



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

L-KC-11-0004

Pārskats par pētījuma

Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai

virziena

Mežaudžu vitalitātes un produktivitātes nodrošināšanas iespēju izpēte klimata izmaiņu kontekstā

8. aktivitātes rezultātu izpildi

**Pētījums veikts sadarbībā ar:
Latvijas Valsts mežzinātnes institūtu „Silava”
AS „Latvijas valsts meži”
SIA "MKNK"**

Virziena vadītājs _____ Āris Jansons

2015.gada jūnijs

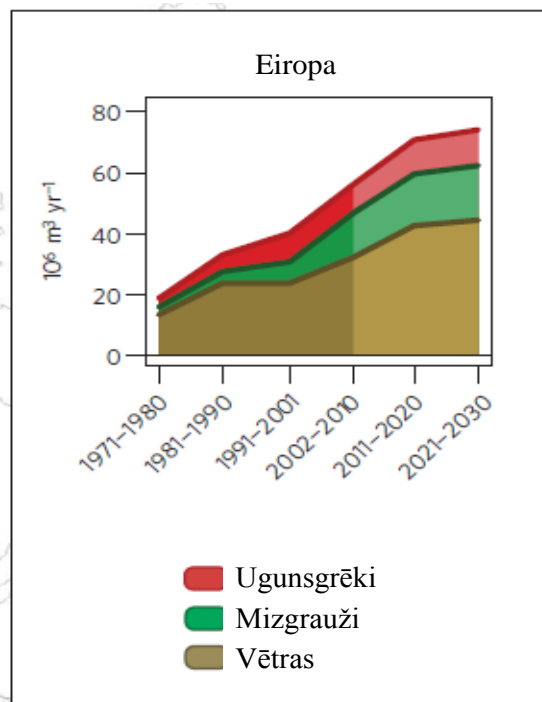
Pētījumu rezultātu apraksts par dažādiem potenciāliem pasākumiem, kas pēc turpmākas validēšanas atbilstoši katrai specifiskajai situācijai varētu būt izmantojami meža apsaimniekošanas plānošanai un mežsaimniecisko darbu veikšanai, ar mērķi veicināt mežaudžu adaptāciju prognozētajām klimata izmaiņām

SATURS

Ievads.....	3
1. Ugunsbīstamība	4
2. Vēja bojājumu risks	8
3. Dendrofāgo kukaiņu savairošanās varbūtība.....	17
4. Sasalstoša lietus bojājumu risks	20
5. Koku sugu piemērotība klimatam.....	22
6. Papildus pieauguma veidošanās	24
Izmantotā literatūra.....	27

Ievads

Pētījuma rezultāti Latvijā, līdzīgi kā Eiropā kopumā (1. att.), liecina par nozīmīgu dažādu biotisko un abiotisko faktoru ietekmes uz kokaudzēm palielināšanos klimata izmaiņu ietekmē.



1. attēls. Nozīmīgākos bojājumus kokaudzēm izraisošie faktori un bojājumu apjoma izmaiņu prognoze (Seidl et al., 2014).

Informācijas analīze par prognozētajām klimata izmaiņām Latvijas teritorijā, kā arī zinātniskās literatūras apkopojums un detalizēti veikto pētījumu apraksti ietverti citos projekta pārskatos; šajā pārskatā konspektīvi definētas pētītās problēmas un izvirzītās rekomendācijas to risināšanai.

1. Ugunsbīstamība

Meža ugunsgrēka izcelšanās varbūtību un ietekmi uz kokiem (t.i., risku) raksturo ugunsbīstamība. Ilgtermiņa ugunsbīstamības izmaiņu tendences savukārt ir nozīmīga informācija, pieņemot stratēģiskus lēmumus, piemēram, par infrastruktūras attīstību.

Meteoroloģisko apstākļu noteiktā ugunsbīstamība saistīta ar aizdegšanās varbūtību un degšanas intensitāti; to pieņemts raksturot ar indeksu. Aizdegšanās parasti notiek nobiru slānī (Davies, Legg, 2011). Tās varbūtība ir atšķirīga dažādu koku un zemsedzes augu sugu nobirām ar atšķirīgu ķīmisko sastāvu (Plucinski, Andersson, 2008), dažādiem nobiru veidiem (Fernandes, Cruz, 2012) un to kombinācijām. Aizdegšanās varbūtību nozīmīgi ietekmē meteoroloģiskie apstākļi (temperatūra, mitrums, vēja ātrums) un nobiru mitrums (Marino et al., 2010). Tātad ar meteoroloģiskajiem apstākļiem saistītās ugunsbīstamības raksturošanai nepieciešams identificēt tādu indeksu, kuram ir cieša korelācija ar nobiru mitrumu un tām tuvu esošā degmateriāla mitrumu, kas nozīmīgs sākotnējai uguns saglabāšanai / degšanas intensitātei.

Analīzē ietverti šādi ugunsbīstamības rādītāji:

- 1) FWI (*fire weather index*) – uguns laika apstākļu indekss, kā arī tā apakšindeksi:
 - a. FFMC (*fine fuel moisture code*) – smalko degmateriālu mitruma kods,
 - b. DMC (*duff moisture code*) – nobiru mitruma kods,
 - c. DC (*drought code*) – sausuma kods;
- 2) NI - Ņesterova indekss;
- 3) CNI – Modificētais Ņesterova indekss;
- 4) D – Meža degamības rādītājs.

Veicot meteoroloģisko un degmateriāla mitruma datu ievākšanu un analīzi, konstatēts, ka gan virsējo nobiru slāņa mitrums, kas norāda uz aizdegšanās iespēju, gan daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, kas raksturo potenciālo degšanas intensitāti, visciešāk korelē ar uguns laika apstākļu indeksu (FWI). Tomēr, lai droši rekomendētu indeksu izmantošanai ugunsbīstamības raksturošanai, būtiski novērtēt tā vērtību saikni ar reāli notikušiem ugunsgrēkiem, dažādu ugunsbīstamības klašu audzēs dažādās Latvijas vietās. Šāda analīze veikta, ugunsbīstamības indeksu vērtības aprēķinot periodam no 1. marta līdz 31. oktobrim, izmantojot 6 meteostaciju datus, par kurām brīvi pieejama ugunsbīstamības aprēķināšanai nepieciešamā informācija. Konstatēts, ka ugunsbīstamības rādītājiem FWI, NI, CNI, D, DMC un DC gan ikgadējās (n=10), gan ikmēneša (n=80), gan dekāžu (n=240) vidējo vērtību svārstības ir līdzīgas, jo starp šiem rādītājiem lineārās korelācijas ir pozitīvas un – lielākajā

daļā gadījumu – statistiski būtiskas ($r > r_{krit}$). Starp ikgadējām ugunsbīstamības rādītāju DMC, DC, FWI, NI, CNI, D vidējām vērtībām 10 gadu periodam un meža ugunsgrēku skaitu konstatētas ciešas lineāras korelācijas ($r > 0,8$), bet starp konstatēto meža ugunsgrēku skaitu un FFMC ugunsbīstamības rādītāju nav konstatētas lineāras korelatīvas sakarības. Meža ugunsgrēku un meteoapstākļu sakarības analizētas 2007.-2014.g. Pierīgā (30 km rādiusā no Rīgas centra). Konstatēts, ka šajā teritorijā 10% ir paaugstinātas ugunsbīstamības mežu, un tajos izceļas 25,9% no Pierīgā konstatētajiem meža ugunsgrēkiem (1.1.tab.). Līdzīga ugunsgrēku varbūtība ir arī mežos ar augstu ugunsbīstamību – šādu mežu platība ir 22,2% un tajos izceļas 45,9% meža ugunsgrēku. Tātad platībās ar paaugstinātu un augstu ugunsbīstamību ugunsgrēki izceļas 2,1-2,6 reizes biežāk nekā vidēji. Savukārt vidējas un zemākas ugunsbīstamības klasēm atbilstošos mežos ugunsgrēki izceļas 2-10 reizes retāk nekā vidēji (t.i., ja ugunsgrēku izcelšanās būtu pilnīgi nejauša).

Atbilstoši FWI klasei (1.1.tab.) 59,2% dienu ugunsbīstamajā periodā vērtējamas kā dienas ar zemu risku, savukārt 0,6% – ar ekstrēmu risku. Šajos periodos attiecīgi izcēlušies 10,5% un 4,3% no ugunsgrēkiem, kas nozīmē, ka ugunsgrēka izcelšanās varbūtība zema ugunsgrēka riska gadījumā ir 5,5 reizes mazāka, bet ekstrēma riska gadījumā – 6,95 reizes lielāka nekā pieņemot, ka ugunsgrēka izcelšanas varbūtība ugunsbīstamajā sezonā ir neatkarīga no meteoapstākļiem.

Līdzīgas tendences uzrāda arī Ņesterova indekss un D indekss, taču FWI precīzāk atspoguļo ugunsbīstamību. Modificētā Ņesterova indeksa klašu gadījumā 36% ugunsgrēku notiek zemas ugunsbīstamības apstākļos.

