

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA
PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja

2. Šifra projekta:

V4-0354

3. Naslov projekta:

Monitoring sestojne zgradbe na območjih NATURA 2000

REPUBLIKA SLOVENIJA
VODILEC JAVNEGA PODELAVANJA
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DELAVNOST
REPUBLIKE SLOVENIJE
Ljubljana, 12. avgusta 2008

Šifra projekta: - 6 - 10 - 2008

Šifra zadeve: 63113 - 264 / 2008

12

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Monitoring sestojne zgradbe na območjih NATURA 2000

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Monitoring of stand structure on Natura 2000 sites in Slovenia

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

Natura 2000, gozdni habitatni tipi, monitoring sestojne zgradbe, gozdna inventura, Slovenija

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

Natura 2000, forest habitat types, monitoring of stand structure, forest inventory, Slovenia

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

510 - 0481 Univerza v Ljubljani (Biotehniška fakulteta)

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Gozdarski inštitut Slovenije (404)

6. Sofinancer/sofinancerji:

MKGP RS

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

06470

David Hladnik

Datum: 29. 9. 2008

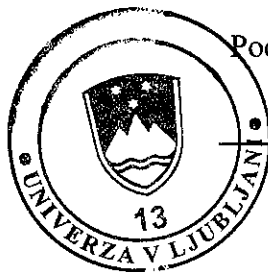
Prof. dr. Andreja Kocijančič
rektorica

Podpis vodje projekta:

David Hladnik

Podpis in žig izvajalca:

Po pooblastilu:
prof. dr. Janez Hribar
dekan



Janez Hribar

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti
 b) delno
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

Cilji projekta so bili doseženi, toda z vsebino projektnih sklopov se je bilo treba prilagajati kakovosti prostorskih podatkov v Gozdarskem informacijskem sistemu Zavoda za gozdove Slovenije na posameznih predlaganih raziskovalnih območjih.

V pregledu objavljenih izsledkov in prispevkih oddanih v tisk smo podali hierarhičen koncept monitoringa sestojne zgradbe na območjih Natura 2000. Na krajinski ravni smo predstavili kazalce in izhodišča za monitoring gozdnih habitatnih tipov na Pohorju. Kakovost prostorskih podatkov o gozdnih sestojih smo ocenili na območjih Pokljuke in v gozdnem habitatnem tipu Ilirskih bukovih gozdov na območju Trnovskega gozda in Leskove doline v Snežniških gozdovih visokega krasa. Kazalce za monitoring sestojne zgradbe smo utemeljili in preverili na Pokljuki in v Leskovi dolini, ker smo tam sami obnovili del raziskovalnih ploskev, ponovili meritve in ocenjevanje sestojnih znakov na raziskovalnih ploskvah ter jih primerjali s podatki in informacijami stalnih vzorčnih ploskev v sklopu kontrolne vzorčne metode.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

V raziskovalnem projektu smo oblikovali metodologijo, ki bo prispevala k preverjanju uspešnosti gospodarjenja z gozdovi na območjih NATURA 2000. Razvito metodologijo bodo lahko gozdarski načrtovalci uporabili za vzdrževanje lastnega informacijskega sistema, obnovo sestojnih kart in za sintezo informacij na višjih prostorskih ravneh. Metodologijo smo oblikovali po načelih krajinskoekološkega raziskovanja ter metodah za vzdrževanje prostorskega informacijskega sistema v gozdarstvu in gospodarjenju z gozdnato krajino. Krajinskoekološka izhodišča hierarhične zgradbe krajine smo prikazali v prostorskem modelu, v katerem ohranjenost gozdnih habitatih tipov presojava na podlagi:

- gozdnatosti in fragmentiranosti gozdov,
- intenzivnosti rabe prostora in njene povezanosti s krajinskoekološkimi dejavniki,
- površinske strukture in zgradbe gozdnih sestojev na območju gozdnih habitatnih tipov.

Na ravni gozdnih sestojev in gozdnih ekotopov smo ocenili parametre zgradbe in dinamike gozdnih sestojev na območjih NATURA 2000. Na raziskovalnih ploskvah in stalnih vzorčnih ploskvah v okviru kontrolne vzorčne metode na Slovenskem smo preverili nove in prilagojene kazalnike za monitoring sestojne zgradbe na območjih Natura 2000. Na podlagi podatkov kontrolne vzorčne metode, gozdnogojitvenih načrtov, popisa gozdnih sestojev in sestojnega kartiranja v sklopu gozdnogospodarskega načrtovanja smo na ravni izbranih gozdnogospodarskih razredov oblikovali modele za ocenjevanje sestojne zgradbe in oceno značilnosti gozdnih habitatnih tipov.

V prispevku z naslovom Gozdni habitatni tipi v krajinski zgradbi Pohorja (Hladnik in Tajnikar, oddano v tisk) smo predstavili in preverili izhodišča, po katerih je mogoče:

- oblikovati hierarhičen koncept monitoringa gozdnih habitatnih tipov na podlagi krajinske zgradbe in položaja habitatnih tipov v tej zgradbi,
- oblikovati prostorski model za ocenjevanje zgradbe gozdov in prostorskih značilnosti gozdnih habitatnih tipov,
- presojati o spremembah območja razširjenosti ter površinske strukture gozdnih habitatnih tipov na podlagi podatkov gozdnogospodarskih načrtov in transektne metode za hitro oceno sprememb v krajinski in sestojni zgradbi.

Na območju raziskave, ki zajema 88 katastrskih občin na Pohorju s površino 81.000 ha, smo ocenili 72,9 % gozdnatost. Z nadmorsko višino se po težavnostnih razredih kmetijske pridelave spreminja tudi krajinska zgradba. Prostorski model, ki smo ga uporabili za oceno krajinske zgradbe, opozarja na njeno krhkost ob morebitnem opuščanju kmetijske rabe na območjih s težjimi pogoji kmetovanja. Na podlagi ocen v prostorskem modelu in kazalcev, izpeljanih iz gozdarskega informacijskega sistema, je mogoče pričakovati večje spremembe na območju habitatnih tipov na Pohorju. V gozdnih habitatnih tipih prevladujejo sestoji debeljakov in bodo površinske spremembe gozdnih sestojev le del načrtnega gospodarjenja - vsaj za habitatni tip bukovih gozdov je predvideno uvajanje v obnovo na 20 % površine. Gozdni habitatni tipi ekološko niso enotni, na predlaganih območjih kisloljubnih bukovih gozdov pa je večji delež spremenjenih gozdov, kot je bilo

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

predvideno na podlagi dopustnega deleža smreke. Na krajinski ravni je mogoče spremembe pričakovati tudi za habitatni tip vrstno bogatih travišč s prevladujočim navadnim volkom (*Nardus stricta*). Gospodarjenje z gozdovi in vzdrževanje negozdnih zemljišč na Pohorju je v veliki meri odvisno od učinkovitosti kmetijske politike in razvojnih programov podeželja.

V prispevku z naslovom *Stand mapping techniques for forest management in Slovenia* (Hladnik in Skudnik, v tisku) je bil predstavljen koncept zbiranja prostorskih podatkov o gozdnih sestojih v gozdnogospodarskem načrtovanju in gojenju gozdov na Slovenskem. Prikazane so bile informacijske vrzeli pri sestojnem kartiranju in premajhna povezanost obeh načrtovalnih ravni. Ker so bile ob obnovi gozdnogospodarskih načrtov prvič izdelane karte gozdnih sestojev za celotno površino gozdov na Slovenskem, smo predstavili dva postopka, po katerih bi bilo mogoče izboljšati kakovost prostorskih podatkov in zagotoviti vzdrževanje sestojnih kart. Oba postopka temeljita na stereoskopskem opazovanju letalskih posnetkov Cikličnega aerosnemanja Slovenije.

V prispevku z naslovom *Možnosti izdelave in vzdrževanja kart gozdnih sestojev* (Skudnik et al., 2008) smo podali oceno o kakovosti sestojnih kart na območju Pokljuke in Leskove doline ter predstavili možnosti za vzdrževanje kart gozdnih sestojev na podlagi novih letalskih posnetkov Cikličnega aerosnemanja Slovenije in tehnologije digitalnega stereoploterja, povezanega v okolje geografskega informacijskega sistema. Ocenili smo, da je mogoče brez stereoskopskega opazovanja doseči sprejemljivo kakovost sestojnih kart le v enomernih gozdovih, v raznomernih gozdnih sestojih je razmejevanje gozdnih sestojev zgolj s fotointerpretacijo ortofoto posnetkov manj zanesljivo. Pozicijska natančnost sestojnih kart v teh gozdovih je manjša, sestojne karte so premalo učinkovite pri kasnejši stratifikaciji inventurnih podatkov in ocenjevanju površinskih sprememb gozdnih sestojev v posameznih inventurnih obdobjih. Za raznomerne gozdne sestoje tudi ni zagotovljena enaka celovitost klasifikacije sestojnih tipov kot v enomernih sestojih z opredeljenimi razvojnimi stadiji.

V prispevku z naslovom *Gozdarske raziskovalne in stalne vzorčne ploskve na območjih Natura 2000* (Hladnik et al., oddano v tisk) smo na podlagi pregleda izsledkov tujih raziskav in harmonizacije kazalcev nacionalnih gozdnih inventur v Evropi predlagali stroškovno sprejemljive kazalce za presojo ugodnega ohranitvenega stanja gozdnih habitatov. V prispevku so predstavljeni:

- kazalci o zgradbi in pestrosti gozdnih sestojev v dveh gozdnih habitatnih tipih na Slovenskem,
- ocene variabilnosti teh kazalcev na raziskovalnih in stalnih vzorčnih ploskvah,
- ocene sprememb teh kazalnikov v časovnih obdobjih, primerljivih z 10 letnimi obdobji gozdnogospodarskega načrtovanja.

Kazalnike za ocenjevanje sestojne zgradbe in njenih sprememb smo preizkusili na območju Pokljuke, ki sodi v skupino mednarodno pomembnih območij za ptice in Posebno zaščiteno območje (SPA) Julijske Alpe-Triglav ter v Leskovi dolini, na Posebnem zaščitnem območju Snežnik-Pivka in je hkrati tudi zajeta v habitatni tip Ilirskih bukovih gozdov. Gozdne sestoje na Pokljuki in v Leskovi dolini smo izbrali, ker predstavljajo dve skupini sestojev s povsem drugačno zgradbo in vrstno pestrostjo. Na obeh območjih je bilo mogoče za primerjavo kazalnikov sestojne zgradbe uporabiti podatke iz gozdarskih raziskovalnih ploskev in kontrolne vzorčne metode, za Pokljuko pa

je bilo odločilno, da je bilo mogoče primerjati ocene sestojne zgradbe za posamezne večje sestoje, kajti stalne vzorčne ploskve so bile sprva postavljene na vzorčni mreži 200x100 m.

Vsebino prispevka bomo po oddaji zaključnega poročila razdelili v dva sklopa. Prvi bo objavljen v domači reviji, razširjeno vsebino drugega sklopa pa pripravljamo za objavo v mednarodni reviji. V zaključnem poročilu smo predstavili kazalce in preverili referenčne vrednosti za gozdne habitatne tipe na podlagi:

- ocenjevanja sestojnih gostot in debelinske strukture gozdnih sestojev,
- variabilnosti sestojnih parametrov,
- ocenjevanja vertikalne zgradbe in položaja dreves v gozdnih sestojih.

Za poročanje o gozdnih habitatnih tipih imamo v gozdarstvu na Slovenskem dobra izhodišča zlasti zaradi velike gostote vzorčnih mrež, na katerih so postavljene stalne vzorčne ploskve. Ker prevladujeta vzorčni mreži 250x250 m in 500x250 m, je mogoče ocenjevati značilnosti in spremembe v sestojni zgradbi vsaj na ravni stratumov - rastiščnogojitvenih tipov oziroma nekdanjih gozdnogospodarskih razredov.

Predstavljene kazalce zgradbe gozdnih sestojev bi lahko uporabili za ocenjevanje stanja in sprememb v gozdnih habitatnih tipih na Slovenskem, pri tem pa ne bo treba spreminjati ali pomembno dopolnjevati dosedanjega dela na stalnih vzorčnih ploskvah, ki so postale izhodišče za zbiranje podatkov o stanju in razvoju gozdov. Ker smo upoštevali tudi mednarodno usklajene kazalce za ocenjevanje biotske raznovrstnosti in pestrosti sestojne zgradbe, ki so jih najpogosteje razvili v sklopu nacionalnih inventur in projektov monitoringa gozdov v evropskih državah, je mogoče pričakovati, da se bodo za poročanje o ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov v državah Evropske unije oprli tudi na te kazalce.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Monitoring habitatnih tipov Natura 2000 v slovenskih gozdovih je že vključen v gozdarsko sektorsko načrtovanje. Predlagano je bilo, da bo v gozdnogospodarskih načrtih ob preverjanju modelov trajnosti gozdov ocenjena tudi ohranjenost ugodnega stanja gozdnih habitatnih tipov. Oba postopka sta medsebojno povezana, podatke in informacije črpata iz zbirke podatkov gozdarskega informacijskega sistema. V raziskovalnem projektu smo prikazali predloge, kako je mogoče na podlagi gozdarskega informacijskega sistema presojeti o površinskih spremembah in zgradbi gozdnih sestojev, ki predstavljajo najpomembnejši sklop kazalcev o ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov.

Gozdarski informacijski sistem ter podatke v sklopu gozdne inventure in gozdnogospodarskega načrtovanja je treba prilagoditi tudi za presojo o stanju ohranjenosti ostalih habitatnih tipov na območjih Natura 2000. Na krajinski ravni sta kmetijski in gozdarski sektor doslej sodelovala pri usklajevanju meja med kmetijskimi in gozdarskimi zemljišči, v prostorskem planiranju podeželja pa ni večje povezanosti med posameznimi sektorji. Na žalost so bili oblikovani prostorski informacijski sistemi za gozdarstvo, kmetijstvo in varstvo narave, pri katerih ni prišlo do poenotenja kakovosti prostorskih podatkov. Tudi spletni portali omenjenih sektorjev so ostali na področju kakovosti prostorskih podatkov neusklajeni.

Povezovanje prostorskih podatkov različnih sektorjev je učinkovito, če jih je mogoče povezovati tudi na ravni najmanjših upravnih enot. Utemeljevanje take najprimernejše upravne enote presega vsebino raziskovalnega projekta, čeprav smo prikazali možnosti za povezovanje rezultatov ocenjevanja krajinske zgradbe in razvojno-tipološke členitve podeželja na Slovenskem.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

V procesu utemeljevanja gozdnih habitatnih tipov na Slovenskem in za predlog habitatnih tipov Evropski komisiji so bili uporabljeni podatki gozdarskega informacijskega sistema. Na podlagi izsledkov raziskovalnega projekta ocenjujemo, da ekološke razmere in ohranjenost gozdnih habitatnih tipov niso bile povsod enako zanesljivo utemeljene in bodo gozdarski načrtovalci šele začeli sistematično preverjati ohranjenost habitatnih tipov ter dopolnjevati ocene in zbirke podatkov v gozdarskem informacijskem sistemu.

