
Veģetācijas dinamika vērī pēc 2005. gada janvāra vējgāzes Krustkalnu dabas rezervātā

B. Bамbe ¹

Bамbe, B. (2009). Vegetation dynamics in *Oxalidos* forest type after windthrow of 2005 in Nature Reserve Krustkalni. Mežzinātne / Forest Science 19(52): 5-27.

Kopsavilkums: Vējgāze ir dabisks traucējums meža ekosistēmā, no kā visvairāk cieš egļu meži ar mazu biežību. Darba mērķis ir skaidrot veģetācijas dinamikas tendences pēc 2005. gada janvāra vējgāzes egļu vērī Krustkalnu rezervātā un vērtēt bioloģiskās daudzveidības komponentus – augu sugu daudzveidību, reto un aizsargājamo sugu sastopamību.

Parauglaukumi ierīkoti 2005. gada vasarā egļu vērī janvāra vētras izraisīto vējgāžu vietās. Savukārt kontroles parauglaukumi iekārtoti līdzās Krustkalnu rezervātam 2005. gada izcirtumā privātajā mežā, kur veģetācija dabiski atjaunojas pēc pilnīgas kokaudzes izvākšanas. Četru gadu veģetācijas dinamikas novērtēšanai veikta datu apstrāde ar ordinācijas programmu DECORANA. Salīdzināts vējgāžu un izcirtuma sugu sastāvs, nosakot tikai vējgāzēs vai tikai izcirtumā sastopamo sugu piederību Eiropas veģetācijas klasēm un Latvijā nodalītajām skujkoku mežu augu sugu socioloģiskajām grupām. Daudzveidība raksturota ar Simpsona daudzveidības indeksu. Ekoloģisko rādītāju salīdzināšanai izmantotas Ellenberga skalas.

Konstatēts, ka vējgāžu parauglaukumos nitrofilo un gaismas prasīgo sugu izplatības dēļ turpinās zemsedzes kopējā projektīvā seguma palielināšanās. Mežs dabiski atjaunojas galvenokārt ar lapu kokiem, īpaši parasto kļavu. Krūmu stāvs, kā arī avenes un papardes saglabā higrofitiem un ēnmiļiem labvēlīgu mikroklimatu.

Izcirtumu parauglaukumos Krustkalnu rezervāta tuvumā turpina ieviesties graudzāles un citas pļavu sugas. Kokaudze strauji dabiski atjaunojas ar parasto apsi.

Ceturtajā gadā pēc vējgāzes vairumam izgāzto egļu stumbru vēl ir saglabājusies miza, tomēr jau visai ievērojams ir trupējošās koksnes apaugums ar epiksīlajām sūnu sugām. Sugas, kas parādās uz egles koksnes ar mizu, galvenokārt pieder īsvācelišu *Brachythecium* ģintij.

Vējgāzēs četru gadu laikā, izplatoties gaismas prasīgajām sugām, mainījušies mikroklimatu raksturojošie ekoloģiskie rādītāji, bet augsni raksturojošie – slāpekļa saturs, mitrums un augsnes reakcija – gandrīz nav mainījušies. Izcirtumam raksturīgas daudz gaismas prasīgākas sugas. Četru gadu laikā vējgāzēs palielinājusies lakstaugu stāva daudzveidība. Savukārt sūnu stāva kopējā daudzveidība ir samazinājusies, jo izplatījušās atsevišķas nitrofilās sugas. Izcirtumā vislielākā sugu daudzveidība novērota pirmajā gadā, bet vēlāk tā samazinājusies.

Nozīmīgākie vārdi: vējgāze, izcirtums, veģetācija, vēris, Krustkalnu dabas rezervāts.

...

¹ LVMI "Silava", Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija; e-pasts: baiba.bambe@silava.lv

Bambe, B., LSFRI "Silava". **Vegetation dynamics in *Oxalidosa* forest type after windthrow of 2005 in Nature Reserve Krustkalni.**

Abstract: Windthrow represents a natural disturbance in forest ecosystem heavily influencing thin Norway spruce forests on drained wet mineral and mineral soils as well as trees close to a border of a clearing. Strong wind causes economical losses to the forestry, but the impact on forest ecosystem is inconsistent. Mostly old trees fall, but windthrow gaps promote the natural regeneration of forest and forming of multi-age stands and mosaic of landscape. There is a possibility for light-demanding plant species of ground layer to spread under the dense forest canopy. The aim of the study is to clarify trends of vegetation dynamics after windthrow in January of 2005 in *Oxalidosa* forest type in Nature Reserve Krustkalni and evaluate the components of biodiversity – the diversity of plant species and the occurrence of rare and protected species.

Permanent plots are established in the summer of 2005 in the windthrow sites of the January of 2005. Control plots are established in vicinity of the Nature Reserve Krustkalni in clearance felled in 2005 in a private forest, which is abandoned for natural forest regeneration. Altogether four 100 m² plots in the windthrow and four plots of the same size in the clearance are investigated during four vegetation seasons. The Braun-Blanket approach is used in vegetation surveys. Dynamics of vegetation during four years is evaluated by ordination analysis DECORANA (Detrended Correspondence Analysis). The floristic composition of the windthrow and the clearance is compared estimating belonging of species found only in the windthrow or only in the clearance to classes of the vegetation of Europe and to phytosociological groups divided for coniferous forests of Latvia. The diversity of plant communities is characterised by Simpson's diversity index. The ecological parameters of communities are compared using Ellenberg indicator values.

An increase of total ground vegetation cover due to spreading of nitrophilous and light-demanding species is established. Wild raspberry *Rubus idaeus* is especially expanding. The proportion of deciduous trees increases but at the same time downfall of spruces is observed. The natural regeneration of forest mostly occurs due deciduous trees, especially Norway maple *Acer platanoides*. The shrub layer, raspberries and ferns maintain favourable microclimatic conditions for hygrophytes and shadow-tolerant species.

Spreading of grasses and other species of meadows is stated in control plots in the clearance. The increase of nitrophilous species typical for clearance is observed. Common aspen *Populus tremula* predominates in the natural regeneration of forest. Another species widespread in shrub layer is the invasive alien species Dwarf serviceberry *Amelanchier spicata*.

The most part of windfallen trees have maintained bark in the fourth year after the windthrow, however overgrowing with epixylic bryophyte species is considerable. Species colonising dead wood of spruces with bark belong mainly to genus *Brachythecium*. These species occur as well as on the bases of live trees and on the soil.

A species included in The Red Book of Latvia Yellow foxglove *Digitalis grandiflora* is stated in windthrow plot in the Nature Reserve Krustkalni. Protected shade-tolerant hygrophyte species Northern firmoss *Huperzia selago* survives in windthrow as well, because conditions under dense

shrub layer are rather favourable.

Ecological parameters which characterize microclimatic conditions in windthrow are changing during four years because light-demanding species are spreading, but the parameters which characterize the soil - a content of nitrogen, moisture and reaction of soil – are rather stable. More light-demanding species predominate in the clearance. Their distribution increase during four years and exceed the Eelenberg light value of the windthrow to three points.

The biodiversity of ground layer of vegetation increases in windthrow during four years (the Sipmson's index in 2005 is 0,325, but in 2008 almost double greater – 0,611). The total diversity of moss layer decreases because of distribution increase of some nitrofile species as *Plagiomnium affine* and *Cirriphyllum piliferum*. The largest biodiversity of vegetation in the clearance is stated in the first year, but it decreases afterwards due to spreading of some dominant species.

The diversity of species in windthrow increases through variety of substrata, as bare soil by roots of windfallen trees. Different species – mosses as well as vascular plants – colonize such soil. The composition of species depends on type of soil, exposition as well as surrounding vegetation.

There is observed that gaps in *Oxalidosa* forest type in the Krustkalni Nature reserve and this vicinity regenerate for the greatest part by Norway maple *Acer platanoides*, forming mixed Norway spruce *Picea abies* forest with broadleaved trees and typical undergrowth mostly formed by Common hazel *Corylus avellana*. Shade-tolerant hygrophYTE species can survive in ground vegetation, regardless of spreading of light-demanding species. The overall clearing in similar forest type regenerates beginning from initial successional stage of Common aspen *Populus tremula*.

Key words: windthrow, clearance, vegetation, *Oxalidosa* forest type, Nature Reserve Krustkalni.

...

Бамбе Б., АГИАН „Силава”. **Динамика растительности кисличника в природном заповеднике Крусткалны после ветровала января 2005 года.**

Резюме: Ветровал в лесной экосистеме является естественным нарушением. Цель исследования – выяснить тенденции динамики вегетации кисличника в заповеднике Крусткалны после ветровала января 2005 года и оценить компоненты биологического разнообразия – разнообразность видов растений, а также распространение редких и охраняемых видов. Пробные площади заложены летом 2005 года. Контрольные площади устроены на вырубке в частном лесу в окрестности заповедника Кусткалны, где происходит естественное возобновление вегетации. Для оценки динамики вегетации использована программа ординации DECORANA. Проведено сопоставление состава видов ветровала и вырубки, а также определение принадлежности видов к соответствующим классам растительности Европы и к социологическим группам видов хвойных лесов Латвии. Многообразие сообществ характеризувано индексом Симпсона; для сравнения экологических показателей использованы стандартные шкалы Эленберга.

Установлено, что на ветровалах продолжается увеличение общего проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса, что вызвано распространением нитрофильных и светолюбивых видов.

На пробных площадях вырубки вселяются злаки и другие луговые виды. Увеличивается проективное покрытие нитрофильных видов. В древостое быстро возобновляется осина.

На четвёртом году после ветровала еловый валежник ещё сохранил кору, но в большой мере уже оброс эпиксильными мхами. Виды, населяющие еловую древесину с корой, относятся преимущественно к роду *Brachythecium*.

На ветровале в течении четырёх лет, в связи с распространением светолюбивых видов, изменились экологические показатели, характеризующие микроклимат, но экологические показатели почвы – содержание азота, влажность и реакция почвы – сохранились почти неизменными. На вырубке доминируют более светолюбивые виды, покрытие которыми в течении четырёх лет увеличилось.