1.1.tabula

Ugunsgrēku īpatsvars dažādu meža ugunsbīstamības klašu audzēs dažādas ugunsbīstamības meteoapstākļos Pierīgā 2007.-2014.g. (ugunsgrēku skaits n=791, meža platība 26266 ha)

Audzes ugunsbīstamības klase	FWI indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	3.2	4.8	8.5	8.3	1.1	25.9	10.1
II (augsta)	4.6	8.6	13.0	18.3	1.4	45.9	22.2
III (vidēja)	2.5	5.6	7.6	7.8	1.6	25.2	48.5
IV (zema)	0.0	0.4	0.3	1.0	0.1	1.8	15.2
V (loti zema)	0.3	0.3	0.4	0.4	0.0	1.3	4.0
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	10.5	19.6	29.7	35.9	4.3	100	100
Dienu īpatsvars, %	59.2	20.8	13.4	6.0	0.6	100	
Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība	0.18	0.94	2.22	5.97	6.95		

Audzes ugunsbīstamības klase	Nesterova indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	3.2	4.4	14.8	4.1		25.9	10.1
II (augsta)	3.2	9.1	25.5	8.8		45.9	22.2
III (vidēja)	1.9	4.4	12.7	5.1		25.2	48.5
IV (zema)	0.0	0.3	1.2	0.1		1.8	15.2
V (ļoti zema)	0.0	0.4	0.7	0.1		1.3	4.0
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	8.3	18.6	54.9	18.3		100	100
Dienu īpatsvars, %	51.7	25.7	19.2	3.3	0.0	100	

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.16 0.72 2.85 5.52

Audzes ugunsbīstamības klase	Modificētā Nesterova indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	9.7	11.0	4.4	0.8		25.9	10.1
II (augsta)	16.4	20.9	6.8	1.8		45.9	22.2
III (vidēja)	8.7	12.8	2.8	0.9		25.2	48.5
IV (zema)	0.5	1.3	0.0	0.0		1.8	15.2
V (ļoti zema)	0.5	0.5	0.1	0.1		1.3	4.0
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	35.9	46.4	14.2	3.5		100	100
Dienu īpatsvars, %	80.7	15.9	3.0	0.5	0.0	100	

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.44 2.92 4.78 7.71

Audzes ugunsbīstamības klase	D indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (ļoti augsta)	2.5	3.4	14.4	5.6		25.9	10.1
II (augsta)	2.8	8.7	23.0	11.4		45.9	22.2
III (vidēja)	1.4	4.2	12.8	6.8		25.2	48.5
IV (zema)	0.0	0.1	1.3	0.4		1.8	15.2
V (ļoti zema)	0.1	0.3	0.6	0.3		1.3	4.0
Kopā, %	6.8	16.7	52.1	24.4		100	100
Dienu, %	50.9	22.3	22.4	4.3	0.0	100	

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.13 0.75 2.32 5.63

Pierīgas datiem pievienojot pārējo lielo pilsētu datus (30km rādiuss no Daugavpils, Liepājas, Jēkabpils, Valmieras, Ventspils centra), konstatēts, ka arī to tuvumā 10% mežu ir ar paaugstinātu ugunsbīstamību un tajos izceļas 25,8% no piepilsētās konstatētajiem mežu ugunsgrēkiem (1.2.tab.); aprēķinos nav iekļauta Jelgava un Jūrmala, jo to piepilsētu mežu platība pārklājas ar Rīgas piepilsētas mežiem. Taču ugunsgrēku varbūtība mežos ar augstu ugunsbīstamību ir ievērojami lielāka – šādu mežu platība ir 6,1% un tajos izceļas 38,3% meža ugunsgrēku. Tātad platībās ar paaugstinātu ugunsbīstamību ugunsgrēki izceļas 2,6 reizes biežāk nekā vidēji, bet platībās ar augstu ugunsbīstamību – 6,4 reizes biežāk. Savukārt zemas un ļoti zemas ugunsbīstamības mežos ugunsgrēki izceļas 5-10 reizes retāk nekā vidēji (t.i., ja ugunsgrēku izcelšanās būtu pilnīgi nejauša).

Atbilstoši FWI klasei (1.2.tab.) 64,2% dienu vērtētajā periodā ir ar zemu risku, savukārt 0,3% dienu – ar ekstrēmu risku. Šajos periodos attiecīgi izcēlušies 10,9 un 3,7% no ugunsgrēkiem, kas nozīmē, ka zema ugunsgrēka riska gadījumā ir 5,9 reizes mazāka varbūtība, bet ekstrēma riska gadījumā 10,7 reizes lielāka varbūtība, ka izcelsies ugunsgrēks, nekā pieņemot, ka tā izcelšanas varbūtība ugunsbīstamajā sezonā ir neatkarīga no meteoapstākļiem.

1.2. tabula

Ugunsgrēku īpatsvars dažādu meža ugunsbīstamības klašu audzēs dažādas ugunsbīstamības meteoapstākļos pilsētu tuvumā 2007.-2014.g. (ugunsgrēku skaits n=1906, meža platība 347511 ha)

Audzes ugunsbīstamības klase	FWI indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	3.4	7.7	7.8	6.0	0.8	25.8	10.0
II (augsta)	3.6	7.8	12.2	13.5	1.2	38.3	6.1
III (vidēja)	3.0	6.9	10.2	8.7	1.2	30.0	35.1
IV (zema)	0.6	1.0	0.9	1.4	0.4	4.4	38.5
V (ļoti zema)	0.3	0.1	0.6	0.5	0.1	1.6	10.3
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	10.9	23.5	31.7	30.1	3.7	100	100
Dienu īpatsvars, %	64.2	19.5	11.4	4.6	0.3		100

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.17 1.21 2.78 6.53 10.70

Audzes ugunsbīstamības klase	Nesterova indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	2.3	7.7	12.3	3.5		25.7	10.0
II (augsta)	2.7	8.3	20.9	6.4		38.3	6.1
III (vidēja)	2.6	6.4	16.5	4.4		30.0	35.1
IV (zema)	0.5	1.0	2.2	0.7		4.4	38.5
V (ļoti zema)	0.2	0.2	0.7	0.5		1.6	10.3
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	8.3	23.5	52.7	15.5		100	100
Dienu īpatsvars, %	53.9	25.2	18.5	2.5	0.0		100

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.15 0.93 2.85 6.17

Audzes ugunsbīstamības klase	Modificētā Nesterova indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	12.5	10.0	2.8	0.4		25.7	10.0
II (augsta)	14.4	18.0	5.0	0.9		38.3	6.1
III (vidēja)	11.6	15.2	2.7	0.5		30.0	35.1
IV (zema)	2.0	2.1	0.1	0.3		4.4	38.5
V (ļoti zema)	0.6	0.7	0.2	0.1		1.6	10.3
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	41.1	46.0	10.7	2.1	0.1	100	100
Dienu īpatsvars, %	83.2	14.4	2.2	0.2	0.0		100

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.49 3.19 4.96 9.92

Audzes ugunsbīstamības klase	D indeksa klase					Kopā, %	Meža platība, %
	I zems risks	II	III	IV	V ekstrēms risks		
I (paaugstināta)	3.4	5.2	12.9	4.2		25.7	10.0
II (augsta)	2.7	7.8	19.8	8.0		38.3	6.1
III (vidēja)	1.9	5.5	16.5	6.0		30.0	35.1
IV (zema)	0.6	0.6	2.4	0.8		4.4	38.5
V (ļoti zema)	0.2	0.1	0.7	0.6		1.6	10.3
Kopā ugunsgrēku īpatsvars, %	8.8	19.3	52.3	19.6	0.0	100	100
Dienu īpatsvars,%	53.9	21.9	20.6	3.7	0.0		100

Ugunsgrēku un dienu īpatsvara attiecība 0.16 0.88 2.54 5.35

Salīdzinot ugunsgrēku platības un skaita saistību ar meteoapstākļu ugunsbīstamības rādītājiem, konstatēts, ka visiem ugunsbīstamības rādītājiem, izņemot modificēto Nesterova indeksu, pastāv sakarība, ka, palielinoties ugunsbīstamības klasei, pieaug arī vidējā ugunsgrēka platība. Ņemot vērā konstatēto saikni starp uguns laika apstākļu indeksa un degmateriāla mitruma vērtībām, kā arī indeksa vērtību saikni ar notikušajiem ugunsgrēkiem, rekomendējams šo indeksu izmantot ugunsbīstamības prognozēšanai. Nozīmīgāk ugunsdzēsības infrastruktūru attīstīt ir tuvu pie lielākajām pilsētām, pievēršot pastiprinātu vērību paaugstinātas ugunsbīstamības (klasificētas pēc meža tipa, nevis koku sugas) audzēm.

2. Vēja bojājumu risks

Koku vēja noturību ietekmē:

- koka parametri, no kuriem daļu (vainaga garums, slaidums) var ietekmēt meža apsaimniekošanas procesā;
- audzes parametri, no kuriem daļu var ietekmēt meža apsaimniekošanas procesā (biezība un tās izmaiņas, ko raksturo laiks kopš retināšanas un tās intensitāte, sugu sastāvs u.c.);
- audzes novietojums meža masīvā (g.k., ar ko audze robežojas);
- teritorijas parametri, kas raksturo vēja ātrumu, kā arī citus tā ietekmi uz audzi determinējošus rādītājus (atsevišķos gadījumos šajā kategorijā iekļauj arī augsni).

Teritorijas vēja bojājumu draudu klasifikācija (TVBDK) paredzēta, lai prognozētu vēja radīto bojājumu draudus vidēja vai ilgtermiņa plānošanas procesā plašās teritorijās. Teritorijas vēja bojājumu draudu klasifikācijā ir iekļautas sekojošas komponentes:

- Vēja zonas rādītājs (*wind zone score*);
- Augstuma rādītājs (*elevation score*);
- Topogrāfiskās ekspozīcijas rādītājs (*topex score*);

- Aspekta rādītājs (*DAMS score*).