Na žalost je prenos rezultatov v sektorsko načrtovanje na Slovenskem počasen, kajti v javnih zavodih je delo utirjeno z zahtevami posameznih podzakonskih aktov in pravilnikov, predstavitve na delavnicah in simpozijih pa kljub svoji morebitni odmevnosti ne predstavljajo velike obveze, da bodo odgovorni strokovnjaki hitreje nadaljevali s poenotenjem kakovosti prostorskih podatkov in prenosov predlaganih novih metod dela v strokovno prakso.

Dolgoročno si največ obetam s prenosom znanja prek diplomantov in podiplomskih študentov. Rezultati projekta bodo poleg dokončanih objav predstavljeni tudi v univerzitetnem učbeniku gozdarstva za predmet Dendrometrija in daljinsko pridobivanje podatkov ter kot študijsko gradivo na univerzitetnem študiju krajinske arhitekture za predmet Daljinsko zaznavanje in osnove GIS v krajinskem načrtovanju.

Objavljena dela in tista, ki so bila oddana v tisk, so zasnovana kot študijsko gradivo za podiplomske predmete na Biotehniški fakulteti in Podiplomskem študiju varstva okolja: Prostorskoekološki monitoring in zasnova krajinskih informacijskih sistemov, Gozdna inventura.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Med potekom raziskovalnega projekta smo izvedli več predstavitev delnih rezultatov vodjem služb za gozdnogospodarsko načrtovanje Območnih enot Zavoda za gozdove Slovenije. Del nepričakovanih rezultatov o ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov smo že preverili s strokovnimi delavci centralne enote Zavoda za gozdove Slovenije in ugotovili, da je predstavljeni koncept dela v projektu skladen z njihovo zasnovo predlaganih območij Natura 2000.

3.7. Število diplomantov, magistrstov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

4 študenti Univerzitetnega študija gozdarstva

Na univerzitetnem študiju gozdarstva so diplomanti svoje naloge izdelali v okviru tega projekta in predstavili zasnovo monitoringa habitatnih tipov na Pohorju (B. Šlaus), na območju Cerkna (B. Grošelj), Pokljuke in Leskove doline (M. Skudnik) ter gozdnih ekotopov v Udin Borštu (P. Hafner)

4 študenti Visokošolskega strokovnega študija gozdarstva

Razvoj gozdnih sestojev na raziskovalnih ploskvah, ki ležijo na območjih Natura 2000, je v svojih diplomskih nalogah analiziralo sedem študentov. Do zaključka raziskovalnega projekta so diplomirali štirje (L. Rebolj, D. Borkovič, M. Ileršič in T. Žunič).

V dvoletni raziskovalni projekt sta bila vključena dva podiplomska študenta, ki sta zaključila šele prvo oziroma tretje leto podiplomskega študija gozdarstva (M. Kobal) oziroma varstva okolja (M. Tajnikar).

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

Sodelavci v raziskovalnem projektu so sodelovali v akciji COST E43, v kateri je potekala harmonizacija nacionalnih inventur evropskih držav. Vsebina raziskovalnega projekta je bila povezana z delom v delovni skupini (WG3) - Kazalci biotske raznovrstnosti gozdov.

Vodja raziskovalnega projekta je predstavnik Slovenije v Področnem komiteju COST EU za področje gozdarstva, gozdnih virov in storitev in je bil imenovan za poročevalca o akciji COST E43..

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Osnovni cilji akcije COST E43 so bili doseženi s harmonizacijo nacionalnih inventur v Evropi. Ker za monitoring ohranjenosti habitatnih tipov države članice EU samostojno izbirajo sredstva in metode za zbiranje podatkov, je za Slovenijo pomembno, da bo mednarodno usklajene kazalce o sestojni zgradbi in biotski raznovrstnosti gozdov lahko uporabila v okviru gozdnogospodarskega načrtovanja in monitoringa gozdov na območjih Natura 2000.

V raziskovalnem projektu smo na raziskovalnih in stalnih vzorčnih ploskvah uporabili in preverili večino predlaganih in usklajenih kazalcev o biotski pestosti gozdov, čeprav delo v akciji COST E43 še ni končano.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani: <http://www.izum.si/>

6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

V dvoletnem raziskovalnem projektu je težko doseči objavo vseh rezultatov projekta, zato je del izsledkov projekta še v tisku, čeprav so bili prispevki oddani že aprila 2008:

Po zaključku raziskovalnega projekta sta bili oddana v tisk dva prispevka, ki jih prilagamo zaključnemu poročilu :

Gozdni habitatni tipi v krajinski zgradbi Pohorja (Hladnik in Tajnikar),
Gozdarske raziskovalne in stalne vzorčne ploskve na območjih Natura 2000 na Slovenskem (Hladnik in sod.)

Raziskovalni projekt je bil predstavljen vodjema območnih enot in delavcem službe za gozdnogospodarsko načrtovanje Zavoda za gozdove Slovenije:

10. 11. 2006, Blejska Območna enota Zavoda za gozdove Slovenije

25. 7. 2007, Postojnska Območna enota Zavoda za gozdove Slovenije

23. 10. 2007, Blejska Območna enota Zavoda za gozdove Slovenije.

24. 10. 2007, Referat vodje projekta z naslovom »Gozdarske raziskovalne ploskve na območjih Natura 2000« za povabljene predstavnike in delavce Ministrstva za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano RS, Zavoda za gozdove Slovenije in Univerze v Ljubljani ob 100-letnici prof. Martina Čokla.

Izsledki raziskovalnega projekta bodo predstavljeni v sklopu simpozija GIS v Sloveniji 2007-2008.

V novembru 2008 smo predvideli delavnico za delavce Zavoda za gozdove Slovenije, na kateri bodo rezultati projekta predstavljeni v sklopu vsebine gozdnih inventur na Slovenskem.

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

GOZDNI HABITATNI TIPI V KRAJINSKI ZGRADBI POHORJA

David Hladnik, Matej Tajnikar

Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Izvleček

V Evropi pomeni postavitve omrežja Natura 2000 eno od ključnih akcij za vzdrževanje biotske raznovrstnosti ob upoštevanju gospodarskih, družbenih, kulturnih in regionalnih zahtev. Na Slovenskem je v omrežje Natura 2000 vključenih 35,5% ozemlja, oziroma 286 območij. Zavod za gozdove Slovenije na podlagi gozdnogospodarskega načrtovanja prilagojeno gospodari, načrtuje in izvaja monitoring v gozdovih, ki so opredeljeni kot območja Natura 2000. Večino kazalcev za ocenjevanje stanja in sprememb v gozdnih habitatnih tipih naj bi tako ocenili v sklopu gozdnogospodarskega načrtovanja. V prispevku smo na območju Pohorja preverili in predstavili izhodišča, po katerih je mogoče: oblikovati hierarhičen koncept monitoringa gozdnih habitatnih tipov na podlagi krajinske zgradbe in položaja habitatnih tipov v tej zgradbi, oblikovati prostorski model za ocenjevanje zgradbe gozdov in prostorskih značilnosti gozdnih habitatnih tipov, presojeti o spremembah območja razširjenosti ter površinske strukture gozdnih habitatnih tipov na podlagi podatkov gozdnogospodarskih načrtov in transektne metode za hitro oceno sprememb v krajinski in sestojni zgradbi. Na območju raziskave, ki zajema 88 katastrskih občin s površino 810 km², smo ocenili 72,9 % gozdnatost. Z nadmorsko višino se po težavnostnih razredih kmetijske pridelave spreminja tudi krajinska zgradba. Prostorski model, ki smo ga uporabili za oceno krajinske zgradbe, opozarja na njeno krhkost ob morebitnem opuščanju kmetijske rabe na območjih s težjimi pogoji kmetovanja. Na podlagi prostorskega modela in predstavljenih izhodišč monitoringa je mogoče pričakovati večje spremembe na območju habitatnih tipov na Pohorju.

Ključne besede: Natura 2000, monitoring gozdnih habitatnih tipov, krajinska zgradba, Pohorje

FOREST HABITAT TYPES IN THE LANDSCAPE STRUCTURE OF POHORJE

Abstract

In Europe, the setting up of the network Natura 2000 represents one of the key actions for maintaining the biodiversity considering economic, social, cultural and regional requirements. In Slovenia, the network Natura 2000 includes 35.5% of territory or 286 areas. Slovenia Forest Service adjusts the management, planning and monitoring in the forests, defined as Natura 2000 areas, the majority of indicators for assessment of condition and changes of forest habitat types are to be estimated within the framework of the forest management planning. In this paper, we examined and presented a hierarchical concept of monitoring of forest habitat types based on the landscape structure and position of the habitat types in this structure. We have designed a spatial model for assessment of the forests structure and spatial characteristics of forest habitat types and the changes in extension and spatial structure of forest habitat types based on data of forest management plans and line transect method for quick assessment of changes in the landscape and stand structure. According to our assessment, 72.9 % of the research area that consists of 88 cadastral communities on Pohorje with the surface of 810 km² is covered with forest. With growing altitude, the landscape structure changes in relation to difficult agricultural production classes. Spatial model that we used in order to estimate the landscape structure draws attention to its fragility in case of potential abandonment of agricultural use in the areas of harder farming conditions. Based on the spatial model and on the presented starting points of monitoring, significant changes in the area of habitat types on Pohorje may be expected.

Keywords: Natura 2000, monitoring of forest habitat types, landscape structure, Pohorje

1 Uvod

V Evropi pomeni postavitve omrežja Natura 2000 eno od ključnih akcij za vzdrževanje biotske raznovrstnosti ob upoštevanju gospodarskih, družbenih, kulturnih in regionalnih zahtev. Na Slovenskem je v omrežje Natura 2000 vključenih 35,5 % ozemlja (največji delež v primerjavi z ostalimi državami v Evropski uniji), oziroma 286 območij, pomembnih ne le za ohranjanje vrst iz direktiv EU temveč tudi endemičnih in nacionalno ogroženih. Slovenija tako zlasti skozi omrežje Natura 2000 prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti (Bibič, 2007).

Z vstopom v Evropsko unijo je Slovenija začela izpolnjevati zahteve o poročanju po 17. členu Direktive o habitatih (Direktiva Sveta 92/43/EGS), po kateri naj bi se vzpostavil sistem za nadzorovanje stanja ohranjenosti naravnih habitatov in vrst, ki jih ureja ta direktiva. Po tej direktivi šteje, da je stanje ohranjenosti naravnega habitata "ugodno", če (i) so njegovo naravno območje razširjenosti in površine, ki jih na tem območju pokriva, stabilne ali se povečujejo; (ii) obstajajo in bodo v predvidljivi prihodnosti verjetno še obstajale posebna struktura in funkcije, potrebne za njegovo dolgoročno ohranitev; (iii) je stanje ohranjenosti njegovih značilnih vrst ugodno (Podatki o populacijski dinamiki te vrste kažejo, da se sama dolgoročno ohranja kot preživetja sposobna sestavina svojih naravnih habitatov, naravno območje razširjenosti vrste se niti ne zmanjšuje niti se v predvidljivi prihodnosti verjetno ne bo zmanjšalo, in če obstaja in bo verjetno še naprej obstajal dovolj velik habitat za dolgoročno ohranitev njenih populacij).

Po Uredbi o posebnih varstvenih območjih - območjih Natura 2000 (2004) je potrebno na teh območjih izvajati monitoring kazalcev, ki omogoča spremljanje stanja rastlinskih in živalskih vrst ter habitatnih tipov in ugotavljanje učinkovitosti ukrepov varstva glede doseganja ugodnega stanja rastlinskih in živalskih vrst ter habitatnih tipov. V Sloveniji monitoring nekaterih vrst že poteka, monitoring številnih vrst in habitatnih tipov, ki so predmet ohranjanja na območjih Natura, pa je potrebno še vzpostaviti. Program upravljanja območij Natura 2000 (Bibič, 2007) opredeljuje, da bo potrebno v začetnih fazah zaradi kadrovskih in finančnih omejitev ugotavljati stanje nekaterih vrst preko posrednih parametrov. Čeprav so bila pripravljena izhodišča za ocenjevanje ohranitvenega stanja, doslej v Evropski uniji niso bili oblikovani skupni standardi za izvajanje monitoringa na območjih Natura 2000. Države članice EU samostojno izbirajo sredstva in metode za zbiranje podatkov ter za prilagoditev monitoringa regionalnim razlikam, poročati pa morajo tako, da je mogoče izdelati primerjalno analizo na evropski ravni.

Za monitoring gozdnih habitatnih tipov so pristope v nekaterih evropskih državah prikazali Golob (2006), Cantarello in Newton (2008), pa tudi številni raziskovalci, ki se sicer ne sklicujejo na območja Natura 2000, obravnavajo pa problem ocenjevanja in monitoringa strukture gozda po podobnem konceptu kot zahteva Direktiva o habitatih. Noss (1999) je prikazal hierarhičen koncept monitoringa, ki vključuje tudi posredne kazalce, po katerih sklepamo o ohranjanju biotske raznovrstnosti na podlagi površinskih razsežnosti in fragmentiranosti gozdov, velikosti zaplat, njihovi povezanosti v krajini, razvojnih stadijih in sestojni zgradbi gozdov. Winter in sod. (2008) so za operativno ocenjevanje v okviru nacionalnih gozdnih inventur v Evropi predlagali posredne kazalce biotske raznovrstnosti gozdov, kjer postane vsebina monitoringa zlasti ocenjevanje razlik biotske raznovrstnosti v prostoru in času:

prostorska razporeditev bolj ali manj raznovrstnih gozdov in spremembe raznovrstnosti posamezne gozdne površine ali gozdnega tipa. Rezultati presoje na obeh prostorskih ravneh ponujajo informacije za poročanje v okviru mednarodnih akcij in političnih procesov. Cantarello in Newton (2008) sta po pregledu morebitnih kazalcev za nadzor ugodnega stanja ohranjenosti habitatov ocenila, da je mogoče izhodišča za monitoring povzeti iz:

- nacionalnih priporočil za monitoring gozdnih habitatnih tipov,
- iz znanstvene literature, v kateri so avtorji ocenjevali, katere značilnosti habitatov so odločilne za vzdrževanje biotske raznovrstnosti v gozdovih,
- priporočil mednarodnih projektov in raziskovanj, v katerih so razvili indikatorje za monitoring biotske raznovrstnosti gozdov in trajnostnega gospodarjenja z gozdovi.

