Interreg
Sofinancira EVROPSKA UNIJA
Sufinancira EUROPSKA UNIJA
Slovenija – Hrvatska
transPlant

Poročilo o vzpostavljenem regionalnem modelu dinamike vegetacije

~ različica 1.0 ~

/

Izvještaj o uspostavljenom regionalnom modelu promjena vegetacijskog pokrova

~ verzija 1.0 ~

Ljubljana, 31. oktober 2025/
Ljubljana, 31. listopad 2025

PRIRODOSLOVNI MUZEJ RIJEKA
NATURAL HISTORY MUSEUM RIJEKA
ZRC SAZU
ISTARSKA
ISTRIANA
RISNJAK
Park Škocjanske jame Slovenija
ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE ZA VARSTVO NARAVE

NASLOV DOKUMENTA/NAZIV DOKUMENTA:
Poročilo o vzpostavljenem regionalnem modelu dinamike vegetacije (različica 1.0)/
Izvješće o uspostavljenom regionalnom modelu promjena vegetacijskog pokrova (verzija 1.0)

DOKUMENT PRIPRAVIL/DOKUMENT PRIPREMIO:
Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika/
Znanstvenoistraživački centar Slovenske akademije znanosti i umjetnosti, Geografski institut Antona Melika
Novi trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

UREDNIKI/UREDNICI:
Mateja Breg Valjavec, Matjaž Geršič

AVTORJI/AUTORI:
Mateja Breg Valjavec, Rok Ciglič, Andraž Čarni, Matjaž Geršič, Lenart Štaut

PREVOD/PRIJEVOD:
Dora Lolić

UNUTARNJA RECENZIJA: Boštjan Surina

POROČILO O VZPOSTAVLJENEM REGIONALNEM MODELU DINAMIKE VEGETACIJE
IZVJEŠĆE O USPOSTAVLJENOM REGIONALNOM MODELU DINAMIKE VEGETACIJE

1 UVOD/UVOD

1.1 Namen in cilji poročila/Svrha i ciljevi izvješća

Glavni namen te aktivnosti je **določiti (kartirati) območja največjih okoljskih sprememb**, ki so posledica klimatskih nihanj v preteklosti v visokogorju, zato bomo pregled naredili na celotnem projektnem območju od Snežniškega pogorja v Sloveniji do Gorskega Kotarja na Hrvaškem. Spremembe smo določali v vegetacijskem pokrovu (širjenje zgornje in spodnje gozdne meje) in tudi v reliefu.

Glavna svrha ove aktivnosti jest odrediti (kartirati) područja najvećih okolišnih promjena koje su posljedica klimatskih kolebanja u prošlosti u visokogorju, stoga će se pregled provesti na cijelom projektnom području – od Snežničkog gorja u Sloveniji do Gorskog kotara u Hrvatskoj. Promjene su utvrđivane u vegetacijskom pokrovu (širenje gornje i donje šumske granice), ali i u reljefu.

Za potrebe prvega smo s pomočjo satelitskih posnetkov, zgodovinskih letalskih posnetkov, zgodovinskega kartografskega gradiva in Franciscejskega katastra izdelali zemljevide pokrovnosti vegetacije za različna leta znotraj daljšega obdobja za celotno projektno območje. S pomočjo geografskih informacijskih sistemov smo obdelali prostodostopne in kakovostne daljinskozaznane posnetke, ki so posneti v različnih valovnih spektrih. S primerjavo zemljevidov posameznih let smo analizirali, kakšen je bil trend višinskega pomikanja gozdov oziroma vegetacijskih površin na obravnavanem območju v preteklosti.

Za potrebe prve analize, uz pomoć satelitskih snimaka, povijesnih zračnih snimaka, povijesne kartografske građe i Franciskanskog katastra izrađene su karte vegetacijskog pokrova za različite godine unutar duljeg vremenskog razdoblja za cijelo projektno područje. Pomoću geografskih informacijskih sustava obrađeni su slobodno dostupni i kvalitetni podaci daljinskih istraživanja, snimljeni u različitim valnim spektrima. Usporedbom karata pojedinih godina analiziran je trend visinskog pomicanja šuma, odnosno vegetacijskih površina, na promatranom području u prošlosti.

Poročilo je strukturirano v 5 poglavij. Takoj za uvodom, ki poda cilje in namen, sledi drugo poglavje, ki predstavi zgodovinski razvoj gozdov v Evropi po zadnji ledeni dobi. Predstavljen je teoretični in dejanski okvir gozdne vegetacije v zadnjih 10.000 letih. V teoretičnem okviru povzemamo klimatsko in floristično značilna obdobja, ki mu sledi pregled in predstavitev posameznih obdobij po Šercelj 1996.Na kratko predstavimo prehod iz poznoglacialne vegatcije v zgodnje holocenske gozdove. V tretjem poglavju je predstavljeno spreminjanje gozdne meje v Severnih Dinaridih na primeru Snežnika, v četrtem pa na primeru Risnjaka. V petem poglavju so predstavljeni preliminarni rezultati spreminjanja spodnje gozdne meje v mraziščih na Snežniku in Gorskem kotarju (Risnjak), in sicer na primeru 6 globokih vrtač, ki so jih sooblikovali glacialni in periglacialni procesi: Smrekova draga, Velika kolobarnica, Stanišče, Kosmata dolina, Ceclje in Viljska ponikva. V slednjih smo določili odprte površine (travišča in skale) na arhivskih letalskih posnetkih in ugotavljali proces zaraščanja z gozdom v zadnjih 70-ih letih. Uporabili smo tudi obstoječo literaturo na to temo. Za projekcije v prihodnosti bomo v nadaljevanju projekta uporabili podatke meritev stacionarnega sistema (D1.1.1), ki deluje od oktobra 2024. V okviru slednjega se na višini 30 cm nad tlemi izvajajo avtomatske meritve temperature in vlažnosti zraka in temperatura rosišča.

Izvješće je strukturirano u pet poglavlja. Odmah nakon uvoda, koji donosi svrhu i ciljeve, slijedi drugo poglavlje koje prikazuje povijesni razvoj šuma u Europi nakon posljednjeg ledenog doba. Predstavljen je teorijski i stvarni okvir šumske vegetacije u posljednjih 10.000 godina. U teorijskom okviru sažimaju se klimatski i floristički značajna razdoblja, nakon čega slijedi pregled i prikaz pojedinih razdoblja prema Šercelj (1996). Ukratko se prikazuje prijelaz iz kasnoglacijalne vegetacije u rane holocenske šume.

U trećem poglavlju prikazane su promjene gornje šumske granice u Sjevernim Dinaridima na primjeru Snežnika, dok se u četvrtom poglavlju analizira primjer Risnjaka. U petom poglavlju predstavljeni su preliminarni rezultati promjena donje šumske granice u mrazištima na Snežniku i u Gorskom kotaru (Risnjak), i to na primjeru šest dubokih vrtača koje su oblikovali glacijalni i periglacijalni procesi: Smrekova draga, Velika Kolobarnica, Stanišče, Kosmata dolina, Ceclje i Viljska ponikva. U njima su na

arhivskim zračnim snimkama određene otvorene površine (travnjaci i stijene) te je analiziran proces zarastanja šumom u posljednjih 70 godina. Korištena je i postojeća literatura na tu temu.
Za buduće projekcije u nastavku projekta koristit će se podaci mjerenja stacionarnog sustava (D1.1.1), koji djeluje od listopada 2024. U okviru tog sustava, na visini od 30 cm iznad tla, provode se automatska mjerenja temperature i vlažnosti zraka te temperature rosišta.

2 ZGODOVINA RAZVOJA GOZDOV V EVROPI S POVDARKOM NA SEVERNIH DINARIDIH/POVIJEST RAZVOJA ŠUMA U EUROPI S NAGLASKOM NA SJEVERNE DINARIDE

2.1 Teoretični okvir razvoja vegetacije: klimatsko in floristično značilna obdobja/Teorijski okvir razvoja vegetacije: klimatski i floristički značajna razdoblja

Po zadnji ledeni dobi (konec okoli 11.700 let pr. n. št.) se je vegetacija razvijala in se še vedno razvija v več klimatsko in floristično značilnih obdobjih:
1. Alleroed (12.000–11.000) in preboreal (10.000–9.500): Značilni vrsti sta bili *Betula* (breza) in *Pinus* (bor). Šlo je za hladno prehodno obdobje po ledeni dobi.
2. Boreal (9.500–8.000): Značilna vrsta je bila *Corylus* (leska), podnebje je bilo toplo in suho.
3. Atlantik (8.000–5.000): Značilne vrste so bile *Quercetum mixtum-Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus* (hrastov mešani gozd-hrast, lipa, brest, jesen), podnebje je bilo toplo in vlažno, imenovano tudi klimatski optimum.
4. Subboreal (5.000–2.000): Značilni vrsti sta bili *Fagus* (bukev) in *Quercus* (hrast), podnebje je bilo toplo in suho.
5. Subatlantik (2000 pr. n. št. dalje): Značilna vrsta je *Fagus* (bukev), podnebje je hladno in vlažno.
1. Alleroed (12.000–11.000) i preboreal (10.000–9.500): Karakteristične vrste bile su *Betula* (breza) i *Pinus* (bor). Radilo se o hladnom prijelaznom razdoblju nakon ledenog doba.
2. Boreal (9.500–8.000): Karakteristična vrsta bila je *Corylus* (lijeska), a klima je bila topla i suha.
3. Atlantik (8.000–5.000): Karakteristične vrste bile su *Quercetum mixtum – Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus* (mješovite hrastove šume – hrast, lipa, brijest, jasen). Klima je bila topla i vlažna te se naziva i klimatskim optimumom.
4. Subboreal (5.000–2.000): Karakteristične vrste bile su *Fagus* (bukva) i *Quercus* (hrast), a klima je bila topla i suha.
5. Subatlantsko razdoblje (od 2.000 pr. Kr. nadalje): Karakteristična vrsta je *Fagus* (bukva), dok je klima hladna i vlažna.

Za posamezno gozdno fazo so značilne določene vrste, ki veljajo severno od Alp tudi kot kronotipi, ki še danes določajo čas in podnebje. Nobena od faz ni nastopala istočasno na vsem prostoru od juga do severa (Šercelj 1996).
Za svaku šumsku fazu karakteristične su određene vrste koje se sjeverno od Alpa smatraju i kronotipovima, a koje i danas određuju vrijeme i klimatske prilike. Nijedna od faza nije se pojavila istodobno na cijelom prostoru od juga prema sjeveru (Šercelj, 1996).

Vsa ta klimatsko in floristično značilna obdobja je Fibras razdelil še na 10 pelodnih con glede na dominacijo peloda ene ali druge gozdne skupine. Poimenoval jih je *Späteiszeit*, *Vorwärmezeit*, *Frühe Wärmezeit*, *Mittlere Wärmezeit*, *Spite Wärmezeit* in *Nachwärmezeit*. Zaradi istih klimatskih razmer na različnih geografskih širinah so obstajale različne razvojne stopnje vegetacije (gozdne faze). Tako je Fibrasova shema veljala le za časovno in geografsko določen pas srednje Evrope. V južnejših pasovih je nastopila določena gozdna faza prej, v severnejših pa pozneje (Šercelj 1996).
Sva ta klimatski i floristički značajna razdoblja Firbas je dodatno podijelio u deset peludnih zona prema dominaciji peluda pojedine šumske skupine. Nazvao ih je *Späteiszeit*, *Vorwärmezeit*, *Frühe Wärmezeit*, *Mittlere Wärmezeit*, *Späte Wärmezeit* i *Nachwärmezeit*. Zbog jednakih klimatskih uvjeta na različitim geografskim širinama postojale su različite razvojne faze vegetacije (šumske faze). Firbasova shema

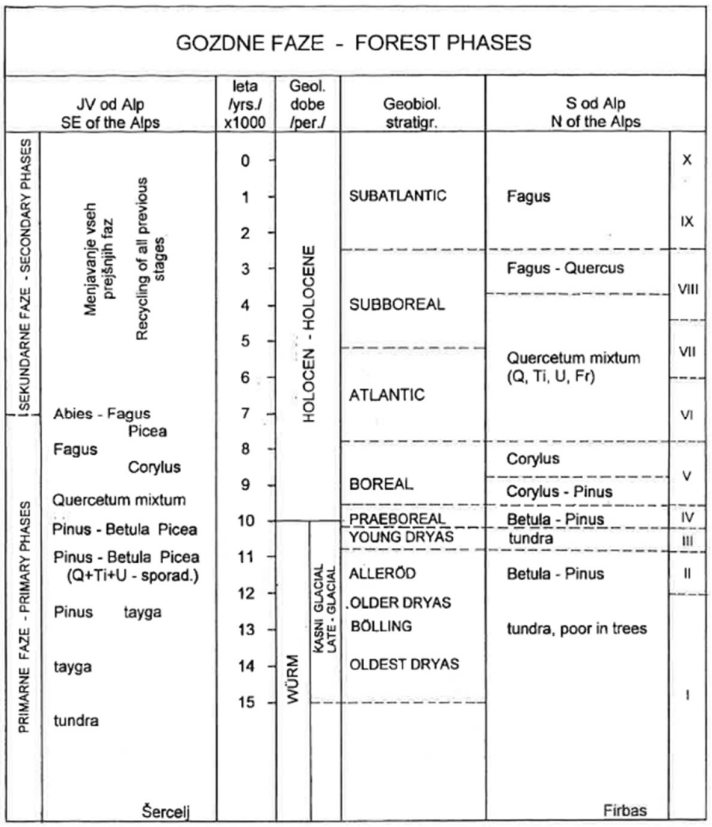
stoga vrijedi samo za vremenski i prostorno određeni pojas srednje Europe. U južnijim područjima određena se šumska faza javila ranije, dok se u sjevernijima pojavila kasnije (Šercelj, 1996).

Gozdne faze se določa po dominantnem taksonu ali skupini, zastopani z najvišjimi pelodnimi vrednostmi. Vključeni so tudi elementi prejšnje in tudi že elementi prihodnje faze. Zato gozdne faze niso nikoli nastopale in se menjavale abruptno, temveč so postopno prehajale druga v drugo. Velik vpliv so imele in še vedno imajo negativne posledice, kot na primer naravne katastrofe, škodljivci in radikalne spremembe v naravi. (Šercelj 1996).
Šumske faze određuju se prema dominantnom taksonu ili skupini, zastupljenima najvišim vrijednostima peluda. Uključeni su i elementi prethodne faze, kao i već elementi nadolazeće faze. Zbog toga šumske faze nikada nisu nastupale niti se smjenjivale naglo, već su postupno prelazile jedna u drugu. Velik utjecaj imale su, i još uvijek imaju, negativne pojave poput prirodnih katastrofa, štetnika i radikalnih promjena u prirodi (Šercelj, 1996).

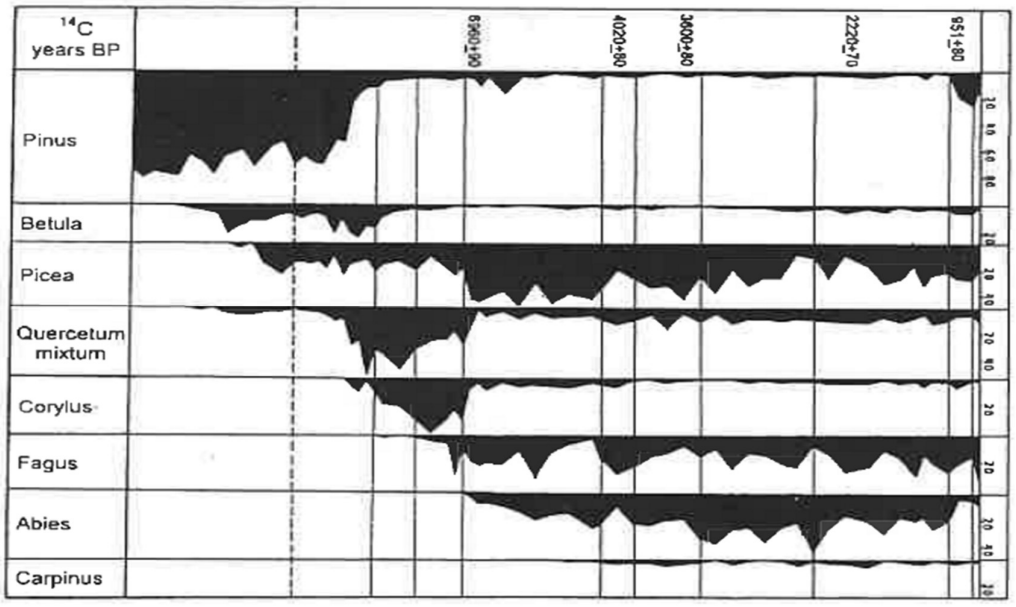
Čas zadnjih 10.000 let je današnja topla doba (holocen). V tem obdobju so se razvili holocenski gozdovi. Razvoj je potekal po točno določenih zakonitostih združevanja in v točno določenem zaporedju faz, imenovanem sukcesija. Sukcesija gozdnih faz v Sloveniji je enaka, kot jo je prikazal Fibras za srednjo Evropo severno od Alp. Loči se le po inverziji faze leske (*Corylus*) in faze mešanega hrastovega gozda (*Quercetum mixtum*) ter transgresiji (širjenje morja na kopno). Holocenski razvoj primarnih gozdnih faz severno od Alp je trajal približno 8.000 let (od 10.000 do 2.000 let pred sedanjostjo).
Razdoblje posljednjih 10.000 godina predstavlja današnje toplo razdoblje – holocen. U tom su se razdoblju razvile holocenske šume. Razvoj je tekao prema točno određenim zakonitostima udruživanja i u jasno definiranom slijedu faza, nazvanom sukcesija. Sukcesija šumskih faza u Sloveniji jednaka je onoj koju je Firbas prikazao za srednju Europu sjeverno od Alpa. Razlikuje se jedino po inverziji faze lijeske (*Corylus*) i faze mješovite hrastove šume (*Quercetum mixtum*) te po transgresiji (širenju mora na kopno). Holocenski razvoj primarnih šumskih faza sjeverno od Alpa trajao je približno 8.000 godina (od 10.000 do 2.000 godina prije sadašnjosti).

V Sloveniji je bil razvoj vseh gozdnih faz z vrhunsko fazo *Abieti-Fagetum* končan že pred 7000 leti. Ta faza je pomembna samo za območja južno od Alp, ker je bil dosežen vrhunec razvoja primarnih gozdov in sukcesije. Od takrat so bile tu vse gozdne faze katerekoli stopnje sekundarne in nimajo več kronostratigrafske povednosti (Šercelj 1996).
U Sloveniji je razvoj svih šumskih faza, s vršnom fazom *Abieti-Fagetum*, bio završen već prije 7.000 godina. Ta je faza važna samo za područja južno od Alpa, jer je tada dosegnut vrhunac razvoja primarnih šuma i sukcesije. Od toga vremena nadalje sve su šumske faze, neovisno o stupnju, sekundarne te više nemaju kronostratigrafsku vrijednost (Šercelj, 1996).

Vse holocenske gozdne faze so veliko manj pod vplivom klimatskih sprememb kot poznoglacialne (iz obdobja konca zadnje poledenitve). V holocenu imajo glede temperaturnih razmer vsi gozdni partnerji približno enake možnosti, vendar nekateri večje, drugi manjše (Šercelj 1996).
Sve holocenske šumske faze znatno su manje pod utjecajem klimatskih promjena nego poznoglacijalne (iz razdoblja završetka posljednje glacijacije). U holocenu, s obzirom na temperaturne uvjete, svi šumski sudionici imaju približno jednake mogućnosti, iako su kod nekih one veće, a kod drugih manje (Šercelj, 1996).



Slika 1: Paralelni prikaz kronologije naseljevanja gozdov v Sloveniji (levo: SERCEU) in severno od Alp (desno: FIRBAS)./Paralelni prikaz kronologije naseljavanja šuma u Sloveniji (lijevo: ŠERCELJ) i sjeverno od Alpa (desno: FIRBAS).



Slika 2: Postopno vključevanje posameznih drevesnih taksonov v holocenske gorske gozdove v Sloveniji./Postupno uključivanje pojedinih drvenastih taksona u holocenske planinske šume u Sloveniji.

2.1 Poznoglacialna vegetacija/Poznoglacijalna vegetacija

Po zadnji ledeni dobi je preživelo le rastlinstvo, ki je bilo sposobno prenašati ekstreme ledenodobnega podnebja. Povprečna letna temperatura se je znižala za 10°C. Preživeli so predvsem *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Juniperus* in zelišča, mahovi in lišaji današnjega visokoalpskega območja. V loveniji je dominiral bor (*Pinus*), istočasno pa je severno od Alp prevladovala breza (*Betula*). V mlajšem drijasu (je bilo obdobje v geološki zgodovini Zemlje, ki se je zgodilo približno 12.900 do 11.700 let pred sedanjostjo) pa je ohladitev znatno omejila toploljubne listavce. Poleg podnebja je na vegetacijo vplivalo tudi živalstvo. Del favne (živali, ki živijo na nekem območju) je bilo rastlinojede, drugi del pa so predstavljali predatorji, ki so bili odvisni od rastlinojedov, posredno tudi od rastlinstva. Predatorji so bili severni jelen, bizon, los, jamski medved, alpski svizec, zajec in mamut, ki pa so skupaj z rastlinojedi živeli na račun revne severnjaške vegetacije (borovci, breze, listavci in zelišča) (Šercelj 1996).

Nakon posljednjeg ledenog doba preživjelo je samo bilje koje je bilo sposobno podnijeti ekstreme ledenodobne klime. Prosječna godišnja temperatura snizila se za oko 10 °C. Preživjele su ponajprije vrste *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Juniperus* te zeljaste biljke, mahovine i lišajevi današnjega visokoplaninskog (visokoalpskog) područja. U Sloveniji je dominirao bor (*Pinus*), dok je istodobno sjeverno od Alpa prevladavala breza (*Betula*). U razdoblju mlađeg drijasa (geološko razdoblje koje se odvijalo približno od 12.900 do 11.700 godina prije sadašnjosti) zahlađenje je znatno ograničilo toploljubne listopadne vrste. Osim klime, na vegetaciju je utjecao i životinjski svijet. Dio faune (životinje koje žive na određenom području) činile su biljojede životinje, dok su drugi dio predstavljali predatori, koji su ovisili o biljojedima, a posredno i o bilju. Među njima su bili sob, bizon, los, špiljski medvjed, alpski svizac, zec i mamut, koji su zajedno s biljojedima živjeli oslanjajući se na siromašnu sjevernu vegetaciju (borovi, breze, listopadno drveće i zeljaste biljke) (Šercelj, 1996).

2.2 Začetki holocenskih gozdov/Počeci holocenskih šuma

Prehodno obdobje iz poznega glaciala v holocen je bilo preboreal. Tako je bil prehod hladnodobne vegetacije v toplodobno postopen. Nazadovali so predvsem iglavci in breza, hitro pa se je širil mešani hrastov gozd. Holocen se deli na že prej omenjena klimatsko in floristično značilna obdobja boreal (topel in suh), atlantik (topel in vlažen), subboreal (topel in suh) in subatlantik (vlažen in hladnejši). Fibras je to členitev prilagodil klimatološko-ekološkim zahtevam sukcesivnih gozdnih faz ob njihovi selitvi od Alp proti Baltiku in Skandinaviji (Šercelj 1996).

Prijelazno razdoblje iz kasnog glacijala u holocen bilo je preborealno. Prijelaz iz hladnodobne u toplodobnu vegetaciju odvijao se postupno. Najviše su nazadovali četinjače i breza, dok se mješovita hrastova šuma brzo širila. Holocen se dijeli na ranije spomenuta klimatski i floristički značajna razdoblja: boreal (topao i suh), atlantik (topao i vlažan), subboreal (topao i suh) i subatlantski period (vlažan i hladniji). Firbas je tu podjelu prilagodio klimatološko-ekološkim zahtjevima sukcesivnih šumskih faza tijekom njihova širenja od Alpa prema Baltiku i Skandinaviji (Šercelj, 1996).

2.2.1 Boreal/Boreal

Severno od Alp je po predhodni fazi *Corylus-Pinus* (leska-bor) prevladovala dolgo trajajoča faza *Corylus* (leska) vse do začetka atlantika. Za kraje južno od Alp so bili že v alleroedu borovi-brezovi gozdovi (glavno listavsko drevje). Tako so že ob prvih otoplitvah v borealu nastopili elementi mešanega hrastovega gozda (*Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Acer* – *Quercetum mixtum*). Poleg tega so bili na tistem območju tudi *Corylus*, *Fagus*, *Abies*, *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Salix* in *Alnus*. Tak tip gozda je bil značilen v Alpah (1000–1500 m), na Pokljuki in Jelovici, prav tako pa tudi v nižjih legah. V višjih legah pa je bila v gozdovih bogata tudi udeležba iglavcev *Picea* (smreka) in *Abies* (jelka) (Šercelj 1996).

V Sloveniji je *Quercetum mixtum* prehitel fazo *Corylus*, a se je ta faza leske pojavila ob koncu boreala in dosegla skromne vrednosti (v gorskih gozdovih do 40 %). Pojavila naj bi se zaradi hiperpopulacije velike divjačine rastlinojedov (turov, zobrov, jelenov in srnjadi) (Šercelj 1996).

Sjeverno od Alpa, nakon prethodne faze *Corylus–Pinus* (lijeska–bor), prevladavala je dugotrajna faza *Corylus* (lijeske), sve do početka atlantika. U područjima južno od Alpa već su u razdoblju allerøda postojale borovo-brezove šume (s glavnim udjelom listopadnog drveća). Tako su se već s prvim zatopljenjima u borealu pojavili elementi mješovite hrastove šume (*Ulmus, Tilia, Quercus, Fraxinus, Acer – Quercetum mixtum*). Osim toga, na tom su području bile prisutne i vrste *Corylus, Fagus, Abies,*

Pinus, Picea, Betula, Salix i *Alnus*. Takav tip šume bio je karakterističan za Alpe (1.000–1.500 m n. v.), Pokljuku i Jelovicu, ali i za niže nadmorske visine. U višim predjelima u šumama je bio bogato zastupljen i udio četinjača, osobito *Picea* (smreka) i *Abies* (jela) (Šercelj, 1996). U Sloveniji je *Quercetum mixtum* pretekao fazu *Corylus*, no ta se faza lijeske pojavila tek krajem boreala i dosegla skromne vrijednosti (u planinskim šumama do 40 %). Smatra se da se pojavila zbog hiperpopulacije krupne biljojedne divljači (turova, zubara/bizona, jelena i srna) (Šercelj, 1996).

2.2.2 Atlantik/Atlantik

Že ob koncu boreala se je v gorskih legah pojavila vrsta *Fagus* (bukev). To dokazuje strm dvig krivulje bukve v vseh pelodnih diagramih iz zgodnjega holocena. A je v alpskem delu precejšen odstotek obdržala *Picea* (smreka). Na Fibrasovi razpredelnici je prikazano, da je severno od Alp dominirala leskova faza, tam pa o fazi mešanega hrastovega gozda še ni sledu. V prvi polovici atlantika se je bukovim gozdovom pridružila še *Abies* (jelka), ki sta se povezali v fazo *Abieti-Fagetum*. Ta faza se je obdržala do danes, v alpskem prostoru pa se je združila tudi s smreko. Pojavil se je tudi *Carpinus* (gaber), ki je še danes razširjen na Dolenjskem. Ko so gozdovi že dosegli klimaks, je šele nastopil *Quercetum mixtum*. V severnih pokrajinah Evrope v času atlantika gozdovi še niso dosegli svojega vrhunca – takrat se je bukev šele začela mešati v hrastove gozdove. Šele v subatlantskem obdobju (približno 2500 let pred sedanjostjo) je bukev v večji meri poselila severnoevropski prostor (Šercelj 1996).

Već krajem boreala u planinskim se predjelima pojavila vrsta *Fagus* (bukva). To potvrđuje nagli porast krivulje bukve u svim peludnim dijagramima ranog holocena. Ipak, u alpskom području značajan je udio zadržala i *Picea* (smreka). Na Firbasovoj shemi prikazano je da je sjeverno od Alpa dominirala faza lijeske, dok ondje još nema tragova faze mješovite hrastove šume.

U prvoj polovici atlantika bukovim se šumama pridružila i *Abies* (jela), te su se zajedno povezale u fazu *Abieti-Fagetum*. Ta se faza zadržala do danas, a u alpskom se prostoru povezala i sa smrekom. Pojavio se i *Carpinus* (grab), koji je i danas rasprostranjen u Dolenjskoj. Tek kada su šume već dosegle klimaks, pojavio se *Quercetum mixtum*.

U sjevernim dijelovima Europe šume tijekom atlantika još nisu dosegnule svoj vrhunac – bukva se tada tek počela miješati s hrastovim šumama. Tek u subatlantskom razdoblju (otprilike 2.500 godina prije sadašnjosti) bukva je u većoj mjeri naselila sjevernoeuropski prostor (Šercelj, 1996).

V Sloveniji se je z razvojem gozdne združbe bukve in jelke (*Abieti-Fagetum*) razvil vrhunski klimaksni gozd, kar pomeni, da je bil progresivni razvoj gozda zaključen. Nadaljnji razvoj ni šel več v smeri višje stopnje, ampak je prešel v ciklični proces. Ta cikličnost vključuje regresivne in progresivne faze, v katerih bukev in jelka izmenično prevladujeta, gozd lahko regredira (nazaduje) na mešane hrastove gozdove (*Quercetum mixtum*), nato pa se ponovno vzpenja proti klimaksni združbi. Ta dinamični proces menjavanja faz vodi v veliko raznolikost današnjih gozdov, ki jih Šercelj poimenuje kot sekundarne gozdne faze (Šercelj 1996).

U Sloveniji se razvojem šumske zajednice bukve i jele (*Abieti-Fagetum*) razvio vrhunski klimaksni šumski tip, što znači da je progresivni razvoj šuma bio završen. Daljnji se razvoj više nije odvijao prema višem stupnju, već je prešao u ciklički proces. Ta cikličnost uključuje regresivne i progresivne faze u kojima se bukva i jela izmjenjuju u prevladavanju; šuma može regredirati (nazadovati) prema mješovitim hrastovim šumama (*Quercetum mixtum*), a zatim se ponovno uzdizati prema klimaksnoj zajednici. Taj dinamični proces izmjene faza dovodi do velike raznolikosti današnjih šuma, koje Šercelj naziva sekundarnim šumskim fazama (Šercelj, 1996).

2.2.3 Suboreal/Subboreal

Toplota v suborealu je vplivala predvsem preko sprememb v vodni bilanci in vegetacijskih odzivov. V tem času je v gorskem svetu še vedno prevladovala klimaksna gozdna združba jelke in bukve – *Abieti-Fagetum*, z različno dominanco ene ali druge vrste, odvisno od lokalnih razmer. V višje ležečih in manj prizadetih območjih je *Abieti-Fagetum* ostal stabilna in prevladujoča vegetacija. V tej združbi sta se

izmenjevali bukev in jelka, kar kaže na notranjo dinamiko gozda, prilagojeno na podnebna nihanja in motnje. Ekološka nihanja so povzročila menjavanje prevlade – včasih je bila izrazitejša bukev, drugič jelka, kar je naraven del razvojnega cikla te združbe.
Toplina u subborealu djelovala je ponajprije preko promjena u vodnoj bilanci i vegetacijskih reakcija. U tom je razdoblju u planinskom području i dalje prevladavala klimaksna šumska zajednica jele i bukve – *Abieti-Fagetum*, s različitom dominacijom jedne ili druge vrste, ovisno o lokalnim uvjetima. U višim i manje zahvaćenim područjima *Abieti-Fagetum* je ostao stabilna i prevladavajuća vegetacija.
U toj su se zajednici bukva i jela izmjenjivale u prevlasti, što upućuje na unutarnju dinamiku šume, prilagođenu klimatskim kolebanjima i poremećajima. Ekološke oscilacije uzrokovale su smjene dominacije – ponekad je izraženija bila bukva, a ponekad jela – što predstavlja prirodan dio razvojnog ciklusa te zajednice.

Na skrajnem vzhodu Slovenije ki spada v predalpski svet, se jelka ni močno uveljavila. Bila je le šibko prisotna (največ 10 %), medtem ko je bukev dosegala nad 50 %. Tudi v nekaterih drugih gorskih območjih izven Slovenije (npr. gore Bakony pri Blatnem jezeru) je bila jelka v začetnih fazah *Abieti-Fagetuma* prisotna le v manjših deležih (5–10 %) (Šercelj 1996).
Na krajnjem istoku Slovenije, koji pripada predalpskom području, jela se nije snažno učvrstila. Bila je prisutna tek u slabom udjelu (najviše do 10 %), dok je bukva dosezala više od 50 %. Slično je i u nekim drugim planinskim područjima izvan Slovenije (npr. gorje Bakony kod Balatonskog jezera), gdje je jela u početnim fazama *Abieti-Fagetuma* bila zastupljena samo u manjim udjelima (5–10 %) (Šercelj, 1996).

2.2.4 Subatlantik/Subatlantik

V subatlantiku je več iglastih gozdov, kar je lahko znamenje hladnejših obdobij ali posledica antropogene degradacije gozdov. Tudi v gorah so se pojavili znaki antropogene degradacije gozdov, čeprav je bil človekov vpliv pogosto manjši kot v nižinah. Nekatere gorske doline in planote v preteklosti so bile gosto poseljene in intenzivno izkoriščene, predvsem za pašo in oglarjenje, kar je povzročilo spremembe v sestavi gozdov. Povečana prisotnost pionirskih vrst, kot so bor, smreka in breza, pogosto kaže na degradacijo zaradi prekomerne paše. Kljub močnim klimatskim ohladitvam (npr. Maunderjev minimum med 1650 in 1720), gozdna vegetacija v gorah ni pokazala bistvenih sprememb, kar pomeni, da je bil človekov vpliv pomembnejši kot naravne klimatske spremembe. Posegi so bili lokalno različni (odvisni od poseljenosti in gospodarskih dejavnosti). Nekatere pokrajine še danes kažejo posledice nekdanje dolgotrajne prenaseljenosti in škodljivega vpliva na gozdove, predvsem Dolenjska in Kras (Šercelj 1996).
U subatlantiku sve je više četinjača u šumama, što može biti znak hladnijih razdoblja ili posljedica antropogene degradacije šuma. Čak su se i u planinama pojavili znakovi ljudskog utjecaja na šume, iako je ljudski utjecaj često bio manji nego u nizinskim područjima. Neke planinske doline i visoravni u prošlosti bile su gusto naseljene i intenzivno korištene, prvenstveno za ispašu i proizvodnju ugljena, što je izazvalo promjene u sastavu šuma. Povećana prisutnost pionirskih vrsta, poput bora, smreke i breze, često ukazuje na degradaciju zbog prekomjerne ispaše. Unatoč snažnim klimatskim zahlađenjima (npr. Maunderov minimum između 1650. i 1720.), vegetacija u planinskim šumama nije pokazala značajnije promjene, što znači da je ljudski utjecaj bio važniji od prirodnih klimatskih promjena. Intervencije su bile lokalno različite (ovisno o gustoći naseljenosti i gospodarskim aktivnostima). Neka područja i danas pokazuju posljedice nekadašnje dugotrajne prenapučenosti i štetnog utjecaja na šume, posebno Dolenjska i Kras (Šercelj, 1996).