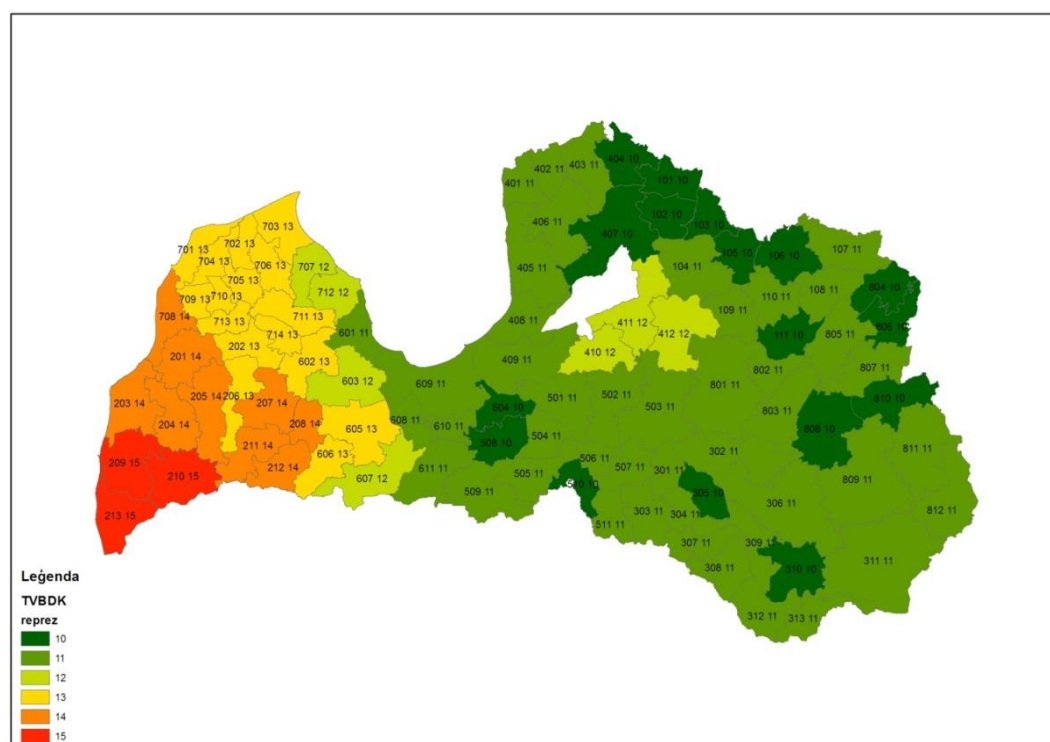
Veicot aprēķinus, izmantojot Quine un White (1993) izstrādāto metodiku, konstatēts, ka vidējā TVBDK Latvijā ir $11,36 \pm 1,72$. Izvērtējot Latvijas teritorijas sadalījumu pa vēja bojājumu draudu klasēm (2.1.tab.), konstatēts, ka 18% no Latvijas teritorijas TVBDK < 10, savukārt TVBDK > 16 tikai 0,2% no Latvijas teritorijas. Visaugstākā TVBDK ir Dienvidkurzemes un Ziemeļkurzemes mežsaimniecībās.

2.1.tabula

Teritoriju ar dažādām vēja bojājumu draudu klasēm īpatsvars (%) mežsaimniecībās

TVBDK	Austrum-vidzeme	Dienvid-kurzeme	Dienvid-latgale	Rietum-vidzeme	Vidus-daugava	Zem-gale	Ziemeļ-kurzeme	Ziemeļ-latgale	Vi-dēji
<10	30,6	0,7	21,8	24,7	23,4	9,5	2,1	22,1	17,8
10,01-12,0	59,0	5,8	68,9	61,6	67,3	45,5	17,6	69,6	52,0
12,01-14,0	10,3	38,3	9,3	13,0	9,0	40,3	63,5	8,0	21,1
14,01-16,0	0,1	53,7	0,0	0,7	0,3	4,7	16,8	0,3	8,9
>16,01	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
Vidēji	10,5	14,0	10,7	10,7	10,7	11,8	12,9	10,7	11,4

Teritoriju vēja bojājumu draudu klašu sadalījumu pa kvartālu apgabaliem atspoguļo 2.1. attēls un tam atbilstošo vēja ātrumu iestāšanās biežumu – 2.2. tabula.



Pirmais skaitlis – kvartālu apgabala Nr., otrs – TVBDK vērtība.

2.1. attēls. TVBDK vidējās vērtības kvartālu apgalos.

Vēja ātruma atgriešanās periods (gadi) dažādās TVBDK zonās pēc Latvijas meteostaciju datiem atbilstoši Gumbela sadalījumam (Donis, 2007)

Vidējais vēja ātrums, m s ⁻¹	Vēja ātruma atgriešanās (gadi) dažādās TVBDK zonās					
	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
12	50-33	33-20	20-10	<10	<10	<10
14	100-50	50-33	33-20	20-10	<10	<10
16	>100	100-50	50-33	33-20	<10	<10
18	>100	>100	100-50	50-33	20-10	20-10
20	>100	>100	>100	100-50	33-20	20-10
22	>100	>100	>100	>100	100-50	33-20
24	>100	>100	>100	>100	>100	100-50
26	>100	>100	>100	>100	>100	>100

Zinot, kāds vēja ātrums ir kritisks (t.i., pie kāda vēja ātruma sākas nozīmīgi koku bojājumi) noteiktai audzei, kā arī teritorijas vēja bojājumu draudu klasi un tai atbilstošo kritiskā vēja ātruma atgriešanās periodu, iespējams salīdzināt vēja bojājumu riskus, izvēloties dažādus audžu apsaimniekošanas režīmus, un izmantot iegūto informāciju stratēģisko lēmumu pieņemšanā.

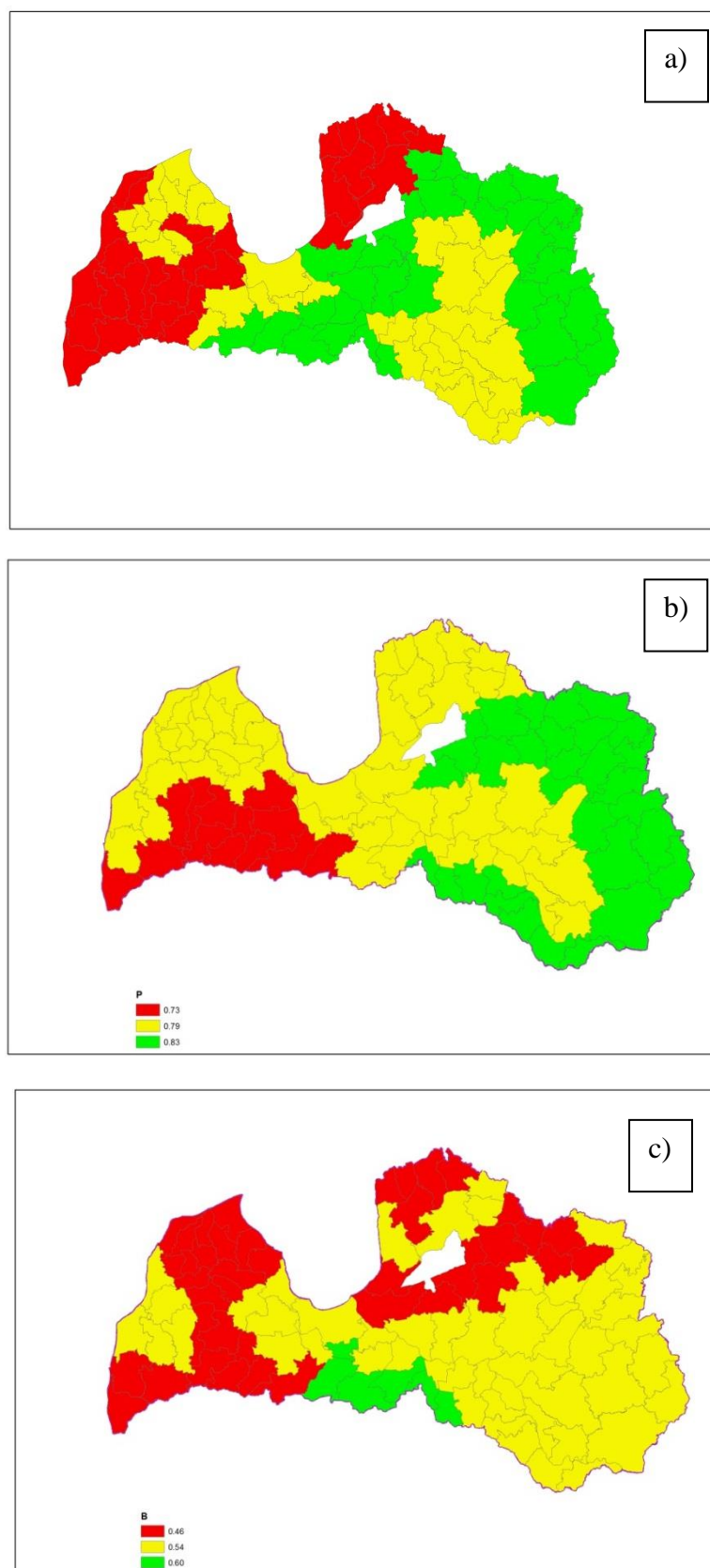
Lai novērtētu, vai izstrādātā TVBDK klasifikācija ir praktiski nozīmīga, kā indikators izmantots aaugstvērtīgo sortimentu iznākums pieaugušās audzēs, kas ir atkarīgs no audžu veidojošo koku dimensijām un kopējās audžu krājas ciršanas vecumā. To ietekmē gan augtēnes auglība (meža tips, bonitāte), gan augšanas laikā veiktā saimnieciskā darbība un dabiskie traucējumi, visnozīmīgāk – vējgāzes. Tās pazemina audžu dzīvo koku kopējo krāju gan tieši – kokus izgāžot, gan netieši:

- 1) novājinot izdzīvojušos kokus (lai arī koks netiek izgāzts vai nolauzts, tam tiek pārrauta daļa sakņu);
- 2) paaugstinot koku uzņēmību pret sakņu trūpi;
- 3) palielinot dendrofāgo kukaiņu, piemēram, egļu astoņzobu mizgrauža, radītos koku bojājumus.