Za njuno raziskovanje in primerjavo različnih kazalcev na dveh geografskih območjih v Italiji in Veliki Britaniji je ključna zlasti ocena, da ponujajo možnosti za ocenjevanje ugodnega stanja ohranjenosti na območjih Natura 2000 indikatorji biotske raznovrstnosti, razviti v sklopu ocenjevanja trajnostnega gospodarjenja z gozdovi, toda izbor posameznih kazalcev je treba prilagoditi posameznim rastiščem oziroma habitatom. V idealnem konceptu monitoringa je treba ob izboru kazalcev vedeti in razumeti, kako sta zgradba in sestava gozdov povezani z ohranjanjem habitatov posameznih vrst, kar je znova specifično za posamezna rastišča, hkrati pa doslej za evropske gozdove pogosto niti niso bile postavljene referenčne vrednosti, na katere naj bi se oprli (Cantarello in Newton, 2008).

Na prilogi I Direktive o habitatih najdemo 231 habitatnih tipov, ki so pomembni za Evropsko unijo in je potrebno njihov zadosten delež zaščititi. Od tega je 81 gozdnih habitatnih tipov (brez ruševja). V Sloveniji imamo 60 habitatnih tipov, gozdnih habitatnih tipov vključno z ruševjem je 12: 4070* Ruševje, 9110 Srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi, 9180* Javorovi gozdovi v grapah in na pobočnih gruščih, 91D0* Barjanski gozdovi, 91E0* Obrečna vrbovja, jelševja in jesenovja (mehkolesna loka), 91F0 Obrečni hrastovo-jesenovo-brestovi gozdovi vzdolž velikih rek, 91K0 Ilirski bukovi gozdovi, 91L0 Ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi, 91R0 Jugovzhodni evropski gozdovi rdečega bora, 9340 Gozdovi s prevladujočima vrstama *Quercus Ilex* in *Quercus rotundifolia*, 9410 Kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu in 9530* (Sub)mediteranski gozdovi črnega bora. V tem seznamu so posebej označeni (*) prednostni habitatni tipi.

Članice Evropske unije so razvile različne metode za izvajanje monitoringa, ki jih je Golob (2006) združil v dve kategoriji: (1) celovit monitoring za vso državo in (2) monitoring, integriran v načrtovalski proces. Slovenija se je odločila, da bo monitoring izvajala z integracijo v sektorske načrte. Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) daje v 12. členu sektorjem, ki upravljajo z naravnimi dobrinami, pooblastila, da uresničujejo varstvene cilje in izvajajo prilagojeno rabo naravnih dobrin. S tem je določeno, da Zavod za gozdove Slovenije na podlagi gozdnogospodarskega načrtovanja prilagojeno gospodari, načrtuje in izvaja monitoring v gozdovih, ki so opredeljeni kot območja Natura 2000. Tako naj bi večino kazalcev za ocenjevanje stanja in sprememb ocenili v sklopu gozdnogospodarskega načrtovanja.

Po pregledu različnih pristopov v evropskih državah je Golob (2006) predlagal naslednje kazalce za ocenjevanje stanja in sprememb gozdnih habitatnih tipov: površino, drevesne vrste, razvojne faze, habitatno in odmrlo drevje, grmovno in zeliščno vegetacijo, gozdni rob, mravljišča, vodne razmere oziroma mokrišča in zagotavljanje miru oziroma upoštevanje bioritma v gozdu. Po 17. členu Direktive o habitatih moramo vsakih 6 let izdelati poročilo o izvajanju ukrepov po tej direktivi. Poročilo vsebuje informacije o ohranitvenih ukrepih, vrednotenje vplivov teh ukrepov na stanje ohranjenosti naravnih habitatnih tipov in glavne rezultate spremljanja stanja. Ker so obdobja gozdnogospodarskega načrtovanja 10 letna, se je mogoče za vmesna poročila o stanju habitatnih tipov opirati na evidence in letna poročila o gospodarjenju, gojenju in varstvu gozdov, težje pa bo presojati o obsegu sprememb ob nepredvidenih dogodkih kot so gradacije podlubnikov, neurja, vetrolomi ali žled. Za nepredvidene spremembe v gozdovih ali v poudarjenosti njihovih funkcij Zakon o gozdovih (1993) sicer predpisuje dopolnitve ali spremembe med veljavnostjo gozdnogospodarskih načrtov, toda takih dopolnitev ni mogoče pričakovati za več kot 260.000 ha gozdov, ki so bili na podlagi habitatne direktive predlagani v potrditev Evropski komisiji.

Za poročanje o stanju gozdov po nepredvidenih spremembah je mogoče privzeti metode za hitro oceno sprememb oziroma metode zgodnjega opozarjanja, katerih uporaba se je razmahnila v začetku devetdesetih let (Rapid..., 2001), ko so znanstveniki ugotovili, da so predvsem v tropskem prostoru, kjer človek uničuje ogromne površine gozdov, še mnoge neopisane vrste. Te metode sicer niso namenjene podrobnim znanstvenim analizam, omogočile pa so, da so v kratkem času določili območja z največjo pestrostjo in jih predlagali za zaščito, razlikovati pa je bilo mogoče tudi območja z veliko pestrostjo od tistih z manjšo. Metode za hitro oceno sprememb uporabljajo mnoge mednarodne organizacije: FAO, IUCN, WMF, *International conservation* in druge. Uporabljamo jih tam, kjer so časovni ali drugi viri omejeni oziroma za ugotavljanje območij z največjo biodiverzitetjo v tropskih predelih (Sayre et al., 2000).

V gozdnem rezervatu *Columbia forest reserve* so z metodo linijskih transektov opazovali (Meerman, 2004), kako se je spremenila biodiverzitetja po hurikanu in požaru. S to metodo so ločili območja z večjo biodiverzitetjo od tistih z manjšo. Forman in Godron (1986) sta transekte uporabila za ugotavljanje krajinske matice, mikroheterogenosti in makroheterogenosti v krajini. Pri tem sta uporabila statistične metode iz teorije komunikacij, da sta dokazovala statistično značilnost začetka in konca pojavljanja določene rabe ter kopičenja posameznih rab prostora. Kienast (1993) je primerjal tri različne metode za analizo krajine v času in prostoru: prostorsko časoven model, ocenjevanje krajinske zgradbe s pomočjo indeksov in transektno analizo. V njegovi raziskavi krajinske zgradbe je bila med tremi metodami najbolj učinkovita transektna analiza. Posebej je primerjal tudi sistematično in slučajnostno polaganje transektov in je za enako zanesljive ocene krajinskega vzorca pri sistematičnem vzorčenju potreboval manj segmentov na transektih, kot pri slučajnostnem vzorčenju. Luck in Wu (2002) sta v svoji raziskavi ugotovila, da kombiniranje gradientne analize s krajinskimi parametri (gostota zaplat, njihovo število, povprečna velikost zaplat in koeficient variacije, delež zaplat določene rabe glede na celotno površino območja, indeksi oblike in velikosti zaplat) lahko pomaga kvantitativno identificirati in označiti gradiente ter kompleksen prostorski vzorec urbanizacije, ki je povezan z ekološkimi in socioekonomskimi procesi.

Na Slovenskem je Golob s sodelavci (2008) transekt sprva uporabil za izris vertikalnega profila gozda ter mu pripisal pomen pri izvajanju aktivne oblike participacije lastnikov gozdov v gozdnogojitvenem načrtovanju ali predstavljanju strukture in razvoja gozda javnosti, sočasno pa je tako metodo dela predlagal tudi za ocenjevanje biotske pestrosti in vpogled v strukturo gozda v habitatnem tipu Ilirskih bukovih gozdov na Bohorju (Jošt, 2007).

Z različnimi pristopi in metodologijami je sicer mogoče ocenjevati stanje in spremembe gozdnih habitatnih tipov, toda Slovenija mora za področje narave in o spremembah biotske raznovrstnosti oddati kar 121 različnih poročil (Skoberne, 2006). Za tako poročanje se je treba opirati tudi na zbirke podatkov in dosedanje oblike monitoringa, ki ga že izvajajo v različnih strokovnih področjih načrtovalci rabe prostora in gospodarjenja z naravnimi viri. V tem prispevku želimo preveriti in predstaviti izhodišča, po katerih je mogoče:

- oblikovati hierarhičen koncept monitoringa gozdnih habitatnih tipov na podlagi krajinske zgradbe in položaja habitatnih tipov v tej zgradbi,
- oblikovati prostorski model za ocenjevanje zgradbe gozdov in prostorskih značilnosti gozdnih habitatnih tipov,
- presojati o spremembah območja razširjenosti ter površinske strukture gozdnih habitatnih tipov na podlagi podatkov gozdnogospodarskih načrtov in transektne metode za hitro oceno sprememb v krajinski in sestojni zgradbi.

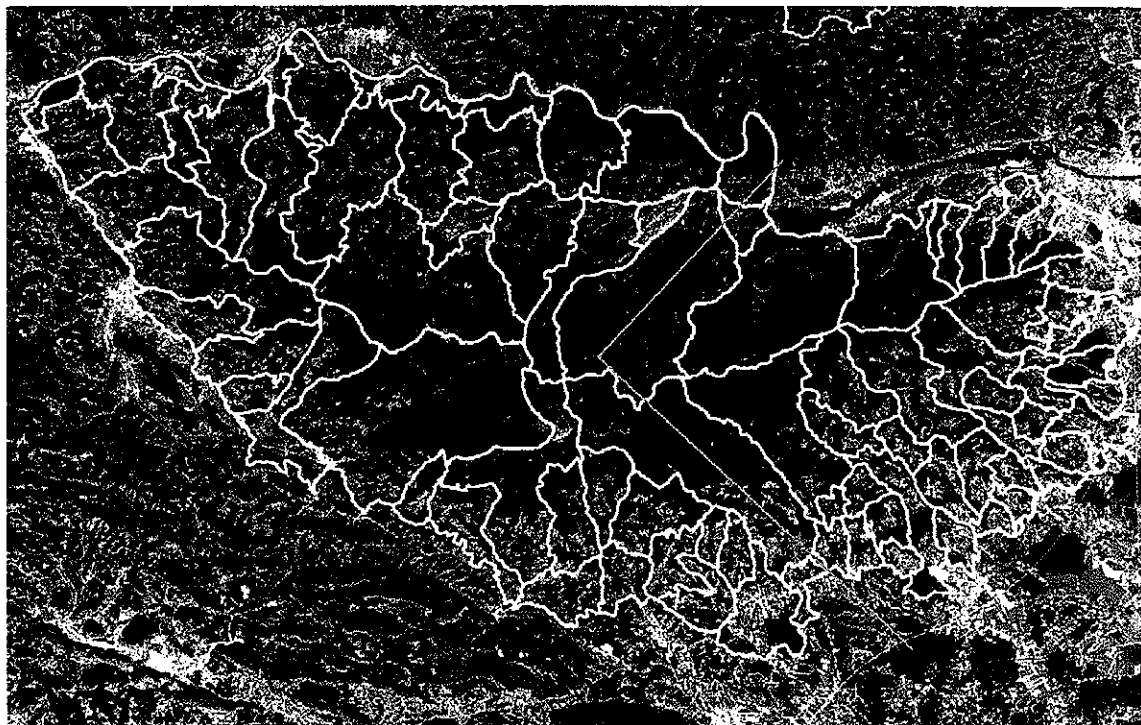
2 Območje raziskave

Pohorje je največje in zadnje pogorje v slovenskem delu Vzhodnih oziroma Centralnih Alp, preden se pretežno hribovita pokrajina zahodnega dela države prevesi v panonski svet na vzhodu. Kamninska in tektonska zgradba Pohorja je pestra, kar je posledica njegove lege na stiku Vzhodnih in Južnih Apneniških Alp. Med kamninami prevladujejo stare metamorfne kamnine, ki s strani obdajajo tonalitno jedro hribovja. Orografske razmere so pogojevale razvoj značilne krajinske zgradbe. Vršna pobočja pohorskega pogorja pokrivajo veliki kompleksi strnjjenih gozdov, nižje sledi pas celkov, ki se spušča do vznožja. Na najvišjih pohorskih slemenih in uravninah pa se gozdovi prepletajo s planjami in barji (Cenčič, 2003).

Gulič (2008) je dosedanja raziskovanja arhivskih virov strnil v najpomembnejša obdobja, ko je človek odločilno spreminjal krajinsko zgradbo in gozdove na Pohorju. Sprva so bili poseljeni pohorskih obronki, v fevdalni dobi pa so po visokih legah začeli ustanavljati živinorejske kmetije vse do 1200 m nadmorske višine. Naseljevanje z žganjem frat in sejanjem žita je bilo na Pohorju običajno do konca 2. svetovne vojne. Krčevine so na Pohorju obsegale takšno površino, da so zadoščale, za preživljanje ene družine. Na ugodnejših legah so bile strnjene, na manj ugodnih pa sorazmerno daleč ena od druge (Golob in Mrakič, 1987).

Del današnjih negozdnih površin izvira iz obdobja glažutarstva in rudarstva, kajti pohorske steklarne so začele obratovati proti koncu 17. stoletja, fužinarstvo pa se je začelo razvijati v 18. stoletju (Korent, 1952). Ob koncu 19. stoletja so potekale velike

sečnje tudi na območju vršnega dela Pohorja, ko so povečevali površine pašnikov, hkrati pa je bilo veliko tudi povpraševanje po lesu. S kasnejšim opuščanjem pašnikov in pogozdovanjem teh površin se je tudi gozdnatost nad 1000 m nadmorske višine ponovno povečala (Gulič, 2008).



Slika 1: Izsek iz satelitskega posnetka Landsat TM, posnetega leta 2005. Označene so meje katastrskih občin na območju Pohorja in transekt, opisan v poglavju o metodah dela.

Danes gozdovi obsegajo 77 % površine štirih pokrajinskoekoloških podenot na Pohorju (Šlaus, 2007). Največja gozdnatost je bila ocenjena v pokrajinskoekoloških podenotah Vršnega dela Pohorja (93,8 %) ter Severnega in Zahodnega Pohorja (84,6 %), manjša pa v podenotah Ribniškega podolja (64,6 %) ter Južnega in Vzhodnega Pohorja (63,7 %). V prostorskem modelu gozdne matice na Slovenskem (Hladnik, 1998) smo na Pohorju določili dve prostorski enoti strnjenih gozdov z veliko globino notranjega okolja - med Roglo in Lovrencem ter nad Osankarico.

