

UNIVERZA V NOVI GORICI
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

Irma PIVK

**KAZALNIKI PROŽNOSTI IN UPORNOSTI GOZDNEGA
EKOSISTEMA IZPOSTAVLJENEGA ŽLEDENJU**

DIPLOMSKO DELO

Mentor: Marko DEBELJAK

Nova Gorica, 2008

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marku Debeljaku za neprecenljive nasvete, vodenje in navdih.

Zahvala tudi zaposlenim na Zavodu za gozdove Slovenije, krajevni enoti Idrija. Predvsem g. Jožetu Kovaču, gdč. Ireni Pivk ter g. Emilu Pelhanu za strokovno pomoč in čas.

Za lektoriranje slovenskega besedila se zahvaljujem gdč. Metodi Pivk ter gdč. Zali Kokalj za angleški prevod.

Posebna zahvala tudi mami in Pavletu, ki sta sodelovala na terenu.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava gozdni ekosistem, izpostavljen žledenju. Cilj naloge je bil poiskati kazalnike prožnosti in upornosti gozdnega ekosistema, saj ti kažejo na vitalnost ekosistema. To smo naredili s primerjavo izbranih atributov med pragozdom in gospodarskim gozdom. Izbrali smo osem raziskovalnih ploskev, in sicer štiri v pragozdu Bukov vrh in štiri v gospodarskem gozdu v neposredni bližini na istih rastiščnih razmerah. Raziskovalni objekti ležijo na zahodnem robu Trnovskega gozda na visokem krasu. Gozdna združba je *Abieti fagetum*. Izbrani atributi, ki smo jih analizirali na terenu so bili vrstna pestrost, količina živega in mrtvega drevja ter vertikalna in horizontalna struktura sestojev. Reprezentativen kazalnik prožnosti je volumen mrtvega drevja, reprezentativni kazalniki upornosti pa so volumen živega drevja, količina dreves v zgornjem sloju, oblikovanost krošenj ter volumen in variabilnost šopov. Volumen mrtvega drevja je nižji v gospodarskem gozdu, 26.48 m³/ha, v pragozdu pa kar 101.88 m³/ha. Volumen živega drevja v gospodarskem gozdu znaša 435.01 m³/ha, v pragozdu pa 675.00 m³/ha, kljub temu da je večja gostota dreves v gospodarskem gozdu. Količina dreves v zgornjem sloju, ki varujejo sestoj ob naravni motnji je višji v pragozdu. V gospodarskem gozdu je sicer večja gostota šopov, vendar imajo šopi v pragozdu v povprečju večjo lesno zalogo, in sicer 4,36 m³/ha, v gospodarskem gozdu pa le 2,15 m³/ha, prav tako je v pragozdu tudi višja variabilnost šopov.

Ključne besede: gozdni ekosistem, ekološki kazalniki, upornost, prožnost, pragozd, gospodarski gozd

SUMMARY

This thesis deals with forest ecosystems which are exposed to ice damage. Its purpose was to find the indicators of resistance and resilience of forest ecosystems which serve as a demonstration of ecosystem vitality. This task was done with comparison of selected parameters between a virgin forest and a managed forest. We selected four study plots in the virgin forest Bukov vrh and four study plots in a managed forest nearby on the same habitat type. Study plots lie on the west edge of Trnovski gozd on high karst at the location of *Abieti fagetum* plant community. The selected parameters analysed on field were species diversity, volume of living and dead trees and vertical and horizontal structure of stands. The volume of dead trees is the representative indicator of resilience, whereas the representative indicators of resistance are the volume of living trees, the volume of trees in the upper layer, the crown formation, the volume of clusters and the diversity of clusters. The volume of dead trees in the managed forest is 26,48 m³/ha while in the virgin forest it is 101,88 m³/ha. The volume of living trees in the managed forest amounts to 435,01 m³/ha, in the virgin forest it is 675,00 m³/ha despite the fact that the density of trees is higher in the managed forest. The virgin forest has a higher volume of dominant trees which protect the forest stand against a disturbance. In the managed forest clusters are more frequent but clusters in the virgin forest have higher volumes (4,36 m³/ha) than in the managed forest (2,15 m³/ha) therefore the variability of clusters in the virgin forest is higher than in the managed forest.

Key words: forest ecosystem, ecological indicators, resistance, resilience, virgin forest, managed forest

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
1.1 Opis problematike.....	1
1.2 Namen naloge.....	4
2. TEORETIČNE OSNOVE	5
2.1 Ekološka stabilnost – upornost in prožnost.....	5
2.2 Šop.....	6
2.3 Žled, žledolom.....	7
3. DELOVNE HIPOTEZE	10
4. PREDMET RAZISKAVE	11
4.1 Predmet raziskave.....	11
4.2 Geografske značilnosti.....	11
4.2.1 Lega.....	11
4.2.2 Relief.....	12
4.2.3 Podnebje.....	12
4.2.4 Matična podlaga.....	13
4.2.5 Tla.....	14
4.3 Vegetacija.....	14
4.3.1 Gozdne združbe.....	14
4.4 Izpostavljenost dejavnikom okolja.....	16
4.4.1 Kratka zgodovina gospodarjenja z idrijskimi gozdovi.....	16
4.5 Pragozdni ostanek Bukov vrh.....	17
4.6 Gospodarski gozd.....	19
5. METODE DELA	20
5.1 Izbor raziskovalnih ploskev.....	20
5.2 Terensko delo.....	21
5.3 Statistična obdelava podatkov.....	22
6. REZULTATI IN RAZPRAVA	24
6.1 Rezultati dendrometrijskih raziskav – biomasa.....	24
6.1.1 Živo drevje.....	24
6.1.2 Mrtvo drevje.....	28
6.1.3 Biomasa – skupno.....	41
6.2 Vertikalna struktura.....	42
6.2.1 Povprečna višina dreves.....	43
6.2.2 Porazdelitev dreves glede na sloj.....	44
6.2.3 Značilnosti drevesnih krošenj glede na sloj.....	47
6.3 Horizontalna struktura.....	49
6.4 Vertikalna struktura šopov.....	53
7. ZAKLJUČKI	55
8. VIRI	62

PRILOGE

- Priloga A: Karte raziskovalnih ploskev z vrisanimi in oštevilčenimi drevesi
- Priloga B: Popis živega drevja na raziskovalnih ploskvah (na zgoščenci)
- Priloga C: Popis mrtvega drevja na raziskovalnih ploskvah (na zgoščenci)
- Priloga D: Pdf kopija diplomske naloge (na zgoščenci)

1. UVOD

Naravni ekosistemi so tekom evolucije razvili mehanizme, ki jih ščitijo pred nepredvidljivimi dejavniki okolja. Ti mehanizmi ekosistem ohranjajo v stacionarnem stanju dinamičnega ravnotežja z okoljem, kar omogoča, da se prilagajajo naravnim in tudi antropogenim spremembam v svojem okolju. To je njegova samoohranitvena funkcija. S preučevanjem te funkcije lahko predvidimo, kako občutljivi so ekosistemi na motnje iz okolja. Danes, ko se zavest o pomembnosti ohranitve naravnih ekosistemov za naše preživetje zvišuje, so takšne raziskave izrednega pomena.

Gozdni ekosistem je najpopolnejši in tudi najbolj ohranjen kopenski ekosistem, zato je preučevanje ekološke stabilnosti v naravnem gozdu pomembno tudi za razumevanje drugih ekosistemov na Zemlji.

Na gozd vse prevečkrat gledamo kot na vir materialnih dobrin (energija, gradbeni material ...) ali drugače povedano v drevesu vidimo hlod, ne pa živega bitja. Poleg tega ima gozd kot eden najpopolnejših ekosistemov na Zemlji še mnogo drugih funkcij. Spomnimo se kako sproščujoče je iz mestnega hrupa in vrveža stopiti v gozd! Ima tudi izredno veliko ekološko vlogo v naravnih procesih, pri kroženju hranil in pretoku energije. Porabi velike količine ogljikovega dioksida in nam tako pomaga v boju proti pojavu tople grede. Po drugi strani je proizvajalec prav tako velikih količin kisika. Gozd je vir hrane in življenjski prostor za mnoge živali. Poleg tega varuje tla pred erozijo, saj je ta na površinah, poraslih z gozdom, tudi do 20-krat manjša kot na goli površini. Mehansko erozijo zmanjšuje s koreninami dreves in hifami gliv, ustvarja pa tudi posebno mikroklimo, ki je bolj stabilna in varuje tla pred temperaturnimi ekstremi, direktnemu sončnemu obsevanju in s tem večjemu izhlapevanju vode, kar vse še bolj siromaši tla. V gozdu je tudi hitrejši proces mineralizacije organske mase, kar ohranja rodovitnost tal. Zelo pomembna je vloga gozda kot akumulatorja vode, predvsem v strmih pobočjih, kjer je nevarnost erozije večja. Tako uravnava odtok vode, zmanjšuje nevarnost hudourniške erozije in s tem odnašanje rodovitne prsti, saj krepi zadrževalno funkcijo vode v tleh, ter filtrira vodo in jo bogati z rudninskimi in organskimi snovmi. Prav tako pa varuje tudi pred hrupom in vetrovi ter v splošnem blaži podnebne ekstreme. Seveda je teh funkcij še veliko. Prav zato je tako pomembno, da poskušamo čim bolj varovati še ohranjene predele prvobitne narave, saj nam koristijo z vidika raziskovanj strukture in procesov delovanja, kar nam potem nudi oporo pri gospodarjenju z gozdovi in drugimi naravnimi obnovljivimi viri, od njih pa je končno odvisna tudi naša kvaliteta življenja in seveda kvaliteta življenja vseh drugih bitij.

Gozd kot sistem obstaja v nekem svojem okolju, na katerega vpliva in prav tako to okolje vpliva na gozd. Ti vplivi so lahko za gozd nepredvidljivi in destruktivni, so motnje. Motnjo definira Risser (cit. po Forman and Godron, 1986: 591) kot "dogodek, ki povzroči značilno spremembo normalne zgradbe in/ali delovanja ekološkega sistema".. Posledice takih motenj so snegolomi, vetrolomi, žledolomi ipd. Gozdni ekosistem ima svoje notranje mehanizme, ki se odzovejo ob motnjah in vzdržujejo stabilnost ekosistema. Izmed različnih vidikov stabilnosti ekosistema bomo izpostavili upornost (*ang. resistance*) in prožnost (*ang. resilience*).

1.1 Opis problematike

Edvard Rebula je v svoji raziskavi *Žled v Notranjskih gozdovih* in njegove posledice iz podatkov o žledenju na Notranjskem v 2. polovici prejšnjega stoletja ugotovil, da

žledolomi letno poškodujejo od 1,5 do 1,9 m³/ha lesa (Rebula, 2002). Najbolj so izpostavljeni idrijski gozdovi v okolici Vojskega, kjer se nahaja tudi predmet te raziskave. Tam žled znižuje čiste donose od lesa za 25 do 70 %. To predstavlja škodo v gospodarskem, socialnem in ekološkem smislu, zato je potrebno razviti kazalnike upornosti in prožnosti gozdnega ekosistema, da bomo lahko tako ocenili stanje v gozdu in na podlagi tega razvili smernice za gozdnogospodarsko načrtovanje, ki bo pripomoglo k povečanju upornosti in prožnosti gozdnega ekosistema.

V zadnjih desetletjih smo priča izginevanju površin, poraščenih z gozdom, tako v svetu kot tudi v Evropi. Do tega pojava prihaja zaradi izkoriščanja lesa za energijo in gradbeni material, kot tudi zaradi izsekavanja z namenom pridobitve kmetijskih ali zazidalnih površin. Prav tako k izginevanju gozdnih površin prispeva tudi onesnaževanje ozračja. Najbolj je izrazito propadanje gozdov na severu Evrope, kjer je največji krivec za tako slabo stanje pojav kislega dežja.

V Sloveniji se površina, poraščena z gozdom, povečuje in tudi sicer spada med najbolj gozdnate države v Evropi. Danes gozdovi pokrivajo skoraj 60 % celotnega slovenskega ozemlja, večji delež gozda pa imata med evropskimi državami le še Finska in Švedska (Rejec Brancelj, 2006). Drugje v zahodni Evropi je gozd ohranjen samo še v obliki manjših razdrobljenih delov. Se pa zdravstveno stanje slovenskih gozdov slabša. Vzrok sta predvsem onesnažen zrak in neobičajne podnebne razmere, kot so dolgotrajne suše. Te motnje presegajo zmožnost gozdnega ekosistema za povrnitev v prvotno stanje. Z žveplovimi in dušikovimi oksidi onesnažen zrak in posledično kisel dež vpliva na pojav zakisanja gozdnih tal. To povzroča spiranje bazičnih ionov, se pravi hranil, in s tem njihovo pomanjkanje. Znižanje pH pa vpliva tudi na proces mineralizacije in večjo mobilnost težkih kovin. Povečan vnos dušika tudi pospešuje rast rastlin, torej drevja, in s tem povečano potrebo drevja po ostalih hranilih, to pa lahko povzroči t. i. fiziološko sušo zaradi povečane rasti nadzemnega dela (krošnje) v primerjavi s podzemnim delom (korenina). To povzroča občutljivost drevja na naravne stresne dejavnike, kot je na primer žled.

Za slabo stanje gozdov je v veliki meri krivo tudi nepravilno gospodarjenje z gozdovi. Močna poseganja v gozd (velikopovršinske sečnje), ki so jih spremljale še naravne ujme (žled), sušenje in slaba obnova jelke, so močno spremenili gozdove. Zaradi hitre rasti in s tem dobrih donosov so uvajali smrekove monokulture. S spremembo mešanih gozdov v smrekove sestoje se organska masa akumulira v plitvi vrhnji plasti tal in tako tudi dokaj hitro razgradi. Medtem ko se je prej ta organska masa akumulirala v globlje horizonte, so to zdaj biološko neaktivni huminski horizonti. Tako so bioelementi izprani in trajalo bo več generacij, da bo doseženo novo stabilno stanje. Poleg tega pa ima smrekova krošnja večji filtrirni faktor za zrak, kar vodi v povečanje odstranjevanja SO₄ in NO₃ in izpiranje v podtalnico (Kilian, 1998). Na siromašnih tleh je bilo pod smrekovimi sestoji dosti večje izpiranje, zakisanje, sproščanje aluminija in podzolizacija kot pod mešanimi sestoji (Miles, 1985). Zavedati se moramo, da ima vsaka drevesna vrsta poseben koreninski sistem, posebne lastnosti listov, posebno strukturo sestojev in s tem tudi svoje specifične vplive na razvoj prsti. Za nami je večstoletna zgodovina odnašanja hranljivih snovi v obliki lesa, stelje, gozdnih sadežev ipd. iz gozda. Tak predrugačen gozd ima zmanjšano ali uničeno sposobnost vrnitve v klimaksno stanje po motnji. Ne smemo pa tudi pozabiti na sinergijske učinke različnih komponent podnebnega sistema in okolja, saj lahko to pripelje do povsem novih in nepredvidljivih posledic.

Po drugi strani naravna motnja nikakor ni tujek v gozdnem sistemu: je gibalno njegovega sukcesijskega razvoja in dinamičnosti njegovega ravnotežja (Anko, 1993). Včasih je veljalo zmotno mnenje, da naravni sistemi stremijo k statičnemu ravnotežju. V naravi so prisotne stalne spremembe in njim sledeče adaptacije. Naravni sistemi so dinamični sistemi. Motnje poskrbijo za naravno selekcijo, ki izloči šibke osebnike, ki bi sicer ovirali razvoj in obstoj združbe oziroma celotnega ekosistema.

Kljub temu pa se moramo zavedati, da je reakcijska sposobnost gozda vrnitve v prvotno stanje odvisna od njegove vitalnosti. V preteklosti se je zaradi nepravilnega odnosa do gozda, ki je bil predvsem posledica nevednosti, njegova vitalnost slabšala.

Človekov odnos do gozda je bil izrazito mehanističen. Gozd so nekoč gospodarsko oblikovali po kmetijskem konceptu, ki na gozd gleda kot na produkt in ne kot na proces. Po kmetijskem konceptu antropogeno oblikovan gozdni ekosistem je neodporen. Njegova sposobnost razvijanja reakcijske moči, ki bi "uspešno" premagovala stresne motnje, ki jim je gozd čedalje pogosteje izpostavljen, je zmanjšana. Takšen gozd je v naravi "delni tujek". Narava ga poizkuša kot takšnega izločiti oz. predrugačiti in ponovno usposobiti za uporno življenje (Debeljak, 1995).

Na koncu se moramo še vprašati, kaj se bo z gozdnim ekosistemom dogajalo v prihodnosti. Kakšne bodo posledice klimatskih sprememb? Kot vemo gozdni ekosistem predstavlja ponor toplogrednega plina ogljikovega dioksida in z uničevanjem gozdov je ta njegova funkcija izničena, segrevanje ozračja se povečuje, kar prav tako vpliva na uničevanje gozdov. Tako dobimo krog uničevanja gozdnih ekosistemov in posledično tudi okolja. Globalno segrevanje vpliva tudi na zgodnejši začetek rastne dobe in hitrejši razvoj rastlin. Ker so rastline na nihanja podnebnih dejavnikov različno občutljive, lahko pride do sprememb v populacijski dinamiki – večje možnosti imajo tiste rastline, ki se hitreje prilagodijo na spremenjene razmere. Pojavljajo se možnosti uvajanja novih vrst rastlin, ki potrebujejo za svoj razvoj več toplote. Sprememba v času pojavljanja fenoloških faz in njihovega trajanja pa posledično vpliva tudi na pojav novih bolezni in parazitov oziroma na močnejše izbruhe bolezni, ki sedaj še ne povzročajo večje škode. Pri določenih podlubnikih (npr. lubadar) se lahko zaradi višjih temperatur pojavi večje število generacij v enem letu in se tako zaradi večjega števila iz naravnega in neškodljivega parazita spremeni v škodljivca, ki napada tudi zdrava drevesa.

Hkrati se moramo vprašati, kakšne vplive bodo imele te spremembe na naravne motnje, kot je žledenje. Glede na to, da se bo po nekaterih napovedih količina padavin v zimskih mesecih povečala, lahko pričakujemo tudi večjo nevarnost za pojav žleda. Hkrati pa se pričakuje, da bo v poletnih mesecih manj padavin in s tem nevarnost pomanjkanja vode, kar bo prav tako prizadelo gozdni ekosistem in njegove varovalne mehanizme. Motnje so sicer naravni del gozdnega ekosistema, vendar lahko klimatske spremembe spremenijo naravne medsebojne povezave v gozdu, katerih del so tudi motnje. V tem primeru se velikost motenj poveča do take mere, da se lahko pojavijo velike spremembe v gozdni strukturi in funkciji gozda (Dale in sod., 2000).

Zaradi nepravilnega gospodarjenja osiromašeni gozdovi bodo imeli zmanjšano sposobnost prilagajanja spremembam v okolju, saj so izgubili svojo naravno sposobnost upornosti in prožnosti.

Problem gozdnogospodarskega načrtovanja na območju, kjer je žledenje pogost pojav, je ugotavljanje vitalnosti nekega gozdnega sestoja in s tem predvidevanje kako se bo ta sestoj prilagajal naravnim motnjam, kot je žledenje. Za ugotavljanje vitalnosti gozdnega ekosistema lahko tako uporabimo kazalnike prožnosti in upornosti. Naravni

gozd, kot je pragozd, ima svoje mehanizme, ki ob nastopu motnje zaščitijo sestoj pred poružitvijo, predrugačen gospodarski gozd pa je večino teh mehanizmov izgubil in zato moramo v prihodnosti gospodarjenje prilagoditi na način, ki bo tem gozdovom spet povrnil naravno sposobnost upornosti in prožnosti.

1.2 Namen naloge

Zaradi nepravilnega gospodarjenja z gozdovi v preteklosti in tudi v današnjem času leti izgubljajo svojo naravno sposobnost upornosti in prožnosti ob pojavu naravne motnje, kot je žled. Škoda zaradi uničenih gozdnih ekosistemov je ekološka, gospodarska in socialna. Zato je potrebno najti način sonaravnega gospodarjenja z gozdovi, ki bo še vedno prinašal zadostne ekonomske učinke, hkrati pa skrbel da bodo gozdni ekosistemi ohranili svoje naravne zakonitosti in s tem svoje neprecenljive funkcije. Zato bomo na osnovi primerjav med pragozdom in gospodarskim gozdom poiskali kazalnike upornosti in prožnosti naravnega gozdnega ekosistema in pripravili smernice gozdnogojitvenih ukrepov za zagotovitev višje stopnje stabilnosti struktur sestojev gospodarskega gozda. Pri tem se bomo osredotočili na pomen šopa kot oblike rasti dreves, saj domnevamo, da ima veliko vlogo pri zagotavljanju višje stopnje stabilnosti gozdnega ekosistema.

T. i. sonaravno gospodarjenje z gozdovi lahko dosežemo z uvajanjem principov upornosti in prožnosti. To dosežemo v petih korakih: identifikacija motnje, identifikacija gozdnih karakteristik oziroma kazalnikov za upornost in prožnost ob motnjah, identifikacija možnosti za monitoring teh kazalnikov, osnovanje tarčnih vrednosti in izvedba, ki vključuje monitoring (Brang, 2001).

Pojavlja se tudi termin "nazaj k naravi". V gozdarstvu sicer še ni dobro definiran kot nadpomenka za nove pristope, ki večjo težo kot v preteklosti dajejo ohranjanju strukture in dinamike, ki ju lahko najdemo v tako imenovanem naravnem gozdu. Gospodarski gozd in naravni gozd se lahko izredno razlikujeta v svoji strukturi, dinamiki in funkcijah. Eden glavnih ciljev "nazaj k naravi" pristopa v gozdarstvu je to razliko zmanjšati ali izničiti (Schmidt, 1998). To bi pomenilo, da bi v gospodarskem gozdu ojačali njegovo zmožnost samoohranitve oziroma upornosti in prožnosti ob naravnih motnjah. Sicer pa ta pristop ni tako nov, saj se je že Gayer strinjal s pomembnostjo stabilnosti in trajnosti gozdnih sestojev (Gayer, 1886). Vendar je bil kljub navezavi na ekološke argumente takrat razlog za tako razmišljanje povsem ekonomski, saj so ugotovili, da tak pristop povečuje donose iz gozdov. Sicer ima tako razmišljanje svoje korenine v romantiki, ki je na naravo gledala kot na organizem.

2. TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Ekološka stabilnost – upornost in prožnost

Ekosistemi so odprti termodinamski sistemi pod vplivom vnosov in iznosov energije in snovi. Stabilnost lahko definiramo kot zmožnost sistema da ostaja blizu ravnotežne točke ali da se vanjo po motnji vrne (Orians, 1975). Iz tega sledi, da je ekosistemska stabilnost označena z dinamičnim ravnotežjem, ki je doseženo skozi interakcije med organizmi in fizičnim okoljem. Kot primer vzamemo cikel dušika, ki je rezultat časovne usklajenosti avtotrofov, heterotrofov, atmosferskih in pedoloških procesov (Bo Larsen, 1995).

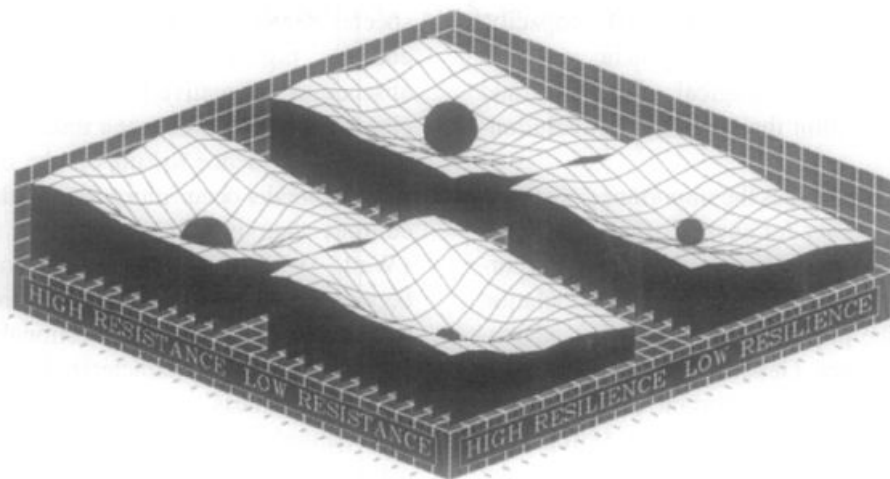
Ekološka stabilnost ekosistema je njegova sposobnost obdržanja funkcij kljub spremenljivim pogojem, bodisi naravnim motnjam ali motnjam, povzročenim od človeka (Orwin in Wardle, 2004). Sestavljena je iz dveh komponent: upornosti in prožnosti. (Primm, 1984)

Upornost (*ang. resistance*) nekega ekosistema nam pove, kakšna je moč tega ekosistema, da se upira poružitvi ob pojavu motnje. Pomeni "ostati nujno nespremenjen kljub prisotnosti dejavnikov motnje" (Grimm in Wissel, 1997). Ta motnja ima lahko povsem naravni ali antropogeni izvor. Kot primer lahko navedemo reakcijo gozdnega ekosistema ob žledenju. Gozd, ki ima visoko stopnjo upornosti, se ob taki motnji ne bo porušil. Sestavljajo ga drevesa, ki so generalisti, in bodo tudi ob spremenjenih razmerah v okolju sposobna preživetja.

Prožnost (*ang. resilience*) ekosistema pa nam pove, s kakšno hitrostjo se ekosistem vrne v prvotno stanje po tem, ko je že bil prizadet zaradi motnje (Grimm in Wissel, 1997). Za ekosisteme, ki imajo visoko stopnjo prožnosti, je značilno, da so organizmi, ki ga sestavljajo, r-strategi. To pomeni, da so sposobni hitre regeneracije po motnji.