На ветровале возрасло многообразие травяного яруса (индекс Симпсона в 2005 году был 0,325, а в 2008 почти удвоился – 0,611). Общее разнообразие мохового яруса, из-за распространения некоторых нитрофильных видов, в течении четырёх лет сократилось.

Ключевые слова: ветровал, вырубка, растительность, кисличник, заповедник Крусткалны.

Ievads

Vējgāze un vėjlauze ir dabiski traucējumi, kas tiešā veidā radikāli ietekmē kokaudzi, bet netieši – visu meža ekosistēmu kopumā. Izmainās apgaismojums, augsnes un gaisa mitrums, mikroklimate kļūst līdzīgs tādām, kādas raksturīgs atklātās vietās. Dabiskā mežā parasti sastopami dažāda vecuma vėjgāzti koki. Karpatu kalnos Čehijā konstatēts, ka atsevišķi izgāzti koki aizņem 14,3% no dabiska egļu-dižskābaržu meža platības; atrodami vēl arī koki, kas izgāzti pat pirms 220 gadiem (Šamonil et al., 2008). Savukārt dažāda vecuma egļu mežos Krievijas centrālajā daļā novērots, ka gāzumiem raksturīgā ieplaku un pacēlumu topogrāfija aizņem 7-12%, bet pēc biežām vėjgāzēm – pat 15-25% no teritorijas (Ulanova, 2000). Egle ir samērā ēncietīga suga un var dabiski atjaunoties gan zem

audzes vainagu klāja, gan traucējumu rezultātā radušos „logos”, tādēļ Latvijā dabiskajām egļu audzēm raksturīga dažāda vecumstruktūra (Zviedris, 1958, 1960; Igaunis, 1960; Zālītis, Libiete, 2005).

Visvairāk vēja ietekmētas ir mazas biežības audzes (biežība <0,5) (Donis, Rokpelnis, Zariņš, 2007), kā arī koki izcirtuma malas tuvumā. Analizējot datus par atklātās malas ietekmi uz audžu vēja noturību, konstatēts, ka egļu audzes ar atklātu malu vēja pusē cietušas divas reizes vairāk nekā audzes, kam tādu nav bijis (Ērglis, Matuzānis, 1973). Pret vėjgāzi izturīgākie koki ir ozols, priede, lapegle, kam ir dziļa, spēcīga un sazarota mītsakne, bet pie neizturīgām sugām pieskaitāma egle (Liepa, 2003). Daži autori uzskata, ka nākamā vēja nenoturīgākā suga aiz egles ir priede (Ērglis, Matuzānis, 1973). Neskatoties uz vėjgāzēm, gan Latvijā, gan it

īpaši Eiropas centrālās daļas kalnu rajonos, egles tomēr sasniedz ievērojamus izmērus. Lielākā egle Eiropā, Boubinas dabas rezervātā Čehijā, reģistrēta 1929. gadā: tās augstums bijis 62 m un diametrs krūšaugstumā 154 cm. Šajā dabas rezervātā 1970. gada vētrā gāja bojā egle, dēvēta par „Egļu karalieni” (Fichtenkönig), kuras parametri tika precīzi noteikti: vecums – 440 gadi, augstums – 57,6 m, diametrs krūšaugstumā ar mizu – 162 cm, stumbra tilpums – 29,19 m³ (Leibundgut, 1982, Macar, 1973; pēc Schmidt-Vogt, 1986).

Kaut arī Latvijā egle 200 gadu vecumu parasti nesasniedz, dabiskā mežā tās vidējais mūža garums ir 250 gadi, kas optimālos apstākļos var būt pat divas reizes ilgāks (Prieditis, 2008). Mūsu augstākās egles ir uzmērītas aizsargājamās teritorijās, piemēram, Moricsalā 1997. gadā – 45,2 m (Zviedre, 1999). Citi autori norāda, ka Moricsalas egles pēc koka nogāšanās precizētais augstums bijis 40,75 m, tomēr garākā ir Sautas kalna egle Gaujas Nacionālā parka Nurmīžu rezervātā – 45,2 m, kas arī uzmērīta 1997. gadā (Eniņš, 2008). Minētās egles ir augstākie koki Latvijā arī starp pārējām koku sugām.

Lielāks egļu audžu daudzums un intensīvāka to atjaunošanās raksturīga Vidzemes, kā arī Kurzemes augstienēs, kur ir auglīgāks substrāts un kontinentālāks klimats; mazākās platībās un vairāk fragmentētas audzes ir zemieņu un upjuzemju ainavzemēs (Laiviņš, 2005). Bieži sastopamas egļu vēra audzes ar bagātīgu lapu koku piemistojumu. Izcērtot saimnieciskā gatavuma vecumu sasniegušās apses un baltalkšņus, atstājamās egļu audzes biežība noslīd zem kritiskā līmeņa, kā rezultātā pazeminās produktivitāte, audzes apdraud vējgāzes, slimības un mizgrauži (Bušs, 1981).

Latvijas teritoriju pēdējos 50 gados vairākkārt skārušas spēcīgas vētras. Stipras vējgāzes mežos vērojamas, kad vēja ātrums sasniedz 10 balles (21,6-25,1 m/s). 1967. gada oktobra vētra nopostīja 6% no kopējās valsts mežu krājas. Lielus zaudējumus nodarīja arī 1969. gada un 2005. gada janvāra vētra. Gan 20. gs. 60-tajos gados, gan 2005. gadā konstatēts, ka visvairāk no vējgāzēm cieš egļu audzes slapjās nosusinātās minerālaugsnēs, tām seko egļu audzes minerālaugsnēs, slapjās minerālaugsnēs, kūdras augsnēs un nosusinātās kūdras augsnēs (Ērglis, Matuzānis, 1973; Donis, 2005).

Vējš nodara ekonomiskus zaudējumus mežsaimniecībai, bet tā ietekme uz meža ekosistēmu ir neviennozīmīga. Izgāzti un nolauzti galvenokārt tiek vecie koki, bet vējgāzes radītie „logi” veicina meža dabisko atjaunošanos un mozaikveida ainavas veidošanos, kā arī gaismu mīlošu sugu ieviešanos zemsedzē. Vējgāzē kritušie koki atbrīvo dzīves telpu jauno kociņu attīstībai un kalpo kā substrāts epiksīlajām sugām. Savukārt nesen izgāztos kokus invadē meža kaitēkļi, visvairāk egļu astoņzobu mizgrauzis (*Ips typographus*), kas, strauji savairojoties, iznīcina arī augošus kokus. Bet egles, kas izgāztas pirms diviem un vairāk gadiem, kaitēkļu attīstībai ir pilnīgi nepiemērotas un uzskatāmas par bioloģisko daudzveidību veicinošu ekosistēmas komponentu (Šmits, 2007). Lai mežsaimniecība neciestu ekonomiskus zaudējumus, saimnieciskajos mežos vējgāzes izstrādā sanitārajās cirtēs, savukārt aizsargājamās teritorijas kalpo kā dabiski objekti, kur novērojami neskartam mežam raksturīgi procesi. Labākie paraugobjekti ir dabas rezervāti un vairākus tūkstošus hektāru lieli liegumi.

Krustkalnu rezervāts nodibināts 1977. gadā bijušās Meža pētišanas stacijas „Kalsnava” teritorijā 2826 ha platībā, bet pašlaik tā platība ir 2871,34 ha. Rezervāts atrodas Austrumlatvijas ģeobotāniskajā rajonā, Austrumlatvijas zemienes ziemeļrietumu malā, Aronas paugurlīdzenumā. Madonas-Trepes valņa stāvās nogāzes te rada līdzīgus apstākļus kā Vidzemes Centrālajā augstienē. Lielāko daļu rezervāta teritorijas aizņem meži; izplatītākie ir sausieņu meža tipi (59%), no kuriem biežāk sastopamie ir damaksnis, lāns un vēris. Meži, kur dominē egle, aizņem ap 390 ha. Pēdējo 30 gadu laikā šos mežus nav ietekmējušas kailcirtes, tur notiek dabiskas sukcesijas – priežu mežu aizaugšana ar eglēm un bērziem (Абеле, Миезите, 1982; Kreile, 1998; <http://www.teici.gov.lv/Daba/?lp=krustkalni>).

Darba mērķis ir skaidrot veģetācijas dinamikas tendences pēc 2005. gada janvāra vējgāzes egļu vēri un izvērtēt bioloģiskās daudzveidības komponentus – augu sugu daudzveidību, kā arī reto un aizsargājamo sugu sastopamību.

Darba uzdevumi: 1) ierīkot veģetācijas dinamikas novērojumu parauglaukumus dabiskās vējgāzēs un kontroles parauglaukumus izcirtumos; veikt veģetācijas inventarizāciju tajos un veģetācijas dinamikas tendenču noskaidrošanai salīdzināt četrās veģetācijas sezonās iegūtos rezultātus; 2) novērtēt, kādas augu sugas ieviešas uz substrātiem, kas veidojušies vējgāzes rezultātā – trupošas koksnes un atsegtas augsnes.

