Cladonia digitata</i>	Cladig	krevu/zviņu	2
<i>Cladonia fimbriata</i>	Clafim	krevu/zviņu	3
<i>Evernia prunastri</i>	Evepru	krūmu	27

3. tabula (turpinājums) / Table 3 (continued)

Sūnu / ķērpju suga <i>Bryophyte / Lichen species</i>	Sugas akronīms <i>Acronym of species</i>	Augšanas forma / morfoloģiskā grupa <i>Life form / morphological group</i>	Sastopamība <i>Occurrence</i>
Graphis scripta	Grascr	krevu	28
<i>Hypogymnia physodes</i>	Hypphy	lapu	41
<i>Hypomycete scalaris</i>	Hypsca	zviņņu	5
<i>Lecanora allophana</i>	Lecall	krevu	4
<i>Lecanora argentata</i>	Lecarg	krevu	30
<i>Lecanora carpinea</i>	Leccar	krevu	7
<i>Lecanora subrugosa</i>	Lecsub	krevu	1
<i>Lecanora varia</i>	Lecvar	krevu	3
<i>Lecidella elaeochroma</i>	Lecela	krevu	37
<i>Lecidella euphora</i>	Leceup	krevu	19
<i>Lepraria membranacea</i>	Lepmem	krevu	2
<i>Lepraria spp.</i>	Leprsp	krevu	79
Lobaria pulmonaria	Lobpul	lapu	2
<i>Melanelixia glabratula</i>	Melgla	lapu	33
<i>Opegrapha arta</i>	Opeart	krevu	1
<i>Opegrapha rufescens</i>	Operuf	krevu	8
<i>Opegrapha varia</i>	Opevar	krevu	5
<i>Parmelia sulcata</i>	Parsul	lapu	21
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Paramb	lapu	17
<i>Peltigera praetextata</i>	Pelpra	lapu	3
<i>Peltigera sp.1</i>	Pelsp1	lapu	2
<i>Peltigera sp.2</i>	Pelsp2	lapu	1
<i>Pertusaria amara</i>	Perama	krevu	18
Pertusaria pertusa	Perper	krevu	2
<i>Phlyctis argena</i>	Phlarg	krevu	77
<i>Physcia tenella</i>	Phyten	lapu	20
<i>Platismatia glauca</i>	Plagla	lapu	16
<i>Pseudoevernia furfuracea</i>	Psefur	krūmu	3
<i>Ramalina farinacea</i>	Ramfar	krūmu	2
<i>Ramalina roesleri</i>	Ramroe	krūmu	5
<i>Usnea filipendula</i>	Usnfil	krūmu	5
<i>Vulpicida pinastri</i>	Vulpin	lapu	25
<i>Xanthoria parietina</i>	Xanpar	lapu	10

Norādīti sugas akronīmi, sūnas augšanas forma un ķērpja morfoloģiskā grupa. Dabisko meža biotopu indikatorsugas atzīmētas biezrakstā / The acronyms of species are shown as well bryophyte life form and morphological lichen group. Woodland key habitat indicator species are given in bold.

GLM modeļu statistiskais kopums kopējai sugu un dabisko mežu biotopu indikatoru sugu bagātībai uz kokiem
Summary statistics for GLM models explaining total species, woodland key habitat indicator species richness on trees

	Mainīgais lielums <i>Variable</i>		Novērtējums <i>Estimate</i>	Vidējais (max un min vērtība) <i>Mean (max and min value)</i>	Pr(> z)
Kopējais sugu skaits <i>Number of total species</i>	Koka suga <i>Tree species</i>	<i>Acer platanoides</i>	3,524e-01	13,8±1,3 (12...15)	*
		<i>Alnus glutinosa</i> (atsauce)	2,269e+00	9,7±2,5 (5...13)	
		<i>Betula pendula</i>	3,402e-01	13,6±4,1 (7...19)	
		<i>Fraxinus excelsior</i>	3,524e-01	13,8±4,8 (8...21)	*
		<i>Pinus sylvestris</i>	-6,781e-15	9,7±1,5 (8...11)	
		<i>Populus tremula</i>	4,931e-01	15,8±4,7 (8...26)	***
		<i>Quercus robur</i>	1,577e-01	11,3±3,1 (6...18)	
		<i>Tilia cordata</i>	4,104e-01	14,6±2,8 (11...17)	**
		<i>Ulmus glabra</i>	1,732e-01	13,5±1,7 (11...15)	*
Indikatoru sugu skaits <i>Number of indicator species</i>	Koka suga <i>Tree species</i>	<i>Acer platanoides</i>	1,5041	1±0,8 (0...2)	
		<i>Alnus glutinosa</i> (atsauce)	-1,5041	0,2±0,4 (0...1)	
		<i>Betula pendula</i>	0,1178	0,3±0,5 (0...1)	
		<i>Fraxinus excelsior</i>	2,4692	2,6±1,5 (0...4)	***
		<i>Pinus sylvestris</i>	-15,7985	-	
		<i>Populus tremula</i>	2,1258	1,9±1,5 (0...6)	**
		<i>Quercus robur</i>	1,1211	0,7±0,6 (0...2)	
		<i>Tilia cordata</i>	1,6376	1,1±0,4 (1...2)	*
		<i>Ulmus glabra</i>	2,5157	2,8±0,8 (2...4)	**