2.3 Pelodna slika gozdov na Snežniku (Sežanje, 1300 m)/Peludna slika šuma na Snežniku (Sežanje, 1.300 m)

Pred 2000 leti so območje Snežnika poseljevali Japodi, ki so se zaradi stikov z Rimljani verjetno umikali v višje, varnejše predele. Delna deforestacija Snežniškega pogorja je najverjetneje povezana z njihovo dejavnostjo (Šercelj 1996). V globini 18–25 cm so pelodne analize (Preglednica 1) pokazale močno

prisotnost *Corylus*, *Juniperus*, *Betula* in *Pinus*, kar nakazuje na degradirano in odprto pokrajino, verjetno zaradi paše. Visoke vrednosti vresovk (NAP) dodatno potrjujejo izrabljeno vegetacijo. Kljub temu gozd ni bil popolnoma iztrebljen. Prisotnost peloda smreke (*Picea*), jelke (*Abies*) in bukve (*Fagus*) kaže, da so znatne površine še vedno pokrivali pravi gozdovi, predvsem manj dostopna območja. Rezultati radiokarbonske datacije na globini 9–18 cm kažejo starost peloda 2145±82 let BP (Z-308).

Prije 2.000 godina područje Snežnika naseljavali su Japodi, koji su se, zbog kontakata s Rimljanima, vjerojatno povlačili u više, sigurnije predjele. Djelomična deforestacija Snežniškog gorja vjerojatno je povezana s njihovim aktivnostima (Šercelj, 1996). U dubini od 18–25 cm peludne analize (Tablica 1) pokazale su jaku prisutnost *Corylus, Juniperus, Betula* i *Pinus*, što upućuje na degradirano i otvoreno područje, vjerojatno zbog ispaše. Visoke vrijednosti vrijesova (*NAP*) dodatno potvrđuju iskorištenu vegetaciju. Unatoč tome, šuma nije bila potpuno uništena. Prisutnost peluda smreke (*Picea*), jele (*Abies*) i bukve (*Fagus*) pokazuje da su značajne površine i dalje prekrivali pravi šumski kompleksi, osobito teško pristupačna područja. Rezultati radiokarbonske datacije na dubini 9–18 cm pokazuju starost peluda od 2.145 ± 82 godina BP (Z-308).

Preglednica 1: Absolutne vrednosti peloda v vzorcih iz profila gozdnih tal Sežanje, Snežnik (Šercelj 1996)./ ***Tablica 1:*** *Apsolutne vrijednosti peluda u uzorcima iz profila šumskih tala Sežanje, Snežnik (Šercelj, 1996).*

Globina (cm) Depth (cm)	0-9	9-18	18-25	25-27
AP	28	148	243	91
Pinus	6	21	45	20
Picea	9	34	33	31
Abies	4	10	10	10
Juniperus	-	5	8	-
Betula	-	3	7	-
Alnus	4	19	55	13
Corylus	2	8	44	9
Ostrya	-	1	-	-
Quercus	-	3	5	1
Tilia	2	-	-	-
Acer	-	-	1	-
Fagus	1	44	37	7
Ephedra	-	-	2	-
NAP	2	33	73	26
		C^{14}		

2.4 Glavne drevesne vrste v gozdovih/Glavne drvene vrste u šumama

2.4.1 Smreka (Picea)/Smreka (Picea)

Pelodne analize iz številnih krajev Slovenije dokazujejo, da je bila smreka že v poznem glacialu skupaj z borom in brezo med prvimi sestavinami gozdov. V gorskih gozdovih je ostala bistvena sestavina skozi ves postglacial. V gorskih predelih Slovenije in Balkana je smreka ena ključnih drevesnih vrst, ki tvori obsežne gozdove. V gorskih območjih se pojavljajo številne lokalne sorte in variacije, kar kaže na prilagojenost smreke različnim ekološkim razmeram in dolgoročni razvoj v različnih mikroklimah ter rastiščih.

Peludne analize iz brojnih krajeva Slovenije pokazuju da je smreka već u kasnom glacijalu, zajedno s borom i brezom, bila među prvim sastavnicama šuma. U planinskim šumama ostala je ključna komponenta kroz cijeli postglacijalni period.

U planinskim predjelima Slovenije i Balkana smreka je jedna od ključnih drvenastih vrsta, tvoreći velike šumske komplekse. U planinskim područjima pojavljuju se brojne lokalne sorte i varijacije, što ukazuje na prilagodbu smreke različitim ekološkim uvjetima i dugoročni razvoj u različitim mikroklimama i staništima.

Pelodna analiza smreke razkriva veliko morfološko variabilnost, kar dopolnjuje spoznanja o njeni ekološki in genetski raznolikosti v gorskih območjih. V pleistocenskih sedimentih so bile najdene tudi teratološke oblike peloda s tremi mešički, ki najverjetneje nastanejo kot razvojne nepravilnosti (mutacije) v tetradah. Zaradi variabilnosti smrekovega peloda ni bilo mogoče zanesljivo določiti vrste. V sedimentu so zasledili tudi storževe luske, ki so nakazale na sibirsko smreko (*Picea abies var. obovata*). Glavni areal sibirske smreke je vzhodno od Urala, a v Evropi najdemo številne hibridne populacije (v Alpah, Karpatih, itd.), kar kaže na klinalne prehode med evropsko in sibirsko smreko. V območjih stika so prehodne oblike zaradi intenzivne hibridizacije posledica klinalnih adaptacij.
Peludna analiza smreke otkriva veliku morfološku varijabilnost, što potvrđuje njenu ekološku i genetsku raznolikost u planinskim područjima. U pleistocenskim sedimentima pronađene su i teratološke oblike peluda s tri mješička, najvjerojatnije nastali kao razvojne nepravilnosti (mutacije) u tetradama. Zbog varijabilnosti peluda smreke nije bilo moguće pouzdano odrediti vrstu. U sedimentima su zabilježene i ljuske češera koje upućuju na sibirsku smreku (*Picea abies var. obovata*). Glavno je područje sibirske smreke istočno od Urala, ali u Europi postoje brojne hibridne populacije (u Alpama, Karpata, itd.), što pokazuje klinalne prijelaze između europske i sibirske smreke. U područjima kontakta prijelazni oblici nastaju zbog intenzivne hibridizacije i klinalnih adaptacija.

Že prej je bilo znano, da se sibirska smreka pojavlja tudi v evropskih smrekovih gozdovih v Alpah, Tatrah, Karpatih, v Bolgariji (Rila) in v Apeninih. Prav tako so botaniki na Pokljuki in v Kočevskem rogu našli storže obovatnega tipa. Na Krokarju je bila najdena tudi smreka, ki jo je Hufnagl že 1898 označil za »prvotno«, z možnim habitusom sibirske smreke. V Rogu in na Mozirski planini so našli storže z značilne za karpatsko smreko (*P. abies var. acuminata*) znano z Kopaonika (Šercelj 1996).
Već je ranije poznato da se sibirska smreka pojavljuje i u europskim šumama smreke u Alpama, Tatrama, Karpata, u Bugarskoj (Rila) i Apeninima. Također su botanici na Pokljuki i u Kočevskom rogu pronašli češere obovata tipa. Na Krokarju je pronađena smreka koju je Hufnagl još 1898. označio kao „prvotnu“, s mogućim habitusom sibirske smreke. U Rogu i na Mozirskoj planini pronađeni su češeri karakteristični za karpatsku smreku (*P. abies var. acuminata*), poznatu s Kopaonika (Šercelj, 1996).

2.4.2 Bor (Pinus)/Bor (Pinus)

Pelod borovcev (*Pinus sylvestris*, *P. mugo*, *P. cembra*) se pojavlja v vseh pelodonosnih sedimentih, kar kaže, da so bile različne vrste bora stalno prisotne na območju Slovenije, tudi v gorskih območjih. Bor je najbolj razširjeno evrazijsko drevo, saj se kot pionir naseljuje na območjih, ki jih druga drevesa ne morejo poseliti. Dobro prenaša ekstremne razmere, uspeva na hranilno revnih tleh in je zato prvi, ki se pojavi, vendar ostane le tam, kjer druge vrste nimajo prednosti. Po zadnji ledeni dobi ga je iz boljših rastišč izpodrinila konkurenčnejša vegetacija, a je bor ostal prisoten na revnih, skalnatih ali požganih tleh. V gorah se je ohranil na plazovitih predelih, prodiščih, skalnih pobočjih, pogoriščih in izrabljenih pašnikih – tam, kjer so pogoji preslabi za druge drevesne vrste.
Pelud borova (*Pinus sylvestris, P. mugo, P. cembra*) pojavljuje se u svim peludonosnim sedimentima, što pokazuje da su različite vrste bora stalno prisutne u Sloveniji, uključujući i planinska područja. Bor je najraširenije euroazijsko drvo, jer se kao pionir naseljava na područjima koja druga drveća ne mogu kolonizirati. Dobro podnosi ekstremne uvjete, uspijeva na siromašnim tlima i zato je među prvima koji se pojavljuju, ali ostaje samo ondje gdje druge vrste nemaju prednosti. Nakon posljednjeg ledenog doba, s boljih staništa ga je istisnula konkurentnija vegetacija, ali bor je ostao prisutan na siromašnim, kamenitim ili opožarenim tlima. U planinama očuvao se na kliznim padinama, riječnim nanosima, stijenama, požarištima i iskorištenim pašnjacima – ondje gdje uvjeti nisu pogodni za druge vrste drveća.

Po Sloveniji je razširjen rdeči bor (*Pinus sylvestris*) v ravninsko-gorskem stiku na revnih dolomitnih in silikatnih tleh, ruševje (*Pinus mugo*) v Alpah in višjih legah in cemprin (*Pinus cembra*) v Karavankah. Cemprin je bil v preteklosti pogostejši, a je danes zaradi človekove rabe močno skrčen. Črni bor (*Pinus nigra*) je pri nas domorodna vrsta, naravno raste na območjih kot so Iški Vintgar, Polhograjski Dolomiti, v dolini Save in Kolpe. V 19. stoletju je J. Ressel uporabil črni bor za ozelenjevanje Krasa, kjer se je ta

uspešno prijel in razširil tudi na revne kamnite podlage. Čeprav ni gorsko območje, je primer relevanten za pionirsko dinamiko tudi v gorah. Gozdni požari pogosto uničijo mlada borovja do korenin, kar je še posebej problematično na izpostavljenih gorskih pobočjih (pogorišča pod Slavnikom). Na pogoriščih (tudi v višje ležečih predelih Krasa) pogosto prevlada črni gaber (*Ostrya carpinifolia*), ki kljub temu da zgori nad zemljo, znova požene iz korenin, kar mu daje prednost pred borom na takih rastiščih (Šercelj 1996).

U Sloveniji je rasprostranjen: crveni bor (*Pinus sylvestris*) u ravinsko-planinskim prijelazima na siromašnim dolomitnim i silikatnim tlima, ruševje (*Pinus mugo*) u Alpama i višim predjelima te cemprin (*Pinus cembra*) u Karavankama. Cemprin je u prošlosti bio češći, ali je danas zbog ljudskog korištenja znatno smanjen. Crni bor (*Pinus nigra*) autohtona je vrsta u Sloveniji, prirodno raste na područjima poput Iškog Vintgara, Polhograjskih Dolomita, dolina Save i Kolpe. U 19. stoljeću J. Ressel je koristio crni bor za ozelenjavanje Krasa, gdje se uspješno primio i proširio i na siromašna kamena tla. Iako to nije planinsko područje, primjer je relevantan za pionirsku dinamiku i u gorama.

Šumski požari često uništavaju mlade borove do korijena, što je posebno problematično na izloženim planinskim padinama (npr. požarišta pod Slavnikom). Na požarištima (također u višim predjelima Krasa) često prevladava crni grab (*Ostrya carpinifolia*), koji, iako izgori nad zemljom, ponovno niče iz korijena, čime dobiva prednost nad borom na takvim staništima (Šercelj, 1996).

2.4.3 Jelka (Abies)/Jela (Abies)

Jelka (*Abies alba Mill.*) je v Sloveniji domača vrsta, razširjena predvsem v balkanskih, apeninskih in karpatskih gorstvih. V gorskih predelih je jelka skupaj z bukvijo ključni element klimaksnih gozdov (*Abieti-Fagetum*), ki so razvojno in gospodarsko zelo pomembni. Jelka v primarnih gozdovih tvori samostojne faze, ampak se postopno vriva med bukev, pri čemer ne raste organsko skupaj z njo. V gozdnem rezervatu Rajhenav v Rogu je opaziti, da na vrzeli po padli bukvi raste jelova spodrast, medtem ko na mestu padle jelke zraste mlado bukovje. Na bolj ekstremnih rastiščih v gorskih predelih prevladujejo druge jelove združbe, kot so *Abieti-Piceetum*, *Ribeso alpini-Piceetum* in *Neckero-Abietetum*, ter čisti jelovi gozdovi na nekarbonatnih kamninah (*Galio rotundifolii-Abietetum*, *Bazzanio-Abietetum*, *Blechno-Abietetum*) (Šercelj 1996).

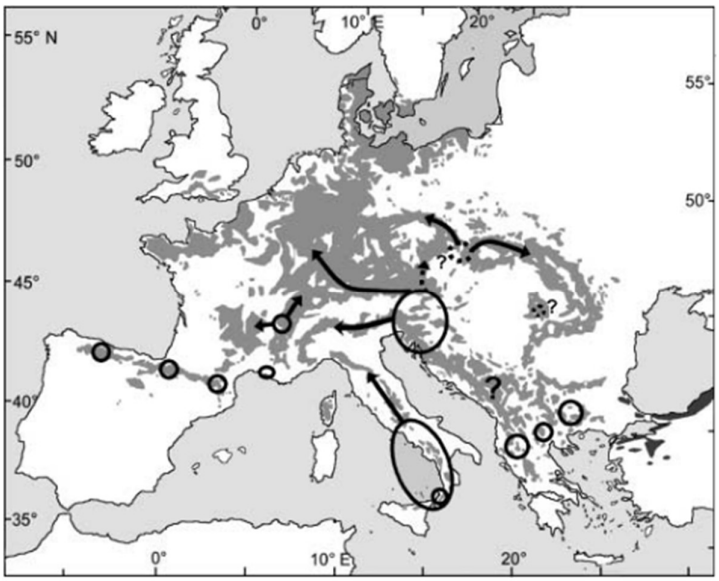
Jela (*Abies alba Mill.*) autohtona je vrsta u Sloveniji, rasprostranjena uglavnom u balkanskim, apeninskim i karpatskim gorstvima. U planinskim predjelima jela, zajedno s bukvom, ključni je element klimaksnih šuma (*Abieti-Fagetum*), koje su razvojno i gospodarski vrlo važne. U primarnim šumama jela tvori samostalne faze, ali se postupno ubacuje među bukvu, pri čemu ne raste organski zajedno s njom. U šumskom rezervatu Rajhenav u Rogu primjetno je da u praznini nakon pale bukve raste podmladak jele, dok na mjestu pale jele niče mlado bukovo drveće. Na ekstremnijim staništima u planinskim predjelima prevladavaju druge jelove zajednice, poput *Abieti-Piceetum*, *Ribeso alpini-Piceetum* i *Neckero-Abietetum*, te čisti jelovi šumski kompleksi na nekarbonatnim stijenama (*Galio rotundifolii-Abietetum, Bazzanio-Abietetum, Blechno-Abietetum*) (Šercelj, 1996).

2.4.4 Bukev (Fagus)/Bukva (Fagus)

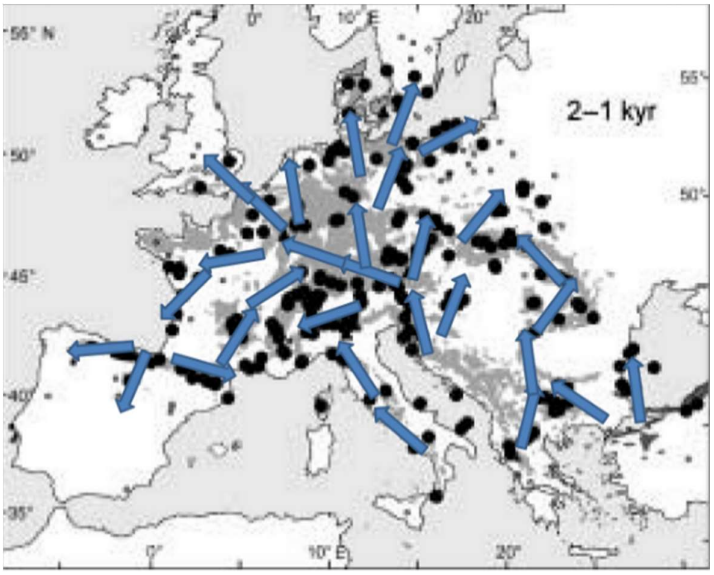
Bukev je v Sloveniji zastopana le z eno vrsto (*Fagus sylvatica L.*). Razširjena je po vsej Evropi od Mediterana do Norveške in od Atlantika do Rusije, od nižin do visokogorja, ponekod celo do gozdne meje, kar dokazuje njeno izjemno gensko in ekološko prilagodljivost. Širila se je z juga. V gorskih območjih je bukev v postglacialu že konec boreala postala prevladujoča drevesna vrsta. Sprva je nastopala kot samostojna bukova faza, kmalu pa se ji je pridružila jelka, s katero je tvorila klimaksno gozdno združbo *Abieti-Fagetum*, značilno za višje lege. Kombinacija bukve in jelke (*Abieti-Fagetum*) se danes kaže kot klimaksna formacija, a bukev ni organsko vezana na jelko. V gorah nastopajo tudi čisti bukovi gozdovi ali se bukev združuje z drugimi drevesnimi vrstami (npr. *Ostrya*, *Quercus*). Gorski gozdovi tipa *Abieti-Fagetum* so bili v preteklosti verjetno še bolj razširjeni, a jih je človek zaradi rabe lesa (jelka za gradnjo, bukev za orodje in oglje) močno skrčil. V kovinskih dobah, zlasti na Dolenjskem, je bilo za železarstvo potrebnih ogromno količin bukovega oglja, kar je prispevalo k umiku bukve iz

nižin v gorske predele Gorjancev, Roga in Kočevske. Čisti bukovi gozdovi se še danes pojavljajo v preddinarskem svetu (Gorjanci), na Dinarskem krasu (Snežnik, Trnovski gozd), v Predalpskem svetu (Blegoš, Ratitovec) in v Alpskem svetu (Julijske Alpe, Karavanke, Kamniške Alpe).
Bukva u Sloveniji zastupljena je samo jednom vrstom (*Fagus sylvatica L.*). Rasprostranjena je diljem Europe – od Mediterana do Norveške i od Atlantika do Rusije, od nizina do visokogorja, ponekad čak do šumske granice, što dokazuje njezinu iznimnu genetsku i ekološku prilagodljivost. Širila se s juga. U planinskim područjima, već krajem boreala u postglacijalu, bukva je postala dominantna vrsta. Prvotno je nastupala kao samostalna bukova faza, a ubrzo joj se pridružila jelka, s kojom je tvorila klimaksnu šumsku zajednicu *Abieti-Fagetum*, karakterističnu za više predjele. Kombinacija bukve i jele danas se prikazuje kao klimaksna formacija, iako bukva nije organski vezana uz jelku. U planinama nastupaju i čisti bukovi šumski kompleksi ili se bukva miješa s drugim vrstama drveća (npr. *Ostrya*, *Quercus*). Planinske šume tipa *Abieti-Fagetum* u prošlosti su vjerojatno bile još raširenije, ali ih je čovjek zbog korištenja drva (jela za gradnju, bukva za alate i ugljen) znatno smanjio. U metalnim dobima, osobito na Dolenjskom, za željezaru je bilo potrebno veliko količine bukovog ugljena, što je pridonijelo povlačenju bukve iz nizina u planinska područja Gorjanca, Roga i Kočevske. Čisti bukovi šumovi i danas se pojavljuju u preddinarskom području (Gorjanci), na Dinarskom kršu (Snežnik, Trnovski gozd), u Predalpskom području (Blegoš, Ratitovec) i u Alpama (Julijske Alpe, Karavanke, Kamniške Alpe).

Genetske raziskave (Comps s sodelavci 1991) v Gorskem kotarju potrjujejo raznolikost bukovih populacij glede na podnebje. Tudi v gorskih območjih je opazna tendenca k heterozigotnosti, kar potrjuje visoko prilagodljivost in mlado poreklo današnje bukve (Šercelj 1996).
Genetska istraživanja (Comps i sur. 1991) u Gorskom kotaru potvrđuju raznolikost bukovih populacija u odnosu na klimu. Također je u planinskim područjima vidljiva tendencija heterozigotnosti, što potvrđuje visoku prilagodljivost i mlado porijeklo današnje bukve (Šercelj, 1996).



Slika 3: Okvirna lokacija zatočišč za bukev med zadnjim ledeniškim maksimumom in glavne kolonizacijske poti v postglacialnem obdobju./Okvirna lokacija skloništa za bukvu između posljednjeg ledenog maksimuma i glavne kolonizacijske rute u postglacijalnom razdoblju.

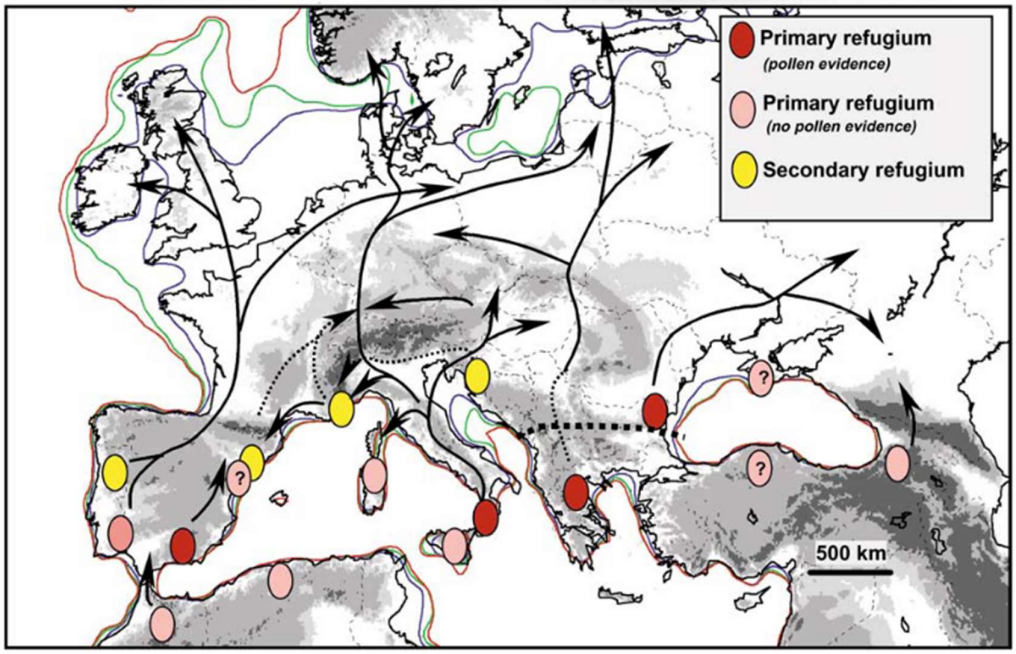


Slika 4: Okvirna lokacija zatočišč za bukev 2-1kyr./Okvirna lokacija skloništa za bukvu 2–1 tisuću godina prije sadašnjosti.

2.4.5 Hrast (Quercus)/Hrast (Quercus)

V Sloveniji danes množično uspevajo štiri vrste hrastov:
Dob (*Quercus robur L.*) je v gorah manj pogost, saj daje prednost vlažnejšim nižinskim legam (od Mediterana do Severnega morja, tudi v Rusijo). Pojavlja se le na nižjih gorskih pobočjih ali v dolinah s povečano vlago.
Graden (*Q. petraea (Matt) Liebl.*) je najbolj značilen za gorske predele, ker dobro prenaša suha in višje ležeča rastišča. V zahodni Evropi se združi z dobom, prav tako proti vzhodu ne seže daleč. V gorah se pogosto pojavlja kot sestavni del mešanih gozdov, zlasti na bolj suhih in kamnitih tleh.
Cer (*Q. cerris L.*) je bolj termofilen in razširjen od Mediterana do srednje Evrope in do Črnega morja.
Puhovec (*Q. pubescens Willd.*) ima približno enak areal kot cer, a nekoliko ožji. Dosega obronke gričevij na prisojnih legah gorskih območij, predvsem v Primorju in predalpskem Krasu.
Pelod hrastov (Slika 8) se pojavlja posamično že v hladnejših obdobjih, pogosteje pa v holocenu, kar potrjuje stalno, a različno razširjenost hrastovih vrst tudi v gorskih delih Slovenije, odvisno od vrste in lokalne mikroklime. Na zahodnem robu Krasa in v nižjih gorskih obronkih se hrasti ponekod pojavljajo kot spremljevalna vegetacija agrarnih območij, kjer se vključujejo v mešane sestoje z gabrom ali jesenom (Šercelj 1996).

U Sloveniji danas masovno uspijevaju četiri vrste hrasta:
Lužnjak (*Quercus robur L.*) – u planinama rjeđa, prednost daje vlažnijim nizinskim predjelima (od Mediterana do Sjevernog mora, pa čak i u Rusiji). Pojavljuje se samo na nižim planinskim padinama ili u dolinama s povećanom vlagom.
Kitnjak (*Quercus petraea (Matt.) Liebl.*) – najčešći u planinskim predjelima jer dobro podnosi suha i više ležeća staništa. U zapadnoj Europi se spaja s dobom, dok prema istoku ne doseže daleko. U planinama često čini sastavni dio mješovitih šuma, osobito na suhim i kamenitim tlima.
Cer (*Quercus cerris L.*) – više termofilna vrsta, rasprostranjena od Mediterana do srednje Europe i Crnog mora.
Medunac (*Quercus pubescens Willd.*) – sličan areal kao cer, ali nešto uži. Doseže obronke brda na sunčanim padinama planinskih područja, osobito u Primorju i preddinarskom Kršu.
Pelud hrasta (Slika 8) pojavljuje se pojedinačno već u hladnijim razdobljima, češće u holocenu, što potvrđuje stalnu, ali raznoliku prisutnost hrastovih vrsta i u planinskim dijelovima Slovenije, ovisno o vrsti i lokalnoj mikroklimi. Na zapadnom rubu Krasa i nižim planinskim obroncima hrasti se povremeno pojavljuju kao prateća vegetacija agrarnih područja, gdje se miješaju u sastojima s grabom ili jesenom (Šercelj, 1996).



Slika 5: Shematski prikaz porazdelitve primarnih in sekundarnih hrastovih refugijev ter postglacialnih premikov./ Shematski prikaz raspodjele primarnih i sekundarnih hrastovih refugija te postglacijalnih pomaka.

2.4.6 Lipa (Tilia)/ Lipa (Tilia)

V Sloveniji rasteta dve domorodni vrsti lipe: lipovec (*Tilia cordata*) in velikolistna lipa (*T. platyphyllos*). Obe sta naravno razširjeni tudi v gorskih predelih Evrope (srednja in južna Evropa). Lipa je bila zastopana tako s pelodom kot z ogljem iz paleolitskih naselbin že v poznem glacialu. V zgodnjem holocenu je bila lipa prisotna kot del primarne vegetacije v gorskih gozdovih, včasih celo dominantna. Na Malem polju pod Triglavom je lipa dosegla 17 % peloda – kar kaže na pomembno vlogo v začetnem holocenskem gozdu. Na Pokljuki in Jelovici pa je v poznem glacialu še nastopala sporadično, njena večja razširjenost sledi šele pozneje v holocenu. Širila se je zaradi pašnih dejavnosti. V Selcah nad Škofjo Loko (430 m n. v.) je lipa v zgodnjem holocenu tvorila čisti lipov gozd – dokazano z maksimalno pelodno vrednostjo 79,7 % (okoli 9150 let pr. sed.). Zemljepisni lastni imeni, kot sta Lipenška planina in Lipenšči hrib, ohranjata spomin na zgodovinsko razširjenost lipe v gorskih območjih (Šercelj 1996).

U Sloveniji rastu dvije autohtone vrste lipe: sitnolisna lipa (*Tilia cordata*) i velelisna lipa (*Tilia platyphyllos*). Obje su prirodno rasprostranjene i u planinskim predjelima Europe (srednja i južna Europa). Lipa je bila zastupljena i peludom i ugljenom iz paleolitskih naselja već u kasnom glacialu. U ranom holocenu lipa je bila prisutna kao dio primarne vegetacije u planinskim šumama, ponekad čak i dominantna. Na Malom polju pod Triglavom sitnolisna lipa dosegla je 17 % peluda – što pokazuje njezinu važnu ulogu u početnim holocenskim šumama. Na Pokljuki i Jelovici lipa se u kasnom glacialu pojavljivala sporadično, a veća rasprostranjenost slijedila je kasnije u holocenu, djelomično zbog paša. U Selcama nad Škofjom Lokom (430 m n.v.) sitnolisna lipa u ranom holocenu tvorila je čistu lipovu šumu – dokazano s maksimalnom peludnom vrijednošću od 79,7 % (oko 9150 godina pr. Kr.). Zemljopisna imena poput *Lipenška planina* i *Lipenšči hrib* čuvaju sjećanje na povijesnu rasprostranjenost lipe u planinskim područjima (Šercelj 1996).

2.4.7 Brest (Ulmus)/ Brijest (Ulmus)

V Sloveniji uspevajo tri vrste bresta:
- goli/gorski brest (*Ulmus glabra*)

Gre za avtohtono evrazijsko vrsto, ki je prisotna predvsem v gorskih predelih.
- poljski brest (*U. minor*)
Poljski brest je avtohtona evrazijska vrsta.
- dolgopecljati brest (*U. laevis*)
Omejen na evropski del, manj značilen je za gorska območja.
Gorski brest je bil skupaj z drugimi vrstami najbolj razširjen v času *Quercetum mixtum*. Prisoten je bil že v poznoglacialnih plasteh, kar dokazujejo pelod in redkeje oglje. V sekundarnih fazah hrastovih mešanih gozdov ni nikoli prevladoval, a je bil stalno prisoten, običajno z nizkimi pelodnimi vrednostmi. Najvišje vrednosti je gorski brest dosegel ob koncu poznega glaciala ali v borealu – tudi v alpskih in predalpskih profilih (Šercelj 1996).
U Sloveniji uspijevaju tri vrste brijesta:
Gorski brijest (*Ulmus glabra*) – autohtona europska vrsta, najčešća u planinskim predjelima.
Obični brijest (*Ulmus minor*) – autohtona europska vrsta.
Brijest vez (*Ulmus laevis*) – prisutan u europskom području, manje karakterističan za planinska staništa.
Gorski brijest bio je, zajedno s drugim vrstama, najrašireniji u vrijeme *Quercetum mixtum*. Prisutan je već u postglacijalnim slojevima, što potvrđuju peludni zapisi i okrznuti ugljen. U sekundarnim fazama hrastovih mješovitih šuma nikada nije prevladavao, ali je bio stalno prisutan, uglavnom s niskim peludnim vrijednostima. Najveće vrijednosti gorskog brijesta zabilježene su krajem kasnog glaciala ili u borealu, i to u alpskim i predalpskim profilima (Šercelj 1996).

2.4.8 Jesen (Fraxinus)/ Jasen (Fraxinus)

V Sloveniji uspevajo tri vrste jesena:
- veliki jesen (*Fraxinus excelsior*)
Edina vrsta jesena, ki se pojavlja tudi v gorskih pokrajinah. Razširjena po vsej Evropi, do Skandinavije in Rusije.
- mali jesen (*F. ornus*)
Je termofilna vrsta, heliofilen, vezan na suha apnenčasta pobočja v toplejših legah (južna Evropa). Ni značilen za višje lege.
- Ostrolistni jesen (*F. oxycarpa*)
Omejen na toplejše in bolj vlažne dele, prisoten le v nižjih legah (južna Evropa).
Pelod jesena je v sedimentih redko zastopan, saj je zelo krhek in občutljiv, zato težko zaznaven v palinoloških profilih gorskih območij. V pleistocenskih plasteh jesen ni potrjen s pelodom, temveč z ogljem iz paleolitskih naselbin (Šercelj 1996).
U Sloveniji uspijevaju tri vrste jasena:
- obični jasen (*Fraxinus excelsior*)
Jedina vrsta jasena koja se pojavljuje i u planinskim predjelima. Rasprostranjena je po cijeloj Europi, do Skandinavije i Rusije.
- crni jasen (*Fraxinus ornus*)
Termofilna vrsta, heliofilna, vezana za suha vapnenačka područja u toplijim predjelima (južna Europa). Nije značajna za više kote.
- oštrolisni jasen (*Fraxinus oxycarpa*)
Ograničen na toplija i vlažnija područja, prisutan samo u nižim nadmorskim visinama (južna Europa).
Pelud jasena u sedimentima rijetko je zastupljen jer je vrlo krhak i osjetljiv, stoga teško uočljiv u palinološkim profilima planinskih područja. U pleistocenskim slojevima jasen nije potvrđen peludom, već ugljenom iz paleolitskih naselja.

2.4.9 *Leska (Corylus)*/Lijeska (*Corylus*)

Leska je imela v razvoju primarnih gozdnih faz v Sloveniji nepomembno vlogo. Kljub navzočnosti v poznoglacialnih sedimentih (pelod) in paleolitskih najdiščih (oglje), se ni uspela množično razširiti. Ob prehodu iz mešanega hrastovega gozda v bukovo fazo se je leski za kratek čas uspelo pojavljati

samostojno, vendar je bila ta faza zelo kratkotrajna in šibka. V določenih obdobjih pozneje je dosegla višje pelodne vrednosti, kar velja tudi za posamezna višje ležeča območja, a vedno v povezavi z zoo-antropogenimi vplivi (paša velikih rastlinojedih živali (divjih ali domačih)). Leska v gorskih okoljih je torej lahko pokazatelj pašništva, zaraščanja opuščenih površin in poselitvenih vplivov človeka in živali, ne pa naravne dominantne gozdne vrste (Šercelj 1996).
Lijeska je imala u razvoju prvobitnih šumskih faza u Sloveniji nevažnu ulogu. Unatoč prisutnosti u sedimentima kasnog glacijala (pelud) i paleolitskim nalazištima (ugljen), nije se uspjela masovno proširiti. Prilikom prijelaza iz mješovitih hrastovih šuma u bukovu fazu, lijeski je nakratko uspjelo nastupati samostalno, ali ta je faza bila vrlo kratkotrajna i slaba. U određenim kasnijim razdobljima dosegla je veće vrijednosti peluda, što vrijedi i za pojedina područja na većim nadmorskim visinama, ali uvijek u vezi sa zoo-antropogenim utjecajima (paša velikih biljojeda, divljih ili domaćih). Lijeska u gorskim područjima može stoga biti pokazatelj pašnjaka, zarastanja napuštenih površina i utjecaja naseljenosti ljudi i životinja, a ne prirodno dominantne šumske vrste (Šercelj 1996).