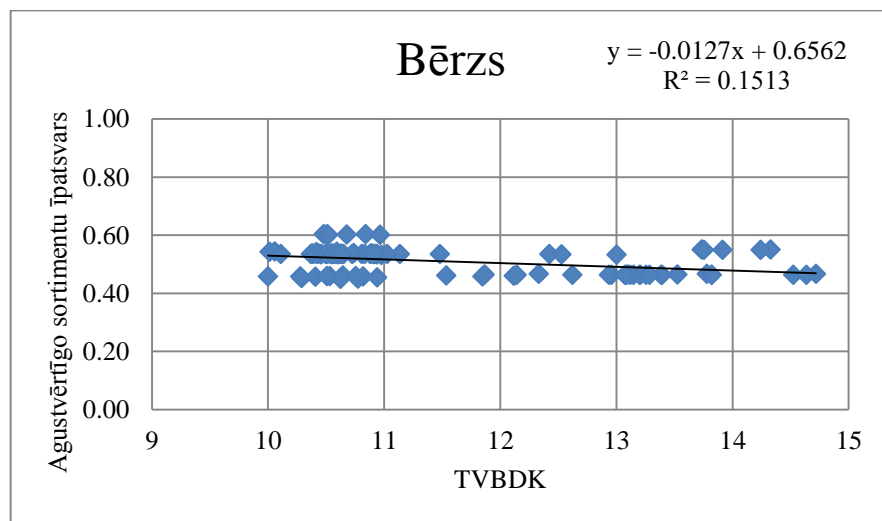
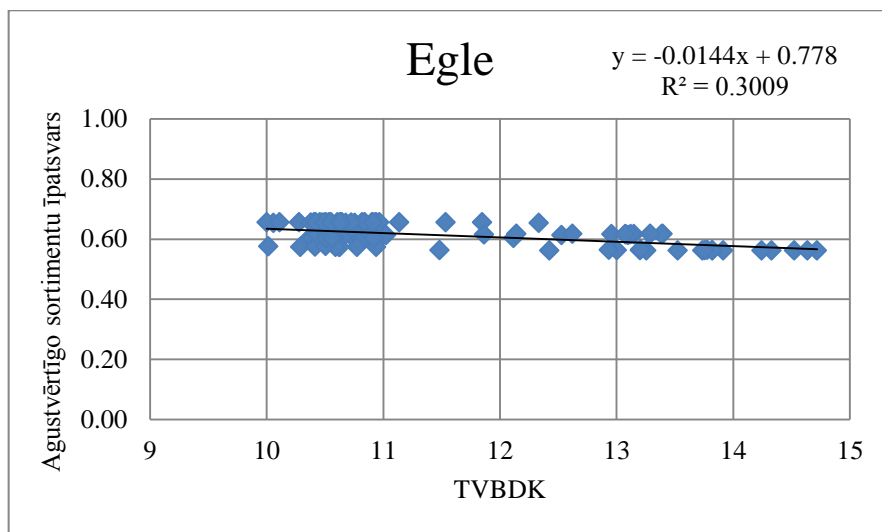
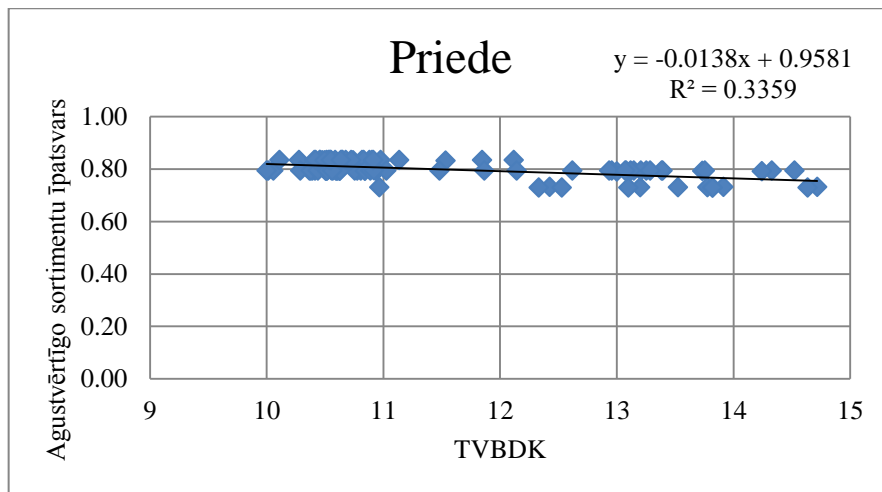
Augstvērtīgo sortimentu iznākuma raksturošanai kā piemērs izmantoti LVM dati iecirkņu (2.2.att.) ietvaros.

Pieaugušo priežu, egļu un bērzu audžu krājas raksturošanai izmantoti Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumi, kas atrodas katrā no trīs izdalītajām augstvērtīgo sortimentu iznākuma zonām. Konstatēta statistiski būtiska saikne starp augstvērtīgo sortimentu īpatsvaru

un teritorijas vēja bojājumu draudu klasēm (TVBDK): priežu audzēs $R^2=0,34$, egļu – 0,30, bērzu – 0,15 (2.3.att.).



2.2.attēls. Iecirkņu grupējums reģionos pēc augstvērtīgo sortimentu iznākuma pieaugušu a) egļu (a), priežu (b) un bērzu (c) audzēs (LVM dati).



2.3.attēls. Sakarība starp augstvērtīgo sortimentu iznākumu un teritorijas vēja bojājumu draudu klasi (TVBDK) priežu, egļu un bērzu audzēs.

Iegūtie rezultāti liecina, ka teritorijas vēja bojājumu draudu klasei ir ietekme uz meža apsaimniekošanas ekonomiskajiem rādītājiem, tātad to ir lietderīgi ņemt vērā stratēģiskajā plānošanā. Taču, lai šo rādītāju praktiski izmantotu, būtiski zināt kritisko vēja ātrumu (vēja

ātrums, kurš ir pietiekams, lai izgāztu vai nolauztu atbilstošu dimensiju koku) atkarībā no kokaudzes parametriem. Tas aprēķināts ar datorprogrammu HWIND (Peltola, 1999), izmantojot Meža statistiskās inventarizācijas datus par koku dimensijām (2.3.-2.5. tab.).

2.3.tabula

Kritiskais vēja ātrums ($m s^{-1}$) priežu audzēs atkarībā no audzes vecuma un apsaimniekošanas

Apsaimniekošana	A, gadi	Bonitāte											
		Ia		I		II		III		IV		V	
		Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums
Kopts	30	31	19	31	19								
	40	29	19			31	19						
	50	28	19	29	19			31	19				
	60			27	20	29	19						
	70	26	20					29	19	31	19		
	80	26	20			28	21						
	90			26	19								
	110	24	19	26	20	26	20	28	21			31	19
120									29	21	31	20	
Nekopts	30	35	24	36									
	40	32	23	35		37	25						
	50	31	23	33		34	24	38	25				
	60	30	22	32	23	34	24	36	25				
	70	29	21	31	23	33	23	35	25	38	26		
	80	28	21	29	22	31	23	33	24	36	25		
	90	27	21	29	22	31	23	32	23	36	25		
	100	26	21	28	21	30	22	32	24	35	25		
	110	26	20	28	22	30	22	30	23	33	24	38	26
120									34	24	39	26	

Apsaimniekošana – kokaudzes apsaimniekošanas režīms: kopts – atbilstoši LVM kopšanas ciršu modeļiem (LVM, 2015); nekopts – modelētās vērtības atbilstoši augšanas gaitas modeļiem,

A, gadi – audzes vecums, gadi;

Audze / izcirtums – apzīmē, ar ko vēja pusē robežojas konkrētā kokaudze

2.4.tabula

Kritiskais vēja ātrums ($m s^{-1}$) egļu audzēs atkarībā no audzes vecuma un apsaimniekošanas

Apsaimniekošana	A, gadi	Bonitāte									
		Ia		I		II		III		IV	
		Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums
Kopts	30	26	13	26	13						
	40	24	13			26	13				
	50	23	14	25	13			26	13		
	60			23	14	25	13				
	70							25	13	26	13
	80	22	15	23	14	23	14	25	14	26	14
Nekopts	30	30	18	31	18						
	40	28	18	29	18	31	19				
	50	27	17	28	18	29	18	31	19		
	60	26	18	26	19	28	18	30	19		
	70	25	17	26	18	28	18	29	19		
80	25	20	26	18	27	20	29	18			

Kritiskais vēja ātrums ($m\ s^{-1}$) bērzu audzēs atkarībā no audzes vecuma un apsaimniekošanas

Apsaim- niekošana	A, gadi	Bonitāte							
		Ia		I		II		III	
		Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums	Audze	Izcirtums
Kopts	30	31	20	31	20				
	40	29	19	29	19	31	20		
	50	27	20					31	20
	60			28	20	28	20		
	70	25	18					29	19
Nekopts	30	29	18	30	18				
	40	28	20	29	20	30	18		
	50	27	21	28	20	28	18	30	18
	60	26	19	27	20	28	20	29	18
	70	26	20	26	20	27	19	28	18

Piemēri par kritiskā vēja ātruma ikgadējās atgriešanās periodu atkarībā no valdošās koku sugas, TVBDK, bonitātes, audzes vecuma un novietojuma attiecībā pret blakus audzēm/izcirtumiem, atspoguļoti 2.6. tabulā.

Kritiskā vēja ātruma ikgadējās atgriešanās periods

Priede, TVBDK 10

A	Bonitāte											
	0		1		2		3		4		5	
	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.
	Kopts											
30	>100	>100	>100	>100								
40	>100	>100			>100	>100						
50	>100	>100	>100	>100			>100	>100				
60			>100	>100	>100	>100						
70	>100	>100					>100	>100	>100	>100		
80	>100	>100			>100	>100						
90			>100	>100								
110	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100			>100	>100
120									>100	>100	>100	>100
	Nekopts											
30	>100	>100	>100									
40	>100	>100	>100		>100	>100						
50	>100	>100	>100		>100	>100	>100	>100				
60	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100				
70	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
80	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	
90	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
110	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
120									>100	>100	>100	>100

Priede, TVBDK 15

A	Bonitāte											
	0		1		2		3		4		5	
	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.
	Kopts											
30	>100	<10	>100	<10								
40	>100	<10			>100	<10						
50	>100	<10	>100	<10			>100	<10				
60			>100	<10	>100	<10						
70	>100	<10					>100	<10	>100	<10		
80	100-50	<10			>100	<10						
90			100-50	<10								
110	50-33	<10	100-50	<10	>100	<10	>100	<10			>100	<10
120									>100	<10	>100	<10
	Nekopts											
30	>100	33-20	>100									
40	>100	`20-10	>100		>100	50-33						
50	>100	`20-10	>100		>100	33-20	>100	100-50				
60	>100	`20-10	>100	33-20	>100	50-33	>100	100-50				
70	>100	`20-10	>100	33-20	>100	33-20	>100	100-50	>100	100-50		
80	>100	<10	>100	`20-10	>100	33-20	>100	33-20	>100	50-33		
90	>100	`20-10	>100	`20-10	>100	33-20	>100	33-20	>100	50-33		
100	>100	<10	>100	`20-10	>100	`20-10	>100	33-20	>100	50-33		
110	100-50	<10	>100	`20-10	>100	`20-10	>100	`20-10	>100	33-20	>100	100-50
120									>100	50-33	>100	>100