Vidējais=S.D. (standartnovirze) un amplitūda attēlota / *Mean=S.D. (standard deviation) and range presented.*

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

5. tabula / Table 5

GLM modeļu statistiskais kopums ķērpju un sūnu sugu bagātībai uz kokiem
 Summary statistics for GLM models explaining bryophyte and lichen species richness on trees

	Mainīgais lielums Variable		Novērtējums Estimate	Vidējais (max un min vērtība) Mean (max and min value)	Pr(> z)
Ķērpju sugu skaits Number of lichen species	Koka suga Tree species	<i>Acer platanoides</i>	0,24640	7,3±1 (6...8)	
		<i>Alnus glutinosa</i> (atsauce)	1,73460	5,7±2,5 (2...9)	
		<i>Betula pendula</i>	0,36546	8,2±3,6 (2...12)	*
		<i>Fraxinus excelsior</i>	0,03611	5,9±3,5 (2...11)	
		<i>Pinus sylvestris</i>	0,25783	7,3±1,5 (6...9)	
		<i>Populus tremula</i>	0,03977	5,9±2,3 (1...12)	
		<i>Quercus robur</i>	0,15109	6,6±1,9 (3...9)	
		<i>Tilia cordata</i>	0,59615	10,3±3 (6...14)	**
		<i>Ulmus glabra</i>	-0,07637	5,3±1,1 (4...7)	
Sūnu sugu skaits Number of bryophyte species	Koka suga Tree species	<i>Acer platanoides</i>	0,523797	6,5±2,1 (4...9)	*
		<i>Alnus glutinosa</i> (atsauce)	1,029390	4,3±1,6 (2...6)	
		<i>Betula pendula</i>	0,275261	5,7±2,1 (2...9)	
		<i>Fraxinus excelsior</i>	0,575940	7,9±3,8 (5...15)	**
		<i>Pinus sylvestris</i>	-0,374035	2,3±2,3 (1...5)	
		<i>Populus tremula</i>	0,702413	9,9±4 (4...19)	***
		<i>Quercus robur</i>	0,206149	4,4±2,7 (1...11)	
		<i>Tilia cordata</i>	0,031595	4,3±0,8 (3...5)	
		<i>Ulmus glabra</i>	0,773481	8,5±0,9 (8...10)	**
	Diametrs		0,010429		*

Vidējais=S.D. (standartnovirze) un amplitūda attēlota / Mean=S.D. (standart deviation) and range presented.

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

Sugu daudzveidība ilglaicīgajos parauglaukumos

Uz 20 ilglaicīgi pētītajiem kokiem konstatētas 29 sūnu un 16 ķērpju sugas (7. tabula). Uz priedēm un bērziem galvenokārt atzīmēti ķērpji no *Cladonia*, *Hypogymnia*, *Platizmatia*, *Parmeliopsis* u.c. ģintīm. Sūnu sugām bagātākie forofīti ir Mežoles meža novadā pētītās apses (objekts

"Kazarmu apses"), uz kurām sastopamas arī dabisko meža biotopu indikatorsugas *Homalia trichomanoides* un *Neckera pennata*. Šīs sugas atzīmētas gan 1999., gan 2013. gadā, bet 2013. gadā to projektīvais segums ir lielāks un vitalitāte labāka (nav nobrūņējušu augu, kādi fiksēti 1999. gadā). Kopējais konstatēto sugu skaits 2013. gadā, salīdzinot ar 1999. gadu, ir nedaudz pieaudzis: sūnām uz koku pamatnēm līdz 0,5 m augstumam –

no 17 līdz 23 sugām, no 0,5 m līdz 2 m augstumam – no 10 līdz 13 sugām, augstāk par 2 m – no 4 līdz 8 sugām. Izplatītākās sūnu sugas, kas sastopamas uz stumbriem dažādā augstumā, ir: *Orthotrichum speciosum*, *Pylaisia polyantha* un *Sanionia uncinata*, kuras atzīmētas uz apsēm. Arī ķērpju sugu skaits ir nedaudz pieaudzis – attiecīgi no 6 līdz 8, no 10 līdz 13 un no 6 līdz 10 sugām stumbru augšdaļā. Izplatītākās sugas ir: *Hypogymnia physodes*, *Parmeliopsis ambigua* un *Platizmatia glauca*, kas atzīmētas uz priedēm.