Oba termina sta pomembna za prihodnje ravnanje z gozdnimi ekosistemi, saj zagotavljata povečanje ekonomsko-socialnih koristi in zmanjšanje tveganja zaradi motenj iz okolja (Spiecker, 2003)

Skozi evolucijo je gozdni ekosistem razvil mehanizme, ki povečujejo njegovo stabilnost in so rezultat nenehnih adaptacij na spremembe v okolju. Eden takih mehanizmov je tudi šopasta rast dreves.



Slika 1: Štirje aspekti ekološke stabilnosti, kombinacija upornosti (velika kroglica – visoka stopnja upornosti) in prožnosti (velika luknja – visoka stopnja prožnosti)
Vir: J. Bo Larsen, 1995. *Ecological stability of forests and sustainable silviculture*

2.2 Šop

Šop so drevesa, ki rastejo v strnjeni skupini in se fizično dotikajo s krošnjami (slika 2). Vloga šopa je, da se drevesa v taki obliki rasti "podpirajo" in imajo tudi ob motnjah iz okolja skupaj večjo moč upornosti in prožnosti. V šopu se tudi ustvarja posebna mikroklima, ki ugodno vpliva na rast in razvoj posameznega drevesa. Vertikalno so drevesa v šopu razporejena tako, da so ena po višini nadrejena in druga podrejena. Drevesa v vrhu imajo kratko in široko krošnjo, drevesa spodaj pa dolgo in ozko. Tako drevesa v šopu delujejo kot en posameznik.

Vloga šopa je največja ob pojavu naravne motnje, kot je žled; takrat bo največje obremenitve deležno dominantno drevo, ki ima krošnjo v vrhu, in bo s tem nudilo oporo nižjim drevesom. V primeru, da se bo to drevo oblomilo, šop v celoti ne bo prizadet, saj bo vodilno vlogo prevzelo do sedaj subdominantno drevo (Debeljak, 1995). Ostala drevesa v šopu pomagajo vzdržati dominantnemu drevesu, da se ne zruši v celoti, to pomeni, da ne bo prišlo do nastanka vrzeli tam, kjer bi se drevo zrušilo. Vrzeli pomeni za gozd šibko točko, zato skuša te stadije z mehanizmi upornosti minimizirati.

Vloga šopa je izredno velika tudi kot fizična opora rastočemu mlademu drevesu, ki ga večja drevesa v šopu ščitijo pred naravnimi motnjami ter z ustvarjanjem ugodne mikroklime še dodatno pospešujejo rast tega drevesa. Mortalitet dreves v zgodnjih stadijih pogozdovanja je pričakovano manjša, če so ta raščena v šopih (Schoenenberger, 2001).

Gozdni sestoji s pogozdovanjem urejeni v šope so bolj odprti, večslojni in nehomogeni ter imajo posledično večjo stopnjo upornosti ob pojavu naravnih motenj, kot so snegolom, vetrolom ali napad insektov, kot navadno pogozdovani sestoji (Schoenenberger, 2001).



Slika 2: Šopasta rast dreves
Foto: Irma Pivk, december 2007

2.3 Žled, žledolom

Žled je naravni pojav, ki nastopi v zimskih mesecih ob pojavu temperaturne inverzije, ko je toplejši zrak višje, hladen zrak s temperaturami pod lediščem pa nižje pri tleh. Če so ob takih razmerah padavine, dež pada na zmrznjena tla, ob stiku s površino voda zmrzne in kot oklep obda površino s plastjo ledu. Posebno nevarnost predstavlja to za drevesa, saj led s svojo težo povzroča lomljenje vej, celih dreves ali kar celih sestojev. Tej naravni ujmi rečemo žledolom. Večkrat se zgodi, da se drevesa podrejo v pasovih, saj se drevesa, ki se podirajo, naslanjajo na sosednja drevesa in tako pride do efekta podiranja domin. Veja, obdana z ledom, je tudi bolj krhka in lomljiva in ob pojavu rahlega vetra je lomljenja še več. Močan veter pa po drugi strani pojav žledenja preprečuje, saj premeša zračne mase.

Žledolom ima dolgoročne posledice, saj lahko premeša talne horizonte in poruši cele sestoje. Sproži se proces sukcesije - dolgotrajen proces obnavljanja gozdnega sestoja do njegovega klimaksnega stanja. Najbolj občutljiv stadij so mladi sestoji, ki so na motnje iz okolja še manj odporni in se tako ob dodatni motnji hitreje porušijo.

Žledolomi so pogosti na stiku mediteranskega in alpskega ter celinskega podnebja na območju od Trnovskega gozda do Javornikov. Nastane, ko topel in vlažen sredozemski

zrak z južne strani vdre nad te gozdove in zapre pot hladnemu zraku iz grap, ki so že pod vplivom celinskega podnebja (Kordiš, 1986). Pojavlja se skoraj vsako leto, vsaj enkrat na desetletje pa doseže katastrofalne posledice. Edvard Rebula je v svoji raziskavi Žled v Notranjskih gozdovih in njegove posledice iz podatkov o žledenju na Notranjskem v 2. polovici prejšnjega stoletja ugotovil, da žledolomi letno poškodujejo od 1,5 do 1,9 m³/ha lesa (Rebula, 2002).

Najbolj so izpostavljeni idrijski gozdovi v okolici Vojskega, kjer se nahaja tudi predmet te raziskave. Tam žled znižuje čiste donose od lesa za 25 do 70 %. Na tem območju nastaja žled zaradi nenavadnega toplotnega obrata v ozračju, ki ga povzročajo jugozahodni topli in vlažni vetrovi ob nastanku ciklona v Genovskem zalivu. Ko se ta topel in vlažen zrak dviga iz Vipavske doline po robu Trnovske planote, se adiabatno ohlaja. Relativna vlažnost narašča in tako se nad Trnovsko planoto sprostijo obilne padavine, ki padajo v pri tleh pod ledišče ohlajen zrak in tako ob stiku s površino zamrznejo in obdajo vse v leden oklep (Marinček, 1987).

Iz vseh teh dejstev lahko sklepamo, da je žledolom reden pojav v teh gozdovih zato je potrebno gospodarjenje z gozdnim ekosistemom prilagoditi tako, da je v največji meri sposoben vrnitve v prvotno stanje oziroma, da se ob takih motnjah ne poruši. Z drugimi besedami - povrniti gozdnemu ekosistemu visoko stopnjo upornosti in prožnosti.

Na pojav žleda vpliva mnogo dejavnikov. Največji vpliv ima nadmorska višina. Največje poškodbe zaradi žleda so na nadmorskih višinah od 830 do 880 m. Razlike pa obstajajo tudi med iglavci in listavci. Delež poškodovanih listavcev raste linearno z nadmorsko višino tudi nad 880 m, saj z nadmorsko višino tudi narašča delež listavcev, drevje pa je krajše in tanjše ter tako manj odporno na žled. Delež poškodovanih iglavcev pa pada na obe smeri pod 830 in nad 880 m (Rebula, 2001).

Gozd ima različne mehanizme za blažitev motenj iz okolja. Prostorska disperzija manj stabilnih stadijev na majhnih vrzelih z zelo visoko koncentracijo mrtve mase je verjetno ena od strategij, s katero se dinarski gozdovi branijo pred poružitvijo ob ekstremnih motnjah iz okolja (Debeljak, 2006).



Slika 3: Posledica naravne ujme
Foto: Irma Pivk, september 2007



Slika 4: Sanacija škode v gozdnem ekosistemu po naravni ujmi
Foto: Irma Pivk, september 2007

3. DELOVNE HIPOTEZE

Na osnovi poznavanja teoretičnih izhodišč in problematike povezane z vplivom žledenja na gozdne sestoje, smo v diplomskem delu obravnavali naslednje hipoteze:

- Naraven gozd ima večjo stopnjo upornosti in prožnosti ob motnjah, ki ga prizadenejo, kot gospodarski gozd. Na to vplivajo večja količina živega in mrtvega drevja, bolj mozaična sestojna zgradba in višja vitalnost posameznih dreves, kar je posledica večje selekcije dreves v mladosti.
- Močan zgornji sloj, sestavljen iz vitalnih dreves, ob naravni motnji nudi oporo celotnemu sestoj.
- Dominantna drevesa v šopu ob naravni motnji prevzamejo nase večji del obremenitve, kar varuje podstojna drevesa. To pomeni da ima šop večjo stopnjo prožnosti v primerjavi s posamičnimi drevesi, ki niso v šopu, in poleg tega preprečuje nastanek vrzeli, če se zruši eno drevo, ter s tem zagotavlja obstanek celotnega sestoja.

4. PREDMET RAZISKAVE

4.1 Predmet raziskave

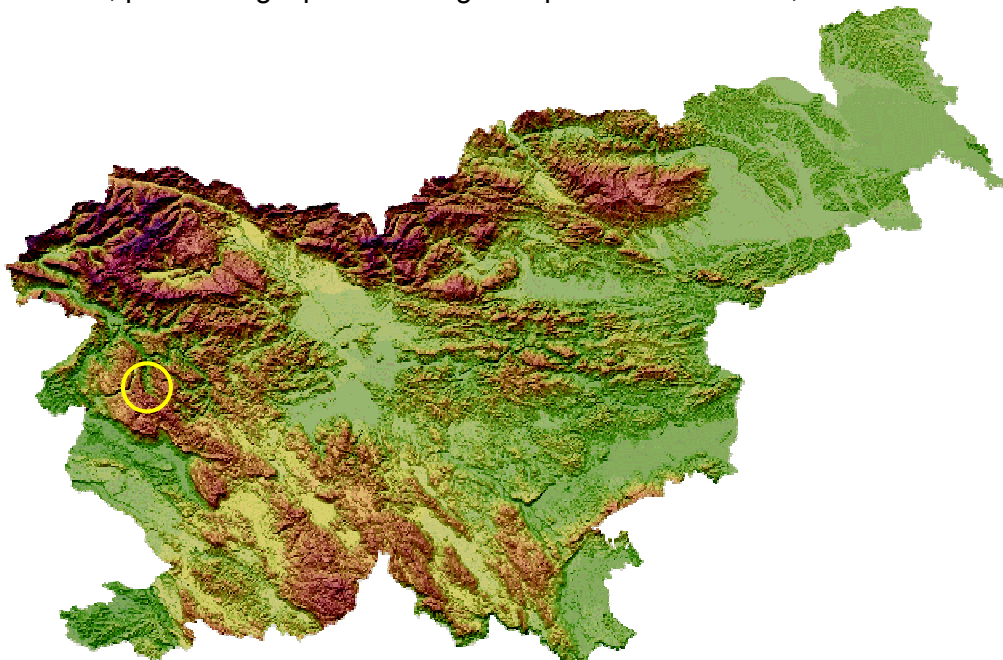
V tej raziskavi smo naredili primerjavo upornosti in prožnosti med pragozdom in gospodarskim gozdom. V vsakem smo izbrali po štiri ploskve v približni velikosti 0,1 ha in sicer smo ploskve izbrali v optimalni razvojni fazi. Objekt raziskave, pragozdni ostanek Bukov vrh, se nahaja na skrajnem severnem robu Trnovske planote. Ploskve v gospodarskem gozdu smo izbrali v neposredni bližini na istem rastiščnem tipu. Vse ploskve ležijo v gozdnogospodarski enoti Idrija II, ki spada v območno enoto Tolmin.

GGE Idrija II leži na južnem delu idrijskega hribovja, ki predstavlja prehod med Julijskimi Alpami na severu in Dinarskim gorstvom na jugu. Fitogeografsko in geomorfološko se bolj navezuje na Dinarski kakor na Alpski gorski sistem. Za GGE Idrija II je značilna tudi velika gozdnatost, kar 99 %, kar to področje uvršča med najbolj gozdnata v Sloveniji (Gozdnogospodarski načrt, 1998-2007).

4.2 Geografske značilnosti

4.2.1 Lega

Objekt raziskave leži na visokogorskem kraškem svetu, na skrajnem severnem robu Trnovske planote, in sicer nad Vojskarsko planoto. Nahaja se na nadmorski višini od 1000 do 1300 m. Leži v Tolminskem gozdnogospodarskem območju, in sicer v gozdnogospodarski enoti Idrija II; pragozd v odseku 64/e, ki je v celoti razglašen za rezervat, ploskve v gospodarskem gozdu pa so v oddelku 63, odseka 63a in 63c.



Slika 5: Položaj objekta raziskovanja

Vir: Atlas Slovenije, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Ljubljana

4.2.2 Relief

Relief je valovit, razgiban z grebeni in vrtačami, nakloni so od 10° do 20°. Gre za prelomnico med osamljenim, dolomitnim in nepopolnim kraškim reliefom ter gorskim krasom (Kordiš, 1985).

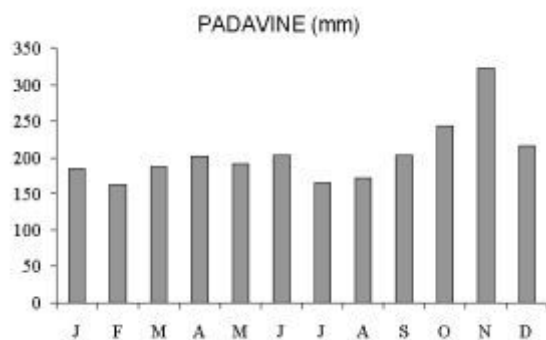
4.2.3 Podnebje

Značilna je visoka količina padavin. Na leto pade do 3000 mm/m² padavin, kar povzroča veliko zračno vlažnost in pogost pojav megle. Izdatnejše padavine v začetku poletja povzročajo potujoče atlantske depresije, jesenski vrh padavin pa je posledica potujočih sredozemskih depresij. Zaradi nadmorske višine in količine padavin je za ta del značilno, da je velik del leta pod snežno odejo. Sneg ponavadi zapade sredi novembra in se obdrži do srede maja (Keser, 1957).

Povprečna letna temperatura je okoli 6 °C, točnih podatkov pa ni, ker meritve potekajo na Vojskem, kjer je temperatura za nekaj desetink višja in znaša 6,2 °C (Kovač, 1999).

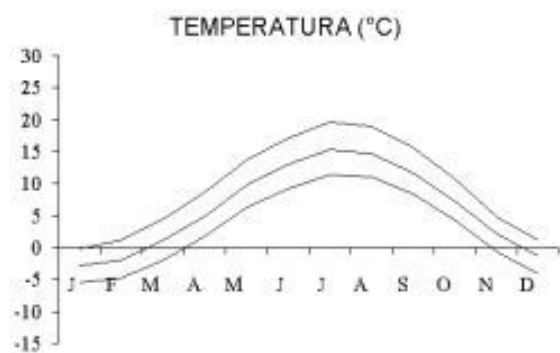
Vetrovi na tem območju niso posebno močni. Pojavlja se le nekaj močnejši severovzhodnik (burja) in redko tudi viharji.

Posebnost tega območja je žled. Pojavlja se pozno jeseni in pozimi, ko vlažni sredozemski tokovi prinesejo obilne deževne padavine, ki padejo v jezero hladnega zraka v dolinah Idrijce in njenih pritokov.



Slika 6: Povprečna letna razporeditev padavin za obdobje 1961-1990, meteorološka postaja Vojsko

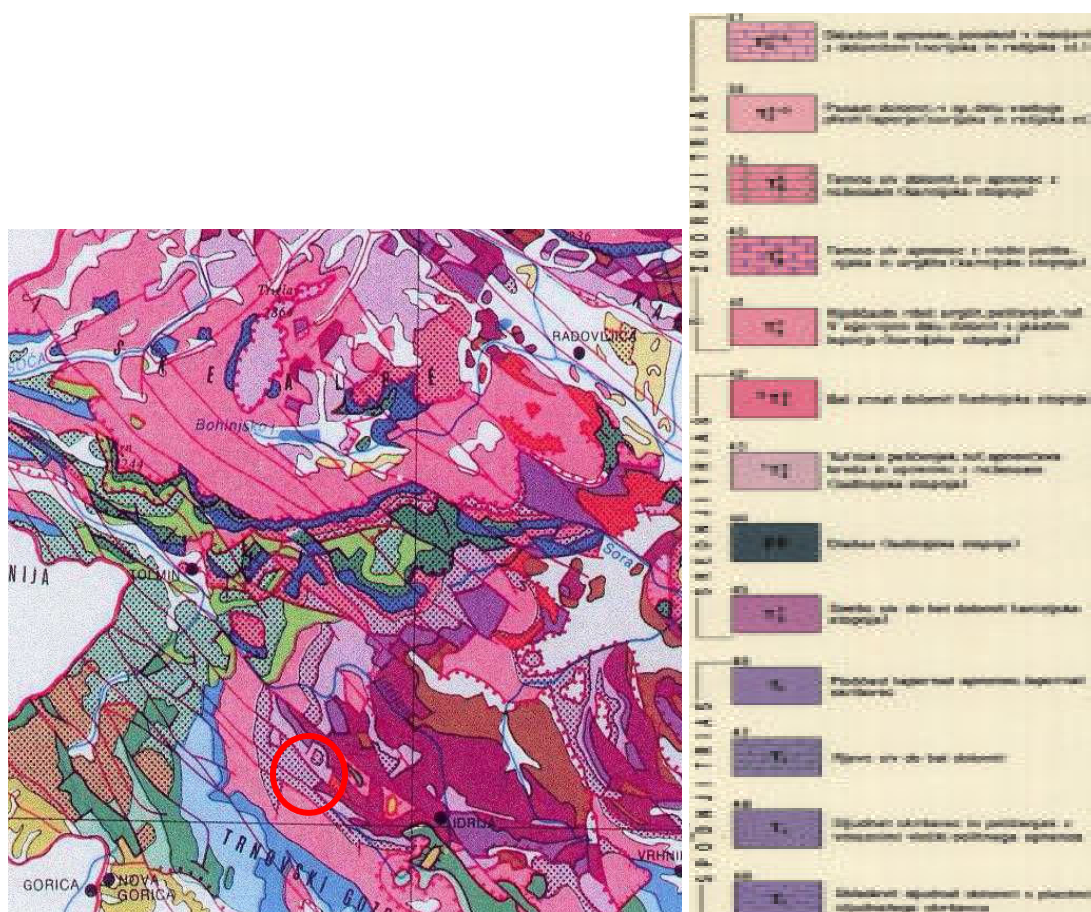
Vir: ARSO



Slika 7: Povprečne letne temperature za obdobje 1961-1990, meteorološka postaja Vojsko
Vir: ARSO

4.2.4 Matična podlaga

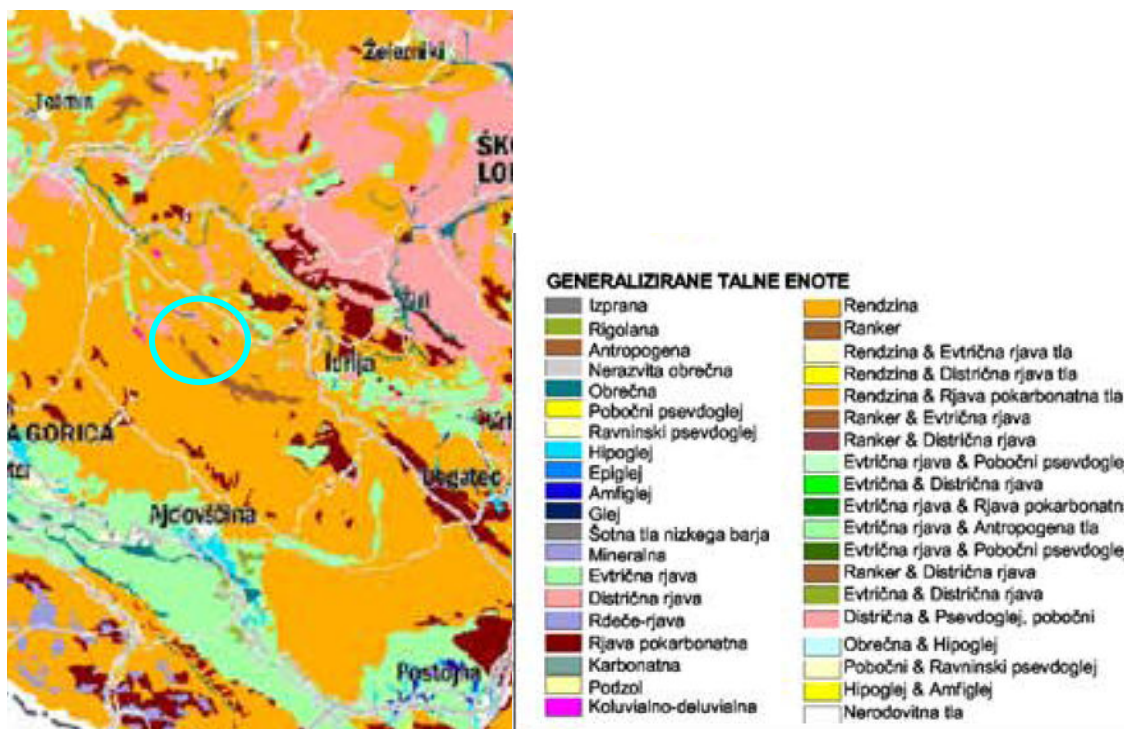
Kamenine izvirajo iz zgornjega triasa. Največ je zastopan dolomit, ki pa prehaja v dolomitiziran apnenec (Kordiš, 1985).



Slika 8: Geološka karta obravnavanega območja
Vir: Osnovna geološka karta Slovenije. Geološki zavod Slovenije. 2006

4.2.5 Tla

Zaradi težko preperljive matične podlage in hladnega podnebja ter strmih pobočij so tla slabše razvita. Prevladujejo plitva do srednje globoka zelo skeletna rjava pokarbonatna tla, ki se prepletajo s srednje globokimi rendzinami. V vrtačah najdemo globoka pokarbonatna tla (Marinček, 1987). Kljub temu, da so tla plitva, so zelo rodovitna, in sicer zaradi ugodne oblike humusa in ugodnih vlažnostnih razmer.



Slika 9: Pedološka karta obravnavanega območja

Vir: Pedološka karta Slovenije 1:25.000, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja

4.3 Vegetacija

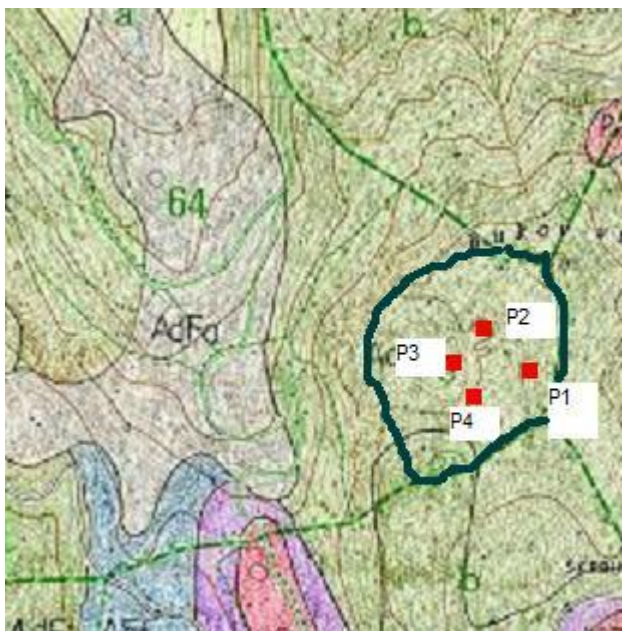
4.3.1 Gozdne združbe

Odsev naravnih dejavnikov je pestra rastlinska odeja in raznolika sestava gozdnih združb. Med gozdnimi združbami prevladujejo: dinarski gozd jelke in bukve (*Abieti-Fagetum dinaricum*), združbe gorskih bukovih gozdov (*Enneaphyllo-Fagetum*, *Arunco-Fagetum*) in združbe visokogorskih bukovih gozdov (*Adenostylo glabrae-Fagetum*).

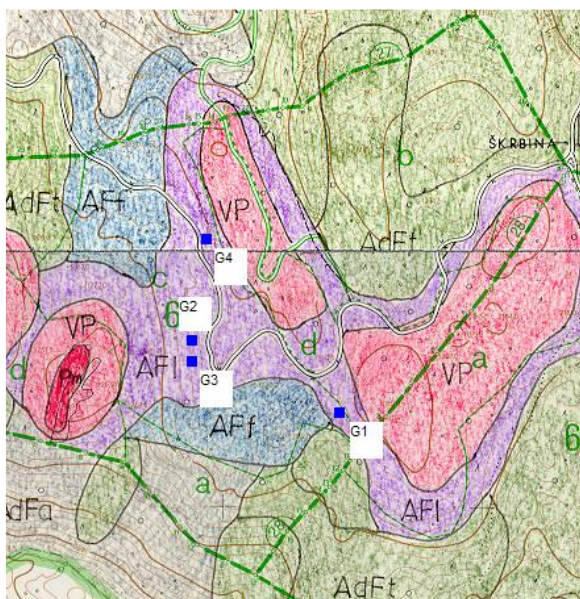
V pragozdnem ostanku Bukov vrh je najbolj zastopana gozdna združba *Abieti-Fagetum dinaricum*, in sicer subasociacija *AF aceretosum* (Kordiš, 1985). Ta subasociacija je značilna v vrtačah, kjer je nagib do 20 % in kamnitost do 60 %, matična podlaga pa

apnenci in dolomitizirani apnenci na katerih so rendzine in rjava pokarbonatna tla. Sestavljajo jo gorski javor, bukev in jelka.

V gospodarskem gozdu sta zastopani subasociaciji *AF festucetosum* in *AF lycopodietosum* (Gozdnogospodarski načrt, 1998-2007). Za prvo je značilno, da jo najdemo na nekoliko večjih nagibih, do 30 %, na apnenčastih skeletnih tleh. Sestavljajo jo jelka, smreka in bukev posamično, drugo pa najdemo na apnencih, in sicer na rjavih pokarbonatnih tleh. Značilne drevesne vrste so smreka, jelka in bukev posamično.