Egle, TVBDK 10

A	Bonitāte									
	0		1		2		3		4	
	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.
	Kopts									
30	>100	<10	>100	<10						
40	>100	<10			>100	<10				
50	>100	<10	>100	<10			>100	<10		
60			>100	`20-10	>100	<10				
70							>100	<10	>100	<10
80	>100	33-20	>100	<10	>100	`20-10	>100	<10	>100	<10
	nekopts									
30	>100	100-50	>100	>100						
40	>100	>100	>100	100-50	>100	>100				
50	>100	100-50	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
60	>100	100-50	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
70	>100	100-50	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
80	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100		

Egle, TVBDK 15

A	Bonitāte									
	0		1		2		3		4	
	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.
	Kopts									
30	>100	<10	>100	<10						
40	50-33	<10			>100	<10				
50	33-20	<10	50-33	<10			>100	<10		
60			33-20	<10	50-33	<10				
70							50-33	<10	>100	<10
80	`20-10	<10	`20-10	<10	33-20	<10	50-33	<10	100-50	<10
	nekopts									
30	>100	<10	>100	<10						
40	>100	<10	>100	<10	>100	<10				
50	>100	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10		
60	100-50	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10		
70	100-50	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10		
80	100-50	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10		

Bērzs, TVBDK 10

A	Bonitāte							
	0		1		2		3	
	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.
	Kopts							
20	>100	>100	>100	>100				
30	>100	>100	>100	>100	>100	>100		
40	>100	>100					>100	>100
50			>100	>100	>100	>100		
60	>100	>100					>100	>100
70	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
	Nekopts							
20	>100	100-50	>100	100-50				
30	>100	>100	>100	>100	>100	100-50		
40	>100	>100	>100	>100	>100	100-50	>100	100-50
50	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
60	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
70	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100

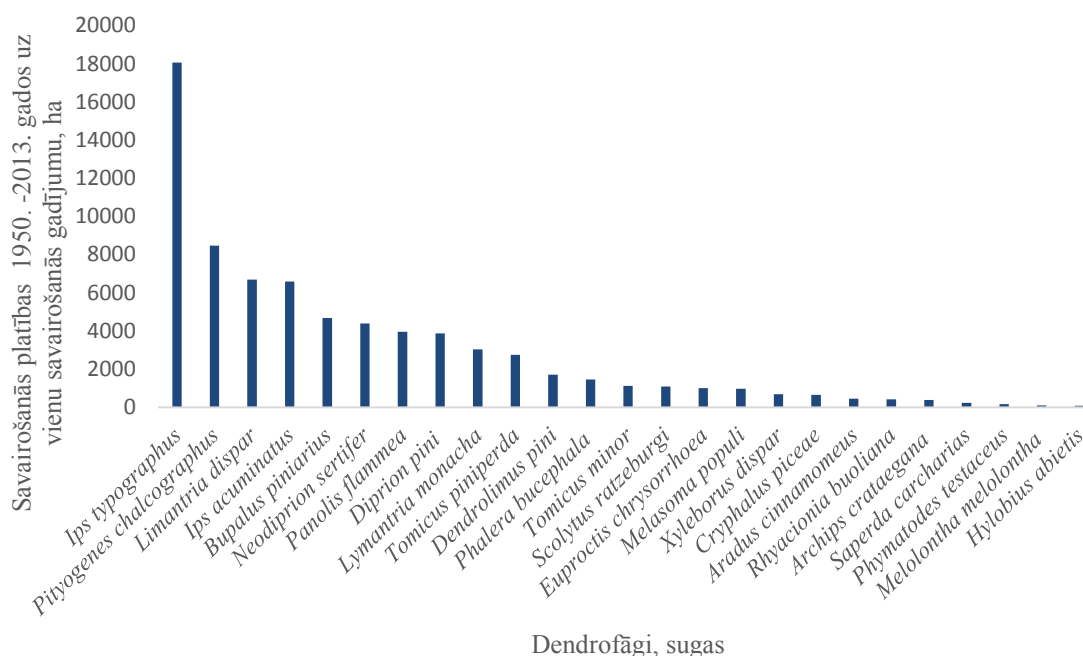
Bērzs, TVBDK 15

A	Bonitāte							
	0		1		2		3	
	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.	Audze	Izcirt.
	Kopts							
20	>100	<10	>100	<10				
30	>100	<10	>100	<10	>100	<10		
40	>100	<10					>100	<10
50			>100	<10	>100	<10		
60	100-50	<10					>100	<10
70	50-33	<10	100-50	<10	>100	<10	>100	<10
	Nekopts							
20	>100	<10	>100	<10				
30	>100	<10	>100	<10	>100	<10		
40	>100	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10
50	>100	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10
60	100-50	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10
70	100-50	<10	>100	<10	>100	<10	>100	<10

Ņemot vērā iegūtos rezultātus, vēja bojājumu riska mazināšanai rekomendējams veicināt koku individuālās stabilitātes (vēja noturības) veidošanos, savlaicīgi veicot audzes retināšanu; precīzi ievērot ciršanas plānošanas principus; vēja apdraudētākajā reģionā – Dienvidkurzemē – neveidot lielus vienlaidus egļu masīvus un, kur iespējams, īstenot tādu apsaimniekošanas režīmu, kas orientēts uz ciršanu pēc mērķa caurmēra.

3. Dendrofāgo kukaiņu savairošanās varbūtība

Veicot plašu zinātniskās literatūras datu apkopojumu un meta-analīzi un salīdzinot dendrofāgus pēc to vidējā savairošanās platību kopējā apjoma uz vienu savairošanās gadījumu laika periodā no 1950. līdz 2013. gadam Centrāleiropā (reģionā, kura klimats līdzīgs Latvijā nākotnē prognozētajam), konstatēts, ka visnozīmīgākā ietekme mežsaimniecībā bijusi egļu astoņzobu mizgrauzim *I. typographus* (vidējā vienas savairošanās skartā platība 18070 ha); nozīmīga savairošanās konstatēta arī tādām sugām kā egļu sešzobu mizgrauzis *P. chalcographus* (vidēji 8474 ha), ozolu mūķene *L. dispar* (vidēji 6698 ha), galotņu sešzobu mizgrauzis *I. acuminatus* (vidēji 6598 ha) (3.1.att.).



3.1.attēls. Dendrofāgu savairošanās platības periodā no 1950. līdz 2013. gadam uz vienu savairošanās gadījumu.

Salīdzinoši augstāks specializēto – monofāgo, t.i., vienam saimniekaugam raksturīgo kaitēkļu, skaits konstatēts priedei (10) un eglei (5). Savukārt, lielākais kopējais atlasīto dendrofāgu skaits konstatēts apsei (11) un ozolam (10). Ņemot vērā, ka priedei un eglei Latvijā ir liels meža platību īpatsvars un tām raksturīgs salīdzinoši augsts kopējais un specifisko dendrofāgu sugu skaits, lielākais kaitēkļu savairošanās risks prognozējams tieši skujkoku audzēs. Novērtējot skujkoku mizgraužu un lūksngraužu savairošanās platību dinamiku uz vienu savairošanās gadījumu laika periodā no 1950. līdz 2013. gadam,

konstatēts, ka izvēlētajām sugām tā ir līdzīga, korelācijas koeficienti starp atsevišķu sugu savairošanās platībām (uz vienu savairošanās gadījumu) ir statistiski būtiski ($p < 0,01$), un vairumā gadījumu pārsniedz 0,7; nedaudz mazākas korelācijas koeficientu vērtības konstatētas *I. typographus* (0,44-0,50).

Tā kā Latvijas mežsaimniecībai nozīmīgākajiem dendrofāgiem – *Bupalus piniarius* (priežu sprīžotājs), *Panolis flammea* (priežu pūcīte), *Diprion pini* (priežu parastā zāglapsene), *Ips typographus* (egļu astonzobu mizgrauzis), *Rhyacionia buoliana* (priežu galotnes dzinumu tinējs), *Lymantria monacha* (egļu mūķene), *Lymantria dispar* (ozolu mūķene), *Melasoma populi* (lielais apšu lapgrauzis) – prognozējams savairošanās platību apjoma pieaugums ilgstošā laika periodā, tad, iekļaujot šīs sugas meža kaitēkļu monitoringa pamatprogrammā, iespējama to savairošanās savlaicīga prognozēšana un to radītā kaitējuma samazināšana. Defoliatoru sugu savairošanās gadījumu savlaicīgā prognozēšanā iespējams izmantot arī satelītattēlu (vai citu attālās novērošanas sistēmu datu) analīzi, reģistrējot koku vainagu seguma izmaiņu dinamiku (Meshkova, 2006).

Iepriekšminētajām dendrofāgu sugām nozīmīgākie dabiskie ienaidnieki ir putni, piemēram, *Bupalus piniarius* intensīva putnu barošanās ar pieaugušiem kāpuriem notiek rudenī pirms putnu migrācijas, *Panolis flammea* kāpuri attīstās putnu mazuļu barošanās laikā, *Lymantria monacha* un *Lymantria dispar* notiek putnu barošanās ar tauriņiem. Tāpēc, meža kaitēkļu monitoringā novērojot strauju kukaiņu skaita pieaugumu, riska audzēs pastiprināta uzmanība jāpievērš putnu piesaistīšanai mežaudzēm – būru izvietošanai. Savlaicīgi izliktajos putnu būros piesaistītie dobumperētāji putni var būtiski samazināt skuju grauzēju kaitēkļu populāciju.