Kā piemērs epifītisko sugu dinamikas novērojumiem 14 gadu laikā analizēts pētījumu objekts Mežoles meža novadā „Kazarmu apses”. Uz apšu pamatnēm līdz 0,5 m augstumam kopš 1999. gada līdz 2013. gadam ieviesušās 9 sugas: *Amblystegium subtile*, *Brachythecium rutabulum*, *Cirriphyllum piliferum*, *Climacium dendroides*, *Eurhynchium angustirete*, *Lecidella sp.*, *Orthotrichum spe-*

ciosum, *Plagiochila porelloides* un *Plagiomnium affine*. Atkārtoti nav atrastas divas sugas: *Dicranum scoparium* un *Hypnum cupressiforme*. Ievērojami pieaudzis *Homalia trichomanoides* un, it sevišķi, *Neckera pennata* projektīvais segums (6. tabula).

Uz apšu stumbriem 0,5–2 m augstumā ieviesušās četras sugas: *Amblystegium serpens*, *A. subtile*, *Hypnum cupressiforme* un *Orthotrichum obtusifolium*. Atkārtoti nav atrastas 2 sugas: *Graphis scripta* un *Hypnum pallescens*. Ievērojami pieaudzis *Neckera pennata*, kā arī *Pylaisia polyantha* un *Radula complanata* projektīvais segums (6. tabula).

Uz apšu stumbriem augstumā virs 2 m ieviesušās četras sugas: *Amblystegium serpens*, *A. subtile*, *Lecanora sp.* un *Sanionia uncinata*, bet izzudušu sugu nav. Ievērojami pieaudzis *Orthotrichum speciosum* un *Pylaisia polyantha* projektīvais segums (6. tabula).

6. tabula / Table 6

Epifītu vidējā projektīvā seguma izmaiņas objektā “Kazarmu apses”
Changes of mean projective cover of epiphytes in research site “Kazarmu apses”

Suga / augstums uz stumbra Species / height on stem	Vidējais projektīvais segums Mean projective cover	
	1999	2013
0–0,5 m		
<i>Amblystegium serpens</i>	0,6	1,1
<i>Amblystegium subtile</i>	0	6,5
<i>Brachythecium rutabulum</i>	0	0,3
<i>Brachythecium salebrosum</i>	5,1	14,7
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	0	0,3
<i>Climacium dendroides</i>	0	0,1
<i>Dicranum scoparium</i>	0,1	0,7
<i>Eurhynchium angustirete</i>	0	0

6. tabula (turpinājums) / Table 6 (continued)

Suga / augstums uz stumbra Species / height on stem	Vidējais projektīvais segums Mean projective cover	
	1999	2013
<i>Homalia trichomanoides</i>	15,9	1,2
<i>Hypnum cupressiforme</i>	1,2	32,2
<i>Lecanora sp.</i>	0,1	0
<i>Lecidella sp.</i>	0	0,3
<i>Neckera pennata</i>	0,4	5,3
<i>Orthotrichum speciosum</i>	0	0,1
<i>Plagiochila porelloides</i>	0	0,4
<i>Plagiomnium affine</i>	0	0,1
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	0,2	0,3
<i>Pylaisia polyantha</i>	0,1	0,4
<i>Radula complanata</i>	0,2	1,3
<i>Sanionia uncinata</i>	2,9	1,6
0,5–2 m		
<i>Amblystegium serpens</i>	0	0,3
<i>Amblystegium subtile</i>	0	0,2
<i>Graphis scripta</i>	0,5	4,5
<i>Hypnum cupressiforme</i>	0	0
<i>Lecanora sp.</i>	17,5	0,1
<i>Lecidella sp.</i>	1,8	0,5
<i>Neckera pennata</i>	2,1	7,6
<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	0	0,1
<i>Orthotrichum speciosum</i>	0,1	0,4
<i>Pylaisia polyantha</i>	0,1	2,3
<i>Radula complanata</i>	1,3	2,4
<i>Sanionia uncinata</i>	0,9	0,5
<i>Ulota crispa</i>	0,1	0,1
>2 m		
<i>Amblystegium serpens</i>	0	0,1
<i>Amblystegium subtile</i>	0	0,2
<i>Lecanora sp.</i>	0	0,1
<i>Orthotrichum speciosum</i>	0,1	0,5
<i>Pylaisia polyantha</i>	0,1	0,4
<i>Radula complanata</i>	0,2	0,2
<i>Sanionia uncinata</i>	0	0,1

Epifītisko sugu dinamika Valguma un Mežoles pētījumu objektos 14 gadu laikā
Dynamics of epiphytic species in Valgums and Mežole research sites during 14 years