Slika 10: Karta gozdnih združb, pragozd (meje pragozda so označene z zeleno črto)
Vir: Zavod za gozdove Slovenija, krajevna enota Idrija



Slika 11: Karta gozdnih združb, gospodarski gozd
Vir: Zavod za gozdove Slovenija, krajevna enota Idrija

4.4 Izpostavljenost dejavnikom okolja

4.4.1 Kratka zgodovina gospodarjenja z idrijskimi gozdovi

Za lažje razumevanje stanja v teh gozdovih je primerno, da predstavimo zgodovino gospodarjenja, saj je za te gozdove značilna dolga tradicija gospodarjenja, katere posledice so vidne še danes.

Idrijski gozdovi, kjer se nahaja objekt raziskave, imajo dolgo zgodovino gospodarjenja, ki je tesno povezana z zgodovino rudnika živega srebra v Idriji. Odprli so ga okoli leta 1490 in takrat se je začelo skoraj petstoletno obdobje izkoriščanja idrijskih gozdov za potrebe tega rudnika, ki je les potreboval za žganje rude, podporne tramove v jami in kot gradbeni les. Po nekaterih ocenah naj bi rudnik letno porabil do 6300 m³ lesa, kar je v celotni zgodovini delovanja rudnika kar dobre 3 milijone m³ lesa (Kordiš, 1986).

Na začetku rudarjenja so bili gozdovi v okolici Idrije last fevdalnih gospodstev, ko pa je leta 1575 rudnik živega srebra kupil nadvojvoda Karel in se je proizvodnja zelo povečala, je država gozdove posameznih gospodstev na tem območju razglasila za rezervate za potrebe rudnika. V štiristoletnem obdobju so ti gozdovi postopoma prešli v last rudniškega erarja (Kordiš, 1993).

Rudniški gozdovi so v 20. stoletju prešli v državno last, kar ima za posledico, da je danes kar 90 % površine idrijskih gozdov v državnem lastništvu. Hkrati pa to pomeni, da je za te gozdove značilna bogata tradicija načrtnega gospodarjenja z gozdovi (Pelhan, 2004). Že leta 1722 je bil sestavljen prvi obsežnejši gozdnogospodarski načrt, ki je bil tudi sicer prvi na slovenskem območju (Kordiš, 1986).

Sprva so les sekali v okolici rudnika in tako so bili ti gozdovi kmalu zelo izčrpani, kar je pripeljalo do tega, da so na prelomu iz 18. v 19. stoletje začeli izkoriščati tudi bolj odmaknjene gozdove višje ob Idriji in njenih pritokih. Zaradi značilnosti reliefa (velike strmine, razčlenjenost itd.) so se posluževali posebnih tehnik spravila lesa, kot je plovljenje lesa po rekah, vodne in zemeljske drče, živalske vprege in gozdne železnice.

Zaradi težavnega spravila lesa na zelo strmih in ponekod skorajda neprehodnih terenih so se posluževali golosečenj, kar pa je imelo veliko negativnih posledic, kot so velika erozija in siromašenje gozdov (npr. izrivanje jelke, ker se na golosekih v primerjavi z bukvijo veliko težje pomlajuje). Tako nastale gozdne sestoje danes v veliki meri porašča čista bukev, delno pa tudi bukev, kateri je pomešana jelka pa tudi smreka. Jelko so poskušali nadomestiti s smreko, ki naj bi ustvarjala dobre pogoje za pomladitev jelke, ampak se je ta strategija nato izkazala za napačno, saj je povzročila zakisanje zemlje in namnožitev podlubnikov. Tako velik vpliv na gozdni ekosistem zmanjša njegovo zmožnost upornosti in prožnosti. Zaradi tega se tak ekosistem ob motnji, kot je žledolom, bolj verjetno poruši.

Na prelomu iz 19. v 20. stoletje so začeli v teh gozdovih graditi sistem gozdnih cest in vlak, kar je območje bolj odprlo in omogočilo lažje spravilo lesa. Za spravilo iz strmih predelov pa so začeli uporabljati gozdne žičnice. Kljub tehnološkemu napredku je še vedno v uporabi spravilo lesa s konji, ki se uporabljajo predvsem pri spravilu lesa iz drogovnjakov, saj bi s traktorskim spravilom take mlade sestoje preveč poškodovali.

Po drugi svetovni vojni se je začelo uvajati skupinsko postopno gospodarjenje. Prvotni načini gospodarjenja so vodili v zabukovljenje gozdov. Velike motnje v gospodarjenju z

gozdovi so v preteklih desetletjih povzročali pojavi žleda v letih 1953, 1968, 1975, 1984 in 1985. Tudi izvajanje gozdnogospodarskega načrta za prehodno ureditveno obdobje je že v prvih letih (1988, 1989) preusmeril večji vetrolom v letu 1988, tako da je bilo potrebno pred koncem veljavnosti napraviti spremembo načrta (Gozdnogospodarski načrt, 1998-2007).

V desetih letih veljavnosti prejšnjega gozdnogospodarskega načrta je bil realiziran celoten posek, ki ga je predpisoval načrt (razmerje poseka igl : Ist 31 % : 69 %). Razmerje poseka po vrstah sečenj v preteklem obdobju je bilo: 20 % redčenj, 43 % pomladitvenih sečenj in 37 % sanitarnih sečenj. Pri iglavcih je bilo v strukturi poseka več jelke (20 % poseka) zaradi sušenja te drevesne vrste in obnove ostarelih sestojev, sicer pa je v poseku prevladovala bukev (62 %) (Gozdnogospodarski načrt, 1998-2007).

Velik pečat na stanje v teh gozdovih danes so pustile tudi naravne ujme v preteklosti, predvsem žled, sneg in veter. Kot posledica sanacij žledolomov in vetrolomov so nastali enomerni, večpovršinski zabukovljeni sestoji s primesjo plemenitih listavcev.

Objekt raziskave spada v kategorijo predalpskih gorskih bukovih gozdov, za katere je značilno, da imajo zelo trdno biocenotsko zasnovo (Marinček, 1987). To na našo "srečo" pomeni, da imajo visoko stopnjo prožnosti in so se sposobni po delovanju motnje dokaj hitro povrniti v prvotno stanje. Zaradi tega nam gozdni ekosistem "odpusti" marsikatero napako v gospodarjenju, ki je bila storjena v preteklosti.

4.5 Pragozdni ostanek Bukov vrh

Ko raziskujemo gozdni ekosistem je pragozd najboljši "laboratorij", iz katerega črpamo podatke, kako je tak ekosistem zgrajen in kako deluje. V Sloveniji sicer težko govorimo o pravih pragozdovih, ker so površinsko premajhni in ima človek nanje prevelik vpliv posredno z onesnaževanjem zraka in vode, zato raje uporabljamo izraz pragozdni ostanek. Pogoji, da je neka gozdna površina razglašena za pragozd oziroma pragozdni ostanek je, da v njej nikoli ni bilo vpliva človeka in njegovega gospodarjenja. V novejšem času se je pojavil problem zaradi onesnaženega zraka in vode in ker ne moremo vplivati na premike zračnih mas ter tok vode, tako onesnaženje doseže tudi pragozd. S tem po prvotni definiciji pragozda, da je to ekosistem, kjer ni negativnega vpliva človeka, izgubimo še tiste naravne gozdove, ki so se ohranili do sedaj.

Celoten rezervat Bukov vrh leži v odseku 64e in meri 15,65 ha, sam pragozd pa zajema površino 9,25 ha. Ostala površina rezervata predstavlja varovalno cono. Za naravni rezervat je bil razglašen v osemdesetih letih 20. stoletja. Leži v veliki vrtači, s severne in zahodne strani pa ga obdajajo prepadna pobočja.

Porašča ga klimaksna združba *Abieti-fagetum dinaricum*, ki je najbolj prilagojena na te razmere (karbonatna podlaga, bolj ali manj razvita humozna karbonatna tla, rendzine in pokarbonatna tla ter veliko padavin). Prevladuje bukev (86 % dreves), sledi ji gorski javor (11 % dreves), najmanj zastopana pa je jelka (3 % dreves). Na zelo majhni površini na vzhodnem robu vrtače pa najdemo tudi združbo *Aceri-fagetum* (bukov in veliko gorskega javorja) (Kordiš, 1985). Rezervat leži na višini med 1218 in 1313 m nadmorske višine. Kljub relativni majhnosti ima vse značilnosti pragozda. Zastopane so vse razvojne faze: inicialna, optimalna in terminalna. Faze se med seboj prepletajo in

vrivajo - optimalna (42 % površine) na sklenjenih večjih površinah, terminalna (45 %) nekoliko bolj razpršena, vanjo pa se vriva še inicialna faza (13 %). To, da bolj občutljive faze razprši na majhne dele, je naravna obramba gozda pred naravnimi motnjami. Povsod v pragozdu srečamo suha drevesa, ki še stojijo ali pa se podrti na tleh razkrajajo in tako vračajo tlom organsko maso, ki jo mikroorganizmi mineralizirajo, da se lahko zopet vrne v krog življenja. Suha in podrti drevesa imajo v pragozdu veliko vlogo, saj predstavljajo vir hrane in življenjski prostor različnim drugim organizmom, hkrati pa so odlični akumulatorji vode, kar je za prepustna kraška tla izredno velikega pomena. Kjer drevo pade na tla, med krošnjami nastane vrzel in tako do tal pride več svetlobe. To sproži, da se podmladek, ki je zaradi vedno več svetlobe čakal, požene kvišku. Tu se začne neusmiljen boj med osebki, katerega posledica je, da so že takoj izločena šibka drevesa in ostanejo le tista, ki bodo kasneje lahko kljubovala težkim razmeram v okolju. Da je ta pragozd bolj odporen na naravne ujme kot preostali gospodarski gozd sklepamo iz tega, da sta žled in veter tu pustila manj negativnih posledic na celotnem ekosistemu, kljub temu da lahko skoraj na vsakem drevesu opazimo znake poškodb iz preteklosti. Te se kažejo v zadebelinah na deblih, skoraj pravokotni rasti vej, predvsem pri iglavcih pa po razcepljenosti debla na dva ali več delov ipd.

Pragozd nam je zato lahko odlična učilnica za delovanje v gospodarskem gozdu. Spoznamo naravne zakonitosti gozdnega ekosistema, saj je to edini gozdni ekosistem, za katerega vemo, da v njem ni bilo vpliva človeka. Potreba po razumevanju naravnih zakonitosti in delovanju naravnega gozda se pojavlja pri problemu, kako v gospodarskem gozdu zagotoviti, da bo ohranjal svoje mehanizme, ki povečujejo njegovo vitalnost. Zato je zavarovanje takih predelov izredno velikega pomena.



Slika 12: Pragozdni ostanek Bukov vrh
Foto: Irma Pivk, september 2007

4.6 Gospodarski gozd

Ploskve v gospodarskem gozdu ležijo v odsekih 63a in 63c GGE Idrija II. Odsek 63a je v celoti naravni rezervat za divjega petelina, zato je v njem prepovedano vsakršno gospodarjenje. Vzrok za tak ukrep je, ker divji petelin v času gnezdenja potrebuje popoln mir in bi ga hrup zaradi dela v gozdu motil. Zavarovan je šele od leta 1996, zato za našo raziskavo to dejstvo ne bo imelo bistvenega pomena.

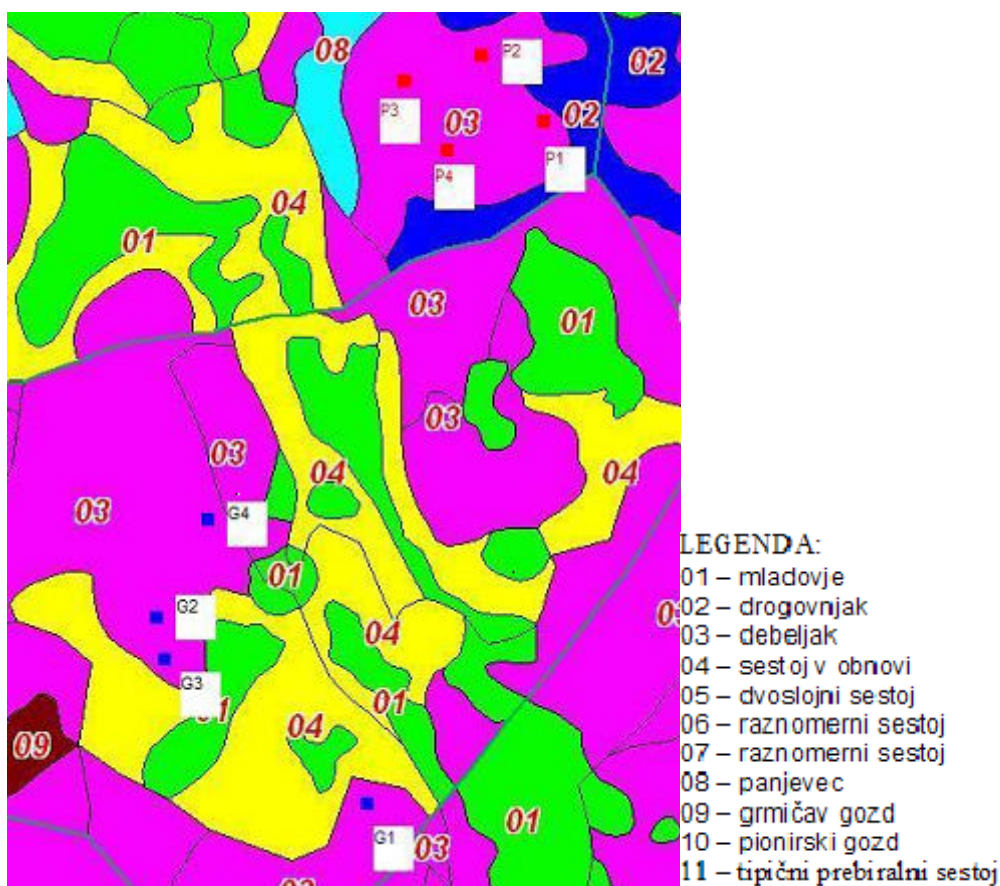
Oddelek 63 je predstavnik gospodarsko visokoproduktivnih gozdov in ima zato že dolgo zgodovino izkoriščanja. Razvoj sestoji nakazuje zabukovljenja s primesjo jelke in plemenitih listavcev, le v najhladnejših mestih tudi smreke. Po podatkih Zavoda za gozdove, krajevne enote Idrija, je povprečna lesna zaloga okoli 300 m³/ha.

5. METODE DE LA

5. 1 Izbor raziskovalnih ploskev

Idrijski gozdovi so bili skozi zgodovino vedno izpostavljeni naravnim motnjam kot so vetrolomi, snegolomi in žledolomi. Kljub temu so obdržali visoko stopnjo vitalnosti. To dejstvo nas je pripeljalo do sklepa, da so ti gozdovi najprimernejši za preučevanje upornosti in prožnosti gozdnega ekosistema.

Po odločitvi, da kot primer naravnega gozda vzamemo pragozdni ostanek Bukov vrh, smo v neposredni bližini s pomočjo Zavoda za gozdove, krajevne enote Idrija, za primerjavo izbrali še ploskve v gospodarskem gozdu. V vsakem od teh dveh tipov gozdnih ekosistemov smo izbrali v razvojni fazi debeljak oziroma v optimalni fazi pragozda štiri ploskve v velikosti 0,1 ha. Ploskve v tej razvojni fazi smo izbrali zato, ker je to najoptimalnejša in najbolj dolgoživa faza, nek lokalni klimaks. Pri analizi podatkov smo podatke iz ploskev združevali tako, da nismo ugotavljali razlik med vsemi ploskvami, ampak le med pragozdom in gospodarskim gozdom.



Slika 13: Razvojne faze

Vir: Zavod za gozdove Slovenije, krajevna enota Idrija

5.2 Terensko delo

Preučevanje posledic žledenja in mehanizmov, ki se odzovejo ob tej naravni ujmi, je težko delo, saj je potek žledenja kot naravni pojav izredno težko kontrolirati in preučevati, ker je neponovljiv in nepredvidljiv pojav. Zato smo se odločili, da stopnjo prožnosti in upornosti ekosistema preučujemo na osnovi tako imenovanega demografskega in strukturnega pristopa, kje v prvem primeru prožnost in upornost preučujemo na osnovi demografskih meril za opis značilnosti ekosistema (število vrst, njihovo obilje, oblike pojavnosti, volumen žive in mrtve lesne mase itd.), v drugem primeru pa na osnovi preučitve vertikalne strukture sestojev (razmestitev dreves po slojih, višini dreves itd.) in horizontalne kompartmentalizacije ekosistema (prostorska razporeditev dreves).

Na začetku dela na terenu smo naredili skice ploskev in umestitve dreves. S tem smo pridobili podatke o horizontalni strukturi, posebej smo se osredotočili na položaj šopov. Poleg tega smo s tem pridobili podatke o številu dreves in o drevesnih vrstah. Vsa drevesa so bila na tej stopnji oštevilčena.

Na vsaki ploskvi smo naredili opise sestojev, in sicer smo pridobili podatke za kasnejše izračune volumna živega in mrtvega drevja kot osnovnega gradnika gozdnega ekosistema in s tem pridobili osnovne podatke o raziskovalnih ploskvah.

Izbrali smo attribute dreves, ki smo jih potem izmerili in popisali na vsaki ploskvi. Na podlagi tako pridobljenih podatkov, in sicer višine in premera dreves, smo potem izračunali volumen žive mase. Izračunali smo volumen drevesnine, ki predstavlja celoten nadzemni del drevesa skupaj z vejami in poda natančnejše podatke kot deblovina, ki se bolj uporablja za gospodarske raziskave. Uporabili smo regresijske modele za izračun drevesnine bukve, jelke in smreke (Schober, 1952). Ker za gorski javor teh modelov nimamo, smo uporabili model za izračun drevesnine bukve. Izmerili smo vsa drevesa s premeri, večjimi od 5 cm. Premere smo merili s klupo, in sicer na višini 130 cm (prsna višina), višino pa z merilcem višine.

Za izračun mrtve mase smo le-to razdelili glede na stopnjo razpada v štiri kategorije, in sicer panji, gomile, mrtva ležeča in mrtva stoječa drevesa (Debeljak, 1999). Mrtve ostanke dreves smo razdelili v te kategorije zaradi lažjega izračuna volumna. S tem smo lahko naredili primerjavo v volumnu žive ter mrtve mase med pragozdom in gospodarskim gozdom.

Za vsako živo drevo smo naredili tudi opis krošnje, in sicer širino in globino, njegove interakcije z drugimi drevesi in stopnjo poškodovanosti drevesa. Za poškodbo na drevesu smo smatrali anomalije, kot so zadebeline na deblu, nenavadna razrast vej ipd. (slika 14). Poleg tega smo naredili popis šopov ter njihove značilnosti (število, volumen, višina, prsni premer dreves in oblika krošnje dreves).

Posebno pozornost smo namenili preučevanju šopa kot oblike rasti dreves, saj smo predvidevali, da ima veliko vlogo pri zagotavljanju odpornosti in prožnosti celotnega ekosistema.

Za vse zgoraj naštet metode so natančnejše razlage v poglavju 6 (Analiza in rezultati).



Slika 14: Anomalija na drevesu, posledica naravne ujme
Foto: Irma Pivk, september 2007

5.3 Statistična obdelava podatkov

Podatke smo analizirali s statističnimi metodami. Podajali smo povprečne vrednosti in standardne odklone. Predpostavili smo, da sta povprečni vrednosti izbranega parametra v gospodarskem gozdu in pragozdu enaki. Ničelna hipoteza: $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2$. To hipotezo smo preizkušali s statističnimi testi, in sicer s t-testom (1) s stopnjami značilnosti $\alpha = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1$ in 0.2 , pri čemer je prva najbolj zanesljiva, kjer so bili rezultati podani kot absolutne vrednosti. Z z-testom (3) pa, kjer so bili rezultati podani kot deleži glede na celoto, in sicer smo upoštevali $0.03\%, 0.3\%, 2\%$ in 5% tveganje.

t-test:

$$t = (x_1 - x_2) / (S \sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)}) \quad (1)$$

$$S^2 = ((n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2) / (n_1 + n_2 - 2) \quad (2)$$

z-test:

$$z = (p_1 - p_2) / (\sqrt{p_{sk} q_{sk} (1/n_1 + 1/n_2)}) \quad (3)$$

$$p_1 = x_1 / n_1 ; \quad p_2 = x_2 / n_2 \quad (4)$$

$$p_{sk} = (x_1 + x_2) / (n_1 + n_2) \quad (5)$$

$$q_{sk} = 1 - p_{sk} \quad (6)$$

x – povprečna vrednost

n – velikost vzorca

s – standardni odklon

p – delež glede na celoto

6. REZULTATI IN RAZPRAVA

6.1 Rezultati dendrometrijskih raziskav – biomasa

Kot mero za podajanje rezultatov smo uporabljali volumne živih oziroma mrtvih dreves ter jih podajali kot m³/ha površine.

6.1.1 Živo drevje

Na raziskovalnih ploskvah v gospodarskem gozdu so od drevesnih vrst zastopane bukev, gorski javor, smreka in jelka. Na raziskovalnih ploskvah v pragozdu pa so zastopane bukev, jelka in gorski javor. Na vseh ploskvah močno prevladuje bukev, tako v številu dreves kot tudi v volumnu.

V analizo smo zajeli vsa drevesa, ki so imela premer na prsni višini (dbh) 5 cm in več. Zgornja meja ni določena in je odvisna od dimenzij dreves.

Pri izračunu volumna dreves smo uporabljali tablične vrednosti Grundner-Schwappachovih dvovhodnih deblovnic za drevesnino in deblovino (Schober, 1952), na osnovi katerih so bili izdelani regresijski modeli za izračun drevesnine in deblovine po drevesnih vrstah (Puhek, 1996 cit. po Debeljak, 2002). Po teh modelih smo v naši raziskavi izračunali drevesnino na raziskovalnih ploskvah (enačba 7). Prsni premer d se v model vnaša v centimetrih, višina h pa v metrih

$$V=(a_0dh+a_1d^2h+a_2d^2h^2+a_3d^3h+a_4d^4h^2+a_5dh^3+a_6dh^2+a_7d^5h^3+a_8d^3h^3)/1000 [m^3] \quad (7)$$

V našem primeru smo zgornji model uporabljali za izračun drevesnine bukve, smreke in jelke (za izračun volumna gorskega javorja pa smo uporabili formule za bukev) za katere so v spodnji preglednici navedene vrednosti regresijskih koeficientov od a_0 do a_8 :

Tabela 1: Regresijski koeficienti za izračun drevesnine bukve in jelke (Puhek, 1996 cit. po Debeljak, 2002)

Regresijski koeficienti	Drevesnina		
	jelka	bukev	smreka
a_0	-0,226973300	-0,194187000	-0,239504400000
a_1	0,044562292	0,046982619	0,059380420000
a_2	-1,4244921E-04	-2,2692159E-04	-0,000302227400
a_3	-1,155556E-04	-1,025227E-04	-0,000431094000
a_4	3,709732E-09	8,488795E-08	0,000000090500
a_5	-2,785013E-04	-2,611492E-06	-0,000003731000
a_6	1,955774E-02	5,806030E-03	0,006897634000
a_7	-1,793837600E-12	-1,770242000E-11	0,000000000009
a_8	3,0828671E-08	4,3446360E-08	0,000000006430

Najprej smo naredili primerjavo med volumnoma živega drevja v gospodarskem gozdu in pragozdu. In sicer smo izračunali volumen živega drevja na vseh ploskvah ter potem povprečje preračunali na površino hektar. Rezultati so podani v tabeli 2.

Tabela 2: Primerjava med volumnom žive mase v pragozdu in gospodarskem gozdu

	(m ³ /ha)
Gospodarski gozd	435,01 (59,03) ¹
Pragozd	675,00 (88,13)

Zanimala nas je razlika med povprečno lesno zalogo v pragozdu in gospodarskem gozdu. Predpostavili smo, da sta povprečni vrednosti lesne zaloge v gospodarskem gozdu in pragozdu enaki. Ničelna hipoteza: $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2$. Izvedli smo t-teste.

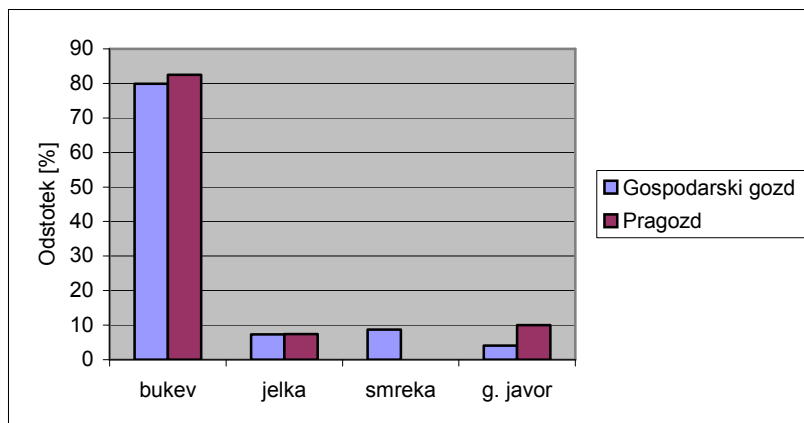
T-test je pokazal, da obstaja značilna razlika $\alpha = 0,01$ v povprečni lesni zalogi med pragozdom in gospodarskim gozdom. Lesna zaloga je v pragozdu značilno višja. V gospodarskem gozdu je volumen živega drevja manjši zaradi gospodarskega iznosa lesne mase, kar povzroča siromašenje tal.