Osrednje območje Natura 2000 Pohorje (SI3000270) vključuje naslednje habitatne tipe:

- silikatna skalnata pobočja z vegetacijo skalnih razpok,
- prehodna in aktivna visoka barja,
- vrstno bogata travišča s prevladujočim navadnim volkom (*Nardus stricta*) na silikatnih tleh v montanskem pasu in submontanskem pasu v celinskem delu Evrope
- alpske reke in zelnato vegetacijo vzdolž njihovih bregov
- naravna distrofna jezera in ostale stoječe vode
- gozdne habitatne tipe.

Od gozdnih habitatnih tipov na Pohorju obsegajo bukovi gozdovi *Luzulo-Fagetum* tretjino površine teh gozdov v Sloveniji, kisloljubni smrekovi gozdovi pa 15 %. Barjanski gozdovi na Pohorju predstavljajo dve tretjini površine tega habitatnega tipa, kajti na Slovenskem jih najdemo le še na Jelovici.

3 Metode dela

V dosedanjih analizah krajinske zgradbe na Slovenskem smo oblikovali prostorski model krajinskih tipov (Hladnik, 2005) na podlagi karte slovenskih gozdov in podatkov o rabi prostora iz projekta CORINE Land Cover. Za ocenjevanje prvobitnosti gozdov na območjih gozdnate in morebitne gozdne krajine smo uporabili ocene o gozdnatosti po katastrskih občinah ob koncu 19. stoletja (Valenčič, 1970) in jožefinske vojaške zemljevide iz konca 18. stoletja (Rajšp, 1995).

Čeprav je danes mobilnost ljudi velika in navezanost na lokalno okolje manjša kot nekdaj, so katastrske ocine dobro izhodišče za ocenjevanje razvoja slovenskih krajin, pogosto pa je mogoče na podlagi primerjave nekdanje in današnje krajinske zgradbe odkrivati procese v krajini, ki bi jih težko odkrili brez poznavanja sprememb in značilnosti nekdanje krajinske zgradbe. Pri ocenjevanju osrednjih območij prvobitnih gozdov smo določili katastrsko občino za najmanjšo prostorsko upravno enoto. Če sta bili današnja gozdnatost in ocena po podatkih iz konca 18. stoletja večji od 85 %, katastrska občina pa je ležala na območjih gozdne matice z največjo ocenjeno globino notranjega okolja, smo za taka območja sklepali, da predstavljajo jedra prvobitnih gozdov na Slovenskem. Posebej smo v dva tipa gozdnate krajine razvrstili še katastrske občine z gozdnatostjo med 40 in 85 % in pri tem upoštevali tudi fragmentiranost prostorskih enot gozdne matice (Hladnik, 2005). Določanje krajinskih tipov in ločnice med gozdno, gozdnato ter kmetijsko in primestno krajino predpisuje že Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998), njegovi snovalci pa so pri teh kriterijih verjetno upoštevali krajinskoekološka izhodišča, ki jih je za opisovanje krajinskih omrežij in matice predstavil Forman (1995), utemeljili pa so jih tudi na podlagi modelov perkolacijske teorije (Gustafson in Parker, 1992) ter simulacij širjenja procesov in vrst v krajini (King in With, 2002; With in King, 2001).

V raziskavo smo vključili 88 katastrskih občin, ki v celoti ali deloma ležijo na Pohorju. Po Špesovi (2002) regionalizaciji, kjer so upoštevali stabilne pokrajinskoekološke in variabilne dejavnike, spada raziskovalno območje v Predalpsko Slovenijo, v pokrajinskoekološko enoto Pohorsko Podravje. Ta enota obsega 11 podenot. Od teh pokrivajo območje Pohorja: Ribniško Podolje, Vršni deli Pohorja, Južno in Vzhodno Pohorje ter Severno in Zahodno Pohorje. Te podenote smo prilagodili, tako da meje med njimi potekajo po mejah katastrskih občin, prav tako pa so tudi zunanje meje podenot prilagojene katastrskim občinam. Prilagojene območja štirih podenot smo poimenovali: južno Pohorje, Ribniško Pohorje, zahodno ter severno Pohorje.

Pri raziskavi smo uporabili karto rabe prostora na Slovenskem (MKGP, 2002), podatke gozdarskega informacijskega sistema o odsekih (ZGS, 2007a), karte gozdnih sestojev Območne enote Maribor (ZGS, 2007b), infrardeče ortofoto posnetke cikličnega snemanja Slovenije (GURS, 2007), karte gozdnih habitatnih tipov (MOP 2007), digitalni model reliefa DMR25 (GURS, 2005).

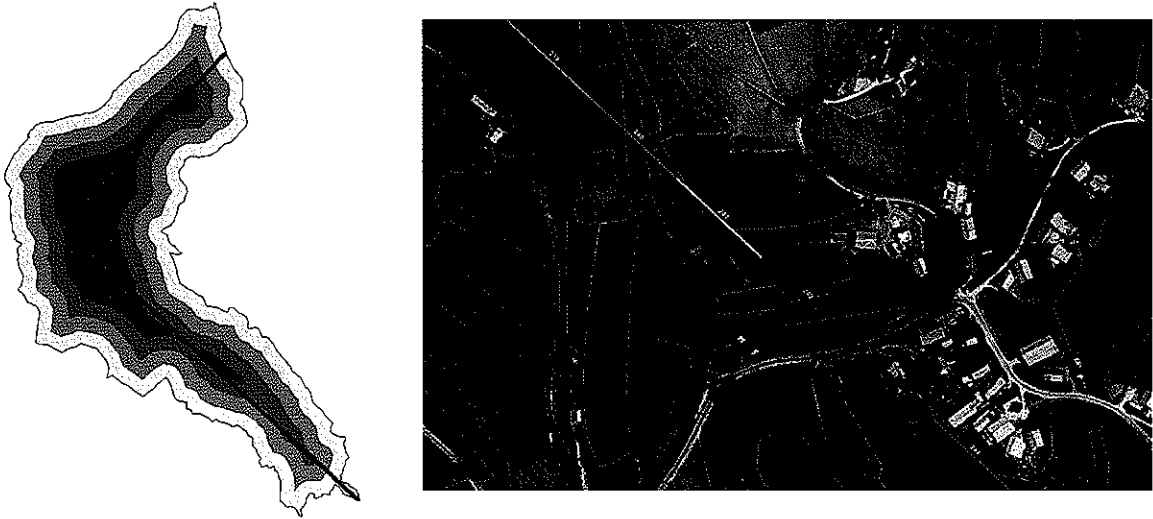
V geografskem informacijskem sistemu IDRISI smo iz digitalnega modela reliefa izdelali karte višinskih pasov, ekspozicij in naklonov terena. Iz karte maske gozda smo izračunali gozdnatost po katastrskih občinah, globino notranjega okolja gozda in negozdnih zaplat. Globino notranjega okolja gozdov smo ocenjevali po pasovih 300 m razdalj, za negozdna zemljišča pa smo razdalje od gozdnih robov razdelili po 150 m pasovih. Z globino notranjega okolja gozdov ponazarjamo ekotonska območja, v katerih so pogostejše živalske in rastlinske vrste gozdnih robov ter območja vrst, značilnih za strnjene gozdove. Globina negozdnih zemljišč ponazarja prekinitve morebitnih koridorjev živalskih in rastlinskih vrst oziroma možnosti za ohranjanje naravnih procesov v gozdnati krajini. Koncept dela in posamezni postopki za ocenjevanje krajinske zgradbe v okolju geografskih informacijskih sistemov IDRISI in ArcGIS so bili doslej že podrobneje opisani (Hladnik, 2005) in uporabljeni tudi v diplomskih nalogah študentov (Šlaus, 2007). Za razvrščanje kmetijskih zemljišč v težavnostne razrede, ki vplivajo na stroške kmetijske pridelave, smo uporabili kriterije iz Programa razvoja podeželja RS (2007) – po nadmorski višini so oblikovani 4 težavnostni razredi (do 500 m, 500-699 m, 700 do 1099 m in nad 1100 m), po naklonih terena pa 6 razredov (do 10 %, 11-25 %, 26-35%, 36-50 %, 51-70 % in nad 70 %).

Današnje rabo prostora smo primerjali s preteklo na podlagi karte franciscejskega katastra iz leta 1824 za katastrski občini Kot in Kumen. Ti katastrski občini smo izbrali, ker potekata od vznožja do vrha Pohorja in obsegata glavne krajinske značilnosti in elemente (strnjeni gozdovi na vrhu, pas celkov in odprto kulturno krajino v nižjih predelih). Franciscejski kataster smo pridobili na spletnih straneh Arhiva Slovenije (2007). Posamezne liste za katastrski občini smo najprej spojili, nato pa na podlagi oslonilnih točk vpeli v državni koordinatni sistem. Ocenili smo tudi, kako natančna je karta rabe prostora, ki jo vzdržuje Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Na podlagi ortofoto posnetkov, posnetih leta 2006 v infrardeči barvni tehniki, smo karto rabe prostora dopolnili in popravili napake pri razmejevanju posameznih rab prostora. Karto smo na območju dveh katastrskih občin dopolnili tako, da smo razmejili tudi posamezna drevesa, skupine dreves, omejke in travnike s posamičnimi drevesi ali skupinami dreves.

Značilnosti gozdnih habitatnih tipov smo ocenili s prekrivanjem sestojnih kart in karte habitatnih tipov ter s povezovanjem sestojnih kart z zbirko podatkov o opisih sestojev. Tako smo za vsak habitatni tip pridobili informacije o lastništvu gozdov, razmerju med razvojnimi fazami, deležu drevesnih vrst, stopnji ohranjenosti, sklenjenosti drevesnih krošenj, smernicah za gospodarjenje, zasnovi pomladka. Karte posameznih habitatnih tipov smo prekrili še s karto globine notranjega okolja gozda in karto višinskih pasov. S tem smo pridobili podatke o višinskem gradientu posameznega habitatnega tipa in deležih razredov globin notranjega okolja gozda. Pri poimenovanju gospodarskih razredov oziroma rastiščnogojitvenih tipov v gozdnogospodarskih enotah smo privzeli oznake, ki jih uporabljajo v načrtih od leta 2001.

Linjski transekt smo položili po sredini katastrskih občin Kot in Kumen. V okolju geografskega informacijskega sistema IDRISI smo najprej izračunali razdalje od meja proti jedru obeh katastrskih občin in na območju največje oddaljenosti od meja položili transekt (Slika 2). Transekt smo nato podaljšali na severni strani do reke Drave, na južni strani pa do avtocestne povezave med Mariborom in Celjem. Na severno stran poteka pod azimutom 43° in meri 11.200 m, na južni strani pa pod

azimutom 133° meri 18.500 m. Kljub temu, da poteka transekt proti severovzhodu, smo ta del poimenovali kot severno stran, južno stran transektu pa predstavlja del, ki poteka proti jugovzhodu.



Slika 2: Postavljanje transektu v katastrskih občinah Kot in Kumen na Pohorju (levo). Na ortofoto posnetku (Geodetska uprava RS, 2006) so označene meje rabe prostora in potek transektu ob naselju Modrič.

Transekt smo razdelili na 50 in 100-metrške segmente, kasneje pa smo ocenili, da so za raziskavo primernejši 100-metrški. Po posameznih segmentih smo opazovali pojavljanje različnih rab prostora in njihov delež (Slika 3). Za ugotavljanje krajinske mikroheterogenosti in makroheterogenosti smo sosednje segmente združevali v nove večje segmente po postopku, ki sta ga opisala Forman in Godron (1986). V vsakem začetnem segmentu ali novem, sestavljenem iz dveh sosednjih, smo ocenjevali prisotnost posameznih rab prostora in od segmenta do segmenta potovali po transektu. Za ocenjeno mikroheterogenost je značilna podobna razporeditev krajinskih elementov na vsem obravnavanem območju, pri makroheterogenosti pa se razporeditev krajinskih elementov razlikuje na posameznih delih opazovanega območja.

Na transektih smo ocenjevali tudi informacijsko stopnjo za posamezne rabe prostora. Delo je potekalo podobno, kot poteka gradientna analiza na površinskih transektih z metodo premikajočega se okna (*moving window*). Najprej smo primerjali prva dva sosednja segmenta na transektu, nato drugega in tretjega ter nadaljevali po posameznih zaporednih parih segmentov do konca transektu. Če sta bila sosednja segmenta homogena, sta predstavljala del transektu z binarno vrednostjo 0, ob različni rabi prostora v segmentih pa vrednost 1, kar predstavlja enoto informacije o stopnji pestrosti na transektu. Iz teh podatkov smo izračunali informacijsko stopnjo za posamezno rabo prostora pri različno velikih segmentih in ocenili njeno heterogenost v prostoru.

Raba prostora na južni strani transeкта - dolžina segmentov: 100 m

```

1100 .....
1211 .....
1221 .....
1222 .....
1300 .....
1410 .....
1500 .....
2000 .....
3000 .....

```

200 m

400 m

```

1100 .....
1211 .....
1221 .....
1222 .....
1300 .....
1410 .....
1500 .....
2000 .....
3000 .....

```

- 1100 – njive in vrtovi
- 1211 – vinogradi
- 1221 – intenzivni sadovnjaki
- 1222 – ekstenzivni sadovnjaki
- 1300 – travniki
- 1410 – zemljišča v zaraščanju
- 1500 – mešana raba - kmetijska zemljišča in gozd
- 2000 – gozd
- 3000 – pozidana in sorodna zemljišča

Gozdni sestoji na severni strani transeкта - dolžina segmentov: 100 m

```

Negozdno .....
Mladovje .....
Drogovnjak .....
Debeljak .....
V obnovi .....
Prebralni g. ....

```

Slika 3: Pojavljanje različnih rab prostora na južni strani transeкта pri različni dolžini segmentov ter gozdnih sestojev na 100 metrskih segmentih severnega dela transeкта na Pohorju.

Metoda izhaja iz ocenjevanja informacijske vrednosti o heterogenosti in zgradbi vegetacijskih ali krajinskih enot (Godron 1965; Forman in Godron, 1986):

$$I = \log_2 \frac{S!}{F!(S-F)!}, \quad (1)$$

kjer je S skupno število segmentov na linijskem transektu, F pa število segmentov, na katerih se pojavi določena vrsta vegetacije ali rabe prostora. Povprečno informacijsko stopnjo za posamezno rabo izračunamo tako, da seštejemo vrednosti, ki jih dobimo pri ugotavljanju homogenosti oziroma heterogenosti segmentov in jih delimo s številom parov segmentov, ki smo jih pregledali. Bolj heterogeno kot je na primer pojavljanje določene rabe prostora, večja je njena informacijska stopnja.