Sūnu / ķērpju suga <i>Bryophyte / lichen species</i>	Augstums uz stumbra / <i>Height on stem</i>		
	0–0,5 m	0,5–2 m	> 2 m
<i>Sūnas / Bryophytes</i>			
<i>Amblystegium serpens</i>	M99, M13, V13	M13	M13
<i>Amblystegium subtile</i>	M13	M13	M13
<i>Brachythecium rutabulum</i>	M13, V13		
<i>Brachythecium salebrosum</i>	M99, M13, V99, V13		
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>	V13		
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	M13		
<i>Climacium dendroides</i>	M13		
<i>Dicranum montanum</i>		V99, V13	
<i>Dicranum scoparium</i>	M99, M13, V99		V13
<i>Eurhynchium angustirete</i>	M13		
<i>Homalia trichomanoides</i>	M99, M13		
<i>Hypnum cupressiforme</i>	M99, V99, V13	M13, V13	V13
<i>Hypnum pallescens</i>	V99	M99	
<i>Lophocolea heterophylla</i>	V99, V13	V13	
<i>Neckera pennata</i>	M99, M13	M99, M13	
<i>Orthotrichum obtusifolium</i>		M13	
<i>Orthotrichum speciosum</i>	M13, V13	M99, M13, V13	M99, M13, V13
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	V99, V13		
<i>Plagiothecium laetum</i>	V99	V99	
<i>Plagiochila porelloides</i>	M13		
<i>Plagiomnium affine</i>	M13		
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	M99, M13		
<i>Pohlia nutans</i>	V99		
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	M13V99, V13	V99, V13	
<i>Pylaisia polyantha</i>	M99, M13, V13	M99, M13	M99, M13
<i>Radula complanata</i>	M99, M13, V13	M99, M13	M99, M13, V13
<i>Sanionia uncinata</i>	M99, M13	M99, M13	M13
<i>Tetraphis pellucida</i>	V99		
<i>Ulota crispa</i>	V13	M99, M13, V13	V13
<i>Ķērpji / Lichens</i>			
<i>Cladonia chlorophaea</i>	V13		
<i>Cladonia coniocraea</i>	V13	V13	

7. tabula (turpinājums) / Table 7 (continued)

Sūnu / ķērpju suga <i>Bryophyte / lichen species</i>	Augstums uz stumbra / <i>Height on stem</i>		
	0–0,5 m	0,5–2 m	> 2 m
<i>Cladonia sp.</i>	M99, M13, V99, V13	M99, V99, V13	V99, V13
<i>Evernia prunastri</i>		V99, V13	V99, V13
<i>Graphis scripta</i>		M99	
<i>Hypogymnia physodes</i>	M99, M13, V99, V13	M99, M13, V99, V13	M99, M13, V99, V13
<i>Lecanora sp.</i>	M99, M13	M99, M13, V13	M13
<i>Lecidella sp.</i>	M13	M99, M13, V13	
<i>Melanelia subargentifera</i>		M13	
<i>Melanelia sp.</i>		V13	V13
<i>Parmelia sulcata</i>		V13	V13
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	V99, M99, M13	V99, M99, M13	M99, M13
<i>Platzmatia glauca</i>	M99, M13	V99, M99, M13	V99, M99, M13
<i>Pseudoevernia furfuracea</i>		M99	M13
<i>Usnea hirta</i>	M99	M99, M13	M99, M13
<i>Vulpicida pinastri</i>		M13, V13	

Apzīmējumi / Legend: M99, M13 – suga konstatēta Mežoles objektos 1999. vai 2013. gadā / *Species recorded in Mežole research sites at 1999 or 2013*; V99, V13 – suga konstatēta Valguma objektos 1999. vai 2013. gadā / *Species recorded in Valguma research sites at 1999 or 2013*.

Diskusija

Pētījuma rezultāti no pirmās sugu uzskaites liecināja, ka 11 gadu laikā pēc mežizstrādes uz viena ekoloģiskā koka vidēji sastopamas 6 sūnu sugas un tikpat daudz ($n = 6$) ķērpju sugu. Meža apsaimniekošana, veicot kailcirti, nodrošina vismaz daļas sugu saglabāšanos, bet apkārtējā epifītu flora pēc kailcirtes izzūd (Oldén *et al.*, 2014). Iepriekšējos pētījumos noskaidrots, ka sūnu sugu bagātība stabilizējas vidēji pēc 6 gadiem, savukārt ķērpju skaits 5–6 gadu laikā pēc traucējuma var pieaugt (Lõhmus, Lõhmus, 2010). Lai arī tā ir tikai pirmējā informācija, ņemot vērā zinātnisko publikāciju datus, jāsecina, ka epifītu veģetācija uz apsekotajiem ekoloģiskajiem kokiem 11 gadu laikā varētu

būt radusies gan sugu stabilizēšanās, gan jaunu sugu kolonizācijas rezultātā.