2.4.10 Breza (Betula)/ Breza (Betula)

V Sloveniji rasteta dve vrsti breze:
Navadna breza (*Betula pendula*), ki je pogosta na revnih, pustih tleh, tudi v višjih legah ter puhasta breza (*B. pubescens*), ki je vezana predvsem na močvirna tla, torej je manj prisotna v gorskih območjih.
U Sloveniji rastu dvije vrste breze: obična breza (*Betula pendula*), koja je česta na siromašnim, pustim tlima, i na većim nadmorskim visinama, te cretna breza (*B. pubescens*), koja je vezana prvenstveno za močvarna tla, pa je manje prisutna u gorskim područjima.

V pleistocenskih obdobjih, zlasti v poznem glacialu, je bila breza prisotna kot stalna spremljevalka tundrsko-stepske vegetacije, tudi v gorah, vendar ni dosegala visokih pelodnih vrednosti. V srednji in severozahodni Evropi je prevladovala breza, južno od Alp (tudi v Sloveniji) pa bor. Šele ob koncu glaciala se je breza na nekaterih mestih začela širiti. V holocenskih pelodnih diagramih breza ni stalna sestavina, tudi v gorskih območjih ne. Ko se njene vrednosti dvignejo, to kaže na motnje v gozdni vegetaciji (škodljivci, požari, človeški vpliv). Breza se zlahka naseli na pogoriščih, posekah ali drugih motenih območjih v gorah. Je pionirska vrsta na degradiranih tleh, kar velja tudi za višje-ležeča rastišča, zlasti tam, kjer je bil gozd prekomerno izkoriščen. V gorskih predelih se lahko pojavlja v tekmovanju z rdečim borom, vendar je izid odvisen od mikroklimatskih in talnih razmer – nekje zmaguje breza, nekje bor (Šercelj 1996).
U pleistocenskim razdobljima, osobito u kasnom glacijalu, breza je bila stalna pratiteljica tundro-stepne vegetacije, uključujući i planine, ali nije postizala visoke vrijednosti peluda. U srednjoj i sjeverozapadnoj Europi breza je prevladavala, južno od Alpa (uključujući Sloveniju) bor. Tek krajem glacijala breza se na nekim mjestima počela širiti. U holocenskim peludnim dijagramima breza nije stalna komponenta, ni u gorskim područjima. Kada njene vrijednosti rastu, to pokazuje poremećaje u šumskoj vegetaciji (štetnici, požari, ljudski utjecaj). Breza se lako naseljava na požarištima, posječnim mjestima i drugim poremećenim gorskim područjima. To je pionirska vrsta na degradiranim tlima, što vrijedi i za više ležeća staništa, osobito tamo gdje je šuma prekomjerno iskorištena. U gorskim predjelima može se pojavljivati u konkurenciji s crvenim borom, ali ishod ovisi o mikroklimatskim i tlom uvjetima – negdje pobjeđuje breza, negdje bor (Šercelj 1996).

2.4.11 Jelša (Alnus)/ Joha (Alnus)

V Sloveniji uspevajo tri vrste jelše:
Siva jelša (*Alnus incana*), ki je glavna gorska jelša, pogosta na prodiščih in na višje-ležečih, revnih tleh. Uspeva ob planinskih rekah, hladnejših območjih, v gorskih dolinah in ob hudournikih. Zelena jelša (*Alnus viridis*) je grmasta, izrazito visokogorska vrsta, uspeva na kislih, ekstremnih rastiščih (npr. na alpskih pobočjih, plazovinah, nad gozdno mejo). Njena prisotnost v gorah pomeni ekstremne razmere (npr. v Julijskih Alpah, Karavankah). Črna jelša (*Alnus glutinosa*) se v gorah ne pojavlja, saj je vezana na nižinske močvirnate lege.

Pelod jelše je pogost v sedimentih vseh obdobij, a njegova dominanca zgolj kaže na močvirna ali prodiščna okolja, zato je v gorskih sedimentih manj informativen. Pelod zelene jelše je v sedimentih redkejši, a dokazuje visokogorsko vegetacijo (Šercelj 1996).

U Sloveniji uspijevaju tri vrste johe

Siva joha (*Alnus incana*), koja je glavna planinska joha, česta na riječnim nanositima i na višim, siromašnim tlima. Uspijeva uz planinske rijeke, u hladnijim područjima, u gorskim dolinama i uz bujične tokove. Zelena joha (*Alnus viridis*) je grmolika, izrazito visokoplaninska vrsta, uspijeva na kiselim, ekstremnim staništima (npr. na alpskim padinama, klizištima, iznad šumske granice). Njena prisutnost u planinama znači ekstremne uvjete (npr. u Julijskim Alpama, Karavankama). Crna joha (*Alnus glutinosa*) se u planinama ne pojavljuje jer je vezana za nižinske močvarne terene. Pelud johe je čest u sedimentima svih razdoblja, ali njegova dominacija samo pokazuje močvarna ili riječna staništa, pa je u gorskim sedimentima manje informativan. Pelud zelene johe je u sedimentima rjeđi, ali dokazuje visokoplaninsku vegetaciju (Šercelj 1996).

2.4.12 Gaber (Caprinus)/ Grab (Carpinus)

V Sloveniji je na celotnem ozemlju razširjen navadni gaber (*Carpinus betulus L.*), vendar je za gorske predele značilen le občasno in v manjšem obsegu. V obmorskih delih se razširja tudi kraški gaber (C. orientalis Mill.), vendar ta za alpsko območje ni verjeten, čeprav je bil na Jezerskem po odtisih listov v holocenskih travertinih domnevno določen. Navadni gaber se je v gozdne združbe vključil razmeroma pozno, predvsem v prehodu med fazo *Quercetum mixtum* in degradirano bukovo fazo. V gorskih območjih je deloval kot nadomestek oslabele bukove faze, a nikoli ni prevladal. V povezavi s hrasti se lahko pojavlja tudi v nižjih delih alpskega sveta, zlasti na pobočjih ali ob robovih dolin. Pogosto zarašča opuščene pašnike, kar kaže na posreden antropozoogen vpliv (njegova razširjenost je povezana z delovanjem človeka in živinoreje). Oglje navadnega gabra je redko prisotno v paleolitskih naselbinah, pelod pa ne kaže na to, da bi kdaj tvoril samostojno gozdno fazo, razen ob močnem človekovem vplivu (Šercelj 1996).

U Sloveniji je na cijelom području raširen obični grab (*Carpinus betulus* L.), ali je za planinska područja karakterističan samo povremeno i u manjem opsegu. U primorskim dijelovima širi se i krški grab (*C. orientalis* Mill.), ali za alpsko područje nije vjerojatan, iako je na Jezerskom prema otiscima listova u holocenskim travertinima navodno identificiran. Obični grab se u šumske zajednice uključio relativno kasno, prvenstveno u prijelazu između faze *Quercetum mixtum* i degradirane bukove faze. U gorskim područjima djelovao je kao zamjena za oslabljenu bukovu fazu, ali nikada nije prevladavao. U vezi s hrastovima može se pojavljivati i u nižim dijelovima alpskog prostora, osobito na padinama ili rubovima dolina. Često zarasta napuštene pašnjake, što ukazuje na posredni antropozoogeni utjecaj (njegova raširenost povezana je s djelovanjem čovjeka i stočarstva). Ugljen običnog graba rijetko je prisutan u paleolitskim naselbinama, a pelud ne pokazuje da je ikada tvorio samostalnu šumsku fazu, osim uz snažan ljudski utjecaj (Šercelj 1996).

2.4.13 Črni gaber (Ostrya)/ Crni grab (Ostrya)

Črni gaber je pogost v današnjih gozdovih, a pretežno na degradiranih rastiščih, pašnikih in ekstremnih rastiščih. Uspeva v cirkummediteranskem prostoru, kar pomeni, da je toploljubna vrsta. Prisoten je tudi v gorskih območjih Alp, predvsem tam, kjer so gozdovi degradirani ali je bilo veliko človeških posegov. Seže vse do 1000 m nadmorske višine, saj je euritermen (prilagodljiv na različne temperature). Prav tako je heliofilen (ljubi svetlobo). Pelod črnega gabra je bil najpogostejši v zgodnjeholocenskih sedimentih, ko je bilo še več odprtih površin (lahke razmere za svetloljubne vrste). V mlajših holocenskih sedimentih se še vedno pojavlja pogosto, a predvsem kot indikator antropogene degradacije gozda. Oglje črnega gabra so našli tudi na paleolitskih najdiščih, kar kaže na njegovo prisotnost tudi v višjih, gorskih območjih v preteklosti (Šercelj 1996).

Crni grab je čest u današnjim šumama, ali uglavnom na degradiranim staništima, pašnjacima i ekstremnim staništima. Uspijeva u mediteransko-cirkumprostorima, što znači da je toploljubiva vrsta. Prisutan je i u gorskim područjima Alpa, posebno tamo gdje su šume degradirane ili je bilo puno ljudskih intervencija. Doseže do 1000 m nadmorske visine, jer je euriterm (prilagodljiv različitim

temperaturama). Također je heliofil (voli svjetlost). Pelud crnog graba bio je najčešći u ranim holocenskim sedimentima, kada je bilo još više otvorenih površina (povoljno za svjetloljubive vrste). U mlađim holocenskim sedimentima još se često pojavljuje, ali prvenstveno kao indikator antropogene degradacije šume. Ugljen crnog graba pronađen je i na paleolitskim nalazištima, što dokazuje njegovu prisutnost i u višim, gorskim područjima u prošlosti (Šercelj 1996).

2.4.14 Javor (Acer)/ Javor (Acer)

V Sloveniji je uspevajo naslednje vrst javorja. Beli javor (*Acer pseudoplatanus L.*) in ostrolistni javor (*Acer platanoides L.*) sta izrazito gozdni vrsti. Maklen (*Acer campestre L.*), topokrpi javor (*Acer obtusatum*) in trokrpi javor (*Acer monspessulanum L.*) so tri vrste, ki rastejo v svetlih gozdovih, po pašnikih in po grmovnatih suhih območjih. V holocenskih sedimentih je redno zastopan v fazi *Quercetum mixtum*, a nikoli z večjimi vrednostmi. Oglje javorja je v paleolitskih plasteh bolj redko (Šercelj 1996). U Sloveniji uspijevaju sljedeće vrste javora. Gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) i javor mliječ (Acer platanoides L.) su izrazito šumske vrste. Poljski javor (*Acer campestre* L.), javor gluhač (*Acer obtusatum*) i maklen (*Acer monspessulanum* L.) tri su vrste koje rastu u svijetlim šumama, na pašnjacima i u grmolikim suhim područjima. U holocenskim sedimentima redovito je zastupljen u fazi *Quercetum mixtum*, ali nikada s većim vrijednostima. Ugljen javora u paleolitskim slojevima rijeđi je (Šercelj 1996).

2.5 Imigracija/ Imigracija

Po koncu ledenih dob se je rastlinstvo začelo ponovno širiti tudi v gorske predele, kjer so bili v ledeni dobi v mikrorefugijih (ugodne, zavetne lege npr. južno obrnjene doline, kraški izviri, jezera). V teh legah je bil prisoten tudi človek, kar potrjujejo najdbe oglja, med katerim je poleg iglavcev pogosto prisotno tudi oglje listavcev (npr. *Acer*, *Carpinus*, *Fagus*, *Tilia* itd.).

Zanesljiv dokaz za stalno prisotnost mezofilnih listavcev v ledeni dobi je opazen hiter porast njihovega peloda ob vsaki manjši otoplitvi v würmu in poznem glacialu. To nakazuje, da so bile posamezne drevesne vrste stalno prisotne v okolici in se niso priseljevale od drugod.

1. Karnijske Alpe (Nassfeld II.): V poznem glacialu sta bili prisotni jelka (*Abies*) in bukev (*Fagus*). To potrjuje zgodnjo prisotnost mezofilnih gozdov v alpskem prostoru.
2. Hrvaška, Plitvice: Istočasno kot Karnijske Alpe.
3. Hercegovina in otok Mljet: V začetku holocena je prevladoval hrastov gozd (*Querco-Carpinetum*). *Abies* in *Fagus* sta zastopani z vrednostmi do 10 %.
4. Bolgarija, Rodopi: Na začetku holocena prav tako prevladuje kvercetalni gozd. *Abies* je bila ves čas zelo šibka, *Fagus* manj kot 10 % - ne moremo govoriti o razvitih *Abieti-Fagetum* gozdovih.
5. Romunija, Podonavje: hrastov gozd, *Abies* naj bi preživela ledeno dobo, *Fagus* pa naj bi nastopila v borealu. Prevladuje *Tilia* (do 73 %). *Abieti-Fagetum* se pojavi šele v subatlantiku, a je *Abies* pelodno podrejena.
6. Madžarska, pogorje Bakony ob Blatnem jezeru: V poznem glacialu sta prevladovala *Pinus* in *Betula*, v borealu je bila kratkotrajna dominacija *Corylus* (do 50 %), v atlantiku pa je prevladoval *Quercetum mixtum*. *Fagus* nastopi v borealu, medtem ko *Abies* v atlantiku. *Abieti-Fagetum* se razvije šele v subatlantiku, ko skupaj dosežeta nad 25 % peloda.

Po završetku ledenih doba, biljni svijet počeo se ponovno širiti i u planinska područja, gdje su tijekom ledenog doba postojali mikrorefugiji (povoljna, zaštićena mjesta npr. doline okrenute prema jugu, krški izvori, jezera). U tim područjima bio je prisutan i čovjek, što potvrđuju nalazi ugljena, među kojima je, osim iglastih stabala, često prisutan i ugljen listopadnog drveća (npr. *Acer, Carpinus, Fagus, Tilia* itd.)

Pouzdan dokaz stalne prisutnosti mezofilnih listopadnih stabala tijekom ledenog doba je uočljiv brzi porast njihovog peluda pri svakoj manjoj otopljavanju u würmu i kasnom glacijalu. To pokazuje da su pojedine vrste stabala stalno bile prisutne u okolici i nisu se selile od drugdje

1. Karnijske Alpe (Nassfeld II.): u kasnom glacijalu prisutni su bili jela (*Abies*) i bukva (*Fagus*). To potvrđuje ranu prisutnost mezofilnih šuma u alpskom prostoru

2. Hrvatska, Plitvice: istovremeno kao Karnijske Alpe
3. Hercegovina i otok Mljet: početkom holocena prevladavala je hrastova šuma (*Querco-Carpinetum). Abies i Fagus* zastupljeni su s vrijednostima do 10 %
4. Bugarska, Rodopi: početkom holocena također prevladavala hrastova šuma. *Abies* je cijelo vrijeme bila vrlo slaba, *Fagus* manje od 10 % – ne možemo govoriti o razvijenim *Abieti-Fagetum* šumama
5. Rumunjska, Podunavlje: hrastova šuma, *Abies* je preživjela ledeno doba, *Fagus* se pojavila u borealu. Prevladava *Tilia* (do 73 %). *Abieti-Fagetum* pojavljuje se tek u subatlantskom razdoblju, a *Abies* je peludno podređena
6. Mađarska, planine Bakony uz Balatonsko jezero: u kasnom glacijalu prevladavali su *Pinus* i *Betula*, u borealu kratkotrajna dominacija Corylus (do 50 %), u atlantskom razdoblju prevladavao *Quercetum mixtum*. *Fagus* se pojavljuje u borealu, dok *Abies* u atlantskom razdoblju. *Abieti-Fagetum* razvija se tek u subatlantskom razdoblju, kada zajedno dosegnu više od 25 % peluda.

Na podlagi številnih pelodnih diagramov iz alpskega prostora je sklepati (po Kral), da se je celokupna mezofilna gozdna vegetacija priselila iz makrorefugijev v Apeninih, mogoče tudi z Balkana. Možna je selitev tudi prek Brennerja. *Abies* naj bi se selila z Apeninov skozi Slovenijo na Balkan, *Fagus* pa z Balkana. Ljubljansko barje je imelo pomembno vlogo kot lokalni refugij, iz katerega se je razvila samostojna holocenska vegetacija, neodvisno od glavnih migracijskih poti (Šercelj 1996).
Na temelju brojnih peludnih dijagrama iz alpskog prostora može se zaključiti (po Kral) da se cjelokupna mezofilna šumska vegetacija preselila iz makrorefugija u Apeninima, moguće i s Balkana. Moguće je i preseljenje preko Brennera. *Abies* se preselila iz Apenina kroz Sloveniju na Balkan, a *Fagus* s Balkana. Ljubljansko barje imalo je važnu ulogu kao lokalni refugij, iz kojeg se razvila samostalna holocenska vegetacija, neovisno o glavnim migracijskim putovima (Šercelj 1996).

2.6 Relikti/ Relikti

Iskanje možnih ostankov ledenodobnih gozdov je bilo usmerjeno v gorsko območje Blok (nmv 800 m), ki še danes kaže podobo "ledenodobne" pokrajine (ekstremno podnebje, dolge, mrzle zime, revna tla na dolomitu, soliflukcija, revni borovi gozdovi). Na tej lokaciji (v dolini potoka Blatnica) so bile opravljene pelodne analize za preverjanje morebitne prisotnosti resničnih ledenodobnih ostankov gozda.
Istraživanje mogućih ostataka ledenodobnih šuma usmjereno je na planinsko područje Blok (nadmorska visina 800 m), koje i danas pokazuje izgled “ledenodobnog” krajolika (ekstremna klima, duga i hladna zima, siromašna tla na dolomitu, soliflukcija, siromašne borove šume). Na ovoj lokaciji (u dolini potoka Blatnica) provedene su pelodne analize kako bi se provjerila eventualna prisutnost stvarnih ledenodobnih ostataka šume.
Analize peloda na Bloški planoti so pokazale, da so sedanji borovi gozdovi antropogenega izvora. V globljih plasteh (50 cm), ki verjetno segajo v rimski čas ali prej, bor (*Pinus*) nastopa samo s 4 %. Prevladujoča gozdna sestava v tem obdobju je bil še mešani gozd jelke in bukve (*Abieti-Fagetum*). Najdbe lesnega oglja iz rimskih utrdb (Runarsko, Benete) potrjujejo prisotnost jelke in bukve, kar dodatno potrjuje naravni gozd pred obsežnim vplivom človeka. Gozdovi v gorskih območjih, kot je Bloška planota, so bili sposobni razviti klimaksne mešane sestoje, kot je *Abieti-Fagetum*, vendar so jih človekove dejavnosti (npr. rimske ceste, naselbine, požigalništvo) močno preoblikovale. Bukev, kljub temu da se pogosto razglaša za relikt, ni preživela glaciacij. Njen pelod manjka v srednjem pleistocenu. Ponovno se je uveljavila šele v holocenu, ko je zaradi genetske variabilnosti in ekološke prilagodljivosti postala vodilna vrsta v gozdovih Slovenije, tudi v višjih legah (Šercelj 1996).
Analize peluda na Bloškoj planoti pokazale su da su današnje borove šume antropogenog podrijetla. U dubljim slojevima (50 cm), koji vjerojatno datiraju iz rimskog doba ili ranije, bor (*Pinus*) prisutan je samo s 4 %. Prevladavajući šumski sastav u tom razdoblju bio je još mješovita šuma jelke i bukve (*Abieti-Fagetum*). Nalazi ugljena iz rimskih utvrda (Runarsko, Benete) potvrđuju prisutnost jelke i bukve, što dodatno potvrđuje prirodnu šumu prije značajnog ljudskog utjecaja. Šume u planinskim područjima, poput Bloške planote, bile su sposobne razviti klimaksne mješovite sastojine poput *Abieti-Fagetum*, ali

ih je ljudska djelatnost (npr. rimske ceste, naselja, paljevine) snažno preoblikovala. Bukva, iako se često proglašava reliktom, nije preživjela glacijacije. Njen pelud nedostaje u srednjem pleistocenu. Ponovno se pojavila tek u holocenu, kada je zahvaljujući genetskoj varijabilnosti i ekološkoj prilagodljivosti postala dominantna vrsta u šumama Slovenije, uključujući i više položaje (Šercelj 1996).

2.7 Pragozd/Prašuma

Palinološke raziskave izključujejo to, da so pragozdovi neprekinjeno obstajali v enaki obliki 10.000 let. V gorskih pragozdovih, kot je Rajhenavski rog (Dinarsko gorstvo), je vegetacija prešla skozi vse gozdne faze, od pionirske (bor, breza) do klimaksne (jelka, bukev) že pred več kot 7000 leti. Pelodne analize kažejo, da je v tleh največ peloda jelke, borovca in smreke. Bukev, hrast in leska so prisotni v nizkih vrednostih, kar kaže na pretekle odprte ali razredčene gozdove. Prisotnost lipe kaže na sekundarno gozdno fazo, povezano z antropogenim vplivom. Najdbe oglja bukve in jelke v istih gozdovih kažejo na človeške posege tudi v goratih pragozdovih, najverjetneje v času kočevske kolonizacije (17. stoletje). Rajhenavski rog torej ni izvorni pragozd, temveč gozdni rezervat, ki je v gorskem okolju prehajal v različne faze zaradi naravnih in antropogenih dejavnikov. V gorskih razmerah se gozdovi, prepuščeni naravi, ciklično razvijajo naprej ali začasno nazaj (regresivno-progresivni cikel), a dolgoročna tendenca ostaja progresivna (Šercelj 1996).

Palinološka istraživanja isključuju mogućnost da su prašume neprekidno postojale u istom obliku posljednjih 10.000 godina. U planinskim prašumama, poput Rajhenavskog roga (Dinarsko gorje), vegetacija je prošla kroz sve šumske faze, od pionirske (bor, breza) do klimaksne (jelka, bukva) već prije više od 7.000 godina. Pelodne analize pokazuju da je u tlu najviše peluda jelke, borovca i smreke. Bukva, hrast i lješnjak prisutni su u niskim vrijednostima, što upućuje na prethodne otvorene ili prorijeđene šume. Prisutnost lipe pokazuje sekundarnu šumsku fazu, povezanu s antropogenim utjecajem. Nalazi ugljena bukve i jelke u istim šumama pokazuju ljudske intervencije i u planinskim prašumama, najvjerojatnije u vrijeme kočevske kolonizacije (17. stoljeće). Rajhenavski rog stoga nije izvorna prašuma, već šumski rezervat koji je u planinskom okolišu prolazio kroz različite faze zbog prirodnih i antropogenih čimbenika. U planinskim uvjetima, šume prepuštene prirodi ciklički se razvijaju naprijed ili privremeno unatrag (regresivno-progresivni ciklus), ali dugoročni trend ostaje progresivan (Šercelj 1996).

Gozdni rezervat Ždrocle na pogorju Snežnik s 184 ha spada med 22 velikih gozdnih rezervatov v Sloveniji. Največji del rezervata pomeni še pragozdno stanje. Rezervat leži na 1300 – 1478 m visoko v vrhnem delu Dinarskega gorovja. Prevladuje skoraj čist bukov gozd z nekaj gorskega javorja, v mraziščnih legah pa prevladuje smreka. Smreka kaže boljše priraščanje in vitalnost kot bukev. Rastlinske združbe, ki so prisotne v rezervatu so Allio victorialis-Fagetum, Vaccinio-Piceetum in Rhodoro-Salicetum (Janežič 1985).

Šumski rezervat Ždrocle na planini Snežnik s 184 ha spada među 22 velika šumska rezervata u Sloveniji. Najveći dio rezervata predstavlja još stanje prašume. Rezervat se nalazi na nadmorskoj visini od 1300 – 1478 m u gornjem dijelu Dinarskog gorja. Prevladava gotovo čista bukova šuma s ponekim planinskim javorom, dok u mrazišnim položajima prevladava smreka. Smreka pokazuje bolji prirast i vitalnost od bukve. Biljne zajednice prisutne u rezervatu su *Allio victorialis-Fagetum, Vaccinio-Piceetum i Rhodoro-Salicetum* (Janežič 1985).

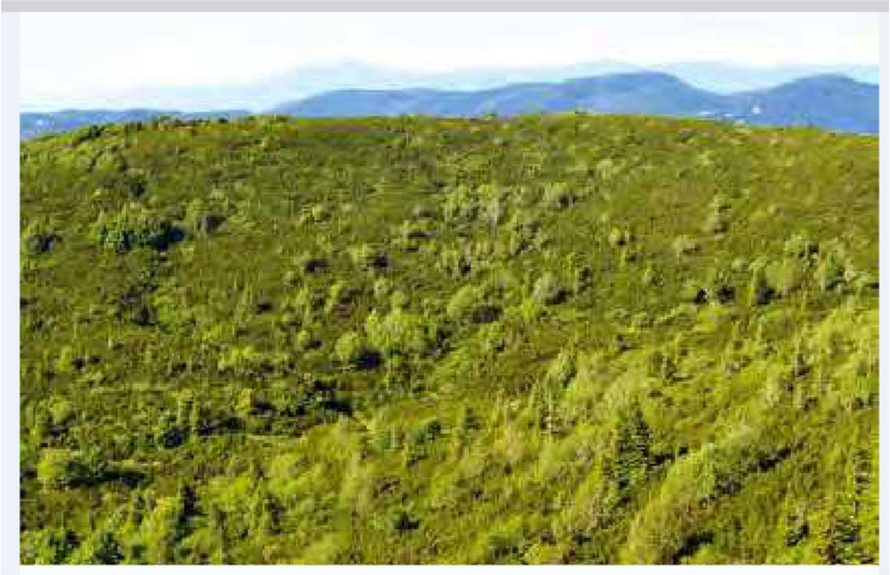
2.8 Dinarsko ruševje/ Dinarsko klekovina

Dinarsko ruševje je grmovna združba, ki raste v subalpinskem pasu Dinarskega gorstva, od Snežnika v Sloveniji do Durmitorja v Črni gori. Na severozahodu, kjer se pojavlja različica z dlakavim slečem (*var. geogr. Rhododendron hirsutum*), je po videzu podobno alpskemu ruševju. Vendar ju je mogoče ločiti po vrstah – alpsko ruševje spremljajo macesen in druge alpske rastline, medtem ko dinarsko ruševje v Sloveniji zaznamujeta Grisebachova krčnica (*Hypericum richeri subsp. grisebachii*) in Scopolijev repnjak (*Arabis scopoliana*) (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016).

Dinarsko ruševje pod Snežnikom se prepleta z ostanki nekdanjih pašnikov, medtem ko se na kamnitem ovršju razvija subalpinsko travišče (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Pod Snežnikom je ruševje večinoma v stiku s subalpinskim bukovjem, nižje v mraziščnih kotanjah pa prehaja tudi v smrekovje (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Na nekoč izkrčenih (požganih) površinah subalpinskega bukovja poteka sukcesijski razvoj, kjer se pojavlja ruševje s primesjo smreke in jerebike, ponekod pa so že vidni zametki jerebikovja (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016).

Dinarsko klekovina je grmolika zajednica koja raste u subalpskom pojasu Dinarskog gorja, od Snežnika u Sloveniji do Durmitora u Crnoj Gori. Na sjeverozapadu, gdje se pojavljuje varijanta s dlakavim ružičastim rododendronom (var. geogr. *Rhododendron hirsutum*), po izgledu je slično alpskom klekovini. Međutim, razlikuju se po vrstama – alpska klekovina prati macesen i druge alpske biljke, dok dinarsko klekovina u Sloveniji karakteriziraju alpska pljuskavica (*Hypericum richeri subsp. grisebachii*) i Scopolijeva gušarka (*Arabis scopoliana*) (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

Dinarsko klekovina pod Snežnikom isprepleće se s ostacima nekadašnjih pašnjaka, dok se na kamenitim vrhovima razvija subalpska livada (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016). Pod Snežnikom klekovina je uglavnom u kontaktu sa subalpskom bukovom šumom, niže u mrazišnim kotanjama prelazi u smrekovu šumu (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016). Na nekoć iskrčenim (spaljenim) površinama subalpske bukove šume odvija se sukcesijski razvoj, gdje se pojavljuje klekovina s primjesom smreke i jarebike, a na nekim mjestima već su vidljivi zametci jarebikove šume (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).



Slika 21: Sukcesijski razvoj na nekoč izkrčenih (požganih) površinah subalpinskega bukovja (Drakskobler, Kutnar in Rozman 2016)./ Sukcesijski razvoj na nekoć iskrčenim (spaljenim) površinama subalpske bukove šume (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

V Veliki Kolobarnici pod Snežnikom se ruševje pojavlja tako nad kot pod pasom subalpinskega bukovja zaradi vegetacijskega obrata (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016).

U Velikoj Kolobarnici pod Snežnikom klekovina se pojavljuje i iznad i ispod pojasa subalpske bukove šume zbog vegetacijskog obrata (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).



Slika 22: Obrat višinskih pasov v Veliki Kolobarnici pod Snežnikom (Dakskobler, Kurnar in Rozman 2016)./ Obrat visinskih pojaseva u Velikoj Kolobarnici pod Snežnikom (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

V Smrekovi Dragi se ruševje pojavlja v najnižjem delu, nad njim pa sta subalpinsko bukovje in subalpinsko smrekovje (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016).
U Smrekovoj Dragi klekovina se pojavljuje u najnižem dijelu, iznad njega su subalpska bukova šuma i subalpska smrekova šuma (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).



Slika 23: Smrekova Draga na severni strani Snežnika (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). / Smrekova Draga na sjevernoj strani Snežnika (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

Dinarsko ruševje v Dinarskem gorstvu po prevladujočih rastlinah uvrščamo v razred smrekovih gozdov (*Vaccinio-Piceetea*). Spada v zvezo *Erico-Pinion mugo* in podzvezo *Hypericho grisebachii-Pinenion mugo*, pri čemer je tipična združba *Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*. Ob tem pa ga je mogoče zaradi njegove zgradbe in videza uvrstiti tudi v poseben razred subalpinskih združb pritlikavih dreves (*Roso pendulinae-Pinetea mugo*), kjer prav tako spada v zvezo *Hypericho grisebachii-Pinion mugo* in ima isto asociacijo *Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*. Torej dinarsko ruševje spada pod smrekov gozd ali subalpinski združbi pritlikavih dreves (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Dinarska klekovina u Dinarskom gorju prema prevladavajućim biljkama svrstavamo u razred smrekovih šuma (*Vaccinio-Piceetea*). Spada u savez *Erico-Pinion mugo* i podsavez *Hypericho grisebachii-Pinenion mugo*, pri čemu je tipična zajednica *Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*. Zbog strukture i izgleda, može se također svrstati u poseban razred subalpinskih zajednica patuljastih stabala (*Roso pendulinae-Pinetea mugo*),

gdje također spada u savez Hypericho grisebachii-Pinion mugo i ima istu asociaciju *Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*. Dakle, dinarsko klekovina spada ili pod smrekove šume ili pod subalpinske zajednice patuljastih stabala (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).
Dinarsko ruševje v Sloveniji raste izključno v Snežniškem pogorju, ki spada v dinarsko fitogeografsko območje. Zunaj Slovenije se pojavlja še na Hrvaškem, v Bosni in Hercegovini ter v Črni gori. Večinoma se pojavlja v subalpinskem pasu na nadmorski višini od 1450 m do 1770 m. Prav tako porašča nekatere najvišje vrhove Snežniškega pogorja in izrazite mraziščne kotanje, kot sta Smrekova Draga in Velika Kolobarnica (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016).
Dinarsko klekovina u Sloveniji raste isključivo u Snežniškom pogorju, koje pripada dinarskom fitogeografskom području. Izvan Slovenije javlja se još u Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini te Crnoj Gori. Većinom se javlja u subalpinskom pojasu na nadmorskoj visini od 1450 do 1770 m. Također prekriva neke od najviših vrhova Snežniškog pogorja i izražene mrazišne kotanje, kao što su Smrekova Draga i Velika Kolobarnica (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

Geološko podlago dinarskega ruševja sestavljata apnenec in dolomitni apnenec. Na najbolj gruščnatih, skrajnih rastiščih so tla kamnišča, sicer pa prevladujejo različne oblike rendzin (prhninaste in rjave). Na položnejših pobočjih so pedologi odkrili tudi rjava pokarbonatna tla. Ruševje prevladuje na položnih do strmih pobočjih z naklonom med 10° in 35°, usmerjeno v različne smeri, pri čemer so nekoliko pogostejša osojna pobočja. Uspeva tudi na robovih mraziščnih kotanj (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Geološku podlogu dinarskog klekovine čine vapnenac i dolomitni vapnenac. Na najšljunkovitijim, ekstremnim rastištima tla su kamenita, dok inače prevladavaju različiti tipovi rendzina (prhni i smeđa tla). Na strmijim padinama pedolozi su otkrili i smeđa pokarbonatna tla. Klekovina prevladava na položnim do strmim padinama s nagibom između 10° i 35°, orijentiranim u različitim smjerovima, pri čemu su nešto češća sjeverna padine. Dobro uspijeva i na rubovima mrazišnih kotanja (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

Ruševje je značilno za podnebje, ki je vlažno in hladno, s povprečno letno količino padavin med 3000 in 3500 mm ter letno povprečno temperaturo okoli 3 °C. Snežna odeja je običajno obilna in vztraja na tleh od 100 do 150 dni na leto. Vegetacijska doba, ko dnevna temperatura preseže 10 °C, traja le od junija do konca septembra (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Klekovina je tipično za vlažnu i hladnu klimu, s prosječnom godišnjom količinom oborina između 3000 i 3500 mm te prosječnom godišnjom temperaturom oko 3 °C. Snježni pokrivač je obično obiljan i ostaje na tlu od 100 do 150 dana u godini. Vegetacijsko razdoblje, kada dnevna temperatura prelazi 10 °C, traje samo od lipnja do kraja rujna (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

Za razliko od alpskega ruševja drevesne vrste v dinarskem ruševju le redko presežejo višino 5 metrov, zato po višini manj izrazito izstopajo iz rušja. Med takšnimi vrstami so smreka, jerebika, jelka, gorski javor in redkeje tudi bukev (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Za razliku od alpske klekovine, drvenaste vrste u dinarskoj klekovini rijetko prelaze visinu od 5 metara, pa se po visini manje ističu iz krša. Među takvim vrstama su smreka, jerebika, jela, planinski javor i rjeđe bukva (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

V zgornji grmovni plasti dinarskega ruševja prevladuje rušje (*Pinus mugo*). Med drevesne vrste se posamezno primeša tudi velikolistna vrba (*Salix appendiculata*). V spodnji grmovni plasti pa se pojavljajo kimastoplodni šipek (*Rosa pendulina*), dlakavi sleč (*Rhododendron hirsutum*), pritlikava jerebika (*Sorbus chamaemespilus*), Waldsteinova vrba (*Salix waldsteiniana*), sibirski brin (*Juniperus alpina*), malina (*Rubus idaeus*), alpsko in skalno grozdičje (*Ribes alpinum*, *R. petraeum*), modro in redkeje črno kosteničevje (*Lonicera caerulea*, *L. nigra*), navadni volčin (*Daphne mezereum*), planinski srobot (*Clematis alpina*) ter redkeje kranjska kozja češnja (*Rhamnus fallax*) (Dakskobler, Kutnar, Rozman 2016). U gornjem grmovnom sloju dinarskog klekovine prevladava krš (*Pinus mugo*). Među drvenastim vrstama pojedinačno se pojavljuje i velelisna vrba (*Salix appendiculata*). U donjem grmovnom sloju pojavljuju se: šumska ruža (*Rosa pendulina*), dlakavi sleč (*Rhododendron hirsutum*),

patuljasta jerebika (*Sorbus chamaemespilus*), Waldsteinova vrba (*Salix waldsteiniana*), sibirski bor (*Juniperus alpina*), malina (*Rubus idaeus*), alpski i kameni ribiz (*Ribes alpinum, R. petraeum*), sibirska borovnica (*Lonicera caerulea, L. nigra*), obični likovac (*Daphne mezereum*), planinska pavitina (*Clematis alpina*) te rjeđe žestika (*Rhamnus fallax*) (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