Darba metodika

Krustkalnu rezervātā 2005. gada vasarā ierīkoti parauglaukumi vējgāžu skartajās platībās, kur egļu vēris cietis 2005. gada janvāra vētrā. Kontroles parauglaukumi ierīkoti

privātā mežā 2005. gada izcirtumā, līdzās Krustkalnu rezervātam, kur veģetācija dabiski atjaunojas pēc pilnīgas kokaudzes izvākšanas. Pavisam apsekoti četri vējgāžu un četri kontroles parauglaukumi, katrs 100 m² liels. Vējgāžu parauglaukumos precīzākai zemes sedzes projektīvā seguma un sugu sastāva noteikšanai papildus apsekoti brīvi izvēlēti pieci 1 m² lieli uzskaites laukumiņi. Uzskaites veiktas, izmantojot Brauna-Blankē metodi (Braun-Blanquet, 1964; Dierschke H., 1994). Gan 100 m², gan 1 m² laukumos katrai augu sugai noteikts tās projektīvais segums procentos, atsevišķi izdalot koku stāvu E3 (koki augstāki par 7 m), krūmu un paaugas stāvu E2 (0,5-7 m augsti koki un krūmi), lakstaugu un sīkrūmu stāvu E1 (iekļaujot arī kokus un krūmus, kas nepārsniedz 0,5 m vai vidējo lakstaugu stāva augstumu) un sūnu stāvu E0. Sugu nomenklatūra: vaskulārajiem augiem – Gavrilova, Šulcs, 1999; aknu sūnām – Āboliņa, 2001, lapu sūnām – Hill et al., 2006; vaskulāro augu latviskie nosaukumi: Kavacs (atb. red.), 1998. Dati apkopoti datorprogrammas Excel datu bāzē. Četru gadu veģetācijas dinamikas novērtēšanai veikta datu apstrāde ar programmu kopā *Community analysis package* (Pisces Conservation Ltd.) iekļauto ordinācijas programmu DECORANA (Hill, Gausch, 1980).

Salīdzināts vējgāžu un izcirtuma sugu sastāvs, nosakot tikai vējgāzēs vai tikai izcirtumā sastopamo sugu piederību Eiropas veģetācijas klasēm (Ellenberg et al., 1992) un Latvijā nodalītajām skujkoku mežu augu sugu socioloģiskajām grupām (Laiviņš et al., 2008). Dominējošajām sugām novērtēta projektīvā seguma dinamika četru veģetācijas sezonu laikā.

Daudzveidības raksturošanai izmantots Simpsona indekss, kas aprēķināts pēc formulas $D=1-\text{Sum}(u_i/S)^2$, kur

(1)

u_i – i -tās sugas projektīvais segums %;

S – veģetācijas stāva kopējais projektīvais segums % (McCune, Grace, 2002).

Indekss aprēķināts atsevišķi katram veģetācijas stāvam, ņemot vērā sugas, kuru vidējais projektīvais segums ir lielāks par 1%.

Ekoloģisko rādītāju salīdzināšanai izmantotas Ellenberga skalas (Ellenberg et al., 1992). Vidējie ekoloģiskie rādītāji aprēķināti zemsedzes sugām (kopā lakstaugu un sūnu stāvam), ņemot vērā katras sugas projektīvo segumu, ja tas veido vismaz 1%.

Objekti

Pētījumu objektus raksturo 2005. gadā pirmajās veģetācijas uzskaitēs iegūtie dati. Pirmais un otrais parauglaukums ierīkots Krustkalnu dabas rezervāta 11. kvartālā. Pirmajā parauglaukumā, kas atrodas pauguru grēdas austrumu nogāzes pakājē, koku stāvā dominē parastā egle *Picea abies*, tās vainagu projektīvais segums ap 15%. Otrā koku stāva suga ir parastā kļava *Acer platanoides*, kuras segums nepārsniedz 3%. Krūmu stāvā līdzīgā daudzumā sastopama parastā lazda *Corylus avellana* un parastā kļava, katras segums apmēram 2%. Lakstaugu stāvs ir salikts, tajā augi izvietojušies vairākos apakšstāvos. Zemākajā dominē meža zaķskābene *Oxalis acetosella*, bet augstākajā dažādas paparžu sugas. Sūnu stāvu veido galvenokārt sausienes skrajlape *Plagiomnium affine* un platlapu knābīte *Eurhynchium angustirete*.

Otrajā parauglaukumā, kas atrodas pauguru grēdas austrumu nogāzes vidusdaļā, koku stāvā dominē egle un kļava, krūmu

stāvā – lazda, lakstaugu stāvā – meža zaķskābene un vīrpaparde *Dryopteris filix-mas*, bet sūnu stāvā – sausienes skrajlape.

Trešais un ceturtais parauglaukums atrodas Krustkalnu rezervāta 6. kvartālā, pie ceļa Mārciena-Aizkalnieši. Trešajā parauglaukumā, kas atrodas pauguru grēdas ziemeļu-ziemeļrietumu nogāzes pakājē, koku stāvā dominē egle, bet krūmu stāvā – lazda kopā ar parasto sausserdi *Lonicera xylosteum* un parasto pīlādzi *Sorbus aucuparia*. Lakstaugu stāvā dominē meža zaķskābene, bet samērā liels segums ir arī invazīvajai sugai sīkziedu sprigane *Impatiens parviflora* – 5%. Sūnu stāva segums ap 35%, ko galvenokārt veido sausienes skrajlape, lielā spurainē *Rhytidadelphus triquetrus* un spīdīgā stāvaine *Hylocomium splendens*.

Ceturtajā parauglaukumā, kas atrodas pauguru grēdas ziemeļu-ziemeļrietumu nogāzes vidusdaļā, koku stāva segums sasniedz 65%, to pārsvarā veido kļava, bet krūmu stāvu – lazda ar 60% segumu, līdzīgi kā otrajā parauglaukumā. Tāpat arī lakstaugu stāva dominanti ir meža zaķskābene un papardes, sūnu stāvā – sausienes skrajlape kopā ar parasto isvācelīti.

Izcirtums, kur ierīkoti kontroles parauglaukumi, atrodas ārpus rezervāta teritorijas – privātā mežā, ap 1 km no trešā un ceturta parauglaukuma. Izcirtumu veģetācija te apsekota četros 100 m² parauglaukumos; meža tips – vēris paugurainā reljefā. Pirmais parauglaukums ierīkots samērā stāvas pauguru grēdas dienvidaustrumu nogāzes lejasdaļā. Otrais kontroles parauglaukums – turpat samērā stāvas nogāzes vidusdaļā. Meža veģetācija te strauji atjaunojas ar parasto apsi *Populus tremula*, kas vairojas ar sakņu atvasēm. Zemsedze ir daudzveidīga, bet bez izteiktiem

dominantiem. Pirmajā gadā pēc kokaudzes izvākšanas izplatījušās samērā ēncietīgas un mitrumu mīlošas meža zemsedzes sugas – trejdzislu mēringija *Moehringia trinervia* un mūru mežsalāts *Mycelis muralis*. Trešais un ceturtais parauglaukums ierīkots nogāzes pakājē, tajos sugu daudzveidība ir mazāka nekā pirmajā un otrajā parauglaukumā.

Rezultāti un diskusija

Sugu sastāvs

Četros vējgāžu parauglaukumos 4 gadu laikā uzskaitītas 6 koku, 10 krūmu un paaugas, 53 zemsedzes vaskulāro augu un 13 zemsedzes sūnu sugas. Četros izcirtuma parauglaukumos šajā pašā laikā atzīmēta 1 koku, 8 krūmu un paaugas, 100 zemsedzes vaskulāro augu un 19 zemsedzes sūnu sugas. Dominējošās sugas (vidējais segums 4 gadu laikā vismaz vienā gadā >1%) apkopotas 1. (vējgāze) un 2. tabulā (izcirtums).

Tikai vējgāžu parauglaukumos uzskaitītas 5 koku, 5 krūmu, 18 lakstaugu stāva un 6 sūnu stāva sugas (sk. 3. tabulu). Tikai izcirtuma parauglaukumos – 2 krūmu, 52 lakstaugu un 11 sūnu stāva sugas. Tikai vējgāzē sastopamās sugas pieder galvenokārt stabilajām jeb pastāvīgajām skujkoku mežu augu sugu socioloģiskajām grupām – *Dryopteris filix-mas*, *Galeobdolon luteum* un *Calamagrostis arundinacea* grupai. Tikai izcirtumā sastopamās sugas pārstāv dažādas sugu grupas, tomēr visvairāk ir sugu no īslaicīgām jeb sērijveida grupām: *Impatiens parviflora*, *Plantago major* un *Dactylis glomerata* (pēc Laiviņš et al, 2008). Tikai vējgāzē sastopamās sugas galvenokārt pārstāv klases *Quercus-Fagetea* lapu koku mežu augāju (14 sugas), bet tikai izcirtumā sastopamās sugas pārstāv dažādas veģetācijas

klases, visvairāk no pļavu augāja (*Molinio-Arrhenatheretea* – 11 sugas), kā arī bieži ietekmētām augtenēm (*Artemisietea* – 5 sugas), mežmalām un krūmājiem (*Epilobietea* – 5 sugas) (pēc Ellenberg et al., 1992).

Veģetācijas dinamika pastāvīgajos parauglaukumos

Kopumā atzīmējamas šādas tendences: pirmajā gadā vējgāzes „logos” notikusi meža dabiskā atjaunošanās ar parasto kļavu, skujkoku sējeņi nav konstatēti; ieviešoties un izplatoties gaismasprasīgajām sugām, pieaudzis zemsedzes lakstaugu stāva sugu sastāvs un projektīvais segums; līdz ar lakstaugu stāva projektīvā seguma pieaugumu samazinājies sūnu stāva projektīvais segums.

Vietās, kur pie izgāzto egļu saknēm izveidojušies augsnes atsegumi (grantaina smilts), ieviesušās kolonizatorsugas – vertikālajā daļā galvenokārt sūnas, kur izteikti dominē viļņainā lācīte *Atrichum undulatum*, kā pavadītājsuga sastopama parastā griezene *Funaria hygrometrica*, kas vairāk raksturīga aizaugošām ugunsroku vietām. Iedobēs ieviešas vaskulārie augi – gan kolonizatorsugas: parastā mālļēpe *Tussilago farfara*, meža avene, gan sugas, kas raksturīgas laucēm un mežmalām: zemteka *Veronica officinalis*, birtzalu veronika *V. chamaedrys*, gan apkārtējā meža zemsedzē dominējošā meža zaķskābene.