Pētījumā konstatēts, ka lielākā daļa no bieži sastopamajām sūnu sugām (kuras no visiem apsekotajiem kokiem noteiktas vairāk nekā 30 % gadījumu) ir fakultatīvie lapu sūnu epifīti (Аболинь, 1968). Kā piemērs minamas sūnu sugas: *Dicranum montanum*, *Dicranum scoparium*, *Brachythecium salebrosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Pylaisia polyantha*. Šie sūnaugi, atšķirībā no obligātajiem epifītiem, aug ne tikai uz dzīvajiem kokiem, bet arī uz citiem substrātiem, kā, piemēram, trupošas koksnes (Аболинь, 1968). Tātad pēc apkārtējo koku izciršanas pētījumā bieži atzīmētās sugas fizioloģiski ir spējušas pārdzīvot ekstrēmās augšanas apstākļus un piemēroties

dzīves vides izmaiņām (Caners *et al.*, 2010). Savukārt sūnu sugas *Otrhotrichum speciosum* bagātību uz kokiem skaidro tās ciņveida dzīves forma (Schofield, 2001), kurai nepieciešami noteikti apkārtējās vides apstākļi (Oishi, 2009). Ciņa augšanas formas priekšrocības ir pietiekama ūdens uzkrājuma veidošana un efektīva gaismas izmantošana, kas nosaka sugas *Orthotrichum speciosum* spēju dominēt atklātās vietās (Löhmus *et al.*, 2006).

Pētījumā konstatēts, ka pēc vairāk nekā 10 gadiem uz ekoloģiskajiem kokiem plaši sastopamas var būt arī aknu sūnas. Kā piemērs minama bieži konstatētā sugu *Radula complanata*, kaut gan zināms, ka aknu sūnas aktīvāk reaģē uz apkārtējās vides izmaiņām (Fenton *et al.*, 2003), it īpaši pirmajos gados pēc ciršanas ir vērojama to bojāeja (Löhmus *et al.*, 2006).

Salīdzinot iegūtās atziņas par izplatītākajām ķērpju sugām uz ekoloģiskajiem kokiem ar zinātnisko publikāciju datiem, redzam, ka plaši sastopamas divas lapu ķērpju sugas – *Hypogymnia physodes* un *Melanelixia glabrata*, kuras ir izturīgas pret gaismas stresu un bieži arī raksturīgas mežiem agrīnajā augšanas stadijā (Bensen, Coxon 2002; Gauslaa, Solhaug, 1996). Neskatoties uz to, ka krevu ķērpji morfoloģiskās uzbūves dēļ ir vairāk pakļauti izžūšanai (Hedenås, Hedsström, 2007) nekā lapu un krūmu ķērpji, tie no visu sugu sastāva veidoja 33 %. Ir zināms, ka krevu ķērpju sugas *Cladonia coniocraea*, *Lecanora spp.* un lapu ķērpju suga *Hypogymnia physodes* var būt labas kolonizētājas 10 gadus pēc izraisītā traucējuma (Lundström *et al.*, 2013), kas, iespējams, skaidrojams ar šo sugu lielo sastopamību uz apsekotajiem kokiem.

Analizējot sugu sastāvu, redzam, ka liela daļa ekoloģisko koku spēj nodrošināt apstākļus, lai uz tiem eksistētu arī dabisko mežu biotopu indikatorsugas. Kopumā no visiem apsekotajiem kokiem dabisko meža biotopu indikatorsugas konstatētas 64 % gadījumā. Tajā skaitā divas sūnu sugas – *Lejeunea cavifolia*, *Barbilophozia attenuata* – un viena ķērpju suga *Pertusaria pertusa* ir mikrolieguma sugas (MK noteikumi Nr. 940, 2012). Atzīts, ka lapu koku saglabāšana izcirtumos no iepriekšējām audzēm veido substrātus arī retām sūnu un ķērpju sugām, un ka šāda meža apsaimniekošana būtu efektīva bioloģiskās daudzveidības palielināšanai nākotnē (Rudolphi, Gustafsson, 2011).

GLM analīze liecināja, ka koku suga ir nozīmīgs faktors, kas nosaka epifītu bagātību uz ekoloģiskajiem kokiem. Uz platlapju koku sugām, kā *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra*, *Tilia cordata* un *Acer platanoides*, noteikts liels kopējais indikatorsugu un sūnu sugu skaits, jo platlapju kokiem raksturīgas vidēji augstas mizas pH vērtības un mitruma līmenis, salīdzinot ar citām lapu koku sugām un skujkokiem (Mežaka, Znotiņa, 2006; Mills, McDonald, 2005). Turpretī lielāka ķērpju sugu bagātība bieži novērota uz *Betula pendula* un *Tilia cordata* forofītiem, kas liecina, ka ķērpjiem nozīmīgi ir arī mazāk bāziski substrāti (Mežaka *et al.*, 2012). Viens no bagātākajiem substrātiem sugu skaita ziņā ir *Populus tremula*. To pierādīja izveidotie GLM modeļi. Tādējādi liecinot, ka parastā apse *Populus tremula* ir kvalitatīvs ekoloģiskais koks epifītu saglabāšanai apsaimniekotajās mežaudzēs (Gustafsson *et al.*, 2013; Gustafsson, Ericsson, 1995).