Za boljši vpogled stanja smo število in volumen živega drevja prikazali tudi po posameznih drevesnih vrstah, ki so na naših raziskovalnih ploskvah prisotne, in sicer bukev, gorski javor, jelka in smreka (tabela 3).

Tabela 3: Število živih dreves po drevesnih vrstah, preračunano na hektar

	BUKEV (N/ha)	JELKA (N/ha)	SMREKA (N/ha)	GORSKI JAVOR (N/ha)	SKUPAJ (N/ha)
Gospodarski gozd	381,27	34,84	41,62	19,44	477,17 (81,71)
Pragozd	311,47	28,04	0,00	37,88	377,38 (79,82)

¹ Srednja vrednost in standardni odklon



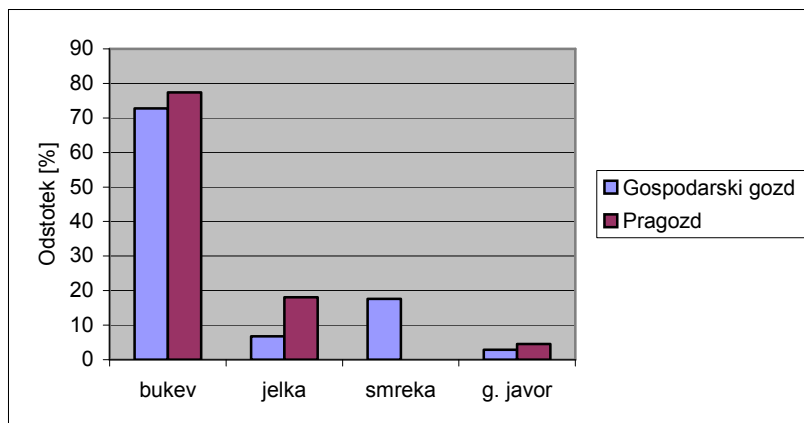
Slika 15: Razmerja v številu živih dreves med drevesnimi vrstami

Slika 15 prikazuje razmerje v številu dreves med drevesnimi vrstami. V pragozdu in gospodarskem gozdu po številu prevladuje bukev, ki je na dane razmere najbolj prilagojena. V pragozdu ji po številčnosti sledi gorski javor, ki je skoraj vsepovsod pomešan k bukvi, posamično ali v šopih. V gospodarskem gozdu je gorski javor manj zastopan. Smreka pa je prisotna le v gospodarskem gozdu in je v pragozdu ni. Na tem območju naravno uspeva le v mraziščih, tako je v gospodarskem gozdu povečini umetno posajena, saj je bila v preteklosti s strani gozdarske stroke privilegirana drevesna vrsta. V njej so videli hitro večanje lesne zaloge. Jelka je po številu enako zastopana v pragozdu in gospodarskem gozdu. Raste pa posamično in tudi v šopih.

Naredili smo tudi primerjavo porazdelitve biomase po drevesnih vrstah med pragozdom in gospodarskim gozdom (tabela 4).

Tabela 4: Volumen živih dreves po drevesnih vrstah, preračunano v m³ na hektar

	BUKEV (m ³ /ha)	JELKA (m ³ /ha)	SMREKA (m ³ /ha)	GORSKI JAVOR (m ³ /ha)	SKUPAJ (m ³ /ha)
Gospodarski gozd	316,65	29,41	76,58	12,37	435,01 (59,03)
Pragozd	522,27	122,23	0,00	30,50	675,00 (88,13)



Slika 16: Razmerje volumnov živih dreves med drevesnimi vrstami

Na sliki 16 vidimo, da tudi v lesni zalogi tako v pragozdu kot v gospodarskem gozdu prevladuje bukev. V pragozdu ji sledi jelka in ne gorski javor kot pri številu. Vzrok za tako stanje je, da jelka dosega dosti večje dimenzije kot gorski javor. V gospodarskem gozdu pa ima smreka v lesni zalogi večji delež kot v številu, saj prav tako dosega večje dimenzije v primerjavi z bukvijo in gorski javorjem. Jelka je v gospodarskem gozdu manj zastopana kot v pragozdu, ker pri pomlajevanju na posekah težko tekmuje z bukvijo in smreko ter tako nazaduje. Jelka je sencialjubna drevesna vrsta in se lažje pomlajuje v bolj zastrtih legah.

Tako v številu kot v volumnu živih dreves močno prevladuje bukev, ki je na dane razmere v tem okolju najbolj prilagojena.

Zanimale so nas tudi razlike v povprečnih višinah in premerih dreves med gospodarskim gozdom in pragozdom (tabela 5). Predpostavili smo, da sta povprečni vrednosti višin ter premerov dreves v gospodarskem gozdu in pragozdu enaki. Ničelna hipoteza: $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2$. Izvedli smo t-teste.

Tabela 5: Povprečne vrednosti višin in premerov dreves

	GOSPODARSKI GOZD	PRAGOZD
Povprečna višina dreves (m)	17,57 (8,51)	22,47 (8,38)
Povprečni premer dreves (cm)	27,03 (15,82)	34,99 (19,62)

T-test je pokazal, da obstaja značilna razlika $\alpha = 0,01$ tako v povprečni višini kot v povprečnem premeru dreves med pragozdom in gospodarskim gozdom. Povprečne višine in premeri dreves so značilno višji v pragozdu kot v gospodarskem gozdu. To pomeni, da so dimenzije dreves v pragozdu večje kot v gospodarskem gozdu, kjer zaradi negativnega vpliva gospodarjenja na gozd, katerega posledica je, da je življenjska doba dreves krajša in je rodovitnost tal zmanjšana, niti ne dosegajo naravno maksimalnih dimenzij. To je pričakovan rezultat glede na to, da je lesna zaloga v pragozdu dosti višja kot v gospodarskem gozdu, kljub temu da je gostota dreves v gospodarskem gozdu višja.

6.1.2 Mrtvo drevje

Izračun volumna mrtve drevesne mase smo naredili tako, da smo najprej to maso razdelili glede na stadij razpada na panje, ležeče mrtvo drevje, stoječe mrtvo drevje in gomile. Ker so prevladujoče drevesne vrste na raziskovalnih ploskvah bukev, gorski javor, jelka ter smreka in zaradi težkega določevanja, smo mrtva drevesa razdelili le v dve kategoriji, in sicer listavci in iglavci. Pri listavcih prevladuje bukev, pri iglavcih pa jelka. Formule za izračun volumna mrtve mase smo povzeli iz raziskave Mrtvo drevje v pragozdu Pečka (Debeljak, 1999).

Za vsak razpadni stadij so nas zanimale razlike v povprečnih volumnih mrtvih ostankov dreves na hektar med pragozdom in gospodarskim gozdom. Predpostavili smo, da sta povprečni vrednosti v gospodarskem gozdu in pragozdu enaki. Ničelna hipoteza: $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2$. Izvedli smo t-teste.

6.1.2.1 Panji

Panj je del drevesa na prehodu iz koreninskega, podzemnega dela drevesa v deblo. Skupna značilnost vseh panjev je izrazita neiloidna oblika (Debeljak, 1999). Zaradi tega smo volumne panjev računali po formulah za prisekan neiloid (enačba 8).

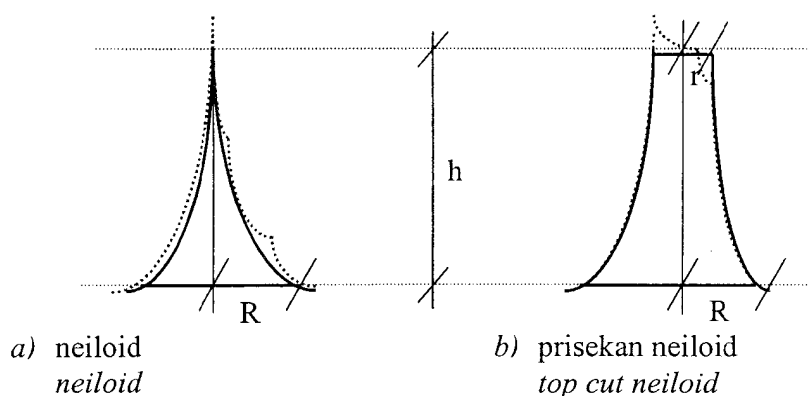
Prisekan neiloid:

$$V = (R^2 + r^2) * \pi * h / 4 \quad (8)$$

R = polmer osnovne ploskve neiloida oz. polmer panja, merjen v nivoju tal

r = polmer manjše ploskve prisekanega neiloida oz. panja

h = višina neiloida oz. panja



..... dejanskega oblika panja
real shape of the stump

Slika 17: Dejanska oblika panja in njena aproksimacija z neiloidom oz. prisekanim neiloidom

Vir: Debeljak, 1999



Slika 18: Panj jelke v pragozdu
Foto: Irma Pivk, september 2007

V skupino panjev smo uvrščali tiste, ki niso presegli višine 2,5 m. Višji deli mrtvih dreves so že spadali v kategorijo stoječih ostankov. Spodnja meja pa je bila še viden ostanek panja.

Naredili smo primerjavo števila in volumna panjev med gospodarskim gozdom in pragozdom (tabela 6).

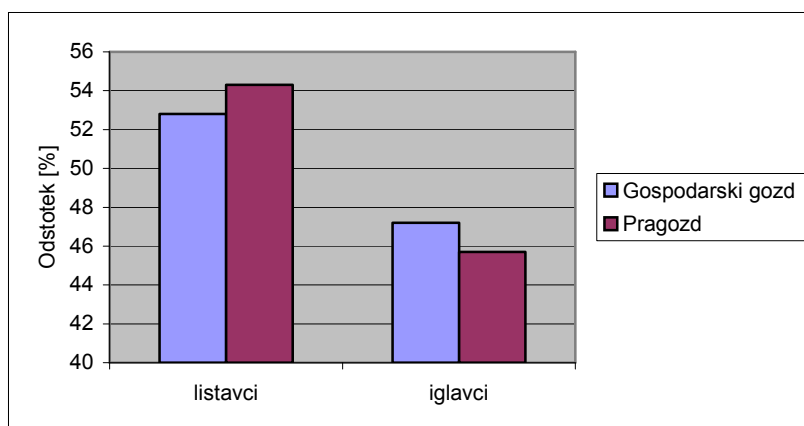
Tabela 6: Primerjava števila in volumna panjev na hektar med pragozdom in gospodarskim gozdom

	ŠTEVILO PANJEV (N/ha)	VOLUMEN PANJEV (m ³ /ha)
Gospodarski gozd	167,29 (59,64)	4,13 (2,06)
Pragozd	41,57 (20,84)	1,53 (1,42)

T-test je pokazal, da obstaja značilna razlika $\alpha < 0,01$ med povprečnim številom panjev na hektar v pragozdu in gospodarskem gozdu, le-teh je v gospodarskem gozdu več. V primeru povprečnih volumnov panjev na hektar je t-test pokazal razliko $\alpha < 0,1$. Število in volumen panjev sta bila večja v gospodarskem gozdu kot v pragozdu, ker je

razpadna doba panja daljša kot obdobje med sečnjami. Zato pride do kumulativnega kopičenja panjev.

Proces razpadanja dreves v pragozdu poteka počasneje in zaradi drugačnega načina razpadanja je tudi zastopanost razpadnih faz drugačna kot v gospodarskem gozdu. V naravnem gozdu drevo odmre še v stoječem stanju in potem njegovi deli počasi padajo na gozdna tla. Je pa tudi gostota živih dreves v pragozdu manjša. Tako je stadij panja manj prisoten.



Slika 19: Razmerje volumnov panjev med listavci in iglavci

Opaziti pa je bilo tudi razlike med razpadanjem iglavcev in listavcev (slika 19). Iglavci v pragozdu popolnoma odmrejo v stoječem stanju in se nato verjetno ob kakšni naravni ujmi, kot je močan veter, sneg ali žled, v celoti podrejo na tla, medtem ko se debela listavcev počasi prelamljajo in se tako drevo postopoma podira na tla. V gospodarskem gozdu je več panjev iglavcev. Vzrok je v razmerju poseka med iglavci in listavci, ki znaša 31 % iglavci : 69 % listavci (Gozdnogospodarski načrt, 1998-2007). Delež poseka iglavcev je relativno visok glede na razmerje živih dreves. Poleg tega pa mrtvi ostanki iglavcev propadajo počasneje in se tako dlje časa ohranijo. K temu prispeva še dejstvo, da je bukev bolj agresivna v pomlajevanju kot jelka in tako slednja bolj nazaduje.

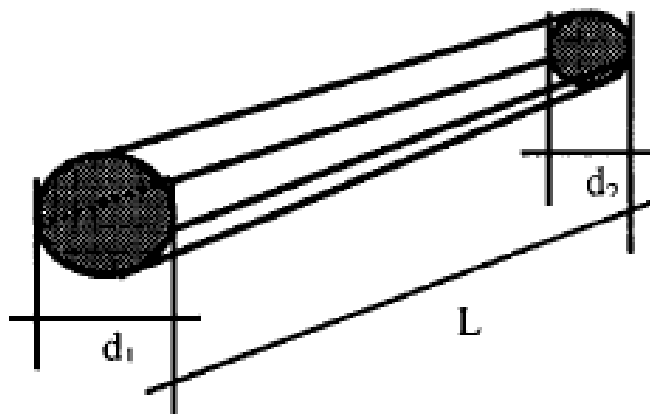
6.1.2.2 Ležeči ostanki

V skupino ležečih ostankov smo uvrstili tiste dele mrtvega drevja, ki ležijo na gozdnih tleh in je njihova oblika še razpoznavna. To so odmrla debela in deli krošnje, ki so v procesu razpadanja in se tako preobražajo v gomile.

Volumen ležečih ostankov dreves brez krošenj smo računali s pomočjo Smalianove formule za izračun volumna drevesa po sekcijah (enačba 9) (Hočevlar, 1993).

$$V = (\pi L (d_1^2 + d_2^2)) / 6 = (L (g_1 + g_2)) / 2 \quad (9)$$

d_1 = premer na začetku ležečega ostanka
 d_2 = premer na koncu ležečega ostanka
 g_1 = temeljnica na začetku ležečega ostanka
 g_2 = temeljnica na koncu ležečega ostanka
 L = dolžina ležečega ostanka



Slika 20: Ležeči ostanek mrtvega drevesa
Vir: Debeljak, 1999



Slika 21: Ležeči ostanek bukve v pragozdu
Foto: Irma Pivk, september 2007

Da smo uvrstili ostanek v kategorijo ležečih ostankov, je morala biti njegova dolžina najmanj 1 m, premer pa 5 cm.

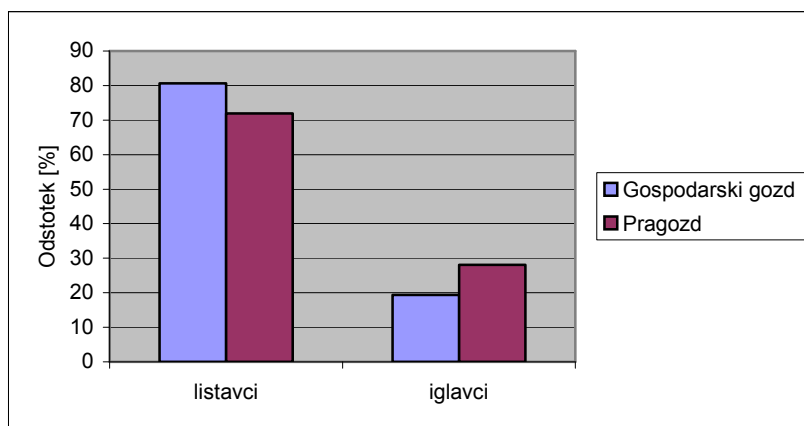
Naredili smo primerjavo števila in volumna ležečih mrtvih ostankov med gospodarskim gozdom in pragozdom (tabela 7).

Tabela 7: Primerjava števila in volumna mrtvih ležečih ostankov na hektar med pragozdom in gospodarskim gozdom

	ŠTEVILO LEŽEČIH OSTANKOV (N/ha)	VOLUMEN LEŽEČIH OSTANKOV (m ³ /ha)
Gospodarski gozd	180,28 (28,26)	7,19 (3,69)
Pragozd	325,10 (35,12)	43,45 (33,83)

T-test je pokazal značilno razliko $\alpha < 0,01$ med povprečnim številom ležečih ostankov na hektar v pragozdu in gospodarskem gozdu, le-teh je v pragozdu več. V primeru povprečnih volumnov ležečih ostankov na hektar je t-test pokazal razliko $\alpha < 0,1$. Število in volumen ležečih ostankov sta bila večja v pragozdu kot v gospodarskem gozdu. Rezultat je pričakovan zaradi iznosa lesne mase v gospodarskem gozdu.

Tudi v primeru ležečih ostankov smo naredili primerjavo v volumnih ležečih ostankov med iglavci in listavci.



Slika 22: Razmerje volumnov ležečih ostankov med listavci in iglavci

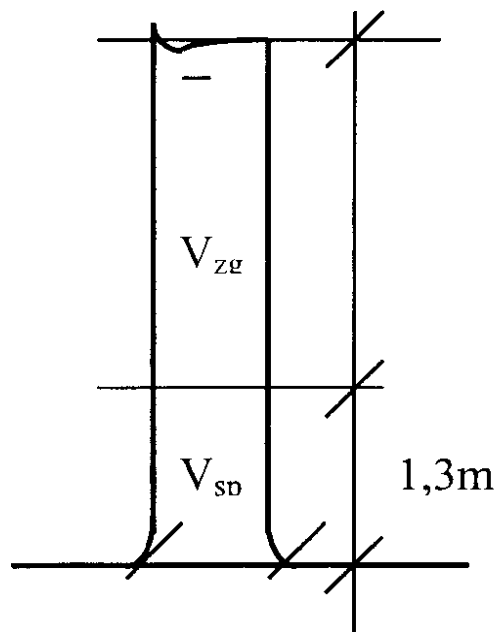
Pri ležečih ostankih je razmerje med listavci in iglavci podobno, kot je to razmerje pri živih drevesih (slika 22). Tako stanje je posledica dejstva, da je to začetni stadij odmiranja dreves in odseva sedanje stanje ali stanje v bližnji preteklosti.

6.1.2.3 Stoječi ostanki

V skupino stoječih ostankov smo uvrstili mrtva drevesa v stoječem stanju. To so lahko stoječi ostanki odlomljenega drevesa, visoki vsaj 2,5 m (nižji so bili uvrščeni v skupino panjev), ali mrtva drevesa, ki še imajo krošnjo. Spodnji debelinski prag je bil 5 cm. Zgornjo višinsko mejo je določala višina drevesa in nismo postavili omejitve.

Da je drevo odmrlo smo ugotovili po tem, da ni imelo zelenega asimilacijskega aparata, ali je imelo tudi druge znake odmrlega drevesa.

Volumen stoječih ostankov mrtvih dreves smo izračunali kot vsoto volumna do višine 1,3 m in od 1,3 m do vrha oziroma višine odloma (enačba 10). Volumen spodnjega dela smo izračunali po enačbi za prisekan neloid (enačba 8). Spodnji premer smo merili na višini tal, zgornji premer prisekanega neloida pa na višini 1,3 m. Volumen zgornjega dela stoječega ostanka smo določili s Smalianovo formulo (enačba 9). Spodnji premer smo izmerili na višini 1,3 m, zgornjega pa na višini vrha oziroma odloma (Debeljak, 1999). Zgornji premer smo določili opisno.



Slika 23: Stoječi ostanek mrtvega drevesa brez krošnje
Vir: Debeljak, 1999

$$V_{\text{stoječi}} = V_{\text{spodaj}} + V_{\text{zgoraj}} \quad (10)$$



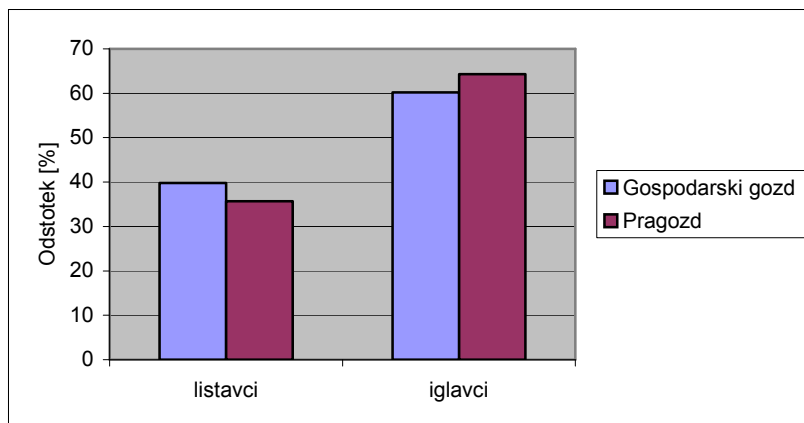
Slika 24: Stoječi ostanek mrtve jelke v pragozdu
Foto: Irma Pivk, september 2007

Naredili smo primerjavo števila in volumna stoječih mrtvih ostankov med gospodarskim gozdom in pragozdom (tabela 8).

Tabela 8: Primerjava števila in volumna mrtvih stoječih ostankov na hektar med pragozdom in gospodarskim gozdom

	ŠTEVILO STOJEČIH OSTANKOV (N/ha)	VOLUMEN STOJEČIH OSTANKOV (m ³ /ha)
Gospodarski gozd	22,22 (7,88)	14,66 (16,85)
Pragozd	54,29 (24,07)	50,86 (56,24)

T-test je pokazal, da obstaja razlika $\alpha < 0,1$ med povprečnim številom stoječih ostankov na hektar v pragozdu in gospodarskem gozdu, le-teh je v pragozdu več. V primeru povprečnih volumnov stoječih ostankov na hektar je t-test pokazal zelo šibko razliko $\alpha < 0,5$, ki je ne moremo upoštevati. Stanje lahko razložimo s tem, da je bilo na ploskvah v gospodarskem gozdu prisotnih nekaj stoječih mrtvih orjakov jelke, zaradi katerih se je povprečni volumen mrtvih stoječih ostankov dreves v gospodarskem gozdu občutno povečal.



Slika 25: Razmerje volumnov stoječih ostankov med listavci in iglavci

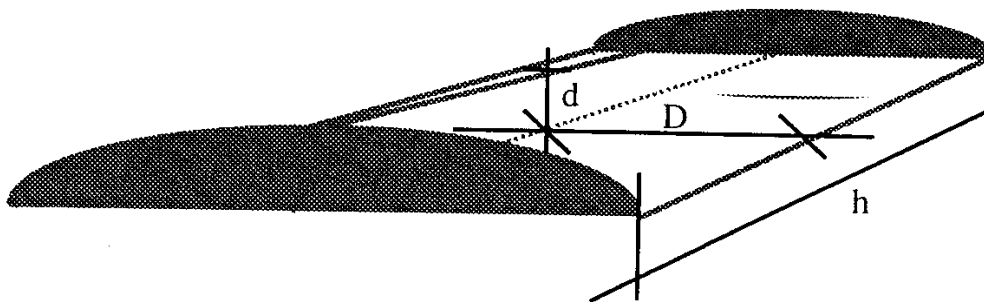
V primeru razmerja volumnov stoječih ostankov med listavci in iglavci smo prišli do nepričakovanega rezultata (slika 25). Kljub temu, da pri živem drevju v volumnu močno prevladujejo listavci, je v volumnu stoječega mrtvega drevja več iglavcev. Vzrokov za tako stanje je več. Kot prvo naj omenimo dejstvo, da se proces propadanja iglavcev razlikuje od procesa propadanja listavcev. Drevo iglavca se že v celoti posuši še v stoječem stanju in v tem stanju vztraja dlje časa od listavca. Tako lahko v gozdu opazimo posušene orjake jelke ali smreke, ki imajo še isto obliko kot takrat, ko so bila še živa. Drugi vzrok za tako stanje je dejstvo, da iglavci dosegajo večje volumne od listavcev in se potem to odraža tudi na velikem volumnu odmrlih iglavcev.

Pri stojećih ostankih mrtvih dreves nam daje boljšo sliko stanja razmerje v številu teh ostankov. Prevladujejo listavci, kar smo tudi pričakovali glede na stanje pri živih drevesih. Ampak še vedno lahko zaznamo, da razlika ni tolikšna kot pri živih drevesih, saj je tam listavcev prek 80 %. Tu se zopet pokaže, da so bili iglavci v preteklosti številčnejše prisotni. Kljub temu pa se moramo zavedati tudi dejstva, da k takemu stanju pripomore tudi to, da iglavci razpadajo počasneje od listavcev in so tako dalj časa prisotni v fazi odmrlega drevja.

6.1.2.4 Gomile

Gomila je ostanek mrtvega drevesa, ki se zaradi visoke stopnje razpada že staplja s tlemi oziroma ima značilno sploščeno obliko. Klasičnih oblik debla tako ni več mogoče zaznati. Prečni presek gomile je podoben polovici preseka elipse (slika 26) (Debeljak, 1999).

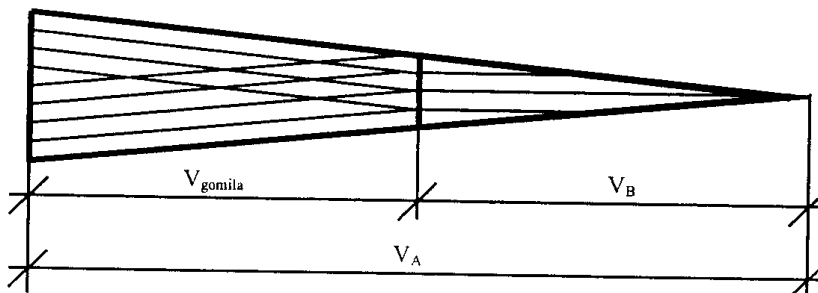
Pri uvrščanju mrtvega ostanka v kategorijo gomil smo upoštevali spodnjo mejo, in sicer dolžino 0,5 m. Za razliko od ležečih ostankov smo v to kategorijo uvrstili mrtve ostanke, ki niso več imeli značilne oblike debla, niso pa se še stopili z ravnino tal. Zgornje meje nismo določili, saj je bila ta odvisna od velikosti ostanka.



