

Mirušās koksnes daudzums z/s „Mauriņi”

Autors: Mārīte Firstova

Rīga 2010

Saturs

Ievads	3
Literatūras apskats	4
Koka dzīve pēc nāves.....	4
Resns koks – labs koks	4
Mirušie koki un mežsaimniecība	5
Dzīvesvieta daudziem	6
Sūnas	7
Sēnes	8
Kukaiņi.....	9
Putni	10
Vietas apraksts, metodes	11
Rezultāti un secinājumi.....	12
Literatūras saraksts.....	14
Pielikumi	

Ievads

Mirušie koki ir nepieciešami daudziem augiem, sēnēm un dzīvniekiem, kas uz tiem dzīvo vai barojas. Aizvācot šos kokus, no meža pazūd ar tiem saistītās sugas, samazinās bioloģiskā daudzveidība. Meži ar dabisku mirušās koksnes daudzumu Latvijā, kā arī visā Eiropā, ir samērā reti, tāpēc ir svarīgi informēt mežu īpašniekus un apmeklētājus par mirušās koksnes nozīmīgumu. Mirušās koksnes klātbūtnei apsaimniekotā mežā ir svarīga loma meža noturībā pret meža kaitēkļu postījumiem, jo tā kalpo kā mājvieta vai barības bāzes uzturētājs kaitēkļu dabiskajiem ienaidniekiem.

Šajā darbā dots ieskats mirušo koku funkcijās un aprakstītas dažas uz tiem mītošās sugas, apkopoti interesanti fakti, ko saimnieki varētu stāstīt tūristiem. Divos z/s „Mauriņi” meža nogabalos esmu aprēķinājusi mirušās koksnes daudzumu, lai salīdzinātu to ar mirušās koksnes daudzumu līdzīgajos dabiskajos mežos.

Literatūras apskats

Koka dzīve pēc nāves

Tāpat kā jebkurš organisms, koks nav mūžīgs un agrāk vai vēlāk iet bojā. Cēloņi var būt dažādi - bioloģiskais vecums, izgāšana, mehāniski bojājumi, nelabvēlīga vide, slimība vai kaitēkļu uzbrukums. Līdz ar atmiršanu koka loma meža ekosistēmā nebeidzas, tas vēl līdz pat 50 gadiem kalpo dažādiem organismiem. Būtiskāka par cēloni ir vide, kādā koks sadalās – vertikāli stāvošais vai gulošais koks, vai sākotnēji vertikālais, kas vēlāk nogāžas. Stāvošus mirušus kokus sauc arī par sausokņiem, bet gulošus – par kritālām. Īpaši vērtīgi ir dobumaini, stāvoši vai substrātam pārgāzušies koki (Priedītis 1999). Šādi nosacījumi ir ļoti svarīgi, jo, piemēram, kukaiņi, kas apdzīvo stāvošu nokaltušu koku, pamet to, kad tas nokrīt zemē.

Resns koks – labs koks



1. attēls. Lokstiņu dižozols.

<http://celteka.lv/?obj=122432&id=133>

(1. attēls) paliek stāvošā stāvoklī ilgāk nekā tievāki, jo ir izturīgāki pret vēju un citiem traucējumiem (Nilsson et al. 2001). Par bioloģiski nozīmīgiem uzskata mirušos kokus ar diametru > 20-25 cm. (Gmizo 1999 cit. pēc Lārmanis 2010).