GLM analizē koka diametrs bija nozīmīgs rādītājs tikai sūnu sugu bagātībai. Tā kā rezultāti liecina, ka sūnu sugu blīvumu nav ietekmējusi koku suga, varētu secināt, ka primārais faktors, kas noteicis lielo sugu skaitu uz apsekotajiem kokiem dotajā pētījumā, bijis diametrs. Tas skaidrojams ar koka mizas fizikālo un ķīmisko īpašību izmaiņām (Barkman, 1958), turklāt lielāka diametra forofīti nodrošina lielāku epifītu sugu skaitu (Snäll *et al.*, 2003). Nevienā no GLM modeļiem parastais ozols, *Quercus robur*, nebija nozīmīga koku suga, kaut gan tas tiek raksturots kā epifītiem bagāta suga (Ikauniece *et al.*, 2012). Šādu rezultātu varētu skaidrot ņemot vērā, ka minētajā pētījumā apsekoto *Quercus robur* vidējais diametrs bija mazāks par 30 cm, un norādot, ka palielinoties koka diametram, šo ekoloģisko koku nozīme varētu pieaugt nākotnē.

Līdzīgi rezultāti iegūti, pētot epifītu sugu sastāva izmaiņas ilglaicīgajos parauglaukumos. Epifītu sugu skaits un projektīvais segums uz ekoloģiskajiem kokiem vairāk nekā 15 gadus pēc cirtes ir

pieaudzis, salīdzinot ar uzskaiti, kas veikta 4–5 gadus pēc cirtes. Dabisko meža biotopu sūnu indikatorsugu saglabāšanā liela nozīme ir parastajai apsei *Populus tremula*, kā tas konstatēts arī iepriekšējos pētījumos (Suško, 1998). Izpētē iekļauto parastās kļavas *Acer platanoides* forofītu vidējais diametrs bija mazāks par 30 cm, bet to nozīme epifītisko sugu izplatībā pieaug nākotnē.

Ekoloģisko koku galvenais mērķis ir veicināt bioloģisko daudzveidību, tai pašā laikā saglabājot mežaudžu ekonomisko vērtību mežaudzēs (Franklin *et al.*, 1997). Veiktais pētījums rāda, ka liela daļa epifītu spēj eksistēt uz ekoloģiskajiem kokiem, tādējādi tas varētu līdzsvarot izmaksas, kas saistītas ar atsevišķo koku atstāšanu izcirtumos. Tai pašā laikā Latvijā trūkst pētījumu, kas parādītu, vai ekoloģiskie koki ir nozīmīgi arī citām taksonu grupām – putniem, bezmugurkaulniekiem, augstākajiem augiem, sēnēm. Īpaši svarīgi būtu veikt ilglaicīgus pētījumus, kas sniegtu atbildes uz jautājumu, vai ekoloģisko koku nozīme pieaug nākotnē un vai tie veicina reto sugu izplatību.

Secinājumi

Pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka izcirtumos atstātie koki jaunajās mežaudzēs var būt pietiekami labs substrāts, jo uz tiem sastopamas daudzas no mežam raksturīgām sūnu un ķērpju sugām.

1. Epifītu sugu bagātību uz izcirtumos atstātajiem kokiem lielākoties nosaka koku suga. Visvairāk sugu konstatēts uz *Populus tremula* stumbriem.
2. Vienpadsmit gadu laikā uz izcirtumos atstātajiem kokiem ir saglabājušās, vai tos no jauna kolonizējušās, 15 dabisko mežu biotopu indikatorsugas.
3. Ilglaicīgi pētītajos objektos epifītisko ķērpju un sūnu sugu daudzveidība ir nedaudz pieaugusi, kā arī uzlabojusies epifītu – dabisko meža biotopu indikatorsugu – sūnu vitalitāte un uz stumbriem palielinājies to projektīvais segums.

Pateicība: pētījums veikts SIA “Meža nozares kompetences centrs” Eiropas Reģionālās Attīstības fonda projekta “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” (L-KC-11-0004) ietvaros.