Izgāzto egļu stumbriem tikko sāk lobīties miza, tādēļ uz tiem epiksīlās sugas pagaidām gandrīz nav sastopamas. Pirmā suga, kas parādās uz egles koksnes, ir nelīdzena īsvācelīte *Brachythecium salebrosum*, tā aug arī uz dzīvu koku pamatnēm un augsnes. Līdzās uz vecākām trupošām eglēm atzīmēta aknu sūna – liklapu novellija *Nowellia curvifolia*,

1. tabula, Table 1

Dominējošās sugas vējgāzēs
Dominant species in windthrows

Suga Species	Gads / Year			
	2005	2006	2007	2008
	Projektivais segums % Projective cover %			
<i>Acer platanoides</i> E3	14,0	16,3	16,3	14,0
<i>Picea abies</i>	19,5	21,3	16,3	15,0
<i>Populus tremula</i>	1,3	1,3	7,5	5,0
<i>Acer platanoides</i> E2	1,9	2,8	3,1	3,4
<i>Corylus avellana</i>	25,5	27,0	14,3	32,5
<i>Lonicera xylosteum</i>	2,6	3,8	1,9	6,3
<i>Sorbus aucuparia</i>	2,9	2,0	1,6	1,8
<i>Acer platanoides</i> E1	0,3	1,5	1,6	1,0
<i>Circaea alpina</i>	1,1	0,4	0,5	0,1
<i>Dryopteris filix-mas</i>	2,3	4,1	5,4	2,1
<i>Dryopteris expansa</i>	0,6	1,0	1,4	1,0
<i>Equisetum pratense</i>	0,1	1,0	1,3	0,5
<i>Fragaria vesca</i>	1,0	1,0	1,8	1,6
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	0,9	1,8	1,6	2,3
<i>Hepatica nobilis</i>	0,4	2,5	1,8	1,0
<i>Impatiens parviflora</i>	3,8	0,4	5,0	1,0
<i>Mycelis muralis</i>	1,8	0,6	0,5	0,5
<i>Oxalis acetosella</i>	55,0	60,0	57,5	33,0
<i>Rubus idaeus</i>	1,1	1,9	6,6	17,1
<i>Rubus saxatilis</i>	1,0	1,4	1,4	1,6
<i>Stellaria nemorum</i>	1,3	1,3	15,0	0,8
<i>Urtica dioica</i>	0,5	1,1	3,1	1,3
<i>Cirriphyllum piliferum</i> E0	1,8	0,9	2,5	6,6
<i>Eurhynchium angustirete</i>	2,1	0,4	0,5	0,5
<i>Hylocomium splendens</i>	1,6	0,3	0,4	0,4
<i>Plagiomnium affine</i>	6,8	1,5	9,5	11,3
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	2,8	0,6	0,6	0,9
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i>	1,9	1,6	1,4	0,6

2. tabula, Table 2

Dominējošās sugas izcirtumā
Dominant species in clearance

Suga Species	Gads / Year			
	2005	2006	2007	2008
	Projektīvais segums, % / Projective cover, %			
<i>Amelanchier spicata</i> E2	0,6	1	2,4	0,5
<i>Lonicer xylosteum</i>	0,1	0,1	1,6	0,4
<i>Populus tremula</i>	18,3	22,8	43,8	32,8
<i>Sorbus aucuparia</i>	0,1	0,5	5,1	1,3
<i>Acer platanoides</i> E1	0,3	0,5	0,4	1,5
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	0,5	0,9	0,9	1,6
<i>Chelidonium majus</i>	1,6	2	0,8	0
<i>Fragaria vesca</i>	0,4	0,5	1	10,3
<i>Galeopsis bifida</i>	3,3	0,1	0,1	0
<i>Moehringia trinervia</i>	2,9	0,3	0,4	0,3
<i>Mycelis muralis</i>	2,3	0,4	0,4	0,4
<i>Populus tremula</i>	1,3	0,3	3,8	2,6
<i>Rubus idaeus</i>	1,6	1	11,5	20
<i>Urtica dioica</i>	2	6,5	12,8	5
<i>Bryum caespitium</i> E0	0	0	1,1	0,1
<i>Ceratodon purpureus</i>	0	0	0,3	0,6

3. tabula, Table 3

Vējgāzes un izcirtuma sugu sastāva salīdzinājums
Comparison of species composition in windthrow and clearing

Sugu fitosocioloģiskā piederība Eiropas veģetācijas klasēm / Phytosociological belonging of species to vegetation classes of Europe (Ellenberg et al., 1992):

3. – bieži ietekmētu augtņu augājs / vegetation of frequently affected habitats (3.2 – *Bidentetea*, 3.3 – *Chenopodietea*, 3.4 – *Secalietea*, 3.5 – *Artemisietea*, 3.6 – *Agropyretea*, 3.7 – *Plantaginetea*, 3.8 – *Agrostietea stoloniferae*);

5. – pļavas / meadows (5.1 – *Nardo-Callunetea*, 5.2 – *Sedo-Scleranthetea*, 5.3 – *Festuco-Brometea*, 5.4 – *Molinio-Arrhenatheretea*);

6. – mežmalas un krūmāji / edges of forests and shrubs (6.1 – *Trifolio-Geranietea*, 6.2 – *Epilobietea*);

7. – skujkoku mežu augājs / vegetation of coniferous forests (7.1 – *Erico-Pinetetea*, 7.3 – *Vaccinio-Piceetea*);

8. – lapu koku mežu augājs / vegetation of deciduous forests (8.4 – *Quercu-Fagetea*).

Sugu piederība Latvijas skujkoku mežu socioloģiskajām grupām / Belonging of species to phytosociological groups of Latvia (Laiviņš et al., 2008):

1) stabilās augu sugu grupas / the constant phytosociological species groups: *Clad arb* – *Cladina arbuscula*; *Vacc vit* – *Vaccinium vitis-idaea*; *Vacc myrt* – *Vaccinium myrtillus*; *Oxa ace* – *Oxalis acetosella*; *Gale lut* – *Galeobdolon luteum*; *Dry fil* – *Dryopteris filix-mas*; *Puls pat* – *Pulsatilla patens*; *Cala aru* – *Calamagrostis*

arundinacea;

2) kvazistabilās jeb daļēji stabilās augu sugu grupas / the quasistable or partly stable phytosociological species groups: *Gali alb* – *Galium album*; *Brac pin* – *Brachypodium pinnatum*; *Prim ver* – *Primula veris*; *Pote are* – *Potentilla arenaria*; *Puls pra* – *Pulsatilla pratensis*; *Fili ulm* – *Filipendula ulmaria*;

3) īslaika jeb sērijveida sugu grupas / the short-term phytosociological species groups : *Impa parv* – *Impatiens parviflora*; *Plan maj* – *Plantago major*; *Pote arg* – *Potentilla argentea*; *Dact glo* – *Dactylis glomerata*.

Sugas tikai izcirtumā Species recorded only in clearing	Ellen- berg et al., 1992	Laiviņš et al., 2008	Sugas tikai vējgāzēs Species recorded only in windthrow	Ellen- berg et al., 1992	Laiviņš et al., 2008
<i>Amelanchier spicata</i> E2		Impa par	<i>Alnus incana</i> E3	8,4	
<i>Populus tremula</i>			<i>Picea abies</i>	7,3	
Kopā: 2 sugas krūmu stāvā Together: 2 species in shrub layer			<i>Pinus sylvestris</i>		Vacc vit
<i>Agrostis gigantea</i> E1	5,4		<i>Populus tremula</i>		
<i>Alchemilla</i> sp.			<i>Sorbus aucuparia</i>		Vacc myr
<i>Alopecurus aequalis</i>	3,2		Kopā: 5 sugas koku stāvā Together: 5 species in tree layer		
<i>Amelanchier spicata</i>		Impa par	<i>Alnus incana</i> E2	8,4	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>			<i>Fraxinus excelsior</i>	8,4	Dryo fil
<i>Anthriscus sylvestris</i>	5,4	Impa par, Dact glo	<i>Picea abies</i>	7,3	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		Pote are, Plan maj	<i>Quercus robur</i>	8,4	
<i>Betula pendula</i>			<i>Sorbus aucuparia</i>		
<i>Betula pubescens</i>			Kopā: 5 sugas krūmu stāvā Together: 5 species in shrub layer		
<i>Calamagrostis epigeios</i>			<i>Aegopodium podagraria</i> E1	3,5	
<i>Campanula patula</i>	5,4		<i>Alnus incana</i>	8,4	
<i>Carex ericetorum</i>	7,1	Clad arb, Puls pat	<i>Anemone nemorosa</i>	8,4	
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	3,5		<i>Athyrium filix-femina</i>		
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	6,2		<i>Calamagrostis arundinacea</i>		Cala aru
<i>Chelidonium majus</i>	3,5	Impa parv	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	8,4	
<i>Chenopodium album</i>	3,3		<i>Convallaria majalis</i>	8,4	Cala aru
<i>Cirsium arvense</i>	3		<i>Crepis paludosa</i>	5,4	
<i>Cirsium oleraceum</i>	5,4		<i>Digitalis grandiflora</i>	6,2	
<i>Cirsium vulgare</i>	3,5		<i>Dryopteris expansa</i>	7,3	
<i>Clinopodium vulgare</i>	6,1	Brac pin	<i>Equisetum pratense</i>	8,4	Dryo fil
<i>Conyza canadensis</i>			<i>Galeobdolon luteum</i>	8,4	Gale lut, Oxal ace
<i>Dactylis glomerata</i>		Impa par, Dact glo	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	8,4	
<i>Epilobium adenocaulon</i>			<i>Hepatica nobilis</i>	8,4	Gale lut
<i>Fallopia dumetorum</i>	3,5		<i>Hieracium vulgatum</i>		