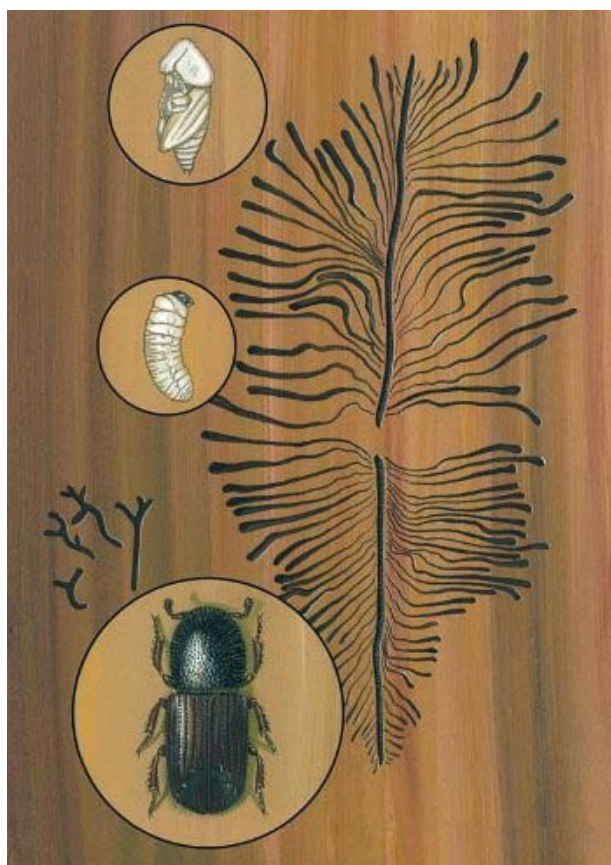
Mirušie koki sadalās dažādā ātrumā. To būtiski ietekmē trīs faktori: mitruma un noēnojuma apstākļi, īpaši gulošajiem kokiem (jo mitrāks un tumšāks, jo ātrāk koks sadalās); trupējošā stumbeņa resnums un koka suga. Par sevišķi nozīmīgiem priekš citiem organismiem tiek atzīti ozols, apse, blīgzna, melnalksnis un osis (Priedītis 1999). Resnu mirušu koku sadalīšanās notiek ilgākā laika periodā, tādējādi ilgāk piedāvājot mājvietu to iemītniekiem, turklāt tie saglabā izlīdzinātu mikrovidi stumbra iekšpusē – gandrīz nemainīgu mitrumu un siltumu, neatkarīgi no laika apstākļiem ārpusē. Liela diametra sausokņi

Mirušie koki un mežsaimniecība

Viens no izplatītākiem argumentiem mirušu koku izvākšanai no meža ir, ka tas sekmējot kaitēkļu izplatību. Patiesībā atmirušie koki tikai nedaudz palielina mizgraužu daudzumu un nav novērots, ka pieaugtu koku bojāejas gadījumu skaits (Dudley, Vallauri 2004). Lielākā daļa no kritalu un sausokņu apdzīvotājiem ir ļoti specializēti tikai šim substrātam un dzīvajos kokos vispār nedzīvo. No otras puses, vairākos pētījumos pierādīts, ka mirušie koki dod patvērumu parazītiem un plēsoņām, kas ir kaitēkļu ienaidnieki.

Tā, piemēram, egļu astoņzobu mizgrauzis *Ips typographus* (2. attēls) ir kaitēklis, kas nodara lielu postu egļu audzēs. Tā ir viena no nedaudzām vaboļu sugām, kas masveidā uzbrūk dzīvajiem kokiem un nogalina tos. Parasti mizgrauži spēj izdzīvot tikai novājinātos kokos, tāpēc egļu astoņzobu mizgrauzi uzskata par īpaši bīstamu. Šī kukaiņa galvenie dabiskie ienaidnieki – skudrulīši *Thanasimus formicarius* (3. attēls) un tumšie jātnieciņi *Braconidae* (4. attēls) – pārziemo atmirušās eglēs. Ja šos koku ziemā nocērt, tiek aizvākta liela daļa mizgraužu skaita ierobežotāju un kaitēklis turpina darboties arī nākošgad.

Turpretī, atstājot dažas atmirušas egles, parazīti un plēsoņas pārziemo un pavasarī uzbrūk mizgraužim (Bērmanis, Spuņģis 2002). Mirušie koki mežā nodrošina bioloģisko daudzveidību, padara to veselīgāku un neļauj kādai vienai sugai kļūt par dominējošu.



2.attēls. Egļu astoņzobu mizgrauzis *Ips typographus*, to kāpurs, kūniņa un ejas koksne.

Foto:

<http://www.fao.org/forestry/49410/en/svk/>



3. attēls. Parastais skudrulītis *Thanasimus formicarius* izvēlēts par 2010. gada kukaini.

Foto: http://www.kasjauns.lv/lv/news/?news_id=15137

4. attēls. Kāpurs, kurā parazitā tumšais jātnieciņš *Apanteles glomeratus*.

Foto:

http://www.wildchicken.com/grow/vegetables/gro_002_parasitic_wasps_in_the_vegetable_garden.htm

Dzīvesvieta daudziem



5. attēls. Baltmugurdzenis *Dendrocopos leucotos*.