Egļu bruņuts

Projektā nozīmīgs darba apjoms veltīts vienas dendrofāgu sugas – egļu bruņuts (*Physokermes piceae*) – pirmā nozīmīgākā savairošanās gadījuma mūsu valsts teritorijā, izpētei. Šī dendrofāga izplatīšanās Ziemeļeiropā tiek saistīts ar klimata izmaiņām (Olsson et al., 2012; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010). Saskaņā ar pētījumiem, kas veikti Turcijā, egļu bruņuts savairošanos veicina ilgstoši sausuma periodi (1-2 nedēļas bez nokrišņiem) veģetācijas perioda laikā. Saskaņā ar klimata modeļu datiem, nākotnē Latvijā šādu bezlietus periodu iestāšanās varbūtība palielināsies. Tādēļ, kā arī ņemot vērā vidējās temperatūras paaugstināšanos, paredzams, ka nākotnē masveida egļu bruņuts savairošanās iespējamība mūsu valsts teritorijā palielināsies, un ir svarīgi savlaicīgi veikt profilaktiskos pasākumus, lai ierobežotu kaitēkļa izplatību un sekmētu bojāto audžu atveseļošanos. Būtiski atzīmēt, ka tajā laikā, kad Latvijā un Lietuvā notika masveida egļu bruņuts savairošanās, Igaunijā un Somijā

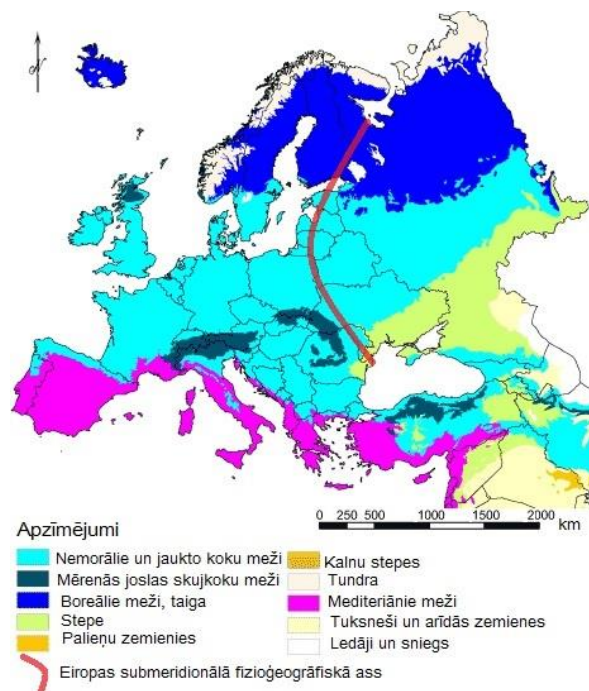
tika bojāti tikai atsevišķi koki. Tas liecina, ka šajās valstīs klimatiskie apstākļi vēl nav mainījušies tiktāl, lai notiktu masveida savairošanās.

Baltijas valstīs egļu bruņuts savairošanās sākās egļu tīraudzēs uz nosusinātām kūdras un minerālaugsnēm, bet pēc tam turpinājās egļu audzēs uz dabiski sausām augsnēm. Netika konstatēta bojājumu izplatības korelācija ar citu koku sugu piemirstojumu vai koku dimensijām. Tas liecina, ka riskam vienādi pakļautas gan egļu tīraudzes, gan mistraudzes, taču vispirms egļu bruņuts savairojas novājinātās egļu audzēs. Konstatēts, ka bruņuts intensīvas izplatīšanās fāze Latvijā, tāpat kā Dienvideiropas valstīs, ilgst 1-2 gadus (Turguter, Ülgentürk, 2006; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010). Pēc šīs fāzes ietekmētajās audzēs konstatēta bojāto koku atveseļošanās, t.i., stipri bojāto koku īpatsvara samazināšanās. Atveseļojušos koku ar sākotnējo defoliācijas pakāpi virs 60% ir 2,5 reizes vairāk nekā šīs pašas kategorijas nokaltušo koku. Taču šajā periodā novājinātās audzes ietekmē citi dendrofāgie kukaiņi, galvenokārt mizgrauži. Visvairāk stumbra kaitēkļu bojājumu konstatēts tiem kokiem, kuriem iepriekš bijusi visaugstākā egļu bruņuts bojājuma pakāpe neatkarīgi no to atrašanās vietas audzē (bruņuts gandrīz neskartajā, maz bojātajā vai stipri bojātajā audzes daļā). Ņemot vērā pētījuma rezultātus, rekomendējams:

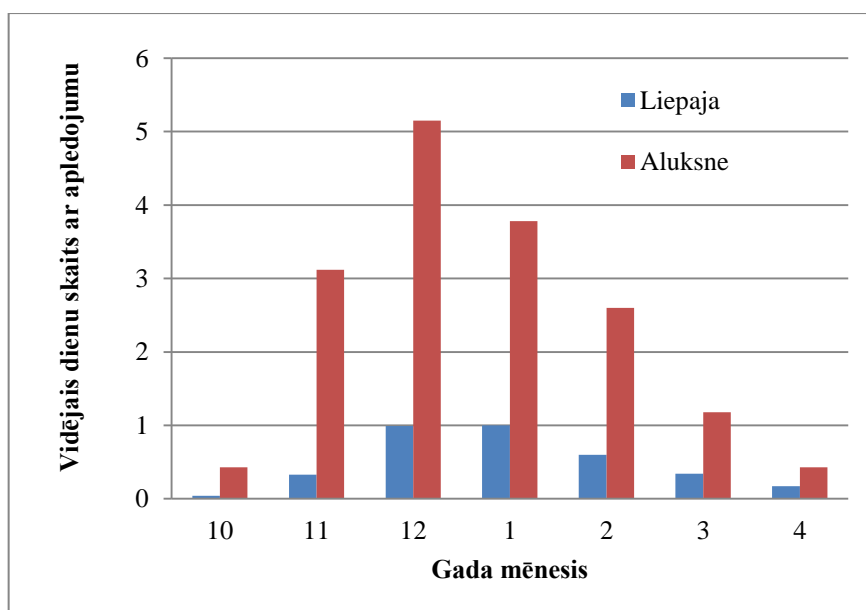
- a. veikt meža meliorācijas sistēmu uzturēšanu darba kārtībā, mežaudžu mēslošanu ar koksnes pelniem vai kāliju saturošiem minerālmēsliem pēc krājas kopšanas un, iespējams, arī meža atjaunošanas laikā, paaugstinot audžu vitalitāti un mazinot bojājumu varbūtību;
- b. riskam visvairāk pakļautajos meža tipos (šaurlapju un platlapju kūdreņos un āreņos) plānot galveno cirti pēc mērķa caurmēra;
- c. pastāvot mizgraužu savairošanās riskam, egļu bruņuts bojātās audzēs, kā arī mazvērtīgās audzēs, kas varētu ciest no egļu bruņuts, veikt sanitārās cirtes vai profilaktiskos meža veselības uzlabošanas pasākumus;
- d. ņemot vērā, ka egļu bruņuts savairošanās gandrīz vienlaicīgi notiek plašā reģionā, pakāpeniski virzoties no dienvidiem uz ziemeļiem, nodrošināt regulāru informācijas apmaiņu ar meža entomoloģijas speciālistiem no valstīm uz dienvidiem no Latvijas, lai savlaicīgi identificētu sagaidāmo šī kukaiņa invāziju;
- e. ņemot vērā, ka egļu bruņuts no zemes ir pamanāma tad, kad masveidīgie bojājumi jau sākušies, meža veselības monitoringā veikt profilaktisku egļu bruņuts populācijas novērošanu, t.sk. regulāri apsekotu "aerofoto transektu" ierīkošanu potenciāli apdraudētajās teritorijās.

4. Sasalstoša lietus bojājumu risks

Sasalstošs lietus, uzkrājoties koku vainagos, nozīmīgi palielina to svaru un var izraisīt koku noliekšanos vai lūšanu. Šīs lokālās meteoroloģiskās parādības veidošanās notiek auksto un silto gaisa masu saskares joslā, kas Latvijas teritorijā izvietota uz austrumiem no submeridionālās fiziogeogrāfiskās ass (4.1. att.). Par sasalstoša lietus veidošanās reģionālajām atšķirībām liecina ilglaicīgo meteoroloģisko novērojumu dati (4.2. att.).



4.1. attēls. Eiropas submeridionālā fiziogeogrāfiskā ass
(Krauklis, 2006; <http://chalk.richmond.edu>).



4.2. attēls. Vidējais dienu skaits ar apledojumu (>5 mm) laika periodā no 1940./41. gada ziemas līdz 2009./10. gada zīmai (no LVĢMC datiem).

Klimata izmaiņu prognozes nerada pamatu pieņēmumam, ka nākotnē sasalstoša lietus veidošanas zona varētu pārvietoties ārpus Latvijas teritorijas, vai ka sasalstoša lietus, kura slānis ir pietiekami biezs, lai radītu bojājumus mežaudzēs, gadījumu skaits varētu samazināties. Tādēļ ir būtiski novērtēt, kādās mežaudzēs šī meteoroloģiskā parādība nodara nozīmīgākos bojājumus. Lai to izdarītu, projektā veikta parauglaukumu ierīkošana 156 sasalstoša lietus ietekmētās mežaudzēs.

Datu analīze liecina, ka vairāk bojāti ir koki nesēn (pēdējo 3 gadu laikā) retinātās audzēs, tomēr, novērtējot gan to caurmēru, gan augstuma/caurmēra attiecību (4.1. tab.), konstatēts, ka bojāti ir galvenokārt „izstīdzējušie” koki – tāpat tie, kuri, ilgstoši atrodoties pārāk augstas biežības audzē, sākuši atpalikt augšanā, taču retināšanā kāda iemesla dēļ (g.k., noteikumi par paliekošo minimālo šķērslaukumu) nav nozāģēti. Tāpat, lai bojājumus samazinātu, rekomendējams savlaicīgi veikt audžu retināšanu, palielinot koku stabilitāti un nodrošinot iespējami simetrisku to vainagu.

4.1. tabula.