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

Sugas tikai izcirtumā Species recorded only in clearing	Ellen- berg et al., 1992	Laiviņš et al., 2008	Sugas tikai vējgāzēs Species recorded only in windthrow	Ellen- berg et al., 1992	Laiviņš et al., 2008
<i>Galeopsis bifida</i>			<i>Impatiens parviflora</i>	8,4	Impa parv
<i>Galium album</i>	5,4	Gali alb	<i>Paris quadrifolia</i>	8,4	Dryo fil
<i>Hieracium umbellatum</i>	8,4		<i>Stellaria nemorum</i>	8,4	
<i>Hypericum perforatum</i>	6,1		Kopā: 18 sugas lakstaugu stāvā Together: 18 species in herb layer		
<i>Hypochoeris radicata</i>	5				
<i>Impatiens noli-tangere</i>	8,4	Impa nol			
<i>Lepidotheca suaveolens</i>	3,7				
<i>Luzula multiflora</i>	5,1				
<i>Lysimachia nummularia</i>					
<i>Melica nutans</i>	8,4	Gali alb, Brac pin			
<i>Omalotheca sylvatica</i>	6,2				
<i>Phalacrolooma annuum</i>	3,5				
<i>Phleum pratense</i>	5,4				
<i>Pinus sylvestris</i>		Vacc vit			
<i>Plantago major</i>	3,7	Plan maj, Dact glo			
<i>Poa annua</i>		Plan maj, Pote arg			
<i>Poa compressa</i>	3,6				
<i>Poa pratensis</i>	5,3				
<i>Potentilla argentea</i>	5,2	Pote arg			
<i>Potentilla norvegica</i>	3				
<i>Prunella vulgaris</i>	5,4				
<i>Pteridium aquilinum</i>					
<i>Rhamnus cathartica</i>	8,4	Prim ver			
<i>Rorippa sylvestris</i>	3,8				
<i>Rumex acetosella</i>					
<i>Rumex obtusifolius</i>	3,8				
<i>Sagina procumbens</i>	3,7				
<i>Salix caprea</i>	6,2				
<i>Sambucus racemosa</i>	6,2	Impa par			
<i>Silene nutans</i>	6,1	Puls pra			
<i>Sonchus arvensis</i>	3,3				
<i>Trifolium arvense</i>	5,2				
<i>Trifolium pratense</i>	5,4				
<i>Trifolium repens</i>	5,4	Plan maj			

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

Sugas tikai izcirtumā Species recorded only in clearing	Ellen- berg et al., 1992	Laiviņš et al., 2008	Sugas tikai vējgāzēs Species recorded only in windthrow	Ellen- berg et al., 1992	Laiviņš et al., 2008
<i>Tussilago farfara</i>	3,0				
<i>Verbascum thapsus</i>	6,2				
<i>Veronica officinalis</i>					
<i>Vicia cracca</i>	5,4				
<i>Vicia hirsuta</i>	3,4				
<i>Vicia sylvatica</i>	6,1				
Kopā: 52 sugas lakstaugu stāvā Together: 52 species in herb layer					
<i>Barbula unguiculata</i> E0			<i>Cirriphyllum piliferum</i> E0		
<i>Brachythecium salebrosum</i>			<i>Herzogiella seligeri</i>		
<i>Bryum caespiticium</i>			<i>Plagiochila asplenoides</i>		
<i>Cephaloziella</i> sp.			<i>Rhodobryum roseum</i>		
<i>Ceratodon purpureus</i>			<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		
<i>Climacium dendroides</i>		Fili ulm	<i>Rhizomnium punctatum</i>		
<i>Didymodon fallax</i>			Kopā: 6 sugas sūnu stāvā Together: 6 species in moss layer		
<i>Funaria hygrometrica</i>					
<i>Pohlia nutans</i>					
<i>Polytrichum juniperinum</i>					
<i>Ptilium crista-castrensis</i>		Vacc vit			
Kopā: 11 sugas sūnu stāvā Together: 11 species in moss layer					

kas raksturīga dabiskiem meža biotopiem ar skujkoku kritālām. Sagaidāms, ka tā ieviesīsies arī uz vējgāzē izgāzto egļu stumbriem, tiklīdz tie sāks trupēt.

Izcirtumā otrajā gadā pastiprināti izplatījušies lielā nātre, kas liecina par bagātu slāpekļa saturu augsnē. Pirmajā gadā tās segums ir 1-4%, bet otrajā jau sasniedzis 10-15%. Savukārt sūnu stāva segums ir niecīgs.

Otrajā gadā pēc vējgāzes turpinājusies zemsedzes seguma palielināšanās, izplatoties nitrofilajām un gaismas prasīgajām sugām (meža zemene un meža avene nogāzes augšdaļā), bet nogāzes lejasdaļā, kur joprojām iet bojā egles, īpaši izplatījušies birztalu

virza. To veicinājis arī izteikti mitrais 2007. gada vasaras sākums. Koku stāvā pieaudzis lapu koku īpatsvars, it īpaši nogāzes augšdaļā, kur kļavas segums 3 gados palielinājies no 3% uz 20%.

Ap izgāztajām saknēm uz grantainās augsnes turpina ieviesties gan lakstaugu sugas: meža zemene, suņu vijolīte *Viola canina*, zemteka, birztalu veronika, meža avene, arī meža zemsedzei raksturīgā zaķskābene, gan sūnas – vilņainā lācīte un parastā griezene.

Platībās, kur egles ir pilnīgi izgāztas, lielu daļu zemsedzes klāj kritušie stumbri, tādēļ parauglaukuma ierīkošana tur nav iespējama, toties labi novērojamas veģetācijas

dinamikas tendences. Gāzuma vietā turpina izplatīties lazda, kļava un parastais sausserdis, bet zemsedzē dominē meža zažskābene un sīkziedu sprigane. Saglabājas arī ēncietīgās zemsedzes sugas, piemēram, apdzira *Huperzia selago*, jo apēnojumu dod lazdas. Paaugā bez kļavām ieviešas arī atsevišķi ozoli, bet gandrīz nav jaunu eglišu. Pirmās epiksīlās sugas uz izgāzto egļu stumbriem ir nelīdzenā īsvācelīte *Brachythecium salebrosum*, bet uz tievākajām kritālām, kam sāk noliboties miza, arī dažādālapu sekstīte *Lophocolea heterophylla* un āķveida kroklape *Sanionia uncinata* – plaši izplatītas sugas, kas apdzīvo dažādus substrātus.

Ceturtajā gadā vējgāzēs novērotas šādas tendences: nogāzes augšdaļā, kur kļavas segums koku stāvā 4 gados palielinājies no 3% uz 40%, sācis samazināties zemsedzes kopējais projektīvais segums. Salīdzinot ar 2007. gadu, aizzēlums ar lakstaugiem samazinājies, bet vairāk izplatījusies lazda un meža avene. Krūmu stāvs, kā arī avenes un papardes veido higrofitiem un ēnmiļiem labvēlīgu mikroklimatu, tādēļ arī nogāzes daļā, kur kokaude pilnībā gājusi bojā vējgāzē, saglabājušās un izplatās tādas sugas kā pamišlapu pakrēslīte un Alpu raganzālīte.

Kontroles parauglaukumos izcirtumā turpina ieviesties graudzāles un citas sugas, kas raksturīgas pļavām – baltā smilga *Agrostis gigantea*, pļavas skarene *Poa pratensis*, slotiņu ciesa *Calamagrostis epigeios*, divšķautņu asinszāle *Hypericum perforatum* un vanagu viķis *Vicia cracca*. Palielinās nitrofilo izcirtumu sugu – meža avenes un lielās nātres – segums. Joprojām niecīgs ir sūnu segums, bet turpina palielināties sugu skaits – 2005. gadā atzīmēta viena suga, bet 2007. gadā – 7 sugas, tostarp gan kolonizatorsugas, gan meža zemsedzes sugas.

Lakstaugu stāvā nav dominējošu sugu,

jo pastāv liela apses konkurence. Otra suga, kas strauji izplatās krūmu stāvā, ir vārpainā korinte *Amelanchier spicata*, kuras segums 2005. gadā sastādīja nepilnu procentu, 2006. gadā bija 2%, bet 2007. gadā – jau 7%. Šī suga, kuras dabiskais areāls atrodas Ziemeļamerikas ZA daļā, Latvijā aklimatizēta 18. gadsimtā un tagad uzskatāma par pilnībā naturalizējušos dārbēgli (Gavrilova, Šulcs, 1999; Mauriņš, Zvirgzds, 2006).

Izcirtumā notiek dabiskā atjaunošanās ar apsi, un 2008. gadā pirmo reizi izkopta sabiezētā jaunaude, atstājot apses vienu no otras aptuveni 1,5-2 m attālumā. Zemsedzē palielinājies meža avenes un meža zemenes segums, savukārt lielajai nātrei, salīdzinot ar 2007. gadu, tas ir samazinājies.

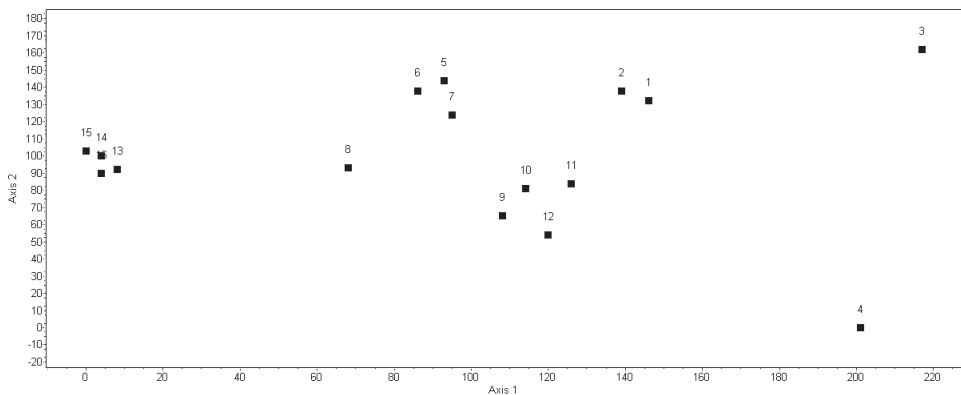
Otrajā kontroles parauglaukumā vērojama intensīva apses dabiskā atjaunošanās. Ja 2005. gadā tās projektīvais segums krūmu stāvā bija 15%, 2006. gadā – 20% un 2007. gadā – jau 50%. Lakstaugu stāvā nav dominējošu sugu, jo pastāv liela apses konkurence. Jaunaude 2008. gadā ir kopta, izretinot apses un gandrīz pilnībā izcērtot korintes, kas veicinājis meža avenes, meža zemenes, šaurlapu ugunspuķes *Chamaenerion angustifolium* un lielās nātres projektīvā seguma palielināšanos.