Slika 26: Gomila

Vir: Debeljak, M., 1999

Izračun volumna gomile temelji na razliki volumnov dveh stožcu podobnih geometrijskih teles, ki imata za osnovno ploskev elipso (enačbi 11,12) (Debeljak, 1999).



Slika 27: Izračun volumna gomile

Vir: Debeljak, M., 1999

Osnovna formula:

$$V = (D * d * \pi * h) / 3 \quad (11)$$

D = polmer večjega premera elipse oziroma polmer premera gomile
d = polmer manjšega dela elipse oziroma višina gomile nad nivojem tal
h = višina telesa oziroma dolžina gomile

Volumen gomile:

$$V_{\text{gomila}} = (V_A - V_B) / 2 \quad (12)$$

V_{gomila} = volumen gomile

V_A = volumen velikega telesa

V_B = volumen malega telesa



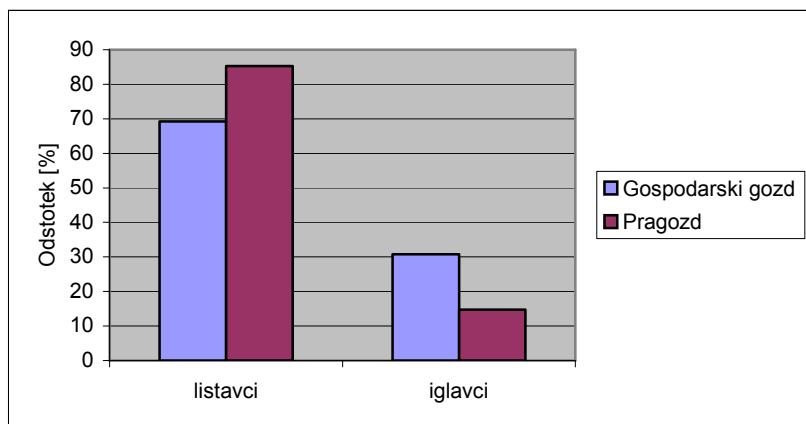
Slika 28: Gomila mrtve jelke v pragozdu
Foto: Irma Pivk, avgust 2008

Naredili smo primerjavo števila in volumna gomil med gospodarskim gozdom in pragozdom (tabela 9).

Tabela 9: Primerjava števila in volumna gomil na hektar med pragozdom in gospodarskim gozdom

	ŠTEVILO GOMIL (N/ha)	VOLUMEN GOMIL (m ³ /ha)
Gospodarski gozd	95,24 (19,27)	0,52 (0,36)
Pragozd	192,81 (65,19)	6,06 (2,71)

T-test je pokazal razliko $\alpha < 0,1$ med povprečnim številom gomil na hektar v pragozdu in gospodarskem gozdu, le-teh je v pragozdu več. V primeru povprečnih volumnov gomil na hektar je t-test pokazal značilno razliko $\alpha < 0,01$. Število in volumen ležečih ostankov sta bila večja v pragozdu kot v gospodarskem gozdu. Zopet se je potrdila teza, da je v pragozdu več mrtve drevesne mase kot v gospodarskem gozdu. Vzrok je v dejstvu, da iz pragozda ni človekovega iznosa lesne mase. V gospodarskem gozdu skoraj ne vidimo debela, ki bi razpadalo na tleh, ampak so gomile bolj ostanek večjih vej, ki so padle na tla in nimajo velikega volumna. Zato večja razlika pri volumnu kot pri številu gomil med pragozdom in gospodarskim gozdom.



Slika 29: Razmerje volumnov gomil med listavci in iglavci

Volumen gomil listavcev je izrazito večji od volumna gomil iglavcev (slika 29). To bi lahko pripisali dejstvu, da iglavci dlje časa razpadajo v stoječem stanju in se potem, ko padejo, hitreje zlijejo s tlemi.

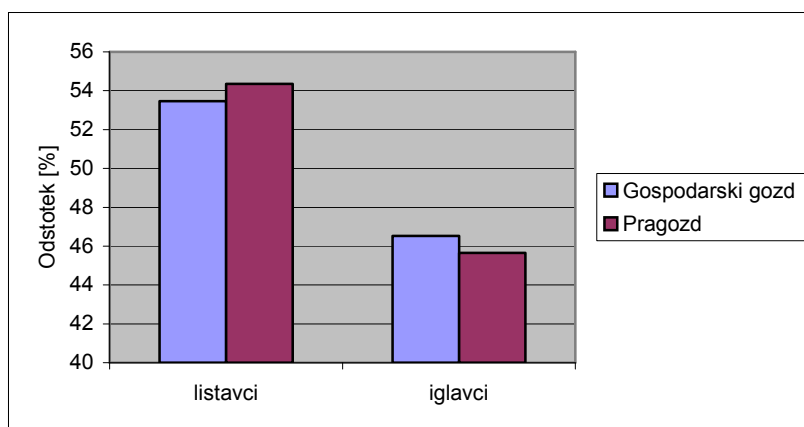
6.1.2.5 Mrtvo drevje – skupno

V tabeli 10 prikazujemo volumen, najprej po kategorijah mrtvega drevja in nato še skupno.

Tabela 10: Volumen mrtvih ostankov dreves po kategorijah popisa

		Panji (m ³ /ha)	Ležeče (m ³ /ha)	Stoječe (m ³ /ha)	Gomile (m ³ /ha)	SKUPNO (m ³ /ha)
Pragozd	Listavci	0,82	31,24	18,14	5,17	55,37
	Iglavci	0,69	12,21	32,70	0,91	46,51
	Skupno	1,51	43,45	50,86	6,06	101,88 (87,79)
Gospodarski gozd	Listavci	2,17	5,80	5,83	0,36	14,16
	Iglavci	1,94	1,39	8,83	0,16	12,32
	Skupno	4,11	7,19	14,66	0,52	26,48 (12,18)

T-test je potrdil sicer šibko razliko ($\alpha < 0,2$) v volumnu celotne mrtve mase med pragozdom in gospodarskim gozdom, in sicer je volumen mrtve mase večji v pragozdu.



Slika 30: Razmerje volumnov mrtvih ostankov dreves med listavci in iglavci

Iz slike 16 (razmerje volumnov pri živih drevesih) vidimo, da je razmerje volumnov živih dreves med pragozdom in gospodarskim gozdom precej drugačno od zgornjega, ki prikazuje to razmerje v volumnu mrtvih dreves (slika 30). Med živimi drevesi je bilo 74 % bukve in 1 % javorja, kar pomeni skupno kar 75 % listavcev. Med mrtvimi ostanki pa so listavci občutno manj zastopani. Vzroke za tako stanje smo opisali že pri vsaki kategoriji posebej. Najpomembnejši je počasnejše odmiranje iglavcev.

Zanimiva je tudi razlika v zastopanosti odmrlih listavcev oziroma iglavcev med pragozdom in gospodarskim gozdom. Delež odmrlih iglavcev je v gospodarskem gozdu večji, kar je verjetno posledica prisotnosti smreke.

Mrtva masa ima v gozdnem ekosistemu veliko vlogo, saj predstavlja vračanje hranil v obliki anorganskega materiala v živo maso. Če je mrtve mase manj, to pomeni manj hranil za živa drevesa. Tu se lahko vprašamo, kako bo tako majhna zaloga mrtve mase v gospodarskem gozdu vplivala na stanje teh gozdov na visokem krasu, kjer so rastiščne razmere ekstremne.

Mrtva drevesa tudi predstavljajo akumulatorje vode, ki tako počasneje odteka in preprečuje izsuševanje gozdnih tal.

Lang in Forman ugotavljata, da padla mrtva drevesa in večje padle odmrle veje predstavljajo več kot 71 % talne mase v 250 let starem hrastovem gozdu v New Jerseyu (Lang in Forman, 1978). Lahko trdimo, da je tudi v naravnem gozdu, poraščenem pretežno z bukvijo, stanje podobno. Kaj se zgodi, če gozdu ne pustimo zadostne količine odmrlega drevja? Zmanjša se rodovitnost tal, saj v njih ni več dovolj hranil.

Pomen mrtvih dreves je za gozdni ekosistem izredno velik. Za severnoameriške pragozdove Maser ugotavlja, da so z izločitvijo mrtvih stoječih drevesnih ostankov iz gozda hkrati izločili tudi 29 % živali, ki so prej bivale v njem (Maser, 1988). Gozdni ekosistem je izredno kompleksen in če v njem ne pustimo dovolj mrtvega drevja, se bo

njegova stabilnost zmanjšala. To pa pomeni, da ga bodo naravne ujme prej prizadele ter se bo težje obnovil.

Mikroorganizmi počasi razgrajujejo mrtva drevesa in iz njih sproščajo hranila, ki se kopičijo v tleh in tako predstavljajo hranila za živa drevesa. To pomeni, da ima gozd z več odmrle mase večjo zalogo hranil v tleh.

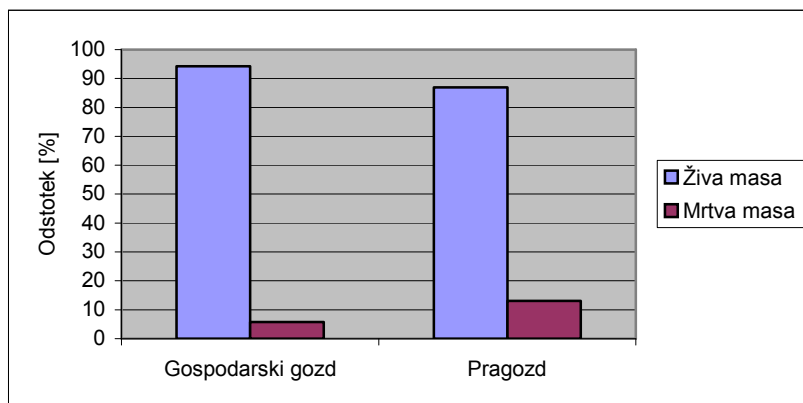
6.1.3 Biomasa – skupno

Osnovni gradnik gozdnega ekosistema so drevesa, zato je njihov volumen zelo pomemben. V tem poglavju bomo predstavili razliko med volumnoma celotne lesne mase, žive in mrtve, med pragozdom in gospodarskim gozdom. V tabeli 11 so podane vrednosti volumnov celotne lesne mase v gospodarskem gozdu in pragozdu.

Tabela 11: Volumen celotne lesne mase

	(m ³ /ha)
Gospodarski gozd	461,49
Pragozd	776,88

Iz tabele 11 vidimo, da je v pragozdu občutno več lesne mase kot v gospodarskem gozdu. Ker so bile ploskve izbrane na primerljivih lokacijah, lahko sklepamo, da je razlika očitna posledica gospodarjenja v gospodarskem gozdu, ki je težilo k iznašanju lesne mase. Vprašamo se lahko, kakšna je prihodnost gospodarskih gozdov s tako majhno lesno zalogo na tem območju, ki spada v visoki kras in potrebuje za svoj obstoj veliko količino žive in mrtve lesne biomase.



Slika 31: Razmerje med živo in mrtvo biomaso

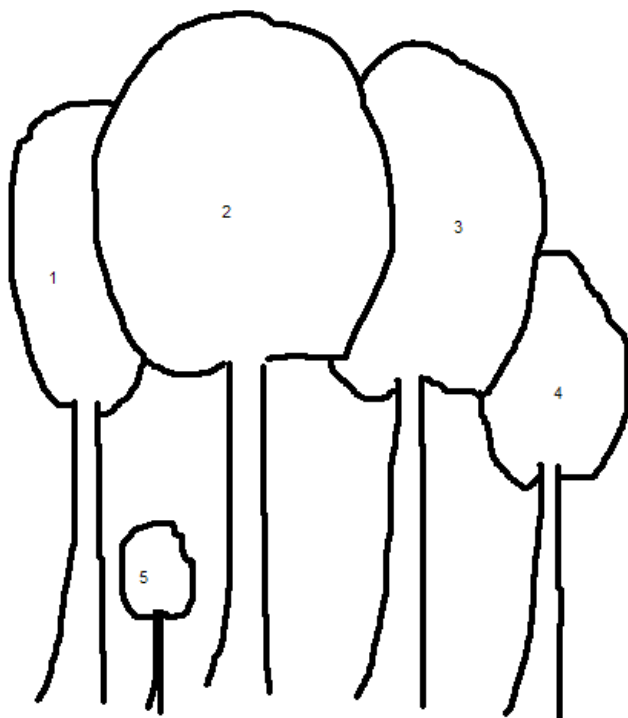
Iz slike 31 vidimo, da je v pragozdu razmerje med mrtvo in živo biomaso drugačno kot v gospodarskem gozdu. Glede na živo biomaso je v pragozdu več mrtve biomase, kar pomeni, da ima ta ekosistem na zalogi dosti več hranil v tleh.

6.2 Vertikalna struktura

Vertikalno strukturo sestojev lahko opišemo kot zastiranje vertikalnih plasti vegetacije, kar pomeni, da je razvitost spodnjih plasti vegetacije odvisna od zastiranja zgornjih plasti. V debeljakih so krošnje v zgornji drevesni plasti sklenjene, zato je plastovitost v teh razvojnih fazah manj izražena (Bončina, 2000). To pomeni, da je vertikalna struktura nekega gozdnega sestoja v največji meri pogojena s svetlobo. Svetlojubna drevesa imajo krošnje v vrhnjem delu, medtem ko imajo svetlovzdržna drevesa krošnjo v nižjih slojih. Med drevesi poteka tudi stalna tekma katero bo doseglo svetlobo in to uspe le najmočnejšim osebkom, šibki pa s časom odmrejo. V hrastovem gozdu le okoli 6 % celotne sončne svetlobe podnevi doseže gozdna tla (Smith in sod., 2001: 613). Lahko trdimo, da je v gozdovih, poraščenih pretežno z bukvijo, stanje podobno.

V tem poglavju bomo predstavili glavne razlike v vertikalni strukturi gozdnega sestoja med pragozdom in gospodarskim gozdom.

V tej nalogi smo slojevitost dreves prikazali glede na njihov položaj v sestojnih slojih, in sicer zgornji, srednji in spodnji. Zgornji sloj smo nato razdelili še v tri sloje, in sicer drevesa v srednjem zgornjem sloju, dominantna drevesa in subdominantna drevesa (slika 32).



- 1 = ZGORNJI SLOJ – subdominantno drevo [min]
- 2 = ZGORNJI SLOJ – dominantno drevo [max]
- 3 = ZGORNJI SLOJ [0]
- 4 = SREDNJI SLOJ [2]
- 5 = SPODNJI SLOJ [3]

Slika 32: Vertikalna struktura gozdnega sestoja

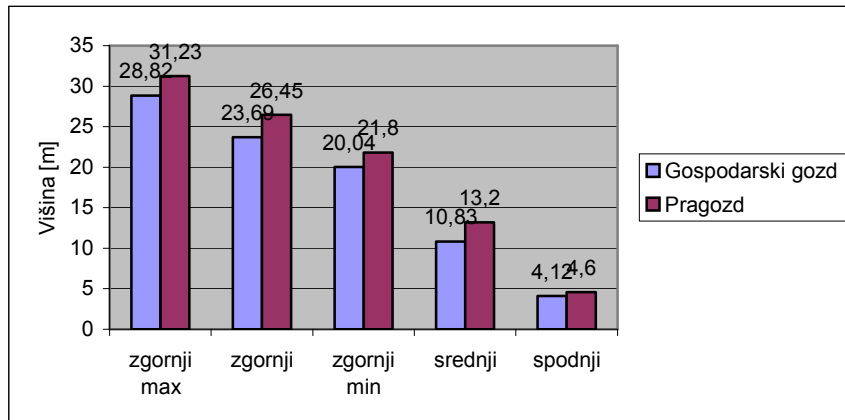
V zgornjem sloju imajo krošnje odrasla drevesa. V srednjem sloju imajo krošnje drevesa, ki so bodisi še v začetku rasti ali so t. i. čakalci, to so drevesa, ki lahko več desetletij čakajo na ugodne razmere za rast ali pa so poraženci in sčasoma odmrejo. V spodnjem sloju pa so skoraj v celoti mlajša drevesa, ki merijo do 6 m v višino.

Na terenu smo živa drevesa opisali z naslednjimi atributi: premer dreves, višina dreves, sloj, globina krošnje, širina krošnje, število kontaktov z drugimi drevesi in število oblomov drevja. S statističnimi metodami bomo skušali ugotoviti, ali obstaja značilna povezava med temi parametri.

6.2.1 Povprečna višina dreves

Najprej smo naredili primerjavo med povprečno višino dreves v izbranih raziskovalnih ploskvah med gospodarskim gozdom in pragozdom. Vzeta so bila vsa drevesa v raziskovalnih ploskvah.

Povprečna višina dreves na raziskovalnih ploskvah v gospodarskem gozdu je znašala 17,57 (8,51) m, medtem ko je bila ta vrednost v pragozdu 22,47 (8,38) m. T-test je pokazal značilno razliko $\alpha < 0,01$ med povprečnima višinama dreves, in sicer so povprečno drevesa v pragozdu značilno višja kot v gospodarskem gozdu. Ta podatek pa ni reprezentativen, saj so v sestojih drevesa zelo različnih velikosti, zato bomo v nadaljevanju naredili popis povprečnih višin dreves po slojih (slika 33).

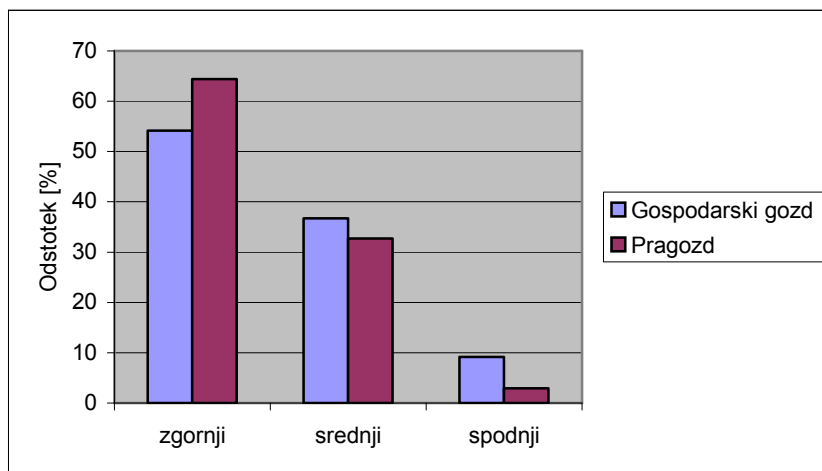


Slika 33: Povprečna višina dreves, prikazana po slojih

V vseh slojih so drevesa v pragozdu višja kot v gospodarskem gozdu. Vzrok za tako stanje je zopet v tem, da zaradi poseka drevesa v gospodarskem gozdu dosegajo nižjo starost kot drevesa v pragozdu. Poleg tega je v gospodarskem gozdu tudi zmanjšana rodovitnost tal, zaradi česar imajo drevesa na voljo manj hranil in ne dosegajo takih dimenzij kot bi jih sicer.

6.2.2 Porazdelitev dreves glede na sloj

V nadaljevanju bo prikazana razlika v številu dreves po slojih med pragozdom in gospodarskim gozdom (slika 34).



Slika 34: Deleži živih dreves po slojih

Tako v pragozdu kot v gospodarskem gozdu je največ dreves v zgornjem sloju in najmanj v spodnjem. Tako stanje je normalno za odrasel gozd v optimalni fazi. Vidimo le, da ima gospodarski gozd glede na pragozd opazno večji delež dreves v srednjem in spodnjem sloju, pragozd pa ima večji delež v zgornjem sloju.

Slojevitost kaže na starostno raznolikost sestojev in že Kordiš ugotavlja, da velika starostna razgibanost prispeva k večji stabilnosti na teh ekstremnih rastiščih, kjer prevladuje ena vrsta (Kordiš, 1985).

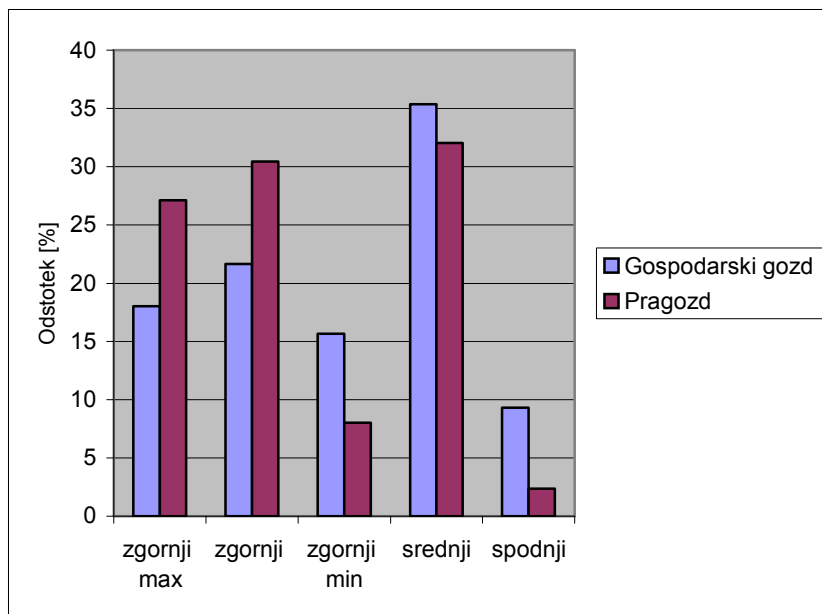
Zanimale so nas razlike v številu dreves na hektar po slojih med pragozdom in gospodarskim gozdom. Predpostavili smo, da je povprečno število dreves po slojih na hektar enako v pragozdu in gospodarskem gozdu. Ničelna hipoteza: $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2$. Izvedli smo z-teste.

Za lažje razumevanje realnega stanja smo število dreves na hektar po slojih prikazali v odstotku glede na vsa drevesa na določeni ploskvi (tabela 12).

Tabela 12: Odstotek dreves po drevesnih slojih glede na vsa drevesa

	ZGORNJI SLOJ (%)			SREDNJI SLOJ (%)	SPODNJI SLOJ (%)
Gospodarski gozd	55	max	18	36	9
		0	21		
		min	16		
Pragozd	65	max	28	32	3
		0	29		
		min	8		

Glede na to, da smo rezultate prikazali v odstotkih glede na vsa drevesa, bomo razlike med pragozdom in gospodarskim gozdom preizkušali s statistiko z. Z-test je pokazal, da v vrhnjem zgornjem sloju [max] obstaja razlika, in sicer lahko z 2 % tveganjem trdimo, da je večji odstotek dreves v tem sloju v pragozdu. V srednjem zgornjem sloju [0] je z-test pokazal, da lahko s 5 % tveganjem trdimo, da je več dreves v tem sloju zopet v pragozdu. Spodnji zgornji sloj [min] pa je številčneje zastopan v gospodarskem sloju, to lahko trdimo z 2 % tveganjem. Za srednji sloj [2] težko trdimo, da je bolj zastopan v gospodarskem gozdu, saj z-test to potrjuje s kar 50 % tveganjem. Je pa zagotovo v gospodarskem gozdu številčneje zastopan spodnji sloj [3], in sicer lahko to trdimo z 0,3 % tveganjem.



Slika 35: Porazdelitev dreves glede na sloj

Slika 35 nazorno kaže, da je večji delež dreves v vrhnjem sloju v pragozdu, v spodnjem sloju pa je tam zelo malo dreves. V gospodarskem gozdu je stanje drugačno; velik delež dreves je v srednjem sloju in tudi v spodnjem sloju je delež dreves večji, kot je ta v pragozdu.

V nadaljevanju bomo prikazali deleže lesne zaloge glede na sloj (tabela 13).

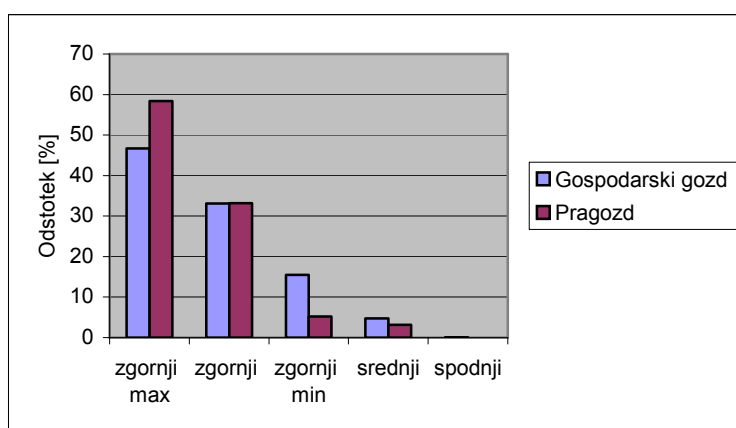
Tabela 13: Odstotek lesne zaloge po drevesnih slojih glede na vsa drevesa

	ZGORNJI SLOJ (%)			SREDNJI SLOJ (%)	SPODNJI SLOJ (%)
		max	0		
Gospodarski gozd	95	47	33	5	0,06
		min	15		
Pragozd	97	62	30	3	*
		0	5		
		min	5		

Opomba: * Vrednosti so bile tako majhne, da jih zaradi zaokroževanja rezultatov na dve decimalni mesti ne zaznamo in jih bomo tako smatrali za zanemarljive

V vrhnjem zgornjem sloju [max] je večji odstotek lesne zaloge v pragozdu, kar potrjuje tudi z-test z 0,03 % tveganjem. Tega ne moremo trditi za srednji zgornji sloj [0], saj z-test to potrjuje s 50 % tveganjem, zato lahko rečemo, da imata pragozd in gospodarski gozd primerljiva odstopka lesne mase v srednjem zgornjem sloju. Ima pa gospodarski gozd značilno višji odstotek lesne zaloge v spodnjem zgornjem sloju [min], in sicer lahko to trdimo z 0,03 % tveganjem. Prav tako ne moremo trditi, da ima srednji sloj [2] višji odstotek lesne zaloge v gospodarskem gozdu, saj z-test podaja 30 % tveganje. Spodnji sloj [3] ima v pragozdu zanemarljivo nizek delež lesne zaloge, zato ga ne bomo obravnavali.