V zeliščni plasti dinarskega ruševja so najpogostejše vrste brinolistni lisičjak (*Lycopodium annotinum*), borovnica in brusnica (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*), navadna zlata rozga (*Solidago virgaurea*), skalna robida (*Rubus saxatilis*), lepki osat (*Cirsium erisithales*), siljelistni jelenovec (*Laserpitium peucedanoides*), avstrijski divjakovec (*Doronicum austriacum*), gozdni planinšček (*Homogyne sylvestris*), navadni alpski zvonček (*Soldanella alpina*), alpska ločika (*Cicerbita alpina*), dvocvetna vijolica (*Viola biflora*), gozdna krvomočnica (*Geranium sylvaticum*), gozdna bekica (*Luzula sylvatica*), spomladanska resa (*Erica carnea*), rjastorjavi šaš (*Carex ferruginea*), gomoljasti gabez (*Symphytum tuberosum*), glavičasti repuš (*Phyteuma orbiculare*) in Grisebachova krčnica (*Hypericum richeri subsp.grisebachii*) (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). U zeljastom sloju najčešće su vrste: jednoljetna crvotočina (*Lycopodium annotinum*), borovnica i brusnica (*Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea*), obična zlatnica (*Solidago virgaurea*), kupina kamenjarka (*Rubus saxatilis*), ljepljivi osat (*Cirsium erisithales*), komoračica planinska (Laserpitium peucedanoides), austrijski divokozjak (*Doronicum austriacum*), šumska urezica (*Homogyne sylvestris*), obični alpski zvončić (*Soldanella alpina*), ljubičasti mliječ (*Cicerbita alpina*), dvocvjetna ljubičica (*Viola biflora*), šumska iglica (*Geranium sylvaticum*), šumska bekica (*Luzula sylvatica*), proljetna crnjuša (*Erica carnea*), hrđasti šaš (*Carex ferruginea*), žuti gabez (*Symphytum tuberosum*), glavičasti repuš (*Phyteuma orbiculare*) i Grisebachova pljuskavica (*Hypericum richeri subsp. grisebachii*) (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

Mahovna plast je slabo razvita in mestoma prisotna. Med pogostejšimi mahovi so vrste rodu *Rhytidiadelphus*, *Polytrichum*, *Dicranum*, *Hylocomium*, *Pleurozium*, *Ctenidium*, *Tortella* in *Sphagnum*. Med lišaji se pojavljata *Cetraria islandica* in vrste iz rodu *Cladonia* (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Mahovina je slabo razvijena i mjestimice prisutna. Među češćim mahovima nalaze se vrste rodova *Rhytidiadelphus, Polytrichum, Dicranum, Hylocomium, Pleurozium, Ctenidium, Tortella i Sphagnum.* Među lišajevima pojavljuju se *Cetraria islandica* i vrste roda *Cladonia* (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

2.9 Poseljenost v preteklosti in spremembe zaradi človeka (bukev in smreka)/ Naseljenost u prošlosti i promjene zbog čovjeka (bukva i smreka)

V mezolitiku (10.000-7000 let pr.n.št.) je bila poseljenost gorskih predelov redka, podobno kot v paleolitiku. V neolitiku in eneolitiku (7000-3500 let pr.n.št.) so gorske regije ostajale šibko poseljene. V bronasti dobi (3500-2750 let pr.n.št.) je bilo nekoliko več poselitve v okolici Ljubljane, Postojnske kotline in raztreseno po Štajerski. V hallstattski železni dobi (2750-2450 let pr.n.št.) je bil povečan vpliv človeka v gorskih območjih zaradi železarstva (Gorenjska-železova ruda, Notranjska in Kras-fosilna terra rossa), pelodni diagrami iz teh območij pa so že kazali močne spremembe v gozdovih (izkrčitve, degradacija). V mlajši železni dobi (2450-2100 let pr. n. št.) se vpliv na gozdove zmanjša, železarske dejavnosti so razpršene. V rimski dobi (100 pr. n. št. - 400 n. št.) je bila Gorenjska redkeje poseljena kot druge regije, prav tako je bil vpliv na gorske gozdove šibak. Po rimski dobi in v srednjem veku (400–1500 n. št.) se degradacija gozdov v višje ležečih predelih zmanjša ali pa se je gozd naravno obnavljal. Zaradi požigalništva, pašništva, poljedelstva, kovinarstva in industrije so bili najbolj prizadeti dolenjski gozdovi. Na tem območju sploh ni več sledi klimaksnega gozda. Na Krasu so palinološke raziskave pokazale, da so bili kraški gozdovi pod človekovim vplivom, a so dolgo časa ohranili svojo prvobitnost. Šele pred nekaj stoletji so čutili posledice katastrofalnega udarca. (Šercelj, 1996, str. 71-73)

V novem veku ima velik vpliv na pokrajino zasmrečenje (umetno/naravno zasajenje smrek) na območjih, kjer prevladuje bukev. Zaradi intenzivnega gospodarjenja in sprememb v rabi tal so naravni bukovi gozdovi pogosto spremenjeni ali potisnjeni v višje lege.

U mezolitu (10.000–7.000 pr. Kr.) naseljenost planinskih predjela bila je rijetka, slično kao i u paleolitu. U neolitu i eneolitu (7.000–3.500 pr. Kr.) planinske regije ostajale su slabo naseljene. U brončanom dobu (3.500–2.750 pr. Kr.) bilo je nešto više naseljenosti oko Ljubljane, Postojnske kotline i raspršeno po Štajerskoj. U halštatskom željeznom dobu (2.750–2.450 pr. Kr.) povećao se utjecaj čovjeka u planinskim područjima zbog željezarskih aktivnosti (Gorenjska – željezna ruda, Notranjska i Kras – fosilna terra rossa), a pelodni dijagrami iz tih područja već su pokazivali snažne promjene u šumama (krčenja, degradacija). U mlađem željeznom dobu (2.450–2.100 pr. Kr.) utjecaj na šume se smanjuje, a željezarske aktivnosti su razmjerno raspršene. U rimsko doba (100 pr. Kr.–400 n. Kr.) Gorenjska je bila rjeđe naseljena nego druge regije, a utjecaj na planinske šume bio je slab. Nakon rimskog doba i u srednjem vijeku (400–1500 n. Kr.) degradacija šuma u višim predjelima se smanjila ili su se šume prirodno obnavljale. Zbog paljevina, pašnjaka, poljoprivrede, kovinarstva i industrije najviše su stradale dolenjske šume. Na tim područjima uopće više nema tragova klimaksnih šuma. Na Krasu su palinološka istraživanja pokazala da su kraški šumski kompleksi bili pod utjecajem čovjeka, ali su dugo zadržali svoj prvobitni izgled. Tek prije nekoliko stoljeća osjetili su posljedice snažnog udara (Šercelj, 1996, str. 71–73). U novijem dobu veliki utjecaj na krajolik ima zasmečenje (umjetna ili prirodna sadnja smreke) na područjima gdje prevladava bukva. Zbog intenzivnog gospodarenja i promjena u korištenju zemljišta prirodne bukove šume često su promijenjene ili potisnute u više položaje.

3 SPREMINJANJE GOZDNE MEJE V SEVERNIH DINARIDIH/ PROMJENE ŠUMSKE GRANICE U SJEVERNIM DINARIDIMA

3.1 Izhodišča/ Polazne osnove

V tem poglavju povzemamo rezultate raziskave Moharja iz leta 2021, ki obravnava spremembe v pomiku zgornje gozdne meje (ZGM) na Snežniku med letoma 1954 in 2015 ter zgradbo ZGM preko analize vzdolžnih profilov terena in vegetacije v glavnih smereh neba in analize sestojne zgradbe in sestave na začasnih raziskovalnih ploskvah. U ovom poglavlju sažimamo rezultate istraživanja Mohara iz 2021. koji obrađuje promjene u pomicanju gornje šumske granice (ZGM) na Snežniku između 1954. i 2015. te strukturu ZGM kroz analizu uzdužnih profila terena i vegetacije u glavnim smjerovima neba te analize sastava i strukture šume na privremenim istraživačkim plohama.

Aktualno ZGM so določili z uporabo lidarskih podatkov in digitalnega modela krošenj, ki so ga izdelali v programskem orodju ArcMap, v katerem so izdelali tudi vzdolžne profile. Inventuro gozdnih sestojev pod in ob ZGM ter posameznega drevja nad ZGM so izvedli na transektu petih začasnih raziskovalnih ploskev velikosti 30 × 10 m. Aktualnu ZGM odredili su koristeći lidarske podatke i digitalni model krošnji izrađen u ArcMap-u, u kojem su također napravili uzdužne profile. Inventuru šumskih sastojina ispod i uz ZGM te pojedinačno drveće iznad ZGM proveli su na transektu od pet privremenih istraživačkih plohi veličine 30 × 10 m.

Glavni rezultati kažejo, da se v opazovanem obdobju 1954-2015 potek ZGM ni bistveno spremenil, se pa je ruševje do leta 2009 močneje razširilo. Gozdne sestoje ob ZGM sestavljajo le bukve, s posameznimi bukvami, ki uspevajo nad ZGM, pa se mešajo jerebike, gorski javori in jelke. Smreka, ki je bila v pritlikavi obliki opažena višje po pobočju, na ploskvah ni bila zajeta. Sestoji, ki gradijo ZGM, so vitalni in nimajo veliko poškodb. Iz izdelanih vzdolžnih profilov so opazili različne oblike ZGM, ki je lahko postopna ali pa je prehod v ruševje oster. Glavni rezultati pokazuju da se u razdoblju 1954–2015 položaj ZGM nije značajno promijenio, ali se klekovina do 2009. snažnije proširilo. Šumske sastojine uz ZGM sačinjavale su uglavnom bukve, dok se iznad ZGM miješaju pojedine bukve sa jerebikama, planinskim javorima i jelkama. Smreka, koja je viđena u patuljastom obliku višlje na padini, nije obuhvaćena plohama. Sastojine koje grade ZGM su vitalne i nemaju značajnih oštećenja.

Iz profilov in analiz po ploskvah je razvidno postopno zniževanje sestojne višine in prisotnost posameznih dreves v ruševju nad ZGM. Spremembe ZGM v zadnjih 60 letih so bile majhne in v bližnji prihodnosti najverjetneje ne bomo zasledili večjih sprememb. Pričakovano pa je nadaljnje širjenje ruševja, ki še ni poraslo vseh odprtih površin in travišč.
Iz uzdužnih profila uočeni su različiti oblici ZGM: može biti postupna ili oštar prijelaz u klekovinu. Profilima i analizama po plohama vidljivo je postupno smanjenje visine sastojine i prisutnost pojedinih stabala u klekovini iznad ZGM. Promjene ZGM u posljednjih 60 godina bile su male, a u bliskoj budućnosti vjerojatno neće biti većih promjena. Očekuje se nastavak širenja klekovine, koja još nije prekrila sve otvorene površine i travnjake.

Nad 1400 m lahko vidimo, da gozd z višino spreminja svojo podobo in na določeni višini po vzpenjanju naletimo na zgornjo gozdno mejo. Na zgornji gozdni meji gozd počasi izgine zaradi težkih pogojev (nižje temperature, človek ...). Gozd se na višjih legah ne konča nenadoma, ampak se počasi spreminja: iz gostega gozda visokih dreves prehaja v razredčen gozd nižjih dreves, nato v ruševje (nizko grmičevje) in na koncu v travnike. Potencialna gozdna meja je tista, do katere bi segal gozd glede na podnebje, če vanj ne bi posegal človek. Zgornja drevesna meja pa je tista, kjer še rastejo drevesa, visoka vsaj 5 metrov ali višja od snežne plasti (Mohar 2021). Iznad 1.400 m visine može se primijetiti kako se šuma mijenja s visinom, dok na određenoj nadmorskoj visini nailazimo na gornju šumsku granicu. Na ZGM šuma postupno nestaje zbog teških uvjeta (niže temperature, ljudski utjecaj). Gornja šumska granica ne završava naglo, već se postepeno mijenja: iz guste šume visokih stabala prelazi u prorijeđenu šumu nižih stabala, zatim u klekovinu (nisko grmlje), a potom u travnjake. Potencijalna šumska granica je ona do koje bi šuma dosezala prema klimatskim uvjetima, da nije bilo ljudskog utjecaja. Gornja drvenasta granica je mjesto gdje još rastu stabla visoka barem 5 m ili iznad snježnog pokrivača (Mohar 2021).

Glavni dejavnik, ki določa višino gozdne meje (če odmislimo človeka) je temperatura zraka med vegetacijsko dobo. Gozd običajno uspeva tam, kjer je povprečna julijska temperatura okoli 10°C, oziroma povprečna dnevna najvišja temperatura v rastni sezoni vsaj 11,1°C (Mohar 2021). Levanič navaja, da temperatura igra ključno vlogo na zgornji gozdni meji, saj se z višanjem povprečne letne temperature podaljšuje rastna sezona, pomik rastne sezone v zgodnje poletne mesece pa lahko predstavlja težave zaradi možnih pozeb dreves (Mohar 2021). Glavni čimbenik koji određuje visinu šumske granice (osim čovjeka) je temperatura zraka tijekom vegetacijske sezone. Šuma obično uspijeva gdje je prosječna julijska temperatura oko 10 °C, odnosno prosječna dnevna maksimalna temperatura u rastnom razdoblju barem 11,1 °C (Mohar 2021). Levanič navodi da temperatura igra ključnu ulogu na gornjoj šumskoj granici, jer porast prosječne godišnje temperature produžuje vegetacijsku sezonu, a pomicanje početka sezone u ranije ljetne mjesece može predstavljati rizik zbog mogućih mrazeva (Mohar 2021).

V Sloveniji so raziskave pokazale razlike med Dinaridi in Alpami:
- v Dinaridih (Snežnik) zgornjo gozdno mejo sestavlja bukev;
- v Alpah (Košuta, Lipanca) prevladujeta macesen in smreka;
- gozdna meja v Alpah je običajno 100 m višje kot v Dinaridih;
- razlikujeta se tudi po ruševju – v dinarskem ruševju rasteta posebni rastlini grisebachova krčnica in scopolijev repnjak.

Istraživanja u Sloveniji pokazuju razlike između Dinarida i Alpa:

- U Dinaridima (Snežnik) gornju šumsku granicu čini bukva;
- U Alpama (Košuta, Lipanca) prevladavaju macesen i smreka;
- Šumska granica u Alpama obično je 100 m viša nego u Dinaridima;
- Razlikuju se i po klekovini – u dinarskom klekovini rastu grisebachova krčnica i Skopolijeva gušarka.

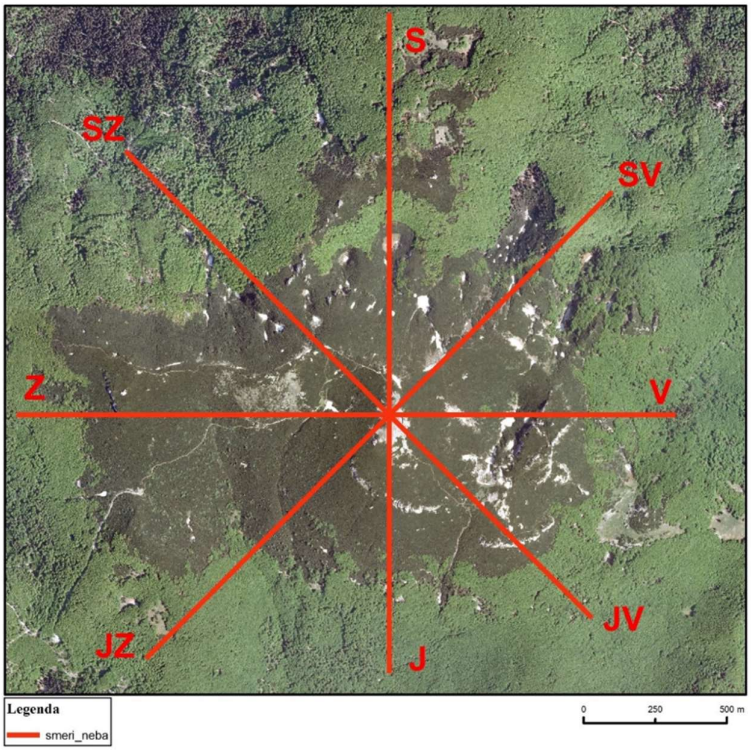
V preteklosti so se zaradi delovanja človeka zgornje gozdne meje znižale, tudi na Snežniku. Ljudje so začeli krčiti gozdove na gorskih pobočjih zaradi potrebe po pašnikih. V prihodnosti pa bi se lahko zgornja gozdna meja spet dvignila, ker ljudje opuščamo pašnike (sekundarna sukcesija) in ker se povprečna temperatura viša zaradi podnebnih sprememb (Mohar 2021).
Na območju Snežnika je Lovrenčak leta 1986 raziskoval zgornjo gozdno mejo. Ugotovil je, da je takrat segala do 1540 metrov nadmorske višine in da se nad bukovim gozdom razteza pas ruševja, v katerega so ponekod primešane smreke. Po tem lahko sklepamo, da je bila zgornja gozdna meja znižana zaradi gorskega pašništva. Prav tako so bile do leta 1890 prisotne ovčje staje okoli Velikega in Malega Snežnika, kar pomeni da so tam pasli drobnico. Lovrenčak tudi opisuje, da je Snežnik zgrajen iz apnenca, čez katerega leži debelejša plast humusne prsti, v kateri so ostanki nepreperelih organskih snovi in kamninski delci (skeletni material). U prošlosti se zbog djelovanja čovjeka gornja šumska granica spuštala, i na Snežniku. Ljudi su krčili šume na planinskim padinama radi pašnjaka. U budućnosti bi se ZGM mogla ponovno podići jer ljudi napuštaju pašnjake (sekundarna sukcesija) i zbog porasta prosječne temperature (Mohar 2021).
Na području Snežnika Lovrenčak je 1986. istraživao ZGM. Ustanovio je da je tada dosegala 1.540 m nadmorske visine i da se iznad bukove šume proteže pojas klekovine, u kojem su povremeno prisutne smreke. Zaključuje se da je ZGM bila spuštena zbog planinskog pašnjakarstva. Do 1890. na vrhovima Velikog i Malog Snežnika nalazile su se ovčje štale, što znači da su tu pasli ovce. Lovrenčak opisuje da je Snežnik građen od vapnenca, iznad kojeg leži deblji sloj humusnog tla, u kojem su ostaci neotvorenih organskih tvari i kameni fragmenti (skeletni materijal).

Kramer (2002) je raziskoval zgornjo gozdno mejo na Snežniku. Na južnem in jugozahodnem pobočju med Velikim in Malim Snežnikom je postavil merilne proge in ploskve, da bi natančno določil meje gozda. Ugotovil je, da zgornja gozdna meja doseže do 1620m nadmorske višine, drevesna meja pa sega med 1580 in 1650 m. Nad gozdno mejo rastejo posamezne jelke, smreke in skupine jerebik, redkeje tudi bukev. Gozd pod zgornjo mejo večinoma sestavlja bukev, ki je bližje meji večinoma panjevskega izvora (drevesa so zrasla iz odsekanih panjev) (Mohar 2021). Kramer (2002) istraživao je gornju šumsku granicu na Snežniku. Na južnim i jugozapadnim padinama između Velikog i Malog Snežnika postavio je mjerne linije i plohove kako bi precizno odredio granice šume. Ustanovio je da ZGM doseže do 1.620 m nadmorske visine, dok drvenasta granica doseže između 1.580 i 1.650 m. Iznad šumske granice rastu pojedinačne jelke, smreke i skupine jerebika, a rjeđe i bukva. Šumu ispod gornje granice većinom čini bukva, koja bliže granici uglavnom raste iz panjeva (stabla izrasla iz odrezanih panjeva) (Mohar 2021).

3.2 Metodologija

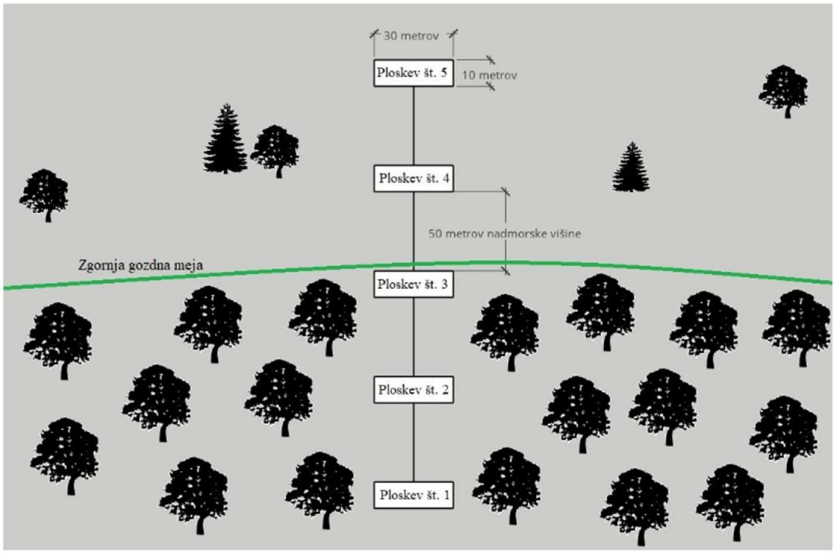
V delu Spremembe in zgradba zgornje gozdne meje na Snežniku je Jan Mohar s svojimi sodelavci za analizo spreminjanja zgornje gozdne meje na Snežniku uporabil podatke iz LIDAR skeniranja (2015), s katerimi so izdelali digitalen model krošenj (DMK) in oblikovali višinske razrede krošenj v razmakih po 5 m do višine 40 m. Z uporabo teh podatkov so lahko natančno določili zgornjo gozdno mejo (pri drevesni višini nad 5 m) in ločili nižji rastlinski pas ruševja. Mejo so izrisali s pomočjo orodja za segmentacijo podatkov v GIS-u. U dijelu Promjene i struktura gornje šumske granice na Snežniku Jan Mohar je sa svojim suradnicima za analizu promjena gornje šumske granice na Snežniku koristio podatke LIDAR skeniranja iz 2015. godine. Na temelju tih podataka izradili su digitalni model krošanja (DMK) te oblikovali visinske razrede krošanja u razmacima od 5 m, do visine od 40 m. Primjenom tih podataka mogli su precizno odrediti gornju šumsku granicu (pri visini stabala iznad 5 m) i odvojiti niži vegetacijski pojas klekovine. Granicu su iscrtali pomoću alata za segmentaciju podataka u GIS-u.
Za spremljanje sprememb skozi čas so izdelano stanje iz leta 2015 primerjali z ortofoto posnetki iz let 2009 in 1955 ter karto iz leta 1986, ki jo je pripravil Lovrenčak. Tako so lahko zaznali spremembe v višini in poteku meje v različnih obdobjih. Za praćenje promjena kroz vrijeme stanje iz 2015. usporedili su s ortofoto snimkama iz 2009. i 1955. godine te s kartom iz 1986. koju je izradio Lovrenčak. Na taj su način mogli prepoznati promjene u visini i tijeku granice u različitim vremenskim razdobljima.

Poleg tega so v osmih smereh neba od Velikega Snežnika izdelali vzdolžne profile, ki so prikazovali nadmorsko višino zgornje gozdne meje in pojav posameznih dreves nad to mejo. To jim je omogočilo natančno analizo prostorskih razlik v višini meje (Mohar 2021).
Osim toga, u osam strana svijeta od Velikog Snežnika izradili su uzdužne profile koji su prikazivali nadmorsku visinu gornje šumske granice i pojavu pojedinačnih stabala iznad te granice. Time su omogućili detaljnu analizu prostornih razlika u visini granice (Mohar 2021).



Slika 6: Ortofoto posnetek Snežnika iz leta 2009 z vrisanimi linijami iz vrha Velikega Snežnika preko zgornje drevesne meje v osmih smereh neba (Mohar 2021)./ Ortofoto snimka Snežnika iz 2009. godine s ucrtanim linijama iz vrha Velikog Snežnika preko gornje drvenaste granice u osam strana svijeta (Mohar 2021).

Na območju Velikega Snežnika so raziskovalci postavili transekt s petimi začasnimi raziskovalnimi ploskvami, da bi analizirali strukturo gozda ob zgornji gozdni meji. Ena ploskev je bila postavljena tik pod mejo, dve nižje, dve pa nad gozdno mejo, z višinsko razliko 50 metrov med posameznimi ploskvami. Vsaka ploskev je bila velika 30 x 10 metrov, daljša stranica pa je potekala v smeri plastnice (Mohar 2021). Na području Velikog Snežnika istraživači su postavili transekt s pet privremenih istraživačkih ploha kako bi analizirali strukturu šume uz gornju šumsku granicu. Jedna ploha postavljena je neposredno ispod granice, dvije niže, a dvije iznad šumske granice, s visinskom razlikom od 50 m između pojedinih ploha. Svaka ploha imala je površinu od 30 × 10 m, pri čemu je dulja stranica bila orijentirana u smjeru izohipsa (Mohar 2021).



Slika 7: Skica transekta začasnih raziskovalnih ploskev za analizo strukture gozdnih sestojev pod in ob zgornji gozdni meji ter posamičnega drevja nad njo na Snežniku (Mohar 2021)./ Skica transekta privremenih istraživačkih ploha za analizu strukture šumskih sastojina ispod i uz gornju šumsku granicu te pojedinačnog drveća iznad nje na Snežniku (Mohar 2021).

Analiza je pokazala spremembe v naklonu, skalovitosti, ruševju, zeliščnem sloju in gozdni sestavi z višanjem nadmorske višine. V spodnjih ploskvah je prevladoval strnjen gozd (drogovnjak, debeljak), medtem ko so bile zgornje ploskve značilne za vrzelaste sestoje ali posamezno drevje, kar odraža prehod v zgornjo gozdno mejo in nad njo. Najvišji ploskvi sta bili pretežno posejani z ruševjem in posamičnim drevjem, kar kaže na pretrgano strukturo gozda (Mohar 2021). Analiza je pokazala promjene u nagibu terena, kamenitosti, klekovini, zeljastom sloju i šumskom sastavu s porastom nadmorske visine. Na donjim plohama prevladavala je zatvorena šuma (stadiji letvikovca i debeljaka), dok su gornje plohe bile obilježene rupičastim sastojinama ili pojedinačnim stablima, što odražava prijelaz prema gornjoj šumskoj granici i iznad nje. Najviše plohe bile su pretežno obrasle klekovinam i pojedinačnim stablima, što upućuje na prekinutu strukturu šume (Mohar 2021).

Preglednica 2: Osnovni rastiščni parametri začasnih raziskovalnih ploskev (Mohar 2021).
***Tablica 2:** Osnovni stanišni parametri privremenih istraživačkih ploha (Mohar 2021).*

Ploskev	NMV (m)	Ekspozicija	Naklon (%)	Skalovitost (%)	Delež ruševja (%)	Zeliščni sloj (%)	Sestojni tip	Sklep
1	1424	Jug	38	30	0	2	Drogovnjak	Normalen
2	1474	Jug	44	40	0	5	Debeljak	Rahel
3	1524	Jug	35	30	15	20	Panjevec	Vrzelast do pretrgan
4	1574	Jug	49	25	98	10	Posamezno drevje	pretrgan
5	1624	Jug	55	20	99	5	Posamezno drevje	pretrgan

Za analizo stanja in strukture gozdne meje na Snežniku so bile na izbranih ploskvah izmerjene osnovne značilnosti rastišča (koordinate, nadmorska višina, naklon, skalovitost in kamnitost), saj ti dejavniki vplivajo na rast dreves (Mohar 2021). Na vseh drevesih so zbrali podatke o drevesni vrsti, prsnem premeru, izvoru, poškodovanosti, vitalnosti, sabljavosti, socialnem položaju (nadvladajoče, vladajoče,

sovladajoče, obladano, podstojno drevo), drevesni višini, višini krošnje in velikosti krošnje (izredno velika, normalno velika in simetrična, normalno velika in asimetrična, majhna, izredno majhna), kar omogoča razumevanje strukture sestojev v različnih nadmorskih višinah. V središču vsake ploskve je bil dodan tudi popis pomladka na manjšem območju, kjer so ocenili drevesno vrsto in višinski razred ali debelinsko stopnjo (Mohar 2021). Za analizu stanja i strukture šumske granice na Snežniku na odabranim plohama izmjerene su osnovne značajke staništa (koordinate, nadmorska visina, nagib, kamenitost i stjenovitost), budući da ti čimbenici utječu na rast stabala (Mohar 2021). Na svim stablima prikupljeni su podaci o vrsti stabla, prsnom promjeru, podrijetlu, oštećenosti, vitalnosti, sabljavosti, socijalnom položaju (nadvladajuće, vladajuće, supodređeno, podređeno, podstojno stablo), visini stabla, visini krošnje i veličini krošnje (izrazito velika, normalno velika i simetrična, normalno velika i asimetrična, mala, izrazito mala). Ti podaci omogućuju razumijevanje strukture sastojina na različitim nadmorskim visinama. U središtu svake plohe dodatno je proveden popis pomlatka na manjoj površini, pri čemu su procijenjeni vrsta drveća i visinski razred ili debljinski stupanj (Mohar 2021).

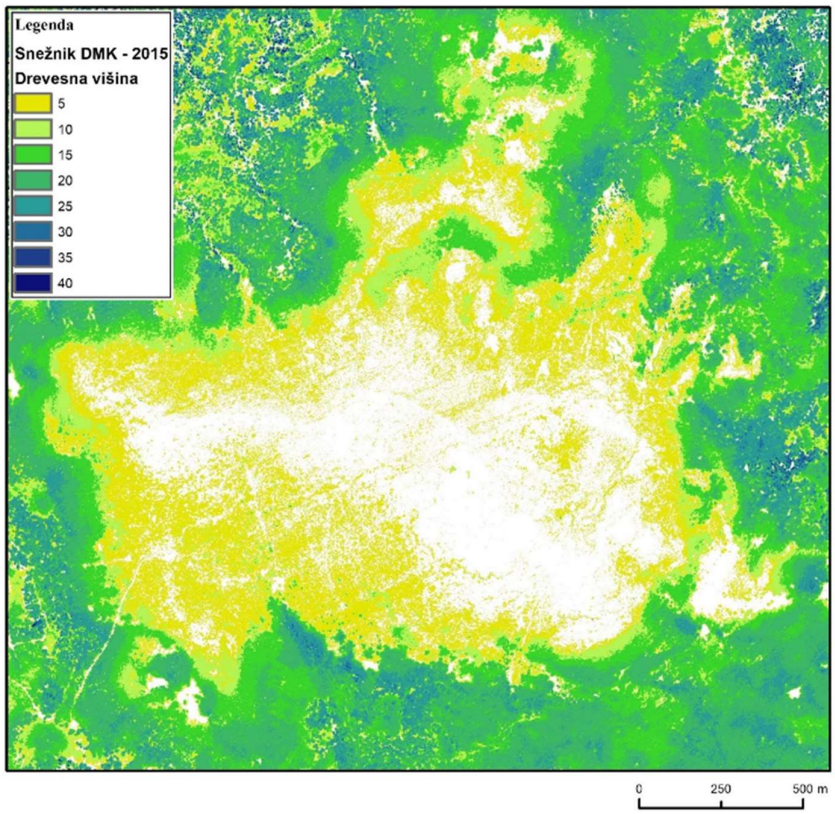
3.3 Analiza/Analiza

Iz pridobljenih podatkov so v Excel-u izračunali gostoto sestoja, lesno zalogo in drevesno sestavo. Podatke so pridobili tudi za debelinsko in višinsko strukturo. Prav tako so uporabili vse zgoraj omenjene lastnosti dreves (izvor dreves, poškodovanost in vitalnost dreves, delež sabljaste rasti, socialno strukturo, velikost, višino pričetka krošnje in globino krošnje ter prisotnost pomladka) (Mohar 2021). Na temelju prikupljenih podataka u programu Excel izračunati su gustoća sastojine, drvna zaliha i sastav drveća. Dobiveni su i podaci o debljinskoj i visinskoj strukturi. Također su korištene sve prethodno navedene značajke stabala (podrijetlo stabala, oštećenost i vitalnost, udio sabljastog rasta, socijalna struktura, veličina krošnje, visina početka krošnje i dubina krošnje te prisutnost pomlatka) (Mohar 2021).

3.4 Rezultati

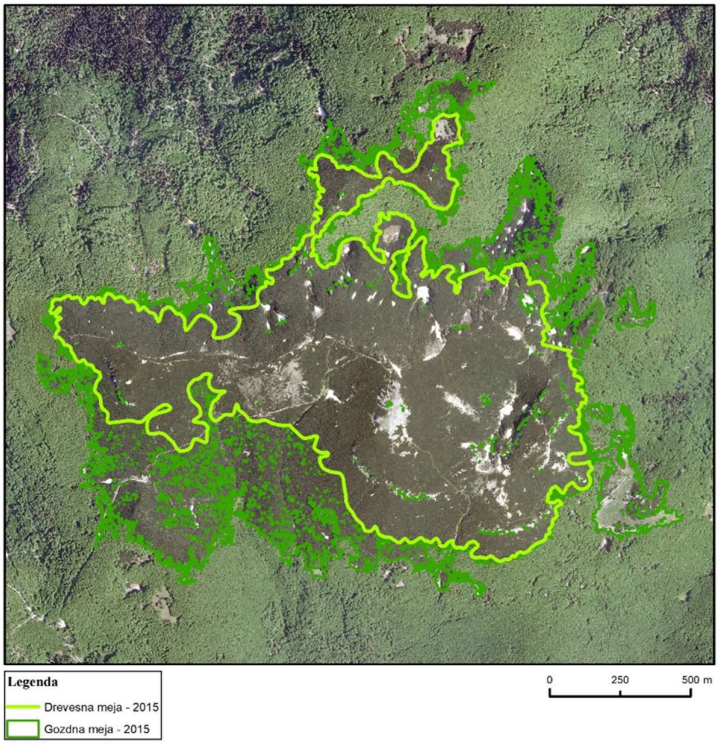
3.4.1 Sprememba zgornje gozdne meje/ Promjena gornje šumske granice

Iz lidarskih podatkov iz leta 2015 so izdelali karto višine krošenj dreves, ki jasno pokaže, kje poteka zgornja gozdna meja (prehod drevesne višine okoli 5 metrov, označen z barvnim prehodom (rumena v svetlo zeleno)). Zgornja gozdna meja je na južni in jugozahodni strani bolj nepravilna in razgibana, na severni in jugovzhodni strani pa bolj ravna in jasna. Na karti so nad zgornjo gozdno mejo vidna posamezna drevesa in skupine dreves, ki uspevajo višje, a jih pri širjenju ovira gosto ruševje (Mohar 2021). Iz lidarskih podataka iz 2015. godine izrađena je karta visine krošanja stabala, koja jasno prikazuje tijek gornje šumske granice (prijelaz visine stabala oko 5 m, označen promjenom boje iz žute u svijetlozelenu). Gornja šumska granica na južnoj i jugozapadnoj strani nepravilnija je i razvedenija, dok je na sjevernoj i jugoistočnoj strani ravnija i jasnije izražena. Na karti su iznad gornje šumske granice vidljiva pojedinačna stabla i skupine stabala koje uspijevaju na većim visinama, ali njihovo širenje ograničava gusto klekovina (Mohar 2021).



