

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Urban OROŽ

**ZGODOVINA MOTENJ IN RAZVOJ GOZDOV V
VETROLOMNIH VRZELIH PRAGOZDA PERUČICA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Urban OROŽ

**ZGODOVINA MOTENJ IN RAZVOJ GOZDOV V VETROLOMNIH
VRZELIH PRAGOZDA PERUĆICA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DISTURBANCE HISTORY AND FOREST DEVELOPMENT OF
WINDTHROW GAPS IN THE PERUĆICA OLD-GROWTH FOREST**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Meritve so bile izvedene v pragozdu Perućica v Bosni in Hercegovini.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Toma Andrewa Nagla in za recenzenta dr. Dušana Roženbergarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega/lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Urban Orož

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	228.81:421(497.4Perućica)(043.2)=163.6
KG	pragozdovi/Perućica/vetrolomi/srednjepovršinski vetrolomi/motnje/ jelka/bukev/razvoj sestojev/debelinsko priraščanje/dendroekologija/ <i>Abies alba/Fagus sylvatica</i>
AV	OROŽ, Urban
SA	NAGEL, Thomas Andrew (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2016
IN	ZGODOVINA MOTENJ IN RAZVOJ GOZDOV V VETROLOMNIH VRZELIH PRAGOZDA PERUĆICA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 54 str., 8 pregl., 27 sl., 38 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V pragozdu Perućica v Bosni in Hercegovini smo raziskali vpliv treh srednjepovršinskih vetrolomov na razvoj gozdov v vetrolomnih vrzelih. Na vsaki vetrolomni površini smo postavili tri raziskovalne ploskve, velikosti 25 x 25 m. Na enak način smo postavili raziskovalne ploskve v kontrolnih sestojih. Na raziskovalnih ploskvah na vetrolomih smo izmerili vsa stoječa drevesa in mladovje. Na vsaki raziskovalni ploskvi na vetrolomu smo odvzeli izvrtke desetim drevesom, ki so bila najbližje središču ploskve. Izvrtke smo odvzeli tudi desetim drevesom večjih dimenzij na celotni površini vetroloma. Izmerili smo vsa razpadajoča drevesa ter jih razvrstili v pet razredov glede na stopnjo razgradnje. Zgradba sestojev se je po vetrolomih spremenila. Svetloljubni listavci se pojavijo, če je dovolj svetlobe, v nasprotnem primeru se pojavi bukev. Najprej se pojavijo svetloljubni listavci, za njimi bukev in šele na koncu jelka. Vsak vetrolom je posledica ene večje ujme. Nastala vrzel se je po ujmi počasi širila. Na vetrolomih Osoje in Tunjemir se je pestrost drevesnih vrst povečala, ne pa tudi na vetrolomu Skakavac. Mladje svetloljubnih listavcev se je pojavilo po vetrolomih, mladje sencozažrlih drevesnih vrst je bilo prisotno že pred motnjami. Bukev bolj odreagira na povečan dotok svetlobe kot jelka. Povprečni debelinski prirastek gorskega javorja je največji pri drevesih, ki so vzklila po vetrolomu. Srednjepovršinski vetrolomi pomembno vplivajo na razvoj gozdov.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	FDC 228.81:421(497.4Perućica)(043.2)=163.6
CX	old-growth forest//Perućica/wind disturbance/intermediate wind disturbance/ <i>Abies alba</i> / <i>Fagus sylvatica</i> /stand development/radial growth/dendroecology
AU	OROŽ, Urban
AA	NAGEL, Thomas Andrew (mentor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY	2016
TI	DISTURBANCE HISTORY AND FOREST DEVELOPMENT OF WINDTHROW GAPS IN THE PERUĆICA OLD-GROWTH FOREST
DT	Graduation thesis (University studies)
NO	X, 54 p., 8 tab., 27 fig., 38 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	In the Perućica old-growth forest in Bosnia and Herzegovina, we investigated the impact of three intermediate wind disturbances upon the forest development of windthrow gaps. Three research areas 25 x 25 m were prepared in each windthrow gap. Research areas were prepared in the same way also in control stands. In the research areas, all standing trees and young growths were measured. In each research area in the windthrow gaps, core samples were taken from ten trees that were closest to the centre of the area. Core samples were taken also from ten larger trees in the entire windthrow surface. All decaying trees were measured and they were classified into five classes, depending on the level of decomposition. The structure of stands changed after windfall. Deciduous trees that prefer ample light conditions appear in case of ample light, otherwise beeches appear. First, deciduous trees appear, followed by beeches and finally by firs. Each windfall results from a larger natural disaster. A gap caused by a natural disaster spreads slowly. In windfalls Osoje and Tunjemir, the variety of tree species increased, which does not apply for the windfall Skakavac. The growth of deciduous trees that prefer ample light conditions appeared after wind disturbances, whereas the growth of shade-tolerant tree species was present already before the disturbances. Beeches reacts more strongly to more ample light than firs. The average radial growth of sycamore maple is largest in case of trees that germinated after the wind disturbance. Intermediate wind disturbances have a significant impact upon forest development.

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija	III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo slik	VIII
	Kazalo preglednic	IX
1	UVOD	1
2	PREGLED OBJAV	2
2.1	MOTNJE	2
2.2	VETER	2
2.3	VETROLOMI	3
2.3.1	Pomen vetrolomov	3
2.3.2	Velikopovršinski vetrolomi	4
2.3.3	Srednjepovršinski vetrolomi	4
2.3.4	Mikrorastišča, ki nastanejo v vetrolomnih vrzelih	5
2.3.5	Dendroekološke študije vetrolomov	5
2.3.6	Drevesna pestrost vetrolomov	6
3	NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE	8
3.1	NAMEN IN CILJI NALOGE	8
3.2	DELOVNE HIPOTEZE	8
4	OBJEKT RAZISKAVE IN METODE DELA	9
4.1	OBJEKT RAZISKAVE	9
4.1.1	Pragozd Perućica	9
4.1.1.1	Lega	9
4.1.1.2	Geomorfološke in hidrološke značilnosti (povzeto po Fukarek, 1970)	10
4.1.1.3	Geološke in pedološke značilnosti (povzeto po Fukarek, 1970)	10
4.1.1.4	Klima	11

4.1.1.5	Vegetacija (povzeto po Fukarek, 1970)	11
4.1.1.6	Antropogeni vplivi (povzeto po Fukarek, 1970)	12
4.2	METODE DELA	13
4.2.1	Izbor vetrolomov in kontrolnih ploskev	14
4.2.2	Pridobivanje osnovnih informacij o ploskvah	15
4.2.3	Značilnosti raziskovalnih ploskev	16
4.2.4	Označevanje ploskev in meritve na ploskvah	18
4.2.5	Ugotavljanje pestrosti	19
4.2.6	Priprava izvrtkov in obdelava podatkov	20
5	REZULTATI	22
5.1	GOSTOTA MLADJA IN GOŠČE	22
5.2	GOSTOTA DREVES	22
5.3	DEBELINSKA STRUKTURA	23
5.3.1	Vetrolom Osoje	23
5.3.2	Vetrolom Tunjemir	25
5.3.3	Vetrolom Skakavac	26
5.4	OSTANKI ODMRLIH DREVES	28
5.4.1	Vetrolom Osoje	28
5.4.2	Vetrolom Tunjemir	28
5.4.3	Vetrolom Skakavac	29
5.5	ZGODOVINA MOTENJ	30
5.5.1	Vetrolom Osoje	30
5.5.2	Vetrolom Tunjemir	31
5.5.3	Vetrolom Skakavac	32
5.6	PESTROST DREVESNIH VRST	33
5.6.1	Vetrolom Osoje	33
5.6.2	Vetrolom Tunjemir	34
5.6.3	Vetrolom Skakavac	35
5.7	POJAVLJANJE MLADJA V VETROLOMNIH VRZELIH	36
5.7.1	Vetrolom Osoje	36

5.7.2	Vetrolom Tunjemir	37
5.7.3	Vetrolom Skakavac	38
5.8	DEBLINSKO PRIRAŠČANJE	38
5.8.1	Vetrolom Osoje	38
5.8.2	Vetrolom Tunjemir	39
5.8.3	Vetrolom Skakavac	40
5.8.4	Primerjava debelinskih prirastkov dreves, ki so vzkli po vetrolomu	41
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	42
6.1	ZGRADBA SESTOJEV	42
6.1.1	Vetrolom Osoje	42
6.1.2	Vetrolom Tunjemir	42
6.1.3	Vetrolom Skakavac	43
6.1.4	Skupne karakteristike in razlike	43
6.2	ZGODOVINA MOTENJ	44
6.3	PESTROST DREVESNIH VRST	45
6.4	POJAVLJANJE MLADJA V VETROLOMNIH VRZELIH	46
6.5	DEBELINSKO PRIRAŠČANJE	47
6.6	USMERITVE ZA GOSPODARSKI GOZD	48
7	POVZETEK	50
8	VIRI	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Pragozd Perućica	9
Slika 2: Razporeditev raziskovalnih ploskev	15
Slika 3: Vetrolom Osoje	17
Slika 4: Vetrolom Tunjemir.....	17
Slika 5: Vetrolom Skakavac	18
Slika 6: Nenadno povečanje debelinske rasti na izvrtku jelke	20
Slika 7: Metoda za izračun odstotka spremembe debelinske rasti	21
Slika 8: Debelinska struktura dreves na vetrolomu Osoje.....	23
Slika 9: Debelinska zgradba dreves na kontrolni ploskvi Osoje	24
Slika 10: Debelinska struktur na vetrolomu Tunjenir	25
Slika 11: Debelinska zgradba na kontrolni ploskvi Tunjemir	26
Slika 12: Debelinska struktura dreves na vetrolomu Skakavac.....	27
Slika 13: Debelinska zgradba na kontrolni ploskvi Skakavac.....	27
Slika 14: Podrta drevesa na hektar, upoštevani sta drevesna vrsta in stopnja razgradnje na vetrolomu in kontrolnem sestoji Osoje.....	28
Slika 15: Podrta drevesa na hektar, upoštevani sta drevesana vrsta in stopnja razgradnje na vetrolomu Tunjemir in kontrolnem sesetju Tunjemir	29
Slika 16: Podrta drevesa na hektar, upoštevani sta drevesna vrsta in stopnja razgradnje na vetrolomu in kontrolnem sestoji Skakavac.....	29
Slika 17: Odzivi debelinskega priraščanja 6 najstarejših dreves na vetrolomu Osoje	30
Slika 18: Število odzivov na vetrolomu Osoje	30
Slika 19: Odzivi debelinskega priraščanja 6 najstarejših dreves na vetrolomu Tunjemir...	31
Slika 20: Število odzivov na vetrolomu Tunjenir.....	32
Slika 21: Odzivi debelinskega priraščanja 4 najstarejših dreves na vetrolomu Skakavac ..	32
Slika 22: Število odzivov na vetrolomu Skakavac	33
Slika 23: Prikaz mladja na vetrolomni površini Osoje	37
Slika 24: Prikaz mladja na vetrolomni površini Tunjemir	37
Slika 25: Prikaz odzivov debelinskega priraščanja na vetrolomu Osoje.....	39
Slika 26: Prikaz odzivov debelinskega priraščanja na vetrolomu Tunjemir	40
Slika 27: Prikaz odzivov debelinskega priraščanja na vetrolomu Skakavac.....	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Podatki iz meteoroloških postaj Suha in Čemerno (prirejeno po Leibundgut, 1982).....	11
Preglednica 2: Značilnosti raziskovalnih ploskev na vetrolomih in v kontrolnih sestojih..	16
Preglednica 3: Klasifikacija razpadajočih debel (prirejeno po Szewczyk in Szwagrzyk, 1996).....	19
Preglednica 4: Gostota mladja in gošče (n/ha)	22
Preglednica 5: Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti za mladovje (mladje in gošča) in drevesa na vetrolomu Osoje in kontrolnem sestoju.....	34
Preglednica 6: Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti za mladovje (mladje in gošča) in drevesa na vetrolomu Tunjemir in kontrolnem sestoju	35
Preglednica 7: Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti za mladovje (mladje in gošča) in drevesa na vetrolomu Skakavac in kontrolnem sestoju.....	36
Preglednica 8: Prikaz povprečnih debelinskih prirastkov na leto po drevesnih vrstah na vetrolomu Osoje in vetrolomu Tunjemir.	41

1 UVOD

V zmernih gozdovih Evrope so v preteklosti pridobivali nove kmetijske obdelovalne površine. Pri tem so izkrčili velike površine gozdov, in zaradi nepremišljenih potez je ponekod prihajalo do erozije. Po stoletjih izkoriščanja in erozije v zmernih gozdovih Evrope so sledila pogozdovanja, ki so oblikovala monokulture iglavcev v 20. stoletju. Sedaj iščemo pot do sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. Sonaravno gospodarjenje z gozdovi nam bo zagotovilo večnamensko rabo gozda, ki se odraža v zadovoljitvi potreb, ki jih ima do gozda lastnik in javnost. Torej bo takšno ravnanje vzdrževalo in ohranjalo delovanje ekosistema, ohranjalo naravno biotsko pestrost in okrepilo odpornost gozdov proti klimatskim spremembam (Nagel in sod., 2014).

Ob tem se postavlja vprašanje, kako priti do spoznanj, ki bodo pomembno vplivala na ravnanje in gospodarjenje z gozdom, ki bi vzpostavilo takšne razmere, da bo vse zgoraj naštetu tudi možno. Do teh spoznanj pridemo, če odgovore na svoja raziskovalna vprašanja poiščemo v naravnih gozdovih oziroma pragozdovih. Pragozdovi nudijo odgovore na številna biološka vprašanja: kakšen je razvoj sestojev po večjih motnjah, pomen velike količine odmrle biomase, pojavljanje mladja itd. Zaradi tega razloga smo raziskavo izvedli v pragozdu.

Poustvarjanje razmer v gospodarskem gozdu, ki so podobne razmeram v pragozdu, pomeni, da se bo razvila naravna biotska pestrost ter tudi struktura in drevesna sestava. Vse to pa lahko nakaže rešitve gojitvenih problemov, ki so povezani s klimatskimi spremembami. Vzpostavitev takšnih razmer temelji na gospodarjenju, ki posnema vzorce in dinamike razvoja gozdov, ki jih najdemo v pragozdovih, kot so ohranjanje zadostne količine velikih lesnih ostankov in režimi sečenj, ki se ujemajo z naravnimi motnjami in povečujejo raznolikost v strukturi. Pragozd je poln nepredvidljivosti oziroma naravnih motenj, ki so del razvoja in dinamike (Diaci, 2006).

Vetrolomi so v pragozdovih lahko različni po jakosti in obsegu. Veliko pozornosti je bilo v preteklosti namenjeno velikopovršinskim in malopovršinskim vetrolomom. Motnje srednjih jakosti so vzbudile zanimanje raznih raziskovalcev (Nagel in Diaci, 2006; Svoboda in sod., 2012; Woods, 2004), ki so ugotovili, da odigrajo pomembno vlogo v zmernem klimatskem pasu.

Raziskava teh motenj je zanimala tudi nas, zato smo jo opravili v pragozdu Perućica, ki je zaradi svoje velikosti zelo primeren za analize razvoja. V pragozdu Perućica smo izvedli raziskavo treh vetrolomov srednjih jakosti. Namen te raziskave je bil, da ugotovimo razvoj gozdov po vetrolomih in kakšna je bila zgodovina motenj.

2 PREGLED OBJAV

2.1 MOTNJE

Sestavni del življenja gozda in njegove dinamike so motnje, ki s svojim delovanjem pospešujejo razvoj in povečujejo pestrost (Anko, 1993).

Motnja je dogodek, ki povzroči spremembo v normalni zgradbi in delovanju gozdnega ekosistema (Anko, 1993). Naslednja definicija motenj, ki sta jo podala White in Pickett (1985, cit. po Rogers, 1996), pravi, da je motnja vsak relativno diskreten dogodek v času, ki spremeni strukturo gozda in spreminja fizično okolje.

Motnje so lahko endogene, to pomeni, da so posledica notranjih dejavnikov, kar se kaže v odmiranju posameznih dreves, ali pa eksogene, ki so posledica delovanja snega, žleda, vetra in ognja. Razlikujejo se tudi po jakosti, trajanju, pogostnosti in velikosti površine, ki jo prizadenejo. Različne motnje so lahko med sabo povezane in delujejo skupaj. Antropogen vpliv lahko povzroči različne motnje, lahko pa so tudi rezultat vpliva endogenih dejavnikov. Podnebne spremembe imajo velik vpliv na pogostnost in obseg motenj. Zaradi klimatskih sprememb lahko pričakujemo večjo pogostnost in jakost motenj, ki jih povzročajo močni vetrovi (Papler-Lampe, 2008).

Po velikosti površine, ki jo motnja prizadene, lahko motnje delimo na malopovršinske, ki povzročijo vrzeli, velike do 100 m², srednjepovršinske, kjer je velikost vrzeli 1500 m² in več, ter velikopovršinske, kjer je lahko prizadeta površina več hektarjev (Diaci, 2006).

Gozdni ekosistemi se med razvojem prilagodijo prevladujočemu režimu motenj. Režim motenj, ki prevladuje v določenem gozdnem ekosistemu, je razviden iz razmerij posameznih življenjskih faz oziroma zaplat. Velikost in geometrija zaplat nakazujeta vrsto in jakost najpogostejših naravnih motenj. Zato lahko po velikih zaplatah gozda, kjer najdemo polsvetloljubne drevesne vrste, sklepamo na večje naravne motnje v preteklosti. V naših pragozdovih prevladujejo predvsem malopovršinske motnje, kar nam nakazuje vrstna sestava in struktura. Nastanejo pa tudi srednje- ter velikopovršinske motnje. Slednje so v gozdovih zmerne podnebja redke, kar je razvidno iz frekvenčnih porazdelitev velikosti vrzeli. Te so eksponentno padajoče in asimetrične v levo, kar nakazuje njihovo redkost (Diaci, 2006).

2.2 VETER

Veter nastane kot posledica pretvorbe solarnega sevanja v termalno energijo in pretvorbe termalne energije v kinetično. Delež solarne energije, ki jo absorbira solarna energija in talna površina, je različen, iz česar izhaja, da so različne tudi temperature zraka in

temperature talne površine, kar pomeni tudi razliko v zračnem tlaku. Posledica te razlike je gibanje zraka, tj. veter. Vpliv vetra ima različne ekološke učinke, od opráševanja cvetov, razširjanja semen, spor patogenih gliv do odnašanja in prinašanja onesnaževanja in drobnih delcev. Veter vpliva tudi na morfologijo in fiziologijo dreves. Lahko pospeši zimsko izsušitev in vpliva na transpiracijo (Kotar, 2005).

Topografija vpliva na obseg in jakost motnje, ki jo povzroči veter. Hitrosti vetrov so najvišje na vrhu slemena, če je smer vetra pod pravim kotom na pobočje, na sredini pobočja so hitrosti vetra najvišje, če je smer vetra pod ostrim kotom na sleme, in v dolini dosežejo hitrosti vetra najvišje vrednosti, če je smer vetra vzporedna s slemenom (Frelich, 2002). Iz tega sklepamo, da na legah, bolj izpostavljenih vetru, prevladujejo motnje večjih jakosti (Diaci, 2006).

V zmernem podnebju se lahko ob nevihtah in ujmah razvijejo vetrovi velikih hitrosti, ki lahko v zelo kratkem času povzročijo obsežne vetrolome.

2.3 VETROLOMI

Vetrolomi so rezultat sunkov vetra, ki povzročijo manjše ali večje poškodbe, ki se odražajo v lomih, prelomih in izruvanjih (Bleiweis, 1983). Vetrolomi igrajo pomembno vlogo pri razvoju in dinamiki gozdov. So glavni vzrok prekinitve strehe sestoja po vsej Evropi (Nagel in Diaci, 2006). Prizadenejo ne le drevesa in sestoje, ampak lahko tudi povzročijo mešanje talnih horizontov, vplivajo na pomlajevanje in povzročijo sukcesijo zeliščne plasti (Ulanova, 2000).