Literatūra

1. Āboliņa, A., 1994. *Latvijas retās un aizsargājamās sūnas*. Rīga: LU Ekoloģiskā centra apgāds “Vide”, 24 lpp.
2. Āboliņa, A., 2001. Latvijas sūnu saraksts. *Latvijas Veģetācija* 3, 47–78.
3. Auniņš, A., 2010. *Eiropas Savienības aizsargājami biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata*. Rīga: Latvijas Dabas fonds, 319 lpp.
4. Barkman, J. J., 1958. *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Assen, Netherlands: Van Gorcum, 628 p.
5. Brosofske, D. K., Chen, J., Naiman, R. J., and Franklin, J. F., 1997. Harvesting effects on microclimatic gradients from small streams to uplands in Western Washington. *Ecological Applications* 7(4), 1188–1200.
6. Carners, R. T., Macdonald, S. E., and Belland, R. J., 2010. Responses of boreal epiphytic bryophytes to different levels of partial canopy harvest. *Botany* 88, 315–328.
7. Fenton, N. J., Frego, K. A., and Sims, M. R., 2003. Changes in forest floor bryophyte (moss and liverwort) communities 4 years after forest harvest. *Canadian Journal of Botany* 81, 714–731.
8. Franklin, J. F., Berg, D. R., Thornburgh, D. A., and Tappeiner, J. C., 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems. In: Franklin, J. F. (eds.) *Creating a forestry for the 21 st century*. Wasington: Island Press, pp. 111–139.
9. Gauslaa, Y., and Solhaug, K. A., 2001. Fungal melanins as a sun screen for symbiotic green algae in the lichen *Lobaria pulmonaria*. *Oecologia* 126: 462–471.
10. Grolle, R., and Long, D. G., 2000. Bryological Monograph. An annotated check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of Europe and Macaronesia. *Journal of Bryology* 22, 103–140.
11. Gustafsson, L., Fiskesjö, A., Hallingbäck, T., Ingelög, T., and Pettersson, B., 1992. Semi-natural deciduous broadleaved wood in Southern Sweden – habitat factors of importance to some bryophyte species. *Biological Conservation* 59, 175–181.
12. Gustafsson, L., and Eriksson, I., 1995. Factors of importance for epiphytic vegetation of aspen *Populus tremula* with special emphasis on bark chemistry and soil chemistry. *Journal of Applied Ecology* 32, 412–424.
13. Gustafsson, L., Fedrowitz, K., and Hazeel, P., 2013. Survival and vitality of macrolichen 14 years after transplantation on aspen trees retained at clearcutting. *Forest Ecology and Management* 291, 436–441.
14. Gustafsson, L., Kouki, J., and Sverdrup-Thygeson, A., 2010. Tree retention as a

- conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25, 295–308.
15. Hallingbäck, T., 1991. Mossor som indikerar skyddsvärd skog. *Svensk. Bot. Tidskr.* 85, 321–332.
 16. Hedenäs, H., and Hedström, P., 2007. Conservation of epiphytic lichens: Significance of remnant aspen (*Populus tremula*) trees in clear-cuts. *Biological Conservation* 135, 388–395.
 17. Hill, O. M., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, A. M., Bruges, M., Cano, J. M., Enroth, J., Flatberg, I. K., Pharm, P. J., Gallego, T. M., Garilleti, R., Guerra, J., Hedenäs, L., Holyoak, T. D., Hyvönen, J., Ignatov, S. M., Lara, F., Mazimpaka, V., Munoz, J., and Söderström, L., 2006. Bryological Monograph. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. *Journal of Bryology* 28, 198–267.
 18. Ikauniece, S., Brūmelis, G., and Kondratovičs, T., 2012. Naturalness of *Quercus robur* stands in Latvia, estimated by structure, species and processes. *Estonian Journal of Ecology* 61(1), 64–81.
 19. Jalonen, J., and Vanha-Majamaa, I., 2001. Immediate effects of four different felling methods on mature boreal spruce forest understorey vegetation in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 146, 25–34.
 20. Jukoniene, I., 2003. *Lietuvos kiminai ir žaliuosios samanės. Mosses of Lithuania*. Vilnius: Botanikos instituto leidykla, 402 lp.
 21. Lõhmus, A., and Lõhmus, P., 2010. Epiphyte communities on the trunks of retention trees stabilise in 5 years after harvesting, but remain threatened due to tree loss. *Biological Conservation* 143, 891–898.
 22. Lõhmus, O., Rosenvald, R., and Lõhmus, A., 2006. Effectiveness of solitary retention trees for conserving epiphytes: differential short-term responses of bryophytes and lichens. *Canadian Journal of Forest Research* 36, 1319–1330.
 23. Lundström, J., Jonsson, F., Perhans, K., and Gustafsson, L., 2013. Lichen species richness on retained aspens increases with time since clear-cutting. *Forest Ecology and Management* 293, 49–56.
 24. Mežaka, A., Brūmelis, G., and Piterāns, A., 2008. The distribution of epiphytic bryophyte and lichen species in relation to phorophyte characteristics in Latvia natural old-growth broad leaved forests. *Folia Cryptog. Estonica, Fasc.* 44, 89–99.
 25. Mežaka, A., Brūmelis, G., and Piterāns, A., 2012. Tree and stand-scale factors affecting richness and composition of epiphytic bryophytes and lichens in deciduous woodland key habitats. *Biodiversity and Conservation* 21(12), 3221–3241.
 26. Mežaka, A., and Znotiņa, V., 2006. Epiphytic bryophytes in old growth forests of slope, screes and ravine in north-west Latvia. *Acta Universitatis Latviensis* 710, 103–116.
 27. Mežaka, A., Znotiņa, V., and Piterāns, A., 2005. Distribution of epiphytic bryophytes in five Latvian natural forest stands of slopes, screes and ravines. *Acta Biologica*