Foto:

<http://www.enviport.cz/app/Repository/yy2008/mm05/dd02/58472.jpg>

Nokaltušie koki ir īpaši nozīmīgi sēnēm, ķērpjiem, sūnām un bezmugurkaulniekiem. Vairāki meža organismi izmanto mirušus kokus un trūdošo koksni kā dzīvotni vai resursu (Kuuluvainen 2002), turklāt dažādās trupēšanas pakāpēs koku izmanto dažādas sugas, kas pakāpeniski nomaina viena otru. Retākie un prasīgākie parasti ir vēlni ienācēji (Fridman, Walheim 2000, Priedītis 1999). Ir augu, sēņu un dzīvnieku sugas, kuras nešķiro koka sugu, bet kā galveno izvirza vecuma, stumbra izmēra vai mikrovides rādītājus. Turpretī citas sugas, īpaši vaboļu kārtā, ir ļoti šauri specializējušās (Priedītis 1999). Vairums

Latvijas dzeņu dobumu kalšanai izmanto mirušus kokus (5. attēls), jo tie ir vieglāk apstrādājami (Lārmanis 2000). Dzeņu izkaltus dobumus izmanto arī putni – dobumperētāji un sīki zīdītāji (Priedītis 1999). Mirušās koksnes lielo lomu sugu daudzveidības uzturēšanā mežā uzskatāmi raksturo pētījumi par kokus apdzīvojošām vabolēm, kas parāda, ka mirušu koksni apdzīvo 3-5 reizes vairāk vaboļu sugu nekā dzīvu koksni (Bērmanis, Spuņģis 2002).

Sūnas

Sūnas aug uz dažādiem substrātiem, arī mirušiem kokiem. Šīs sugas bieži ir sastopamas reti, mazā skaitā un vāji izplatās (Madžule, Brūmelis 2008). Sūnām ir svarīga ne tikai koka suga, bet arī sadalīšanās pakāpe (1. pielikums). Lielākā sūnu daudzveidība ir uz vidēji sadalījušies kokiem.

Kritalu nepārtrauktības nepieciešamību labi ilustrē praulu četrzobes piemērs. Šī ir parasta sūna Latvijā, kas aug uz kritālām, īpaši uz celmiem (6. attēls). Tā spēj ātri mainīt vairošanās stratēģiju no veģetatīvās uz dzimumvairošanos, tiklīdz kolonija uz kritalas kļūst pārāk blīva. Lai izplatītos uz lielākiem attālumiem sūna producē daudz



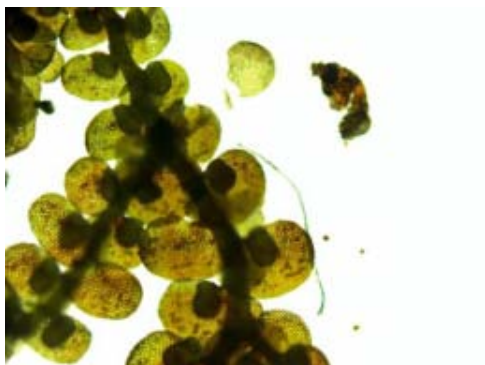
6. attēls. Praulu četrzobe *Tetraphis pellucida*

Foto:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tetraphis.pellucida.-.lindsey.jpg>

mazu vieglu sporu, tomēr šie „lielie attālumi” ir līdz 50 cm (dažreiz sasniedz 2 m) no kolonijas. Nav brīnums, ka daudzas sugas, saistītas ar mirušo koksni, Latvijā kļuvušas retas – mežos vienkārši nav pietiekoši daudz kritalu, kas atrastos tuvu viena otrai (Anon. 2008).

Var likties, ka tik mazi augi kā sūnas nekādu labumu cilvēkam nevar dot, tomēr tā nav. Pavisam nesen Latvijas Universitātes zinātnieki sāka pētīt sūnu dziednieciskās īpašības un atklāja, ka dažādlapu sekstīte *Lophocolea heterophylla* (7. attēls) efektīvi aptur patogēno baktēriju attīstību. Šī sūna aug uz mirušiem kokiem, retāk pie koku pamatnes un Latvijā ir diezgan bieži sastopama. Sūnu ekstrakts jau



7. attēls. *Lophocolea heterophylla*

Foto:

http://www2.la.lv/lat/majas_viesis/jaunakaja_numura/zinatne/?doc=71196

izmantots ziepju ražošanā un tiek plānoti jauni produkti - šampūns, šķidrās ziepes un dušas želeja (Lavrinoviča 2010).