Trešajā kontroles parauglaukumā, kas atrodas nogāzes pakājē, apses izplatība ir visstraujākā, tās seguma dinamika – 50% 2005. gadā, 60% 2006. gadā un 90% 2007. gadā. Parauglaukuma teritorijā apšu jaunaude nav kopta un apses segums saglabājies 90%. Toties spēcīgās apses konkurences dēļ samazinājies lielās nātres un avenes segums.

Veģetācijas dinamika novērtēta, izmantojot datu ordinācijas programmu DECORANA. 1. attēlā parādīts vējgāžu

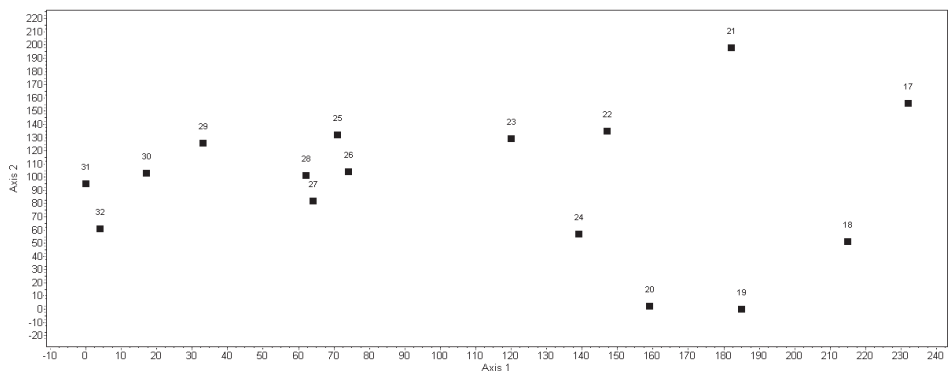
parauglaukumu izvietojums pirmajās divās ordinācijas asīs, kas izskaidro 47% no kopējās variācijas. Redzams, ka četru gadu laikā visvairāk izmainījusies pirmā parauglaukuma veģētācija – objekti 1 līdz 4 izkļiedēti izvietojušies ordinācijas plaknes labajā pusē. Savukārt nedaudz mainījusies ir ceturrtā parauglaukuma veģētācija – objekti no 13 līdz 16 kompakti izvietojušies ordinācijas plaknes kreisajā pusē.

2. attēlā parādīts izcirtuma parauglaukumu izvietojums pirmajās divās ordinācijas asīs, kas izskaidro 59% no kopējās variācijas. Te straujākā dinamika vērojama abos pirmajos parauglaukumos (objekti no 17 līdz 24), kas atrodas nogāzē un kur ir bagātāks sugu sastāvs. Savukārt mazākās izmaiņas konstatētas trešajā parauglaukumā (objekti 25 līdz 28), kur nogāzes lejasdaļā izteikti dominē apsēs paauga, kuras izplatība nav ierobežota.



1. attēls. Vējgāžu parauglaukumu ordinācija ar programmu DECORANA.

Figure 1. DECORANA ordination of windthrow plots.



2. attēls. Izcirtumu parauglaukumu ordinācija ar programmu DECORANA.

Figure 2. DECORANA ordination of clearing plots.

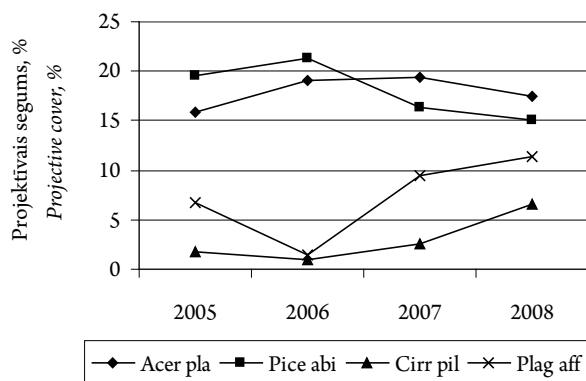
Dominējošo sugu projektīvā seguma dinamika

Pamatojoties uz četrus gadus novērojumiem, iespējams novērtēt veģetācijas attīstības sākotnējās tendences. 3. attēlā parādīta koku un zemsedzes sūnu stāva dinamika vējgāzēs. Koku sugām summēts projektīvais segums koku un paaugas stāvā (līdz 7 m). Redzam, ka pirmajos divos gados pēc vējgāzes dominējošā suga ir egļu, bet trešajā gadā tāda jau ir kļava. Lielāks segums kļavai saglabājies arī ceturtajā gadā. Sūnu stāvā vērojama tendence izplatīties divām sugām – sausienes skrajlapei un parastajai ūsainei.

4. attēlā parādītas sugas, kuru

projektīvais segums vējgāzē četrus gadus laikā ir pieaudzis: sevišķi strauji palielinājies meža avenes segums.

5. attēlā parādīta to sugu projektīvā seguma dinamika, kas strauji izplatījušās pirmajos trijos gados pēc vējgāzes, bet kuru segums ceturtajā gadā atkal samazinājies. Pie tādām sugām pieskaitāmas papardes – vīrpaparde un viltus ozolpaparde –, kā arī izcirtumiem un mežmalām raksturīgā meža zemene, auglīgās augsnes ātri kolonizējošā lielā nātre, bet visizteiktāk – birtālas virza, kuras segums 2007. gadā strauji palielinājies un pēc tam tikpat strauji sarucis. Šāda dinamika

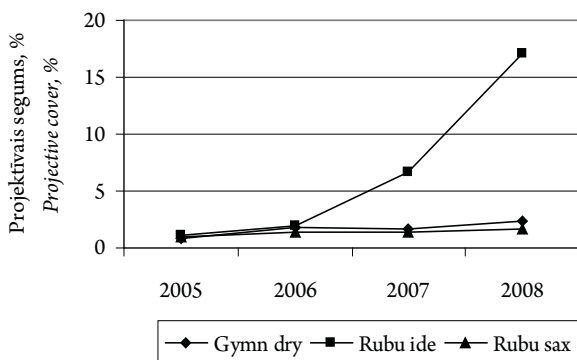


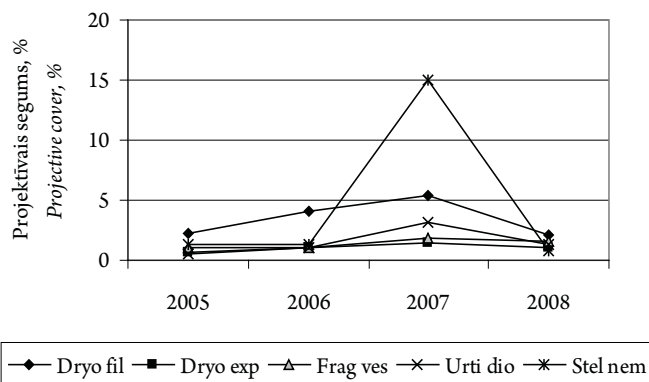
3. attēls. Dažu koku un sūnu sugu projektīvā seguma dinamika vējgāzēs.
Figure 3. Dynamics of projective cover of some tree and moss species in windthrows.

Acer pla – *Acer platanoides*,
Pice abi – *Picea abies*, Cirr pil – *Cirriophyllum piliferum*, Plag aff – *Plagiomnium affine*.

4. attēls. Sugas ar pieaugošu projektīvo segumu vējgāžu zemsedzē.
Figure 4. Species with increasing projective cover in ground layer of windthrows.

Gymn dry – *Gymnocarpium dryopteris*, Rubu ide – *Rubus idaeus*, Rubu sax – *Rubus saxatilis*.

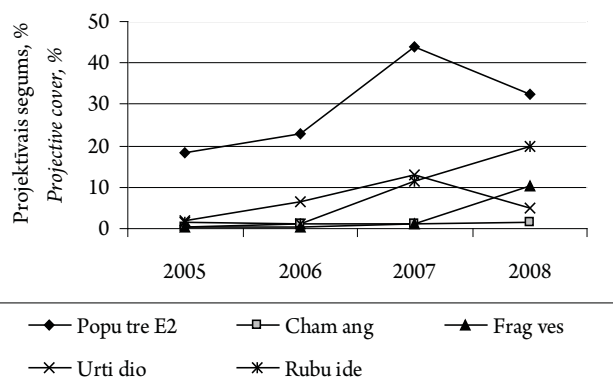




5. attēls. Sugas vējgāžu zemsedzē, kas maksimālu projektīvo segumu sasniedz trešajā gadā pēc traucējuma.

Figure 5. Species in ground cover of windthrows with maximal projective cover in the third year after the disturbance.

Dryo fil – *Dryopteris filix-mas*, Dryo exp – *Dryopteris expansa*, Frag ves – *Fragaria vesca*, Urti dio – *Urtica dioica*, Stel nem – *Stellaria nemorum*.



6. attēls. Dominējošo sugu projektīvā seguma dinamika izcirtumā.

Figure 6. Dynamics of dominant species in the clearing.

Popu tre – *Populus tremula*, Cham ang – *Chamaenerion angustifolium*, Frag ves – *Fragaria vesca*, Urti dio – *Urtica dioica*, Rubu ide – *Rubus idaeus*.

skaidrojama saistībā ar meteoroloģiskajiem apstākļiem – tā kā šī suga ir mezofīts (Ellenbergas mitruma rādītājs 7), tādēļ, iespējams, pozitīvi reaģējusi uz 2007. gada mitro vasaras sākumu. Pārējo izplatītāko sugu mitruma rādītāji ir robežās no 4 līdz 6 – tās ir galvenokārt ksero-mezofīti.