Transekt smo v okolju geografskih informacijskih sistemov položili tudi preko sestojnih kart in podobno kot za rabo prostora na teh kartah opazovali pojavljanje razvojnih faz gozdnih sestojev. Ta transekt je potekal po isti liniji kot transekt, na katerem smo opazovali pojavljanje rab prostora. Na južni strani transekt meri 16.800 m in se konča na meji gozdnogospodarske enote Južno Pohorje, na severni strani pa je njegova dolžina enaka tisti pri ocenjevanju rabe prostora (11.200 m). Na transektu smo ocenjevali tudi pestrost posameznih segmentov. Za vsakega smo izračunali Shannonov-Wienerjev indeks diverzitete:

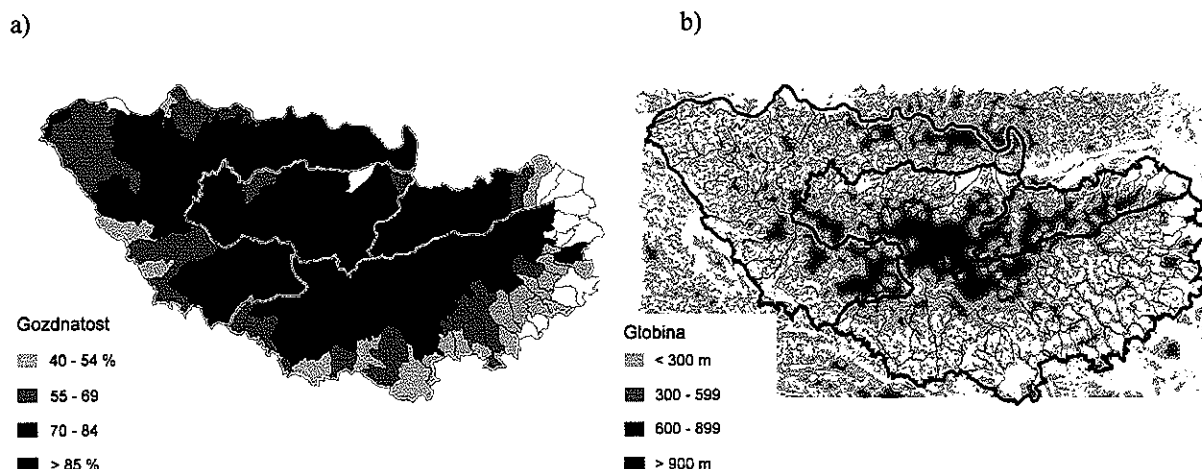
$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i \quad (2)$$

Število s pomeni v našem primeru število rab, v gozdu pa število razvojnih faz ali drevesnih vrst po posameznih sestojih. Delež rabe prostora oziroma razvojne faze gozdnega sestoja na dolžini vsakega segmenta nam predstavlja vrednost p_i . Vrednosti indeksa naraščajo, če se na primer povečuje število rab prostora in postajajo enakomerni ali podobni tudi njihovi deleži. Na podlagi tega indeksa smo za katastrsko občino Kot primerjali pestrost rabe prostora v času franciscejskega katastra in na podlagi današnjih prostorskih podatkov.

4 Rezultati

4.1 Ocena krajinske zgradbe Pohorja

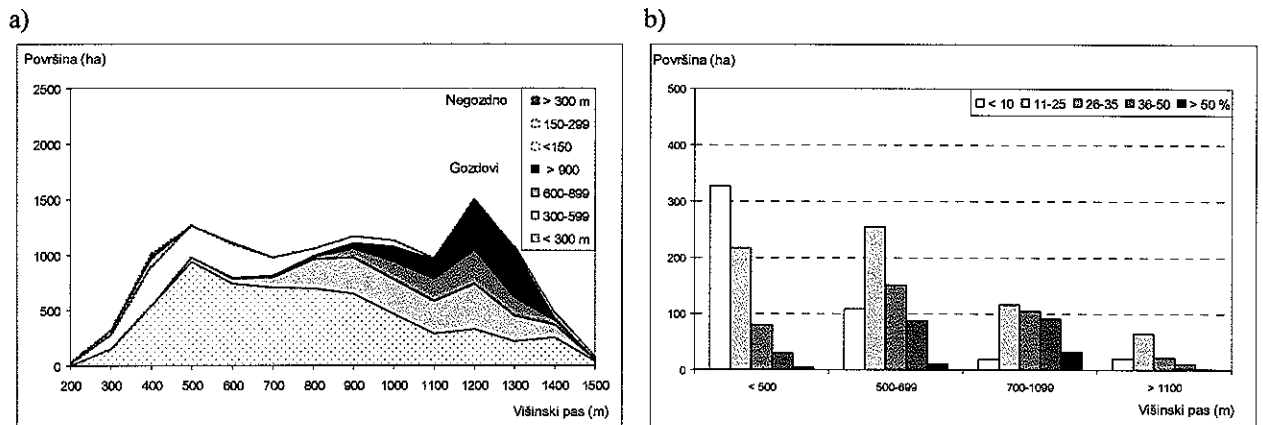
Na območju raziskave, ki zajema 88 katastrskih občin s skupno površino 81.014 ha, smo ocenili 72,9 % gozdnatost. Slika gozdnatosti po katastrskih občinah ponazarja prehod iz kmetijske oziroma urbane krajine v gozdnato krajino na mariborskem območju Pohorja, kar je skladno z izsledki študije o razvojno-tipološki členitvi podeželja v Sloveniji (Kovačič et al., 2000). Območja na prehodu v gozdnate krajine so bila uvrščena v obmestje Maribora na vzhodu in Slovenske Bistrice na jugu.



Slika 4: Gozdnatost v katastrskih občinah na Pohorju (a), ocena fragmentiranosti gozdne matice oziroma globina notranjega okolja gozda (b).

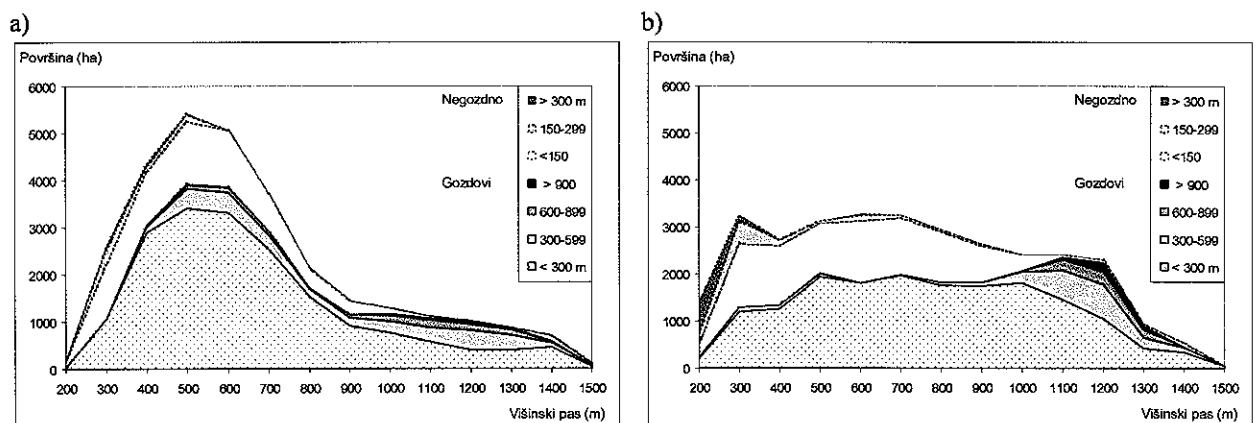
V 10 katastrskih občinah gozd obsega več kot 85 % površine, skupno pa te občine predstavljajo kar 31,1 % celotne površine in ležijo na območju vseh štirih pokrajinskoekoloških podenot. Območja teh katastrskih občin so bila v členitvi slovenskega podeželja uvrščena med območja zmernega praznjenja oziroma zmanjševanja prebivalstva. V gozdnati krajini teh katastrskih občin smo največjo gozdnatost ocenili v katastrski občini Smolnik – 93,5 %, na območju z visoko gozdnatostjo pa izstopa katastrska občina Lovrenc na Pohorju. Obkrožena je s katastrskimi občinami, katerih gozdnatost je večja od 85 %, njena gozdnatost pa znaša 18,5 %. Ugodne naravne razmere na Ribniškem podolju so kmetje izkoristili za obdelovalne površine, hkrati pa se od tega podolja meje katastrskih občin vzpenjo vse do vršnih delov Pohorja.

Z nadmorsko višino se povečuje delež negozdnih zemljišč na strmih. Na Ribniškem podolju leži 83 % negozdnih zemljišč na naklonih do 25 %, v višinskem pasu med 500 in 700 m je 59 % takih zemljišč, nad 700 m do vršnih delov Pohorja pa leži na manj strmih naklonih le 38 % negozdnih zemljišč. Na Ribniškem Pohorju je nad 1000 m nadmorske višine največji delež površine strnjjenih gozdov (Slika 5 a).



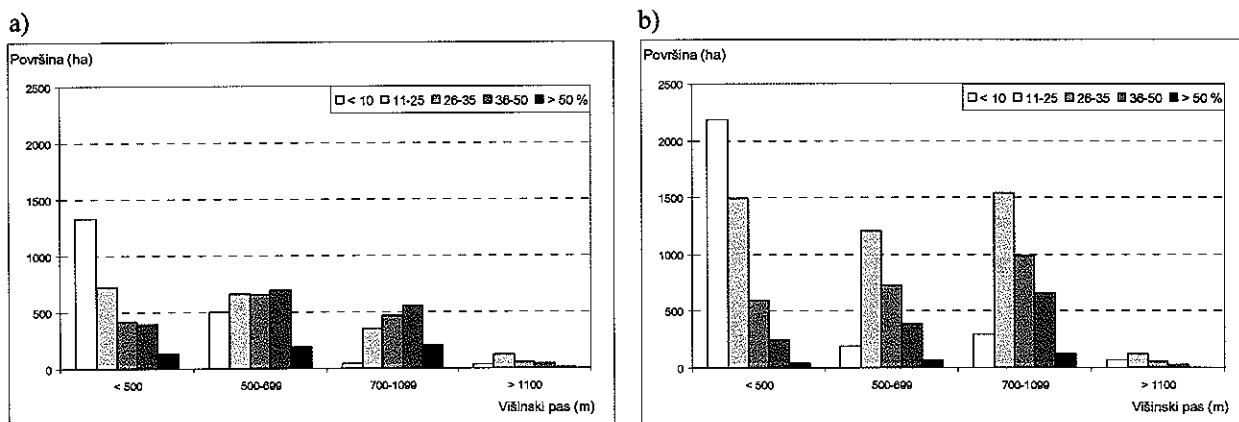
Slika 5: Globina notranjega okolja negozdnih zemljišč in gozdov v katastrskih občinah Ribniškega Pohorja (a) ter razporeditev negozdnih zemljišč po težavnostnih razredih kmetijske pridelave (b), ocenjenih glede na naklon zemljišč in nadmorsko višino.

Največji del gozdov (82,5 %) na območju raziskave leži v pasu, ki je od negozdnih zemljišč oddaljen manj kot 300 m. Območja gozdov, ki so od negozdnih zemljišč oddaljena za več kot 1500 m, smo ocenili le v dveh katastrskih občinah, Kumnu in Kotu. V katastrskih občinah zahodnega Pohorja prevladujejo fragmentirani gozdovi, kajti gozdovi z večjo globino notranjega okolja po površini prevladajo šele nad 1100 m nadmorske višine (Slika 6), nad 1300 m pa se njihova površina ponovna zmanjša zaradi smučišč in pašnih površin na Rogli in na Kopah.



Slika 6: Globina notranjega okolja negozdnih zemljišč in gozdov v katastrskih občinah zahodnega (a) ter južnega Pohorja (b).

V gozdni matici so razporejene zaplate negozdnih zemljišč, med katerimi obsegajo travniki 15 % površine celotnega območja Pohorja, njive in vrtovi 3 %, pozidana in sorodna zemljišča skoraj 5 %. Več kot 1 % površja pokrivajo ekstenzivni nasadi, nad 0,5 % površine pa še vinogradi, zemljišča v zaraščanju, mešana raba kmetijskih in gozdnih zemljišč ter vodne površine. Raba zemljišč se z nadmorsko višino značilno spreminja. Njive ter pozidana zemljišča prevladujejo do 300 m nadmorske višine, nad 500 m pa na negozdnih zemljiščih prevlada travinja.



Slika 7: Površine negozdnih zemljišč po težavnostnih razredih kmetijske pridelave, ocenjenih glede na naklon zemljišč in njihovo razporeditev po višinskih pasovih v katastrskih občinah zahodnega (a) ter južnega Pohorja (b).

Na zahodnem Pohorju se negozdne zaplate razlikujejo od tistih na južnem in Ribniškem Pohorju po manjši globini notranjega okolja in težjih razmerah za vzdrževanje površin travinja. Na območju južnega Pohorja je v vseh višinskih pasovih oziroma težavnostnih razredih kmetijske pridelave delež negozdnih zemljišč na naklonih do 25 % večji od polovice (Slika 7). Na zahodnem Pohorju je v višinskem pasu med 500 in 700 m 43 % takih manj strmih zemljišč, v višinskem pasu med 700 in 1100 m pa obsegajo le četrtno negozdnih zemljišč.

Z nadmorsko višino se po težavnostnih razredih kmetijske pridelave spreminja tudi krajinska zgradba, prostorski model, ki smo ga izpeljali na podlagi skupin katastrskih občin, pa opozarja na krhkost te zgradbe ob morebitnem opuščanju kmetijske rabe na območjih s težjimi pogoji kmetovanja. Nad 700 m nadmorske višine je na zahodnem Pohorju le 12 ha negozdnih zemljišč, ki so od gozdnega roba oddaljena več kot 150 m, v katastrskih občinah na Ribniškem Pohorju jih je 14 ha, največ pa smo jih na podlagi prostorskega modela ocenili na južnem Pohorju (178 ha).