Sēnes

Lapkoku svečtursēne *Clavicornia pyxidata* ir indikatorsuga, kas parasti norāda uz veciem, netraucētiem lapkoku mežiem, kaut gan atsevišķos gadījumos mitra laika dēļ var izaugt pat uz malkas koka pagalmā (V. Lārmaņa pers. ziņ.). Latvijā tā ir sastopama ne visai bieži (Kļaviņš u.c. 2010), ir ļoti krāšņa un viegli atpazīstama dabā. Pirmkārt, svečtursēne aug uz lieliem kritušiem lapu kokiem (īpaši apsēm, vītoliem, papelēm), otrkārt, tās krāsa, kad sēne ir svaiga, ir balta, pelēcīga vai dzeltenīga un, treškārt, tās ķermenis īpaši zarojas (8. attēls), atgādinot augstas meistarklases svečturi vai tropisko koralli (Kuo 2007). Saka, ka svečtursēne esot ēdama, ar piparotu garšu (Volk 2001) un nedaudz smaržo pēc svaigi izraktiem kartupeļiem (Anon. 2010). Viena no tādām sēnēm, kaut gan jau izzūvusi, projekta laikā tika atrasta uz kritālas saimniecības „Mauriņi” 18. nogabalā.



8. attēls. Lapkoku svečtursēne.

Foto: I. Krauze.

Kukaiņi

Mirušo koksni kukaiņi izmanto dažādos veidos – mizgrauži barojas ar kambiju, dažādu sugu kāpuri – ar trapes sēnēm, skudras, plēsīgās vaboles, parazitiskās lapsenes izmanto nokaltušus kokus kā mājvietu (Johansson 2006). Turklāt kukaiņu, kas apdzīvo trūdošo koksni, ir ārkārtīgi daudz. Ir izpētīts, ka Ziemeļeiropas dabiskajos mežos koksnes vaboles veido 25-34% no visām meža vaboļu sugām. Prasības pēc mikrobiotopa dažādām sugām atšķiras, tomēr vairumam bezmugurkaulnieku ir nepieciešami saules apspīdēti sausokņi ar diametru >20 cm, dažām sugām minimums ir pat 40 cm (Jonsson et. al 2005, Nilsson et. al. 2001). Dabā visas organismu grupas ir saistītas cita ar citu. Lielai daļai koksnes vaboļu ir abpusēji izdevīgas attiecības ar sēnēm - kaut gan vaboles ēd sēnes, tie arī izplata tās uz citiem kokiem (Johansson 2006).

Lielais asmalis *Peltis grossa*, kas ir dabisko meža biotopu indikatorsuga, arī ir sastopams saimniecībā „Mauriņi”. Vabole apdzīvo skujkoku vai bērzu sausokņus, augstus celmus, kuri stāv nokaltuši vismaz 5 gadus, tāpēc liecina par biotopa dabiskumu. Barojas ar piepēm. Nosaukumu šī vabole ieguvusi, pateicoties cietspārnu asām malām, taču daudz biežāk, nekā pieaugušu vaboli, var atrast to izskrejas nokaltuša koka mizā (9. attēls). Kāpuri apdzīvo trūdošo koksni un, kad pārvēršas par vaboli, izgrauž 10×3 mm lielu, iegarenu un nedaudz izliektu caurumu. Tipiska izskreja ir apmēram 10x3 mm liela un nedaudz izliekta (Загидуллина и др. 2006).



9. attēls. Lielais asmalis *Peltis grossa* un tā izskreja. Foto: U. Piterāns.

Putni

Kukaiņu pārpilnība uz mirušiem kokiem pievilina putnus, īpaši dzeņveidīgos. Divas dzeņu sugas – baltmugurdzenis (5. attēls) un trīspirkstu dzenis (10. attēls) bez mirušiem kokiem vispār nevar pastāvēt.