V Evropi so v drugi polovici 20. stoletja vetrolomi povzročili 53 % vseh poškodb drevja. Vetrolomi večjih jakosti in obsegov, ki povzročijo katastrofalne posledice, so redki, a njihova pogostost se bo v prihodnosti povečevala na račun klimatskih sprememb (Schelhaas in sod., 2003). V Sloveniji so vetrolome podrobno obravnavali gozdarji in njihove razsežnosti podajali s količinami podrtega drevja. Vetrolomi so bili v preteklosti razpršeni po Sloveniji. V zadnjem desetletju so po obsegu najbolj izstopali naslednji vetrolomi: vetrolom na Jelovici, kjer je junija leta 2006 podrlo 85.000 m³ lesa; vetrolom, ki je julija 2008 prizadel Trnovski gozd in pas med Komendo, Črničcem in Gornjim Gradom (ta vetrolom je podrl 400.000 m³ lesa); naslednji vetrolom je bil na Kozjanskem in Bohorju, kjer je avgusta 2008 podrl 94.000 m³ lesa (Poljanec in sod., 2008).

2.3.1 Pomen vetrolomov

Kako pomembni so vetrolomi pri nas, razberemo iz podatkov, ki jih navajata Jakša in Kolšek (2009), in sicer pišeta, da je v sečnji zaradi naravnih ujm od leta 1995 do leta 2008

13 % celotnega sanitarnega poseka zaradi vetra, 11 % zaradi snega, 10 % zaradi žleda in 0,4 % zaradi plazov. Od februarja 2014 je vodilno vlogo pri sečnjah zaradi naravnih ujm prevzel žled (Poročilo ZGS o gozdovih za leto 2014).

Vetrolo mi po Evropi prav tako prispevajo znaten delež k sanitarnim sečnjam. Nevihte z vihnim vetrom povzročijo po Evropi ogromno škode. V poročilu Evropskega gozdarskega inštituta (Gardiner in sod., 2010) pišejo, da vihnari vetrovi povzročijo več kot 50 odstotkov vse škode v evropskih gozdovih.

2.3.2 Velikopovršinski vetrolo mi

Vetrolo mi velikih razsežnosti so se na področju Evrope v preteklosti vedno pojavljali. V zadnjih dvajsetih letih so postali pogostejši zaradi klimatskih sprememb. Tako so po Evropi pustošili razni viharji, ki so povzročili znatne škode v evropskih gozdovih, in to po več državah naenkrat. Leta 1990 sta Vivian in Wiebke povzročila padec 100 milijonov m³ lesa (Schonenberger, 2002). V letu 1999 sta udarila orkana Lothar in Martin, zaradi katerih je podrlo 180 milijonov m³ lesa. Orkan Kyrill je leta 2007 podrl 20 milijonov m³ lesa v Nemčiji, 2,5 milijona m³ lesa v Avstriji in 4 milijone m³ lesa na Češkem (Zanetti, 2007).

V Sloveniji so o večjih vetrolomih, ki so omenjeni zgoraj, v zadnjem desetletju pisali Poljanec in sod. (2008). Velikopovršinski vetrolom v naših pragozdovih je bil raziskan s strani Marinška in Diacija (2004), ki sta na 5,17 ha veliki vrzeli, nastali v pragozdnem ostanku Ravna gora na Gorjancih, prišla do rezultatov, ki so nakazovali prevlado svetloljubnih drevesnih vrst in pojav pionirskih drevesnih vrst.

2.3.3 Srednjepovršinski vetrolo mi

Vetrovi, ki povzročajo velikopovršinske vetrolome, so v Evropi dokaj redki, medtem ko so vetrovi, ki se razvijejo ob močnih nevihtah, pogostejši (Nagel in Diaci, 2006). Ti vetrovi povzročajo vetrolome srednjih jakosti, ki so predmet naše raziskave. Iz tega je razvidno, da se srednjepovršinski vetrolo mi pojavijo večkrat kot pa velikopovršinski vetrolo mi.

Diaci (2006) piše, da so tako velikopovršinski kot srednjepovršinski vetrolo mi posledica eksogenih motenj. Po takšnih motnjah se najprej nasemenijo pionirske in polpionirske drevesne vrste. Kasneje se delež teh vrst zmanjša, ker zaradi razvoja sestoja naraste delež klimaksnih vrst, ki izpodrinejo konkurenčno šibkejše pionirske in polpionirske vrste.

Srednjepovršinski vetrolo mi so zanimali nekatere tuje raziskovalce, in sicer je o njih pisal Woods (2004), ki pravi, da lahko imajo srednjepovršinski vetrolo mi dolgotrajne posledice na strukturo in zgradbo sestoja, lahko pa vplivajo tudi na zeliščno plast. Webb (1989) v svojem članku ugotavlja, da delež svetloljubnih drevesnih vrst naraste po vetrolomih

srednjih jakosti. Če na vetrolomu preživijo podstojna drevesa sencozažrtih drevesnih vrst, imajo svetloljubne drevesne vrste manj možnosti za uveljavitev. Mayer in Neumann (1981, cit. po Nagel in Diaci, 2006) sta napisala, da vetrolomi srednjih jakosti prizadenejo določene drevesne vrste bolj kot druge, pri čemer ugotavljata, da so iglavci bolj dovzetni za poškodbe, ki jih povzročijo viharji vetrovi, kot pa listavci.

Pri nas sta vetrolome srednjih jakosti raziskovala Nagel in Diaci (2006) v pragozdu Pečka. Tam sta prišla do ugotovitve, da je bukev bolj odporna na poškodbe zaradi vetrolova kot jelka. Ugotovila sta, da prsni premer drevesa igra pomembnejšo vlogo kot vrsta. Drevesa z večjim prsnim premerom namreč prej podležejo vetru kot drevesa z manjšim prsnim premerom in večja drevesa se prej odlomijo kot manjša, ki jih veter prej izruva. Velika drevesa so na vetrolomnih površinah redka. Nagel in sod. (2006) podaja zanimivo ugotovitev, da je na vetrolomnih površinah manj mladja kot na kontrolnih ploskvah in da je kljub velikim vrzelim na vetrolomnih površinah majhen delež svetloljubnih vrst v mladju.

2.3.4 Mikrorastišča, ki nastanejo v vetrolomnih vrzelih

Gozdna tla sestavlja veliko različnih mikrorastišč. To so lahko kupi in uleknine, razpadajoča debla, panji in skale (Schaetzel in sod., 1989). Tam, kjer se opad nabira, so ugodna mesta za vznik semen. To tudi določa raznolikost mikrorastišč, ki sestavljajo gozdna tla. Vse zgoraj naštetu pomembno vpliva na pomlajevanje v gozdu.

Da mikrorastišča igrajo pomembno vlogo pri pomlajevanju, sta ugotovila Szwedczyk in Szwagrzyk (1996) v gozdovih nacionalnega parka Babia Gora, ki se nahaja v Zahodnih Karpatih. Pišeta, da je pomladek jelke in smreke večji na razpadajočih deblih kot pa na gozdnih tleh.

Mikrorastišča so pomembna tudi pri raziskavah vetrolomov. Predstavljajo pomemben vir informacij o jakosti in obsegu vetrolova, ki so razvidne iz padlih in razpadajočih dreves in kupov ter uleknin, ki ostanejo za izruvanimi drevesi (Schaetzel in sod., 1989).

2.3.5 Dendroekološke študije vetrolomov

Mnogo raziskovalcev je objavilo dendroekološke raziskave vetrolomov v pragozdovih in gozdnih rezervatih po vsem svetu. V slovenskem prostoru so o tem pisali Nagel in sod. (2007). V pragozdu bukve in jelke v Sloveniji so vzeli izvrtke drevesom, ki so padla v vetrolomu. Po analizi podatkov so ugotovili, da imajo vetrolomi srednjih jakosti velik pomen pri razvoju in dinamiki pragozda, čeprav se redko pojavijo.

Na Češkem, v nacionalnem parku Šumava, so Svoboda in sod. (2012), ko so preučili 400 izvrtkov na 20 hektarjev veliki površini, ugotovili, da so sestoje v preteklosti oblikovali redki vetrolomi srednjih do močnejših jakosti. Do teh ugotovitev so prišli, ko so iz analize izvrtkov razbrali nenadno povečanje rasti, ki je nakazovalo odmrtnje drevesa v vrzeli, in intenzivno priraščanje mlajših dreves, ki je kazalo na zaraščanje vrzeli.

Trotsiuk in sod. (2012) so pisali o tem, da je v bukovih pragozdovih v Karpatih dinamika razvoja odvisna predvsem od malopovršinskih motenj, ki so posledica tega, da so drevesa v zgornji plasti v notranjosti nagnita in tako precej bolj ranljiva v slučaju močnih sunkov vetra. V isti raziskavi so preko izvrtkov tudi ugotovili, da je lahko bukev pod zastorom tudi do 100 let.

Tudi Dang in sod. (2014) v svoji študiji ugotavljajo, da so malopovršinske motnje oblikovale sestoje pragozda *Abies fargesii* v gorah osrednje Kitajske ter da velikopovršinski vetrolomi niso nujno potrebni za razvoj gozda. Njihova študija potrjuje, da je večina motenj malopovršinskih in da so skozi preteklost na daljša obdobja prisotni tudi vetrolomi večjih in srednjih jakosti.

2.3.6 Drevesna pestrost vetrolomov

Različni raziskovalci so pisali o pestrosti drevesnih vrst v pragozdovih in gospodarskih gozdovih.

Sapkota in sod. (2009) so pisali o pestrosti in regeneraciji lesnatih rastlin v vrzelih pragozda *Shorea robusta* v Nepal. Ugotovili so, da sta pestrost in gostota večji v vrzelih, ki so nastale z odmrtnjem več dreves skozi več let, kot pa v tistih vrzelih, ki so posledica nastanka odmrtnja enega ali več dreves v istem letu.

Eshaghi Rad in sod. (2009) so delali primerjavo vrstne pestrosti med različnimi rastlinskimi združbami v listopadnih gozdovih, ki se nahajajo 200 km severno od Teherana v Iranu. Preko Shannonovega in Simpsonovega indeksa pestrosti so prišli do ugotovitve, da imata združbi *Querco – Carpinetum betulii* in *Carpineto –Fagetum Oriental* bistveno večjo vrstno pestrost kot *Rusco – Fagetum Oriental* in *Fagetum – Oriental*. Ugotovili so tudi, da se z večanjem dominance sencozdržnih klimaksnih vrst manjša vrstna pestrost.

Mabry (2008) je v pragozdovih HJ Andrew LTER Forest na zahodni obali ZDA v Oregonu opravil študijo, v kateri je primerjal vrstno pestrost v pragozdu zahodne čuge in duglazije ter območju, kjer je bil leta 1960 golosek in takoj naslednje leto izvršena sadnja duglazije. Območje je bilo nato prepuščeno naravi, brez ukrepanja človeka. Raziskave niso pokazale jasne razlike v vrstni pestrosti med pragozdom in pogozdenim območjem, kar avtor študije

pripisuje dejstvu, da je bilo območje prepuščeno naravi in zato predstavlja sukcesijski stadij, kot bi se oblikoval v naravi.

3 NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE

3.1 NAMEN IN CILJI NALOGE

Cilj naloge je analizirati potek razvoja gozdov v vetrolomnih vrzelih po vetrolomih srednje jakosti. Poskušali smo ugotoviti tudi, kako vetrolom vpliva na pestrost drevesnih vrst, kakšen je vpliv vetroloma na mladje in kako se vetrolom odraža v debelinskem priraščanju dreves.

3.2 DELOVNE HIPOTEZE

Hipoteze, ki smo si jih zastavili, so naslednje:

- Vsak vetrolom je posledica ene ujme.
- Pestrost drevesnih vrst v vetrolomnih vrzelih je večja kot na kontrolnih ploskvah.
- Mladje sencozažnih drevesnih vrst v vrzeli je bilo prisotno že pred vetrolomom, medtem ko se je mladje svetlobojnih drevesnih vrst uveljavilo po vetrolomu.
- Odziv debelinskega priraščanja sencozažnih drevesnih vrst po vetrolomu je močnejši kot odziv debelinskega priraščanja ostalih drevesnih vrst.

4 OBJEKT RAZISKAVE IN METODE DELA

4.1 OBJEKT RAZISKAVE

4.1.1 Pragozd Perućica

O pragozdu Perućica je Diaci (2006) napisal, da sodi med najzanimivejše in najobsežnejše jelovo-bukove pragozdove na Balkanu. Pragozd Perućica (slika 1) zajema približno 1400 hektarjev in je eden največjih v zmernem pasu Evrope. Zaradi njegove velikosti lahko dobimo nemoten vpogled v dinamiko gozdov zaradi naravnih motenj (Nagel in sod., 2014).



Slika 1: Pragozd Perućica

4.1.1.1 Lega

Pragozd Perućica se nahaja na jugovzhodu Bosne in Hercegovine, na meji med Bosno in Hercegovino ter Črno Goro. Pragozd je ime dobil po potoku Perućica, ki teče skozenj. Površina pragozda je enaka celotnemu zlivnemu območju potoka Perućica in znaša 1434 hektarjev. Pri izlivu potoka Perućica je najnižja točka pragozda, in sicer 612 m, medtem ko je najvišja točka na vrhu Magliča, na 2377 m (Fukarek, 1970).

4.1.1.2 Geomorfološke in hidrološke značilnosti (povzeto po Fukarek, 1970)

Zlivno območje potoka Perućica, ki teče skozi pragozd, se deli na zgornjo dolino, v kateri se razteza največji del rezervata, in na spodnjo dolino, ki je kratka in skalnata ter se zajeda v apnenec in dolomite. Spodnja dolina leži pravokotno na dolino reke Sutjeske in ima iste značilnosti kot le-ta.

Izvir Perućice sestavlja nekaj manjših in večjih nepoimenovanih potokov, katerih izviri ležijo na območju, kjer višje ležeči apnenci oziroma dolomiti prehajajo v nižje ležeče neprepustne kamnine, kot so peščenjaki in skrilavci. Ti potoki se vedno pojavljajo na kontaktnem območju med prepustnimi apnenci in dolomiti ter neprepustnimi peščenjaki in skrilavci. Pretoki teh potokov so lahko visoki in njihove struge se zajedajo globoko v neprepustno podlago peščenjakov in skrilavcev.

Posebnost reliefa pragozda Perućica se odraža v različnosti geološke podlage. V najvišjih predelih pragozda najdemo apnenec oziroma dolomit, prav tako naletimo na apnenec in dolomit v najnižjih predelih pragozda. V teh območjih so največji nakloni in zelo strmi predeli. V srednjih delih, kjer je geološka podlaga sestavljena iz peščenjakov in skrilavcev, so nakloni relativno manjši.

4.1.1.3 Geološke in pedološke značilnosti (povzeto po Fukarek, 1970)

Geološka podlaga visoke planote Sniježnice, vrha Magliča in grebena Ploče-Prijevora je sestavljena iz karbonatnih slojev srednjega triasa. V isto kategorijo spadajo tudi stene, ki sestavljajo vse območje, v katerega je vrezan spodnji del struge Perućice.

Največja površina pragozda Perućica pripada slojem spodnjega triasa. Ti sloji gradijo nižje in severovzhodno ležeče predele doline reke Sutjeske, vendar so prisotni tudi v višje ležečih predelih od Dragoš sedla do prelaza Tunjemir in Prijevora. Tako tvorijo omenjeni sloji osnovni matični substrat zgornje doline, kjer se nahaja največji del pragozda. Sedimenti, ki pripadajo tem slojem, so sestavljeni iz laporjev in glincev različnih barv od črnih, sivih do zelenih. Laporji in glinenci so pogosto peščeni in vsebujejo karbonatne primesi. Poleg tega so na omenjenih sedimentih marsikje nanese plasti kremenastih peščenjakov. Na teh peščenih predelih so izoblikovane takšne gozdne rastlinske združbe, ki uspevajo na kislih, oglejenih ali izpranih tleh. Prisotne so tudi magmatske stene, ki so večinoma zelene barve in spadajo med sestavni del vulkanogenih, sedimentnih slojev iz srednjega triasa. Njihov pH je v glavnem nevtralen do bazičen.

Kisla rjava tla in izprana kisljava rjava tla prevladujejo v pragozdu na matični podlagi iz werfenskih peskov in silicijskega skeleta. Na silikatnih kamninah so se oblikovala izprana

tla. Rendzine najdemo na apnencih iz triasa in krede ter na dolomitih, ki so na višjih nadmorskih višinah. Sledijo rjava apnenčasta tla, ki se nahajajo na zahodnih pobočjih Magliča, na Sniježnici in v pragozdu Perućica. Tam, kjer se pojavljajo, nakazujejo na večjo globino matičnega substrata. Humusna silikatna tla se izmenjujejo z rendzino ali rjavimi tlemi na apnencu. Pod rankerjem lahko naletimo na apnenec.

4.1.1.4 Klima

Podatke za oris klimatskih značilnosti območja, v katerem se nahaja pragozd Perućica, je Fukarek (1970) pridobil iz dveh bolj oddaljenih meteoroloških postaj, in sicer postaje Suha, ki leži približno 5 km severozahodno od samega pragozda, ter postaje Čemerno, ki se nahaja 20 km zahodno od pragozda. Slednja leži na območju, kjer so klimatske razmere najbolj podobne razmeram v pragozdu Perućica.

Na leto lahko pade 2000 mm padavin, največ v jesenskem in zimskem času. Tekom poletja pade samo 15 % skupnih padavin. Vegetacijska doba je zelo kratka, ker sneg zgodaj zapade in dolgo obleži (Leibundgut, 1982).

Preglednica 1: Podatki iz meteoroloških postaj Suha in Čemerno (prirejeno po Leibundgut, 1982)

	Meteorološka postaja Suha (690 m n. m.)	Meteorološka postaja Čemerno (1329 m n. m.)
Povprečna letna temperatura	8,6 °C	5,2 °C
Povprečna temperatura vegetacijske dobe (maj–september)	15,8 °C	12,5 °C
Povprečne letne padavine	1428 mm	1365 mm
Porazdelitev padavin		
Zima	26,9 %	23,0 %
Pomlad	25,1 %	29,1 %
Poletje	14,8 %	14,9 %
Jesen	33,2 %	33,0 %

4.1.1.5 Vegetacija (povzeto po Fukarek, 1970)

Večino evropskih pragozdov sestavljajo gozdne združbe, v katerih sta samo ena ali dve različni fitocenozi. Pragozd Perućica se razlikuje v tem, da je v njem veliko število gozdnih fitocenoz različnih zgradb. Tako je na tem območju nekaj deset združb vegetacije.

V pragozdu Perućica je bilo določenih in preučenih 12 asociacij gozdnega drevja, njihove subasociacije in variante. Število ekoloških skupnosti tako presega trideset. V pragozdu najdemo še združbe ruševja in inicialne asociacije gozdnih skupnosti, ki so se razvile na

požariščih. Iz vsega naštetega lahko sklepamo, da je pragozd Perućica zagotovo eden najbolj raznovrstnih in zanimivih pragozdov.

4.1.1.6 Antropogeni vplivi (povzeto po Fukarek, 1970)

Izjemno razgiban relief in velika nedostopnost v kombinaciji z dejstvom, da na tem območju že stoletja poteka državna meja, sta botrovala temu, da človek ni s sekiro in živino prodril v pragozd. Tudi sama struga reke Perućice, ki teče po strmih naklonih, in slap Skakavac sta v preteklosti ovirala dostop do predelov pragozda. Kljub vsem oviram je človek vseeno našel dostop do pragozda, in sicer preko višjih bočnih predelov meje pragozda. Na teh območjih so bile planšarije. Pašnike in livade med strugo Perućice in prelazom Dragoš sedlo so izkrčili prebivalci vasi Mrkalji, ki so bili pragozdu najbližji.

Iz omenjene vasi je bil speljan širok kolovoz, ki je vodil do Dragoš sedla in skozi Zanutlino čez potok Kondžila do naselja Mrkalj klade in od tam dalje na planoto Vučevo. Kolovoz iz Suhe in Tunjemira se je priključil na Dragoš sedlu in od tam vodil čez sredino pragozda.