6. attēlā parādīta izcirtumā valdošo sugu dinamika, kas dažām sugām ir līdzīga kā vējgāzē: meža avenei četru gadu laikā tā turpinājusi pieaugt, bet lielajai nātrei – pirmos trīs gadus pieaugusi, bet ceturtajā samazinājusies. Atšķirībā no vējgāzes, izcirtumā arī ceturtajā gadā turpinājis pieaugt meža zemes segums.

Dažas sugas strauji izplatījušās drīz pēc kokaudzes izvākšanas: pirmajā gadā – šķeltais aklis *Galeopsis bifida*; visvairāk otrajā gadā – lielā strutene *Chelidonium majus*, bet ceturtajā gadā minētās sugas vairs nav novērotas (sk. 2. tabulu).

Sugu daudzveidība

Sugu daudzveidība raksturota, izmantojot Simpsona indeksu, kas ir lielāks, ja augu sabiedrībā ir daudz sugu ar lielu projektīvo segumu. Ja ir tikai viena vai dažas dominējošas sugas, bet pārējo sugu segums ir niecīgs, indekss samazinās.

Vējgāzē koku stāva daudzveidība pirmajos divos gados gandrīz nav mainījusies, bet 2007. gadā nedaudz palielinājusies (sk. 4. tabulu). Krūmu stāvā vislielākā daudzveidība novērota 2007. – trešajā gadā pēc vējgāzes, kaut arī vidējais segums tad bijis vismazākais. Kopējais sugu sastāvs ir stabils. Lakstaugu stāvā konstatēts daudzveidības pieaugums ($D=0,325$ 2005. gadā, bet 2008. gadā gandrīz divas reizes lielāks – $0,611$). Visvairāk sugu atzīmēts 2006. gadā – 49, bet lielāko

projektīvo segumu lakstaugu stāvs uzrāda 2007. gada mitrajā vasarā – 83%, kad kopējais sugu skaits ir vismazākais – 44, bet lielākais ir dominējošo sugu ($S>1\%$) skaits – 16. Sūnu stāva daudzveidība ir samazinājusies jau otrajā gadā pēc vējgāzes, kopējam sugu skaitam saglabājoties gandrīz konstantam, jo krasi samazinājies dominējošo sugu skaits. Izplatījušās nitrofilās sugas – parastā ūsaine *Cirriphyllum piliferum* un sausienes skrajlape *Plagiomnium affine*, bet pārējo sugu segums

4. tabula, Table 4

Sugu daudzveidību raksturojošie rādītāji vējgāžu un izcirtuma parauglaukumos

Parameters characterising species diversity in windthrows and clearing

Rādītājs Para- meter	Gads / Year			
	2005	2006	2007	2008
Vējgāzes / Windthrows, E3				
D	0,521	0,523	0,656	0,640
N	5	6	6	6
n	3	3	4	4
S	34,75	38,75	41,25	35,25
Vējgāzes / Windthrows, E2				
D	0,381	0,401	0,497	0,375
N	10	10	11	11
n	4	4	4	4
S	32,88	35,50	20,88	42,13
Vējgāzes / Windthrows, E1				
D	0,325	0,378	0,561	0,611
N	45	49	44	46
n	8	10	16	11
S	66,25	75,50	83,38	63,00
Vējgāzes / Windthrows, E0				
D	0,765	0,499	0,450	0,467
N	11	10	11	11
n	6	2	3	2
S	16,88	3,13	13,38	17,86
Izcirtums / Clearing, E2				
D			0,303	0,071

Rādītājs Para- meter	Gads / Year			
	2005	2006	2007	2008
N	5	6	7	8
n	1	2	4	2
S	18,25	23,75	52,88	34,0
Izcirtums / Clearing, E1				
D	0,704	0,476	0,632	0,370
N	78	71	71	61
n	7	3	4	6
S	10,0	7,5	28,0	16,0
Izcirtums / Clearing, E0				
N	8	6	19	10
n	0	0	1	0
S	0	0	1,13	0

Apzīmējumi / Legend:

E3 – koku stāvs / tree layer; E2 – krūmu stāvs /

shrub layer; E1 – lakstaugu stāvs / herb layer;

E0 – sūnu stāvs / moss layer;

D – Simpsona daudzveidības indekss /

Simpson's diversity index;

N - kopējais sugu skaits parauglaukumos /

total number of species in plots;

n – to sugu skaits parauglaukumos, kuru vidējais projektīvais segums $>1\%$ / number of species which average cover $>1\%$;

S – veģetācijas stāva kopējais vidējais projektīvais segums parauglaukumos / total cover of vegetation layer.

sarucis.

Izcirtumā daudzveidības indekss aprēķināts tikai krūmu un lakstaugu stāvam, jo koku stāva praktiski nav, bet sūnu stāvā nav sugu, kam projektīvais segums pārsniegtu 1%. Krūmu stāvam raksturīga strauja parastās apses atjaunošanās no sakņu atvasēm. Tā kā dominējošā suga ir viena, daudzveidības indekss ir neliels (2008. gadā tikai 0,071). Maksimālo segumu krūmu stāvs uzrāda 2007. gadā, bet 2008. gadā tas ir samazinājies, jo apšu jaunaudze divu parauglaukumu teritorijā tika izretināta. Krūmu stāva kopējais sugu skaits turpina palielināties. Lakstaugu stāva daudzveidība izcirtumā vislielākā bijusi pirmajā gadā, kad arī atzīmēts maksimālais sugu skaits – 78. Pēc tam tā samazinājusies, jo izplatījušās monodominantas nitrofilas sugas: vispirms lielā nātre, bet trešajā un ceturtajā gadā – meža avene. Sūnu stāva sugu skaits ir svārstīgs, jo galvenokārt atzīmētas īslaicīgas kolonizatorsugas – ciņu samtīte *Bryum caespiticium*, purpura ragzobe *Ceratodon purpureus*, struplapu bārbula *Barbula unguiculata* un citas. Neliels projektīvais segums ir gan šīm sugām, gan arī vietām sastopamajām meža zemsedzes sugām.

Sūnu floras daudzveidība 13 gadus vecās vējgāzēs pētīta egļu un egļu-lapu koku mežos Vācijā (Palisaar, Poschlod, 2001). Lielākā daudzveidība konstatēta dabiskajās vējgāzēs, tad sakoptajās, bet vismazākā neskartajā mežā.

Igaunijā novērots, ka egļu meži ar melleni un vīgriezi zemsedzē izcirtumos veido bagātīgāku paaugu nekā vējgāzēs, bet atjaunošanās notiek galvenokārt ar lapu kokiem – bērzu un melnalksni (Ilisson et

al., 2007). Pirmajos divos gados egļu mežā ar melleni dabiskajās un izvāktajās vējgāzēs izplatījušās šādas sugas: šaurlapu ugunspuķe, meža avene un ložņu gundega *Ranunculus repens*. Pavisam šādās sabiedrībās atzīmētas 108 lakstaugu un krūmu sugas (Ilisson et al., 2006). Dati ir līdzīgi mūsu pētījumā iegūtajiem. Jāņem vērā, ka Igaunijā veiktajā pētījumā pārstāvēti divi meža tipi ar atšķirīgiem augsnes un mitruma apstākļiem, bet Krustkalnu rezervātā un izcirtumā tā apkārtne parauglaukumi ierīkoti tikai vēri.

Ekoloģisko rādītāju salīdzinājums

Vējgāzēs, līdzīgi kā vēra zemsedzē mežā, sākotnēji dominē ēnas sugas, bet ceturtajā gadā pēc vējgāzes – pusēnas sugas (sk. 5. tabulu). Temperatūras rādītājs liecina par vēsa klimata, bet kontinentalitāte – par subokeānisku sugu dominēšanu. Augsni raksturojošie rādītāji – slāpekļa saturs, mitrums un augsnes reakcija – ir stabili un četru gadu laikā gandrīz nav mainījušies. Slāpekļa rādītājs visos gados bijis ap 6 un raksturo bagātas augsnes, mitruma rādītājs – ap 5, kas liecina par ksero-mezofītisko sugu klātbūtni, bet augsnes reakcijas rādītājs – ap 4,5, kas raksturīgs mēreni skābām augsnēm.

Izcirtumā dominē daudz gaismas prasīgākas sugas, kuru izplatība četru gadu laikā palielinājusies un vējgāzes gaismas rādītāju pārsniedz par 3 ballēm. Pārējie rādītāji ir samērā stabili un līdzīgi kā vējgāzēs. Atšķiras novērojumi otrajā gadā pēc izciršanas, kad visvairāk izplatījušies bagātām, neitrālām augsnēm raksturīgi augi, piemēram, meža suņburkšķis *Anthriscus sylvestris* un lielā strutene *Chelidonium majus*.