Rezultati porazdelitve lesne zaloge po drevesnih slojih so podobni stanju v zastopanosti dreves po drevesnih slojih, kar je bilo pričakovati (slika 36).



Slika 36: Porazdelitev lesne mase glede na sloj

Iz slike 36 je razvidno, da ima pragozd glede na gospodarski gozd večji odstotek lesne mase v dominantnih drevesih zgornjega sloja, medtem ko ima v nižjih slojih manjši odstotek lesne mase kot gospodarski gozd. Delež lesne mase v spodnjem sloju je bil tako majhen, da v teh podatkih ni viden.

Zanimivo je dejstvo, da imata tako pragozd kot gospodarski gozd primerljiva deleža dreves v zgornjem sloju [0], medtem ko je v pragozdu težišče na dominantnih drevesih zgornjega sloja [max], v gospodarskem gozdu pa na subdominantnih drevesih zgornjega sloja [min]. Tu se lahko vprašamo, kaj pomeni taka razlika ob nastopu naravne motnje, kot je žled. Dominantna drevesa v strehi sestojajo so tista, ki ob žledenju prestrežejo največjo obremenitev žleda in tako varujejo nižja drevesa v sestoji. Če so ta drevesa šibka oziroma jih sploh ni, bodo teže žleda deležna vsa drevesa v sestoji in obstaja nevarnost porušitve sestojajo, saj so nižja drevesa večinoma mlajša in tako tudi manj odporna na naravne motnje. Za gozd so torej zelo pomembna močna dominantna drevesa v zgornjem sloju, saj njihove krošnje predstavljajo varovalno plast za celoten gozdni sestoj.

6.2.3 Značilnosti drevesnih krošenj glede na sloj

Analizirali smo globino in širino krošenj ter oblomljenost posameznih dreves. Uporabili smo naslednje kriterije:

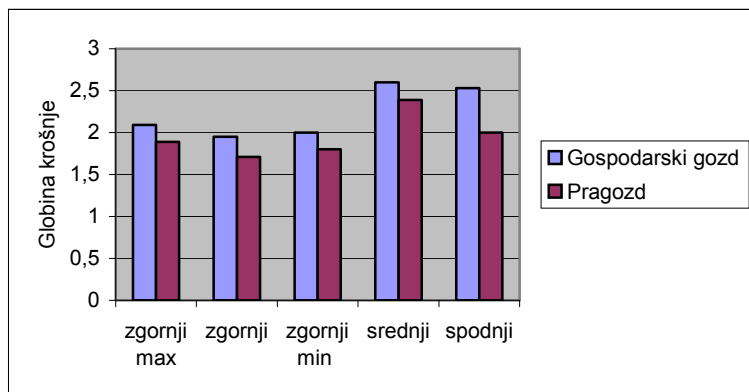
- GLOBINA KROŠENJ: < $\frac{1}{4}$ dolžine drevesa (1)
 $\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$ dolžine drevesa (2)
 > $\frac{1}{2}$ dolžine drevesa (3)
- ŠIRINA KROŠENJ: ozka (1)
 zmerna (2)
 široka (3)
- OBLOMLJENOST: uporabljali smo absolutno število oblomov na posameznem drevesu

Podatki o globini in širini krošenj so obdelani tako, da rezultati prikazujejo povprečno število od 1 do 3, glede na opis kriterijev zgoraj. Pri oblomljenosti pa je podano povprečno število oblomov dreves. Rezultati so podani v tabeli 14.

Tabela 14: Globina krošenj

	ZGORNJI SLOJ			SREDNJI SLOJ	SPODNJI SLOJ
Gospodarski gozd	2,01 (0,76)	max	2,09 (0,75)	2,60 (0,62)	2,53 (0,62)
		0	1,95 (0,72)		
		min	2,00 (0,85)		
Pragozd	1,80 (0,71)	max	1,89 (0,67)	2,39 (0,63)	2,00 (1,00)
		0	1,71 (0,73)		
		min	1,80 (0,77)		

V gospodarskem gozdu so v povprečju krošnje globlje v vseh slojih. To je potrdil tudi t-test, in sicer z nizko stopnjo značilnosti $\alpha < 0,2$ v zgornjem sloju [max], v srednjem zgornjem sloju [0] in v spodnjem sloju [3], s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,5$, ki je ne moremo upoštevati. V spodnjem zgornjem sloju [min] in s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,05$ v srednjem sloju [2].



Slika 37: Globina krošenj glede na sloj

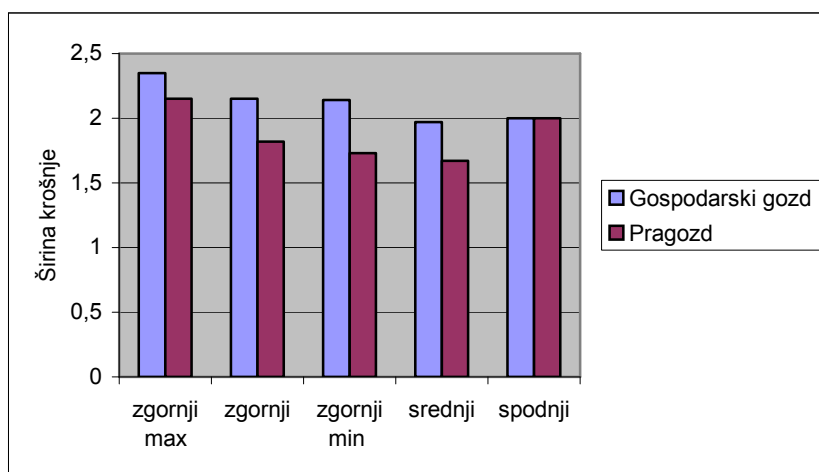
Iz slike 37 vidimo, da imajo drevesa v pragozdu krajše krošnje, kar pomeni manjšo obremenitev ob nastopu motnje, medtem ko so drevesa v gospodarskem gozdu zaradi globljih krošenj bolj izpostavljena ob motnjah. Vzrok za to, da imajo drevesa v gospodarskem gozdu globlje krošnje, je znova v načinu gospodarjenja. Zaradi rednih redčenj so drevesa bolj razslojena in si lahko "privoščijo" večje krošnje.

Prav tako kot globino krošenj smo analizirali tudi širino krošenj po slojih in potem primerjali rezultate med pragozdom in gospodarskim gozdom (tabela 15).

Tabela 15: Širina krošenj

	ZGORNJI SLOJ			SREDNJI SLOJ	SPODNJI SLOJ
Gospodarski gozd	2,22 (0,71)	max	2,35 (0,69)	1,97 (0,70)	2,00 (0,61)
		0	2,15 (0,67)		
		min	2,14 (0,79)		
Pragozd	1,95 (0,72)	max	2,15 (0,60)	1,67 (0,62)	2,00 (0,71)
		0	1,82 (0,79)		
		min	1,73 (0,70)		

V gospodarskem gozdu so v povprečju krošnje širše v vseh slojih, razen v spodnjem sloju, kjer so rezultati za pragozd in gospodarski gozd enaki, in sicer so v povprečju krošnje zmerno široke. Razlike je potrdil tudi t-test, in sicer z nizko stopnjo značilnosti $\alpha < 0,2$ v zgornjem sloju [max], s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,05$ v srednjem zgornjem sloju [0], s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,1$ v spodnjem zgornjem sloju [min] in s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,01$ v srednjem sloju [2].



Slika 38: Širina krošenj glede na sloj

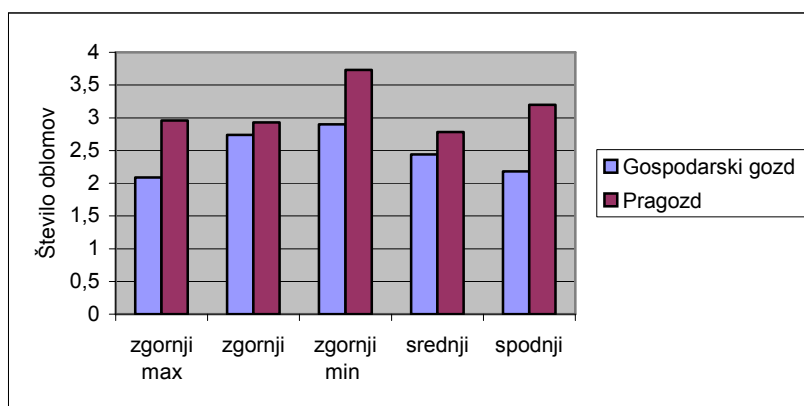
Iz slike 38 vidimo, da imajo drevesa v gospodarskem gozdu širše krošnje zaradi podobnih razlogov kot pri globini krošnje. Zaradi gospodarjenja je razslojenost večja in s tem je večja tudi možnost širjenja krošenj za drevesa. Široka krošnja pomeni ob nastopu naravne motnje kot je žled večjo obremenitev za drevo.

Podatke o oblomljenosti smo pridobili tako, da smo šteli oblome pri vsakem drevesu posebej. Rezultati so podani v tabeli 16.

Tabela 16: Oblomljenost dreves

	ZGORNJI SLOJ			SREDNJI SLOJ	SPODNJI SLOJ
Gospodarski gozd	2,57 (1,32)	max	2,09 (1,60)	2,44 (1,21)	2,18 (1,29)
		0	2,74 (1,07)		
		min	2,90 (1,14)		
Pragozd	3,04 (1,32)	max	2,96 (1,47)	2,78 (1,05)	3,20 (0,84)
		0	2,93 (1,17)		
		min	3,73 (1,16)		

V pragozdu imajo drevesa v povprečju več oblomov v vseh slojih, razen v srednjem zgornjem sloju [0]. Razlike je potrdil tudi t-test, in sicer s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,02$ v zgornjem sloju [max], s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,05$ v spodnjem zgornjem sloju [min], s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,1$ v srednjem sloju [2] in z nizko stopnjo značilnosti $\alpha < 0,2$ v spodnjem sloju [3].



Slika 39: Število oblomov dreves glede na sloj

Iz slike 39 vidimo, da so v pragozdu drevesa v povprečju bolj oblomljena, kar kaže na dejstvo, da je pragozd izpostavljen naravnim motnjam, vendar ima kljub temu na voljo zadosti mehanizmov upornosti, da se ob teh motnjah ne poruši. V gospodarskem gozdu se drevo ob naravni motnji hitreje poruši.

6.3 Horizontalna struktura

Horizontalna struktura gozda nam pokaže razporeditev razvojnih faz, sestojev (zaplat) ali posameznih dreves v prostoru. Na začetku smo si pogledali karto razvojnih faz (slika 13), ki smo jo potem na terenu še enkrat določili in tako pridobili osnovno informacijo o horizontalni strukturi. V nadaljevanju nas je zanimala predvsem razporeditev dreves, in sicer ali drevesa rastejo posamič, v šopih, kakšna drevesa sestavljajo šope, kolikšna lesna masa je v šopih in kakšna je diverziteteta šopov.

Kot smo že zgoraj omenili, predpostavljamo, da ima šop kot oblika rasti dreves večjo upornost in prožnost kot posamično raščeno drevo. Ob motnji si bodo drevesa v šopu nudila fizično oporo in v primeru, da se zruši dominantno drevo v šopu, bo vodilno vlogo prevzelo do sedaj subdominantno drevo. To pomeni, da ne bo nastanka vrzeli, ki za celoten gozdni ekosistem predstavlja ranljivo fazo. Tudi Pretzsch omenja, da v gorskih gozdovih šopasti zgradbi sestojev pripisujejo večjo odpornost proti naravnim motnjam in manjšo ogroženost od biotskih dejavnikov kot v enomernih gozdovih (Pretzsch, 1995).

Pri uvrščanju dreves v šop smo se naslanjali na subjektivno oceno, in sicer smo drevesa kategorizirali kot šop, če so se v rasti bolj dotikala med seboj kot z drugimi sosednjimi drevesi in so delovala kot prepoznavna socialna enota, ločena od celote, torej šop. Za primerjavo smo prostorsko razmestitev dreves ocenili tudi na podlagi Morisitinega indeksa (enačba 13) (Miyadokoro in sod., 2003).

$$I_{\delta} = (q \sum_{n=1}^q n_i (n_i - 1)) / N (N - 1) \quad (13)$$

q – število kvadratov oziroma vzorčnih ploskev

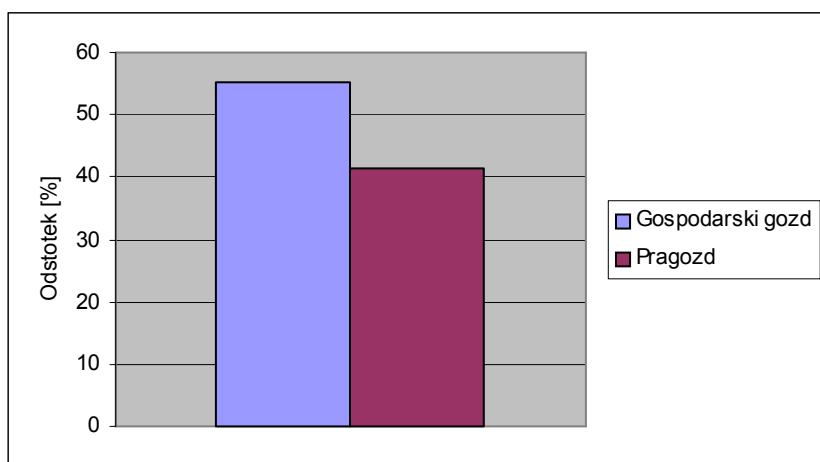
n_i – število dreves na vzorčni ploskvi i

N – število vseh dreves na vzorčnih ploskvah q

Na podlagi tega indeksa je mogoče sklepati o slučajnosti razmestitvi dreves, ko je $I_{\delta} = 1,0$; o enakomerni razmestitvi pri $I_{\delta} < 1,0$ in o šopasti razmestitvi dreves, ko je $I_{\delta} > 1,0$.

V gospodarskem gozdu smo dobili vrednosti Morisitinega indeksa $I_{\delta} = 0.90, 1.07, 1.05$ in 1.00 . To pomeni, da je na prvi raziskovalni ploskvi v gospodarskem gozdu razmestitev dreves enakomerna, na drugi in tretji ploskvi lahko govorimo o šopasti razmestitvi dreves, na četrti pa je razmestitev dreves slučajnostna.

Iz podatkov, pridobljenih v pragozdu, smo dobili vrednosti Morisitinega indeksa $I_{\delta} = 1.05, 1.02, 1.15$ in 1.16 . Zaključimo lahko, da so razmestitve dreves na vseh ploskvah na pragozdu šopaste.



Slika 40: Odstotek dreves v šopih

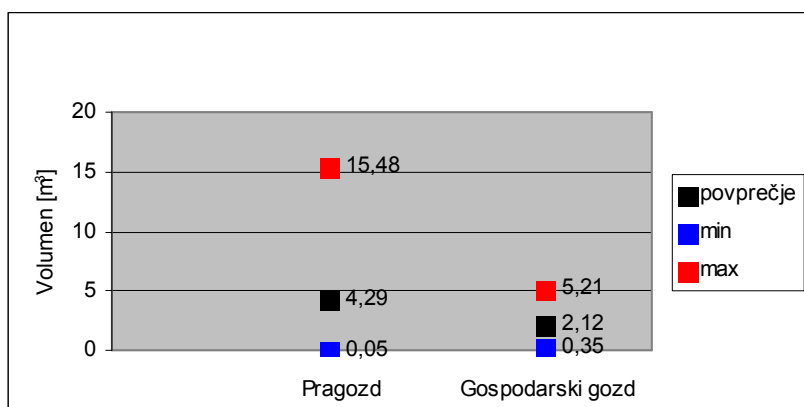
Kot vidimo na sliki 40 je v gospodarskem gozdu večji odstotek dreves, raščeni v šopih. To potrjuje tudi t-test, ki kaže značilno razliko $\alpha < 0,05$, in sicer je odstotek dreves v šopih večji v gospodarskem gozdu. Rezultat ni bil pričakovan, saj smo menili, da bo za pragozd bolj značilna šopasta rast dreves, kar smo potrdili tudi z Morisitininim indeksom. Vzrok za tako stanje je lahko v tem, da so sestoji v pragozdu starejši in že prehajajo v terminalno fazo. Ker drevesa odmirajo posamično, se krči šopasta razporeditev dreves, individualnost posameznih osebkov pa postaja vse bolj izrazita (Kordiš, 1985).

V nadaljevanju bomo analizirali posamezne šope (tabela 17).

Tabela 17: Število šopov na hektar ter povprečno število dreves in lesna zaloga v šopih

	ŠTEVILO ŠOPOV (N/ha)	ŠTEVILO DREVES V ŠOPU (N/šop)	LESNA ZALOGA V ŠOPIH (m ³ /šop)
Gospodarski gozd	101,14 (23,11)	2,62 (0,26)	2,15 (0,46)
Pragozd	61,19 (17,05)	2,59 (0,40)	4,36 (0,99)

S t-testom smo preverili, če obstajajo dejanske razlike v zgornjih parametrih med gospodarskim gozdom in pragozdom. T-test je pokazal značilno razliko $\alpha < 0,05$ v številu šopov na hektar, večja gostota šopov je v gospodarskem gozdu. T-test ni zaznal razlike v povprečnem številu dreves v šopu, je pa pokazal značilno razliko $\alpha < 0,01$ v povprečnem volumnu dreves v šopu, in sicer je ta občutno večji v pragozdu.



Slika 41: Volumen dreves v šopu

Iz slike 41 je razvidno, da imajo šopi v pragozdu v povprečju izrazito višjo lesno zalogo, predvsem pa je pomembno, da je njihova diverziteteta večja. V gospodarskem gozdu je sicer gostota šopov višja, so pa ti šibki in njihova diverziteteta je veliko nižja.

Rastiščne razmere in podnebje v gozdovih visokega krasa so izjemno surove, zato morajo ti gozdovi izkoristiti vse mehanizme, da preživijo. Eden takih mehanizmov je tudi rast v obliki šopov. Kot smo že omenili, šopasta rast omogoča drevju večjo zaščito pred motnjami. Pomembna je predvsem iz vidika obstanka celotnega sestoja, saj v

primeru, da se zruši dominantno drevo v šopu, to vlogo prevzame subdominantno in tako ne pride do nastanka vrzeli, ki za sestoj pomeni šibko točko.

V nadaljevanju bomo predstavili razlike med drevesi individualisti in tistimi, ki rastejo v šopih. Rezultate bomo primerjali tudi med pragozdom in gospodarskim gozdom. Opisani so bili naslednji parametri: volumen dreves, višina dreves, širina in globina krošenj ter oblomljenost dreves. Rezultati so prikazani v tabeli 18.

Tabela 18: Razlike med drevesi individualisti in drevesi raščeni v šopih

	Gospodarski gozd		Pragozd	
	drevesa v šopu	individualisti	drevesa v šopu	individualisti
Volumen dreves (m ³)	0,80 (0,87)	1,06 (1,38)	1,64 (1,96)	1,97 (2,12)
Višina dreves (m)	17,75 (8,08)	17,18 (9,14)	22,16 (7,83)	22,67 (8,82)
Širina krošenj dreves*	2,02 (0,70)	2,22 (0,70)	1,75 (0,70)	1,95 (0,69)
Globina krošenj dreves*	2,18 (0,79)	2,40 (0,70)	1,96 (0,81)	2,04 (0,69)
Oblomljenost dreves*	2,60 (1,19)	2,34 (1,37)	2,86 (1,25)	3,02 (1,21)

Opomba:

* kriteriji za določanje širine in globine krošenj ter oblomljenosti dreves so opisani v poglavju 6.2.3.

Volumen dreves:

Že v prejšnjih poglavjih smo dokazovali, da je povprečni volumen dreves večji v pragozdu. Iz zgornjih rezultatov pa vidimo tudi, da imajo posamično raščena drevesa v povprečju večji volumen kot šopasto raščena drevesa. To je potrdil tudi t-test s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,2$ za drevesa v gospodarskem gozdu in s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,5$, ki je sicer ne moremo upoštevati, za drevesa v pragozdu.

Drevesa v šopu predstavljajo socialno enoto, ki je jasno ločena od celote. Celoten šop opravlja funkcijo drevesa, zato so posamična drevesa, ki gradijo šop, le deli celote in imajo posledično manjši volumen od dreves, ki rastejo kot individualne celote. Kljub manjšemu volumnu, ki ga imajo v povprečju drevesa v šopu, imajo ta drevesa fizično zaščito celotnega šopa in so kot celota bolj stabilna.

Višina dreves:

V pragozdu so drevesa v povprečju višja, kar smo prav tako dokazali že v prejšnjih poglavjih. Ko pa primerjamo med seboj drevesa, raščena v šopih in posamično raščena drevesa, t-test ne zazna razlike.

Širina krošenj dreves:

Če primerjamo med seboj gospodarski gozd in pragozd, imajo drevesa v gospodarskem gozdu v povprečju širše krošnje, kar je že opisano zgoraj. Če pa primerjamo drevesa, raščena v šopih in individualiste, imajo slednji širše krošnje, kar je v obeh primerih potrdil tudi t-test s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,1$.

Rezultat je povsem pričakovan, saj imajo drevesa, ki rastejo posamič več prostora za razrast krošnje, medtem ko so drevesa v šopih prostorsko omejena z drugimi drevesi v šopu. Zopet moramo na šop gledati kot na celoto in tako krošnje vseh dreves v šopu na nek način sestavljajo skupno krošnjo. Ob nastopu naravne motnje, kot je žled, bo leta najbolj prizadel drevesa, ki imajo krošnjo na zunanem delu in bodo tako ta drevesa varovala notranja drevesa.

Globina krošenj:

Podobno kot širino krošenj, imajo drevesa v gospodarskem gozdu tudi v povprečju globljo krošnjo kot drevesa v pragozdu. Ko pa primerjamo individualiste in drevesa, raščena v šopih, imajo prva v povprečju globlje krošnje. To je pokazal tudi t-test, in sicer v gospodarskem gozdu s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,1$ ter v pragozdu s stopnjo značilnosti $\alpha < 0,5$, ki je ne moremo upoštevati.

Vzrok za tako stanje je podoben kot vzrok za povprečno krajše krošnje pri drevesih v šopih. Drevesa v šopih so prostorsko omejena in skupaj s svojimi krošnjami sestavljajo neko vertikalno strukturo celotne krošnje šopa. S tem so prav tako zavarovana pred naravnimi motnjami.

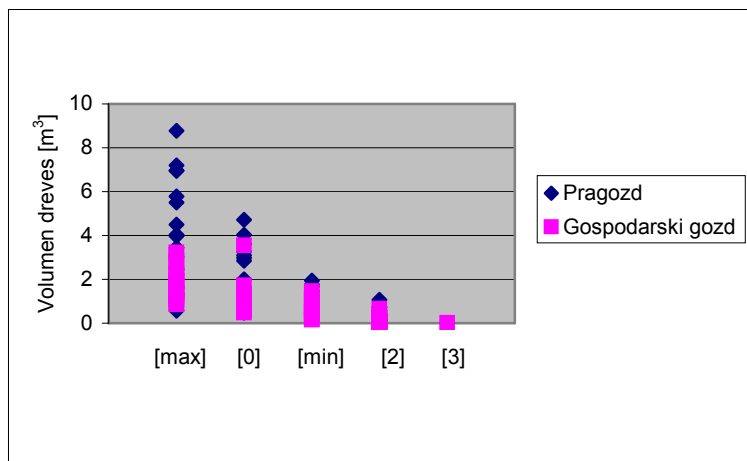
Oblomljenost dreves:

Drevesa v pragozdu so v povprečju bolj oblomljena kot drevesa v gospodarskem gozdu. Težje pa primerjamo oblomljenost med drevesi, raščeni v šopih in posamično raščeni. T-test ni potrdil razlike.

Lahko bi sklepali, da imajo šopi v pragozdu večjo stopnjo upornosti kot šopi v gospodarskem gozdu.

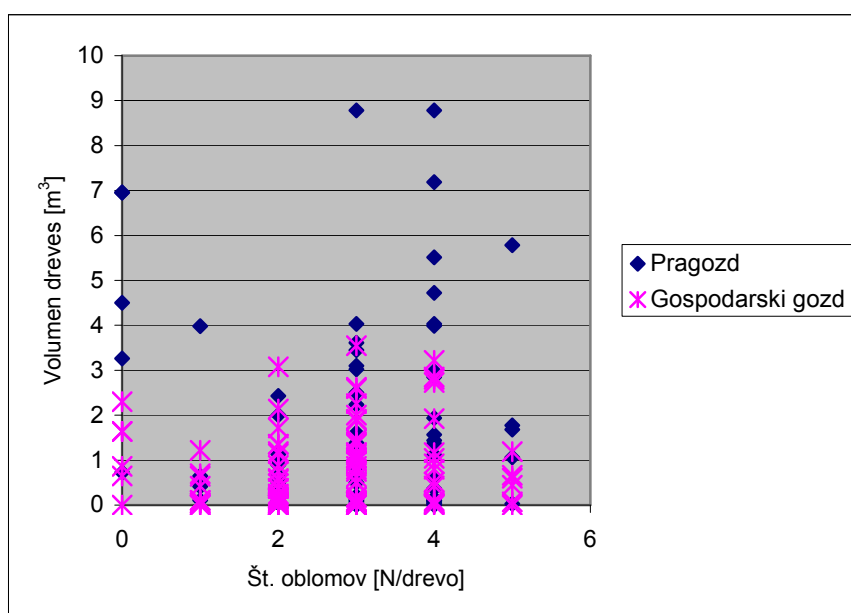
6.4 Vertikalna struktura šopov

V tem poglavju bomo obravnavali verikalno strukturo šopov, in sicer njihovo slojevitost, porazdelitev lesne mase po slojih in število oblomov po slojih. Znova bomo primerjali rezultate med pragozdom in gospodarskim gozdom.