Poleg teh dveh kolovozov sta bili skozi pragozd speljani samo še dve poti. Prva je potekala od Prijedora na livade Stajišta in nato do Dragoš sedla, naredili so jo žandarji v času Avstro-Ogrske. Druga pot pa je vodila od Prijedora skozi ruševje do izvira Korita in potem dalje do pašnika Ulubič, naredili so jo pastirji. Vzdolž kolovoza med Tunjemirom in Dragoš sedlom je opaziti, da so pastirji izkrčili več površin za košnjo sena in v jeseni za kratkotrajno pašo. Te izkrčene površine so širili s pomočjo požarov, ki niso pomembno vplivali na sestoje v pragozdu. Te površine se danes zaraščajo in so v fazi drogovnjaka. Na mejah pragozda so pasli živino, vendar dlje v pragozd niso prodirali, saj v času Avstro-Ogrske ni bilo dovoljeno postavljati stalnih naselij na področju planinskih pašnikov.

Nekoliko močnejši prodor v pragozd se je zgodil v času Karadžorževićeve Jugoslavije, ko so priseljenci iz Črne Gore začeli kupovati posestva in so zgradili hleve in kolibe, v katerih so ostajali čez zimo. Takrat je pasoča se živina z objedanjem prizadela sestoje v pragozdu, posebej še tiste na Sniježnici.

Do druge svetovne vojne ni bilo na področju pragozda nobenih večjih sečenj. Vse, kar so posekali pastirji in prebivalci bližnjih vasi, ki so imeli pašnike na območju pragozda, je bilo namenjeno za drva, nekaj lesa velikega jesena za vile in grablje ter nekaj bukovih vej za spravilo sena po strminah. Sekali so v glavnem bukev za ogrevanje in jelko ali smreko zaradi izdelovanja skodel za strešno kritino. Vse to pa ni imelo nobenega vpliva na večji del pragozda.

Tekom druge svetovne vojne so skozi pragozd prehajale različne vojske NOB-a. Po vojni so se v pragozdu skrivali tudi uporniki, ki so povzročili več požarov. Eden takšnih požarov je izbruhnil leta 1947. Prešel je meje pragozda na prelazu Tunjemir in povzročil škodo na relativno ozkem pasu sestojev, ki ležijo na robu območja pragozda.

V letu 1952 je tedanja vlada Bosne in Hercegovine odločila, da zavaruje in izloči iz gospodarjenja 1234 ha. Kasneje so to področje povečali še za 200 ha. Zavod za zaščito kulturnih in naravnih redkosti je leta 1954 pragozd Perućica zavaroval s pravnim aktom in rezervat dal pod zaščito države.

Med zadnjo vojno na Balkanu je bil pragozd priča prehodom različnih vojsk. Od vojne naprej se na območje pragozda podajo redki pohodniki in pastirji. Zaradi naravnih razmer je pragozd kljub razgibani zgodovini še precej nedotaknjen.

4.2 METODE DELA

Med drevesnimi vrstami, ki smo jih našli v pragozdu Perućica, so naslednje:

- bukev (*Fagus sylvatica* L.),
- navadna jelka (*Abies alba* Mill.),
- navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karsten),
- gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.),
- gorski brest (*Ulmus Glabra* Huds.),
- veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.),
- jerebika (*Sorbus aucuparia* L.).

Zaradi lažjega razumevanja bomo te drevesne vrste v nadaljevanju imenovali s krajšimi imeni, in sicer:

- bukev – BU,
- navadna jelka – JE,
- navadna smreka – SM,
- gorski javor – G.JA,
- gorski brest – BR,
- veliki jesen – JES.

4.2.1 Izbor vetrolomov in kontrolnih ploskev

V pragozdu smo izbrali tri srednjepovršinske vetrolome (slike 3–5). Vsak vetrolom smo poimenovali, in sicer po najbližjem krajevnem imenu:

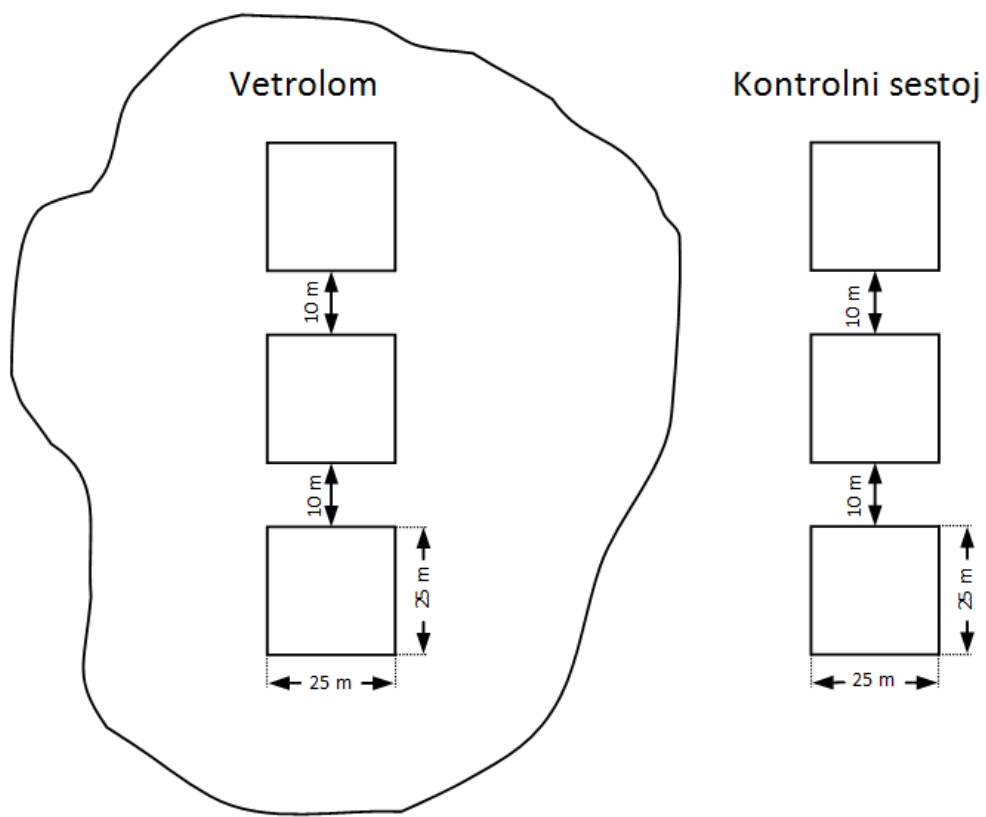
- vetrolom številka 1 – Osoje,
- vetrolom številka 2 – Tunjemir,
- vetrolom številka 3 – Skakavac.

Na prvih dveh vetrolomih smo postavili tri raziskovalne ploskve velikosti 25 x 25 m. Pri zadnjem vetrolomu smo zaradi manjše površine tega vetroloma in zaradi izogiba vplivu, ki ga ima neprizadeti gozd na vetrolom, postavili samo dve raziskovalni ploskvi. Za vsak vetrolom smo v sestoju poleg njega postavili tri kontrolne ploskve.

Kriterija za izbor vetroloma sta bila naslednja: da niso bili vidni sledovi človeške aktivnosti in da smo opazili očitne znake vetroloma, kot so izravana in odlomljena debla, kupi in uleknine, ki nakazujejo, da je v preteklosti prišlo do ruvanja dreves.

Kontrolne ploskve smo določili v sestojih, ki so bili čim bližje vetrolomu in niso bili prizadeti od vetroloma. Sestoji so imeli podobne rastiščne dejavnike kot raziskovalne ploskve, postavljene na vetrolomnih površinah. Da smo sestoj prepoznali kot primeren za postavitev kontrolnih ploskev, smo iskali takšne sestoje, ki so imeli podobno strukturo pred vetrolomom na raziskovalnih ploskvah in na kontrolnih ploskvah.

Postavitev raziskovalnih ploskev je potekala v ravni črti, ki je zajela vsa središča vseh treh ploskev. Vsaka posamezna ploskev je imela površino 625 m². Razdalja med posameznimi ploskvami je bila 10 m. Na isti način smo postavili ploskve tudi v kontrolnem sestoju (slika 2).



Slika 2: Razporeditev raziskovalnih ploskev

4.2.2 Pridobivanje osnovnih informacij o ploskvah

Za vsako ploskev smo določili naslednje znake:

- lego,
- koordinate,
- nadmorsko višino,
- ekspozicijo,
- nagib,
- pokritost z vegetacijo,
- tip tal,
- kamnitost,
- skalovitost,
- sklenjenost krošenj,
- popis najpogostejših rastlin v zeliščni plasti.

S sprejemniki GPS smo določili lego ploskev in njihovo nadmorsko višino. V koordinatnem sistemu WGS 84 smo razbrali koordinate. Ekspozicijo smo določili s kompasom. Nagib pobočja smo merili s padomerom. Sklenjenost krošenj smo ugotavljali po tem, ali se ploskev nahaja v vrzeli, ali je sklep krošenj vrzelast in ali so krošnje sklenjene. Pokritost z vegetacijo, tip tal, kamnitost in skalovitost smo ocenili vizualno.

4.2.3 Značilnosti raziskovalnih ploskev

Fukarek (1970) je pragozd Perućica razdelil na 4 višinske pasove. Vetroloimi, ki smo jih raziskovali, ležijo v gorskem pasu jelke, smreke in bukve. V tem pasu se torej nahajajo vse ploskve tako v vetrolomih kot na kontrolnih sestojih. Vetrolom Osoje se nahaja v združbi *Orchido-Abietum*, ki je značilna za matično podlago skrilavcev in peščenjakov (Fukarek, 1970). Naslednja vetroloma sta Tunjemir in Skakavec, ki ležita relativno blizu drug drugega. Oba se nahajata na prehodu med združbama *Orchido-Abietum* (O-A) in *Abieti-Fagetum* (A-F). Posebnost vetroloma Tunjemir je v tem, da smo na ploskvah našli čemaž v preprogah, kar je značilno za združbo *Abieti-fagetum alliosum ursini*. Ta združba se ne razvije vedno na apnencu in dolomitu. Po Fukareku (1970) se lahko razvije tudi na tleh, ki so se oblikovala nad silikatno podlago, kar se je zgodilo tudi v primeru vetroloma Tunjemir. Kljub temu pa kaže vetrolom Tunjemir karakteristike združbe *Orchido-Fagetum*. Več značilnosti raziskovalnih ploskev je podano v preglednici 2.

Preglednica 2: Značilnosti raziskovalnih ploskev na vetrolomih in v kontrolnih sestojih

	vetroloimi			kontrolni sestoji		
	Osoje	Tunjemir	Skakavac	Osoje	Tunjemir	Skakavac
WGS-N	43° 18' 20"	43° 18' 42"	43° 18' 63"			
WGS-E	18° 42' 11"	18° 4' 52"	18° 4' 60"			
ekspozicija (°)	337	348	0	325	344	1
nagib pobočja (°)	19	16	20	16	20	20
zastrtost zeliščne plasti (%)	30	40	35	40	85	25
sklep krošenj	sklenjen	sklenjen	vrzel	sklenjen	sklenjen	sklenjen
povprečna višina dreves (m)	25	21	4	27	29	25
kamnitost (%)	1	2	1	2	1	0
skalovitost (%)	0	2	0	4	0	0
nadmorska višina (m)	1200	1240	1100	1260	1230	1100
starost vetroloma (let)	50	48	10			
združba	O-A	O-A / A-F	O-A / A-F	O-A	O-A / A-F	O-A / A-F



Slika 3: Vetrolom Osoje



Slika 4: Vetrolom Tunjemir



Slika 5: Vetrolom Skakavac

4.2.4 Označevanje ploskev in meritve na ploskvah

Vsako ploskev, ki smo jo postavili, smo zakoličili na ogliščih in obeležili z barvnim trakom. Na robovih ploskev smo položili merski trak in poiskali središče ploskve.

Na ploskvah smo vsem drevesom, ki so še stala, določili drevesno vrsto in ugotovili, ali je drevo živo ali mrtvo. Izmerili smo prsni premer vsem drevesom nad 5 cm prsnega premera. Pri izmeri prsnega premera smo uporabljali merski trak s skalo PI.

Mladovje na ploskvah smo razdelili na mladje, ki je spadalo v višino od 0,5 m do 1,3 m, in na goščo, ki smo ji določili višino nad 1,3 m in pod 5 cm prsnega premera. Mladovje smo prešteli in določili drevesno vrsto in višinski razred.

Vsem odlomljenim in izruvanim drevesom smo določili drevesno vrsto, prsni premer in stopnjo razgradnje. Vsakemu odlomljenemu in izruvanemu drevesu smo s kompasom izmerili smer padca. Klasifikacija razpadajočih debel je podana v preglednici 3.

Preglednica 3: Klasifikacija razpadajočih debel (prirejeno po Szewczyk in Szwagrzyk, 1996)

Stopnja razgradnje	Opis
1	Ležeča drevesa, na katerih je lubje. Mahovi ali druge oblike rastlin ne prekrivajo več kot 10 % površine. Les je čvrst, nespremenjen. Na deblih so veje.
2	Debla in štori, na katerih lubje deloma odstopa. Les je še vedno čvrst z znaki razgradnje v beljavi. Mahovi in ostale oblike rastlin pokrivajo 10–25 % površine debla. Debla so še vedno nad tlemi ali delno na tleh. Vaje so še prisotne.
3	Debla in štori, na katerih večinoma ni lubja. Mahovi in ostale oblike rastlin pokrivajo 25–75 % površine. Les je mehak z znaki razgradnje v črnjavi. Prisotne so samo še večje veje. Debla ležijo na tleh.
4	Debla in štori brez lubja ali pa rastline prekrivajo 75–100 % površine. Les je zelo mehak. Vaje niso več prisotne. Debla so še vedno okrogla.
5	Debla in štori so popolnoma prekriti z vegetacijo. Debla so sploščena in se zelo malo ločijo od gozdnih tal.

4.2.5 Ugotavljanje pestrosti

Pestrost drevesnih vrst smo opredelili z indeksoma pestrosti. Izmed vseh indeksov, ki obstajajo za ugotavljanje pestrosti, se najpogosteje uporabljata Shannonov in Simpsonov indeks. Pri Shannonovem indeksu pestrosti se vrednosti približujejo nič, če se pojavlja obilje ene vrste in je vseh ostalih vrst manj. Če se pojavlja samo ena vrsta, je Shannonov indeks enak nič. Majhne vrednosti Simpsonovega indeksa kažejo na veliko pestrost vrst in obratno (Robič, 2000).

Shannonov indeks meri srednjo stopnjo nedoločenosti pri napovedovanju, kateri vrsti pripada osebek, ki smo ga naključno izbrali med N osebkami v skupini S-tih vrst.

Shannonov indeks:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i \quad \dots (1)$$

Pri Simpsonovem indeksu vrednosti varirajo od 0 do 1 in opredeljujejo, s kolikšno verjetnostjo bosta dva naključno izbrana osebkata pripadnika iste populacije. Torej bo pestrost majhna, kadar so v vzorcu samo istovrstni osebki.

Simpsonov indeks:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad \dots (2)$$

(Robič, 2000).

4.2.6 Priprava izvrtkov in obdelava podatkov

Izvrte smo vzeli desetim drevesom, ki so bila najbližje središču vsake ploskve. Na območju vsakega vetroloma smo vzeli izvrtke še desetim drevesom večjih dimenzij, za katera smo sklepali, da so preživela vetrolom. Ni nujno, da so bila ta drevesa znotraj ploskev. Izvrte smo odvzeli s Presslerjevim svedrom. Na kontrolnih ploskvah nismo odvzeli izvrtkov.

Pri odvzemu izvrtkov smo se izogibali kompresijskemu lesu in zato vrtali vzporedno s plastnico. Analizirali smo 108 izvrtkov iz vseh treh vetrolomov skupaj. Tako pridobljene izvrtke smo posušili in jih pritrdili na lesene nosilce. Vz dolžno smo jih zbrusili, tako da smo dobili na vseh vzorcih visok sijaj in lepo vidne celice lesa v vseh branikah. Vzorce zbrušeni izvrtkov smo potem poslikali s sistemom ATRICS, ki ga opisuje Levanič (2007, cit. po Nagel in sod., 2014). S pomočjo programa WinDENDRO (Nagel in sod., 2014) smo izmerili širine branik na 0,01 mm natančno.

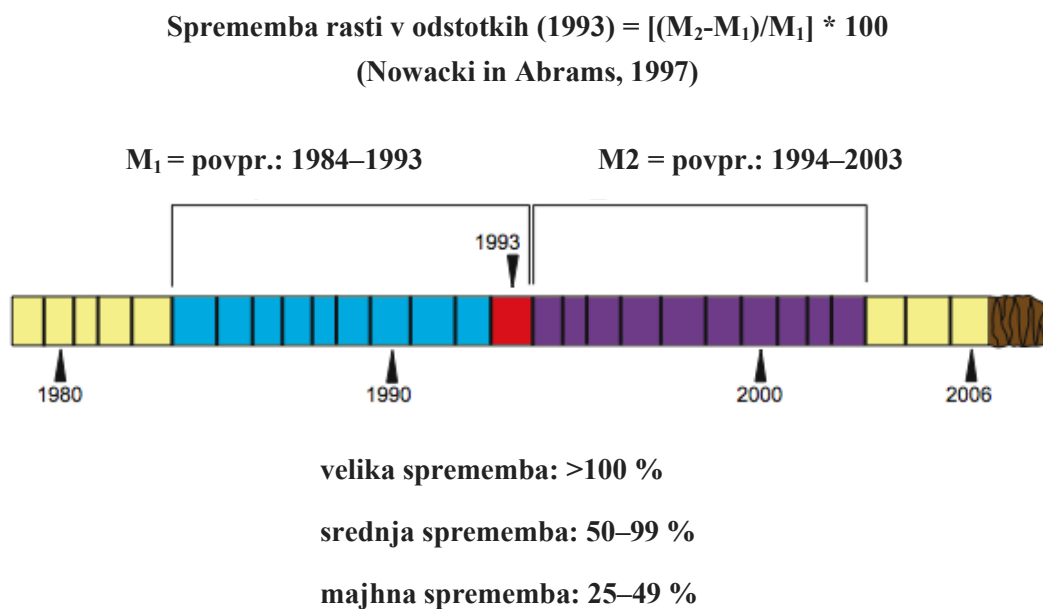
Za ugotovitev motenj v preteklosti smo pregledali vsak vzorec izvrtka posebej in iskali nenadno povečavo radialne rasti oziroma povečanje širin branik in intenzivno radialno rast v mladosti (slika 6).



Slika 6: Nenadno povečanje debelinske rasti na izvrtku jelke

Da bi določili, kdaj so se motnje, ki so spodbudile nenadno rast, zgodile, smo se poslužili metode, ki temelji na dendroekološki študiji Nowackega in Abramsa (1997). Ta metoda uspešno nevtralizira kratkoročne rastne trende, kot je npr. suša, in dolgoročne rastne trende, povezane s klimo, medtem ko pokaže na nenadno radialno rast, ki ta trend zadrži. To pokaže na motnje v strehi sestoja, oblikovanje vrzeli in večji dotok svetlobe. Po tej metodi izračunamo odstotek spremembe rasti v vsakem letu. To naredimo tako, da pogledamo desetletno obdobje po letu, ki mu hočemo določiti odstotek spremembe rasti, in za to obdobje določimo povprečni debelinski prirastek. Povprečni debelinski prirastek določimo tudi za desetletno obdobje pred letom, ki mu poskušamo določiti odstotek spremembe rasti. Desetletno obdobje pred tem letom vključuje tudi tisto leto, ki nas zanima. Enačba, po kateri izračunamo odstotek spremembe rasti za določeno leto, je prikazana na sliki 7. Odziv v določenem letu je torej izražen z odstotki, ki podajajo

spremembo rasti. Za naše potrebe smo upoštevali le tiste odzive, ki so pokazali več kot 50-odstotno spremembo rasti.



Slika 7: Metoda za izračun odstotka spremembe debelinske rasti

5 REZULTATI

5.1 GOSTOTA MLADJA IN GOŠČE

Vetrolom Osoje kaže majhne razlike med gostoto mladja in gošče med vetrolomom in ploskvami v kontrolnem sestoju. Kot bo razvidno kasneje, je v kontrolnem sestoju nižja gostota dreves, kar pomeni večjo osvetljenost gozdnih tal, in tako je gostota gošče na kontrolni ploskvi večja kot na površini vetroloma. Zanimivost pri omenjenem vetrolomu je brez dvoma to, da je v mladju prisotna samo jelka, v gošči se pojavi celo smreka.