Baltmugurdzenis barojas galvenokārt uz mīkstas trūdošas koksnes, meklējot tajā lielus kāpurus. Šis putns vairāk ir saistīts ar lapkoku mežiem, kur piektā vai pat ceturtnā koku daļa ir miruši vai mirstoši. Dzenis veido lielus, dziļus, apaļus dobumus.



10. attēls. Trīspirkstu dzenis *Picoides tridactylus*.

Foto:

http://www.hlasek.com/picoides_tridactylus_ah8381.html

Otra suga - trīspirkstu dzenis - 90% visas barības iegūst uz mirušām un mirstošām eglēm. Pētījumi Polijā atklāja, ka dzenim sekmīgai iztikšanai ir nepieciešamas aptuveni 20 lielas nokaltušas egles uz vienu meža hektāru. Tādu daudzumu trūkst gan Polijas, gan Latvijas mežos, tāpēc dzeņiem ir aizvien grūtāk izdzīvot (Lebuss 2007). Trīspirkstu dzeņa atrašanos mežā bieži var konstatēt pēc viņa darbības pēdām. Mazais dzenis noloba mizas gabaliņus un, pārvietojoties pa spirāli pa stumbru uz augšu, dažreiz pat atstāj aiz sevis gaišu plankumu rindiņu.

Dzeņu izkaltos dobumus sausokņos izmanto arī kukaiņi, zirnekļi, putni–dobumperētāji un sīki zīdītāji - susuri, sikspārņi un vāveres (Lebuss 2007, Priedītis 1999). Mazi putniņi – zīlītes, dzilnīši – māk arī paši izkalt dobumu, toties tādi putni kā bikšainais apogs, apodziņš, meža balodis vai zaļā vārna to nespēj. Aizvācot dobumainus kokus no meža, cilvēks atņem šiem putniem vienīgo ligzdošanas vietu. Dobumperētāju skaits ir tieši atkarīgs no dobumu, tāpat arī dzeņu skaita mežā, kuri, savukārt ir atkarīgi no sausokņu daudzuma. Svarīgi zināt, ka „mazputniņi” apkaro kaitēkļus, tikpat labi, kā dzenis. Ir izpētīts, ka dobumperētāji samazina kaitēt sākušo kukaiņu skaitu 1,5-3 reizes (Lebuss 2007). Ir vērts padomāt par mirušu koku atstāšanu mežā!

Vietas apraksts, metodes

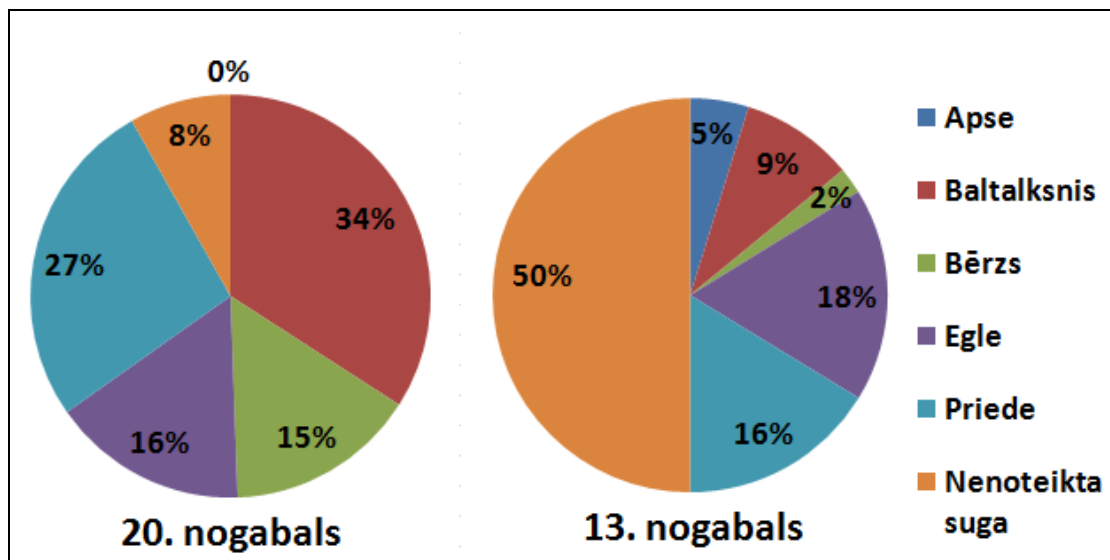
Darbs ir veikts z/s „Mauriņi”, Veclaicenes pagastā, Alūksnes rajonā. Pētījumam izvēlēti divi meža nogabali (2. pielikums). Nogabalu nr. 13 veido slapjais damaksnis ar priedēm, bērziem (7P3B 85), kā arī jaunākiem baltalkšņiem un apsēm. Nogabals nr. 20 ir lielāks un daudzveidīgāks, kopumā damaksnis ar priedēm, bērziem (8B2P 60), daudzās vietās arī baltalkšņiem un eglēm.