Bojāto (lauztie un gāztie kopā) un nebojāto koku augstuma/caurmēra attiecība pēdējo 3 gadu laikā retinātās un šajā periodā neretinātās audzēs

Suga	Variants	Valdošās koku sugas I stāva koku vidējais caurmērs, cm								Vidēji
		4	8	12	16	20	24	28	32	
Priežu audzes	Retināts	0,9	0,8	0,98	1,08	1,1	0,99	0,81	0,82	0,95
	nebojāts	0,9	0,8	0,96	1,07	1,08	0,97	0,79	0,82	0,93
	bojāts	1	0,9	1,06	1,12	1,14	1,04	0,9	0,85	1,07
	Neretināts					1,03	0,96	0,97	0,89	0,96
	nebojāts					1,01	0,95	0,94	0,87	0,94
	bojāts					1,07	0,99	1,03	0,95	1,01
	Vidēji	0,9	0,8	0,98	1,08	1,08	0,97	0,95	0,87	0,95
Egļu audzes	Retināts			0,83	1,11	0,98	1	0,94	0,89	0,97
	nebojāts			0,83	1,11	0,97	0,99	0,92	0,85	0,95
	bojāts			1	1,11	1,05	1,02	0,99	0,93	1,03
	Neretināts			1,04	1,1	1,02	0,99	0,91	0,9	0,98
	nebojāts			1,03	1,1	1,01	0,98	0,91	0,89	0,97
	bojāts			1,05	1,1	1,05	1,03	0,95	0,96	1,03
	Vidēji			0,87	1,1	1	0,99	0,92	0,9	0,98

Veicot datu analīzi, konstatēts, ka to, vai konkrētā audze sasalstoša lietus ietekmē būs „bojāta vai iznīkusi”, priežu audzēs var prognozēt pēc mainīgā lieluma $G_{\text{minimālais}} * G_{\text{faktiskais}}^{-1}$ un konstantes, savukārt egļu audzēs pēc $H, D, H^2D^{-1}, G_{\text{minimālais}} * G_{\text{faktiskais}}^{-1}$ un konstantes, kur H – audzes vidējais augstums, D – vidējais caurmērs, G – šķērslaukums:

$$P(y)_{\text{priedei}} = 1 / (1 + \exp(-(31,243 * G_{\text{minimālais}} * G_{\text{faktiskais}}^{-1} - 24,489))) \quad (4.1)$$

$$P(y)_{\text{eglei}} = 1 / (1 + \exp(-(-8,951 * H + 3,665 D + 5,267 * H^2 D^{-1} + 25,327 * (G_{\text{minimālais}} * G_{\text{faktiskais}}^{-1} - 18,923))) \quad (4.2)$$

Iegūto rezultātu interpretācija: ja audzei aprēķinātā varbūtība $P(y) < 0,5$, tad audze nav iznīkususi, ja $P(y) \geq 0,5$ – audze ir iznīkususi.

Pirmā stāva bojātās daļas šķērslaukums priežu audzēs ir atkarīgs no retināšanas (retināts pēdējos 3 gados vai senāk), H_{10} un $H^2 D^{-1}$, bet egļu audzēs – no H_{10} , $H^2 D^{-1}$ un I stāva šķērslaukuma, kur H_{10} – pirmā stāva valdošās sugas vidējais augstums:

$$G_{\text{bojātais(Priede)}} = 6,106 - 1,442 * \text{retinats}_{\text{kods}} - 0,403 * H + 0,420 * H^2 D^{-1} \quad (4.3)$$

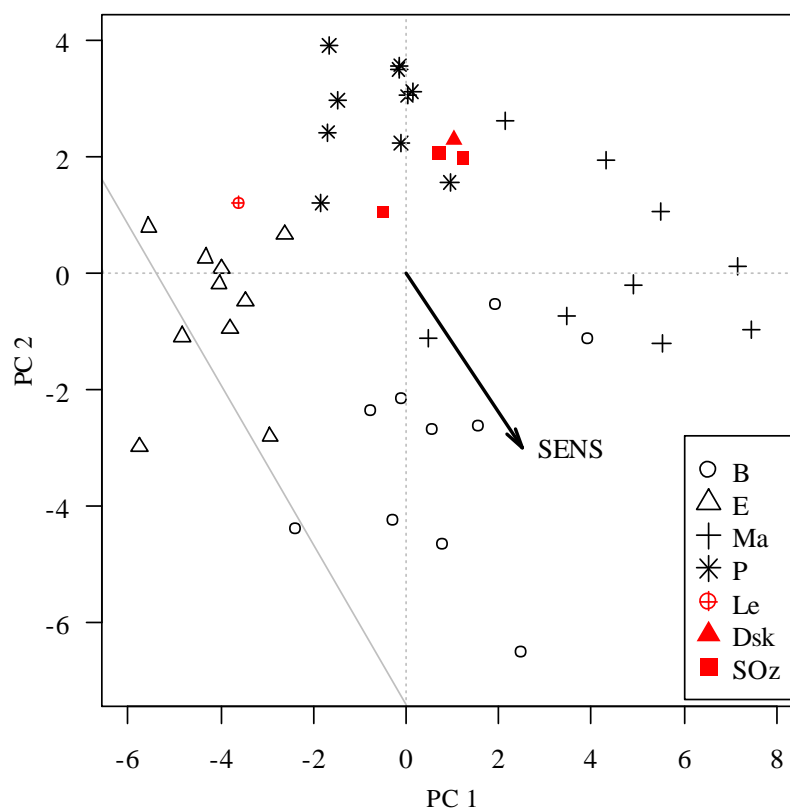
$$G_{\text{bojātais(Egle)}} = 6,033 - 0,137 * G - 0,837 * H + 0,706 * H^2 D^{-1} \quad (4.4)$$

Retināts – veikta retināšana pēdējo 3 gadu laikā pirms sasalstoša lietus: kods = 1

Izmantojot iegūtās sakarības, pēc sasalstoša lietus iespējams atbilstoši meža inventarizācijas informācijai prognozēt, kurās audzēs potenciāli būs nozīmīgākie bojājumi, attiecīgi plānojot apsekošanas un seku likvidācijas pasākumus. Iegūtās sakarības izmantojamas vidēja vai ilgtermiņa plānošanai, pielāgojot apsaimniekošanas režīmu (t.sk., izstrādājot kopšanas ciršu modeli) teritorijās ar augstāko sasalstoša lietus bojājumu varbūtību.

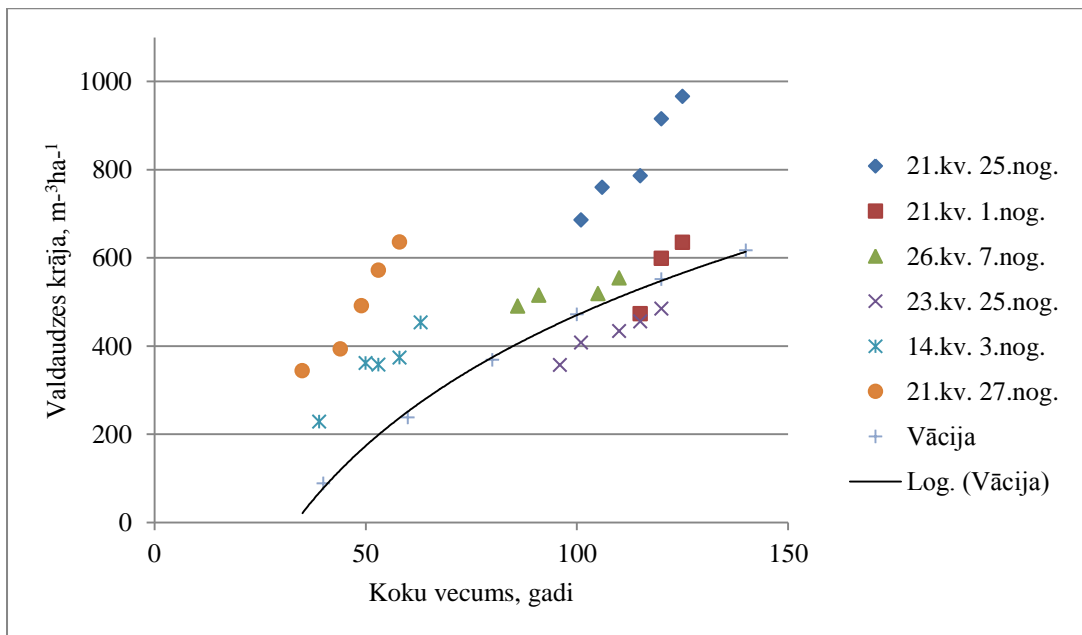
5. Koku sugu piemērotība klimatam

Klimatam kļūstot siltākam, Latvijā var veidoties piemēroti apstākļi plašākai dažādu koku sugu audzēšanai, diversificējot meža apsaimniekošanas riskus. Tādēļ pētījuma ietvaros ar dendrohronoloģijas metodēm novērtēta klimatisko faktoru ietekme uz četrus vietējos (egle, priede, bērzs un melnalksnis) un trīs introducēto sugu (lapegle, dižskābardis un sarkanais ozols) gadskārtu platumu variēšanu. Augšanas gaitas līdzības starp parauglaukumiem (kopumā 45) un apskatītajām sugām novērtēšanai tika veikta galveno komponentu analīze (PCA) (McCune, Mefford, 1999). Par pamatu ņemtas parauglaukumu gadskārtu atlikumu hronoloģiju indeksu vērtības 60 gadu ilgā laika posmā no 1950. līdz 2009. gadam, kas bija kopīgs visām izveidotajām hronoloģijām (priekšnosacījums PCA analīzes veikšanai). Introducēto sugu hronoloģiju novietojums ordinācijas plaknē (5.1.att.) parādīja, ka to augšanas (gadskārtu platumu) variēšana dižskābardim un sarkanajam ozolam bija līdzīga kā priedei (dižskābardis un ozols) un lapeglei līdzīga kā eglei, liecinot, ka gan introducēto sugu, gan vietējo skujkoku augšanu ietekmējošo faktoru kopums ir līdzīgs.



5.1.attēls. Izveidoto atlikumu hronoloģiju PCA ordinācija periodam no 1950. līdz 2009. gadam. Vektors norāda ordinācijas asu (galveno komponenti) korelāciju ar vidējo gadskārtu jutību (SENS).

Projekta ietvaros analizēta arī dižskābarža audžu krāja un konstatēts, ka vairākumā gadījumu tā pārsniedz egles un bērza audžu krāju līdzīgā vecumā un meža tipā (dati: Meža statistiskā inventarizācija), neatpaliekot no šīs koku sugas augšanas rādītājiem izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā). Īpaši tas sakāms par mežaudzēm otrajā paaudzē, kuru krāja pārsniedz pat par 30-50 gadiem vecāku pirmās paaudzes audžu krāju (5.2.att.). Otrās paaudzes koku augstāko ražību, iespējams, ietekmē vairāku faktoru kombinācija, tai skaitā dabiskā izlase, pielāgojoties Latvijas klimatiskajiem apstākļiem (līdzīgi kā konstatēts pētījumos par Klinškalnu priedi).