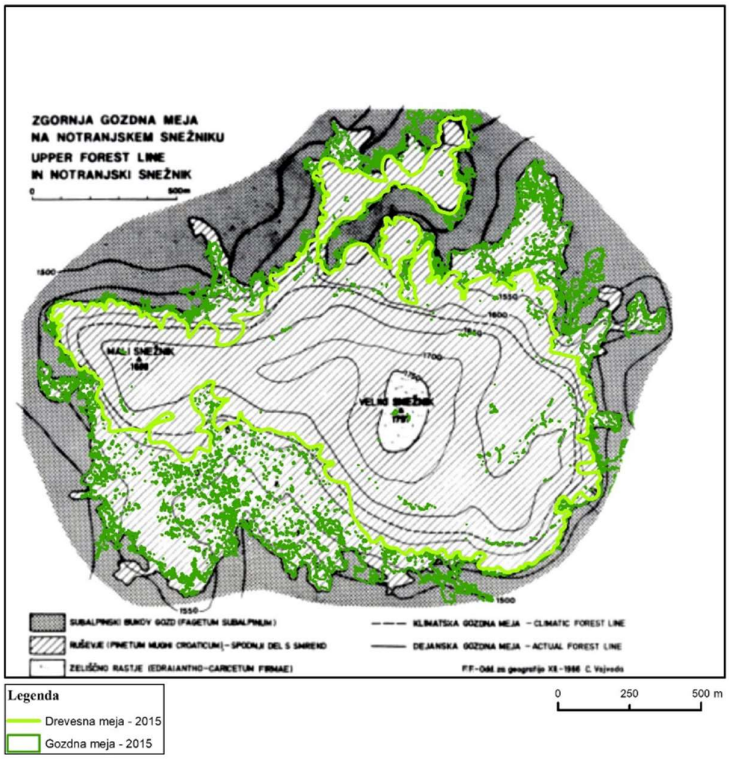
Slika 8: Prikaz zgornje gozdne meje na podlagi posnetkov DMK (Mohar 2021)./ Prikaz gornje šumske granice na temelju DMK snimaka (Mohar 2021).

Zgornjo gozdno mejo, določeno iz podatkov iz leta 2015, so primerjali z ortofoto posnetkom iz leta 2009. Ugotovili so, da se meja dobro ujema z gozdom, kot je bil leta 2009, kar pomeni, da v teh šestih letih ni bilo večjih sprememb. Na posnetku iz leta 2009 so opazili tudi posamezna drevesa nad gozdno mejo, kar so že pokazali tudi z modelom krošenj iz 2015. Na tej osnovi so nato izrisali drevesno mejo (Mohar 2021). Gornju šumsku granicu, određenu na temelju podataka iz 2015. godine, usporedili su s ortofoto snimkom iz 2009. godine. Utvrđeno je da se granica dobro podudara sa šumom kakva je bila 2009., što znači da u tom šestogodišnjem razdoblju nije bilo većih promjena. Na snimci iz 2009. uočena su i pojedinačna stabla iznad šumske granice, što je potvrđeno i modelom krošanja iz 2015. godine. Na toj osnovi potom je iscrtana drvenasta granica (Mohar 2021).



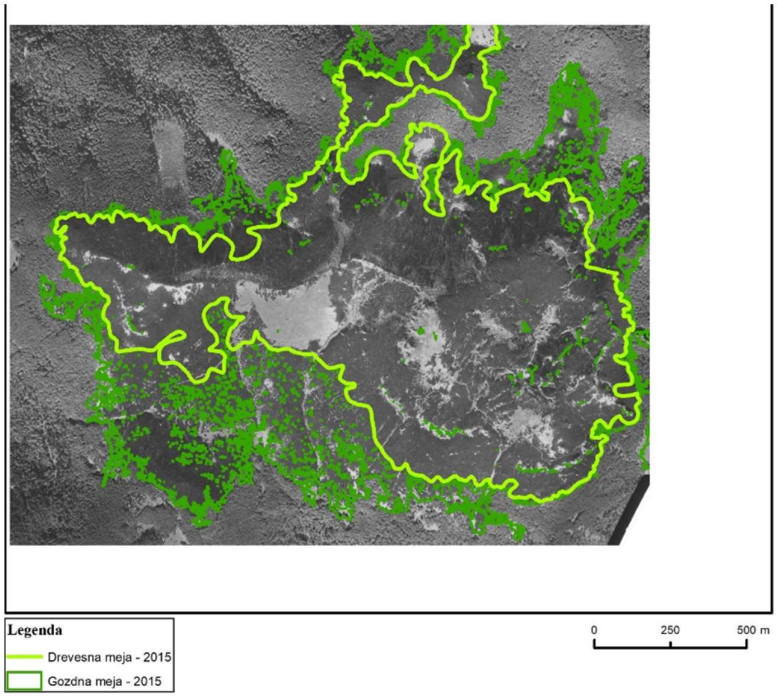
Slika 9: IZrisana zgornja gozdna meja (2015) na ortofoto posnetku iz leta 2009 (Mohar 2021)./ Iscrtana gornja šumska granica (2015.) na ortofoto snimci iz 2009. godine (Mohar 2021).

Po meritvah zgornja gozdna meja na Snežniku poteka med 1480 in 1592m nadmorske višine. Najnižja je meja severovzhodno od Velikega Snežnika, kjer se meja zaključi ostro, a se višje ponovno pojavi manjši gozd, ki sega do 1506 m. Najvišja pa je meja na severozahodu, kjer se meja zaključi bolj postopno na bolj strmem predelu (Mohar 2021). Drevesna meja poteka med nadmorskima višinama 1518 in 1624 metrov. Najnižja je na severovzhodu, kjer je tudi najnižja zgornja gozdna meja. Najvišja pa je na zahodu, kjer se dosti razlikuje od zgornje gozdne meje (Mohar 2021). Prema mjerenjima, gornja šumska granica na Snežniku proteže se između 1480 i 1592 m nadmorske visine. Najniža je na sjeveroistoku od Velikog Snežnika, gdje se granica naglo završava, ali se nešto više ponovno pojavljuje manji šumski sklop koji doseže do 1506 m. Najviša je granica na sjeverozapadu, gdje se završava postupnije, na strmijem terenu (Mohar 2021). Drvenasta granica nalazi se između 1518 i 1624 m nadmorske visine. Najniža je na sjeveroistoku, gdje je ujedno i najniža gornja šumska granica, dok je najviša na zapadu, gdje se znatno razlikuje od gornje šumske granice (Mohar 2021).



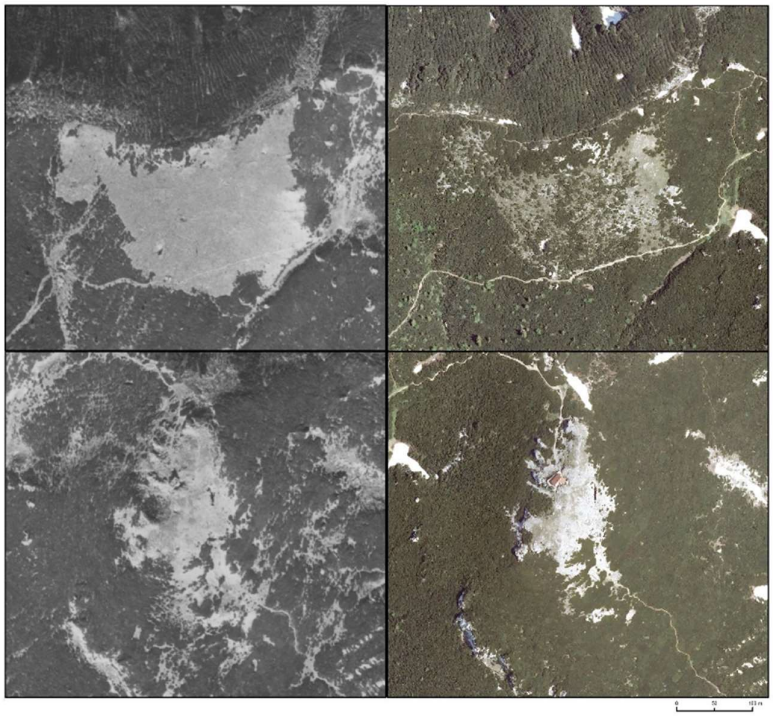
Slika 10: Izrisana zgornja gozdna meja iz leta 2015 na georeferencirani skici iz leta 1986 (Mohar 2021)./ Iscrtana gornja šumska granica iz 2015. godine na georeferenciranoj skici iz 1986. godine (Mohar 2021).

Zgornjo gozdno mejo iz leta 2015 so primerjali s skico Lovrenčaka iz leta 1986 in ugotovili, da sta si na večini območij zelo podobni. To pomeni, da se meja v tem času ni bistveno spremenila. Treba pa je upoštevati, da je Lovrenčakova skica le približna, saj je nastala po starih topografskih kartah (Mohar 2021). Tudi pri primerjavi zgornje gozdne meje iz leta 2015 s starim letalskim posnetkom iz leta 1954 so ugotovili, da se meja skoraj ni spremenila. V 60 letih se je le zelo počasi pomikala navzgor. Drevesa nad mejo, ki se jih vidi iz leta 2015, so bila tam že leta 1955 (Mohar 2021). Gornju šumsku granicu iz 2015. usporedili su sa skicom Lovrenčaka iz 1986. godine te utvrdili da su na većini područja vrlo slične. To upućuje na to da se granica u tom razdoblju nije bitno promijenila. Ipak, treba uzeti u obzir da je Lovrenčakova skica samo približna, jer je izrađena na temelju starih topografskih karata (Mohar 2021). Usporedba gornje šumske granice iz 2015. sa starom zračnom snimkom iz 1954. godine također je pokazala da se granica gotovo nije promijenila. Tijekom 60 godina pomicala se vrlo sporo prema višim nadmorskim visinama. Stabla iznad granice, vidljiva 2015. godine, nalazila su se ondje već 1955. godine (Mohar 2021).



Slika 11: Izrisana zgornja gozdna meja iz leta 2015 prikazana na ortofoto posnetku iz leta 1955./ Iscrtana gornja šumska granica iz 2015. godine prikazana na ortofoto snimci iz 1955. godine.

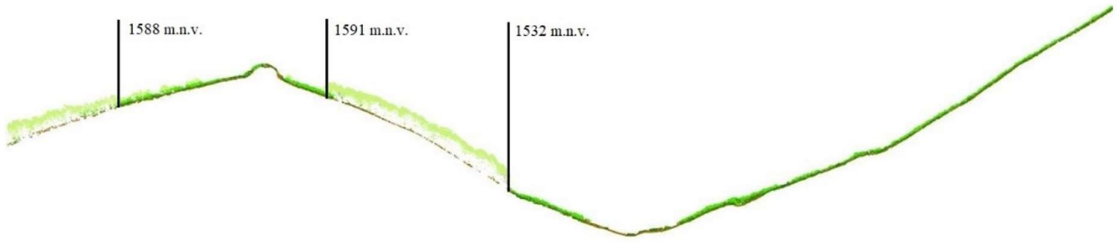
Primerjava posnetkov iz let 1955 in 2009 kaže, da se je ruševje močno razširilo. Na jasi med Velikim in Malim Snežnikom je skoraj v celoti preraslo nekdanjo odprto površino, okoli vrha Snežnika pa je postalo bolj gosto in se razširilo višje po pobočju (Mohar 2021). Usporedba snimaka iz 1955. i 2009. godine pokazuje da se klekovina znatno proširilo. Na čistini između Velikog i Malog Snežnika gotovo je u potpunosti preraslo nekadašnju otvorenu površinu, dok je oko vrha Snežnika postalo gušće i proširilo se više uz padinu (Mohar 2021).



Slika 12: Razširjenost ruševja na Snežniku v letu 1955 (levo) in leta 2009 (desno) na izsekih iz ortofoto posnetkov (Mohar 2021)./ Rasprostranjenost klekovine na Snežniku 1955. godine (lijevo) i 2009. godine (desno) na isječcima ortofoto snimaka (Mohar 2021).

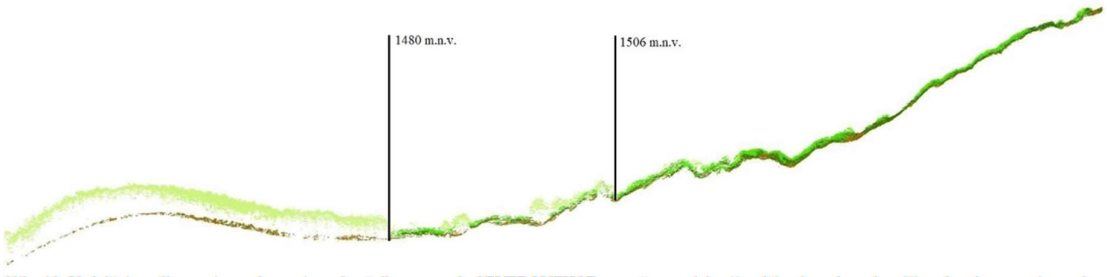
3.4.2 Vzdolžni profili zgornje gozdne meje/ Uzdužni profili gornje šumske granice

Vzdolžni profil severno od Snežnika pokaže razgiban teren z vrtačami in grebeni brez gozda. Zaradi tega se zgornja gozdna meja pojavi večkrat na različnih višinah (1532 m, 1588 m, 1591 m). Najnižja meja je tam, kjer sestoj ne sega čez dno vrtače, verjetno zaradi močne konkurence ruševja ali ostrejših klimatskih razmer. V dnu vrtač ni dreves, najbrž zaradi temperaturne inverzije. Prehod v gozd je tu zelo oster, brez vidnih posameznih dreves nad mejo (Mohar 2021). Uzdužni profil sjeverno od Snežnika prikazuje razveden teren s ponikvama i grebenima bez šume. Zbog toga se gornja šumska granica pojavljuje više puta na različitim nadmorskim visinama (1532 m, 1588 m, 1591 m). Najniža granica nalazi se ondje gdje sastojina ne prelazi dno ponikve, vjerojatno zbog jake konkurencije klekovine ili oštrijih klimatskih uvjeta. U dnu ponikava nema drveća, najvjerojatnije zbog temperaturne inverzije. Prijelaz u šumu ovdje je vrlo nagao, bez vidljivih pojedinačnih stabala iznad granice (Mohar 2021).



Slika 13: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku - transekt SEVER; označene so lokacije odčitanja nadmorske višine aktualne gozdne meje iz DMR (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt SJEVER; označene su lokacije očitanja nadmorske visine aktualne šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

Severovzhodno od vrha Snežnika je prehod v gozd zelo izrazit, nad mejo pa so vidne skupine dreves. To kaže, da bi lahko bila zgornja gozdna meja višje, če širjenja ne bi oviralo gosto ruševje. Pod mejo gozd ostaja strnjen, višina dreves pa se ne zmanjšuje postopoma, ruševja tam tudi ni (Mohar 2021). Sjeveroistočno od vrha Snežnika prijelaz u šumu vrlo je izražen, a iznad granice vidljive su skupine stabala. To upućuje na to da bi gornja šumska granica mogla biti viša kada širenje ne bi ograničavalo gusto klekovina. Ispod granice šuma ostaje zatvorena, visina stabala se ne smanjuje postupno, a klekovina ondje izostaje (Mohar 2021).



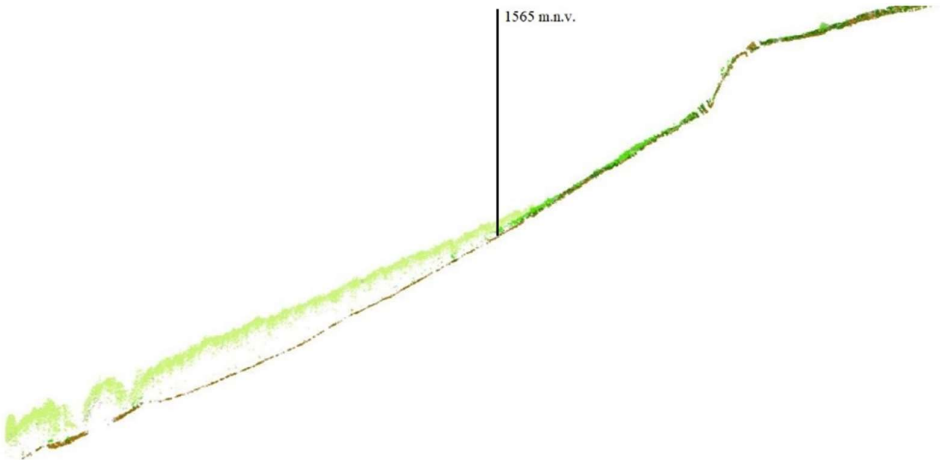
Slika 14: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku - transekt SEVEROVZHOD; označene so lokacije odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt SJEVEROISTOK; označene su lokacije očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

Profil vzhodno od Velikega Snežnika prikazuje strm in razgiban teren. Gozdna meja je tam izrazita, nad njo ni posameznih dreves. Višje kot smo, nižja so drevesa, ruševje pa se začne prepletati z gozdom (Mohar 2021). Profil istočno od Velikog Snežnika prikazuje strm i razveden teren. Šumska granica ondje je jasno izražena, a iznad nje nema pojedinačnih stabala. S porastom nadmorske visine stabla su sve niža, a klekovina se počinje isprepletati sa šumom (Mohar 2021).



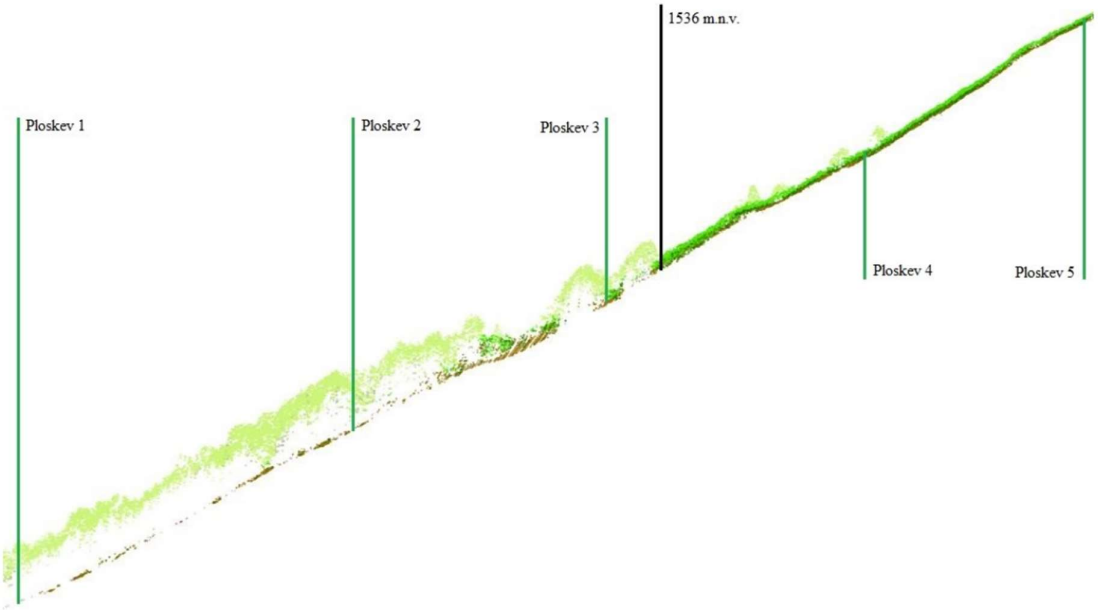
Slika 15: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku - transekt VZHOD; označene so lokacije odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt ISTOK; označene su lokacije očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

Jugovzhodno od Velikega Snežnika se z višanjem terena drevesa manjšajo, ruševje pa raste v spodnji plasti gozda (Mohar 2021). Jugoistočno od Velikog Snežnika, s porastom nadmorske visine stabla postaju manja, dok klekovina raste u donjem sloju šume (Mohar 2021).



Slika 16: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku - transekt JUGOVZHOD; označene so lokacije odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt JUGOISTOK; označene su lokacije očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

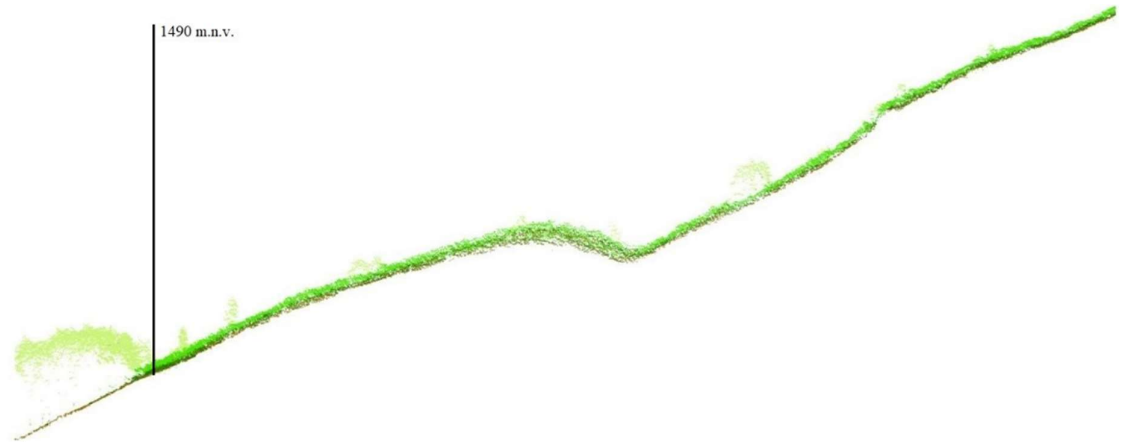
Na južni strani je zgornja gozdna meja bolj postopna. Gozd se spreminja iz gostega v skupine dreves, ki se končajo pri 1537 m. Gozd je tukaj redkejši zaradi skalnatega terena in skalnih previsov. Nad mejo rastejo posamezne skupine dreves, obdane z ruševjem (Mohar 2021). Na južnoj strani gornja šumska granica je postupnija. Šuma prelazi iz guste u skupine stabala koje završavaju na oko 1537 m. Šuma je ovdje rjeđa zbog stjenovitog terena i stijenskih prevjesa. Iznad granice rastu pojedine skupine stabala, okružene klekovinama (Mohar 2021).



Slika 17: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku - transekt JUG; označene so lokacije odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (črna oznaka) in približne lokacije postavljenih začasnih vzorčnih plokev (zelene oznake) (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt JUG; označene su lokacije očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (crna oznaka) i približne lokacije postavljenih privremenih uzornih ploha (zelene oznake) (Mohar 2021).

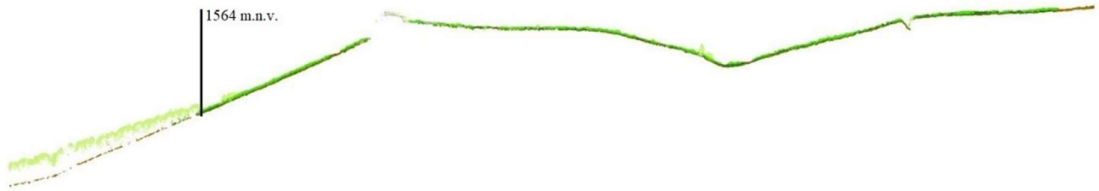
Jugozahodni profil kaže oster prehod gozdne meje in hitro zmanjšanje sestojne višine. Nad mejo v ruševju rastejo posamezna drevesa in manjše skupine dreves (Mohar 2021). Jugozapadni profil

pokazuje nagli prijelaz šumske granice i brzo smanjenje visine sastojine. Iznad granice u klekovini rastu pojedinačna stabla i manje skupine stabala (Mohar 2021).



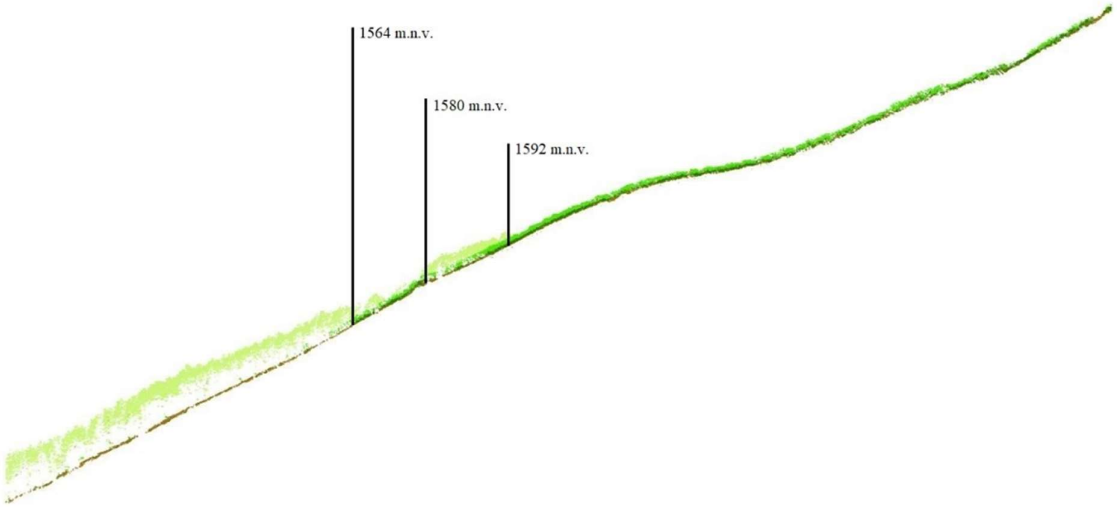
Slika 18: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku – transekt JUGOZAHOD; označena je lokacija odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (Mohar 2021). / Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt JUGOZAPAD; označena je lokacija očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

Na zahodni strani Snežnika se gozdna meja ostro konča, sestojna višina pa se postopno zmanjšuje. Teren je tam bolj položen, zato nad mejo rastejo posamezna drevesa in manjše skupine. V gozdu so drevesne višine bolj različne, kar kaže na razmaknjen ali pretrgan gozdni sestoj (Mohar 2021). Na zapadnoj strani Snežnika šumska granica naglo završava, dok se visina sastojine postupno smanjuje. Teren je ondje blaže nagnut, pa iznad granice rastu pojedinačna stabla i manje skupine. U šumi su visine stabala raznolikije, što upućuje na razmaknut ili prekinut šumski sastoj (Mohar 2021).



Slika 19: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku – transekt ZAHOD; označena je lokacija odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt ZAPAD; označena je lokacija očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

Na severozahodni strani se gozdna meja zaključuje bolj postopno. Pod višjimi drevesi raste nižje rastje, verjetno ruševje, ki uspeva pod gozdnim zastorom (Mohar 2021). Na sjeverozapadnoj strani šumska granica završava postupnije. Ispod viših stabala raste niže raslinje, vjerojatno klekovina, koje uspijeva pod šumskim zastorom (Mohar 2021).



Slika 20: Vzdolžni profil zgornje gozdne meje na Snežniku – transekt SEVEROZAHOD; označena je lokacija odčitanja nadmorske višine aktualne zgornje gozdne meje iz DMR (Mohar 2021)./ Uzdužni profil gornje šumske granice na Snežniku – transekt SJEVEROZAPAD; označena je lokacija očitanja nadmorske visine aktualne gornje šumske granice iz DMR-a (Mohar 2021).

4 NARODNI PARK RISNJAK/NACIONALNI PARK RISNJAK

Risnjak je del območja zmerno vlažnih gozdov hrasta gradna in navadnega gabra v notranjosti Gorskega kotarja. Prevladujejo rastlinske vrste srednjeevropskega izvora. Zaradi obilnih, enakomerno razporejenih padavin, dolgega obdobja snega in nižjih temperatur kot na obali ima vegetacija izrazit srednjeevropski značaj. To je vidno tudi na travnikih. Tla so večinoma zmerno kisla, najpogosteje podzolizirana rjava gozdna tla (Horvat 1962). Na Risnjaku so strma pobočja s tanko plastjo zemlje in redkim rastlinjem. Obstajajo tudi manjša mokrišča. Rastlinstvo na njih je slabo razvito. Na Risnjaku pod strmimi sklanimi stenami na severozahodu izvira reka Kolpa. Na območju izvira se je razvila termofilna vegetacija, ki sega do vznožja gora, kjer iglasti gozdovi prehajajo v bukove gozdove, na suhih skalnatih mestih pa rastejo gozdovi črnega gabra in spomladanske rese. Podnebne razmere Risnjaka pomembno vplivajo na vegetacijo in kulturo te regije (Horvat 1962). Risnjak je dio područja umjereno vlažnih šuma hrasta kitnjaka i običnog graba u unutrašnjosti Gorski kotar. Prevladavaju biljne vrste srednjoeuropskog podrijetla. Zbog obilnih i ravnomjerno raspoređenih oborina, dugog razdoblja zadržavanja snijega te nižih temperatura nego na obali, vegetacija ima izražena srednjoeuropska obilježja, što je vidljivo i na travnjacima. Tla su većinom umjereno kisela, najčešće podzolizirana smeđa šumska tla (Horvat 1962). Na Risnjaku prevladavaju strme padine s tankim slojem tla i oskudnim biljnim pokrovom. Prisutna su i manja močvarna područja, na kojima je vegetacija slabo razvijena. Pod strmim stijenama na sjeverozapadnoj strani Risnjaka izvire rijeka Kolpa. U području izvora razvila se termofilna vegetacija koja se spušta do podnožja planina, gdje crnogorične šume prelaze u bukove, dok na suhim i kamenitim staništima rastu šume crnog graba i proljetne rese. Klimatske prilike Risnjaka snažno utječu na vegetaciju i kulturu ove regije (Horvat 1962).

Tla so odvisna od kamninske podlage in podnebja. Prevladuje karbonatna podlaga, kjer se razvijejo rendzine, podzoli in podzolizirana rjava tla. Naklon terena vpliva na globino in rodovitnost tal: strme lege imajo plitva, skalnata tla, medtem ko so v kotlinah tla globlja in bogatejša s hranili. Z vegetacijskega vidika je Risnjak perhumidno območje z bujno acidofilno vegetacijo. Prevladujeta bukev in jelka, ki na višjih nadmorskih višinah tvorita obsežne gozdove. Subalpske združbe bukve in smreke uspevajo na kislih in razvitih tleh. Tla su uvjetovana litološkom podlogom i klimom. Prevladava karbonatna podloga, na kojoj se razvijaju rendzine, podzoli i podzolizirana smeđa tla. Nagib terena utječe na dubinu i

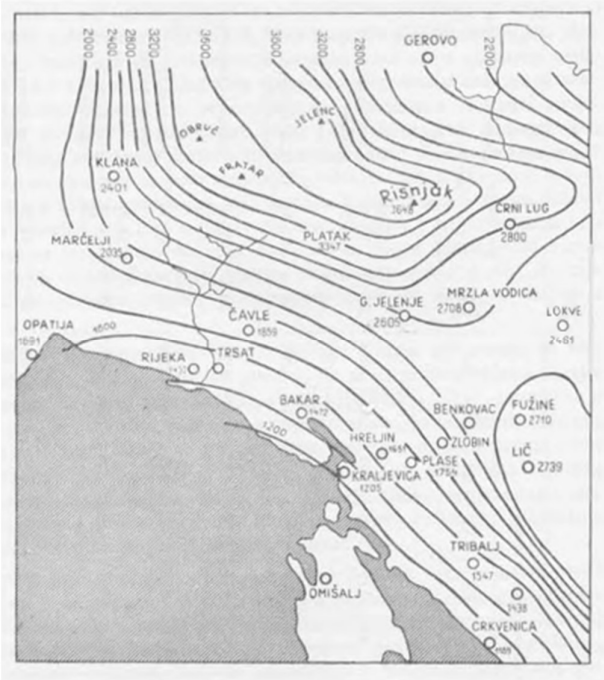
plodnost tla: strme padine imaju plitka, skeletna tla, dok su u udolinama tla dublja i hranjivima bogatija. S vegetacijskog gledišta, Risnjak je perhumidno područje s bujnom acidofilnom vegetacijom. Dominiraju bukva i jela, koje na višim nadmorskim visinama tvore prostrane šumske komplekse. Subalpske zajednice bukve i smreke uspijevaju na kiselim i dobro razvijenim tlima.

Na robovih območja so tla bolj razvita in vegetacija bogatejša. Zaradi posebnih geoloških in podnebnih razmer se je na Risnjaku ohranilo več reliktnih rastlinskih vrst (Horvat 1962). Podzolizirana tla na Risnjaku nastajajo zaradi nizkih temperatur in visoke vlažnosti, pogosto na karbonatnih kamninah, povezana z gozdnimi združbami, kot je *Fagetum croaticum*. Na strmem apnenčastem terenu podzolizacijo moti kamenje, kar vpliva na strukturo tal. Prisotni so tudi gorski travniki, ki so nastali s premikom bukovih gozdov, bogati z različnimi travami in zelnatimi vrstami. Pod travnato odejo potekajo procesi zakisovanja tal, kar vodi do acidofilnih rastlinskih združb. Razširjenost travnih združb je odvisna od naklona in globine tal, od bazofilnih do izjemno kislih. V predgorju in na območju ruševja se razvijejo travišča. Debelejši humus povečuje zakisovanje, v skrajnih primerih pa pride do šotišč in degeneracije gozdov. Med vegetacijo in tlemi obstaja močna povezava, ki omogoča oceno tal na podlagi rastlinskih združb (Horvat 1962). Na rubnim dijelovima područja tla su razvijenija, a vegetacija bogatija. Zbog specifičnih geoloških i klimatskih uvjeta na Risnjaku se očuvao veći broj reliktnih biljnih vrsta (Horvat 1962). Podzolizirana tla nastaju zbog niskih temperatura i visoke vlažnosti, često na karbonatnoj podlozi, te su povezana sa šumskim zajednicama poput *Fagetum croaticum*. Na strmim vapnenačkim terenima proces podzolizacije otežava kamenitost, što utječe na strukturu tla. Prisutni su i planinski travnjaci, nastali povlačenjem bukovih šuma, bogati raznolikim travama i zeljastim vrstama. Ispod travnatog pokrova odvijaju se procesi zakiseljavanja tla, koji pogoduju razvoju acidofilnih biljnih zajednica. Rasprostranjenost travnjačkih zajednica ovisi o nagibu terena i dubini tla, u rasponu od bazofilnih do izrazito kiselih staništa. U predgorju i u pojasu klekovine razvijaju se travnjaci. Deblji humusni sloj pojačava zakiseljavanje, a u krajnjim slučajevima dolazi do stvaranja tresetišta i degradacije šuma. Između vegetacije i tla postoji snažna povezanost koja omogućuje procjenu tala na temelju biljnih zajednica (Horvat 1962).
Ruševje v Risnjaku uspeva v zahtevnih podnebnih razmerah: kratka rastna doba, nizke temperature, velike temperaturne amplitude, močan veter in pogoste zmrzali z debelo snežno odejo. V takšnih razmerah nastajajo specifična subalpska in alpska tla, kot so subalpske črnice, ki se razlikujejo od tal nižjih pasov. Z naraščajočo nadmorsko višino se višina bukev zmanjšuje, na koncu bukovega gozda pa je ruševje, visoko le 1-2 metra, kar dodatno kaže na vpliv ostrega podnebja na vegetacijo. Klekovina na Risnjaku uspijeva u izrazito nepovoljnim klimatskim uvjetima: kratkoj vegetacijskoj sezoni, niskim temperaturama, velikim temperaturnim amplitudama, jakim vjetrovima i čestim mrazevima uz debeli snježni pokrivač. U takvim uvjetima razvijaju se specifična subalpska i alpska tla, poput subalpskih crnica, koja se razlikuju od tala nižih visinskih pojaseva. S porastom nadmorske visine visina bukvi se smanjuje, a na gornjoj granici bukove šume pojavljuje se klekovina, visoka svega 1–2 m, što dodatno potvrđuje snažan utjecaj oštre klime na vegetaciju.