Preglednica 4: Gostota mladja in gošče (n/ha)

	Mladje		Gošča	
	Vetrolom	Kontrolni sestoj	Vetrolom	Kontrolni sestoj
Osoje	352	320	235	373
Tunjemir	224	192	805	416
Skakavac	6456	2808	6120	640

Vetrolom Tunjemir kaže visoko gostoto mladja in predvsem gošče v primerjavi s kontrolnim sestojem. Odlomilo in izruvalo je več starejših in debelejših dreves kot na ostalih vetrolomih, zato je zastrtost tu manjša, svetlobe je več in gostota mladja in gošče je večja kot na kontrolnih ploskvah.

Vetrolom Skakavec je najmlajši vetrolom od vseh treh. Zanj je značilna velika gostota mladja in gošče. Tudi v kontrolnem sestoju je mladja v izobilju.

5.2 GOSTOTA DREVES

Gostota dreves na vetrolomu Osoje je večja (997 dreves/ha) kot na kontrolnih ploskvah (795 dreves/ha).

Gostota dreves na vetrolomu Tunjemir (2176 dreves/ha) je večja kot na kontrolnih ploskvah (533 dreves/ha), in to približno za štirikrat.

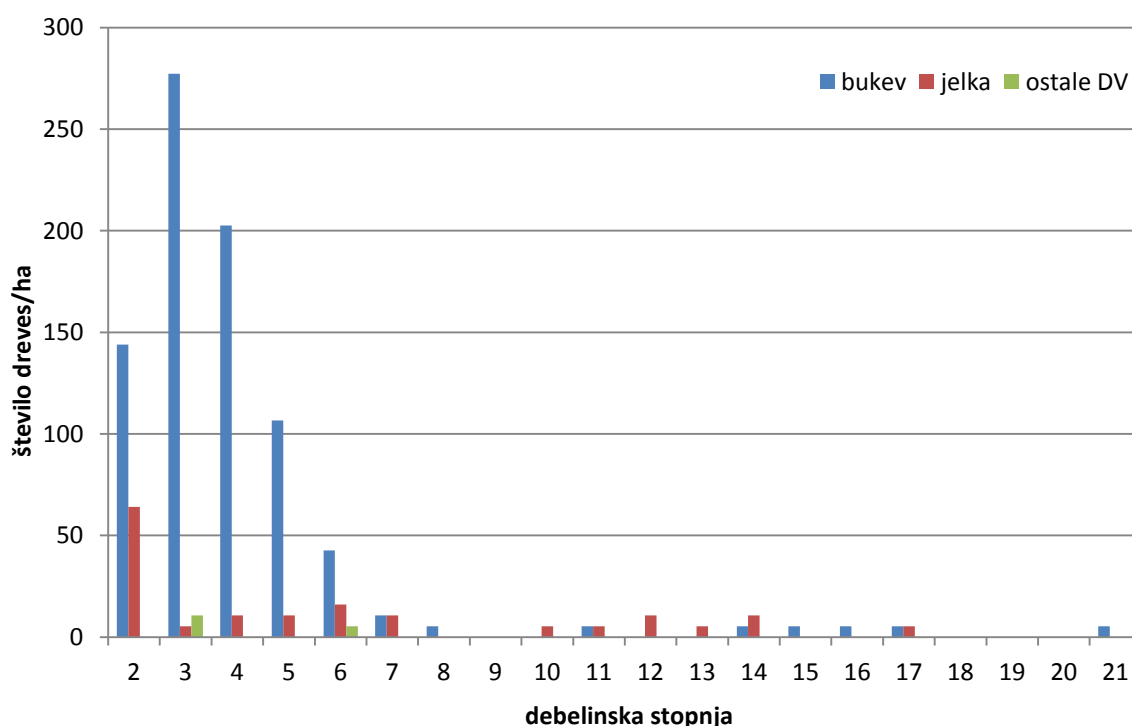
Na vetrolomu Skakavac je gostota dreves le malo višja (376 dreves/ha) kot pa na kontrolnem sestoju (347 dreves/ha). Ta vetrolom je najmlajši, zato je tudi število dreves majhno v primerjavi s prejšnjima vetrolomoma, kjer so se razvila že odrasla drevesa na vetrolomnih površinah.

Iz podatkov je razvidno, da je največja gostota dreves na vetrolomu Tunjemir, sledi vetrolom Osoje, najmanjša gostota dreves pa je na vetrolomu Skakavac.

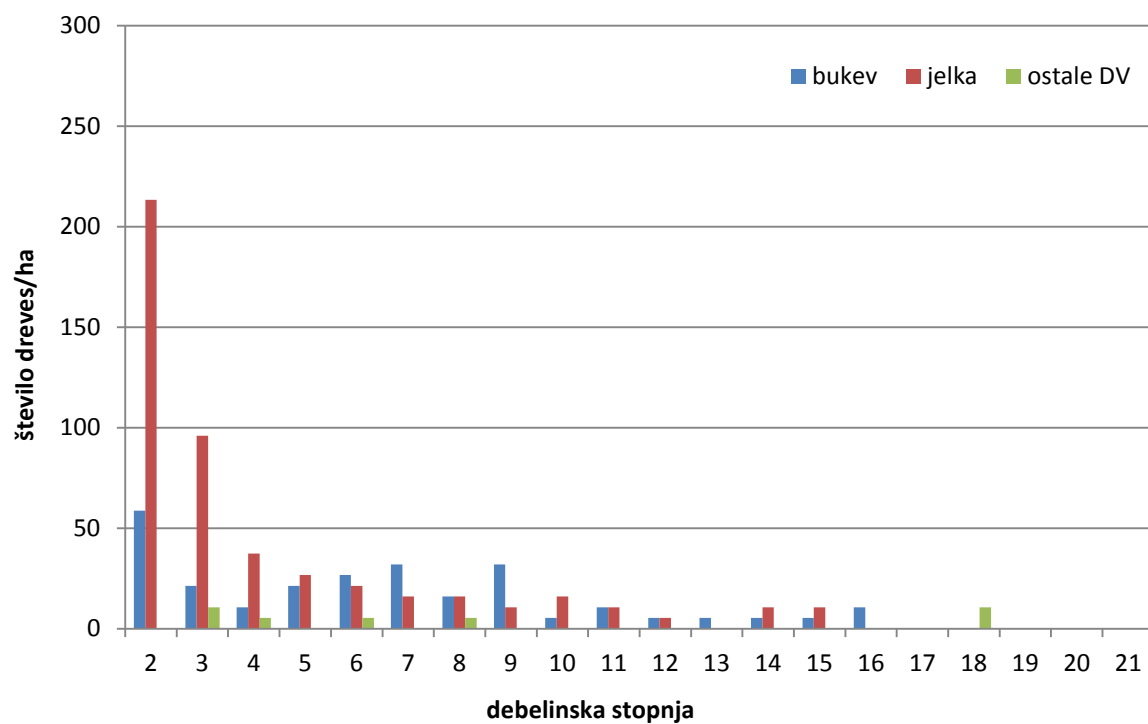
5.3 DEBELINSKA STRUKTURA

5.3.1 Vetrolom Osoje

V nižjih debelinskih stopnjah prevladuje bukev. To nakazuje, da so se drevesa bukve odzvala na povečano količino svetlobe ob nastanku vrzeli, ki jo je povzročil vetrolom. Višji debelinski razredi kažejo večjo zastopanost jelk (slika 8). Na kontrolnih ploskvah je slika obratna, kar se vidi v nižjih debelinskih razredih. Tu dominira jelka (slika 9).



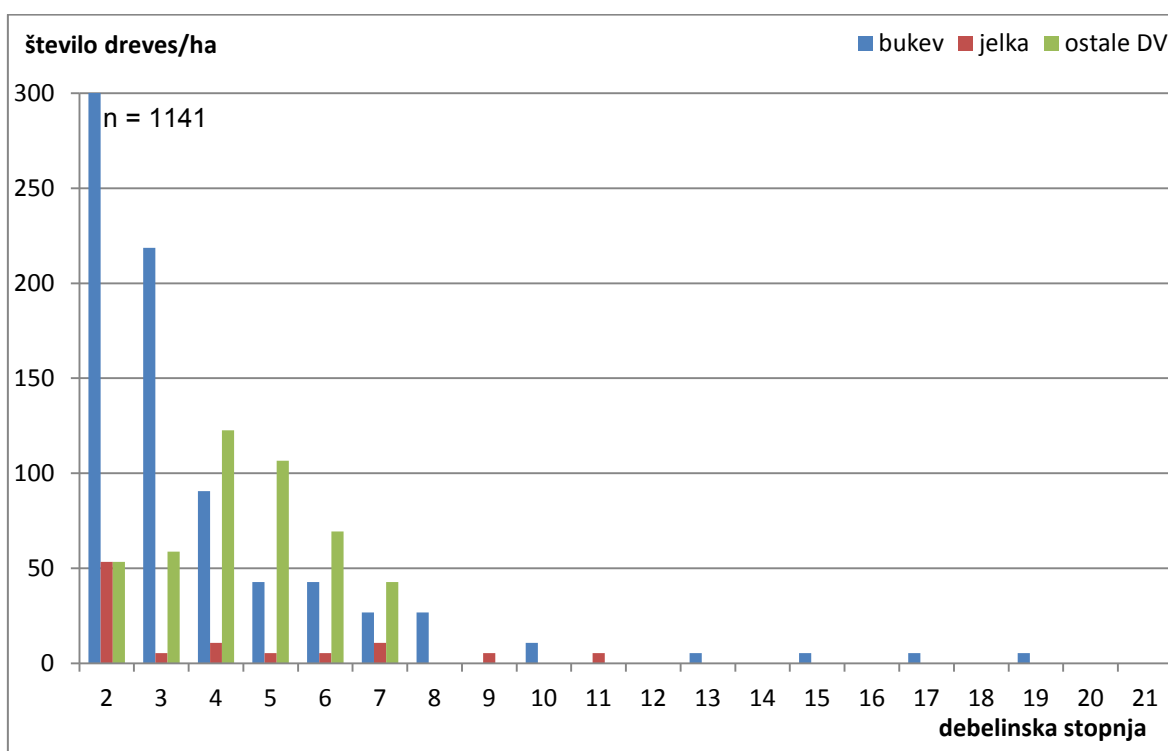
Slika 8: Debelinska struktura dreves na vetrolomu Osoje



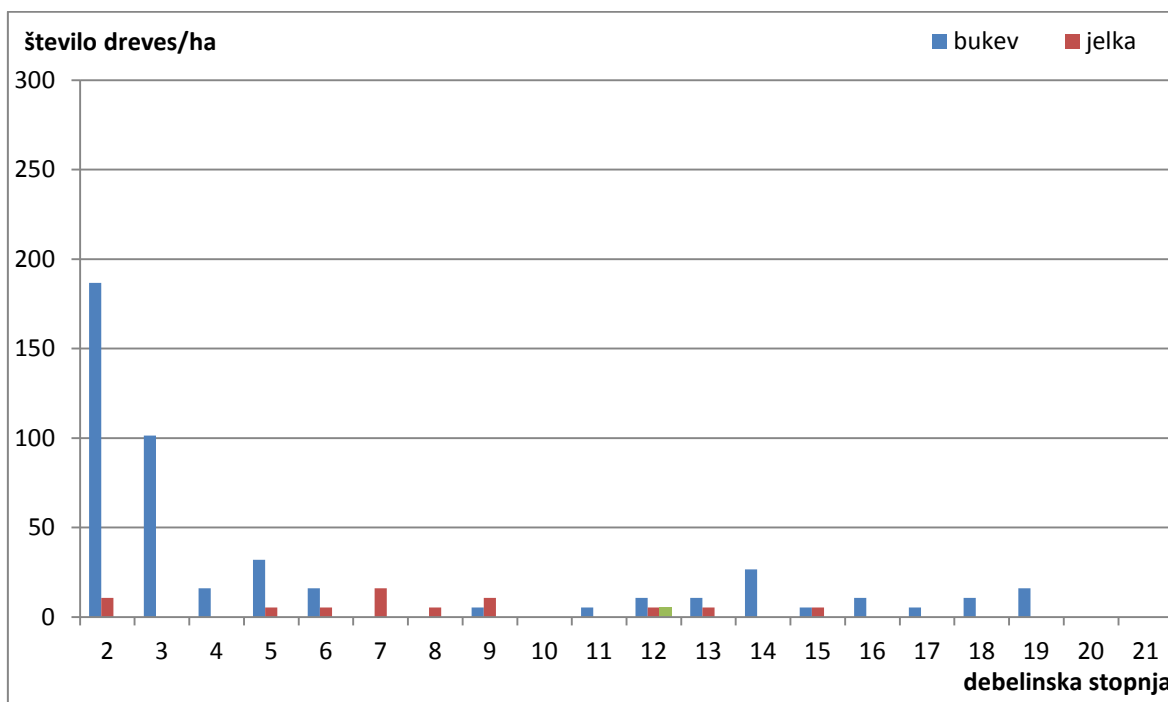
Slika 9: Debelinska zgradba dreves na kontrolni ploskvi Osoje

5.3.2 Vetrolom Tunjemir

Vetrolom Tunjemir nakazuje, da je tu vetrolom omogočil večji dotok svetlobe kot v ostalih dveh vetrolomih, zato dominirajo gorski javor, gorski brest in veliki jesen od 4. do 7. debelinske stopnje. V 2. in 3. debelinski stopnji se bukev pojavi v velikem številu (slika 10). Jelka se izraziteje pojavi v 2. debelinski stopnji, v višjih debelinskih stopnjah pa ni tako pogosta. Kontrolni sestoj pokaže drugačno sliko, na teh ploskvah svetloljubnih listavcev skoraj ni, kar nakazuje, kako se le-ti hitro pomladijo, če je le zadosten dotok svetlobe (slika 11).



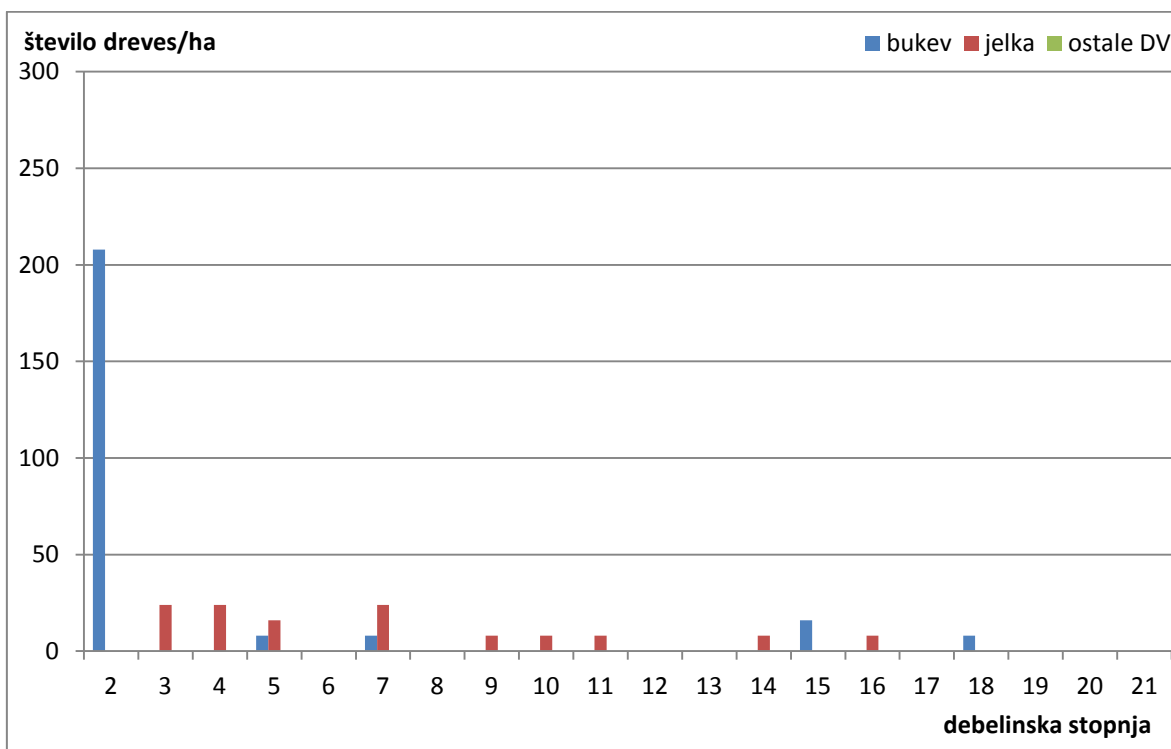
Slika 10: Debelinska struktur na vetrolomu Tunjemir



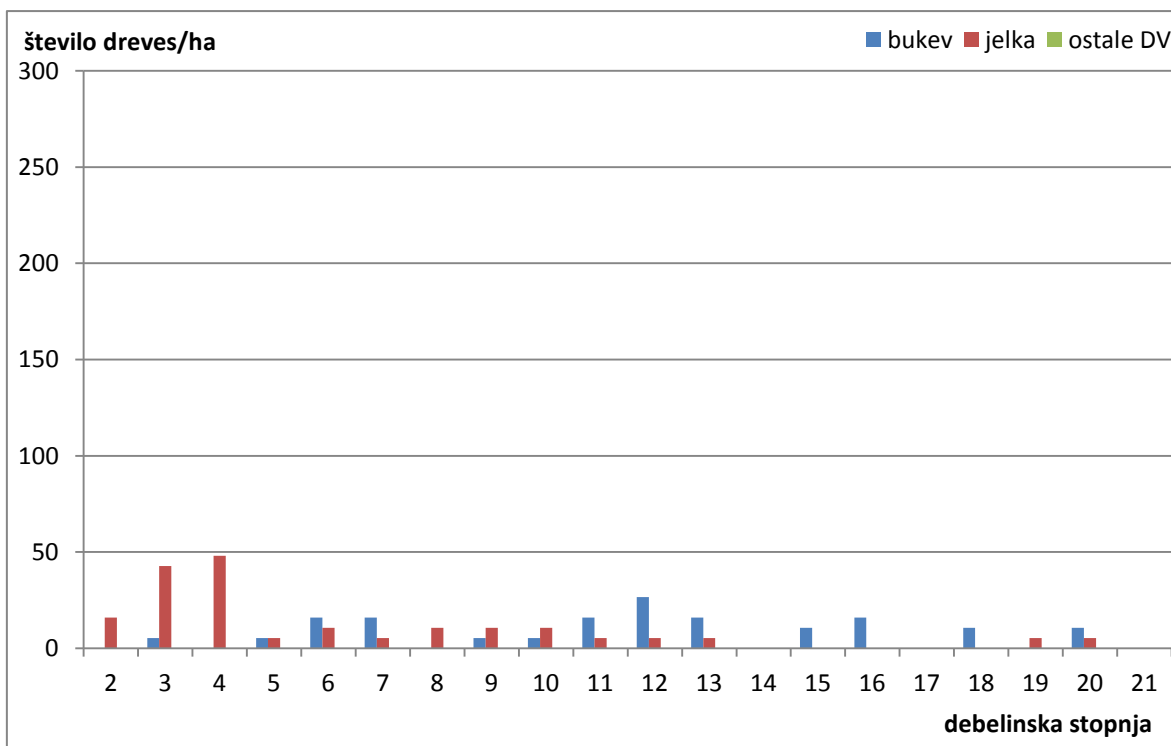
Slika 11: Debelinska zgradba na kontrolni ploskvi Tunjemir

5.3.3 Vetrolom Skakavac

Majhno število dreves v višjih debelinskih stopnjah priča, kako je vetrolom preredit drevje na vetrolomni površini. Največ dreves je v 2. debelinski stopnji, in sicer sama bukev. Svetloljubni listavci se sploh ne pojavijo (slika 12). Na kontrolnih ploskvah prevladuje jelka v nižjih debelinskih stopnjah, bukev pa v višjih. Tudi tu ne najdemo nobenega svetloljubnega listavca (slika 13).