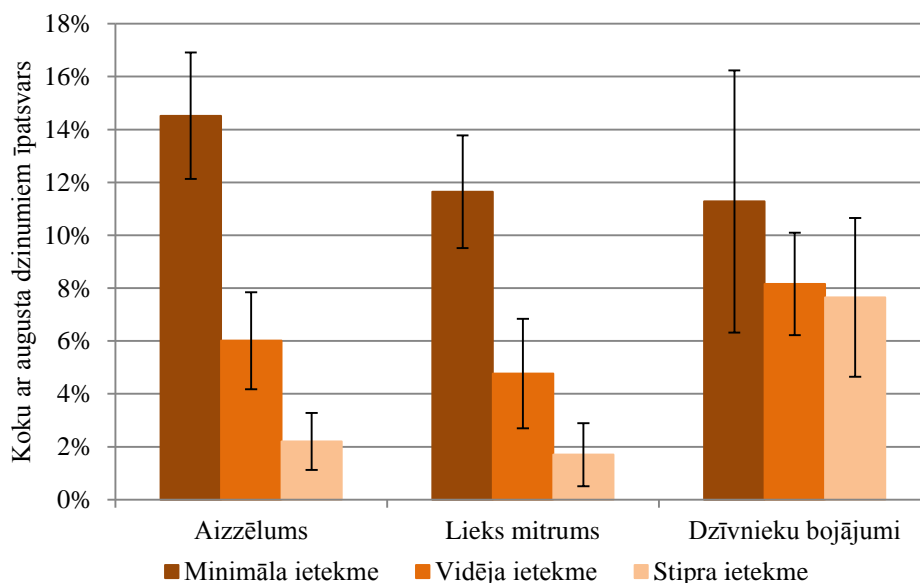


5.2.attēls. Valdaudzes koku krājas dinamika mežaudzēs MPS Šķēdes MN un šīs koku sugas izplatības areāla centrālajā daļā (Vācijā).

Ņemot vērā projektā iegūtos rezultātus par dižskābārža sekmīgo dabisko atjaunošanos, to augšanu ietekmējošajiem faktoriem un ražību, kā arī literatūras datu analīzi par šīs koku sugas izplatību limitējošajiem faktoriem un modelēto klimatiski piemēroto reģionu nākotnē, rekomendējams uzsākt plašāku dižskābāržu izmantošanu meža atjaunošanā Kurzemē.

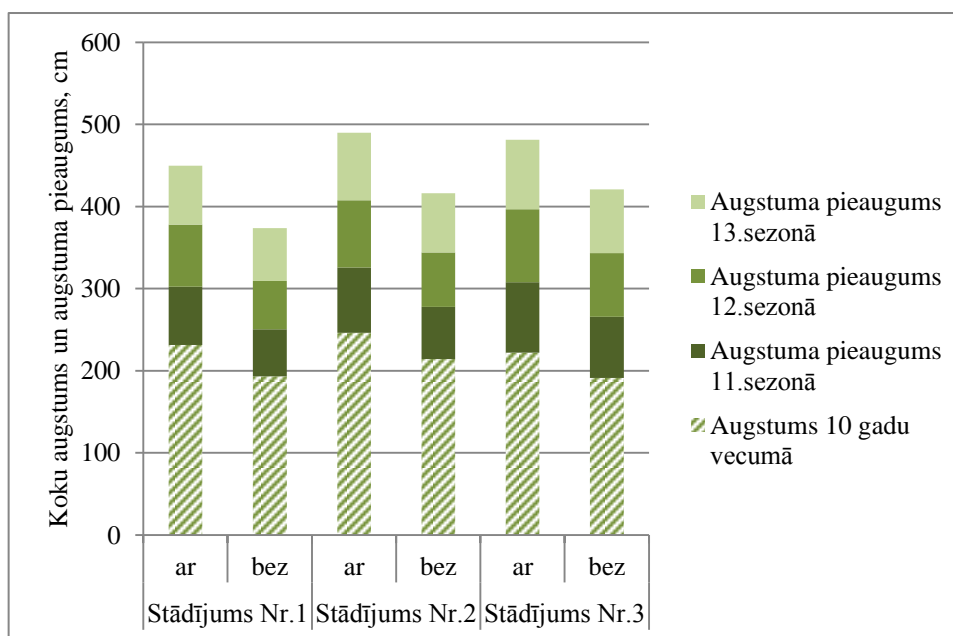
6. Papildus pieauguma veidošanās

Siltāks klimats un barības vielu pieejamības paaugstināšanās ir apstākļi, kas veģētācijas sezonas beigās sekmē pastiprinātu papildus pieauguma jeb t.s. augusta dzinumu veidošanos. Trīs gadu laikā, apsekojot egļu audzes 3-8 gadu vecumā dažādos meža tipos, vidējais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars bija 13%. Nav konstatēta noteikta koku ar augusta dzinumiem īpatsvara izmaiņu tendence saistībā ar audzes vecumu analizētajā periodā, arī meža tipa ietekme uz šo pazīmi eglei nebija statistiski būtiska. Tomēr labāka mikrovides kvalitāte (nav pārnadžu izraisītu bojājumu, neregulēts gruntsūdens līmenis, savlaicīgi novērsta pārējās veģētācijas konkurence) veicina atkārtota augstuma pieauguma veidošanos (6.1.att.).



6.1.attēls. Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars nogabalos ar atšķirīgu mikrovides piemērotību egles augšanai.

Egļu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu eksperimentā konstatēts, ka trīspadsmit gadu vecumā pēdējos trīs augšanas gados kokiem ar augusta dzinumiem augstuma pieaugums vidēji sezonā bijis par 7–16 cm lielāks nekā kokiem bez augusta dzinumiem; starpībām vairākās sezonās akumulējoties, radušās nozīmīgas ($p < 0,001$) atšķirības koku augstumā (par 60–75 cm) – koku ar augusta dzinumiem augstums par 15–20 % pārsniedz koku bez augusta dzinumiem augstumu (6.2.att.).



6.2.attēls. Koku augstums 13 gadu vecumā un iepriekšējo trīs sezonu augstuma pieaugums kokiem ar un bez augusta dzinumiem atsevišķos brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos.

Vērtējot augusta dzinumumu ietekmi uz koku kvalitāti, konstatēts, ka padēlu (vairāku galotņu) veidošanās iespējamība kokiem ar augusta dzinumumiem ir statistiski būtiski, bet praktiski nenozīmīgi augstāka: trīs gadus pēc augusta dzinuma veidošanās brīža 3% gadījumu attiecīgajā mieturī konstatēts padēls, kamēr kokiem bez augusta dzinumumiem konkrētajā gadā padēls konstatēts 1% gadījumu (divus gadus pēc augusta dzinuma veidošanās brīža – attiecīgi 6% un 3%).

Ģimeņu vidējo vērtību līmenī koku ar augusta dzinumumiem (vismaz vienā sezonā) īpatsvaram konstatēta statistiski būtiska ($p < 0,01$) sakarība ar koku augstumu 13 gadu vecumā un augstuma pieaugumu ($r = 0,41 \dots 0,71$). Konstatēta statistiski būtiska ģenētikas (ģimenes) ietekme uz koku ar augusta dzinumumiem īpatsvaru; atsevišķām ģimenēm koku ar augusta dzinumumiem (vismaz vienā no trim novērojumu sezonām) īpatsvars bija robežās no 0% līdz 95%. Ņemot vērā iegūtos rezultātus, rekomendējams augusta dzinumu veidošanos izmantot kā vienu no pazīmēm egles selekcijas indeksā, izvēloties klonus sēklu plantāciju ierīkošanai, lai pilnvērtīgi izmantotu klimata pārmaiņu radītās iespējas mežaudžu ražības kāpināšanai.

Izmantotā literatūra

- Seidl R., Schelhaas M.-J., Rammer W., Verkerk P.J. (2014). Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change*, 4, 806–810.
- Davies G.M., Legg C.J. (2011). Fuel moisture thresholds in the flammability of *Calluna vulgaris*. *Fire Technology*, 47, 421–436.
- Plucinski M.P., Anderson W.R. (2008). Laboratory determination of factors influencing successful point ignition in the litter layer of shrubland vegetation. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 628–637.
- Fernandes P.M., Cruz M.G. (2012). Plant flammability experiments offer limited insight into vegetation-fire dynamics interactions. *New Phytologist*, 194, 606–609.
- Marino E., Madrigal J., Guijarro M., Hernando C., Diez C., Fernandez C. (2010). Flammability descriptors of fine dead-fuels resulting from two mechanical treatments in shrubland: a comparative laboratory study. *International Journal of Wildland Fire*, 19, 314–324.
- Quine C.P., White I.M.S. (1993). Revised windiness scores for the windthrow hazard classification: the revised scoring method. Forestry Commission Research Information Note 230. Forestry Commission, Edinburgh. 6 p.
- Donis J. (2007). Ekstrēmu vēju ātrumu ietekmes uz kokaudzes noturību novērtējums, lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde. Meža attīstības fonds, LVMI Silava, Salaspils. 48 lpp.
- Olsson P.O., Jönsson A.M., Eklundh L. (2012). A new invasive insect in Sweden – *Physokermes inopinatus*: Tracing forest damage with satellite based remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 285, 29–37.
- Valstybinė Miškų Tarnyba. Netikrasis eglinis skydamaris (*Physokermes piceae* Schrank.). 2010. [skatīts 2012. gada 12. oktobrī]. Pieejams: <http://www.msat.lt/lt/kenkejai/vabzdziai/spyglius-grauziantys/netikrasis-eglinis-skydamaris/>
- Turguter S., Ülgentürk S. (2006). *Physokermes piceae* (Schrank) (Yumrulu Ladin Koşnili) (Hemiptera: Coccidae)'nin Biyolojik Özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12, 44–50.
- McCune B., Mefford M.J. (1999). PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. Glenden Beach, MjM Software, 237 pp.
- Krauklis A. (2006). Landschaftsentwicklung in den baltischen Ländern unter dem Einfluß des Menschen. *Nova Acta Leopoldina*, 94 (346), 51-81.
- Meshkova V. (2006). Foliage browsing insects risk assessment using forest inventory information. IUFRO Working Party 7.03.10 Proceedings of the Workshop on „Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe”, September 11-14, Gmunden, Austria: 100–108.

Peltola H., Kellomäki S., Väisänen H., Ikonen V.P. (1999). A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 647–661.