Abos nogabalos izveidoti vairāki parauglaukumi, kuros visiem mirušiem kokiem izmērīti garumi un diametri (diametru grupa), ja koks ir resnāks par 10 cm. Noteikta koka suga, koksnes sadalīšanās pakāpe (3 grupas – nav sadalījies, vidēji sadalījies, ļoti sadalījies), atsevišķi uzskaitītas kritālas un sausokņi.

Rezultāti un secinājumi

Pētītie 13. un 20. nogabali atšķiras pēc mirušo koku daudzuma un sastāva. 13. nogabalā ir aptuveni 25-30 m³/ha mirušās koksnes, bet 20. nogabalā - 19,7 m³/ha. Šie rezultāti ir pat labāki, nekā vidēji apsaimniekotos mežos Ziemeļeiropā – 4-10 m³/ha (Jonsson et. al. 2005). Tomēr trūdošās koksnes daudzums pētītajos nogabalos ir vismaz 5-14 reizes mazāks, nekā tas ir līdzīgos, bet saimnieciski neizmantotajos, cilvēku mazskartajos mežos. Piemēram, Fennoskandijas dabiskajos mežos mirušās koksnes daudzums sasniedz 120 m³/ha (Kuuluvainen 2002), Igaunijā – 59-137 m³/ha (Lohmus et. al. 2005), Polijā – 87-160 m³/ha, Lielbritānijā – 273 m³/ha (Bērmanis, Spuņģis 2002).

Svarīgāks par kopējo mirušās koksnes daudzumu ir lielu nedzīvo koku skaits (Nilsson et. al. 2001). Apsveicami ir pēc ciršanas abos nogabalos atstātie lielu koku baļķi (> 25 cm diametrā) un augsti celmi, kas trupēšanas dēļ nav derīgi kokapstrādei, bet ir ļoti nozīmīgi sēnēm, kukaiņiem u.c. organismiem. Lielu nokaltušu koku skaits nogabalos sasniedz 43-50 m³/ha, kas ir līdzīgs apsaimniekotiem mežiem Igaunijā – 30-55,8 m³/ha (Lohmus et. al. 2005).



11. attēls. Mirušo koku sadalījums pa sugām z/s „Mauriņi” 20. un 13. mežu nogabalos.

Neskatoties uz to, acīmredzami trūkst resnu sausokņu, jo attiecība starp stāvošu un gulošu mirušo koksni ir 20. nogabalā 1:7,3 un 13. nogabalā - 1:10,7. 60% no Latvijas mežiem sausokņu vidēji ir trīs reizes mazāk nekā kritalu, pārējos to

proporcionālais daudzums ir pat lielāks (Priedītis 1999). Lieli koki ilgāk noturas stāvošā stāvoklī, tāpēc vecos dabiskos mežos aptuveni pusi no nedzīviem kokiem ar diametru >40 cm sastāda sausokņi (Nilsson et. al. 2005). Jāņem vērā, ka pētītajos nogabalos priede aizņem tikai 16-27% no kopējā mirušās koksnes daudzuma (11. attēls), bet tieši nokaltušas priedes parasti paliek stāvēt visilgāk.

Tāpat kā citos pētījumos (Yllasjarvi, Kuuluvainen 2009), teritorijā visvairāk mirušu koku atrodas vidējā sadalīšanās pakāpē – 63%, bet vismazāk – 5,5% - pirmajā pakāpē, kad koks ir nesen miris. Arī lielākai daļai sugu ir nepieciešama vidēji sadalījusies koksne, tomēr retām sugām ar īpašām prasībām var nepietikt nesen kritušu/nokaltušu koku vai, tieši otrādi, kritalu, kas ir labi sadalījušās (Jonsson et. al. 2005).