- Universitatis Daugavpiliensis* 5(2), 101–108.
28. Mills, S. E., and Macdonald, S. E., 2005. Factors influencing bryophyte assemblage at different scales in the western Canadian boreal forest. *The Bryologist* 108(1), 86–100.
 29. Oishi, Y., 2009. A survey method for evaluating drought-sensitive bryophytes in fragmented forests: A bryophyte life-form based approach. *Biological Conservation* 142, 2854–2861.
 30. Oldén, A., Ovaskainen, O., Kotiaho, J. S., Laaka-Lindberg, S., and Halme, P., 2014. Bryophyte species richness on retention aspens recovers in time but community structure does not. *PLoS ONE* 9(4), e93786. doi:10.1371/journal.pone.0093786
 31. Peck, J. E., 2010. *Multivariate analyses for community ecologists: Step-by-Step using PC-ORD*. Glendon Beach: MjM Software Design, OR, 162 p.
 32. Perhans, K., Appelgren, L., Jonsson, F., Nordin, U., Söderström, B., and Gustafsson, L., 2009. Retention patches as potential refugia for bryophytes and lichens in managed forest landscapes. *Biological Conservation* 142, 1125–1133.
 33. Perhans, K., Gustafsson, L., Jonsson, F., Nordin, U. and Weibull, H., 2007. Bryophytes and lichens in different types of forest set-asides in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 242, 374–390.
 34. Piterāns, A., 2001. Latvijas ķērpju konspekts. *Latvijas Veģetācija* 3, 5–46.
 35. Rosenvald, R., and Lōhmus, A., 2008. For what, when, and where is green-tree retention better than clear-cutting? A review of the biodiversity aspects. *Biological Conservation* 255, 1–15.
 36. Rudolphi, J., and Gustafsson, L., 2011. Forests regenerating after clear-cutting function as habitat for bryophyte and lichen species of conservation concern. *PLoS ONE* 6(4), e18639. doi:10.1371/journal.pone.0018639.
 37. Schofield, W. B., 2001. *Introduction to Bryology*. New Jersey: The Blackburn Press, 431 pp.
 38. Smith, C., Aptroot, A., Coppins, B., Fletcher, A., Gilbert, O., James, P., and Wolseley, P., 2009. *The Lichens of Great Britain and Ireland edited by British Lichen Society*. Great Britain: MPG Books Group, 1046 pp.
 39. Snäll, T., Ribeiro Jr., P., and Rydin, H., 2003. Spatial occurrence and colonisations in patch-tracking metapopulations: local conditions versus dispersal. *Oikos* 103, 566–578.
 40. Suško, U., 1998. *Latvijas dabiskie meži. Pētījums par bioloģiskās daudzveidības struktūrām, atkarīgajām sugām un meža vēsturi*. Rīga: WWF – Pasaules Dabas fonds, 186 lpp.
 41. Zuur, A. F., Ieno, E. N., and Smith, G. M., 2007. Introduction to mixed modelling. Chapter 8. In: Gail, M., Krickeberg, K., Samet, J., Tsiatis, A., and Wong, W. (eds.). *Statistics for Biology and Health. Analysing Ecological Data*. United States of America: Springer Science + Business Media, LLC, pp. 125–142.
 42. Аболинь, А. А., 1968. *Листостебельные мхи Латвийской ССР*. Рига: Зинатне, 331 стр.

43. Noteikumi par koku ciršanu meža zemēs, LR MK noteikumi Nr. 935, 2012. [WWW dokuments]. – <http://likumi.lv/doc.php?id=253760> (izdrukāts 2015. gada 10. janvārī).
44. Īpaši aizsargājamo zīdītāju, abinieku, rāpuļu, bezmugurkaulnieku, vaskulāro augu, sūnu, aļģu, ķērpju un sēņu sugas, kurām izveidojami mikroliegumi, LR MK noteikumi Nr. 940, 2012). [WWW dokuments]. – <http://likumi.lv/doc.php?id=253746> (izdrukāts 2015. gada 10. janvārī).
45. AS “Latvijas valsts meži”, 2015. *Mežizstrāde*. [WWW dokuments]. – <http://www.lvm.lv>, (izdrukāts 2015. gada 10. janvārī).