Slika 12: Debelinska struktura dreves na vetrolomu Skakavac



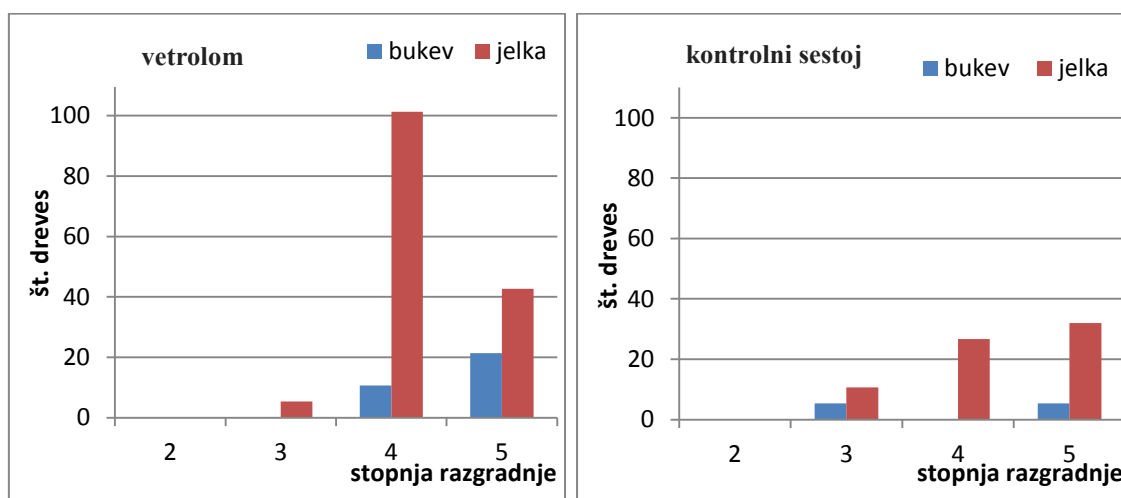
Slika 13: Debelinska zgradba na kontrolni ploskvi Skakavac

5.4 OSTANKI ODMRLIH DREVES

Ugotovili smo, da je število odmrlih dreves na vetrolomnih površinah ponekod do osemkrat večje kot v kontrolnih sestojuh.

5.4.1 Vetrolom Osoje

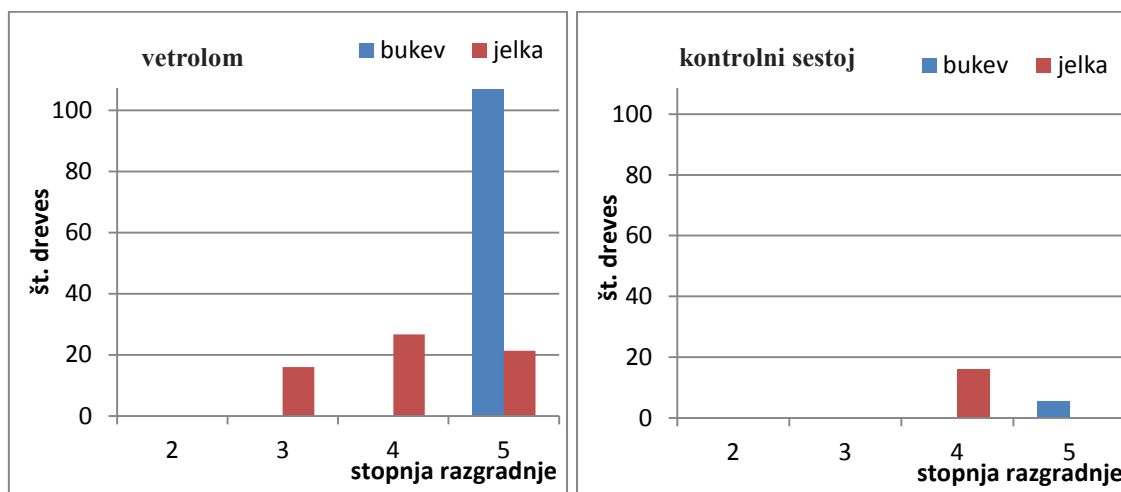
Podatki za vetrolom Osoje kažejo, da je jelka dominirala v sestoji pred vetrolomom. Največ dreves najdemo v zadnjih dveh stopnjah razgradnje. Jelka tu prevladuje nad bukvijo. Nekaj jelke najdemo tudi v kontrolnem sestoji v 3., 4. in 5. stopnji razgradnje, vendar manj v primerjavi z vetrolomno površino (slika 14).



Slika 14: Podrta drevesa na hektar, upoštevani sta drevesna vrsta in stopnja razgradnje na vetrolomu in kontrolnem sestoji Osoje

5.4.2 Vetrolom Tunjemir

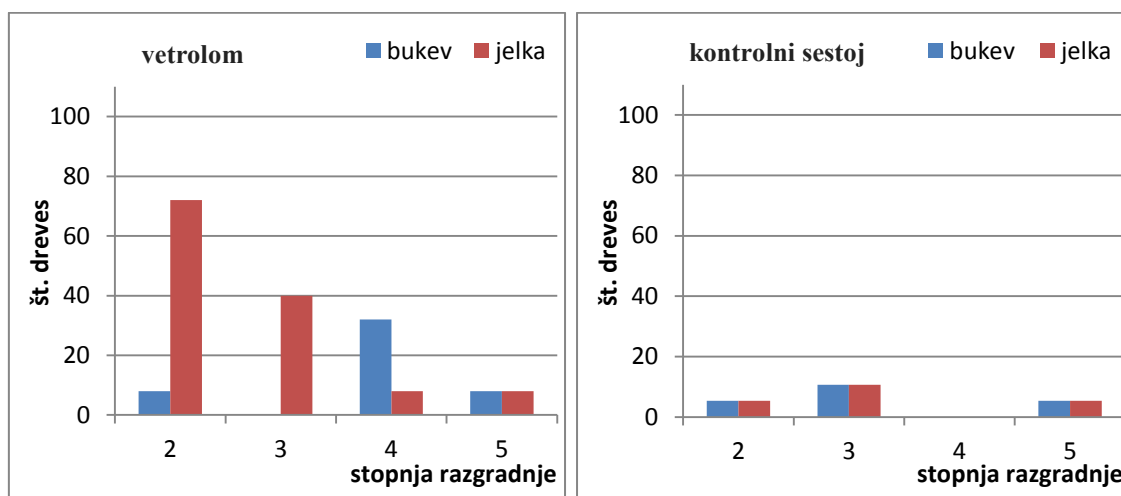
Na vetrolomu Tunjemir podatki razkrijejo prevlado bukve v sestojih pred vetrolomom. Jelke je manj, vendar je v 3., 4. in 5. stopnji razgradnje, medtem ko je bukev samo v 5. stopnji razgradnje, toda tam močno dominira. Širjenje motnje nakazuje prisotnost jelke v 3. in 4. stopnji razgradnje. V kontrolnem sestoji smo našli majhno število odmrlih dreves (slika 15).



Slika 15: Podrta drevesa na hektar, upoštevani sta drevesna vrsta in stopnja razgradnje na vetrolomu Tunjemir in kontrolnem sesetju Tunjemir

5.4.3 Vetrolom Skakavac

Na tem vetrolomu je večina dreves jelke v 2. in 3. stopnji razgradnje. To pomeni, da je v preteklosti prevladovala jelka. Drevesa, ki so v višjih stopnjah razgradnje, so odmrli v drugih manjših motnjah, ki so se zgodile pred vetrolomom (slika 16).

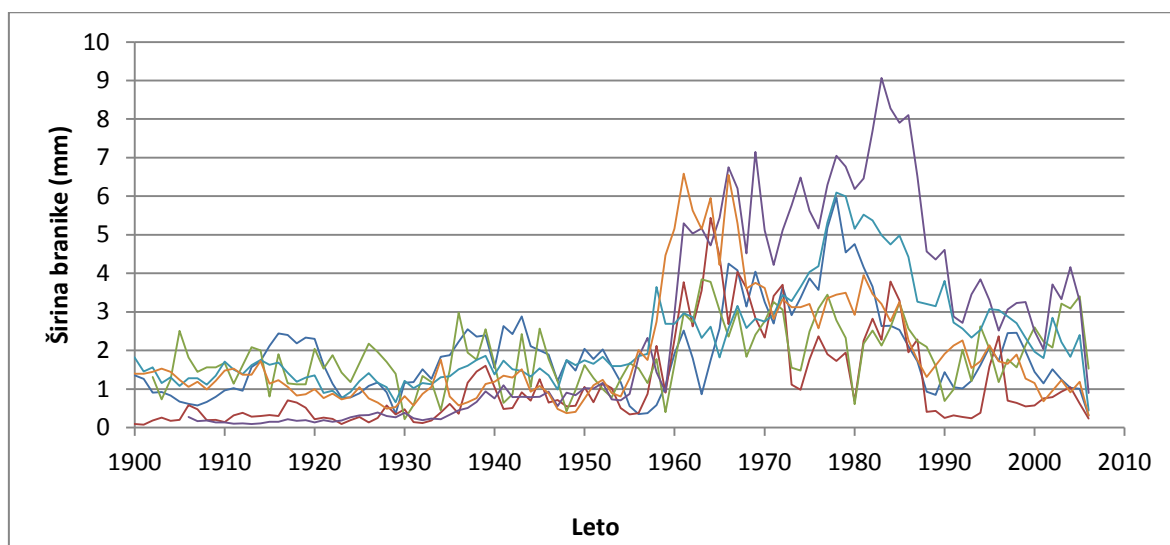


Slika 16: Podrta drevesa na hektar, upoštevani sta drevesna vrsta in stopnja razgradnje na vetrolomu in kontrolnem sesetju Skakavac

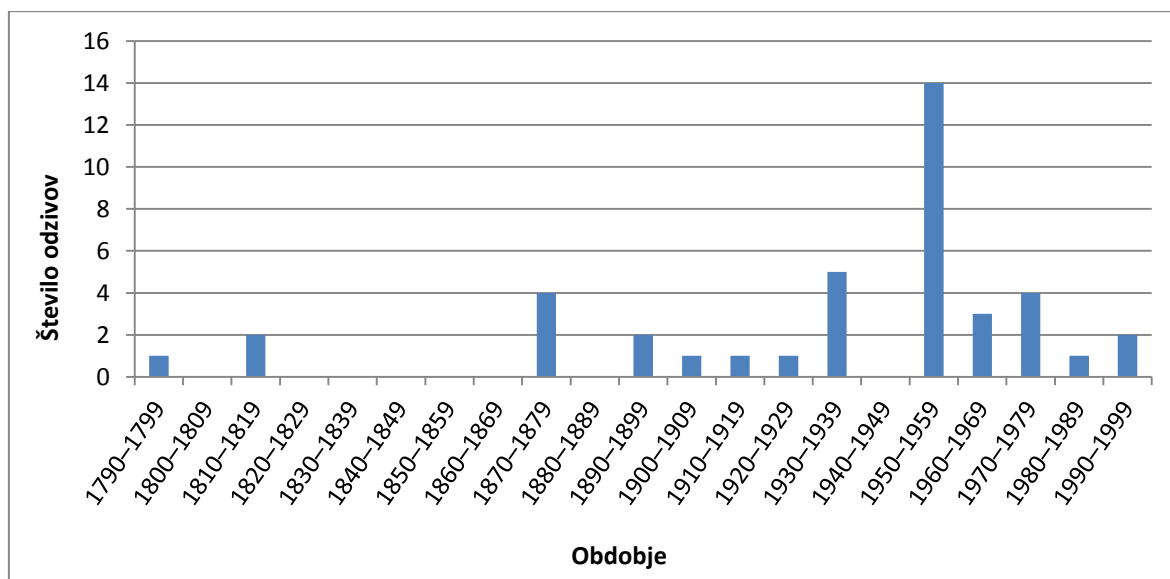
5.5 ZGODOVINA MOTENJ

5.5.1 Vetrolom Osoje

Iz vsake raziskovalne ploskve na vetrolomni površini smo preučili 2 najstarejši drevesi. Na vetrolomu Osoje je odziv debelinskega priraščanja po vetrnomu jasno viden. Vetrolom, ki se je zgodil med letoma 1950 in 1960, je povzročil povečan dotok svetlobe in posledično nenadno povečanje debelinske rasti. Če primerjamo širine branik pred letom 1955 in po njem, vidimo, da so nekatere branike povečale svojo širino celo za šestdesetkrat (slika 17).



Slika 17: Odzivi debelinskega priraščanja 6 najstarejših dreves na vetrolomu Osoje

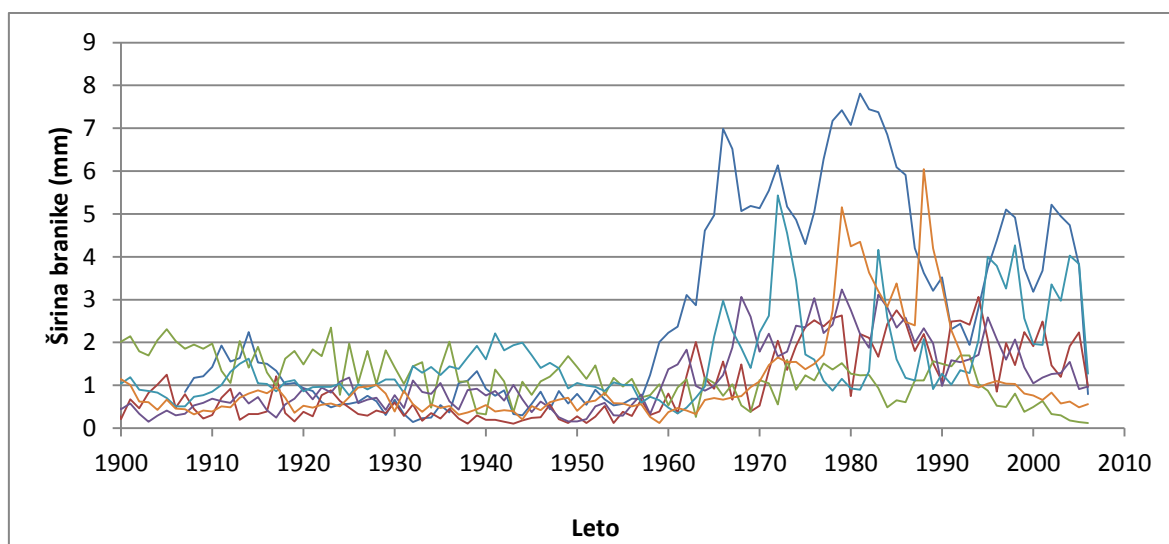


Slika 18: Število odzivov na vetrolomu Osoje

Iz slike 18 je razvidno, da se je skozi preteklost vedno pojavljalo manjše število odzivov. V obdobju med letoma 1950 in 1959 je število odzivov naraslo na 14, medtem ko se je prej gibalo od 1 do 5. Odzivi po tem obdobju so bili v vsakem desetletju, vendar nikoli v tako velikem številu.

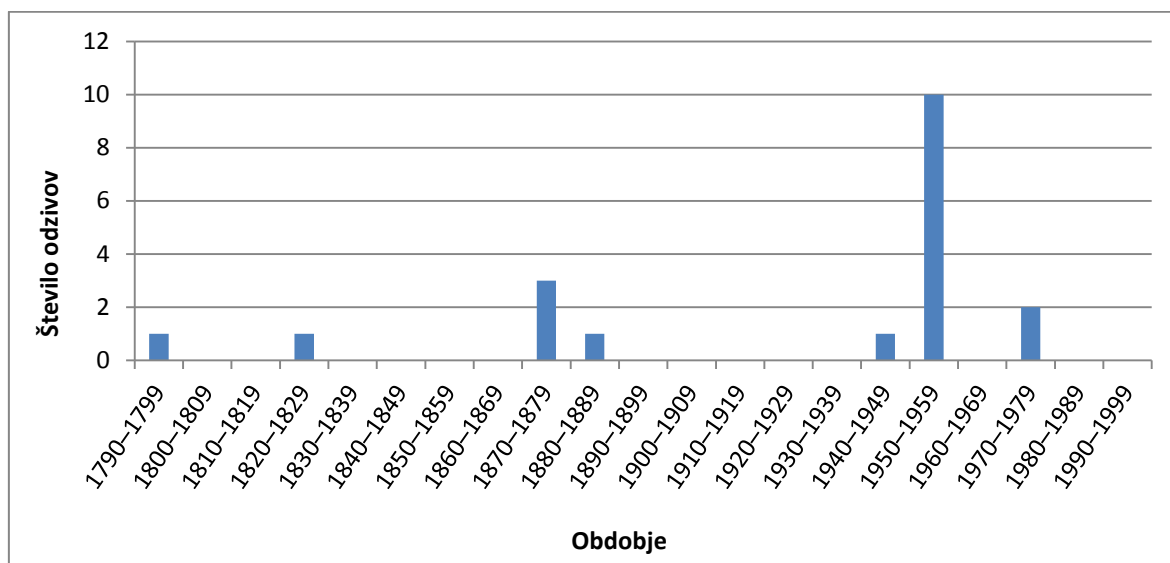
5.5.2 Vetrolom Tunjemir

Drevesa na vetrolomu Tunjemir kažejo hitro povečanje širin branik v obdobju 1950–1960. Nekatera drevesa povečano debelinsko rast zadržijo dlje časa in jo le postopoma zmanjšujejo. Širina branik se je po vetrolomu nekaterim drevesom povečala za štiriinpetdesetkrat (slika 19).



Slika 19: Odzivi debelinskega priraščanja 6 najstarejših dreves na vetrolomu Tunjemir

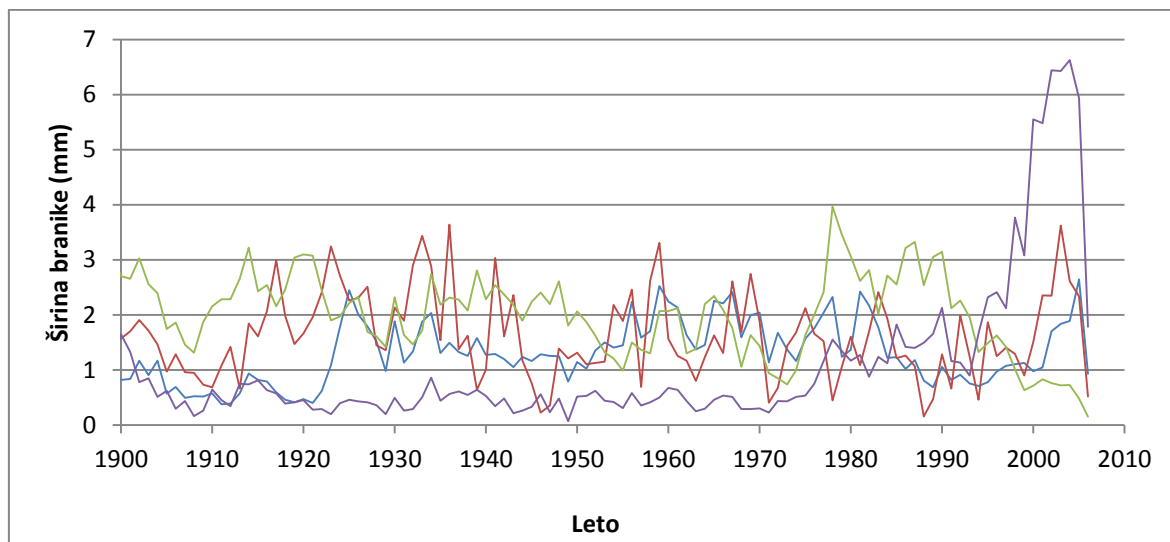
Do obdobja 1950–1959 je malo odzivov, večinoma po en odziv na desetletje, izjema je obdobje med letoma 1870 in 1879, kjer je število odzivov tri. Nato pa v obdobju 1950–1959 število odzivov poskoči na deset (slika 20).