5. tabula, Table 5

Ekoloģisko rādītāju dinamika vējgāzēs un izcirtumā
Dynamics of indicator values in windthrows and clearcut

Rādītājs Parameter	Gads / Year			
	2005	2006	2007	2008
Vējgāzes / Windthrows				
Gaisma / Light	2,4	2,0	2,9	3,9
Temperatūra / Temperature	4,0	4,5	4,4	3,9
Kontinentalitāte / Continentiality	3,8	3,4	3,8	4,0
Mitrums / Moisture	5,0	5,0	5,4	5,0
Augsnes reakcija / Reaction of soil	4,5	4,3	4,3	4,6
Slāpekļis / Nitrogen	5,9	5,9	6,1	5,9
Izcirtums / Clearing				
Gaisma / Light	5,3	6,7	6,4	6,9
Temperatūra / Temperature	5,3	6,0	5,3	5,3
Kontinentalitāte / Continentiality	3,9	5,7	4,3	4,8
Mitrums / Moisture	5,2	5,6	5,5	5,1
Augsnes reakcija / Reaction of soil	6,1	6,8	6,3	6,1
Slāpekļis / Nitrogen	6,6	8,0	7,1	6,4

Secinājumi

1. Vējgāžu parauglaukumos Krustkalnu rezervātā vēra meža tipā četru gadu laikā nitrofilo un gaismas prasīgo sugu pastiprinātas izplatības dēļ notikusi zemsedzes kopējā projektīvā seguma palielināšanās. Pastiprināti izplatījušies meža avene. Koku stāvā palielinājies lapu koku īpatsvars un vērojama egļu bojāeja. Mežs dabiski atjaunojies galvenokārt ar lapu kokiem, īpaši ar parasto kļavu. Krūmu stāvs, kā arī avenes un papardes veido higrofitiem un ēnmiļiem labvēlīgu mikroklimatu, tādēļ arī nogāzes daļā, kur kokaudze pilnībā gājusi bojā vējgāzē, saglabājušās un izplatījušās tādas sugas kā pamišlapu pakrēslīte *Chrysosplenium alternifolium* un Alpu raganzālīte *Circaea alpina*. Sūnu stāvā pastiprināti izplatījušies parastā ūsaine *Cirriphyllum piliferum* un sausienes skrajlapē *Plagiomnium affine*.
2. Izcirtumu parauglaukumos Krustkalnu rezervāta tuvumā ieviesušās graudzāles un citas pļavu sugas. Palielinājies izcirtumiem raksturīgo nitrofilo sugu projektīvais segums. Kokaudze strauji dabiski atjaunojas ar parasto apsi. Otra krūmu stāvā strauji izplatījušies suga ir vārpainā korinte *Amelanchier spicata*.
3. Ceturtajā gadā pēc vējgāzes lielākā daļa izgāzto egļu stumbru vēl ir saglabājuši mizu, tomēr trupošas koksnes apaugums ar epiksilajām sūnu sugām jau ir visai ievērojams. Sugas, kas pirmās parādās uz egles koksnes ar mizu, pieder galvenokārt īsvācēlišu *Brachythecium*

- ģintij. Tās sastopamas arī uz dzīvu koku pamatnēm un augsnes.
4. Vēģāzes parauglaukumā Krustkalnu rezervātā sastopama Latvijas Sarkanajā grāmatā iekļautā augu suga lielziedu uzpirkstīte *Digitalis grandiflora*. Vēģāzē saglabājusies arī ēncietīga, mitrumu mīloša, aizsargājama staipekņu suga apdzira *Huperzia selago*, jo pietiekamu apēnojumu veido krūmu un lakstaugu stāvs.
 5. Sugu daudzveidību vēģāzēs palielina substrātu daudzveidība. Atsegtu augsni pie izgāzto koku saknēm kolonizē dažādas sūnu un vaskulāro augu sugas, kuru sastāvu nosaka augsnes veids, ekspozīcija, izvietojums, kā arī apkārtējā veģetācija.
 6. Vēģāzēs četrus gadus laikā, izplatoties gaismas prasīgām sugām, mainījušies mikroklimatu raksturojošie ekoloģiskie rādītāji, bet augsni raksturojošie – slāpekļa saturs, mitrums un augsnes reakcija – gandrīz nav mainījušies. Izcirtumā dominē daudz gaismas prasīgākas sugas, kuru izplatība četrus gadus laikā palielinājusies un vēģāzes apgaismojuma rādītāju pārsniedz par 3 ballēm.
 7. Četrus gadus laikā vēģāzēs palielinājusies lakstaugu stāva daudzveidība (Simpsona indekss 2005. gadā 0,325, bet 2008. gadā tas ir gandrīz divas reizes lielāks – 0,611). Sūnu stāva kopējā daudzveidība samazinājusies, jo izplatījušās atsevišķas nitrofilās sugas. Izcirtumā vislielākā sugu daudzveidība konstatēta pirmajā gadā, bet vēlāk tā samazinājusies atsevišķu dominanto sugu izplatības dēļ.

Pateicība: autore pateicas Dr. biol. Agnim Šmitam par projekta „Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamika vētras postītās mežaudzēs” vadību un Jānim Donim – par palīdzību datu matemātiskajā apstrādē.

Literatūra

- Āboliņa, A. (2001). Latvijas sūnu saraksts. Latvijas Veģetācija, 3:47-87.
- Andrušaitis, G. (galv.red.) (2003). Latvijas Sarkanā Grāmata. 3. sējums. Vaskulārie augi. Rīga, 691 lpp.
- Braun-Blanquet, J. (1964). Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin, Springer-Verlag, Wien, New York. 865 S.
- Bušs, K. (1981). Meža ekoloģija un tipoloģija. Rīga, „Zinātne”, 68 lpp.
- Dierschke, H. (1994). Pflanzensoziologie. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 683 S.
- Donis, J. (proj. vad.) (2005). Ekstrēmu vēja ātrumu ietekmes uz kokaudzes noturību novērtējums, lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde. Pārskats par Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtīto pētījumu 010605/C-168. LVMI „Silava”, 73 lpp.
- Donis, J., Rokpelnis, M., Zariņš, J. (2007). Ekstrēmu ātrumu vēji kā dabiskā traucējuma faktors egļu mežos Latvijā. LU 65. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga, 31.-32. lpp.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Werner, W., Paulissen, D. (1992). Zeigwerte von

- Pflanzen in Mitteleuropa. Zweite Auflage. Scripta Geobotanica, 18, 258 S.
- Eniņš, G. (2008). 100 dižākie un svētākie. Rīga, AS „Lauku Avīze”, 296 lpp.
- Ērglis, D., Matuzānis, J. (1973). Audžu noturība 1967. gada viesuļvētrā. Jaunākais Mežsaimniecībā, 15: 53.-60. lpp.
- Gavrilova, Ģ., Šulcs, V. (1999). Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Rīga, 136 lpp.
- Hill, M.O., Gausch, H.G. (1980). Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. Vegetatio, 42: 47-50.
- Hill, M.O., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, M.A., Brugués, M., Cano, M.J., Enroth, J., Flatberg, K.I., Frahm, J.-P., Gallego, M.T., Garilleti, R., Guerra, J., Hedenäs, L., Holyoak, D.T., Hyvönen, J., Ignatov, M.S., Lara, F., Mazimpaka, V., Muñoz, J., Söderström, L. (2006). An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. Journal of Bryology, 28: 198-267.
- Igaunis, G. (1960). Par egļu audžu izcelšanās un augšanas gaitas pētīšanu. Jaunākais Mežsaimniecībā, 1: 40.-41. lpp.
- Ilisson, T., Metslaid, M., Vodde, F., Jōgiste, K., Kurm, M. (2006). Vascular plant response to windthrow severity in Norway spruce-dominated Myrtillus site type forests in Estonia. Ecoscience 13(2): 193-202.
- Ilisson, T., Köster, K., Vodde, F., Jōgiste, K. (2007). Regeneration development 4-5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. Forest Ecology and Management, 250(1-2): 17-24.
- Kavacs, G. (atb.red.) (1998). Latvijas Daba. Enciklopēdija. 6.sējums. Rīga, „Preses nams”, 599 lpp.
- Kreile, V. (1998). Krustkalnu rezervāta meža augu sabiedrību klasifikācija. LU ĢZZF Dabas ģeogrāfijas katedra. Maģistra darbs. Rīga, 98 lpp.
- Laiviņš, M. (2005). Parastās egles (*Picea abies*) audžu ģeogrāfija Latvijā. LLU raksti 14 (309): 3.-14. lpp.
- Laiviņš, M., Bambe, B., Rūsiņa, S., Piliksere, D., Kreile, V. (2008). Augu sugu socioloģisko grupu ekoloģija un ģeogrāfija Latvijas skujkoku mežos. LLU raksti 20 (315): 1.-21. lpp.
- Leibundgut, H. (1982). Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern, Stuttgart.
- Liepa, I. (2003). Vējgāze. Meža enciklopēdija. Pirmais sējums. Rīga, „Zelta Grauds”, 339. lpp.
- Macar, V. (1973). Studie o nejznámějších mohutných smrcích Boubinského komplexu. Lesn. Praha 19:341-354.
- MacCune, B., Grace, J.B. (2002). Analysis of ecological communities. MjM Software, Glenden Beach, Oregon, 304 pp.
- Mauriņš, A., Zvirgzds, A. (2006). Dendroloģija. LU Akadēmiskais apgāds, 448 lpp.
- Palisaar, J., Poschlođ, P. (2001). Bryophyte diversity in cleared and uncleared windthrow gaps and the adjacent forest stands in the Bavarian Forest National Park, SE Germany. Lindbergia 26: 46-54.
- Prieditis, N. (2008). Augu dzīve. Enciklopēdija par augiem Latvijā, to pielāgošanos videi. R., Zvaigzne ABC, 68 lpp.

- Schmidt-Vogt, H.** (1986). Die Fichte. Ein Handbuch in zwei Bänden. Band II/1. Wachstum. Züchtung. Boden. Umwelt. Holz. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 564 S.
- Šamonil, P., Antolik, L., Svoboda, M., Adam, D.** (2009). Dynamic of windthrow events in a natural fir-beech forest in the Carpathian mountains. *Forest Ecology and Management*, 257(3): 1148-1156.
- Šmits, A.** (proj. vad.) (2007). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamika vētras postītās mežaudzēs. Pārskats par Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtīto pētījumu 160707/S268. Salaspils, 61 lpp.
- Ulanova, N.G.** (2000). The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management*, 135: 155-167.
- Zālītis, P., Lībiete, Z.** (2005). Egļu jaunaudzū augšanas potenciāls. LLU Raksti 14(309): 83.-93. lpp.
- Zviedre, A.** (1999). Egle, Rīga, et cetera, 51 lpp.
- Zviedris, A.** (1958). Par koku vecuma svārstībām egļu audzēs. Mežu pētišanas stacijas „Kalsnava” biļetens, 3(7): 13.-16. lpp.
- Zviedris, A.** (1960). Egle un egļu mežs Latvijas PSR. Rīga, Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas izdevniecība, 240 lpp.
- Абеле, Г.Т., Миезите, И.Я.** (1982). Заповедник Крусткалны. Рига, „Зинатне”, 109 с.