Slika 42: Slojevitost šopov

Iz slike 42 vidimo, da je tako kot pri vseh drevesih tudi za šopasto raščena drevesa značilno, da imajo v povprečju večje volumne v pragozdu kot v gospodarskem gozdu. Volumen dreves tako v pragozdu kot v gospodarskem gozdu pada glede na sloj. Najbolj je opazna razlika v dominantnih drevesih zgornjega sloja, kjer imajo drevesa v pragozdu izrazito višje volumne. Precej višja je tudi variabilnost šopasto raščenih dreves v pragozdu.



Slika 43: Število oblomov po slojih

Iz slike 43 vidimo, da v pragozdnih šopih oblomljenost dreves skoraj linearno narašča z volumnom dreves. Drevesa večjih dimenzij so bolj oblomljena. V gospodarskem gozdu pa imajo drevesa največjih dimenzij povprečno tri do štiri oblome, medtem ko imajo manjša drevesa bodisi manj ali pa več oblomov. Zopet opazimo višjo variabilnost v pragozdu.

7. ZAKLJUČKI

Glavni cilj diplomskega dela je bil najti kazalnike upornosti in prožnosti gozdnega ekosistema. Do tega cilja pridemo s preučevanjem gozda, ki je izpostavljen naravni motnji, kot je žled. Tako smo za posamezne biometrične značilnosti dreves, njihove prostorske razporeditve ter značilnosti sestoja (šopov) na osnovi dobljenih rezultatov podali predloge, ali ti atributi opisujejo prožnost ali upornost gozdnega ekosistema.

Kriterije, na osnovi katerih smo posameznemu atributu pripisali, da je kazalnik prožnosti, smo izbrali glede na oceno, ali posamezen atribut gozdnega ekosistema pripomore k njegovi sposobnosti, da se po tem, ko je bil prizadet zaradi naravne motnje, hitro vrne v prvotno stanje. Dober kazalnik upornosti pa je tisti atribut, ki povečuje moč ekosistema, da se upira porušitvi ob naravni motnji.

Za boljši pregled smo najpomembnejše rezultate združili v tabeli 19 in jih označili glede na to, ali so predlagani kot kazalniki prožnosti ali kot kazalniki upornosti, kar je označeno z zvezdico. S krepkim zapisom atributa smo označili tiste rezultate, za katere menimo, da so vrednost dobre in pripomorejo k visoki stopnji upornosti oziroma prožnosti gorskih bukovih gozdov visokega krasa.

Tabela 19: Primerjava izbranih atributov med gospodarskim gozdom in pragozdom in kazalniki prožnosti oziroma upornosti

	Gospodarski gozd	Pragozd	Kazalnik prožnosti	Kazalnik upornosti
Gostota živih dreves (N/ha)	477,17	377,38		*
Volumen žive biomase (m³/ha)	435,01	675,00		*
Povprečna višina dreves (m)	17,57	22,47		*
Povprečni premer dreves (cm)	27,03	34,99		*
Volumen panjev (m ³ /ha)	4,13	1,53	*	
Volumen ležečih ostankov (m³/ha)	7,19	43,45	*	
Volumen stoječih ostankov (m³/ha)	14,66	50,86	*	
Volumen gomil (m³/ha)	0,52	6,06	*	
Volumen mrtve biomase (m³/ha)	26,48	101,88	*	
Volumen celotne lesne biomase (m³/ha)	461,49	776,88	*	*
Odstotek mrtve biomase glede na živo (%)	5,73	13,11	*	

Se nadaljuje

nadaljevanje

		Gospodarski gozd	Pragozd	Kazalnik prožnosti	Kazalnik upornosti	
Lesna masa po slojih (%)	max	47	62			
	0	33	30			
	min	15	5		*	
	2	5	3			
	3	0,06	*			
Povprečna globina krošenj**	max	2,09	1,89			
	0	1,95	1,71			
	min	2,00	1,80		*	
	2	2,60	2,39			
	3	2,53	2,00			
Povprečna širina krošenj**	max	2,35	2,15			
	0	2,15	1,82			
	min	2,14	1,73		*	
	2	1,97	2,00			
	3	1,67	2,00			
Povprečno število oblomov na drevo**	max	2,09	2,96			
	0	2,74	2,93			
	min	2,90	3,73		*	
	2	2,44	2,78			
	3	2,18	3,20			
Gostota šopov (N/ha)		101,14	61,19	*		
Povprečna lesna zaloga v šopih (m³/šop)		2,15	4,36		*	
Variabilnost šopov		majhna	velika		*	
Primerjava med individualno in šopasto raščenimi drevesi						
	drevesa v šopu	individualisti	drevesa v šopu	individualisti		
Povprečni volumen dreves (m³)	0,80	1,06	1,64	1,97	*	*
Povprečna višina dreves (m)	17,75	17,18	22,16	22,67	*	*
Povprečna širina krošenj dreves**	2,02	2,22	1,75	1,95		*
Povprečna globina krošenj dreves**	2,18	2,40	1,96	2,04		*
Povprečna oblomljenost dreves**	2,60	2,34	2,86	3,02		*

Opombe:

* Vrednosti so bile tako majhne, da jih zaradi zaokroževanja rezultatov na dve decimalni mesti ne zaznamo in jih bomo tako smatrali kot zanemarljive

** Kriteriji za določanje širine in globine krošenj ter oblomljenosti dreves so opisani v poglavju 6.2.3.

Na začetku smo si postavili vprašanje, s kakšnimi mehanizmi razpolaga naravni gozd na ekstremnih rastiščih visokega krasa, da se ob nastopu naravne motnje, kot je žled, ne poruši. Pojav žleda je v idrijskih gozdovih skoraj vsakoleten, enkrat na desetletje pa doseže katastrofalne posledice. Ob tem dejstvu se pojavlja nuja po ukrepih, ki bi te gozdove obvarovali pred poružitvijo, kar pomeni povečanje upornosti. Hkrati pa bi jim zagotavljali večjo stopnjo prožnosti, da bi se v primeru poružitve zmogli obnoviti.

Objekt te raziskave, pragozdni ostanek Bukov vrh, se nahaja na skrajnem severnem robu Trnovske planote. Ploskve v gospodarskem gozdu smo izbrali v neposredni bližini na istem rastiščnem tipu. Ob prvem pogledu v pragozd Bukov vrh smo ugotovili, da so mnoga drevesa oblomljena, kar kaže na to, da jih je v preteklosti poškodovala ena od naravnih ujm. Naše analize so pokazale, da je v pragozdu v povprečju celo več oblomov na drevo kot v gospodarskem gozdu. Kljub temu pa pragozd deluje vitalno kar kaže na to, da uspešno preživi te naravne ujme. Kateri so torej tisti mehanizmi, ki pragozd ohranjajo vitalen kljub rednemu pojavljanju naravnih ujm in že tako ekstremnemu rastišču.

Tako v pragozdu kot v gospodarskem gozdu je najbolj zastopana drevesna vrsta bukev, kar kaže, da je na dane razmere najbolj prilagojena. V pragozdu sta prisotna tudi jelka in gorski javor, smreka pa je prisotna le v gospodarskem gozdu. Po številu v pragozdu bukvi sledi gorski javor, najmanjša pa je zastopanost jelke. Po volumnu je jelka zaradi velikih dimenzij na drugem mestu. V gospodarskem gozdu tako v številu kot po volumnu prednjači bukev, sledijo pa ji smreka, jelka in gorski javor.

Izbrane attribute smo primerjali med pragozdom in gospodarskim gozdom, da bi tako pridobili informacijo o tem, katere so tiste prednosti pragozda, ki vplivajo na stabilnost tega ekosistema. Najprej smo primerjali volumna žive in mrtve lesne biomase. Kljub večji gostoti živih dreves v gospodarskem gozdu je lesna zaloga živih dreves na hektar v pragozdu višja. V gospodarskem gozdu ta znaša 435,01 m³/ha, v pragozdu pa 675,00 m³/ha. Lesna zaloga je tako skupaj s povprečno višino in povprečnim premerom dreves dober kazalnik upornosti gozdnega ekosistema. Gozd z veliko lesne mase, torej močnimi drevesi, se bo ob naravni ujmi lažje upiral in se bo kasneje porušil. Razlika v lesni zalogi pa ni le posledica neposrednega iznosa lesne mase iz gospodarskega gozda, ampak tudi posledica dejstva, da so tla v gospodarskih gozdovih osiromašena. V njih puščamo premalo mrtve lesne biomase, ki predstavlja vnos hranil v tla za nov krog življenja. To je potrdila tudi naša analiza. V gospodarskem gozdu je mrtve lesne biomase le 26,48 m³/ha, medtem ko je v pragozdu te 101,88 m³/ha, kar je skoraj štirikrat več kot v gospodarskem gozdu. Mrtva lesna biomasa ima v gozdnem ekosistemu izredno veliko vlogo, saj je skladišče za rastline pomembnih elementov, ki se z razkrajanjem postopoma sproščajo v okolico. Mrtva drevesa tudi predstavljajo akumulator za vodo, hranila, so življenjski prostor za mnoge gozdne živali, predstavljajo ugodne pogoje za rast mladih dreves in vzdržujejo ugodno mikroklimo, saj preprečuje izsušitev tal zaradi direktnega sončnega obsevanja. Analiza vlažnosti mrtve lesne mase v pragozdu Rajhenavski rog je pokazala, da je količina vode v mrtvih ostankih 209 m³/ha, kar pomeni, da predstavlja ta mrtva masa pomemben vir vlažnosti (Kraigher in sod., 2002). Ko mrtva drevesa počasi razpadajo na gozdnih tleh se s pomočjo razkrojevalcev spreminjajo v anorgansko snov, ki jo porabljajo primarni producenti, torej živa drevesa za rast. Tako se krog življenja zaključí. V primeru poružitve sestoja ob naravni ujmi se bo gozd z veliko mrtve mase in s tem večjo zalogo hranil v tleh hitreje obnovil. Kaj se dogaja v gospodarskem gozdu, ko mu to mrtvo lesno biomaso odvzamemo? Gozdna tla se siromašijo, ker ni povratka hranil za živa drevesa, ki zaradi tega ne dosegajo takih dimenzij kot v pragozdu in so tudi sicer manj stabilna ter se ob motnjah hitreje porušijo. Ker je gozdni ekosistem

izredno kompleksen, lahko iznos ene komponente hitro povzroči plaz posledic, kar je nazorno vidno pri mrtvi lesni biomasi.

Za vsak ekosistem je značilen stalen pretok energije in hranil tako s svojim okoljem kot tudi notranje kroženje hranil. Nepretrgan pretok energije skozi ekosistem je odvisen od oskrbe primarnih producentov in če je edini limitirajoči dejavnik dotok hranil od zunaj, je uravnotežen cikel znotraj ekosistema bistvenega pomena (Dighton in sod., 1989). Gozdni ekosistem na visokem krasu je postavljen na izredno ekstremno rastišče, zato je notranje kroženje hranil bistvenega pomena, odvzem mrtve lesne biomase pa pomeni manjkajoči člen, zaradi katerega notranji krog hranil razpade. Brez odmrle mase ni dekompozitorjev, ki to odmrlo lesno maso mineralizirajo in jo spreminjajo v anorgansko snov, ki je na voljo primarnim producentom, torej tudi drevesom.

Ker predmet naše raziskave leži na visokem krasu, kjer so razmere za rast ekstremne je še posebej nujno, da lahko gozdni ekosistem razpolaga z vsemi mehanizmi, ki so mu na voljo, da preživi težavne razmere in naravne ujme. Drastični gospodarski posegi lahko pripeljejo do zmanjšane stabilnosti teh gozdov in končno do porušitve ob nastopu naravne ujme. Zato bi bilo nujno, da se v teh gospodarskih gozdovih poveča količina odmrle lesne biomase. Lahko zaključimo, da je mrtva lesna masa dober kazalnik prožnosti. Ko motnja prizadene gozdni ekosistem oziroma ga poruši, mrtva lesna biomasa skozi proces sukcesije predstavlja vir hranil, poleg tega pa nudi tudi ugodno podlago za rast mladih dreves.

Primerjali smo tudi količine lesne biomase pragozda Bukov vrh s še dvema drugima pragozdovoma v Sloveniji, in sicer pragozdovoma Rajhenavski rog in Krokar. Ta dva pragozda ležita v južni Sloveniji, prvi na Roškem masivu, drugi na hrbtu pogorja Borovška gora na meji s Hrvaško. Prvi spada v dinarske jelovo-bukove gozdove, drugi pa prav tako kot pragozd Bukov vrh v gorske bukove gozdove. Podatki za pragozd Rajhenavski rog so povzeti iz raziskave Coarse woody debris in virgin and managed forest (Debeljak, 2006), podatki za pragozd Krokar pa so povzeti iz raziskave Beech coarse woody debris characteristics in two virgin forest in southern Slovenia (Kraigher in sod., 2002). Izmed vseh treh leži pragozdni ostanek Bukov vrh na najbolj ekstremnem rastišču, zato smo pričakovali najnižjo količino lesne biomase. Domneva se je skoraj potrdila, saj ima Bukov vrh 675,00 m³/ha žive lesne biomase, medtem ko ima le-te Rajhenavski rog kar 939,60 m³/ha. Pragozd Krokar je po volumnu živih dreves še nižje kot pragozd Bukov vrh, in sicer ima lesne zaloge 672,00 m³/ha. Podobno je tudi pri volumnu mrtve lesne biomase; najmanj jo vsebuje pragozd Bukov vrh, in sicer 101,88 m³/ha, medtem ko je v pragozdu Krokar volumen mrtvih dreves 145,00 m³/ha, v pragozdu Rajhenavski rog pa kar 305,40 m³/ha. Zaradi nizke vsebnosti žive in mrtve lesne mase so gorski bukovi gozdovi še posebej občutljivi ob nastopu naravnih motenj, zato je potrebno izredno pazljivo gospodarjenje, ki bo v teh gozdovih ohranilo kar najvišjo količino lesne mase.

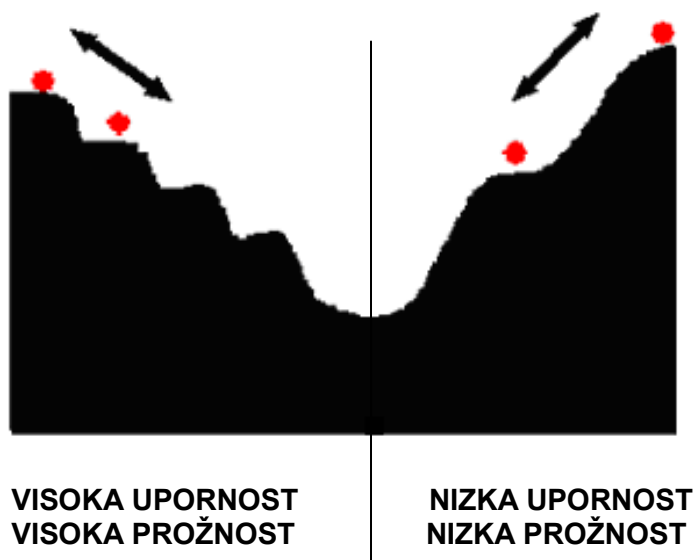
Analiza vertikalne strukture sestojev je prav tako dala nekaj zanimivih ugotovitev. Potrdili smo domnevo, da so drevesa v gospodarskem gozdu v vseh slojih v povprečju nižja od dreves v pragozdu. Vzroke smo navedli že zgoraj, in sicer je gospodarski gozd glede hranil v tleh siromašnejši in zaradi tega drevesa ne morejo dosegati svojih maksimalnih dimenzij. Zanimiva pa je ugotovitev o razporeditvi dreves po slojih, in sicer v zgornjem sloju, ki predstavlja streho sestaja. V pragozdu je večji delež dominantnih dreves, ki ob naravni ujmi prevzamejo nase največjo obremenitev in s tem zaščitijo nižje stojna drevesa. Zato mora biti ta sloj sestavljen iz močnih in vitalnih dominantnih dreves, ki sklenejo streho sestaja in tako kljubujejo teži ledenega oklepa ob pojavu žleda. Tudi če se ta drevesa oblomijo ali zrušijo, pod njimi čakajo drevesa srednjega

zgornjega sloja, da prevzamejo dominantno vlogo. V gospodarskem gozdu je teh dominantnih dreves v strehi sestoja občutno manj in so šibkejša, kar povzroči, da so obremenitve ob naravni motnji v večji meri deležna tudi nižje stojna mlajša drevesa, ki so šibkejša in se tako pod težo ledu hitreje zlomijo. Lahko sklepamo, da je vertikalna struktura gozdnega sestoja kazalnik upornosti gozdnega ekosistema.

V gospodarskem gozdu so krošnje širše in globlje kot v pragozdu. Vzrok je v tem, da so sestoji v gospodarskem gozdu manj razslojeni in imajo drevesa večjo možnost večanja krošenj, kar pa pomeni za drevesa večjo obremenitev ob nastopu žleda in se tako hitreje zrušijo, medtem ko imajo drevesa v pragozdu kot med vejami in deblom manjši in je zato možnost, da se veje zlomijo manjša. Temu atributu torej lahko pripisemo, da je dober kazalnik upornosti. Ob tem naj omenim, da Kordiš v raziskavi Pragozd Bukov vrh v okviru raziskave Gozdni rezervati Slovenije ugotavlja, da v pragozdu Bukov vrh prevladujejo drevesa z daljšo krošnjo, v gospodarskih gozdovih širšega okolja tega pragozda pa dosegajo drevesne krošnje dolžino največ do 1/3 višine drevesa (Kordiš, 1985). Naša raziskava pa je pokazala, da imajo drevesa v gospodarskem gozdu povprečno dolžino krošenj 1/4 do 1/2 oziroma tudi več kot 1/2 dolžine drevesa.

Tudi v horizontalni strukturi se pragozd razlikuje od gospodarskega gozda. Morisitin indeks o razmestitvi dreves v prostoru nam je pokazal, da je za pragozd značilnejša šopasta razmestitev dreves, medtem ko je za gospodarski gozd sicer tudi značilna ampak v manjši meri in je prisotna tudi slučajnostna in enakomerna razmestitev. V gospodarskem gozdu je sicer v povprečju več dreves v šopih in je gostota le-teh večja, so pa ti po lesni zalogi manjši in manj variabilni. Na podlagi tega lahko sklepamo, da potrebuje gozdni ekosistem večjo diverzitetu šopov, ki naj bodo močnejši v lesni zalogi. Močni šopi ob naravni motnji sicer lahko izgubijo dominantna drevesa, ki pa jih lahko dokaj hitro nadomestijo subdominantna drevesa. Lesna zaloga v šopih in njihova variabilnost sta dobra kazalnika upornosti.

Kot smo že na začetku domnevali, nosi pragozd kot naravni ekosistem v sebi mehanizme upornosti in prožnosti, ki jih je razvijal skozi evolucijo in lahko tako preživi v nekem danem okolju. Človek je skozi zgodovino s svojim gospodarjenjem te mehanizme spregledal in tako gospodarski gozd spremenil v umetni sistem, ki mu sicer prinaša materialne dobrine, ampak ni stabilen ob naravnih motnjah. Porušene sestoje so skušali obnavljati s sajenjem danemu okolju tuje vrste, in sicer smreke, kar pa je stanje še poslabšalo in povzročilo val novih težav v obliki namnožitve podlubnikov. Tudi sicer smreka zaradi plitvega koreninskega sistema težko preživi na pobočjih, ki so izpostavljena viharjem in drugim naravnim ujmam. V okolici pragozda Bukov vrh lahko opazimo opustela pobočja, kar je posledica naravne ujme, ki lahko tak spremenjen gozd izdatno prizadene.



Slika 44: Stabilnost ekosistema

Na zgornji sliki je ponazorjena stabilnost ekosistema. Kroglica ponazarja stanje ekosistema. Na vrhu je ekosistem v stabilnem stanju, spodaj pa v stanju porušitve. Stopnice oziroma lokalni minimumi predstavljajo mehanizme upornosti in prožnosti. Ob naravni motnji ekosistem pade na nižjo ravan in upornost je tista, ki določa kako nizko bo padel oziroma kako globok bo ta lokalni minimum. Prožnost pa je tisti mehanizem, ki bo ta ekosistem povrnil nazaj v stabilno stanje. Na levi strani ima ekosistem, preden pade v minimum, veliko lokalnih minimumov, iz katerih se z manj vložene energije lahko vrne nazaj v stabilno stanje. Na desni strani pa se ekosistem hitreje poruši in potrebuje več energije, da se povrne v stabilno stanje.

Če hočemo uvrstiti pragozd in gospodarski gozd v zgornji model, bi bil prvi na levi strani, medtem ko bi bil drugi na desni strani. Pragozd ima na voljo več mehanizmov, ki sistemu dovolijo, da pade v lokalni minimum in se nato vrne v stabilno stanje. Gospodarjenje v gospodarskem gozdu pa je izničilo veliko teh varovalnih mehanizmov in naravna motnja povzroči, da se sistem dokaj hitro poruši. Pot nazaj v stabilno stanje je težja ali skoraj nemogoča.

Naravni ekosistemi so se razvijali skozi dolga obdobja in zato razvili najboljše strategije preživetja. Človek nima dovolj časa, da bi razvil boljše strategije, zato je najbolje, da se učimo iz teh naravnih ekosistemov in jih poskušamo v gospodarjenju v največji meri posnemati. Za gospodarjenje z gozdovi na visokem krasu je torej nujno, da jim puščamo dovolj odmrle lesne biomase, ki bo zagotavljala vir hranil in zadrževala vodo, kar je na kraškem svetu še posebej nujno. Poleg tega je potrebno, da v gozdu pustimo močna dominantna drevesa s krošnjami v strehi sestoja, ki bodo ob naravni ujmi nudila oporo celotnemu sestoju, ter da vzdržujemo močne šope, ki predstavljajo ogrodje sestojev.

Menimo, da so zgoraj predlagani kazalniki prožnosti in upornosti gozdnega ekosistema uporabni za gozdnogospodarsko načrtovanje, saj podajajo mere za visoko vitalnost gozdnega ekosistema. Predpostavili smo, da so vrednosti kazalnikov v pragozdu merilo za optimalne vrednosti kazalnikov, saj je pragozd kljub naravnim motnjam, kot je

žled, ohranil visoko stopnjo vitalnosti in tako lahko služi kot dober zgled za gospodarjenje z gorskimi bukovimi gozdovi na visokem krasu.

Za konec bi lahko rekli, da so bile naše hipoteze, ki smo si jih postavili na začetku potrjene. Velika lesna zaloga živega in mrtvega drevja vpliva na stabilnost gozdnega ekosistema, prav tako tudi močna drevesa v vrhnjem sloju ter mozaična horizontalna zgradba sestojev z močnimi šopi in njihovo visoko variabilnostjo.