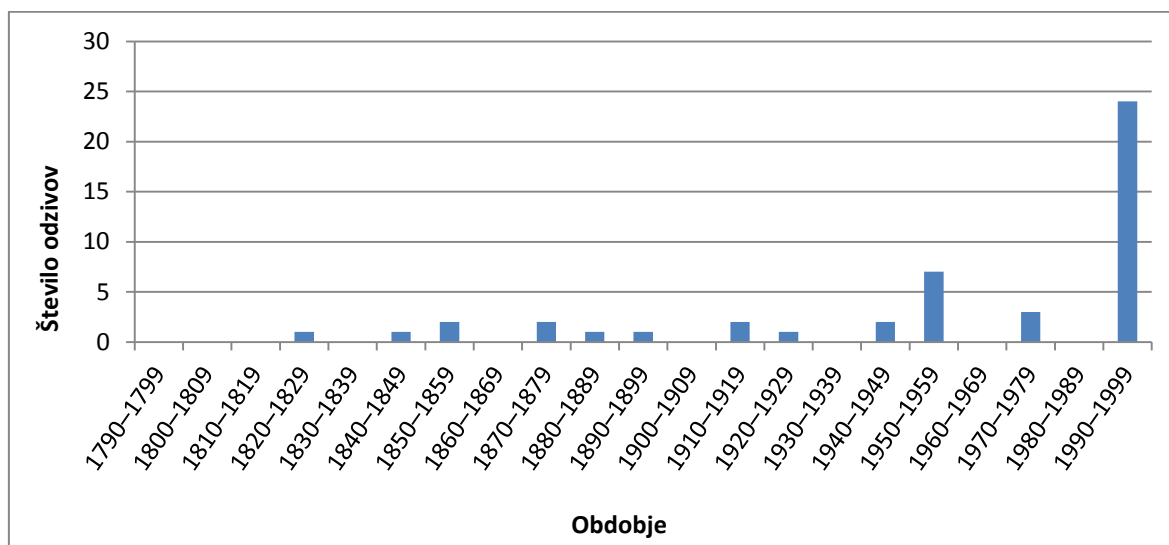
Slika 20: Število odzivov na vetrolomu Tunjenir

5.5.3 Vetrolom Skakavac

Vetrolom Skakavac je najmanjši po obsegu. Na njem smo postavili samo 2 raziskovalni ploskvi, zato smo naredili kronologije samo štirih najstarejših dreves, in ne šestih kot pri prejšnjih vetrolomih. Eno drevo pokaže značilen odziv debelinskega priraščanja, ker se mu širina branike poveča celo za stokrat. Ostala drevesa kažejo manjše povečanje širine branik, eno drevo pa celo zmanjšanje širine branik (slika 21).



Slika 21: Odzivi debelinskega priraščanja 4 najstarejših dreves na vetrolomu Skakavac



Slika 22: Število odzivov na vetrolomu Skakavac

Število odzivov na vetrolomu Skakavac je v obdobju 1990–1999 zelo veliko v primerjavi z odzivi iz preteklih obdobj, kjer je bilo število odzivov od ena do izjemoma sedem. Število odzivov v obdobju med letoma 1990 in 1999 je štiriindvajset (slika 22).

Primerjava med vetrolomi nam pokaže, da sta se vetroloma Osoje in Tunjemir zgodila v istem obdobju, kar razkriva tako nenadno povečanje širine branik kot veliko število odzivov. V obeh vetrolomih so se te spremembe zgodile v obdobju med letoma 1950 in 1960. Število odzivov v tem obdobju je bilo v vetrolomu Osoje večje kot v vetrolomu Tunjemir, in sicer za štiri. Vetrolom Skakavac ima največje število odzivov (25) v primerjavi z vetrolomom Osoje (14) in vetrolomom Tunjemir (10). To so odzivi, ki so označili obdobja, v katerih je prišlo do motnje. Širine branik so se najbolj povečale na vetrolomu Osoje in najmanj na vetrolomu Skakavac.

5.6 PESTROST DREVESNIH VRST

5.6.1 Vetrolom Osoje

Shannonov indeks za mladje in goščo na vetrolomni površini kaže na isto število vrst, a gostota jelke je večja kot gostota bukve. Na kontrolni ploskvi je Shannonov indeks manjši, kar je posledica večjega obilja bukve na račun jelke. Simpsonov indeks je za mladje in goščo na vetrolomu manjši kot na kontrolni ploskvi. Shannonov indeks za drevesa je na vetrolomu manjši v primerjavi s Shannonovim indeksom za drevesa na kontrolni ploskvi, kar pomeni, da je večja pestrost med drevesnimi vrstami na kontrolnem sestoj kot na vetrolomni površini. Simpsonov indeks kaže majhne vrednosti na kontrolni ploskvi in večje na vetrolomu. Mladje, gošča in drevesa skupaj imajo večji Shannonov indeks na

vetrolomu in manjšega v kontrolnem sestoju. To pomeni, da je pestrost mladja, gošče in dreves večja na vetrolomni površini kot v kontrolnem sestoju, kljub temu da je število vrst na vetrolomu manjše. Razvrstitev števila osebkov drevesnih vrst je na vetrolomu enakomernejša kot v kontrolnem sestoju, kar ima za posledico večjo vrednost Shannonovega indeksa. Vrednosti Simpsonovega indeksa to potrjujejo.

Preglednica 5: Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti za mladovje (mladje in gošča) in drevesa na vetrolomu Osoje in kontrolnem sestoju

	Shannonov indeks		Simpsonov indeks	
	Vetrolom	Kontrolni sestoj	Vetrolom	Kontrolni sestoj
Mladovje	0,52	0,45	0,71	0,72
Drevesa	0,52	0,84	0,70	0,49
Skupaj	0,91	0,70	0,44	0,58

V mladju na vetrolomni površini je delež jelke 87,8 %, delež smreke pa 12,2 %. Ostale drevesne vrste niso zastopane v mladju, medtem ko je v gošči delež bukve 6,8 %, jelka je zastopana z 93,2 %. Na ploskvah v kontrolnem sestoju je edina drevesna vrsta v mladju jelka, v gošči so deleži naslednji: 31,4 % bukev in 68,6 % jelka.

Pestrost drevesnih vrst med drevesi je sledeča: bukev na vetrolomni površini zastopa približno trikrat večji delež dreves kot na kontrolnem sestoju, to pomeni, da znaša delež bukve 82,4 % na vetrolomu in 33,6 % v kontrolnem sestoju. Jelke je na vetrolomu 16 % in gorskega javorja 1,6 %. Na kontrolnih ploskvah je delež jelke 61,8 %, delež smreke 0,6 %, delež gorskega javorja je 3,4 % in delež gorskega bresta 0,6 %.

5.6.2 Vetrolom Tunjemir

Shannonov indeks za mladje in goščo na vetrolomni površini kaže večje vrednosti kot v kontrolnem sestoju. To nakazuje na večjo pestrost na vetrolomu, čeprav sta prisotni samo dve vrsti v primerjavi s kontrolnim sestojem, kjer so tri vrste. Dejavnik, ki je odločil v prid večji pestrosti na vetrolomu, je enakomernejša razporeditev števila osebkov obeh vrst. Simpsonov indeks za mladje in goščo v kontrolnem sestoju kaže na veliko verjetnost, da bosta dva naključno izbrana osebkoma iste vrste, kar je posledica tega, da je v gošči samo bukev in obilje bukve v mladju. Večja vrednost Shannonovega indeksa pri drevesih na vetrolomni ploskvi je posledica večjega števila vrst, ki imajo tudi deleže bolj enakomerne kot v kontrolnem sestoju. Mladje, gošča in drevesa skupaj imajo vrednost Shannonovega

indeksa manjšo kot v kontrolnem sestoju, kar pomeni večje število vrst in bolj uravnoteženo razporeditev števila osebkov.

Preglednica 6: Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti za mladovje (mladje in gošča) in drevesa na vetrolomu Tunjemir in kontrolnem sestoju

	Shanonov indeks		Simpsonov indeks	
	Vetrolom	Kontrolni sestoj	Vetrolom	Kontrolni sestoj
Mladovje	0,65	0,29	0,54	0,97
Drevesa	0,81	0,44	0,59	0,76
Skupaj	0,89	0,31	0,54	0,86

Na ploskvah vetroloma Tunjemir se v mladju pojavlja samo jelka. V gošči je slika zelo drugačna, pojavlja se bukev, in sicer z deležem 81,5 %, in jelka z manjšim deležem, ki znaša 18,5 %. Kontrolne ploskve so izrazito drugačne. Tu je v mladju bukev zastopana s 94,8 %, gorski javor in veliki jesen pa vsak z enakim deležem 2,6 %. Gošča razkrije naslednjo zanimivost: edina drevesna vrsta, ki je prisotna v gošči, je bukev.

Na vetrolomni površini ima največji delež med drevesi bukev, ki je 74,5 %, sledijo gorski javor s 16,4 %, jelka s 4,7%, veliki jesen s 3,9 % in nazadnje gorski brest z 0,5 %. Manjša pestrost drevesnih vrst je v kontrolnem sestoju. Tu je delež bukve kar 86,1 %, jelka je zastopana z 12,9 % in gorski javor z 1 %.

5.6.3 Vetrolom Skakavac

Majhna pestrost se v mladju in gošči pokaže v majhni vrednosti Shannonovega indeksa. Tu je obilje bukve v primerjavi z ostalimi vrstami, ki so bolj skromno zastopane. Podobna slika je v kontrolnem sestoju. Pestrost se poveča med drevesi, tako na vetrolomu kot v kontrolnem sestoju, kar nam pokažejo vrednosti Shannonovega in Simpsonovega indeksa. Shannonov indeks se spet zmanjša, če pogledamo pestrost za mladje, goščo in drevesa skupaj na vetrolomu, in sicer na račun obilja bukve v mladju in gošči. Podobno prevlado bukve najdemo v kontrolnem sestoju, zato Simpsonov indeks kaže večjo verjetnost, da bosta dva naključno izbrana osebka iste vrste.

Preglednica 7: Shannonov in Simpsonov indeks pestrosti za mladovje (mladje in gošča) in drevesa na vetrolomu Skakavac in kontrolnem sestoju

	Shannonov indeks		Simpsonov indeks	
	Vetrolom	Kontrolni sestoj	Vetrolom	Kontrolni sestoj
Mladovje	0,20	0,22	0,91	0,91
Drevesa	0,64	0,69	0,55	0,50
Skupaj	0,25	0,36	0,89	0,83

V mladju največji delež zastopa bukev s 95 %, nato gorski javor s 4,3 % in veliki jesen z 0,1 %. Gošča je na tem vetrolomu sestavljena iz 94,9 % bukve in 5,1 % gorskega javorja.

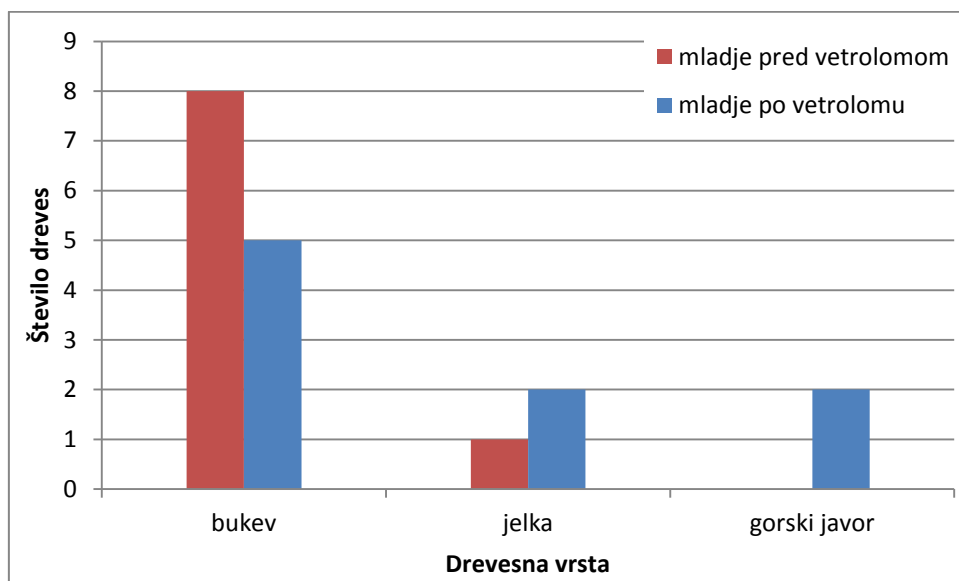
Glede na pestrost med drevesi je bukev zastopana s 66 % in jelka s 34 %. Na kontrolnih ploskvah so deleži drevesnih vrst naslednji: bukev 46,1 %, jelka 53,9 %.

5.7 POJAVLJANJE MLADJA V VETROLOMNIH VRZELIH

Za časovni prikaz prisotnosti mladja po drevesnih vrstah glede na nastanek vetroloma smo upoštevali popravljene starosti dreves. Drevesa, ki so prišla v poštev v raziskavi, so morala do leta 1950 prirasti manj kot 2,5 cm. Drevesa, ki so imela večji prirastek, smo izločili, ker smo sklepali, da niso več v mladju. Podatke smo pridobivali v letu 2006, zato smo šteli starosti dreves od tega leta nazaj. Tako smo pregledali drevesa, ki so starejša od 56 let, in drevesa, mlajša od 46 let. Na tak način smo izločili obdobje, v katerem sta nastala vetroloma Osoje in Tunjemir, ter dobili natančno sliko mladja pred in po vetrolomu. Na vetrolomu Skakavac smo vse izvrtke, ki smo jih pridobili na ploskvah, upoštevali kot drevesa, ki so bila prisotna že pred vetrolomom. Pregledali smo izvrtke dreves, ki so bila starejša od 16 let. Izmed teh smo izločili drevesa, ki so do leta 1990 imela debelinski prirastek večji kot 2,5 cm. Sklepali smo, da takšna drevesa niso več v mladju. Za primerjavo vrstne sestave mladja po vetrolomu smo podatke črpali iz popisa mladja in gošče za vetrolomni ploskvi.

5.7.1 Vetrolom Osoje

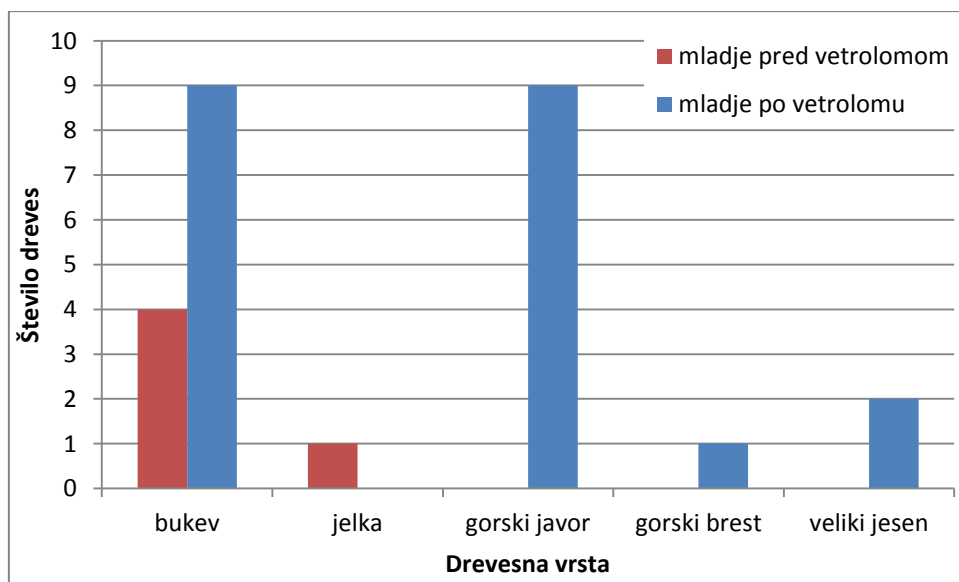
Iz slike 23 je razvidno, da je bukev dominirala v mladju pred vetrolomom, poleg nje je bila prisotna še jelka. Opazimo, da se je po vetrolomu začela močneje uveljavljati jelka. Močan je tudi pojav bukve. Pred vetrolomom ni bilo opaziti gorskega javorja, pojavil se je po motnji.



Slika 23: Prikaz mladja na vetrolomni površini Osoje

5.7.2 Vetrolom Tunjemir

Pred vetrolomom je v mladju opaziti samo bukev in manjši delež jelke. Po vetrolomu se bukev močno uveljavi, jelke ni opaziti. Po motnji se pojavijo tri svetlojubne vrste, najbolj dominira gorski javor, ki doseže enak delež kot bukev po vetrolomu (slika 24).



Slika 24: Prikaz mladja na vetrolomni površini Tunjemir

5.7.3 Vetrolom Skakavac

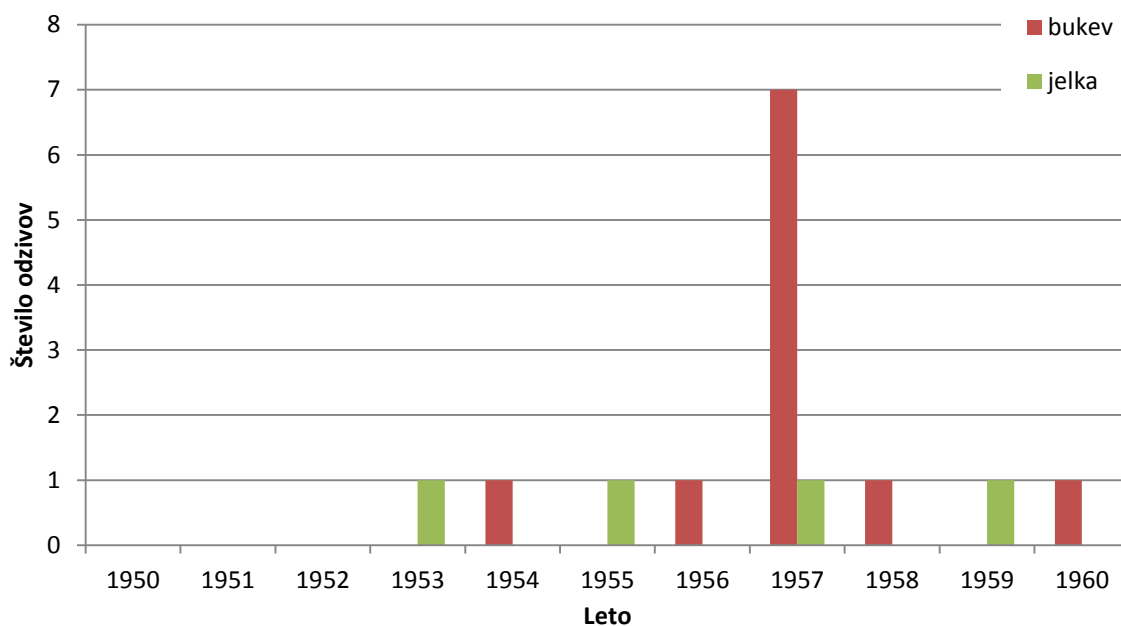
Na vetrolomni površini Skakavca je pred vetrolomom v mladju izrazito prevladovala bukev z deležem 92,3 %. Od ostalih drevesnih vrst je bila v mladju prisotna le jelka, katere delež je znašal 7,7 %. Po vetrolomu so se pojavile tudi svetloljubne drevesne vrste, čeprav je njihov delež majhen. Najbolj se je po motnji uveljavila bukev z deležem 95,2 %, jelka se ne pojavi, gorski javor se pojavi z deležem 4,7 %, z zelo majhnim deležem 0,1 % pa se pojavi veliki jesen.

Primerjave med vetrolomi pokažejo, da je največ mladja svetlojubnih listavcev vzniknilo na vetrolomu Tunjemir. Najmanj mladja svetlojubnih drevesnih vrst se je pojavilo po motnji na vetrolomni površini Skakavca. Vsi trije vetrolomi pa nakazujejo pojavljanje mladja svetlojubnih drevesnih vrst po vetrolomu, čeprav v različnih deležih. Pred vetrolomom ni zaznati svetlojubnih vrst na nobeni izmed vetrolomnih površin.