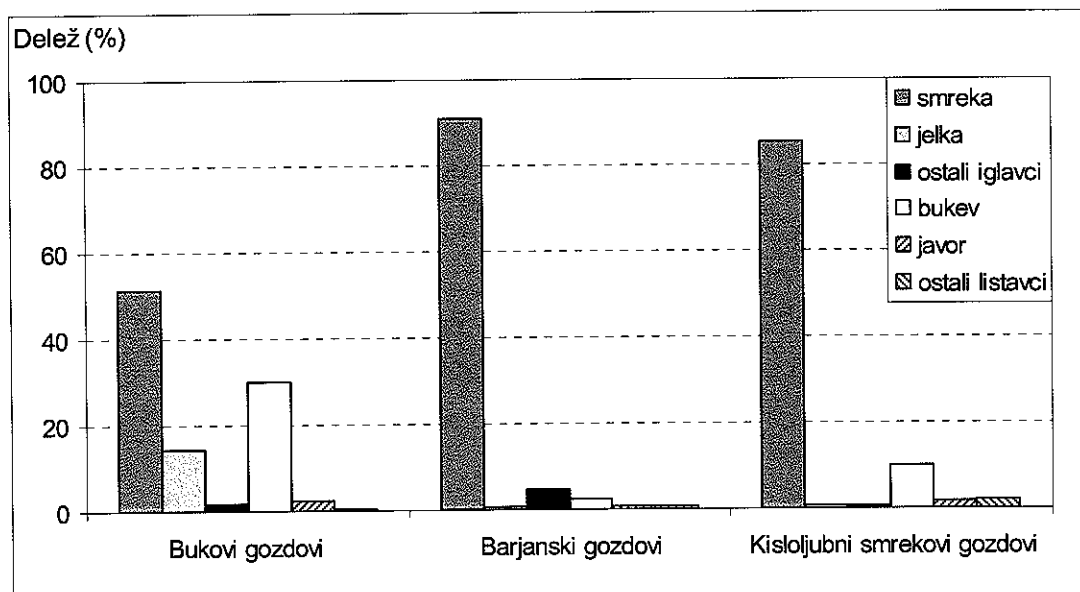
4.2 Izhodišča za ocenjevanje prostorskih sprememb gozdnih habitatnih tipov

Območja Natura 2000 na Pohorju obsegajo tri gozdne habitatne tipe. To so Srednjeevropski kisloljubni bukovi gozdovi (*Luzulo-Fagetum*), Barjanski gozdovi in Kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu. Habitatni tip bukovih gozdov obsega kar 23 katastrskih občin, medtem ko ostala dva habitatna tipa obsegata vsak po 8 katastrskih občin na Pohorju. V vseh habitatnih tipih je delež državnih gozdov večji od polovice. Največ državnih gozdov je v habitatnem tipu barjanskih gozdov (83,4 %), manj pa v kisloljubnih smrekovih gozdovih (76,7 %) ter v habitatnem tipu bukovih gozdov *Luzulo-Fagetum* (51,6 %). V prostorskem modelu krajinske zgradbe smo ocenili, da kar 42,2 % površine habitatnih tipov bukovih gozdov, 58,8 % barjanskih gozdov in 38,8 % kisloljubnih smrekovih gozdov leži v katastrskih občinah Kot in Kumen, ki obsegata gozdno matico z največjo globino notranjega okolja.

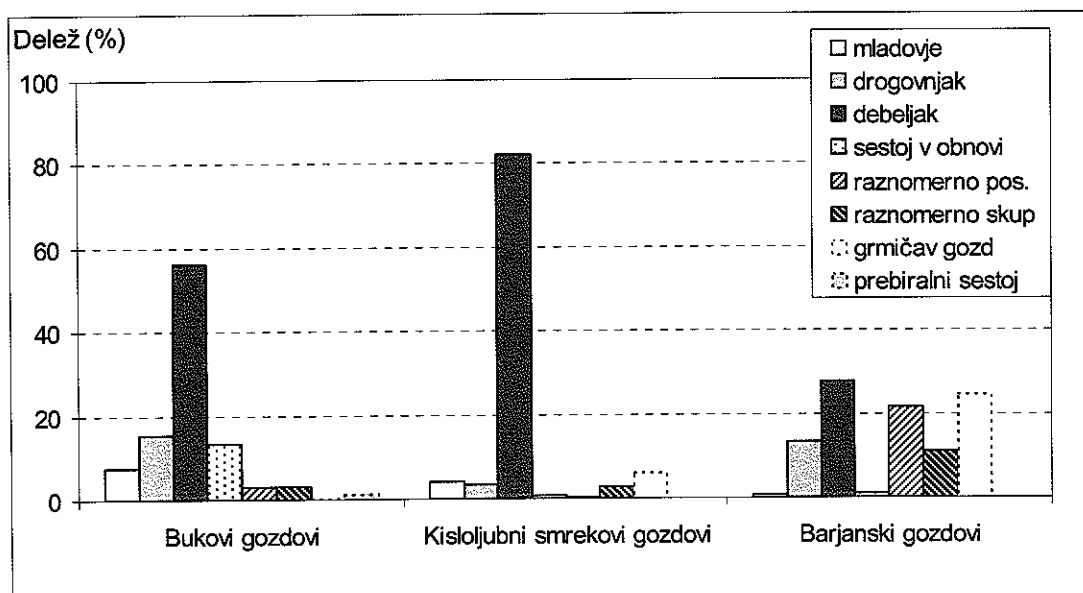
Habitatni tip barjanskih gozdov najdemo od nadmorske višine 1100 metrov pa do vrha Pohorja. Barjanski gozdovi ležijo na območju manj fragmentiranih gozdov, tretjina njihove površine (35 %) je na območju z globino notranjega gozdnega okolja, večjo od 600 m, dobra četrtina (27 %) pa v pasu, ki je od negozdnih zemljišč oddaljen 300 do 600 m. Kisloljubni smrekovi gozdovi ležijo nad 1000 m nadmorske višine. Globina gozdnega notranjega okolja v tem habitatnem tipu je zelo raznolika, saj sega celo nad 1800 m: nad 600 m od gozdnih robov leži četrtina površine tega habitatnega tipa, v pasu med 300 in 600 m je 37 % površine, do 300 m od gozdnih robov pa leži 38 % površine. Habitatni tip kisloljubnih bukovih gozdov leži na območju močnejše fragmentiranih gozdov, razteza pa se od nadmorske višine 400 m do vrha Pohorja. Glavnina tega habitatnega tipa (78 %) leži na nadmorskih višinah med 900 in 1300 m, največ (44 %) njegove površine pa leži do 300 m od gozdnih robov. Gozdovi z globino od 300 do 600 m predstavljajo 31 %, četrtina površine tega habitatnega tipa pa leži v globini gozda, ki je večja od 600 m.

Največji del (51,9 %) habitatnega tipa bukovih gozdov *Luzulo-Fagetum* leži v gozdnogospodarskem razredu visokogorskih bukovij, slaba tretjina (32,1 %) pa v razredu acidofilnih gorskih bukovij. Največji del (43,8 %) barjanskih gozdov leži v gospodarskem razredu pohorskih barij. Velik del (39,6 %) jih najdemo v gozdovih s posebnim namenom, 12,8 % pa v visokogorskih smrekovih gozdovih. V habitatnem tipu kisloljubnih smrekovih gozdov obsega 25,8 % površine gozdnogospodarski razred z enakim poimenovanjem, gospodarski razred visokogorskih smrekovih gozdov pa obsega 57,6 % površine tega habitatnega tipa.

Na sliki 8 so ocenjeni deleži drevesnih vrst v lesni zalogi treh habitatnih tipov. Presenetljiv je delež smreke v habitatnem tipu bukovih gozdov, ki po podatkih gozdarskega informacijskega sistema (ZGS 2007) presega polovico. To oceno potrjujejo tudi podatki o ohranjenosti gozdov v odsekih, kajti nad polovica površine tega habitatnega tipa je bila uvrščena v skupino spremenjenih gozdov (Preglednica 1).



Slika 8: Deleži drevesnih vrst v lesni zalogi treh največjih gozdnih habitatnih tipov na Pohorju, ocenjeni na podlagi gozdarskega informacijskega sistema (ZGS 2007)



Slika 9: Razmerja razvojnih faz v treh najpomembnejših gozdnih habitatnih tipih na Pohorju, ocenjena na podlagi gozdarskega informacijskega sistema (ZGS 2007)

Preglednica 1: Stopnja ohranjenosti, sestojni sklep krošenj in zasnova pomladka v treh gozdnih habitatnih tipih na Pohorju. Ocenjeno po podatkih gozdarskega informacijskega sistema (ZGS 2007).

	Bukovi gozdovi <i>Luzulo-Fagetum</i>	Barjanski gozdovi	Kislojljubni smrekovi gozdovi
Površina (ha)	6303.1*	335.2*	293.7
Stopnja ohranjenosti (% površine)			
ohranjeni gozdovi	32.4	86.0	67.6
spremenjeni gozdovi	62.0	12.3	25.9
močno spremenjeni gozdovi	5.5	1.7	5.4
izmenjani gozdovi	0.1	0.0	1.1
Sestojni sklep (% površine)			
tesen	18.1	18.5	7.4
normalen	45.4	24.6	56.0
rahel	19.7	22.1	26.5
vrzelast do pretrgan	16.8	34.8	10.1
Zasnova pomladka (% površine)			
bogata	33.6	0.0	0.0
dobra	59.7	55.7	83.8
pomanjkljiva	6.3	44.3	16.2
slaba	0.4	0.0	0.0

* V analizo podatkov o sestojnih kartah in popisih gozdnih sestojev smo zajeli 95 % površine habitatnega tipa bukovih gozdov in 90 % površine barjanskih gozdov.

Tako v habitatnem tipu kisloljubnih smrekovih gozdov kot v bukovih gozdovih prevladujejo debeljaki. V habitatnem tipu bukovih gozdov v smernicah za gospodarjenje prevladujeta nega debeljaka (39 % površine) in nega drogovnjaka (14,9 %). Uvajanje sestojev v obnovo so načrtovali na 12,6 % površine, zadržanega

uvajanja v obnovo pa na 8,7 %. V vseh habitatnih tipih prevladuje dobra zasnova pomladka. Za barjanske gozdove je značilno, da na 74 % površine ni predvidenega ukrepanja, nega debeljaka in drogovnjaka pa predstavljata 13,9 % in 7,9 % površine. V smernicah za kisloljubne smrekove gozdove prevladuje nega debeljaka (65,9 %), kar je posledica prevladujočega deleža (82,4 %) debeljakov v teh gozdovih.

4.3 Spremembe gozdnatosti in rabe prostora na območju gozdnih habitatnih tipov

Na podlagi ocenjene gozdnatosti in globine notranjega okolja pohorskih gozdov lahko osrednje območje, na katerem ležijo gozdni habitatni tipi, opišemo kot gozdnato krajino z ostanki gozdne krajine. Tako je bilo mogoče sklepati tudi na podlagi Valenčičevih (1970) podatkov o razširjenosti gozdov v katastrskih občinah na Slovenskem ob koncu 19. stoletja, Žumrove (1970) ocene o naraščanju gozdnih površin v obdobju med letoma 1896 do 1968 in Guličeve (2008) ocene o spreminjanju gozdnatosti na Pohorju nad 1000 m nadmorske višine v zadnjih dveh stoletjih.

V prikazanem modelu krajinske zgradbe (Slika 4) katastrski občini Kot in Kumen danes obsegata območja z največjo ocenjeno globino notranjega okolja gozda, hkrati pa sodita v skupino katastrskih občin z največjo ocenjeno gozdnatostjo in obsegata osrednje območje gozdnih habitatnih tipov. Obe katastrski občini smo primerjali na podlagi podatkov o današnji rabi prostora in franciscejskega katastra iz leta 1824.

Preglednica 2: Deleži rabe prostora v katastrski občini Kot, izračunani na podlagi karte rabe kmetijskih zemljišč (MKGP 2002), dopolnjene karte rabe prostora na podlagi infrardečih barvnih ortofoto posnetkov iz leta 2006 ter franciscejskega katastra iz leta 1824.

Raba in vrsta zemljišč	Današnja raba prostora		Kataster 1824
	MKGP (2002)	Dopolnjeno 2006	
Omejki		0.02	
Posamična drevesa		0.01	
Skupine dreves		0.05	
Njive in vrtovi	2.30	2.27	5.33
Vinogradi	0.01	0.01	
Intenzivni sadovnjaki	0.01	0.01	
Ekstenzivni sadovnjaki	0.28	0.28	
Travniki	8.50	3.84	5.52
Travniki s posamičnim drevjem in skupinami dreves		4.54	4.56
Barjanski travniki	0.07	0.07	
Zemljišča v zaraščanju	0.25	0.34	
Mešana raba zemljišč	0.47	0.50	
Gozd	85.99	85.91	84.02
Pozidana in sorodna zemljišča	2.03	2.06	0.41
Ostala zamočvirjena zemljišča	0.03	0.03	
Vode	0.06	0.06	0.16
SKUPAJ (%)	100.00	100.00	100.00
(ha)	3993,49	3994,70	

V obdobju med franciscejskim katastrom na začetku 19. stoletja do danes se je gozdnatost v obeh katastrskih občinah le malo spremenila – v katastrski občini Kot od 84 na 86 % (Preglednica 3), v Kumnu pa od 86 na 90,6 % (Šlaus 2007). Ob majhni spremembi gozdnatosti so nastale pomembne razlike v krajinski zgradbi. V času franciscejskega katastra so bile kmetije še povezane na območjih negozdnih zemljišč in jih niso ločevali pasovi gozdov kot danes. Šlausova (2007) je ugotovila, da so bili med nekdanjimi povezanimi kmetijami še okoli leta 1960 osnovani nasadi smreke na strmejših travnikih in pašnikih. Tako pogozdovanje je bilo značilno za vse kmetije, od najnižje ležečih na 420 m do tistih na najvišjih nadmorskih višinah na 800 m. V katastrski občini Kumen ni bilo nobene kmetije ali negozdnega zemljišča, ki bi ohranilo svojo velikost in obliko iz leta 1825. Njive so nekdanj obsegale petino negozdnih zemljišč, danes jih prerašča travinje za travniško in pašniško rabo.