8. VIRI

- ANKO, B., 1993, Vpliv motenj na gozdni ekosistem in na gospodarjenje z njim. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42: 85–109
- BO LARSEN, J., 1995. Ecological stability of forest and sustainable silviculture. *Forest Ecology and Management*. 73: 85–96
- BONČINA, A., 2000. Primerjava strukture gozdnih sestojev in sestave rastlinskih vrst v pragozdu in gospodarskem gozdu ter presoja uporabnosti izsledkov za gozdarsko načrtovanje. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*. 63: 153–181
- BRAGG, D.C., SHELTON, M.G., ZEIDE, B., 2003. Impacts and management implications of ice storms on forests in the Southern United States. *Forest Ecology Management*. 186, 1: 99–123
- BRANG, P., 2001. Resistance and elasticity: promising concepts for management of protection forest in the European Alps. *Forest Ecology and Management*. 145: 107–119
- DALE, V. H., JOYCE, L. A., MCNULTY, S., NEILSON, R. P., 2000. The interplay between climate change, forests and disturbances. *The Science of The Total Environment*. 262, 3: 201–204
- DEBELJAK, M., 1995. Reakcijska sposobnost bukve na stres. Diplomaska naloga. Ljubljana, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- DEBELJAK, M., 1999. Dead trees in the virgin forest of Pecka. *Forestry Wood Sci. Technol*. 59: 5–31
- DEBELJAK, M., 2002. Ekološko energijske značilnosti pragozda in gospodarskega gozda. Doktorska dizertacija, Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška f., Odd. Za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- DEBELJAK, M., 2006. Coarse woody debris in virgin and managed forest. *Ecological indicators*. 6: 733–742
- DIGHTON, J., BODDY, L., 1989. Role of fungi in nitrogen, phosphorus and sulphur cycling in temperate forest ecosystems. Cambridge, Cambridge Univ. Press.: 269–298
- FORMAN, R.T.T., GODRON, M., 1986. *Landscape ecology*. – John Wiley&Sons. New York: 619 str.
- FURLAN, F., 1997. Pristop k organizaciji gozdnih del po ujmah. *Gozdarski vestnik*. 55, 5-6: 275–285
- GAYER, K., 1886. *Der gemischte Wald*. Verlag von Paul Prey, Berlin. 168 p. (in German)
- GOZDNOGOSPODARSKI NAČRT GGE IDRIJA II. 1998-2007. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Tolmin
- GRIMM, V., WISSEL, C., 1997. Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. *Oecologia* 109: 323–334
- HOČEVAR, M., 1993. *Dendrometrija – gozdna inventura*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 56. str.
- JAKŠA, J., 1997. Posledica snežnih in ledenih ujm v slovenskih gozdovih v zimah 1995/96 in 1996/97. *Gozdarski vestnik*. 55, 5-6: 263–274
- KARTA GOZDNIH ZDRUŽB, Zavod za gozdove Slovenija, Krajevna enota Idrija
- KARTA RAZVOJNIH FAZ, Zavod za gozdove Slovenija, Krajevna enota Idrija
- KESER, S., 1957. Podnebne razmere v Idriji. *Idrijski razgledi*, 3
- KILIAN, V., 1998. Forest site degradation – temporary deviation from the natural site potential. *Ecological engineering*. 10: 5–18

- KNOKE, T., STIMM, B., AMMER, C. MOOG, M., 2005. Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution on an ecological concept. *Forest Ecology Management*. 213, 1-3: 102–116
- KOVAČ, J., 1999. Zgradba pragozdnega ostanka Bukov vrh. *Gozdarski vestnik*. 57, 5/6: 227–236
- KOVAČ, J., 2003. Nastanek in razvoj notranje razdelitve eraričnih gozdov, Zgodovina zemljemerstva na idrijskem in cerkljanskem, Muzejsko društvo Idrija
- KORDIŠ, F., 1985. Gozdni rezervati Slovenije. Pragozd Bukov vrh. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta
- KORDIŠ, F., 1986. Idrijski gozdovi skozi stoletja. Soško gozdno gospodarstvo Tolmin, Idrija
- KORDIŠ, F., 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji. Univerza v Ljubljani. Znanstvena dela 112, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo
- KRAIGHER, H., JURC, D., KALAN, P., KUTNAR, L., LEVANIČ, T., RUPEL, M., SMOLEJ, I., 2002. Beech coarse woody debris characteristics in two virgin forest reserves in southern Slovenia. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*. 69: 91–134
- KRAJČIČ, D., 1997. Ocena dolgoročne škode v gozdu zaradi ujme. *Gozdarski vestnik*. 55, 5-6: 286–292
- LANG, G. E., FORMAN, R. T., 1978. Detrital dynamics in a mature forest: Hutchinson Memorial Forest. *Ecology*. 59: 580–595
- MASER, C., 1988. The redesigned forest. - San Pedro, R.&E.: 96 str.
- MARINČEK, L., 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem. Ljubljana. Delavska enotnost: 153 str.
- MARINŠEK, A., DIACI, J., 2004. Razvoj inicialne faze na vetrolomni površini v pragozdnem ostanku Ravna gora. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*. 73: 31–50
- MIYADOKORO, T., NISHIMURA, N., YAMAMOTO, S., 2003. Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forest, central Japan. *Forest Ecology and Management*. 182: 259–272
- MILES, J., 1985. The pedogenetic effects of different species and vegetation types and the implications of successions. *J. Soil Sci.* 36: 571–584
- OLTHOF, I., KING, D. J., LAUTENSCHLAGER, R. A., 2003. Overstory and understory leaf area index as indicators of forest response to storm damage. *Ecological Indicators*. 3, 1: 49–64
- OLTHOF, I., KING, D. J., LAUTENSCHLAGER, R. A., 2004. Mapping deciduous forest ice storm damage using Landsat and environmental data. *Remote Sensing of Environment*. 89, 4: 484–496
- ORWIN, K.H., WARDLE, D.A., 2004. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances. *Soil Biology & Biochemistry*. 36: 1907–1912
- ORIAN, G. H., 1975. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In W.H. van Dobben and R.H. Lowe-McConnell (Editors), *Unifying Concepts in Ecology*. Junk, The Hague/Wageningen, pp.:139–150
- OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA SLOVENIJE, 2006, Geološki zavod Slovenije
- PEDOLOŠKA KARTA SLOVENIJE 1 : 25.000, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja
- PELHAN, E., 2004. Podrobno načrtovanje na težkih terenih za trajnostno gospodarjenje z gozdovi, Zbornik posveta: Spravilo lesa z žičnicami za trajnostno gospodarjenje z gozdovi
- PRETZSCH, H., 1995. Zum Einfluss des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwasch. *AFJZ*, 9-10: 190–201
- PRIMM, S.L., 1984. The complexity and the stability of ecosystems. *Nature* 307: 321–326

- REBULA, E., 2001. Poškodbe zaradi žleda v Hrušici in na Nanosu. *Gozdarski vestnik*. 59, 3: 147–154
- REBULA, E., 2002. Žled v Notranjskih gozdovih in njegove posledice. *Ujma 2002*: 156–166
- REJEC BRANCELJ, I., KUŠAR, U. (uredili), 2006. Kazalci okolja 2005. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 12 str.
- ROBEK, R., 2001. Obseg in značilnosti mehanskih poškodb drevja v slovenskih gozdovih po popisu poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov leta 2000. *Gozdarski vestnik*. 59, 2: 68–77
- SCHMIDT, P.A., 1998. Potential natural vegetation as an objective of close-to-natural forest management. *Forstwiss. Centralbl.* 117: 193–205
- SCHÖBER, R., 1952. Grundriss und schwappach Massentafeln zur estimmung des Holzgehaltes stehender Waldbaume und Walbestande. Paul Parey, Berlin, Hamburg, 216 pp.
- SCHOENENBERGER, W., 2001. Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures – a review. *Forest Ecology and Management*, 145: 121–128
- SMITH, R. L., SMITH, T. M., 2001. *Ecology & Field Biology*, sixth edition. ZDA, Benjamin Cummings: 613 str.
- SPIECKER, H., 2003. Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forest in Europe-temperate zone. *Journal of Environmental Management*. 67: 55–65
- TRONTELJ, M., 1997. Snegolom ob koncu leta 1995 in januarski žled. *Gozdarski vestnik*. 55, 5-6: 259–262

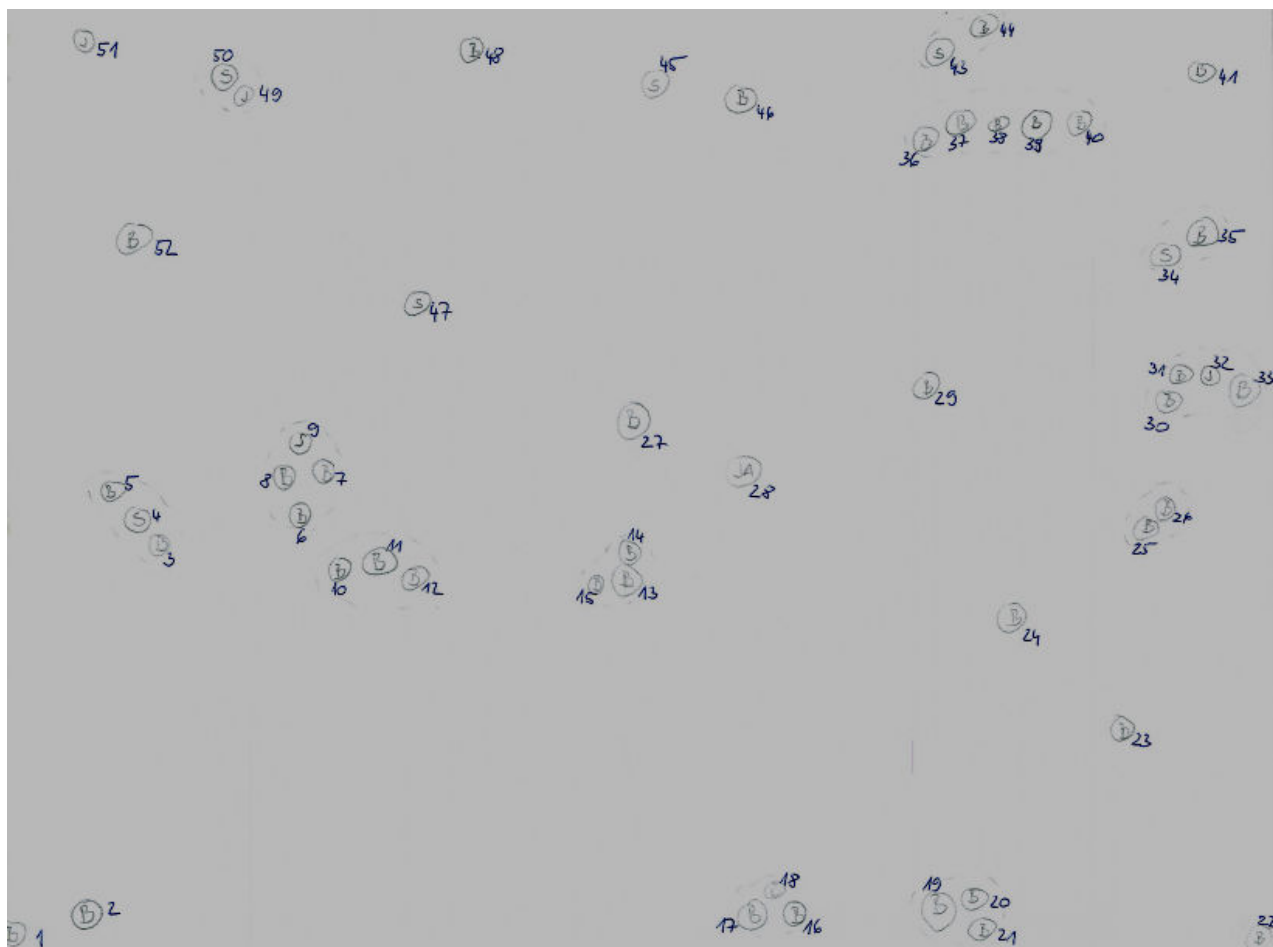
http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme_in_podnebje/napovedi_in_podatki/bovec.htm (20.12.2007)

PRILOGA A

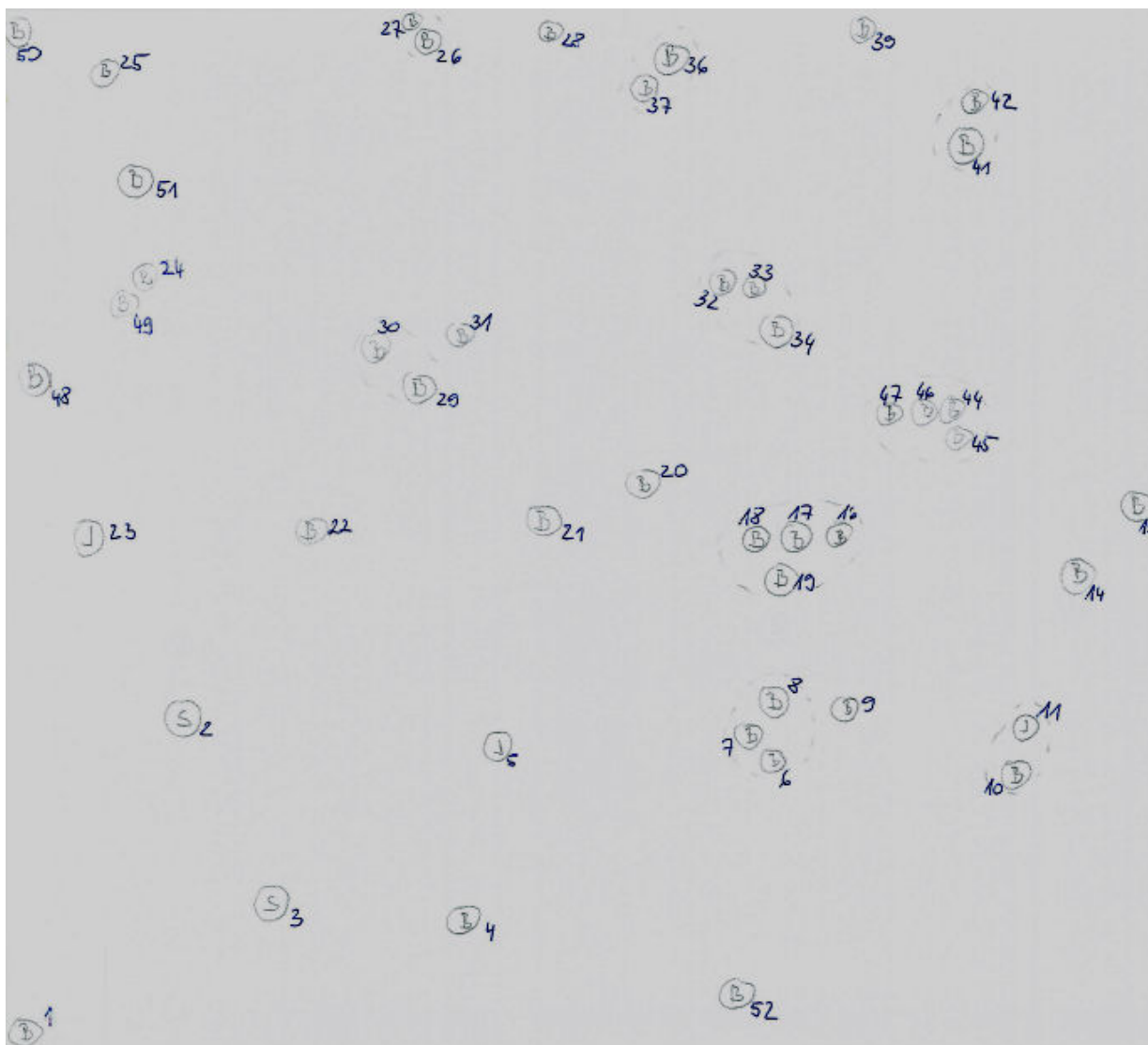
G1 S = 0,084 ha (28 m x 30 m); nadmorska višina = 1235 m; naklon = 22° 10'



G2 S = 0,116 ha (40 m x 29 m); n.v. = 1235 m; naklon = 17° 40'



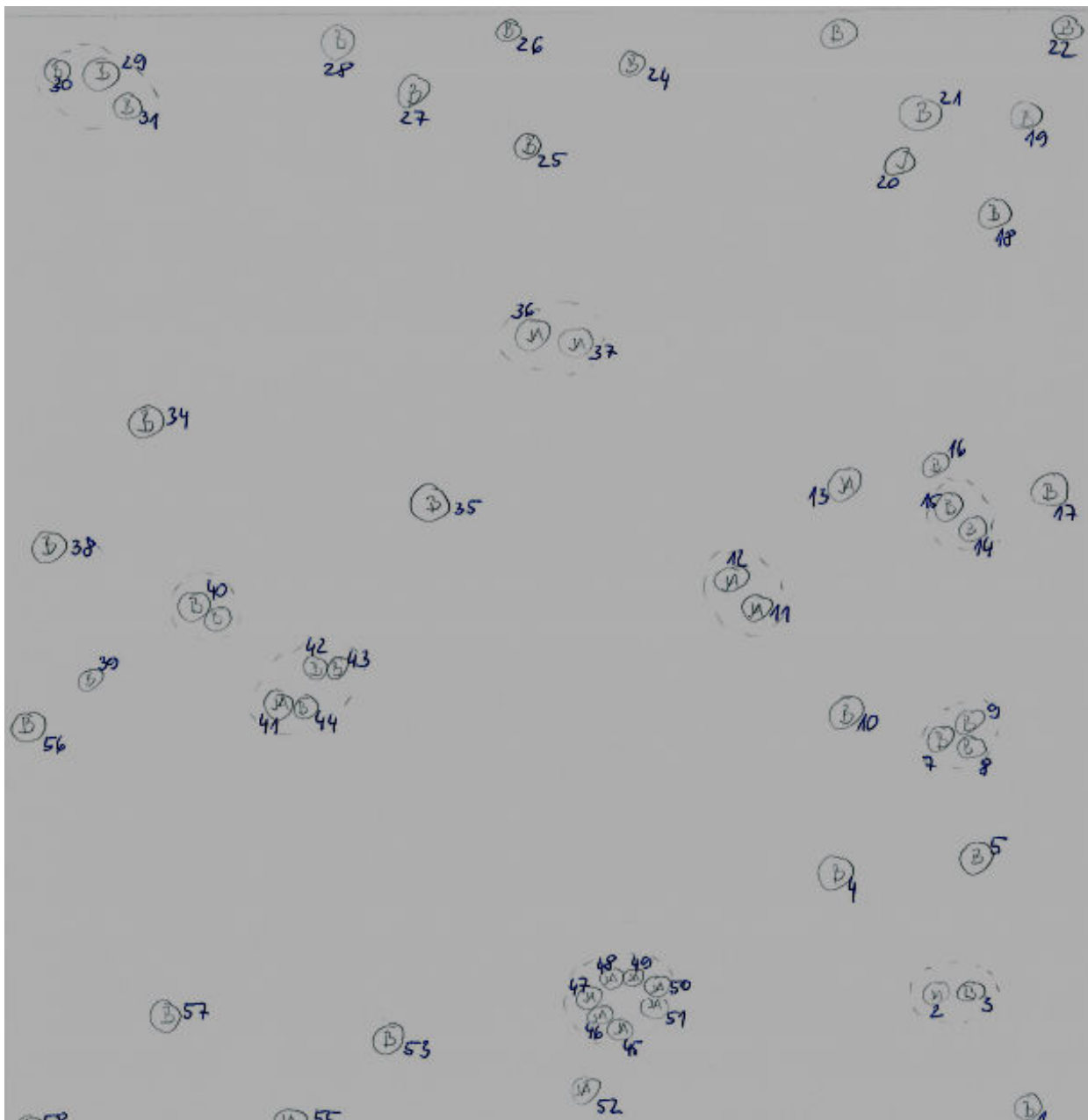
G3 S = 0, 1054 ha (34 m x 31 m); n.v. = 1235 m; naklon = 15° 84'



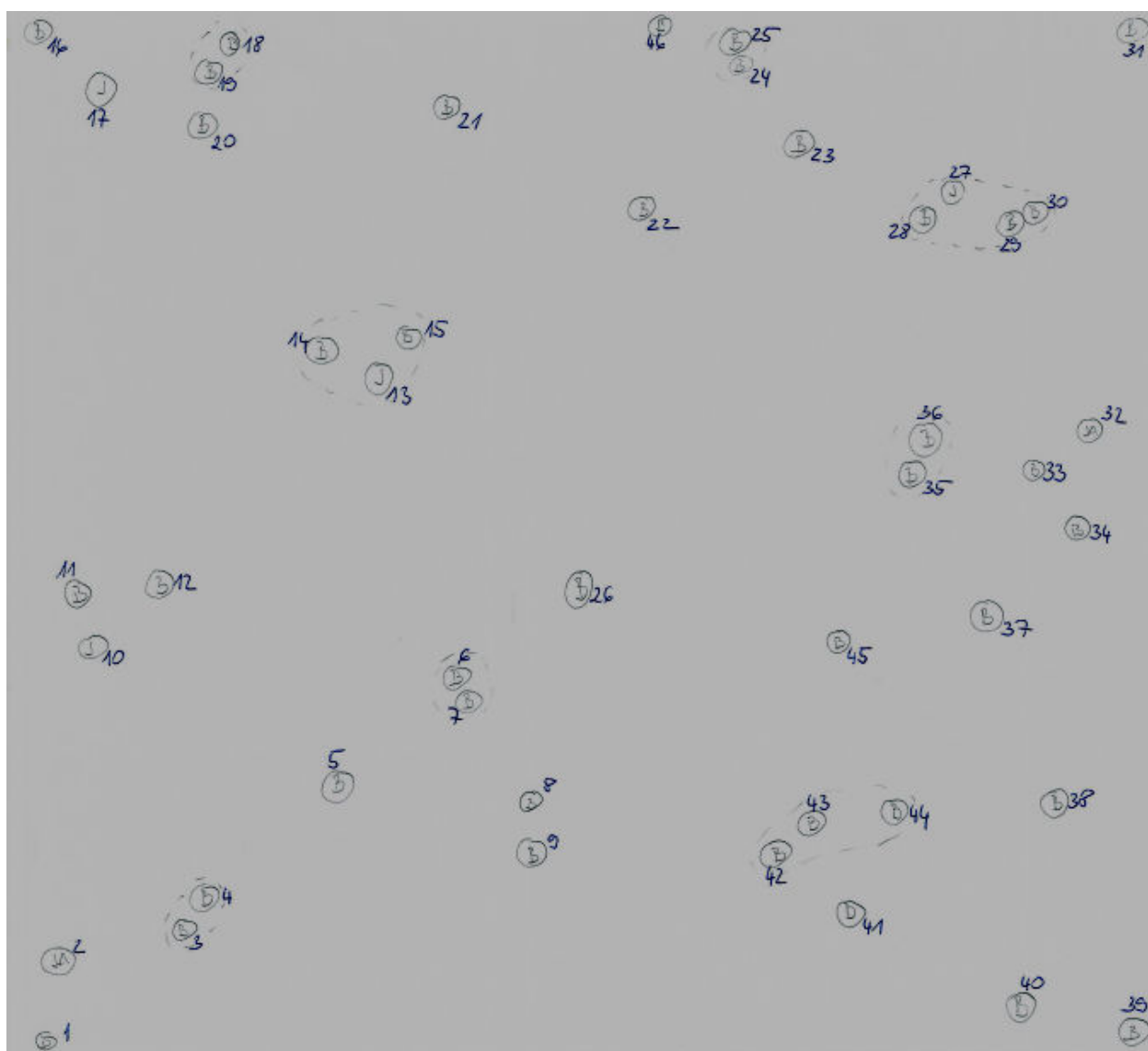
G4 S = 0,093 ha (31 m x 30 m); n.v. = 1210 m; naklon = 15°



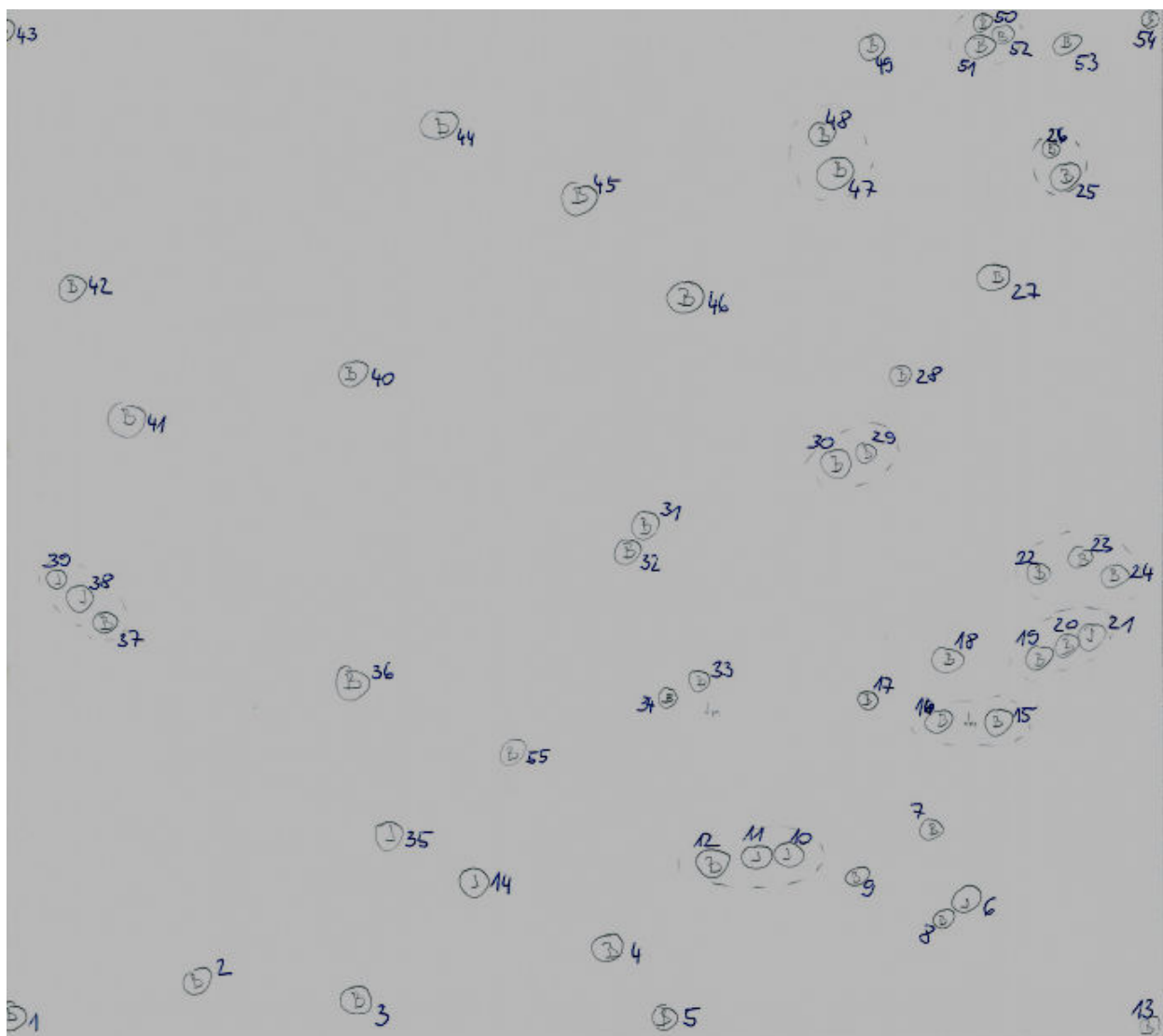
P1 S = 0,168 ha (42 m x 40 m); n.v. = 1260 m; naklon = 11° 20'



P2 S = 0,1088 ha (34 m x 32 m); n.v. = 1245 m; naklon = 10°



P3 S = 0,1152 ha (36 m x 32 m); n.v. = 1235 m; naklon = 12° 20'



P4 S = 0,132 ha (33 m x 40 m); n.v. = 1250 m; naklon = 14° 20'