5.8 DEBLINSKO PRIRAŠČANJE

5.8.1 Vetrolom Osoje

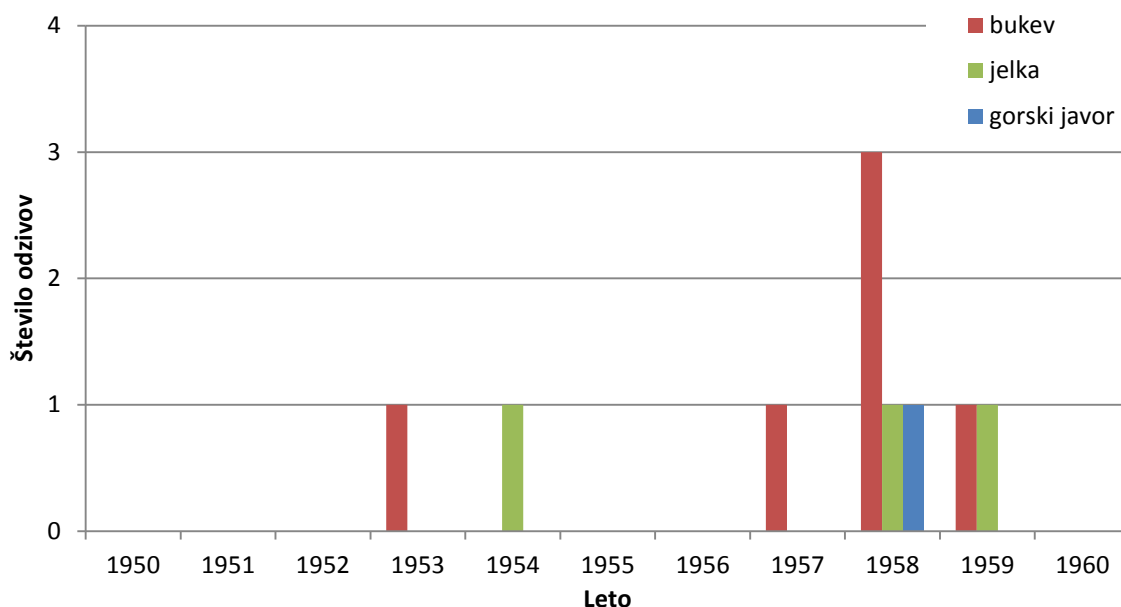
Pregledali smo odzive dreves za obdobje med letoma 1950 in 1960. Dvajset dreves je bilo takšnih, ki smo jim vzeli izvrtke in so bila hkrati starejša od 56 let. To pomeni, da so bila dovolj stara, da bi lahko pokazala odziv debelinskega priraščanja v tem obdobju. Od tega je bilo 18 dreves bukve in 8 dreves jelke. Število dreves, ki je dejansko pokazalo odziv, je 15. Med temi drevesi je 11 bukve in 4 jelke. Iz tega je razvidno, da je na motnjo odreagiralo 75 % dreves. Iz podatkov razberemo, da je od 18 bukve reagiralo 11 dreves in od 8 jelk so odziv pokazala 4 drevesa. Kot je razvidno iz slike 25, je najmočnejši odziv debelinskega priraščanja pri bukvi.



Slika 25: Prikaz odzivov debelinskega priraščanja na vetrolomu Osoje

5.8.2 Vetrolom Tunjemir

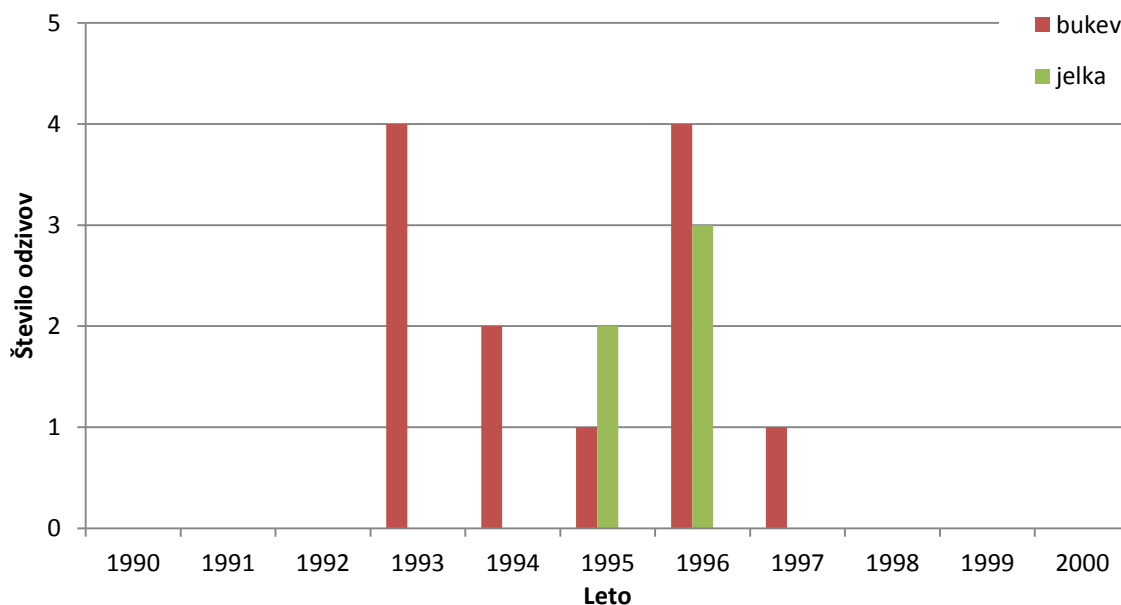
Na vetrolomu Tunjemir smo preučili drevesa, ki so se odzvala med letoma 1950 in 1960. Izmed vseh dreves, ki smo jim vzeli izvrtke, jih je bilo 14 starejših od 56 let, kar nam je zagotovilo zadostno starost teh dreves, da so lahko prikazala odziv za obdobje, ki nas je zanimalo. Ta drevesa so imela naslednji sestav: 8 dreves bukve, 5 dreves jelke in 1 drevo gorskega javorja. 10 dreves izmed teh 14 je pokazalo odziv debelinskega priraščanja. Pri bukvi je odreagiralo 6 dreves od 8, pri jelki 3 drevesa od 5 in tudi gorski javor je pokazal odziv. Močan odziv bukve v primerjavi z jelko je razviden iz slike 26.



Slika 26: Prikaz odzivov debelinskega priraščanja na vetrolomu Tunjemir

5.8.3 Vetrolom Skakavac

Drevesa, ki smo jim preučili odzive med letoma 1990 in 2000, so štela 26 primerkov. To so bila drevesa, ki so bila starejša kot 16 let in so lahko prikazala odziv debelinskega priraščanja v tem obdobju. Od tega je bilo 14 dreves bukke in 12 dreves jelke. Odziv debelinskega priraščanja smo razbrali pri 17 drevesih, in sicer pri 12 drevesih bukke in 5 drevesih jelke. V tem obdobju je bukev izrazito bolj odreagirala kot jelka (slika 27).



Slika 27: Prikaz odzivov debelinskega priraščanja na vetrolomu Skakavac

Primerjava med vsemi vetrolomnimi površinami razkrije močnejši odziv bukve v primerjavi z jelko. Na vetrolomu Tunjemir je 1 osebek gorskega javorja. Iz posameznega drevesa ne moremo sklepati na odziv debelinskega priraščanja, torej za gorski javor nimamo podatkov, ki bi pokazali odziv debelinskega priraščanja gorskega javorja po vetrolomu.

5.8.4 Primerjava debelinskih prirastkov dreves, ki so vzknila po vetrolomu

Preglednica 8: Prikaz povprečnih debelinskih prirastkov na leto po drevesnih vrstah na vetrolomu Osoje in vetrolomu Tunjemir.

drevesna vrsta	število dreves	povprečni debelinski prirastek
		(mm/leto)
bukev	9	2,74
gorski javor	4	2,98
gorski brest	1	4,95
skupaj	14	2,98

Obdelali smo podatke, ki smo jih pridobili na vetrolomih Osoje in Tunjemir. Na vetrolomu Skakavac ni bilo dovolj podatkov, da bi lahko preverili debelinsko priraščanje dreves, ki so vzknila po vetrolomu.

Primerjali smo povprečne debelinske prirastke različnih drevesnih vrst. Preučili smo izvrtke dreves, ki so vzknila med letoma 1955 in 1965. Sklepali smo, da so to drevesa, ki so vzknila po vetrolomu. Preverili smo njihovo debelinsko priraščanje med letoma 1965 in 1970.

Med drevesi, ki so vzknila v omenjenem obdobju, so bile naslednje drevesne vrste: bukev, gorski javor in gorski brest. Gorski brest je imel samo en osebek, zato ne moremo sklepati, kakšen bi bil povprečni debelinski prirastek. Bukev ima povprečni debelinski prirastek malo manjši kot gorski javor.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 ZGRADBA SESTOJEV

6.1.1 Vetrolom Osoje

Gostota mladja in gošče na vetrolomu Osoje je večja v kontrolnem sestoku kot na vetrolomni površini. Vzrok temu je nižja gostota dreves v kontrolnem sestoku, kar pomeni večjo osvetljenost gozdnih tal, in tako je gostota gošče večja v kontrolnem sestoku kot na vetrolomni površini. Na vetrolomni površini so drevesa v nižjih debelinskih stopnjah, v velikem številu, kar pomeni večjo zastrtost ter posledično manj mladja in gošče.

V nižjih debelinskih razredih je izrazita prevlada bukve nad ostalimi drevesnimi vrstami. Bukvi sledi jelka, z deležem, ki je enkrat manjši od bukve. V kontrolnem sestoku jelka prevladuje v nižjih debelinskih razredih, v višjih je več bukve. Torej sta vrsti skoraj izenačeni v kontrolnem sestoku. Razlog, zakaj kljub obilnemu mladju jelke bukev prevladuje tako na vetrolomni površini kot v kontrolnem sestoku, je treba iskati v hitrejšem odzivu že prisotnega mladovja bukve, ki preraste prisotno mladje jelke.

Hiter odziv bukve je verjetno tudi razlog, da na vetrolomni površini nismo našli nobene svetloлюбne drevesne vrste v mladju in gošči. Nekaj dreves svetloлюбnih listavcev smo našli v kontrolnem sestoku, največ gorskega javorja. To se odraža na vetrolomni površini, ker smo med drevesi našli od svetloлюбnih listavcev samo gorski javor. Smreka se pojavi le na tem vetrolomu, tako na vetrolomni površini kot v kontrolnem sestoku. Vzrok za to je, da so tla večinoma kislja in vmes se na majhni površini pojavi apenec. Te majhne zaplate so mikrorastišča, na katerih smreka uspeva.

6.1.2 Vetrolom Tunjemir

Na vetrolomni površini je vetrolom bolj preredit starejša drevesa in ustvaril manjšo zastrtost. To je razvidno iz izrazito večje gostote mladja in gošče na vetrolomni površini, v primerjavi z gostoto mladja in gošče v kontrolnem sestoku.

Na vetrolomni površini se je po vetrolomu pojavilo večje število svetloлюбnih listavcev, izmed katerih dominira gorski javor, sledi mu veliki jesen in nazadnje gorski brest. Pri tako močnem posegu vetroloma v višje debelinske razrede se je dotok svetlobe zelo povečal, kar je spodbudilo pojav svetloлюбnih listavcev. Temu pojavu je sledila bukev in šele nato jelka, kar kaže na veliko sencoždržnost jelke. To se potrjuje tudi v dejstvu, da je v mladju na vetrolomni površini edina drevesna vrsta jelka.

Kombinacija več dejavnikov je prispevala k temu, da je delež svetloljubnih listavcev tako visok v primerjavi z ostalima vetrolomoma. Eden izmed takih dejavnikov je gotovo večja osvetljenost, zaradi velikega števila odlomljenih in izruvanih dreves v višjih debelinskih razredih. Drugi razlog je treba iskati v rastišču, ki se na tej vetrolomni površini bolj približa *Abieti-Fagetum alliosum ursini*. To sklepamo po majhnem deležu jelke, tako na vetrolomni površini kot v kontrolnem sestoju. Na tem rastišču bukev in svetloljubni listavci prevladujejo pred jelko. Tretji razlog so odrasla drevesa gorskega javorja, ki smo jih našli v kontrolnem sestoju in zanje sklepamo, da so imela vlogo semenskih dreves.

6.1.3 Vetrolom Skakavac

Vetrolom Skakvac je najmlajši vetrolom in temu primerna je tudi njegova struktura. Obilno mladje in gošča sta posledica vetroloma, saj se zaradi mladosti vetroloma še niso razvila drevesa. Iz kontrolnega sestoja vidimo, da je bila obilica mladja prisotna že pred vetrolomom. To mladje je odreagiralo zaradi povečanega dotoka svetlobe.

Svetloljubni listavci se pojavijo v mladju in gošči, vendar ne dosežejo velikega deleža. Razlog za to je lahko, da med drevesi nismo našli svetloljubnih listavcev ne na vetrolomni površini niti v kontrolnem sestoju. Mladovje, ki je bilo prisotno že pred vetrolomom, je lahko zaradi velike gostote negativno vplivalo na pojavljanje svetloljubnih listavcev. Lahko pa je vzrok tega tudi velikost vetroloma. Ta vetrolom je namreč najmanjši po obsegu med vsemi tremi vetrolomi in vpliv robnih dreves seže daleč v notranjost vetrolomne površine.

Prevlada bukve v mladju, gošči in v 2. debelinski stopnji kaže na njeno dominanco tudi v prihodnosti. Jelke v mladju na vetrolomu ni, v kontrolnem sestoju je njen delež nizek. Na podlagi opažanj v prejšnjih vetrolomih sklepamo, da se lahko jelka pojavi pod goščo bukve. Verjetno se zaradi majhne starosti vetroloma to še ni zgodilo.

6.1.4 Skupne karakteristike in razlike

Vetroloma Osoje in Tunjemir sta približno enako stara. Pri obeh je razvidna počasnejša reakcija jelke na povečan dotok svetlobe v primerjavi z bukvijo in ostalimi drevesnimi vrstami. Mladje jelke ne more konkurirati mladju bukve, ko pride do večje osvetljenosti.

Vetroloma Osoje in Tunjemir imata različne rastiščne razmere, vendar je njuno priraščanje kljub temu relativno podobno.

V drevesni sestavi je zaznati razlike med vetrolomoma. Te so pojasnjene, če preučimo debelinsko strukturo. Opazimo, da je delež dreves v višjih debelinskih razredih bistveno večji na vetrolomu Osoje kot pa na vetrolomu Tunjemir. Razlika v deležu debelejših

dreves je posledica močnejšega posega vetroloma v višje debelinske razrede na vetrolomu Tunjemir. Na vetrolomu Osoje je ostalo skoraj trikrat več najdebelejših dreves kot pa na vetrolomu Tunjemir. Zaradi tega lahko sklepamo na večji dotok svetlobe v vetrolomu Tunjemir kot na vetrolomu Osoje. S tem lahko pojasnimo razliko v vrstni sestavi – na vetrolomu Tunjemir je namreč znatno večji delež svetloljubnih listavcev kot na vetrolomu Osoje.

Iz primerjave vseh treh vetrolomov lahko glede razvoja gozdov po vetrolomih sklepamo na naslednje:

- Pri dovolj veliki vrzeli in majhni gostoti že prisotnega mladja ter gošče imajo svetloljubni listavci veliko možnosti za uspeh. Pod svetloljubnimi listavci se navadno pojavi bukev in šele pod njo prihaja do pojava jelke.
- Pri manjši vrzeli pobudo prevzame bukev, ki ji sledi jelka.
- Prisotnost jelke pred vetrolomom ne vpliva na razvoj gozdov, medtem ko prisotnost bukve pred vetrolomom pomeni velik vpliv na drevesno sestavo v prihodnosti.

6.2 ZGODOVINA MOTENJ

Na motnje v preteklosti lahko sklepamo tako iz ostankov odmrlih dreves na vetrolomnih površinah kot iz debelinskega priraščanja najstarejših dreves na vetrolomih.

Odzivi debelinskega priraščanja za vetrolom Osoje in vetrolom Tunjemir kažejo na večjo motnjo v obdobju med letoma 1950 in 1960. Po tem dogodku se debelinska rast hitro poveča in na takšnem nivoju tudi ostane, kar kaže na povečan dotok svetlobe zaradi odstranitve najdebelejših dreves. To ugotovitev potrjuje število odzivov za vetroloma Osoje in Tunjemir. Pred to večjo motnjo, ki je drastično spremenila razmere na obeh vetrolomnih površinah, zasledimo nekaj manjših odzivov, prav tako je nekaj odzivov opaziti po tej motnji.

Na vetrolomu Skakavac so širine branik že pred motnjo večje kot širine branik v prejšnjih dveh vetrolomih. To nakazuje večjo presvetljenost sestoja že pred izrazito motnjo, ki se je na tem vetrolomu zgodila med letoma 1990 in 2000. Na večjo presvetljenost sestoja pred motnjo lahko sklepamo tudi iz obilice mladja na kontrolnem sestoju. Pred izrazitim povečanjem števila odzivov v obdobju, ko je nastala večja motnja, smo zaznali manjše število odzivov.

Podatki za odmrla drevesa na vetrolomni površini Osoje nam razkrijejo, da se jelka nahaja v treh različnih stopnjah razgradnje. Iz tega lahko sklepamo na več motenj oziroma postopno širjenje vrzeli, ki je nastala z večjo motnjo. O tem so pisali že Nagel in sod.

(2014). Po majhnem številu odmrlih dreves jelke v nižjih stopnjah razgradnje lahko sklepamo na majhno širjenje vrzeli. Vetrolom Tunjemir kaže podobno dinamiko širjenja kot vetrolom Osoje. Na tem vetrolomu je število odmrlih dreves jelke večje kot na vetrolomu Osoje in tudi tukaj so odmrli drevesa v vseh treh stopnjah razgradnje. To nas vodi do sklepa, da se je tu vrzel postopoma širila, kar je posledica manjših postopnih motenj. Vetrolom Skakavac je bil že pred večjo motnjo precej preredit, kar nakazuje veliko število odmrlih dreves v 3. in 4. stopnji razgradnje. Drevesa, ki so odmrli zaradi vetroloma, so namreč v 2. stopnji razgradnje in jih je največ. Dejstvo, da je bil sestoje preredit že pred vetrolomom, opozarja na večjo občutljivost sestoja za večje motnje. To dejstvo potrjuje tudi študija, ki sta jo izvedla Everham in Brokaw (1996).

Iz navedenih ugotovitev lahko sklepamo, da so se na vetrolomu Osoje in Tunjemir večje motnje zgodile v obdobju med letoma 1950 in 1960. Ne moremo z gotovostjo trditi, da je šlo samo za eno motnjo, saj lahko večji motnji sledijo še druge, kar je razvidno iz podatkov o odmrlih drevesih. Motnje, ki so sledile, so imele občutno manjši obseg.

Hipotezo, da je vsak vetrolom posledica ene ujme, smo potrdili v smislu, da je vsak vetrolom posledica ene večje motnje, ki je oblikovala vrzel. Zaznali pa smo skromna širjenja vrzeli z manjšimi motnjami.

6.3 PESTROST DREVESNIH VRST

Iz vrednosti Shannonovega in Simpsonovega indeksa diverzitete ter ugotovljenih deležev drevesnih vrst lahko sklepamo na pestrost drevesnih vrst v vetrolomnih vrzelih in v kontrolnem sestoju.

Pestrost drevesnih vrst na vetrolomih Osoje in Tunjemir je večja kot v kontrolnem sestoju. Podatki o pestrosti med drevesi na vetrolomu Osoje kažejo večje vrednosti za kontrolni sestoje kot za vetrolom. Razlog za to je obilje bukve med drevesi in skromna zastopanost jelke ter gorskega javorja na vetrolomni površini, medtem ko se v kontrolnem sestoju pojavijo svetloljubni listavci z zelo skromnimi deleži. Tisto, kar odloči v prid večji pestrosti, je razmerje med jelko in bukvijo, ki je 2 : 1, medtem ko je na vetrolomni površini razmerje 1 : 5. Zelo hiter odziv bukve na spremenjene razmere na vetrolomu Osoje pokaže, zakaj je pestrost drevesnih vrst med drevesi v kontrolnem sestoju večja kot na vetrolomni površini. Vetrolom Tunjemir je motnja močno preredita, zato sklepamo, da je večji dotok svetlobe prispeval k večji pestrosti drevesnih vrst, tako v mladovju kot med drevesi. Zato je bukev na vetrolomni površini močno odreagirala in povečala svoj delež. Pod goščo bukve se je uveljavilo mladje jelke. Med drevesi na vetrolomni površini so drevesa, ki so vzknila po vetrolomu, in med njimi najdemo svetloljubne vrste. V kontrolnem sestoju

prevladuje bukev, deleži ostalih drevesnih vrst so skromni, zato je tudi pestrost drevesnih vrst manjša kot na vetrolomni površini.