Za obalni pas bukovih gozdov na Gornjem Jelenju in ruševje na Snježniku so bile temperature izračunane na podlagi višinskega temperaturnega gradienta Risnjak–Platak. Podnebni elementi (temperatura, padavine, število dni s snežno odejo) se postopoma spreminjajo od morja proti vrhovom Snježnika in Risnjaka ter nato proti notranjosti Gorskega kotarja. Te spremembe pojasnjujejo veliko raznolikost vegetacije in tal na relativno majhnem območju jugozahodne Hrvaške, vključno z Risnjakom (Horvat 1962).
Za obalni pojas bukovih šuma na Gornjem Jelenju i klekovinu na Snježnik temperature su izračunate na temelju visinskog temperaturnog gradijenta Risnjak–Platak. Klimatski elementi (temperatura, oborine, broj dana sa snježnim pokrivačem) postupno se mijenjaju od mora prema vrhovima Snježnika i Risnjaka, a zatim prema unutrašnjosti Gorskog kotara. Te promjene objašnjavaju veliku raznolikost vegetacije i tala na relativno malom prostoru jugozapadne Hrvatske, uključujući područje Risnjaka (Horvat 1962).

Pozne zmrzali pomembno vplivajo na subalpski pas bukovih gozdov in ruševje, zlasti v kotanjah in vrtačah, kjer se pojavljajo mrazišča. Meja poškodb zaradi zmrzali se običajno ujema s spodnjo mejo subalpskega pasu bukovih gozdov. Nizke temperature in kratka rastna doba povzročajo, da so zmrzali glavni razlog za nižjo produktivnost bukve v višjih delih Risnjaka. V smrekovih združbah so tla hladnejša kot pri bukvi in jelki, kar vpliva na rastlinsko sestavo in razvoj tal. To ustvarja izrazito mikroklimatsko spremenljivost, ki določa posebnosti vegetacije in pedogenetske procese (Horvat 1962). Kasni mrazevi snažno utječu na subalpski pojas bukovih šuma i klekovinu, osobito u udolinama i vrtačama, gdje se stvaraju mrazišta. Granica oštećenja od mraza obično se podudara s donjom granicom subalpskog pojasa bukovih šuma. Niske temperature i kratka vegetacijska sezona uzrokuju da su mrazevi glavni razlog slabije produktivnosti bukve u višim dijelovima Risnjaka. U smrekovim zajednicama tla su hladnija nego u bukovim i jelovim šumama, što utječe na florni sastav i razvoj tla. Time nastaje izražena mikroklimatska raznolikost koja određuje posebnosti vegetacije i pedogenetske procese (Horvat 1962).

Količina padavin okoli Risnjaka je med najvišjimi v regiji, saj letna količina presega 2600 mm zaradi nadmorske višine in lokalnih podnebnih razmer. V subalpskem pasu bukovih gozdov in ruševja lahko količina doseže 3600 mm, pod vplivom južnih vetrov. Vpliv poletne suše se z nadmorsko višino zmanjšuje, vendar je še vedno prisoten v nižjih delih bukovih gozdov. V pasu bukovih gozdov na Risnjaku, usmerjenih proti morju, prevladuje submediteranska vegetacija, kjer lahko v sušnih letih trpijo jelke. Bukev ima daljšo vegetacijsko dobo, vendar ne dosega velikosti kot v notranjosti območja. Padavin je dovolj pozimi in jeseni, poleti pa jih je manj, vendar kljub nižjim temperaturam še vedno zadostujejo za bujno vegetacijo (Horvat 1962). V višjih delih gora megla znatno poveča vlažnost in vpliva na razvoj rastlinskega sveta, zlasti v hladnejših gozdnih pasovih. Sneg se dolgo zadržuje, zlasti na območjih ruševja, kjer lahko takšno stanje traja več kot 150 dni s snežnim pokrovom debelim do 4 metrov. V nižjih delih bukovega gozda se pojavljajo redke gozdne združbe, kot sta jerebika in javor. V subalpskih vrtačah sneg zdrži do poletja, kar omogoča posebno snežno floro. Lokalni podnebni dejavniki spreminjajo višinske pasove vegetacije (Horvat 1962). Količina oborina na području Risnjaka među najvišima je u regiji, jer godišnje vrijednosti prelaze 2600 mm, što je posljedica nadmorske visine i lokalnih klimatskih prilika. U subalpskom pojasu bukovih šuma i klekovine količina oborina može doseći i do 3600 mm, osobito pod utjecajem južnih vjetrova. Utjecaj ljetne suše smanjuje se s porastom nadmorske visine, ali je i dalje prisutan u nižim dijelovima bukovih šuma. U bukovim šumama Risnjaka okrenutima prema moru prevladava submediteranska vegetacija, pri čemu u sušnim godinama jela može stradati. Bukva ima dulju vegetacijsku sezonu, ali ne postiže dimenzije kao u unutrašnjosti. Oborina ima dovoljno u zimskom i jesenskom razdoblju, dok su ljeti rjeđe, ali su zbog nižih temperatura ipak dostatne za bujan rast vegetacije (Horvat 1962). U višim dijelovima planina magla znatno povećava vlažnost zraka i utječe na razvoj biljnog svijeta, osobito u hladnijim šumskim pojasevima. Snijeg se dugo zadržava, posebno u području klekovine, gdje može potrajati više od 150 dana, uz debljinu snježnog pokrivača do 4 m. U nižim dijelovima bukove šume pojavljuju se rjeđe šumske zajednice, poput jarabike i javora. U subalpskim vrtačama snijeg se zadržava do ljeta, što omogućuje razvoj specifične snježne flore. Lokalni klimatski čimbenici modificiraju visinske pojaseve vegetacije (Horvat 1962).

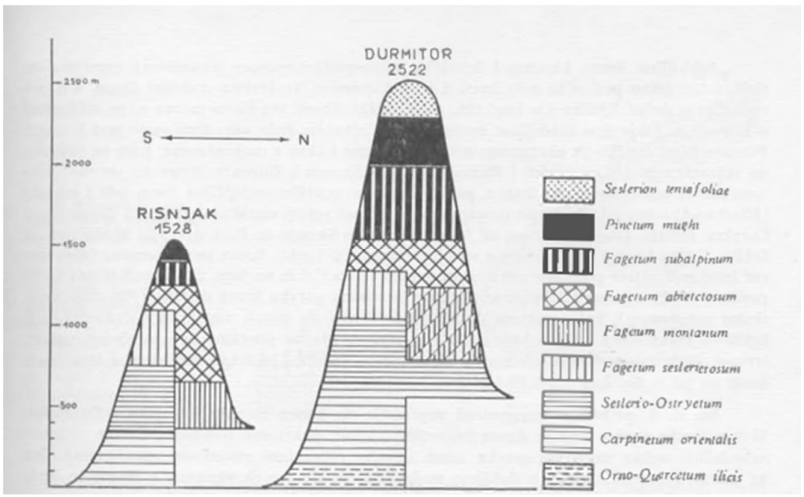


Slika 24: Izohijete srednjih letnih količin padavin v obdobju 1947–1956 med obalo in dolino reke Kolpe (Horvat 1962)./ Izohijete srednjih godišnjih količina oborina u razdoblju 1947.–1956. između obale i doline rijeke Kolpe (Horvat 1962).

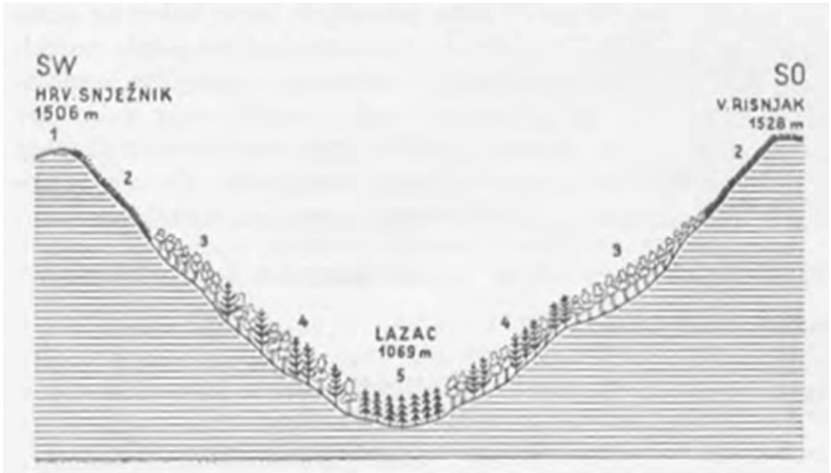
Na vegetacijo vpliva tudi veter, zlasti hladni, burji podobni vetrovi, ki vplivajo na razporeditev rastlinskih združb na odprtem in izpostavljenem terenu. Izpostavljenost vetru vpliva na mikroklimo in talne razmere, zato imajo različne strani grebena prilagojene rastlinske združbe (Horvat 1962). Na Risnjaku nad 1200 metri prevladujejo subalpinski bukovi gozdovi, v katerih jelke skoraj izginejo. Bukve so nižje in se zaradi ostrih vremenskih razmer pogosto upognejo. Namesto gorskih travnikov se nižje pojavljajo travniki s kratkimi travami in borovci, prilagojeni hladnemu podnebju. Podobni gozdovi so tudi na Snježniku in delno na Obruču (Horvat 1962). Na vegetaciju snažno utječe i vjetar, osobito hladni vjetrovi slični buri, koji oblikuju raspored biljnih zajednica na otvorenim i izloženim terenima. Izloženost vjetru utječe na mikroklimu i tlo, pa se na različitim stranama grebena razvijaju prilagođene biljne zajednice (Horvat 1962). Na Risnjaku iznad 1200 m prevladavaju subalpske bukove šume, u kojima jela gotovo u potpunosti nestaje. Bukve su niže i zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta često povijene. Umjesto klasičnih planinskih livada pojavljuju se travnjaci s niskim travama i borovima prilagođenima hladnoj klimi. Slične šumske zajednice prisutne su i na Snježniku te djelomično na Obruču (Horvat 1962).

Rastlinstvo Risnjaka je kljub nižji nadmorski višini podobno Durmitorju. Risnjak v spodnjem delu nima zimzelenega rastlinja, ki se na jugozahodu Hrvaške pojavlja le južneje, na otokih Istre, na Cresu in Rabu. Na obalni strani Risnjaka je najnižji pas gozda belega gabra, sledi pas črnega gabra in pas bukovega gozda, ki je razdeljen na tri podpasove: obalni bukov gozd s šašiko, bukov in jelkov gozd ter subalpski bukov gozd. Nad bukovim gozdom je zaradi majhnih razlik v nadmorski višini in orografskih razmerah lokalno razvit pas ruševja. Na celinski strani Risnjaka, pod ruševjem in subalpskim bukovim gozdom, so pasovi bukovih in jelkovih ter gorskih bukovih gozdov (Horvat 1962). Na kislih silikatnih tleh Gorskega kotarja rastejo acidofilni bukovi in jelovi gozdovi, ki zasedajo velika območja okoli Krašićevice, Razloga, Skrada, Zamosta, Crnega Luga in Mrzle Vodice. Pomembne so združbe bukovih gozdov s praprotmi (*Blechnofagetum*) in jelovih gozdov s praprotmi (*Blechnofabietetum*). Na višjih nadmorskih višinah, na podzolnih tleh nad apnencem in dolomitom, se nahaja gorski smrekov gozd (*Piceetum croaticum montanum*), ki je bil zaradi sečnje zmanjšan, a se še vedno ohranja v Leski, Lividragi in Seginjah. Gozdov kostanja in hrasta gradna ni, ker rastejo nižje, v dolinah rek Kolpe, Rječine in Istre (Horvat 1962). Biljni svijet Risnjaka, unatoč manjoj nadmorskoj visini, pokazuje sličnosti s masivom Durmitor. U nižim

dijelovima Risnjaka nema vazdazelene vegetacije, koja se u jugozapadnoj Hrvatskoj javlja tek južnije, na istarskim otocima te na Cresu i Rabu. Na obalnoj strani Risnjaka najniži šumski pojas čini bijeli grab, zatim slijedi pojas crnog graba te bukove šume, podijeljene u tri podpojasa: obalni bukov pojas sa šašikom, bukovo-jelove šume i subalpske bukove šume. Iznad bukovih šuma, zbog malih visinskih razlika i orografskih uvjeta, lokalno se razvija pojas klekovine. Na kontinentalnoj strani Risnjaka, ispod klekovine i subalpskih bukovih šuma, smjenjuju se pojasevi bukovo-jelovih i gorskih bukovih šuma (Horvat 1962). Na kiselim silikatnim tlima Gorskog kotara razvijaju se acidofilne bukove i jelove šume koje zauzimaju velika područja oko Krašićevice, Razloga, Skrada, Zamosta, Crnog Luga i Mrzle Vodice. Posebno su značajne zajednice bukovih šuma s papratima (*Blechnofagetum*) i jelovih šuma s papratima (*Blechnofabietetum*). Na višim nadmorskim visinama, na podzolnim tlima iznad vapnenca i dolomita, javlja se planinska smrekova šuma (*Piceetum croaticum montanum*), koja je zbog sječe smanjena, ali se i dalje očuvala u područjima Leske, Lividrage i Seginja. Šuma pitomog kestena i hrasta kitnjaka nema, jer se one razvijaju na nižim položajima, u dolinama rijeka Kolpe, Rječine i u Istri (Horvat 1962).



Slika 25: Vpliv izpostavljenosti in obsežnosti masiva na porazdelitev in širino višinskih pasov na jugozahodni (a) in severovzhodni strani (b) Risnjaka (1528 m) in Durmitorja (2522 m) (Horvat 1962)./ Utjecaj ekspozicije i masivnosti planine na raspodjelu i širinu visinskih pojaseva na jugozapadnoj (a) i sjeveroistočnoj (b) strani Risnjaka (1528 m) i Durmitora (2522 m) (Horvat 1962).



Slika 26: Profil vegetacije od vrha Snježnika preko Lasca do vrha Risnjaka (Horvat 1962)./ Vegetacijski profil od vrha Snježnika preko Lasca do vrha Risnjaka (Horvat 1962).

Na Risnjaku raste tudi specifična združba praproti (*Asplenium fissii*), na pobočjih orientiranih proti morju pa rastejo *Asplenio-Cotyledonetum* in druge vrste sukulentov. V senčnih gozdnih območjih rastejo mahovi in sencoljubne rastline (*Moehringion muscosae*) (Horvat 1962). Na Risnjaku raste i posebna zajednica paprati (Asplenium fissii), a na padinama okrenutima prema moru rastu Asplenio-Cotyledonetum i druge vrste sukulenata. U sjenovitim šumskim područjima rastu mahovine i biljke koje vole sjenu (Moehringion muscosae) (Horvat 1962).

V Narodnem parku Risnjak raste posebna rastlinska združba, ki uspeva v razpokah apnenčastih in dolomitnih kamnin. Ta rastlinska združba ni zelo razvita zaradi lege območja in omejene razpoložljivosti primernih skalnih površin. V tej vegetaciji prevladujejo različne vrste praproti, trav in mahov, ki se prilagajajo življenju v senčnih ali sončnih razpokah. Na Risnjaku najdemo predvsem dve glavni rastlinski združbi:
- Ena raste v senčnih in vlažnih razpokah, kjer so pogoste vrste, kot je praprot *Asplenium trichomanes* in druge podobne vrste.
- Druga uspeva na bolj sončnih in izpostavljenih skalah, z značilnimi rastlinami, kot so *Silene hayekiana*, *Campanula caespitosa* in gorska rastlina *Leontopodium alpinum* (gorski zvonček). U Nacionalnom parku Risnjak nalazi se posebna biljna zajednica koja uspijeva u pukotinama vapnenačkih i dolomitnih stijena. Ta zajednica nije jako razvijena zbog položaja područja i ograničene dostupnosti pogodnih stijenskih površina. U toj vegetaciji prevladavaju različite vrste paprati, trava i mahovina koje su prilagođene životu u sjenovitim ili osunčanim pukotinama. Na Risnjaku se mogu izdvojiti dvije glavne biljne zajednice:
- Jedna raste u sjenovitim i vlažnim pukotinama, gdje su česte vrste poput paprati *Asplenium trichomanes* i druge slične vrste.
- Druga uspijeva na osunčanijim i izloženijim stijenama, s karakterističnim biljkama kao što su *Silene hayekiana, Campanula caespitosa* i planinska biljka *Leontopodium alpinum* (runolist).

Te rastlinske združbe so pomembne, ker kažejo edinstvene značilnosti gorske vegetacije Risnjaka in so del zaščitene narave parka. Raziskave teh združb pomagajo razumeti, kako se narava razvija brez človekovega vpliva (Horvat 1962).
Ove biljne zajednice važne su jer pokazuju jedinstvena obilježja planinske vegetacije Risnjaka i dio su zaštićene prirode parka. Istraživanja tih zajednica pomažu u razumijevanju razvoja prirode bez čovjekova utjecaja (Horvat 1962).

Na severnih pobočjih Risnjaka raste posebna rastlinska združba, ki uspeva na vlažnih dolomitnih kamninah. Ta združba ni zelo razširjena, vendar jo je jasno prepoznati po značilnih rastlinah, kot so rjavi šaš (*Carex brachystachys*), baldrijan (*Valeriana dongoa*) in *Bellidiastrum michelii*. Poleg njih so prisotne tudi druge rastline in mahovi, prilagojeni temu hladnemu in vlažnemu gorskemu okolju (Horvat 1962). Apnenčasta melišča so redka, največja pod Jelencem, z redko vegetacijo. Na blokih pod stenami raste le praprot *Dryopteris villarsii*. Pogosta je tudi rastlina *Petasites paradoxus* (repinec) z vrstami *Rumex scutatus*, *Ligusticum seguieri*, *Bupleurum salicifolium* in *Scrophularia laciniata*. V vrtačah raste plazeča vrba (*Salix retusa*) z redkimi gorskimi rastlinami (*Carex capillaris*, *Arabis scopoliana*, *Heliosperma pusillum*...) (Horvat 1962). Na sjevernim padinama Risnjaka raste posebna biljna zajednica koja uspijeva na vlažnim dolomitnim stijenama. Ta zajednica nije jako rasprostranjena, ali se jasno prepoznaje po karakterističnim biljkama kao što su smeđi šaš (Carex brachystachys), odoljen (*Valeriana dongoa*) i *Bellidiastrum michelii*. Osim njih prisutne su i druge biljke i mahovine prilagođene hladnom i vlažnom planinskom okolišu (Horvat 1962).
Vapnenačka točila su rijetka, a najveća se nalaze pod Jelencem, s rijetkom vegetacijom. Na blokovima ispod stijena raste samo paprat *Dryopteris villarsii*. Česta je i biljka *Petasites paradoxus* (repuh), uz vrste *Rumex scutatus, Ligusticum seguieri, Bupleurum salicifolium i Scrophularia laciniata*. U ponikvama raste puzava vrba (Salix retusa) s rijetkim planinskim biljkama (*Carex capillaris, Arabis scopoliana, Heliosperma pusillum*…) (Horvat 1962).

Narodni park Risnjak se nahaja v Gorskem kotarju, kjer so značilne gorske travniške združbe, zlasti na apnenčastih tleh. Ena glavnih travniških združb na tem območju je *Bromo-Plantaginetum*, ki uspeva na srednje suhih, apnenčastih tleh v višjih legah. Ta združba vključuje pomembne rastline, kot so *Bromus erectus*, *Plantago media*, *Koeleria pyramidata* in *Gentiana ciliata*. V parku se pojavljajo različne podasociacije te združbe, ki se razlikujejo glede na vlažnost tal in osončenost. Na bolj suhih in izpostavljenih mestih prevladuje suha podasociacija, medtem ko na bolj vlažnih in senčnih legah najdemo bolj vlažno podasociacijo. Poleg tega na Risnjaku rastejo tudi travniške združbe iz združbe *Molinio-Gladioletum*, prilagojene bolj vlažnim tlem, ki najpogosteje naseljujejo ozke jarke in dno manjših dolin. Na strmih apnenčastih stenah in skalnatih policah so tudi združbe, kot je *Seslerietum kalnikensis*, ki so značilne za senčna in strma gorska območja (Horvat 1962). Nacionalni park Risnjak nalazi se u Gorskom kotaru, gdje su karakteristične planinske livadne zajednice, osobito na vapnenačkim tlima. Jedna od glavnih livadnih zajednica na tom području je *Bromo-Plantaginetum*, koja uspijeva na umjereno suhim, vapnenačkim tlima na višim nadmorskim visinama. Ta zajednica uključuje važne biljke poput *Bromus erectus, Plantago media, Koeleria pyramidata i Gentiana ciliata*. U parku se pojavljuju različite podasocijacije ove zajednice, koje se razlikuju prema vlažnosti tla i osunčanosti. Na sušim i izloženijim mjestima prevladava suha podasocijacija, dok se na vlažnijim i sjenovitijim položajima javlja vlažnija podasocijacija. Osim toga, na Risnjaku rastu i livadne zajednice iz skupine *Molinio-Gladioletum*, prilagođene vlažnijim tlima, koje najčešće naseljavaju uske jaruge i dna manjih dolina. Na strmim vapnenačkim stijenama i stjenovitim policama prisutne su i zajednice poput *Seslerietum kalnikensis*, karakteristične za sjenovita i strma planinska područja (Horvat 1962).

Ena najpomembnejših združb je *Danthonio-Scorzoneretum*, ki zaseda večje površine znotraj parka. To travišče je značilno za rahlo bazična in nevtralna tla ter vsebuje vrste, kot so *Danthonia calycina*, *Lathyrus pannonicus* in *Euphorbia vernicosa*. Ta združba ima tudi gospodarsko vrednost, saj zagotavlja visokokakovostno seno. Na območjih, kjer so bila nekoč kmetijska zemljišča, se razvija združba *Pseudovino-Poetum bulbosae*. Raste na tleh, ki jih je spremenila človekova dejavnost, na primer na zapuščenih vinogradih. Pomembna vrsta je trava *Poa bulbosa*, ki spomladi prekrije tla z gosto zeleno preprogo. V višjih in hladnejših delih Risnjaka pogosto najdemo travo *Brachypodium pinnatum*, ki se po sečnji ali požaru hitro širi. Ta trava lahko včasih nadomesti druge travne združbe in tvori heterogene travnike. V toplejših območjih, zlasti na zapuščenih kmetijskih zemljiščih, se pojavlja tudi *Andropogon ischaemum*, ki tvori manjše skupine trav. Sčasoma se te lahko spremenijo v druge travne združbe (Horvat 1962). Jedna od najvažnijih zajednica je *Danthonio-Scorzoneretum*, koja zauzima veće površine unutar parka. Ovaj travnjak karakterističan je za blago bazična i neutralna tla te sadrži vrste poput *Danthonia calycina, Lathyrus pannonicus i Euphorbia vernicosa*. Zajednica ima i gospodarsku vrijednost jer osigurava visokokvalitetno sijeno. Na područjima gdje su se nekad nalazila poljoprivredna zemljišta razvija se zajednica *Pseudovino-Poetum bulbosae*. Raste na tlima izmijenjenima ljudskom djelatnošću, primjerice na napuštenim vinogradima. Važna vrsta je trava *Poa bulbosa*, koja u proljeće prekriva tlo gustom zelenom prostirkom. U višim i hladnijim dijelovima Risnjaka često se pojavljuje trava *Brachypodium pinnatum*, koja se nakon sječe ili požara brzo širi. Ta trava ponekad može zamijeniti druge travnjačke zajednice i tvoriti heterogene travnjake. U toplijim područjima, osobito na napuštenim poljoprivrednim zemljištima, javlja se i *Andropogon ischaemum*, koji tvori manje skupine trava. S vremenom se one mogu razviti u druge travnjačke zajednice (Horvat 1962).

V narodnem parku Risnjak se nahaja posebna rastlinska združba *Caricetum firmae croaticum*, ki uspeva na najhladnejših mestih. Ta združba je podobna alpskim, vendar vsebuje tudi številne rastline, značilne za ilirsko območje. Raste na različnih legah – od nekoliko bolj položnih pobočij do izpostavljenih skalnatih grebenov. Obstaja tudi združba *Carex laevis – Helianthemum alpestre*, ki uspeva na toplejših južnih in jugozahodnih pobočjih. Rastline v tej združbi so prilagojene močnemu vetru in plitvim kamnitim tlom. Poleg tega se zelo redka rastlina *Carex rupestris* nahaja le na enem majhnem območju (Horvat 1962). Na zavetrnih skalnatih pobočjih rastejo rastlinske združbe z vrsto *Festuca pungens*, ki kaže na subalpsko podnebje. Poleg nje so prisotne tudi združbe z vrstama *Carex sempervirens* in *Sesleria tenuifolia*. Te rastline so prilagojene vetrovnim, apnenčastim habitatom Risnjaka (Horvat 1962). U Nacionalnom parku Risnjak nalazi se posebna biljna zajednica *Caricetum firmae croaticum*, koja uspijeva na najhladnijim staništima. Ta je zajednica slična alpskima, ali sadrži i brojne biljke

karakteristične za ilirsko područje. Raste na različitim položajima – od blago nagnutih padina do izloženih stjenovitih grebena. Postoji i zajednica *Carex laevis – Helianthemum alpestre*, koja uspijeva na toplijim južnim i jugozapadnim padinama. Biljke u toj zajednici prilagođene su jakom vjetru i plitkim kamenitim tlima. Osim toga, vrlo rijetka biljka Carex rupestris nalazi se samo na jednom malom području (Horvat 1962). Na zavjetrinskim stjenovitim padinama rastu biljne zajednice s vrstom *Festuca pungens*, koje upućuju na subalpsku klimu. Uz nju su prisutne i zajednice s vrstama *Carex sempervirens* i *Sesleria tenuifolia*. Te su biljke prilagođene vjetrovitim, vapnenačkim staništima Risnjaka (Horvat 1962).

Uspevajo tudi posebne rastlinske združbe, prilagojene vlažnim, zavetnim in zasneženim mestom na apnenčastih podlagah. Pomembna združba je *Calamagrostis-Centaurea*, ki raste med ruševjem na območjih, kjer se sneg zadržuje dlje časa in preprečuje rast drugih rastlin. Druga pomembna združba je *Hypericum-Carex ferruginea*, ki uspeva na strmih in zavetrnih pobočjih, tudi na mestih z dolgotrajnim snegom. Prisotnost teh združb kaže na subalpsko podnebje v parku in povezuje rastline Risnjaka z alpsko floro. Prisotna so tudi manjša območja značilnih vegetacijskih združb, kot so *adenostyles* (lepeni) in subalpske skupine trav, ki rastejo na višjih terasah s specifičnimi tlemi in razmerami (Horvat 1962). Uspijevaju i posebne biljne zajednice prilagođene vlažnim, zaklonjenim i snijegom prekrivenim mjestima na vapnenačkoj podlozi. Važna je zajednica *Calamagrostis-Centaurea*, koja raste među klekovinom na područjima gdje se snijeg zadržava dulje vrijeme i sprječava rast drugih biljaka. Druga važna zajednica je *Hypericum-Carex ferruginea*, koja uspijeva na strmim i zaklonjenim padinama, uključujući mjesta s dugotrajnim snježnim pokrivačem. Prisutnost tih zajednica upućuje na subalpsku klimu u parku i povezuje floru Risnjaka s alpskom florom. Prisutna su i manja područja karakterističnih vegetacijskih zajednica, poput adenostila (lepenja) i subalpskih skupina trava, koje rastu na višim terasama sa specifičnim tlima i uvjetima (Horvat 1962).

V najvišjem gorskem pasu rastejo značilni sestoji ruševje (*Pinetum mughii croaticum*), ki pokriva vrhove, grebene in celo globoke vrtače, kot sta Viljska ponikva in Ceclje. Zanj so značilne vrste, kot so brin (*Pinus mugo*), gorski rododendron (*Rhododendron hirsutum*), brusnica (*Vaccinium vitis-idaea*) in številne druge gorske vrste grmovnih in zelnatih rastlin. Narodni park Risnjak je značilen po gozdovih, ki rastejo na kislih, humusnih in plitvih tleh nad apnencem. Glavna drevesna vrsta tukaj je smreka (*Picea excelsa*), ki uspeva zaradi hladnejših in vlažnejših razmer. Rastlinstvo je bogato z acidofilnimi rastlinami, prilagojenimi kislim tlem. Med značilnimi rastlinami so *Listera cordata*, *Pirola litijflora* ter različni mahovi in priraslike. Razširjeni so tudi značilni jelovi gozdovi, ki uspevajo na velikih apnenčastih kamnitih blokih. Ti gozdovi so pomembni, ker preprečujejo erozijo tal in ustvarjajo posebno okolje za rast različnih rastlin. Jelke v tem parku rastejo počasi, s čvrstim in močnim lesom (Horvat 1962). U najvišem planinskom pojasu rastu karakteristične sastojine klekovine (*Pinetum mughii croaticum*), koje prekrivaju vrhove, grebene pa čak i duboke ponikve poput Viljske ponikve i Ceclja. Za njih su karakteristične vrste poput kleka (*Pinus mugo*), planinskog rododendrona (*Rhododendron hirsutum*), brusnice (*Vaccinium vitis-idaea*) i mnogih drugih planinskih grmolikih i zeljastih biljaka. Nacionalni park Risnjak prepoznatljiv je po šumama koje rastu na kiselim, humusnim i plitkim tlima iznad vapnenca. Glavna drvenasta vrsta je smreka (*Picea excelsa*), koja uspijeva zahvaljujući hladnijim i vlažnijim uvjetima. Vegetacija je bogata acidofilnim biljkama prilagođenima kiselim tlima. Među karakterističnim vrstama su Listera cordata, Pirola litijflora te razne mahovine i lišajevi. Raširene su i karakteristične jelove šume koje uspijevaju na velikim vapnenačkim kamenim blokovima. Te su šume važne jer sprječavaju eroziju tla i stvaraju posebno stanište za razvoj različitih biljaka. Jele u ovom parku rastu sporo, s čvrstim i kvalitetnim drvom (Horvat 1962).

Na Risnjaku prevladujejo acidofilni bukovi gozdovi iz razreda *Quercetea robori-petraeae*, zlasti združba *Blechno-Fagetum*, na globokih, spranih, kislih tleh nad apnencem in dolomitom. Ti gozdovi so čiste bukove združbe brez grmičaste plasti, bogate z zeliščnimi rastlinami in mahovi, kot so borovnica, jelenov jezik in resje. V višjih legah se bukev meša s smreko in jelko, nižje pa se lahko pojavita graden in kostanj. Na suhih, skalnatih pobočjih rastejo tudi združbe črnega gabra in jesena z resjem (*Erico-Ostryetum*), na plitvih rendzinastih tleh. Na Risnjaku prevladavaju acidofilne bukove šume razreda *Quercetea robori-petraeae*, osobito zajednica *Blechno-Fagetum*, na dubokim, ispranim i kiselim tlima iznad vapnenca i dolomita. To su čiste bukove sastojine bez grmolikog sloja, bogate zeljastim biljkama

i mahovinama, poput borovnice, jelenova jezika i vrištine. Na višim položajima bukva se miješa sa smrekom i jelom, dok se niže mogu pojaviti hrast kitnjak i pitomi kesten. Na suhim, kamenitim padinama rastu i zajednice crnog graba i jasena s vrištinom (*Erico-Ostryetum*), na plitkim rendzinskim tlima.
Na hranljivih, nevtralnih do zmerno kislih tleh prevladujejo bukovi gozdovi iz razreda *Querco-Fagetea*, ki so zelo produktivni in bogati z vrstami. V nižjih in srednjih pasovih so prisotni termofilni hrastovi gozdovi (*Quercetalia pubescentis*), omejeni na toplejša in sušnejša območja z združbami črnega gabra in jesena z resjem. V višjih legah bukev tvori mešane gozdove s smreko in gabrom.
Na hranjivim, neutralnim do umjereno kiselim tlima prevladavaju bukove šume razreda *Querco-Fagetea*, koje su vrlo produktivne i bogate vrstama. U nižim i srednjim pojasevima prisutne su termofilne hrastove šume reda *Quercetalia pubescentis*, ograničene na toplija i sušnija područja sa zajednicama crnog graba i jasena s vrištinom. Na višim položajima bukva tvori mješovite šume sa smrekom i grabom.

Gozdovi skupine *Ostryo-Carpinion orientalis*, v katerih prevladuje beli gaber, se nahajajo v nižjih in srednjih delih, pogosto z jesenom, makedonskim hrastom in pistacijo. Segajo od gostih sestojev do nizkih grmovnic, medtem ko se na suhem in izpostavljenem terenu pojavlja bodičasta robida. Črni gaber, ki je bolj odporen, se pojavlja na višjih legah in pomaga pri obnavljanju gozdov. Gozdovi črnega gabra (*Ostrya carpinifolia*) se nahajajo od 400 do 950 metrov nadmorske višine, predstavljajo naravno povezavo med sredozemskim in celinskim rastlinjem in so zaradi mikroklimatskih razmer zelo raznoliki. Degradacija gozdov črnega gabra se kaže v pojavu grmovnic, kot so *Paliurus spina-christi*, borovnice, trn in druge vrste, ter grmovni sestoji z rožmarinom in kalino. Šume skupine *Ostryo-Carpinion orientalis*, u kojima prevladava bijeli grab, nalaze se u nižim i srednjim dijelovima, često zajedno s jasenom, makedonskim hrastom i pistacijom. Protežu se od gustih sastojina do niskih grmolikih oblika, dok se na suhim i izloženim terenima pojavljuje bodljikava kupina. Crni grab, otpornija vrsta, javlja se na višim položajima i pomaže u obnovi šuma. Šume crnog graba (*Ostrya carpinifolia*) nalaze se na nadmorskim visinama od 400 do 950 metara, predstavljaju prirodnu poveznicu između mediteranske i kontinentalne vegetacije te su zbog mikroklimatskih uvjeta vrlo raznolike.
Degradacija šuma crnog graba očituje se pojavom grmlja poput *Paliurus spina-christi*, borovice, trnjine i drugih vrsta, kao i grmolikih sastojina s ružmarinom i kalinom.