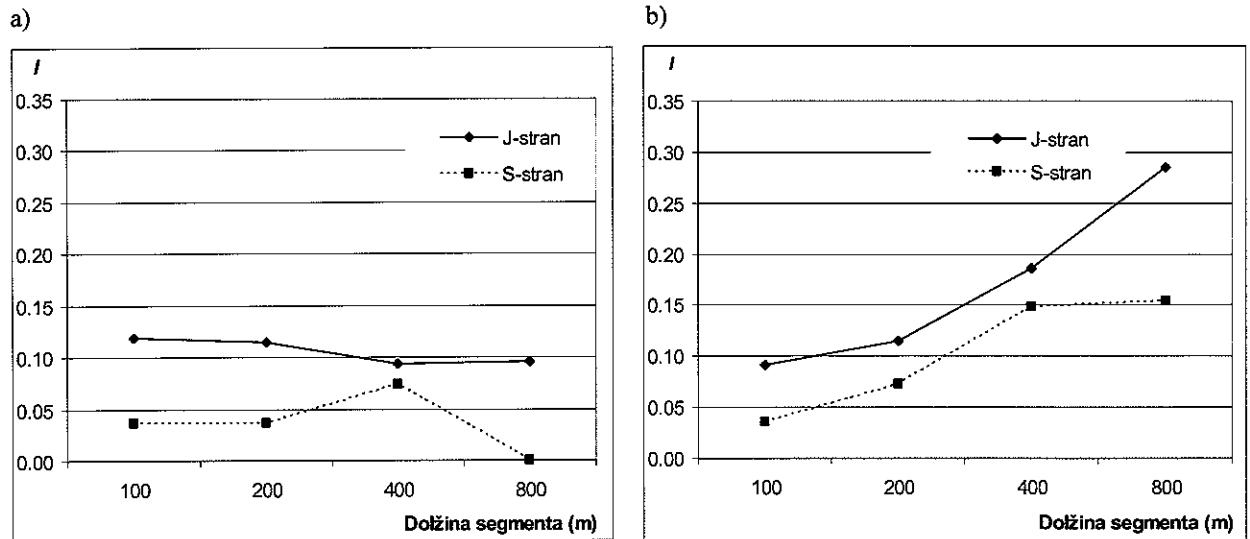
V katastrski občini Kumen smo ocenili, da so v obeh primerjanih obdobjih gozdovi obsegali 81,4 % površine trajnih gozdnih zemljišč, ki niso bila izkrčena za kmetijstvo in kasneje ponovno prepuščena gozdu. Morebitnega premikanja gozdnih robov po obdobju franciscejskega katastra nismo posebej raziskovali, ker na velike spremembe v zgradbi gozdov na osrednjem območju gozdnih habitatnih tipov kažejo že ocene o stopnji ohranjenosti in velik delež spremenjenih gozdov. Ocena o spremembah gozdnatosti je bila izhodišče za kasnejšo primerjavo krajinske zgradbe s transektno metodo.

Za primerjavo obeh obdobji smo izračunali, kako pogosto se je raba prostora zamenjala na transektu v katastrski občini Kot. V začetku 19. stoletja se je raba v povprečju zamenjala na vsakih 195 m, kar kaže na večjo odprtost tega prostora v primerjavi z današnjim, ko smo na osrednjem delu transekta ocenili povprečno menjavanje rabe prostora na 91 m, v spodnjem delu pa na 55 m. Nad 700 m nadmorske višine je bila raznovrstnost rabe prostora večja na karti iz leta 1824 (Slika 12). Obdelovalne površine so bile takrat tudi v katastrski občini Kot obsežnejše, kmetije so bile med seboj povezane, manj je bilo samotnih negozdnih zemljišč.

4.4 Transektna metoda za oceno pestrosti krajinske in sestojne zgradbe gozdov

Pred ocenjevanjem pestrosti krajinske in sestojne zgradbe gozdov smo preverili, kakšna je najprimernejša dolžina segmentov na transektu. Severno stran transekta smo razdelili na dva enaka dela in opazovali, kako pogosto se na njem menjuje raba prostora. V zgornjem 5600 m dolgem delu transekta ni bilo negozdne rabe prostora, v spodnjem delu pa se je raba zamenjala 48-krat oziroma v povprečju na vsakih 117 m. Daljšo južno stran transekta smo razdelili na tri enake dele z dolžino 6200 m. V zgornjem delu se tako kot na severni strani pojavlja le gozd, v srednjem delu se je raba zamenjala 68-krat (v povprečju na vsakih 91 m), v spodnjem delu pa 112-krat (v povprečju na vsakih 55 m). Podobne značilnosti smo ocenili tudi na karti gozdnih sestojev. Na zgornjem delu severnega transekta smo ocenili menjavanje sestojnih tipov na 100 m, v spodnjem delu pa v povprečju na 106 m. Na južni strani so se sestoji izmenjevali v povprečju na 114 m v spodnjem delu, na 75 m v srednjem delu in na 94 m v zgornjem delu.

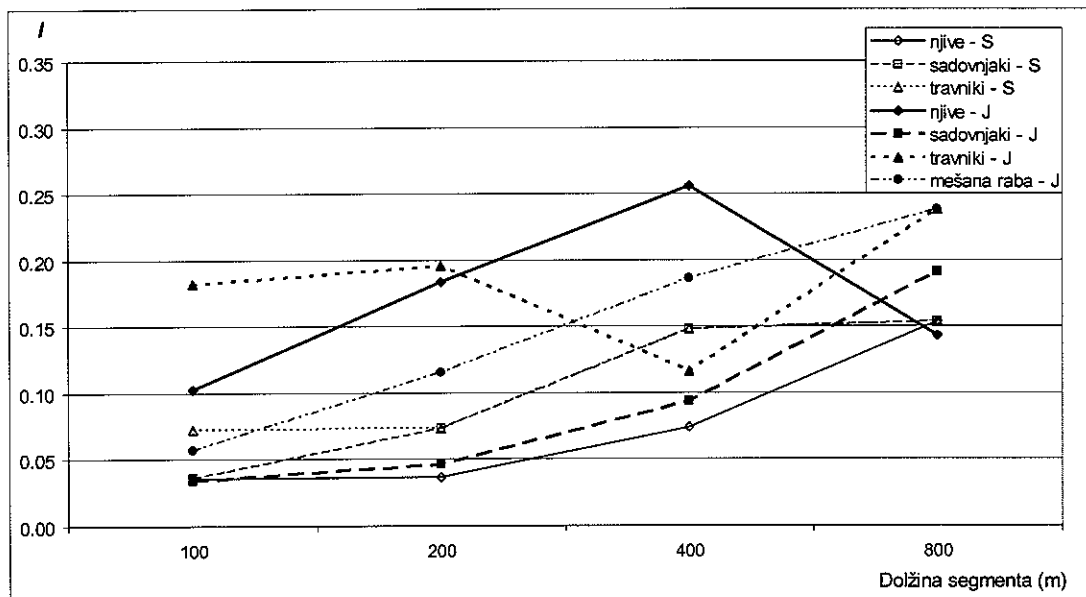
Tako na južni strani transekt kot na njegovi severni strani se večina rab zgoščeno pojavlja v spodnjem delu. To kaže na makroheterogenost te krajine. Pri gozdu je slika drugačna, saj se pojavlja na celotnem transektu, manj ga je le v spodnjem delu. Ko združujemo sosednje segmente med seboj, postane makroheterogenost te krajine še očitnejša.



Slika 10: Informacijska stopnja za gozdna zemljišča (a) in naselja (b), ocenjena na transektu z različno dolžino segmentov na severni in južni strani Pohorja.

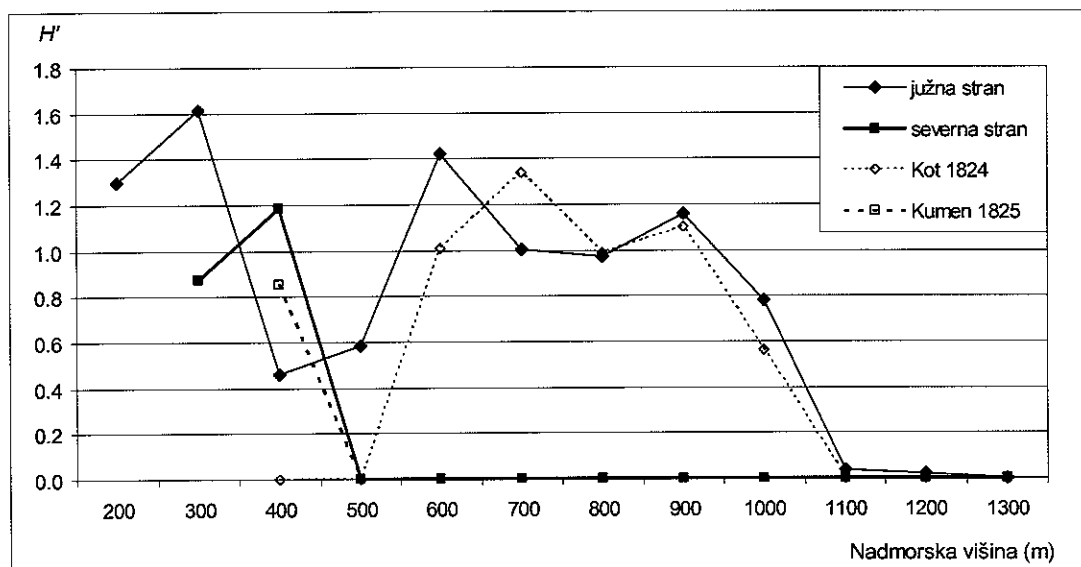
Na južni strani Pohorja je gozdna matica večkrat prekinjena z ostalimi rabami prostora. S povečevanjem dolžine segmentov se vrednosti znižujejo, ker so bile na transektu zajete tudi negozdne zaplate, manjše od 200 m. Naraščanje vrednosti na severni strani kaže, da smo na transektu zajeli negozdne zaplate, večje od 400 m, toda nobena ni obsegala segmentov, večjih od 800 m. Na severni strani smo največjo razdaljo negozdne zaplate določili pri Činžatu (616 m), na južni strani pa pri vasi Modrič (849 m), prikazani tudi na sliki 2. Na južni strani je več zaplat s pozidanimi zemljišči, strmo naraščanje vrednosti na sliki 10 pa kaže, da so razdalje med skupinami pozidanih zemljišč večje kot so dolžine segmentov, razporejene pa so na večjem delu transekt kot na severni strani. Na severni strani transekt so bila pozidana zemljišča strnjena na ožjem območju in niso obsegala takega gradienta kot pozidana zemljišča na južnem delu transekt.

Informacijsko stopnjo in prostorsko heterogenost kmetijskih zemljišč smo prikazali za tiste rabe, ki obsegajo več kot 1 % dolžine transekt. Različne vrednosti pri 100 metrih segmentih so posledica različne razdrobljenosti rab v prostoru (Slika 11). Travniki na južni strani dosegajo najvišje vrednosti, saj imajo največ zaplat in prehodov z ostalimi rabami. S povečevanjem dolžine segmentov so vrednosti za kmetijsko rabo naraščale, ker so bile zaplate posameznih rab oddaljene več, kot so znašale dolžine segmentov, to pa ponazarja tudi večjo heterogenost v krajini. Na sliki 11 je izrazito le zmanjšanje vrednosti za travnike in njive na južni strani, kjer je ob 400 m segmentih prišlo do povezovanja skupin travniških zaplat, za zemljišča njiv in vrtove pa smo ocenili podobne prostorske značilnosti kot za skupine pozidanih zemljišč na sliki 9, le da so bila manj pogosta kot pozidana zemljišča.



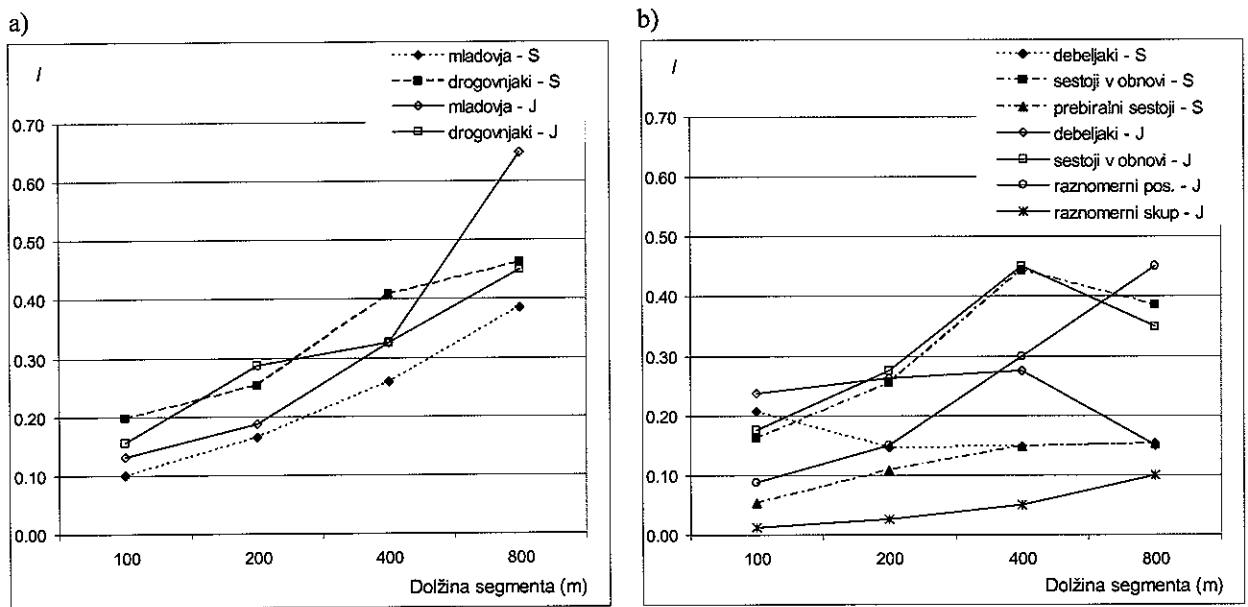
Slika 11: Informacijska stopnja za kmetijska zemljišča, ocenjena na transektu z različno dolžino segmentov na severni in južni strani Pohorja.

Večjo heterogenost rabe prostora na transektu smo potrdili tudi na podlagi Shannonov-Wienerjevega indeksa. Južna stran Pohorja je bila veliko bolj pestra kot severna, kjer je na transektu nad 600 m nadmorske višine prevladoval gozd (slika 12). Na južni strani so bila območja najbolj pestre rabe prostora do nadmorske višine 400 m in v pasu med 600 in 700 m nadmorske višine. Nižje vrednosti med 400 in 600 m nadmorske višine so posledica večje prostorske enote gozdne matice pri naselju Modrič.



Slika 12: Vrednosti Shannonovega indeksa pestrosti (H') za deleže današnje rabe prostora po višinskih pasovih na severni in južni strani transeкта. Označene so vrednosti indeksa za katastrski občini Kot in Kumen v času franciscejskega katastra.

V gozdovih na območju transektu prevladujejo sestoji debeljakov. Na severni strani prevladajo že pri 200 m segmentih na transektu, na južni strani pa so ob debeljaki pogoste tudi druge razvojne faze in sestojne zgradbe. Mladovja so najpogostejše oddaljena več kot 800 m, saj njihove informacijske vrednosti ob povečevanju dolžine segmentov ves čas naraščajo, na južni strani še izraziteje kot na severni strani transektu. Podobno naraščanje vrednosti smo ocenili tudi za sestoje drogovnjakov. Za oceno heterogenosti sestojne zgradbe so pomembni tudi sestojni tipi, ki imajo sicer majhen delež v skupni površini sestojev, lahko pa bi jih uporabili tudi za ponazoritev majhne prostorske heterogenosti in morebitnih nepredvidenih sprememb v gozdovih, o katerih bi poročali v obdobjih, krajših od 10 letne obnove gozdnogospodarskih načrtov.