Vetrolom Skakavac je izjema glede pestrosti drevesnih vrst. Tu je namreč pestrost manjša na vetrolomni površini kot v kontrolnem sestoju. Na območju vetroloma Skakavac so bili sestoji že pred vetrolomom preredčeni, na kar nakazuje obilno pomlajevanje bukve v kontrolnem sestoju. Najdemo tudi majhne deleže svetloljubnih listavcev. Mladovje na vetrolomni površini je bilo navzoče že pred motnjo in je odreagiralo. Ugotovili smo že, da se bukev hitro odzove na povečan dotok svetlobe, tako je tudi tu prevzela glavno vlogo in povečala svoj delež v mladju in gošči, kar je privedlo do manjše pestrosti v mladovju v primerjavi s kontrolnim sestojem. Prav tako je manjša pestrost med drevesi na vetrolomni površini kot v kontrolnem sestoju. Do tega sklepa pridemo, ko primerjamo deleže bukve in jelke na vetrolomni površini in v kontrolnem sestoju. Opazimo, da so deleži v kontrolnem sestoju enakomernejši, kar pomeni bolj izenačeno razporeditev osebkov obeh vrst. Sklepamo, da je na vetrolomni površini večji delež bukve, ker so najdebelejša drevesa bolj podvržena vetrolomu. O tem so pisali Nagel in sod. (2006). Iz debelinske strukture za kontrolni sestoj na vetrolomu Skakavac (slika 13) sklepamo, da so jelke v višjih debelinskih razredih prevladovale, zato so bila drevesa jelk bolj prizadeta. Posledično se je delež bukve povečal in pestrost med drevesi na vetrolomni površini se je znižala.

Študije nekaterih raziskovalcev potrjujejo naše ugotovitve, in sicer, da večja, kot je prevlada sencozažnih drevesnih vrst, manjša je pestrost drevesnih vrst (Eshaghi Rad in sod., 2009).

Hipoteza, da je pestrost drevesnih vrst v vetrolomnih vrzelih večja od pestrosti drevesnih vrst na kontrolnih ploskvah drži v primeru vetrolomov Osoje in Tunjemir. Hipoteza pa ne drži v primeru vetroloma Skakavac.

6.4 POJAVLJANJE MLADJA V VETROLOMNIH VRZELIH

Mladje v vetrolomnih vrzelih vseh treh vetrolomov je bilo prisotno že pred motnjo. Zanimalo nas je, ali je bilo mladje sencozažnih vrst prisotno že pred vetrolomom in ali se je mladje svetloljubnih drevesnih vrst uveljavilo po vetrolomu.

Na vetrolomni površini Osoje je bilo mladje bukve in mladje jelke prisotno že pred vetrolomom. Prav tako je bilo mladje sencozažnih vrst, bukve in jelke, prisotno na vetrolomni površini Tunjemir pred vetrolomom. Prisotnost mladja sencozažnih vrst je v sestojih pred motnjo pričakovana, saj v razmerah skromne osvetljenosti svetloljubni listavci nimajo možnosti. Na vetrolomni površini Osoje se je po vetrolomu v največjem deležu pojavilo mladje bukve, sledilo je mladje jelke in gorskega javorja. Čeprav vetrolom

Osoje ni bil tako močno preredčen kot vetrolom Tunjemir, je bil dotok svetlobe zadosten, da se je po vetrolomu pojavil majhen delež gorskega javorja. Na vetrolomni površini Tunjemir se po vetrolomu pojavi mladje bukve in treh svetloljubnih listavcev, in sicer gorskega javorja, gorskega brešta in velikega jesena. Velik dotok svetlobe na tej vetrolomni površini je vzrok pojavu svetloljubnih listavcev, med katerimi izstopa gorski javor, saj se je pojavil v enakem deležu kot mladje bukve po motnji.

Na vetrolomni površini Skakavca je pred vetrolomom dominirala bukev, z zelo skromnim deležem ji je sledila jelka. Sestoji na območju Skakavca so bili presvetljeni že pred vetrolomom, vendar ne dovolj, da bi se pojavili svetloljubni listavci. Sklepamo, da je bilo svetlobe ravno dovolj, da se je uveljavilo mladje sencozažnih vrst in po motnji burno reagiralo na povečano osvetljenost. Več svetlobe v sestoji je povzročilo tudi pojav svetloljubnih listavcev, čeprav s skromnim deležem. Pojavila sta se gorski javor in veliki jesen. Do podobne ugotovitve so prišli Nagel in sod. (2006), pišejo namreč, da je kljub velikim vrzelim na vetrolomnih površinah majhen delež svetloljubnih vrst v mladju.

O tem, da je mladje sencozažnih vrst v pragozdovih jelke in bukve prisotno že pred motnjo, ki spremeni svetlobne razmere, je pisal Tajnikar (2007). Ugotovil je tudi pojavljanje svetloljubnih listavcev po vetrolomu, kar je v skladu z našimi izsledki. Tudi Webb (1989) piše o povečanem deležu svetloljubnih drevesnih vrst po vetrolomih. Marinšek in Diaci (2004) za velikopovršinski vetrolom v pragozdnem ostanku Ravna gora ugotavljata podobno kot mi: da je po vetrolomu povečan delež svetloljubnih drevesnih vrst.

Na vseh treh vetrolomih se je mladje svetloljubnih drevesnih vrst pojavilo po vetrolomu, medtem ko je bilo mladje sencozažnih drevesnih vrst prisotno že pred njim. Hipoteza, da je bilo mladje sencozažnih vrst prisotno že pred vetrolomom, medtem ko se je mladje svetloljubnih drevesnih vrst uveljavilo po vetrolomu, torej drži.

6.5 DEBELINSKO PRIRAŠČANJE

Zanimalo nas je, kakšen odziv debelinskega priraščanja po vetrolomu so imele sencozažne drevesne vrste v primerjavi z ostalimi drevesnimi vrstami. Ker v podatkih zasledimo samo en dovolj star osebek gorskega javorja, vsa ostala preučevana drevesa pa pripadajo bukvi in jelki, sklepamo, da na to vprašanje ni mogoče zadovoljivo odgovoriti. Vendar zaradi zanimivih primerjav med debelinskim priraščanjem bukve in jelke prikazujemo naslednje izsledke.

Iz podatkov razberemo, da je na vetrolomu Osoje imela bukev večji odziv debelinskega priraščanja kot jelka. 10 % več dreves bukve v primerjavi z jelko je odreagiralo z

debelinskim priraščanjem. Tudi na vetrolomu Tunjemir je bukev odreagirala močnejše kot jelka. Posebnost vetroloma Tunjemir je, da je na vetrolomni površini en osebek gorskega javorja. Ne glede na to, da iz posameznega drevesa ne moremo sklepati na debelinsko priraščanje drevesne vrste, njegov odziv kaže na sposobnost reagiranja na spremenjene razmere v sestoji. Na vetrolomu Skakavac je odziv debelinskega priraščanja bukve najmočnejši. Odzvala se je dobra polovica dreves bukve več v primerjavi z drevesi jelke.

Na vseh treh vetrolomnih površinah je bukev reagirala s povečanim debelinskim prirastkom. Prav tako je reagiralo večje število dreves bukve kot jelke. Vse to kaže na izjemno odzivnost bukve v primerjavi z jelko.

Preverili smo tudi povprečno priraščanje dreves, ki so vzknila po vetrolomu. Zaradi mladosti vetroloma Skakavac imamo za preverbo tega vprašanja na voljo le podatke za vetroloma Osoje in Tunjemir. Iz preglednice 8 razberemo, da je po vetrolomu največ na leto pridobil gorski javor, kar je značilno za to drevesno vrsto, saj v mladosti, če ni zasenčena, intenzivno prirašča in lahko preraste bukev (Brus, 2005). Podatka za povprečni debelinski prirastek gorskega bresta ne moremo upoštevati, saj je bilo preučeno le eno drevo.

Hipoteze, da je odziv debelinskega priraščanja sencozažnih drevesnih vrst po vetrolomu močnejši kot odziv debelinskega priraščanja ostalih drevesnih vrst, nismo mogli potrditi, saj nismo imeli na voljo dovolj dreves svetloлюбnih listavcev. Hipotezo smo preverili na drug način ter preučili, kako so debelinsko priraščala drevesa, ki so vzknila po vetrolomu. Ugotovitve so pokazale, da hipoteza ne drži.

6.6 USMERITVE ZA GOSPODARSKI GOZD

Pri sonaravnem gojenju gozdov brez upoštevanja in posnemanja naravnih procesov uspešno gospodarjenje ni mogoče. Ne samo, da s preučevanjem naravnih procesov v pragozdovih prihajamo do novih spoznaj o ekologiji gozda, temveč s tem tudi izpopolnjujemo tehniko gojenja gozdov. Vendar velja opozorilo, da pridobljenih znanj in ugotovitev ne smemo brez tehtnega premisleka prenašati v gospodarski gozd (Diaci, 2006).

Vpliv srednjepovršinskih vetrolomov na strukturo in zmes drevesnih vrst je lepo razviden iz vseh treh vetrolomov. Najbolje to prikaže vetrolom Skakavac, kjer bukev prevzema prevlado, kljub temu da je v preteklosti prevladovala jelka. O tem je pisal že Hartman (1987), ki je prišel do ugotovitve, da se bukev in jelka menjujeta v razvoju. To menjavo potrjujejo tudi podatki iz preučevanih vetrolomov. V gospodarskem gozdu lahko torej močno posežemo v drevesno sestavo in še vedno ostanemo blizu naravnim procesom.

V pragozdovih so značilne večinoma malopovršinske motnje. Dolgotrajna raba takšnih gojitvnih ukrepov, ki posnemajo malopovršinske motnje, pripelje do izgube svetloljubnih drevesnih vrst. Zato naj se gojitelji vsake toliko časa poslužijo takšnih ukrepov, da sestoje bolj odprejo. Če želimo večji delež svetloljubnih listavcev v gospodarskem gozdu, jim moramo omogočiti več svetlobe, tako da z gojitvenimi ukrepi posnemamo vetrolome srednjih jakosti. Če bi odstranili 20 do 50 % dreves, ki sestavljajo streho sestoja, bi posnemali takšne vetrolome srednjih jakosti, ki smo jih preučevali v pragozdu Perućica. Vendar je treba biti previden, ker lahko ob že uveljavljenem mladju bukve povečan dotok svetlobe pomeni veliko prevlado bukve, in svetloljubni listavci ne bodo imeli možnosti (Nagel in sod., 2014). Zato je pomembno, da se vrzeli srednjih velikosti osnujejo v sestojih brez mladja bukve pod zastorom.

Jelka se v pragozdu Perućica lepo pomlajuje v primerjavi z jelko v slovenskih gozdovih. Vzrok za slabše pomlajevanje pri nas je velik vpliv divjadi. Zato bi morali ukrepati v prid jelke in ta vpliv zmanjšati. Jelka ima težave z uveljavitvijo takoj po vetrolomu, saj jo prehitijo bukev. Pojavi se kasneje in zaradi izjemne sencozadržnosti lahko počaka na ugodne svetlobne razmere. Če bi omilili vpliv divjadi, bi se jelka pomladila tudi pod močnim zastorom.

Zaželeni so raznoliki ukrepi ob upoštevanju naravnih razmer. Nabor različnih ukrepov bi posledično pomenil tudi bolj raznoliko drevesno sestavo, ki bi se približala naravni drevesni sestavi.

7 POVZETEK

Vetrolomi srednjih jakosti so po mnenju številnih raziskovalcev pomembno gibalno razvoja pragozdov v zmernem klimatskem pasu. Do teh spoznanj prihajamo šele v zadnjem desetletju.

Za našo raziskavo smo izbrali pragozd Peručica, ker zaradi svoje velikosti ustreza naši raziskavi vetrolomov srednje jakosti. V treh vetrolomih smo preučili razvoj gozdov po motnji in rezultate primerjali z razvojem gozdov v kontrolnih sestojih.

Na vsakem vetrolomu smo postavili tri raziskovalne ploskve, velike 25 x 25 m. Na njih smo pridobili podatke o legi, nadmorski višini, nagibu, ekspoziciji, kamnitosti in skalovitosti. Izvedli smo premerbo vseh stoječih dreves in popisali mladovje. Mladovje smo ločili na mladje in goščo. Izmerili in popisali smo vse ostanke odmrlih dreves ter jih glede na stopnjo razgradnje razvrstili v pet razredov.

Vetrolomi so povzročili spremembe v strukturi sestojev in zmesi drevesnih vrst. Značilnosti posameznega vetroloma so naslednje:

- Na vetrolomu Osoje se je povečal delež bukve.
- Na vetrolomu Tunjemir se je povečal delež svetloljubnih drevesnih vrst.
- Na vetrolomu Skakavac obilje mladovja bukve nakazuje prevlado nad jelko, jelka je namreč v preteklosti prevladovala v teh sestojih.

Jelka uspeva pri motnjah šibke jakosti, ne more pa uspeti na vetrolomnih površinah, saj so svetloljubni listavci in bukev zanje prevelika konkurenca.

Ugotovili smo, da je vsak vetrolom posledica ene večje motnje in da se je vrzel vetroloma dodatno širila. Vetrolom je povečal pestrost drevesnih vrst na vetrolomih Osoje in Tunjemir, ne pa na vetrolomu Skakavac, kjer je povečan dotok svetlobe izkoristilo že uveljavljeno mladje bukve ter posledično zmanjšalo pestrost. Na vetrolomnih površinah se je pojavilo mladje svetloljubnih listavcev, ki ga pred motnjo na območju vetrolomov ni bilo. Vetrolom je povzročil povečano debelinsko rast dreves, ki so rasla na območju vetroloma pred motnjo. Drevesa bukve so bolj odreagirala kot drevesa jelke. Povprečni debelinski prirastki dreves, ki so vzklila po vetrolomu, so bili največji pri gorskem javorju.

Gozd na vetrolome srednjih jakosti različno odreagira. Njegov odziv je odvisen od rastišča, velikosti vetroloma, strukture sestoja pred vetrolomom, količine svetlobe, ki postane dostopna po vetrolomu, in nekaterih drugih dejavnikov. Skozi gojitvene ukrepe, ki so prilagojeni naravnim razmeram, lahko ob kritični presoji posnemamo naravne procese in tako uvajamo v gospodarjenje z gozdovi miselnost, ki je bližje naravi.

8 VIRI

- Anko B. 1993. Vpliv motenj na gozdni ekosistem in na gospodarjenje z njim. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42: 85–109
- Bleiweis S. 1983. Pogostost in obseg škod zaradi ujm v slovenskih gozdovih. Gozdarski vestnik, 41, 6: 234–249
- Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire: 408 str.
- Dang H., Zhang K., Zhang Y., Jiang M., Zhang Q. 2014. Disturbance dynamics and history of an old-growth subalpine fir (*Abies fargesii*) forest in central China. Plant Ecology, 215, 10: 1111–1121
- Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 348 str.
- Eshaghi Rad J., Manthey M., Mataji A. 2009. Comparison of plant species diversity with different plant communities in deciduous forests. International Journal of Environmental Science & Technology, 6, 3: 389–394
- Everham M. E., Brokaw V. L. N. 1996. Forest damage and recovery from catastrophic wind. The botanical review, 62, 2: 113–185
- Frelich L. E. 2002. Forest Dynamics and Disturbance Regimes. Cambridge, Cambridge University Press: 266 str.
- Fukarek P. 1970. Šumske zajedinice prašumskog rezervata Perućice u Bosni. V: Južnoevropske prašume i visokoplaninska flora i vegetacija istočnoalpsko-dinarskog prostora, Sarajevo, 14–16 julij 1969. Fukarek P. (ur.). Sarajevo, Akademija prirodnih i matematičkih nauka: 157–262
- Gardiner B., Blennow K., Carnus J. M., Fleischner P., Ingemarson F., Landmann G., Lindner M., Marzano M., Nicoll B., Orazio C., Peyron J. L., Reviron M. P., Schelhaas M., Schuck A., Spielmann M., Usbeck T. 2010. Destructive Storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts.
<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=wm#inbox/156b30d6c872c4de?projector=1>
(11. avg 2016)

- Hartman T. 1987. Gozdni rezervati Slovenije: pragozd Rajhenavski rog KO 03 (Strokovna in znanstvena dela, 89). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 80 str.
- Jakša J., Kolšek M. 2009. Naravne ujme v slovenskih gozdovih. *Ujma*, 23: 72–81
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, ZGS: 500 str.
- Leibundgut H. 1982. Europäische Urwälder der Bergstufe. Stuttgart, Paul Haupt: 195 str.
- Mabry J. 2008. Comparison of Richness and Diversity of Plants in an Old Growth Forest and a Young Replanted Forest.
http://ecoplexity.org/files/Comparison_of_Plant_Diversity.pdf (10. avg 2016)
- Marinšek A., Diaci J. 2004. Razvoj inicialne faze na vetrolomni površini v pragozdnem ostanku Ravna gora. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 73: 31–50
- Nagel T. A., Diaci J. 2006. Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in southeastern Slovenia. *Canadian journal of forest research*, 36: 629–638
- Nagel T. A., Levanič T., Diaci J. 2007. A dendroecological reconstruction of disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in Slovenia. *Annals of Forest Science*, 64, 8: 891–897
- Nagel T. A., Svoboda M., Diaci J. 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth *Fagus- Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest Ecology and Management*, 226: 268–278
- Nagel T. A., Svoboda M., Kobal M. 2014. Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. *Ecological Applications*, 24, 4: 663–679
- Nowacki G. J., Abrams M. D. 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, 67, 2: 225–249
- Papler-Lampe V. 2008. Snegolom, ki je januarja 2007 prizadel blejske gozdove. *Gozdarski vestnik*, 66, 5/6: 309–319

- Poljanec A., Gartner A., Papler-Lampe V., Bončina A. 2008. Sanacija poškodovanih gozdov. V: Naravne nesreče 1: od razumevanja do upravljanja. Ljubljana, ZRC: 341–347
- Poročilo ZGS o gozdovih za leto 2014. 2015. Ljubljana, ZGS. http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/2014_Porocilo_o_gozdovih.pdf (3. avg 2016)
- Robič D. 2000. Različno razumevanje in pomen biodiverzitete v ekologiji, posebno v fitocenologiji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 63: 47–93
- Rogers P. 1996. Disturbance Ecology and Forest Management: a Review of the Literature. http://www.fs.fed.us/rm/pubs_int/int_gtr336.pdf (29. jul. 2016)
- Sapkota I. P., Tigabu M., Oden P. C. 2009. Species diversity and regeneration of old-growth seasonally dry *Shorea robusta* forests following gap formation. Journal of Forestry Research, 20, 1: 7–14
- Schaetzl R. J., Johnson D. L., Burns S. F., Small T. W. 1989. Tree uprooting: review of terminology, process and environmental implications. Canadian journal of forest research, 19: 1–11
- Schelhaas M., Nabuurs G., Schuck A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Global Change Biology, 9, 11: 1620–1633
- Schonenberger W., Fischer A., Innes L. J. 2002. Preface. Forest, Snow and Landscape Research, 77, 1/2: 5–6
- Svoboda M., Janda P., Nagel T. A., Fraver S., Rejzek J., Bače R. 2012. Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. Journal of Vegetation Science, 23, 1: 86–97
- Szewczyk J., Szwagrzyk J. 1996. Tree Regeneration on Rotten Wood and on Soil in Old-Growth Stand. Vegetatio, 122, 1: 37–46
- Tajnikar M. 2007. Razvoj sestojev po vetrolomu v pragozdu Peručica: diplomsko delo (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 51 str.

- Trotsiuk V., Hobi M. L., Commarmot B. 2012. Age structure and disturbance dynamics of the relic virgin beech forest Uholka (Ukrainian Carpathians). *Forest Ecology and Management*, 265: 181–190
- Ulanova G. N. 2000. The effects of windthrow on forest at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management*, 135: 155–167
- Webb L. S. 1989. Contrasting windstorm consequences in two forests, Itasca state park, Minnesota. *Ecology*, 70, 4: 1167–1180
- Woods D. K. 2004. Intermediate disturbance in a late-successional hemlock-northern hardwood forest. *Journal of ecology*, 92: 464–476
- Zanetti M. 2007. Auswirkungen des Sturms »Kyrill« im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt BAFU.
<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=16810> (11. avg 2016)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju diplomskega dela, dr. Thomasu Andrewu Naglu, za koristne predloge in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge. S svojim znanjem in izkušnjami mi je pomagal na terenu pri pridobivanju podatkov.

Hvala recenzentu, dr. Dušanu Roženbergerju, za pripombe in popravke.

Hvaležen sem doc. dr. Juriju Diaciju za koristne popravke pri pregledu dispozicije.

Mojemu prijatelju Mateju se zahvaljujem za vso nesebično pomoč, ki mi jo je nudil pri pisanju diplomskega dela.

Hvala moji družini za podporo v času študija.

Iskrena hvala moji ženi Anji, ki mi je stala ob strani in me spodbujala.