Kopumā meža stāvoklis mirušās koksnes ziņā ir vidēji labs. Situāciju var uzlabot, ciršanas laikā atstājot lielākos kokus, ļaujot tiem pāraugt ciršanas vecumu, kā arī neaizvācot no meža lielas kritalas.

Literatūras saraksts

- Bērmanis R., Spuņģis V. 2002. Atmirusi koksne. Rīga: Valsts meža dienests, 6 lpp.
- Johansson Th. 2006. The Conservation of Saproxyllic Beetles in Boreal Forest: Importance of Forest Management and Dead Wood Characteristics. Doctoral thesis. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, 34 pp.
- Jonsson B. G., Kruys N., Ranius. T. 2005. Ecology of species living on dead wood – lessons for dead wood management. - *Silva Fennica*, 39 (2): 289-309.
- Kuuluvainen T. 2002. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. - *Silva Fennica*, 36 (1): 97-125.
- Lārmanis V. (red.). 2000. Sugu un biotopu aizsardzība mežā. Rīga: WWF – Pasaules Dabas fonds, 44 lpp.
- Lārmanis V. 2010. Mežu biotopi. Grām.: Auniņš A. (red.) Eiropas Savienības aizsargājami biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata. Rīga: Latvijas Dabas fonds, 235.
- Lohmus A., Lohmus P., Remm J., Vellak K. 2005. Old-growth structural elements in a strict reserve and commercial forest landscape in Estonia. – *Forest Ecology and Management*, 216: 201-215.
- Madžule L., Brūmelis G. 2008. Ecology of epixylic bryophytes in Eurosiberian alder swamps of Latvia. - *Acta Universitatis Latviensis*, 745: 103–114.
- Nilsson S. G., Hedin J., Niklasson M. 2001. Biodiversity and its assessment in boreal and nemoral forests. – *Scand. J. For. Res. Suppl.*, 3: 10-26.
- Priedītis N. 1999. Latvijas mežs: daba un daudzveidība. Rīga: WWF - Pasaules Dabas fonds, 209 lpp.
- Yllasjarvi I., Kuuluvainen T. 2009. How homogeneous is the boreal forest? Characteristics and variability of old-growth forest on a *Hylocomium-Myrtillus* syte type in the Pallas-Yllastunturi National Park, northern Finland. – *Ann. Bot. Fennici*, 46: 263-279.

Interneta resursi:

Anon. 2008. Australian Bryophytes.

<http://www.anbg.gov.au/bryophyte/case-studies/tetraphis-pellucida.html>

Anon. 2010. Rogers Mushrooms.

<http://www.rogersmushrooms.com/gallery/DisplayBlock~bid~5750.asp>

Dudley N., Vallauri D. 2004. Deadwood living forests. The importance of veteran trees and deadwood to biodiversity. Gland: WWF, 19.lpp.

<http://assets.panda.org/downloads/deadwoodwithnotes.pdf>

Fridman J., Walheim M. 2000. Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. – Forest Ecology and Management, 131: 23-36.

http://www.pro-natura.net/naconex/news5/E1_3.pdf

Kļaviņš A. u.c. 2010. Sugu enciklopēdija LATVIJAS DABA.

<http://www.latvijasdaba.lv/senes/clavicornona-pyxidata-persfrdoty/>

Kuo M. 2007. MushroomExpert.Com.

http://www.mushroomexpert.com/artomyces_pyxidatus.html

Lavrinoviča I. 2010. Latvijas avīze.

http://www2.la.lv/lat/majas_viesis/jaunakaja_numura/zinatne/?doc=71196

Lebuss R. 2007. Kalēji mežā. – Vides Vēstis, 4 (99).

<http://www.videsvestis.lv/content.asp?ID=99&what=32>

Volk Th. J. 2001. Tom Volk's fungi.

http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/jun2001.html

Загидуллина А., Бубличенко Ю., Бубличенко А., Андреева С., Глушковая Н., Кушневская Е., Попов Е. 2006. Экологическая тропа в Псковском модельном лесу. Санкт-Петербург: WWF России, 73 с.

http://window.edu.ru/window_catalog/files/r67151/pskov_ecotropa.pdf

Pielikumi

2. pielikums

Karte.