V narodnem parku Risnjak prevladujejo bukovi gozdovi reda *Fagetalia* (mezofilni do zmerno suhi), mešani hrastovo-gabrovi gozdovi reda *Querco-Carpinetalia* v nižjih predelih ter iglasti in mešani gozdovi reda *Luzulo-Fagetalia* v višjih predelih. Pas subalpskega bukovega gozda se nahaja nad mejo jelovih gozdov, kjer se bukev zmanjšuje v višini in gostoti ter prehaja v ruševje. Na dolomitnih tleh se pojavlja bogata populacija črnega teloha, na apnenčastih tleh pa zelene čemarnice, kar prispeva k floristični raznolikosti.
Prisotni so tudi manjši sestoji javorjevih in jesenovih gozdov z vrstami, kot so bezeg, vijolična praprot in podobno, predvsem v severnih delih masiva. U Nacionalnom parku Risnjak prevladavaju bukove šume reda Fagetalia (mezofilne do umjereno suhe), mješovite hrastovo-grabove šume reda *Querco-Carpinetalia* u nižim dijelovima te crnogorične i mješovite šume reda *Luzulo-Fagetalia* u višim dijelovima. Pojas subalpske bukove šume nalazi se iznad granice jelovih šuma, gdje se bukva smanjuje u visini i gustoći te prelazi u klekovinu. Na dolomitnim tlima javlja se bogata populacija crnog kukurijeka, dok su na vapnenačkim tlima prisutne zelene čemerike, što doprinosi floristočkoj raznolikosti.
Prisutne su i manje sastojine javorovih i jasenovih šuma s vrstama poput bazge, ljubičaste paprati i sličnih biljaka, ponajprije u sjevernim dijelovima masiva.

Fragmenti poplavnih gozdov iz reda *Populetalia albae* so predstavljeni z vlažnimi gozdovi jelše in črne jelše (*Alno-Quercion roboris*) ob gorskih potokih z vrstami, kot so črna in siva jelša, poljski jesen in hrast. Te gozdne združbe so redke zaradi omejenih habitatov in preureditve v pašnike. Poplavni jesenovi gozdovi in združbe bele vrbe ob reki Kolpi dodatno bogatijo naravno dediščino parka. (Horvat 1962).

Fragmenti poplavnih šuma reda *Populetalia albae* zastupljeni su vlažnim šumama johe i crne johe (*Alno-Quercion roboris*) uz planinske potoke, s vrstama poput crne i sive johe, poljskog jasena i hrasta. Te šumske zajednice rijetke su zbog ograničenih staništa i pretvaranja u pašnjake. Poplavne jasenove šume i zajednice bijele vrbe uz rijeku Kupu dodatno obogaćuju prirodnu baštinu parka (Horvat 1962).

5 OBRAVNAVANA MRAZIŠČA IN PROCES ZARAŠČANJA / RAZMATRANA MRAZIŠTA I PROCES ZARAŠTAVANJA

5.1 Smrekova draga in Velika kolobarnica/ Smrekova draga in Velika kolobarnica

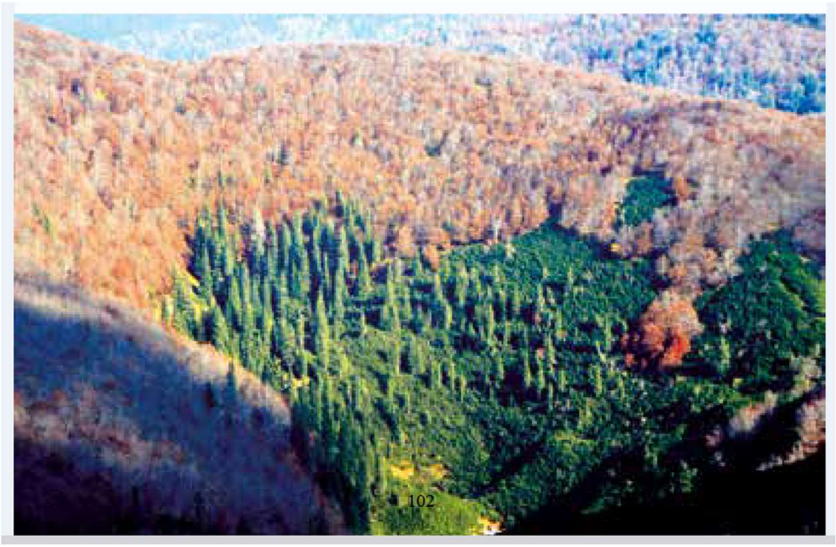
V Smrekovi Dragi na severni strani Snežnika se pojavljajo subalpinsko bukovje, subalpinsko smrekovje (*Lonicero caeruleae-Piceetum*) ter ruševje, ki raste v najnižjem delu (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). Prevladuje tudi *Schoenoplectus nigricans*, vendar biljkosociološki značaj še ni bil raziskovan. (Horvat, 1962, str. 84)

V Veliki kolobarnici pod Snežnikom se višinski pasovi zamenjajo – ruševje se pojavlja tako nad kot pod pasom subalpinskega bukovja (*Polysticho lonchitis-Fagetum*) (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). U Smrekovoj dragi, na sjevernoj strani Snežnika, pojavljuju se subalpske bukove šume, subalpske smrekove šume (*Lonicero caeruleae-Piceetum*) te klekovina, koja raste u najnižem dijelu (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016). Prevladava i vrsta *Schoenoplectus nigricans*, no fitocenološki karakter još nije istražen (Horvat 1962, str. 84).

U Velikoj kolobarnici ispod Snežnika dolazi do obrata visinskih pojaseva – klekovina se pojavljuje i iznad i ispod pojasa subalpske bukove šume (*Polysticho lonchitis-Fagetum*) (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).



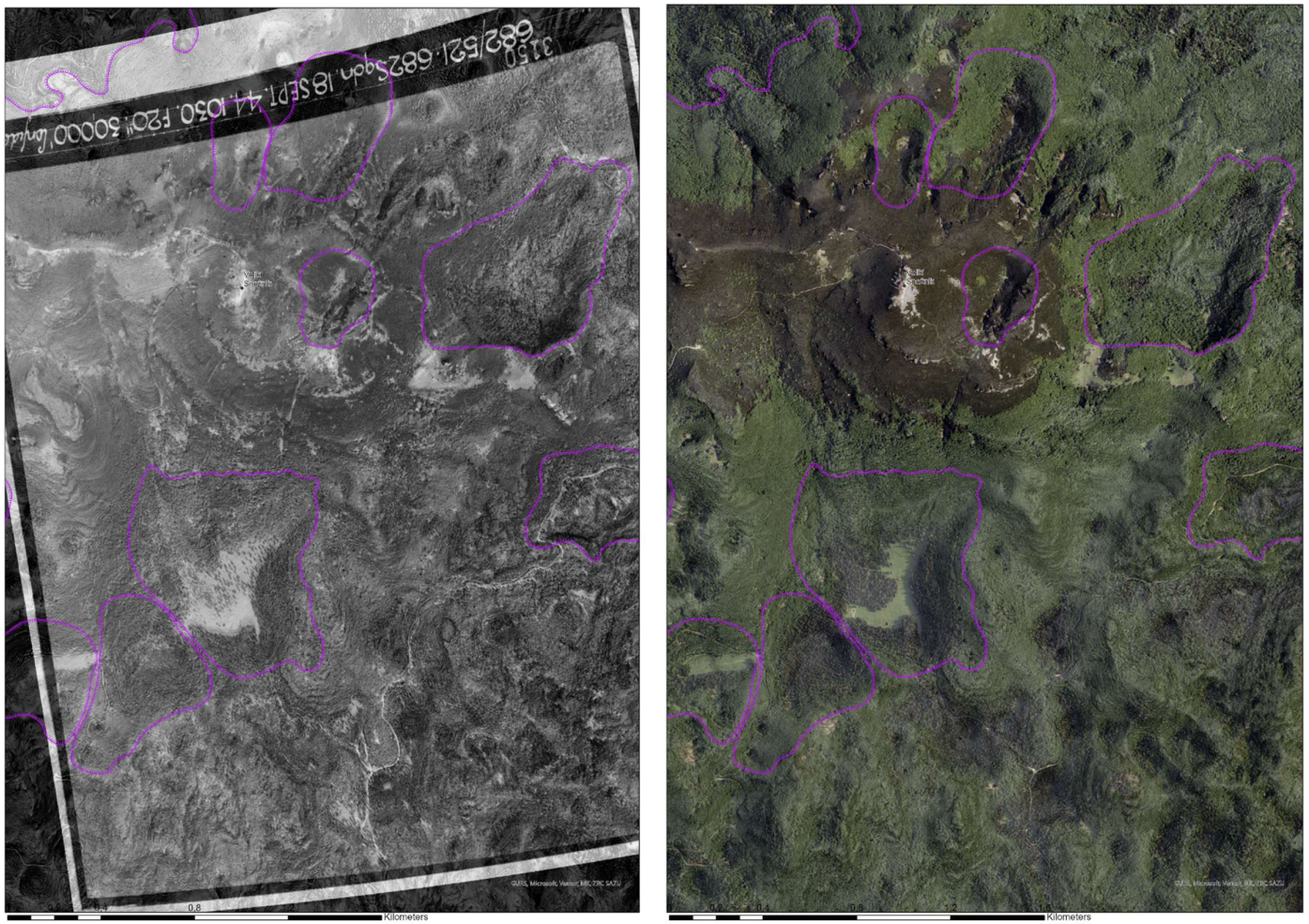
Slika 27: Smrekova Draga na severni strani Snežnika (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016)./ Smrekova draga na sjevernoj strani Snežnika (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).



Slika 28: Jesenska podoba Smrekove Drage (Dakskobler, Kutnar in Rozman 2016). / Jesenski izgled Smrekove drage (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).

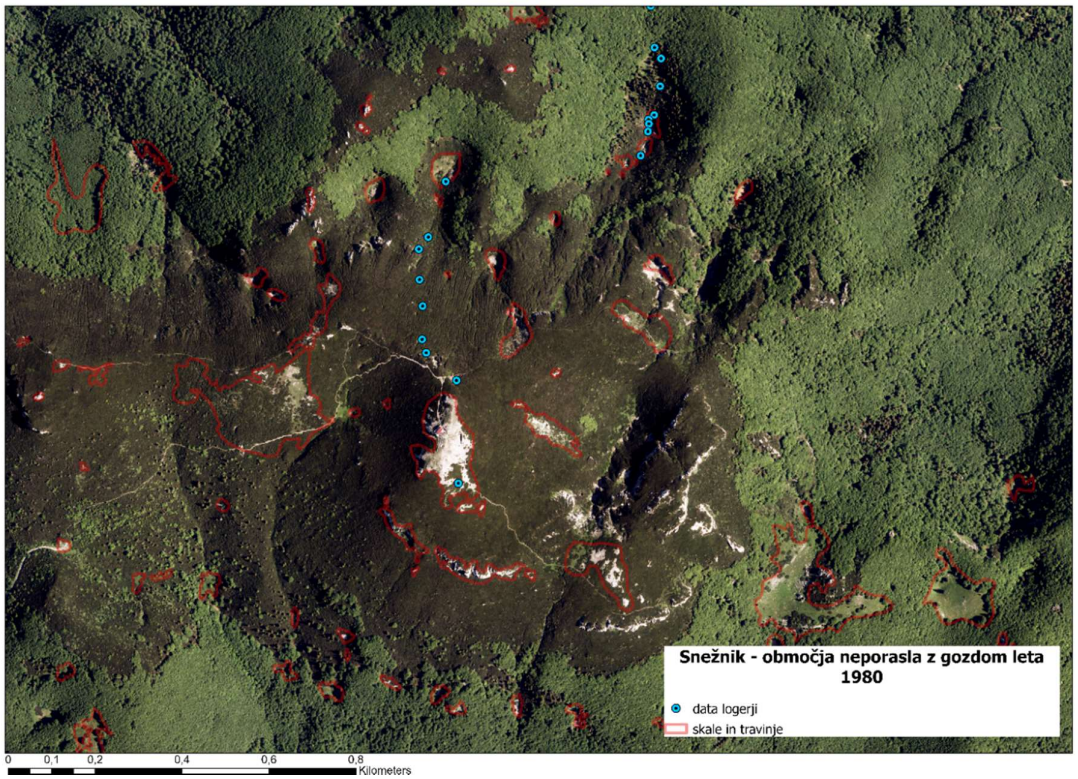


Slika 29: Obrat višinskih pasov v Veliki Kolobarnici pod Snežnikom (Dakskobler, Kunar in Rozman 2016)./*Obrat visinskih pojaseva u Velikoj kolobarnici ispod Snežnika (Dakskobler, Kutnar i Rozman 2016).*

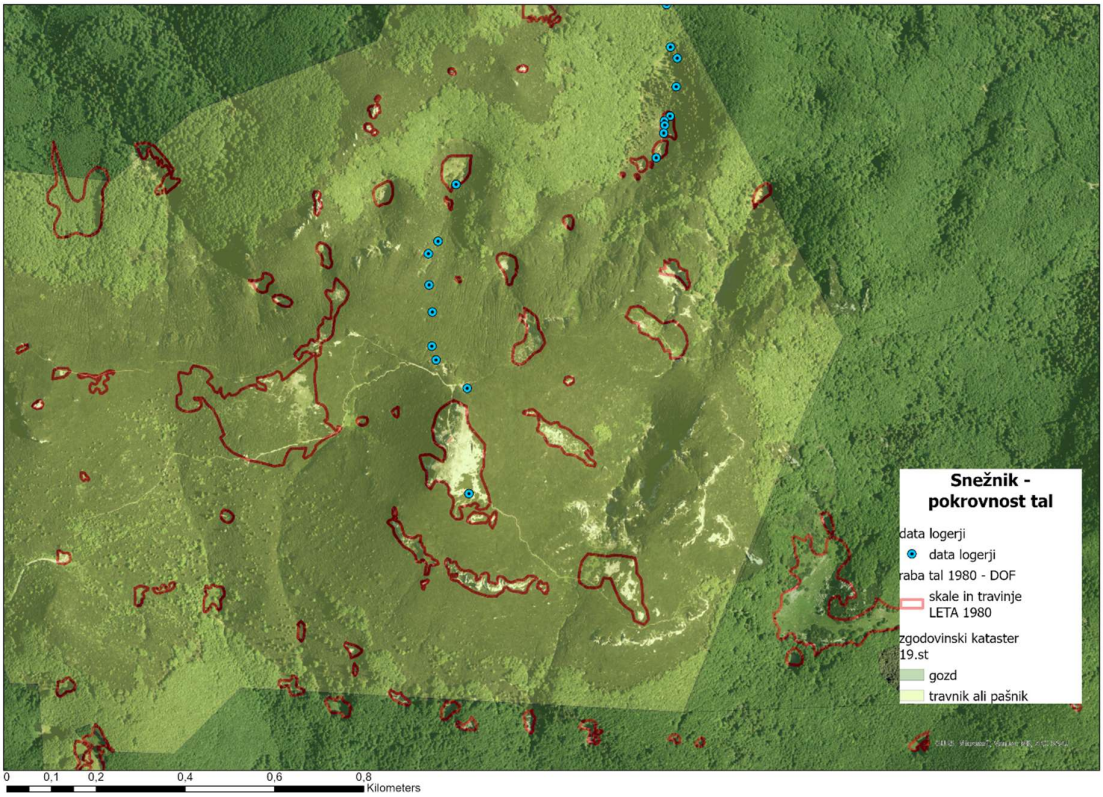


Slika 30: Letalski posnetek ovršja Snežnika iz leta 1944 (levo) in leta 2024 (desno). Z vijoličastimi poligoni so predstavljena mrazišča v kontah, kjer je viden proces zgoščevanja in pomikanja gozda proti dnu, predvsem smreke. Smrekova draga in Velika kolobarnica sta na posnetku iz leta 1944 prikazani le delno, čisto na vrhu posnetka./ Zračni snimak vršnog dijela Snežnika iz 1944. godine

(lijevo) i 2024. godine (desno). Ljubičastim poligonima prikazana su mrazišta u udolinama, gdje je vidljiv proces zgušnjavanja i pomicanja šume prema dnu, ponajprije smreke. Smrekova draga i Velika kolobarnica na snimci iz 1944. prikazane su samo djelomično, na samom vrhu snimke.



Slika 31: Na letalskem posnetku iz leta 2024 so prikazana z gozdom neporasla območja, in sicer območja travišč in glih skal, kot smo jih določili na letalskih posnetkih iz leta 1980 (rdeči poligoni)./ Na zračnom snimku iz 2024. prikazana su područja bez šumskog pokrova, odnosno travnjaci i gole stijene, kako su određeni na zračnim snimkama iz 1980. godine (crveni poligoni).



Slika 32: V prvi polovici 19. stoletja je bil ovršni del Snežnika namenjen travnikom ali pašnikom, kar smo določili na osnovi Franciscejskega katastra. Za primerjavo so prikazana tudi območja travinja in skal v letu 1980 (rdeči poligoni). Prikazane so

tudi lokacije data logerjev iz vrha Snežnika v dno Velike kolobarnice in v Smrekovi dragi./ U prvoj polovici 19. stoljeća vršni dio Snežnika bio je namijenjen livadama ili pašnjacima, što je utvrđeno na temelju Franjevačkog katastra. Radi usporedbe prikazana su i područja travnjaka i stijena iz 1980. godine (crveni poligoni). Prikazane su i lokacije data-loggera od vrha Snežnika do dna Velike kolobarnice i Smrekove drage.

5.2 Kosmata dolina in Stanišče/ Kosmata dolina i Stanišče

Kosmata dolina leži v subalpinskem mrazišču znotraj gozdnega rezervata Zatreb-Planinc. Med 18. in 22. oktobrom 1993 je tam po daljšem obdobju močnejših padavin in lokalnih južnih vetrov prišlo do vetroloma. V tem dogodku je bilo podrtih približno 400 m³ smreke na dveh površinah. Leta 1994 so sanirali le del posledic (201 m³ dreves). Del površine so pustili nesanirane zaradi dolge spravilne razdalje, visokih stroškov in da bi zaščitili bližnji izvir vode pred morebitnimi negativnimi vplivi spravila (Gorup 2014).

Na območju prevladujeta navadna smreka in jelka, podstojno plast sestavljajo gorski javor, jerebika in bukev. Smreka se prilagaja mraziščnim razmeram s stožčasto krošnjo, plitvimi koreninami in dvojno vrhovnostjo zaradi pozeb. Jerebika kot pionirska vrsta utrjuje tla, preprečuje erozijo in je pomembna za divjad. Kosmata dolina nalazi se u subalpskom mrazištu unutar šumskog rezervata Zatreb-Planinc. Između 18. i 22. listopada 1993., nakon duljeg razdoblja obilnih oborina i lokalnih južnih vjetrova, došlo je do vjetroloma. U tom je događaju srušeno približno 400 m³ smreke na dvije površine. Godine 1994. saniran je samo dio posljedica (201 m³ stabala). Dio površine ostavljen je nesaniran zbog velike udaljenosti privlačenja drva, visokih troškova te radi zaštite obližnjeg izvora vode od mogućih negativnih utjecaja radova (Gorup 2014).

Na području prevladavaju obična smreka i jela, dok podstojnu etažu čine gorski javor, jarebika i bukva. Smreka se prilagođava mrazišnim uvjetima stožastom krošnjom, plitkim korijenjem i dvostrukim vrhovima zbog oštećenja od mraza. Jarebika kao pionirska vrsta učvršćuje tlo, sprječava eroziju i važna je za divljač.

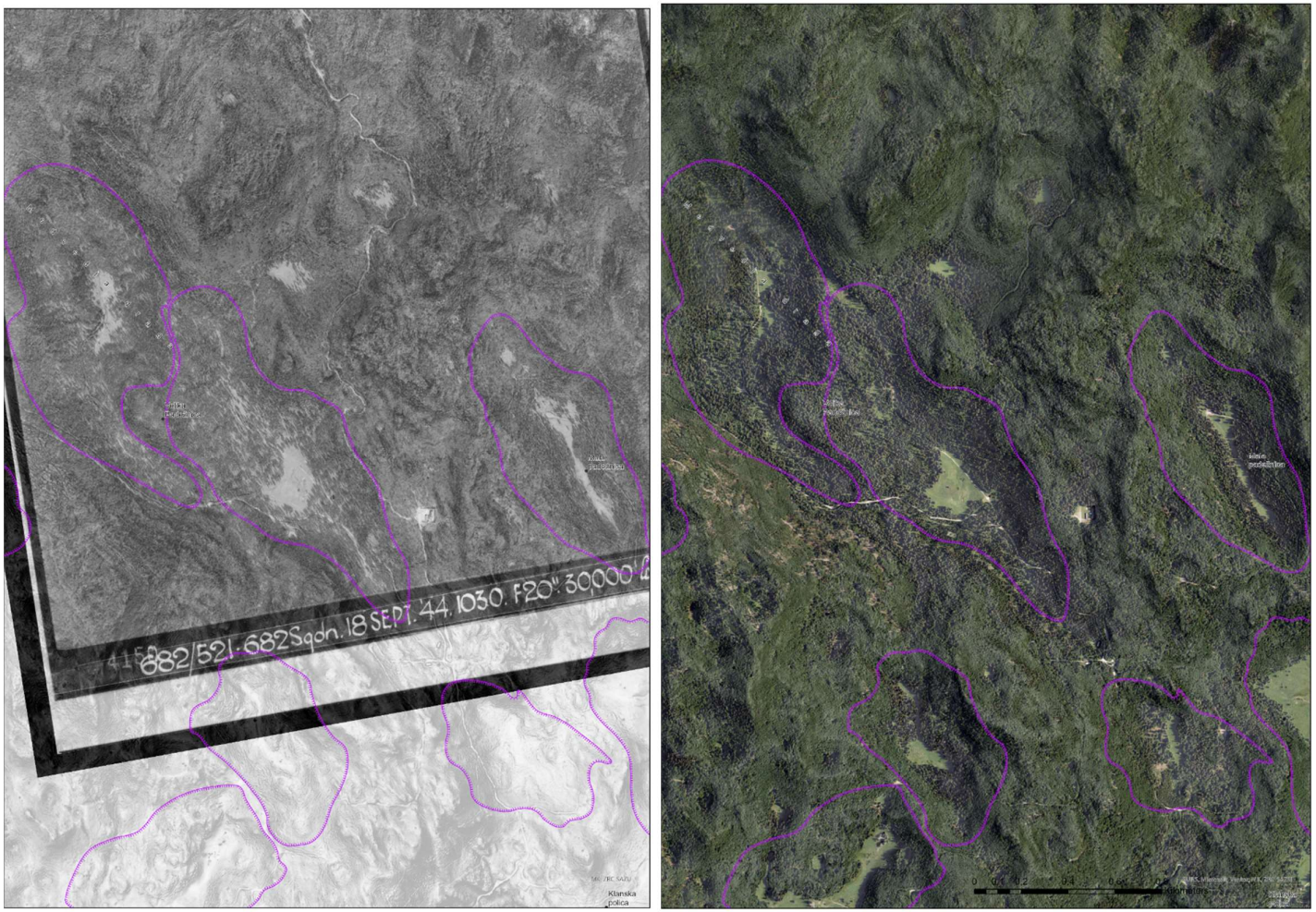
Primerjava pospravljenih (zahodna lega) in nepospravljenih (severovzhodna lega) površin je pokazala:
-večjo gostoto pomladka na pospravljenih ploskvah (3167 osebkov/ha) kot na nepospravljenih (767 osebkov/ha),
-na pospravljenih ploskvah prevladuje smreka, na nepospravljenih bukev, jelka in jerebika,
večja raznolikost vrst na nepospravljenih površinah,
-presenetljivo večja objedenost mladic na nepospravljenih površinah (jerebika kar 100 %).

Poškodovanost mladic je bila večja na pospravljenih ploskvah (krošnje), na nepospravljenih pa tudi debla. Erozijskih procesov niso zaznali, kljub večjim naklonom in kraškemu terenu. Mrazišče ima oteženo naravno pomlajevanje zaradi goste zeliščne in grmovne plasti, kislih tal, nizkih temperatur in kratke vegetacijske dobe. Zaradi varstvenega statusa po Uredbi o varovalnih gozdovih (2005) večji posegi niso dovoljeni, sanacija zaradi podlubnikov pa ni bila potrebna, saj ti tam niso problem. (Gorup 2014). Usporedba saniranih (zapadna ekspozicija) i nesaniranih (sjeveroistočna ekspozicija) površina pokazala je:

- veću gustoću pomlatka na saniranim plohama (3167 jedinki/ha) nego na nesaniranim (767 jedinki/ha),
- na saniranim plohama prevladava smreka, a na nesaniranim bukva, jela i jarebika,
- veću raznolikost vrsta na nesaniranim površinama,
- iznenađujuće veću ogriženost mladica na nesaniranim površinama (jarebika čak 100 %).

Oštećenja mladica bila su veća na saniranim plohama (krošnje), dok su na nesaniranim oštećena i debla. Erozijski procesi nisu zabilježeni, unatoč većim nagibima i krškom terenu. Mrazište ima otežano prirodno pomlađivanje zbog guste zeljaste i grmolike vegetacije, kiselih tala, niskih temperatura i kratke vegetacijske sezone. Zbog zaštitnog statusa prema Uredbi o zaštitnim šumama (2005) veći zahvati nisu dopušteni, a sanacija zbog potkornjaka nije bila potrebna jer oni ondje ne predstavljaju problem (Gorup 2014).

Za ti dve mrazišči nimamo na voljo letalskih posnetkov iz leta 1944, ki bi omogočili predstavitev najstarejšega stanja gozda na tem območju. Pridobili pa smo arhivski posnetek bližnjega območja v okolici Male Padežnice in Velike Padežnice, ki sta na približno enaki nadmorski višini kot Kosmata dolina in Stanišče in ju predstavljamo na sliki 33, kjer je prav tako vidno pomikanje in zgoščevanje dreves smreke proti dnu. Kotanje. Za ova dva mrazišta nisu dostupni zračni snimci iz 1944. godine koji bi omogućili prikaz najstarijeg stanja šume. Međutim, pribavljen je arhivski snimak obližnjeg područja Male i Velike Padežnice, koje se nalaze na približno istoj nadmorskoj visini kao Kosmata dolina i Stanišče. Na slici 33 također je vidljivo pomicanje i zgušnjavanje smrekovih stabala prema dnu udolina.



Slika 33: Letalski posnetek južnega pobočja Snežnika iz leta 1944 (levo) in isto območje leta 2024 (desno). Z vijoličastimi poligoni so predstavljena mrazišča v kontah, kjer je viden proces zgoščevanja in pomikanja gozda proti dnu, predvsem smreke. / Zračni snimak južnog obronka Snežnika iz 1944. godine (lijevo) i istog područja 2024. godine (desno). Ljubičastim poligonima prikazana su mrazišta u udolinama, gdje je vidljiv proces zgušnjavanja i pomicanja šume prema dnu, ponajprije smreke.

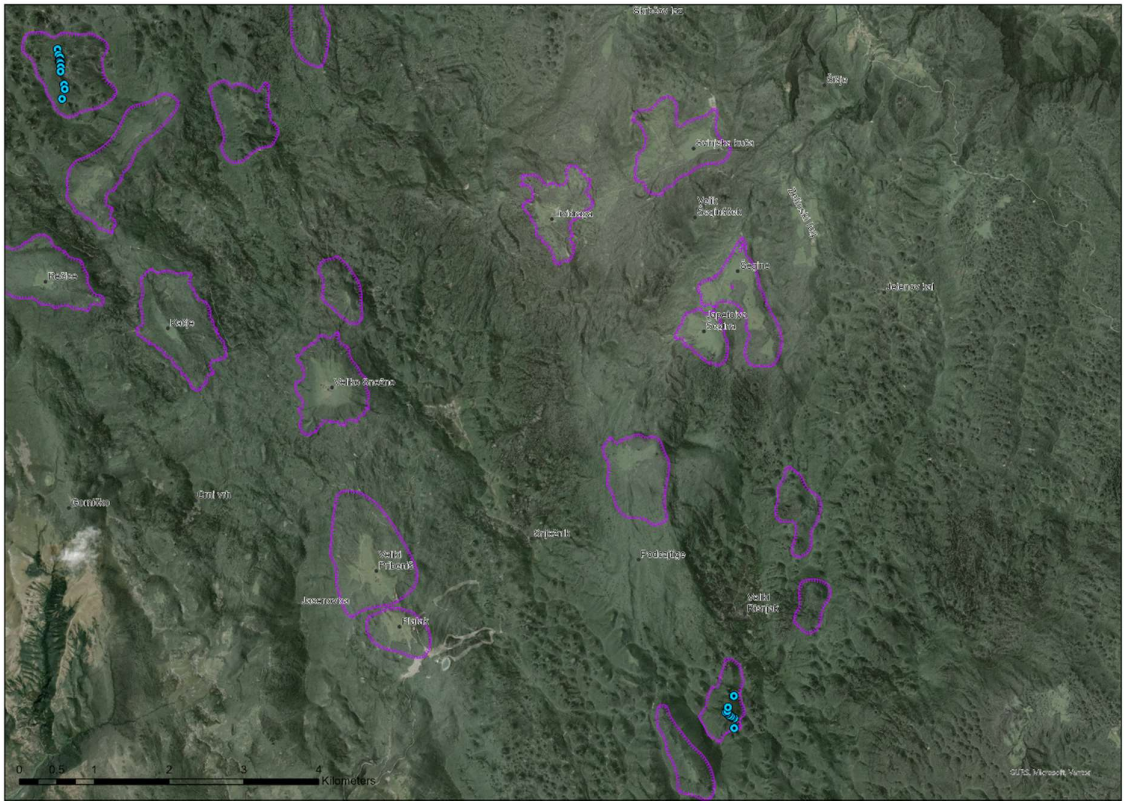
5.3 Ceclje

Ponikva Ceclje, ki leži pod Belimi skalami, je ena najlepših ponikev višjih pasov Gorskega Kotarja. Gre za globoko ponikvo (do 200 m), ki je ohranila reliktno visokogorsko vegetacijo, med drugim *Dryas octopetala*, *Salix retusa*, *Arabis scopoliana* in druge vrste. Vegetacija v Ceclju je prilagojena večji vlagi kot na prostih pobočjih, kar je značilno za ponikve, ki niso preširoke. Predstavlja izrazit primer posebnega morfološkega, klimatskega in vegetacijskega pojava, kjer se prepletajo subalpska združba smreke (*Piceetum croaticum subalpinum*), ruševje bora (*Pinelletum mugi croaticum*), šikara velelisne vrbe (*Salicetum grandifoliae*) in manjše subalpske travnike (*Deschampsietum subalpinum*) (Horvat 1962).
Tu se pojavljajo manjše, razpršene površine subalpske smrekove združbe, ki uspeva v ponikvah z veliko padavinami, dolgo snežno odejo in visoko zračno vlago (Horvat 1962). Ponikva Ceclje, koja se nalazi ispod Bijelih stijena, jedna je od najljepših ponikava viših pojaseva Gorskog kotara. Riječ je o dubokoj ponikvi (do 200 m) koja je očuvala reliktnu visokoplaninsku vegetaciju, među ostalim vrste *Dryas octopetala, Salix retusa, Arabis scopoliana* i druge. Vegetacija u Ceclju prilagođena je većoj vlažnosti nego na otvorenim padinama, što je tipično za ponikve koje nisu preširoke. Predstavlja izražen primjer posebnog morfološkog, klimatskog i vegetacijskog fenomena, gdje se isprepliću subalpska smrekova zajednica (*Piceetum croaticum subalpinum*), klekovina bora (*Pinelletum mugi croaticum*), šikara velelisne vrbe (*Salicetum grandifoliae*) i manji subalpski travnjaci (*Deschampsietum subalpinum*) (Horvat 1962).
Na ovom se području pojavljuju manje, raspršene površine subalpske smrekove zajednice, koja uspijeva u ponikvama s obilnim oborinama, dugotrajnim snježnim pokrivačem i visokom vlagom zraka (Horvat 1962).

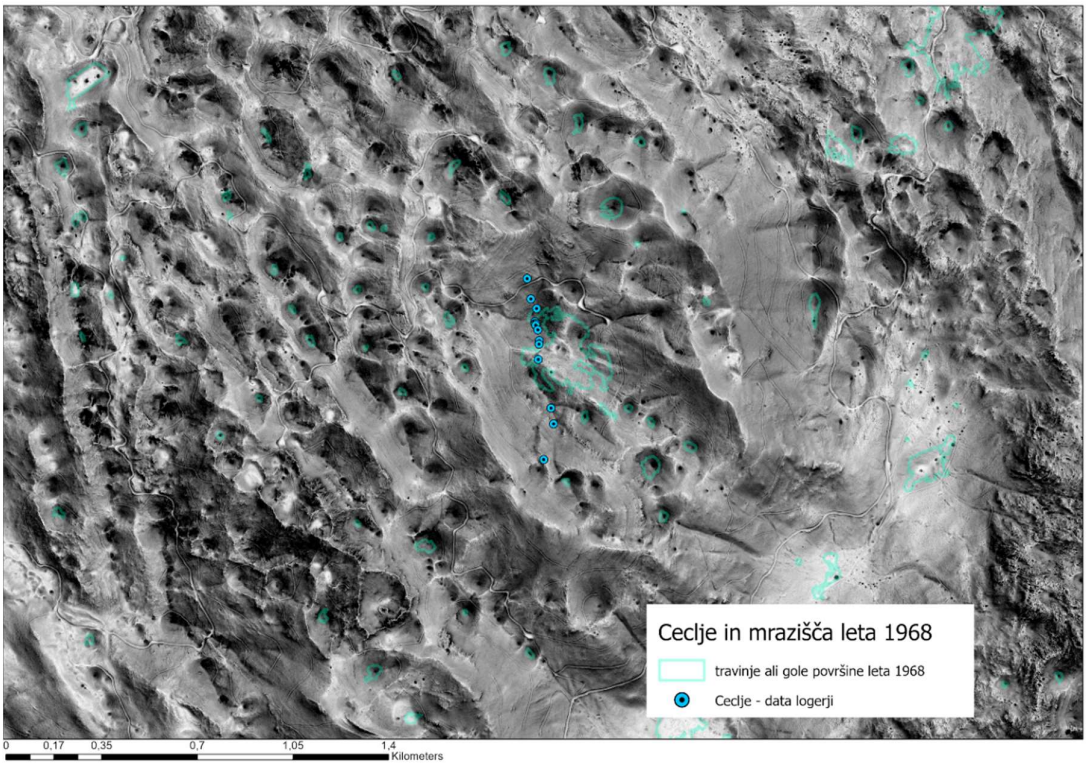
V ponikvi Ceclje se nahajajo fragmenti visokogorske vegetacije, ki je sicer razširjena le v precej višjih dinarskih gorah (npr. *Salix retusa*, *Crepis kerneri*). To območje je eno izmed pomembnih reliktnih nahajališč, ki dokazujejo vpliv pleistocenskih ledenodobnih razmer. Omenjeno je tudi, da so v Ceclju nahajališča visokogorskih vrst, podobno kot v ponikvah pod Obručem in drugod (Horvat 1962).
V dnu ponikve Ceclje, pod velikimi sestoji ruševja, je majhna površina sestoja topolistne vrbe (*Salix retusa*), ki vključuje vrste kot so *Carex capillaris*, *Arabis scopoliana*, *Heliosperma pusillum*, *Polygonum viviparum*, *Poa alpina*, *Parnassia palustris*, *Carex atrata*, *Campanula cochleariifolia ssp. croatica*, *Carex ornithopoda* ... (Horvat 1962). U ponikvi Ceclje nalaze se fragmenti visokoplaninske vegetacije koja je inače rasprostranjena samo u znatno višim dinarskim planinama (npr. *Salix retusa, Crepis kerneri*). Ovo je područje jedno od važnih reliktnih nalazišta koja potvrđuju utjecaj pleistocenskih ledenodobnih uvjeta. Također se navodi da se u Ceclju nalaze staništa visokoplaninskih vrsta, slično kao u ponikvama ispod Obruča i drugdje (Horvat 1962).
Na dnu ponikve Ceclje, ispod velikih sastojina klekovine, nalazi se mala površina sastojine polegnute vrbe (Salix retusa), u kojoj se pojavljuju vrste poput *Carex capillaris, Arabis scopoliana, Heliosperma pusillum, Polygonum viviparum, Poa alpina, Parnassia palustris, Carex atrata, Campanula cochleariifolia ssp. croatica, Carex ornithopoda* i dr. (Horvat 1962).

Ruševje (*Pinetum mughii croaticum*) se spušča v globoke ponikve, kjer dosega višino okoli 1200 m in tudi nižje. Ta združba gradi najvišji planinski pas in ima pomembno vlogo v vegetacijski podobi območja. Zanjo je značilna prevlada *Pinus mugo*, spremljajo pa ga vrste, kot so *Sorbus aucuparia var. glabrata*, *Lonicera borbasiana*, *Sorbus chamaemespilus* in *Ribes alpinum*. Pojavljajo se tudi številne druge vrste: *Salix grandifolia*, *Rosa pendulina*, *Lonicera nigra*, *Daphne mezereum*, *Rhododendron hirsutum*, *Rubus saxatilis*, *Homogyne sylvestris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Erica carnea*, *Juniperus nana*, *Nephrodium dilatatum*, *Laserpitium marginatum*, *Clematis alpina*, *Lycopodium selago*, *Calamagrostis varia*, *Oxalis acetosella*, *Dicranum scoparium*, *Anemone nemorosa*, *Solidago alpestris*…
Pojavlja se v različnih tipih glede na prevladujoče grme in zeli: od suhih in toplih rastišč (*Pinetum mughii juniperetosum*), prek rastišč z globlje razvitimi prstmi (*Pinetum mughii vaccinietosum*), do tipa s prevlado visokih zeli na snežiščih (*Pinetum mughii altimherbosum*), kjer lahko gliva *Herpotrichia nigra* povzroči propad sestojin (Horvat 1962). Klekovina (*Pinetum mughii croaticum*) spušta se u duboke

ponikve, gdje doseže visinu oko 1200 m, pa i niže. Ova zajednica izgrađuje najviši planinski pojas i ima važnu ulogu u vegetacijskoj slici područja. Za nju je karakteristična dominacija vrste *Pinus mugo*, uz prateće vrste kao što su *Sorbus aucuparia var. glabrata, Lonicera borbasiana, Sorbus chamaemespilus* i *Ribes alpinum*. Pojavljuju se i brojne druge vrste: *Salix grandifolia, Rosa pendulina, Lonicera nigra, Daphne mezereum, Rhododendron hirsutum, Rubus saxatilis, Homogyne sylvestris, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Erica carnea, Juniperus nana, Nephrodium dilatatum, Laserpitium marginatum, Clematis alpina, Lycopodium selago, Calamagrostis varia, Oxalis acetosella, Dicranum scoparium, Anemone nemorosa, Solidago alpestris* i dr. Zajednica se pojavljuje u različitim tipovima, ovisno o prevladavajućim grmovima i zeljastim vrstama: od suhih i toplih staništa (*Pinetum mughii juniperetosum*), preko staništa s dublje razvijenim tlima (*Pinetum mughii vaccinietosum*), do tipa s prevladavanjem visokih zeleni na sniježnicama (*Pinetum mughii altimherbosum*), gdje gljiva *Herpotrichia nigra* može uzrokovati propadanje sastojina (Horvat 1962).



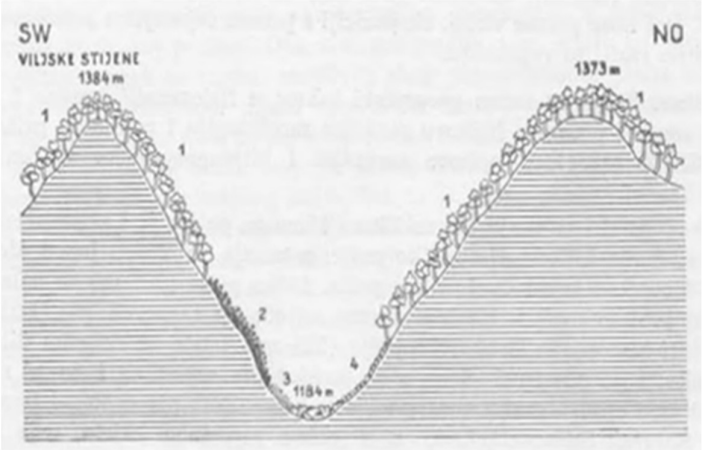
Slika 34: Letalski posnetek ovršja Snežnika iz leta 2024 prikazan v delno prosojnem načinu preko Lidar DMR. Z vijoličastimi poligoni so predstavljena mrazišča v kontah ter data logerji (modre točke) v Viljski ponikvi (desno spodaj) in Cecljah (levo zgoraj)./ Zračni snimak vršnog dijela Snežnika iz 2024. godine prikazan je u djelomično prozirnom načinu preko LiDAR digitalnog modela reljefa (DMR). Ljubičastim poligonima prikazana su mrazišta u udolinama te data-loggeri (plave točke) u Viljskoj ponikvi (dolje desno) i u Ceclju (gore lijevo).



Slika 35: Na Lidar digitalnem modelu reliefa je prikaz razporeditve datalogerjev v Cecljah in z gozdom neporasla območja - travinja in skal (zeleni poligoni) v letu 1968, kot smo ga lahko določili na DOF Hrvaške iz leta 1968./ Na LiDAR digitalnom modelu reljefa prikazan je raspored data-loggera u Ceclju te područja bez šumskog pokrova – travnjaci i gole stijene (zeleni poligoni) iz 1968. godine, kako su određeni na DOF snimkama Hrvatske iz 1968.

5.4 Viljska ponikva

Viljska ponikva leži v višjem pasu pod Risnjakom in je globoka približno 200 m. V zgornjem delu je porasla s subalpskim gozdom in ruševjem. Na severnih pobočjih, kjer se najdlje zadržujejo veliki snežni nanosi, uspevata subalpska smrekova združba (*Piceetum croaticum subalpinum*) in ruševje (*Pinelletum mugi croaticum*). Gozd smreke ni prikazan na opisanem profilu, ker se nahaja ob obeh straneh ruševja; vidni so le ruševje, sestoji velikolistne vrbe (*Salicetum grandifoliae*) in majhen travnik visokogrske trave (*Deschampsietum subalpinum*). Viljska ponikva je izjemen primer ponikve, kjer so morfološke, klimatske in vegetacijske značilnosti izražene v najlepši obliki (Horvat 1962). Viljska ponikva nalazi se u višem pojasu ispod Risnjaka i duboka je približno 200 m. U gornjem dijelu obrasla je subalpskom šumom i klekovinom. Na sjevernim padinama, gdje se najdulje zadržavaju veliki snježni nanosi, uspijevaju subalpska smrekova zajednica (*Piceetum croaticum subalpinum*) i klekovina (*Pinelletum mugi croaticum*). Smrekova šuma nije prikazana na opisanom profilu jer se nalazi s obje strane pojasa klekovine; vidljive su samo klekovina, sastojine velelisne vrbe (*Salicetum grandifoliae*) i mala livada visokoplaninske trave (*Deschampsietum subalpinum*). Viljska ponikva izniman je primjer ponikve u kojoj su morfološka, klimatska i vegetacijska obilježja izražena u svom najljepšem obliku (Horvat 1962).



Slika 36: Vegetacija v Viljski ponikvi pod Risnjakom (1184 m) (Horvat 1962)./ Vegetacija u Viljskoj ponikvi ispod Risnjaka (1184 m) (Horvat 1962).

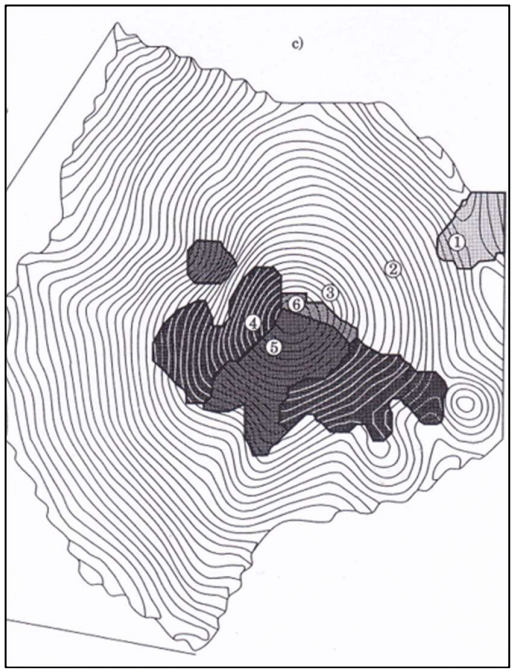
Zelo lepo razvito je ruševje (*Pinetum mughii croaticum*). Spušča se v globoke ponikve, tudi v Viljsko, kjer sega do 1200 m in nižje. Ruševje tu tvori najvišji planinski pas in ima pomembno vlogo v vegetacijski sliki. V njej prevladuje *Pinus mugo*, ob njem pa so značilne vrste, kot so *Sorbus aucuparia var. glabrata*, *Lonicera borbasiana*, *Sorbus chamaemespilus* in *Ribes alpinum var.*. Prisotne so tudi druge vrste, kot so *Salix grandifolia*, *Rosa pendulina*, *Lonicera nigra*, *Daphne mezereum*, *Rhododendron hirsutum*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Erica carnea*, *Juniperus nana* in številne druge zelnate ter mahovne vrste. Ruševje v Viljski ponikvi se lahko pojavlja v različnih tipih, od suhih in toplih mest (*Pinetum mughii juniperetosum*) do vlažnih snežišč (*Pinetum mughii altimherbosum*), kjer ga lahko gliva *Herpotrichia nigra* poškoduje ali uniči sestoj (Horvat 1962). Vrlo je dobro razvijena klekovina (*Pinetum mughii croaticum*). Spušta se u duboke ponikve, uključujući Viljsku, gdje doseže visinu od oko 1200 m i niže. Klekovina ovdje tvori najviši planinski pojas i ima važnu ulogu u vegetacijskoj slici područja. U njoj prevladava Pinus mugo, a prate je karakteristične vrste poput *Sorbus aucuparia var. glabrata, Lonicera borbasiana, Sorbus chamaemespilus* i *Ribes alpinum var*. Prisutne su i druge vrste, kao što su *Salix grandifolia, Rosa pendulina, Lonicera nigra, Daphne mezereum, Rhododendron hirsutum, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Erica carnea, Juniperus nana* te brojne druge zeljaste i mahovne vrste. Klekovina u Viljskoj ponikvi pojavljuje se u različitim tipovima, od suhih i toplih staništa (*Pinetum mughii juniperetosum*) do vlažnih snježnica (*Pinetum mughii altimherbosum*), gdje gljiva *Herpotrichia nigra* može oštetiti ili uništiti sastojinu (Horvat 1962).

Viljska ponikva je tipična kraška ponikva na območju Narodnega parka Risnjak v zahodni Hrvaški, ki spada v severnodinarski celinski tip vegetacije. Globoka je med 100 in 200 m, s povprečnim premerom okoli 780 m in skupno površino več kot 45 ha med grebeni in vrhovi. Litološko podlago sestavljajo kompaktni jurski apnenec in dolomit. Celotno območje Risnjaka je od leta 1953 zavarovano, zato so gozdarske in kmetijske dejavnosti prepovedane. Podnebje je perhumidno, zmerno hladno, z več kot 3500 mm padavin letno, visoko zračno vlago, dolgo trajajočo snežno odejo in pogostimi zmrzalmi skozi kratko rastno sezono.

Raziskave Viljske ponikve so usmerjene v razumevanje mikro- in topoklimatskih razlik med fitocenozami. Vegetacija v ponikvi je prostorsko jasno razmejena in kaže inverzije vegetacijskih pasov, pri čemer se zaradi posebnih klimatskih pogojev pojavljajo značilne spremembe glede na nadmorsko višino in osončenost. Šest glavnih fitocenoz, ki se pojavljajo od roba do dna ponikve, je praktično monodominantnih. Viljska ponikva tipična je krška ponikva na području Nacionalnog parka Risnjak u zapadnoj Hrvatskoj, koja pripada sjevernodinarkom kontinentalnom tipu vegetacije. Duboka je između 100 i 200 m, s prosječnim promjerom oko 780 m i ukupnom površinom većom od 45 ha između grebena i vrhova. Litološku podlogu čine kompaktni jurski vapnenac i dolomit. Cijelo područje Risnjaka zaštićeno je od 1953. godine, zbog čega su šumarske i poljoprivredne aktivnosti zabranjene. Klima je

perhumidna, umjereno hladna, s više od 3500 mm oborina godišnje, visokom vlagom zraka, dugotrajnim snježnim pokrivačem i čestim mrazovima tijekom kratke vegetacijske sezone.
Istraživanja Viljske ponikve usmjerena su na razumijevanje mikro- i topoklimatskih razlika među fitocenozama. Vegetacija u ponikvi prostorno je jasno razgraničena i pokazuje inverzije vegetacijskih pojaseva, pri čemu se zbog posebnih klimatskih uvjeta javljaju karakteristične promjene u odnosu na nadmorsku visinu i osunčanost. Šest glavnih fitocenoza koje se pojavljuju od ruba do dna ponikve praktički su monodominantne.

Mikroklimatske meritve so bile opravljene julija 1984 na šestih postajah, razporejenih po različnih fitocenozah in ekspozicijah. Podatki so pokazali, da količina osončenosti pomembno korelira s temperaturo zraka (pozitivno) in relativno vlažnostjo zraka (negativno), vendar šele po upoštevanju relativne osvetljenosti znotraj gozda. Dnevna dinamika temperature zraka je predvsem odvisna od osončenosti, medtem ko nočno ohlajanje v večji meri določa nadmorska višina znotraj ponikve.
Analize talne temperature so pokazale, da so procesi v tleh specifični in slabo povezani z drugimi merjenimi parametri. Topoklimatski kazalniki, izračunani iz digitalnega modela terena (DTM), omogočajo povezavo med prostorsko razporeditvijo osončenosti, nadmorske višine ter mikroklimatskimi značilnostmi, kar je pomembno za razvoj naprednih modelov ekološko-klimatskih povezav v kraških območjih (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997). Mikroklimatska mjerenja provedena su u srpnju 1984. na šest postaja raspoređenih u različitim fitocenozama i ekspozicijama. Podaci su pokazali da količina osunčanosti značajno pozitivno korelira s temperaturom zraka, a negativno s relativnom vlagom zraka, ali tek nakon uvažavanja relativne osvijetljenosti unutar šume. Dnevna dinamika temperature zraka ponajprije ovisi o osunčanosti, dok noćno hlađenje u većoj mjeri određuje nadmorska visina unutar ponikve.
Analize temperature tla pokazale su da su procesi u tlu specifični i slabo povezani s ostalim mjerenim parametrima. Topoklimatski pokazatelji, izračunani iz digitalnog modela terena (DTM), omogućuju povezivanje prostorne raspodjele osunčanosti, nadmorske visine i mikroklimatskih obilježja, što je važno za razvoj naprednih modela ekološko-klimatskih odnosa u krškim područjima (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).

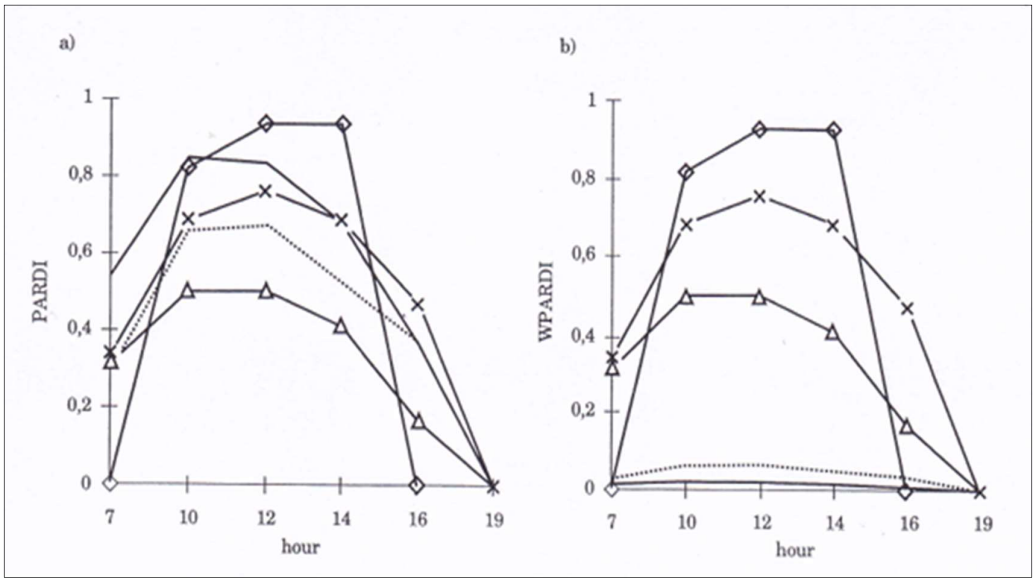


Slika 37: Topografija vrtače (dno na 1194 m, ekvidistanca 5 m) z vrisanimi območji fitocenoz in mikroklimatskimi postajami (oštevilčene v krogih) (Antonić, Kušan, Hrašovec 1997). / Topografija ponikve (dno na 1194 m, ekvidistanca 5 m) s ucrtanim područjima fitocenoza i mikroklimatskim postajama (označene brojevima u krugovima) (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).

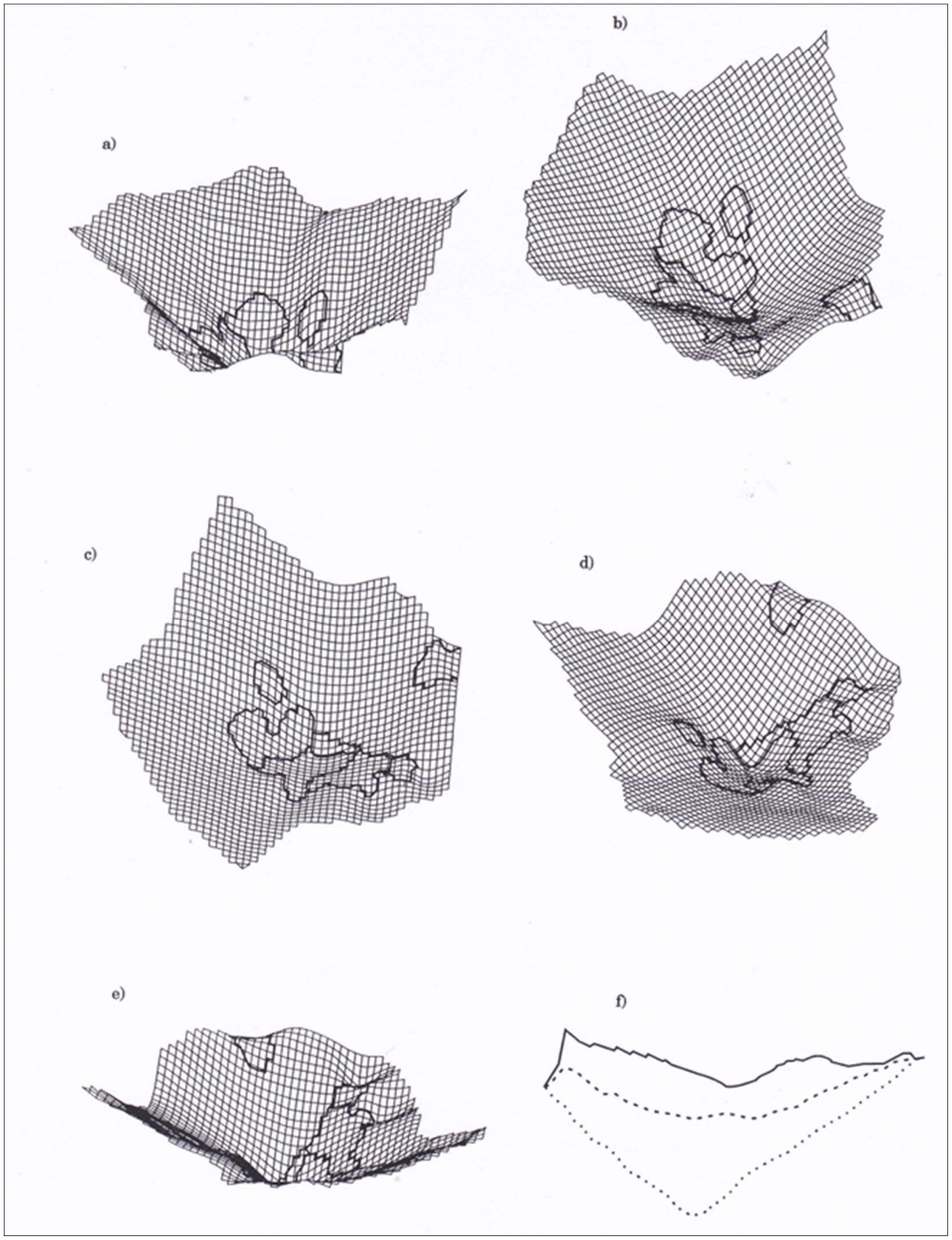
Antonić et al. (1984) so v Viljski ponikvi preverjali, ali temperaturne in vlažnostne razlike med rastlinskimi združbami (fitocenozami) ustrezajo pričakovanim vzorcem, kjer bi toplejše združbe ležale nižje in bolj osončene, hladnejše pa višje in bolj senčene. Meritve so pokazale, da se dnevno in nočno temperaturno zaporedje razlikuje. Podnevi je travišče *Festucetum pungentis* toplejše od gozdnih združb, ponoči pa najhladnejše razmere nastopijo na dnu ponikve (*Salicetum appendiculatae*), kar potrjuje temperaturno inverzijo zaradi dotoka hladnega zraka. Analiza je pokazala močno povezavo med nočnimi temperaturami in nadmorsko višino merilnih mest.
Relativna zračna vlaga je bila najvišja v gozdnih združbah na nižjih legah in najnižja na travniku, a jasnega višinskega vzorca ponoči ni bilo mogoče potrditi, verjetno zaradi vpliva oblakov. Talne temperature so imele v gozdu nižjo temperaturno amplitudo zaradi zaščitnega vpliva krošenj, a niso bile neposredno povezane z drugimi klimatskimi spremenljivkami. Antonić i sur. (1984) u Viljskoj ponikvi ispitivali su odgovaraju li temperaturne i vlažnostne razlike među biljnim zajednicama očekivanim obrascima, prema kojima bi toplije zajednice bile smještene niže i na osunčanijim položajima, a hladnije više i na sjenovitijim. Mjerenja su pokazala da se dnevni i noćni temperaturni poredak razlikuju. Danju je travnjak Festucetum pungentis topliji od šumskih zajednica, dok su noću najhladniji uvjeti zabilježeni na dnu ponikve (Salicetum appendiculatae), što potvrđuje temperaturnu inverziju zbog dotoka hladnog zraka. Analiza je pokazala snažnu povezanost noćnih temperatura s nadmorskom visinom mjernih mjesta.
Relativna vlažnost zraka bila je najveća u šumskim zajednicama na nižim položajima, a najniža na travnjaku, no jasan visinski obrazac noću nije potvrđen, vjerojatno zbog utjecaja naoblake. Temperature tla u šumi imale su manju amplitudu zbog zaštitnog utjecaja krošanja, ali nisu bile izravno povezane s drugim klimatskim varijablama.

Analiza PARDI (povprečna relativna neposredna osončenost) in WPARDI (PARDI pomnožen z relativno osvetljenostjo) je pokazala, da se zaporedje združb večinoma ujema z začetno hipotezo, pri čemer odstopa *Salicetum appendiculatae*, ki je močno osončena okoli poldneva, a ponoči ostaja hladna in vlažna. Rezultati potrjujejo, da je prostorska razporeditev mikroklimatskih razmer v veliki meri odvisna od količine sončne svetlobe in gostote krošenj, ki to svetlobo zmanjšujejo. Odstranitev vpliva senčenja

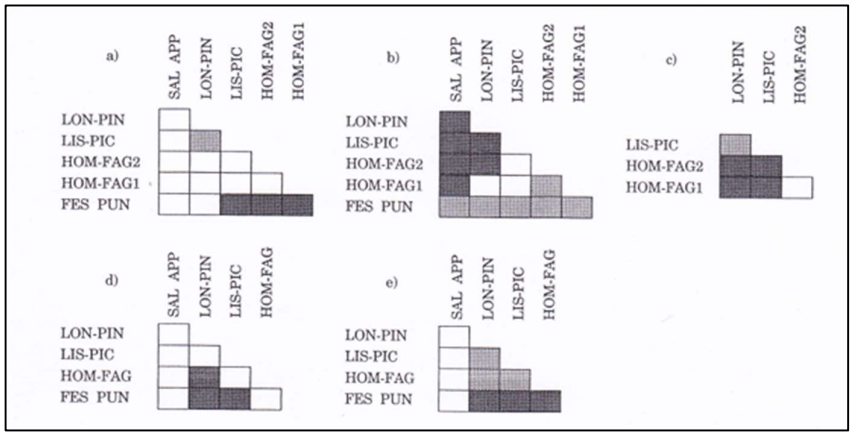
v analizi omogoča jasnejšo povezavo med mikroklimo in topoklimo (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997). Analiza PARDI (prosječna relativna izravna osunčanost) i WPARDI (PARDI pomnožen s relativnom osvijetljenošću) pokazala je da se raspored zajednica uglavnom podudara s početnom hipotezom, uz iznimku Salicetum appendiculatae, koji je snažno osunčan oko podneva, ali noću ostaje hladan i vlažan. Rezultati potvrđuju da prostorna raspodjela mikroklimatskih uvjeta u velikoj mjeri ovisi o količini sunčeve svjetlosti i gustoći krošanja koje tu svjetlost smanjuju. Uklanjanje utjecaja zasjenjenja u analizi omogućuje jasniju povezanost mikroklime i topoklime (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 38: Povprečna relativna neposredna osončenost fitocenoz (29. julij): a) neuteženа, b) pomnožena z relativno osvetljenostjo. Polna črta: Homogyno–Fagetum, črtkana črta: Listero–Piceetum, črta z rombi: Salicetum appendiculatae, črta s trikotniki: Lonicero–Pinetum, črta s križci: Festucetum pungentis (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)./ Prosječna relativna izravna osunčanost fitocenoza (29. srpnja): a) neutegljena, b) ponderirana relativnom osvijetljenošću. Puna linija: Homogyno–Fagetum, isprekidana linija: Listero–Piceetum, linija s rombovima: Salicetum appendiculatae, linija s trokutima: Lonicero–Pinetum, linija s križićima: Festucetum pungentis (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).

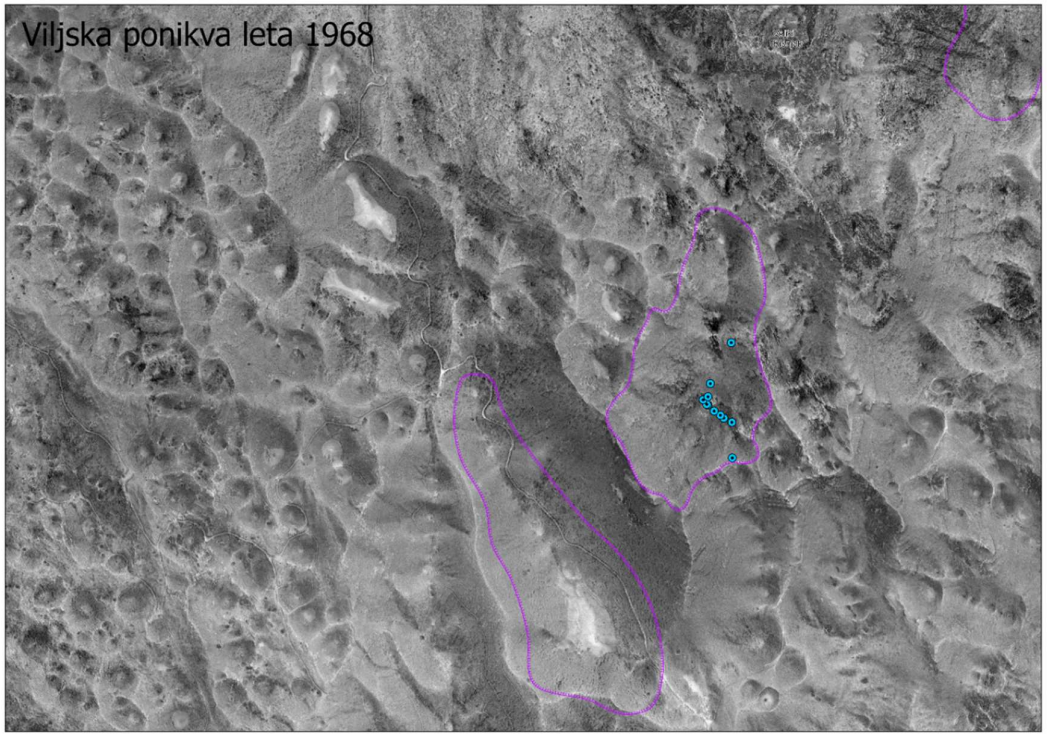


Slika 39: Vrtača Viljska ponikva (digitalni model terena) z vrisanimi območji fitocenoz iz različnih sončnih perspektiv: a) ob 7. uri, b) ob 10. uri, c) ob 12. uri, d) ob 14. uri, e) ob 16. uri, f) ob 18. uri (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)./ Ponikva Viljska ponikva (digitalni model terena) s ucrtanim područjima fitocenoza iz različitih sunčanih perspektiva: a) u 7 sati, b) u 10 sati, c) u 12 sati, d) u 14 sati, e) u 16 sati, f) u 18 sati (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 40: Statistično testiranje mikroklimatskih in topoklimatskih razlik med fitocenozami (vrstica proti stolpcu) z Wilcoxonovim testom parov (svetlo sivo – značilno nižje, sivo – značilno višje, belo –neznačilna razlika, SAI–APP: Salicetum appendiculatae, LON–PIN: Lonicero–Pinetum, LIS–PIC: Listero–Piceetum, HOM–FAG: Homogyno–Fagetum (1. in 2. postaja), FES–PUNG: Festucetum pungentis): a) zračna temperatura, b) relativna zračna vlaga, c) temperatura tal – 1. glavna komponenta, d) povprečna relativna neposredna osončenost fitocenoz, e) povprečna relativna neposredna osončenost fitocenoz, utežena z relativno osvetljenostjo (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997)./ tatističko testiranje mikroklimatskih i topoklimatskih razlika među fitocenozama (redak prema stupcu) Wilcoxonovim testom parova (svijetlosivo – značajno niže, sivo – značajno više, bijelo – neznačajna razlika; SAI–APP: Salicetum appendiculatae, LON–PIN: Lonicero–Pinetum, LIS–PIC: Listero–Piceetum, HOM–FAG: Homogyno–Fagetum (1. i 2. postaja), FES–PUNG: Festucetum pungentis): a) temperatura zraka, b) relativna vlažnost zraka, c) temperatura tla – prva glavna komponenta, d) prosječna relativna izravna osunčanost fitocenoza, e) prosječna relativna izravna osunčanost fitocenoza ponderirana relativnom osvijetljenošću (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).

V raziskavi so ugotovili, da topoklimo Viljske ponikve podnevi najbolj določa količina osončenosti, ponoči pa nadmorska višina, kar povzroča temperaturno inverzijo. Na mikroklimo močno vpliva senčenje krošenj, zato se rezultati med fitocenozami razlikujejo. Natančnejše meritve bi omogočile še boljše razumevanje, a so drage in časovno zahtevne, zato je smiselna uporaba DTM in GIS modelov (Antonić, Kušan in Hrašovec 1997). Istraživanje je pokazalo da topoklimu Viljske ponikve danju ponajviše određuje količina osunčanosti, a noću nadmorska visina, što uzrokuje temperaturnu inverziju. Na mikroklimu snažno utječe zasjenjenje krošanja, zbog čega se rezultati među fitocenozama razlikuju. Preciznija mjerenja omogućila bi još bolje razumijevanje, no ona su skupa i vremenski zahtjevna, stoga je opravdana primjena DTM i GIS modela (Antonić, Kušan i Hrašovec 1997).



Slika 41: Letalski posnetek ovršja Risnjaka iz leta 1944. Z vijoličastimi poligoni so predstavljena mrazišča v dveh večjih kontah, v Viljski ponikvi so označene lokacije datalogerjev v sklopu stacionarnega monitoring sistema, V okolici teh večjih kont je veliko manjših vrtač, kjer je viden vegetacijski obrat v dnu, saj so dna večinoma neporasla z gozdom./ Zračni snimak vršnog dijela Risnjaka iz 1944. godine. Ljubičastim poligonima prikazana su mrazišta u dvjema većim udolinama. U Viljskoj ponikvi označene su lokacije data-loggera u sklopu stacionarnog sustava monitoringa. U okolici tih većih udolina nalazi se mnogo manjih ponikava, u kojima je vidljiv vegetacijski obrat u dnu, jer su dna većinom bez šumskog pokrova.



Slika 42: Za primerjavo s sliko 41 je na tej sliki isto območje Risnjaka po 60 letih, in sicer na letalskem posnetku iz leta 2024. Z vijoličastimi poligoni so predstavljena mrazišča v dveh večjih kontah. V okolici le-teh je veliko manjših vrtač, kjer je viden vegetacijski obrat v dnu, saj so dna še vedno večinoma neporasla z gozdom./ Za usporedbu sa slikom 41, na ovoj je slici isto područje Risnjaka nakon 60 godina, prikazano na zračnom snimku iz 2024. godine. Ljubičastim poligonima prikazana su mrazišta u dvjema većim udolinama. U njihovoj okolici nalazi se mnogo manjih ponikava, u kojima je vegetacijski obrat i dalje vidljiv, jer su dna još uvijek većinom neobrasla šumom.