Slika 13: Informacijska stopnja za mlajše (a) in starejše gozdne sestoje (b), ocenjena na transektu z različno dolžino segmentov na severni in južni strani Pohorja

Skupinsko raznomerni sestoji so bili določeni le na enem območju, oziroma le na dveh sosednjih 100 metrskih segmentih, zato je naraščanje informacijske stopnje do vrednosti 0,1 le posledica delovne metode, pri kateri se s povečevanjem dolžine segmentov zmanjšuje število parov, na katerih s premikajočim oknom ocenjujemo prisotnost takih sestojev na segmentih. Posamično raznomerni sestoji so sicer tudi redki, kajti na južnem delu transektu smo jih določili na 7 območjih, toda ta so bila razporejena od vznožja proti vrhu transektu na Pohorju, zato je njihova informacijska vrednost ves čas naraščala, vse do velikosti 800 metrskih segmentov.

5 Razprava in sklepi

Za ocenjevanje krajinske zgradbe na Slovenskem in zlasti za oceno fragmentiranosti gozdne matice ter gozdnih zaplat so bili doslej uporabljeni različni pristopi. Še preden se je razmahnila uporaba geografskih informacijskih sistemov je Golob (1990) s klastersko analizo ocenjeval krajinske tipe in njihove krajinskoekološke značilnosti na podlagi ocen gozdnosti, dolžine gozdnih robov, nadmorske višine, reliefnih značilnosti, gostote poselitve in povprečnih letnih temperatur. Anko in sod. (2000) so

ocenjevanje pestrosti slovenskih krajin in značilnosti krajinske zgradbe izpeljali na podlagi vzorčnega ocenjevanja po kilometrskih kvadratih. Hladnik (2005) je v okolju geografskih informacijskih sistemov prikazal model krajinskih tipov, v katerem so bile katastrske občine izhodišče za ocenjevanje današnje gozdnosti in njenih sprememb po obdobju franciscejskega katastra, raznovrstnosti rabe prostora in krajinske zgradbe. Danes je v informacijskih sistemih, ki jih vzdržujejo različna podjetja, ustanove, zavodi in agencije, mogoče pridobiti prostorske podatke, s katerimi lahko postavimo izhodišča za ocenjevanje procesov in sprememb v naravnem okolju, tudi za presojanje o krajinski strukturi in funkcijah, ki so potrebne za ohranitev habitatnih tipov. Toda pri povezovanju in preoblikovanju teh podatkov v morebitnih novih oblikah monitoringa naravnega okolja je treba pogosto premostiti številne metodološke in vsebinske razlike, ki so jih prostorski načrtovalci in drugi uporabniki prostora razvili pri vzdrževanju svojih informacijskih sistemov.

V monitoringu gozdnih habitatnih tipov je boljše prevzeti koncept krajinskoekološke členitve, kot izhajati iz tradicionalne razdelitve Slovenije na gozdnogospodarska območja in gozdnogospodarske enote. Prav Pohorje je dober primer, kako se na območju Natura 2000 srečajo tri gozdnogospodarska območja, ta pa so naprej še razčlenjena po posameznih gozdnogospodarskih enotah. V okolju geografskih informacijskih sistemov ni posebnih ovir za združevanje in preoblikovanje podatkov iz različnih območnih enot, prepočasi poteka le poenotenje kakovosti teh prostorskih podatkov (Poljanec, 2005). Koncept gozdnogospodarskih razredov oziroma rastiščnogojitvenih tipov je v gozdarskem načrtovanju uveljavljen že desetletja in tudi predlog gozdnih habitatnih tipov na Slovenskem je bil zasnovan na podlagi gozdnogospodarskih razredov. Golobove (2006) ocene, da bo za habitatne tipe treba izboljšati podatke o ekoloških razmerah in ohranjenosti gozdov, veljajo tudi za gozdne habitatne tipe na Pohorju, za katere smo na podlagi podatkov gozdarskega informacijskega sistema oblikovali izhodišča za monitoring njihove ohranjenosti.

Na območju habitatnih tipov je težko sklepati o prvobitnosti gozdnih ali travniških površin le na podlagi današnje rabe prostora. Gulič (2008) je v raziskovanju krajinskih sprememb na Pohorju ocenil, da so tudi v najvišjih predelih potekali obširni procesi krčenja gozda in njegovega ponovnega vračanja na opuščene površine. V času franciscejskega katastra je nad 1000 m nadmorske višine ocenil 92 % gozdnost, za 10 % nižjo pa je ocenil na kartografskih virih iz leta 1937. Gozdni robovi in površine travinja so se nad 1000 m premikali tako, da je v vseh obdobjih po začetku 18. stoletja gozd obstal le na 69 % površine, trajna negozdna zemljišča pa je Gulič (2008) ocenil le na 2 % površine. Današnje zaplate travišč med Veliko Kopo in Roglo izvirajo iz nekdanjih požganin, na katerih gozda niso obnovili in so se spremenile v travišča volkovja, del gozda pa je bil izkrčen za smučišča.

Na Pohorju je na podlagi prostorskega modela gozdnate krajine in predstavljenih kazalcev mogoče še pričakovati večje spremembe na območju habitatnih tipov. V gozdnih habitatnih tipih prevladujejo debeljaki in bodo površinske spremembe gozdnih sestojev le del načrtnega gospodarjenja - vsaj za habitatni tip bukovih gozdov je predvideno uvajanje v obnovo na 20 % površine. Težje bo ohraniti današnje površine travišč s prevladujočim navadnim volkom (*Nardus stricta*), kajti gospodarjenje z gozdovi in vzdrževanje negozdnih zemljišč na Pohorju je v veliki meri odvisno od učinkovitosti kmetijske politike in razvojnih programov podeželja. Kovacič in sod. (2000) so v študiji razvojno-tipološke členitve podeželja v Sloveniji

ocenili, da podeželje ni homogeno niti v geografskem, niti v gospodarskem ali socialnem pogledu. Na Pohorju so določili območja zmernega praznjenja podeželskih krajevnih skupnosti prav v tistih katastrskih občinah, ki so v naši oceni obsegala največjo gozdnatost in osrednje območje habitatnih tipov. Do leta 2000 odseljevanje mladih sicer ni bilo tako intenzivno kot na drugih slovenskih območjih, za katera sta značilna zmanjševanje števila prebivalstva in indeks staranja, pri katerem ni več mogoče ohranjati istega števila prebivalcev brez priseljevanja, toda opuščanje kmetijske rabe in odmiranje posameznih kmetijskih gospodarstev je značilno tudi za ta območja na Pohorju (Šlaus, 2007).

Na podlagi Pravilnika o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (2006) so bila postavljena izhodišča, ob predvidenem najmanj pet letnem obnavljanju podatkov v tej evidenci, ki ga določa Zakon o kmetijstvu (2008), pa bodo zagotovljeni tudi ažurni podatki za monitoring površinskih sprememb rabe prostora na območju habitatnih tipov. Določila omenjenega zakona in nov koncept cikličnega aerosnemanja Slovenije z novo tehnologijo digitalne kamere po letu 2006 bosta tudi gozdarskim načrtovalcem omogočila učinkovitejše ocenjevanje površinskih sprememb v gozdnih habitatnih tipih. Gozdnogospodarski načrti predstavljajo izhodišče za ocenjevanje zgradbe gozdov in gozdnih sestojev na krajinski ravni. Na podlagi podatkov v gozdarskem informacijskem sistemu (Matijašič in Šturm, 2006) bo mogoče poročati o gozdnih habitatnih tipih, najpogosteje na ravni posameznih gozdnogospodarskih razredov, kot je predlagal tudi Golob (2006). Če bodo gozdarski načrtovalci poenotili kakovost sestojnih kart in jih bodo obnovili ob 10 letnih načrtovalskih obdobjih, bodo postale izhodišče za poročanje o večini najpomembnejših kazalnikov ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov (površina, gozdni rob, razvojne faze, vrstna sestava gozdnih sestojev), del teh pa že ocenjujejo ali jih je mogoče izluščiti iz podatkov kontrolne vzorčne metode (odmrlo drevje, debelo in habitatno drevje).

Možnosti za vzdrževanje kart gozdnih sestojev na podlagi novih digitalnih letalskih posnetkov so bile že prikazane (Hladnik in Skudnik, 2007), v tem prispevku pa smo posebej predstavili transektno metodo za ocenjevanje pestrosti krajinske in sestojne zgradbe, s katero bi lahko hitreje presojali o dosedanjih krajinskih spremembah na Slovenskem. Za ocenjevanje krajinskih sprememb in prvobitnosti gozdnih zemljišč smo v prvem obdobju uporabe geografskih informacijskih sistemov veliko časa porabili za vektorsko digitaliziranje arhivskih kart, v gozdnatih krajinah pa so bile spremembe gozdnatosti pogosto majhne, na te ocene pa so vplivale tudi pozicijske napake, ki so nastale ob spajanju posameznih listov franciscejskega katastra in glajenja robov na teh listih. Numerični postopek ravnanja robov grafičnih zemljiško-katastrskih načrtov so geodetski strokovnjaki zavrnili (Demšar, 1995; Radovan, 1995), kajti v sicer relativno natančno parcelno stanje na območju ledin so bila vnešena nova popačenja, najmanjša pozicijska natančnost teh načrtov pa je bila prav na območju gozdov na mejah katastrskih občin.

Podobne težave bodo nastale tudi pri vzdrževanju in obnovi kart gozdnih sestojev, za katere v prejšnjem desetletju ni bilo vedno na voljo dovolj kakovostnih ortofoto posnetkov, razmejevanje gozdnih sestojev brez stereoskopskega opazovanja letalskih posnetkov pa je bilo v pestrih sestojnih razmerah na Slovenskem manj zanesljivo (Skudnik et al., 2008). Zato ne bo mogoče vselej zanesljivo ocenjevati površinskih sprememb v gozdnih sestojih ali presoјati o obsegu poškodovanih gozdov le s

preprostim prekrivanjem sestojnih kart v okolju GIS. Transektna metoda je primerna za hitro oceno sprememb v krajinski zgradbi, uporabili bi jo lahko za spremljanje razvoja gozdnih sestojev na vegetacijskih profilih, za prvo oceno o obsegu nepredvidenih sprememb v gozdovih ali morebitnih sprememb v površinski strukturi gozdnih sestojev. Tem različnim postopkom ocenjevanja zgradbe gozdov in njenih nepredvidenih sprememb je treba le prilagoditi velikost segmentov, število ter razporeditev transektov v prostoru.

6 Literatura

Bibič A. 2007. Program upravljanja območij Natura 2000: 2007–2013: operativni program. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 88 str.

Cantarello, E., Newton, A.C., 2008. Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites. *Forest Ecology and Management*, 256, 815–826.

Cenčič L. 2003. Značilnosti gospodarjenja z gozdovi na Dravskem Pohorju v devetnajstem in dvajsetem stoletju. *Gozdarski vestnik*, 61, 1, 3–20.

Forman R.T.T., Godron M. 1986. *Landscape ecology*. New York, John Wiley & Sons: 619 str.

Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 632 str.

Demšar, B., 1995. Transformacija grafičnih zemljiško-katastrskih načrtov – Ravnanje robov načrtov. *Geodetski vestnik*, 39, 4, 280–284.

Godron M. 1966. Application de la théorie de l'information a l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. *Oecol. Plantarum*, 1, 187–197.

Golob, S., 1990. Prostorsko preučevanje in spremljanje pustošenja in propadanja gozdov ter spreminjanja namembnosti gozdnega prostora. Ljubljana, IGLG, 213 str.

Golob, S., Mrakič, J., 1987. Pomen lesnoproizvodne funkcije za lastnike gozdov na osrednjem Pohorju. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 29, 163–192.

Golob, A., 2006. Izhodišča za monitoring ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov in habitatov vrst na območjih Natura 2000 v Sloveniji. V: Hladnik, D. (Ur.). *Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 223 – 245.

Golob, A., Fajon, Š., Krma, P., 2008. Prečni profil gozda - Draga. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Gozdarski inštitut Slovenije, plakat.

Gustafson, E.J., Parker, G.R., 1992. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. *Landscape Ecology*, 2, 101–110.

Habitatni tipi Natura 2000, 2007, Ministrstvo za okolje in prostor.
http://www.natura2000.gov.si/index.php?id=106&no_cache=1, (29. jun. 2007)

Hladnik, D., 1998. Gorski gozdovi v krajinski matici na Slovenskem. V: Diaci, J. (Ur.), Gorski gozd - Zbornik referatov/XIX. Gozdarski študijski dnevi. Logarska dolina, Marec 26–27, 1998. BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, str. 451–464.

Hladnik, D., 2005. Spatial structure of disturbed landscapes in Slovenia. *Ecological Engineering*, 24, 17–27.

Jošt, M., 2007. Problematika vključevanja območij Natura 2000 v zasnovo gozdnogospodarskega načrtovanja. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 89 str.

Korent, D., 1952. Pohorske glažute in njihov vpliv na gozdove. *Gozdarski vestnik*, 10, 240–246.

Kovačič, M., Gosar, L., Fabijan, R., Perpar, T., 2000. Razvojno – tipološka členitev podeželja v Republiki Sloveniji. *Agrarna ekonomika in politika*, Študije 6, 129 str.

Kienast F. 1993. Analysis of historic landscape patterns with a Geographical Information System – a methodological outline. *Landscape Ecology*, 8, 2, 103–118.

King, A.W., With, K.A., 2002. Dispersal success on spatially structured landscapes: when do spatial pattern and dispersal behavior really matter? *Ecol. Model.*, 147, 23–39.

Luck M., Wu J. 2002. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology* 17, 327–339.

Matijašič, D., Šturm, T. 2006: Sestojna karta Slovenije. V: Hladnik, D. (Ur.). Monitoring gozdpodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. *Studia forestalia Slovenica*, 127, 73–82.

Meerman, J.C., 2004. Columbia forest reserve.
http://biological-diversity.info/Downloads/CRFR_REA_report.pdf

Noss, R.F., 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management*, 115, 135–146.

Poljanec, A. 2005: Analiza obravnavanja sestojev kot inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, BF, 112 str.

Pravilnik o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Ur.l. RS, št. 90/2006.

Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. Uradni list RS, št. 5/1998.

Pregled map zemljiških katastrov 19. st. (digitalizirano arhivsko gradivo), Arhiv RS.
<http://sigov3.sigov.si/cgi-bin/htqlcgi/arhiv/>, (10. 9. 2007)

Program razvoja podeželja RS za obdobje 2007–2013. Modelne kalkulacije za izračun višine plačil za območja z omejenimi možnostmi.

http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/saSSo/PRP_2007-2013/Priloga_6_PRP_200-2013_K.pdf, (21.9.2007)

Rajšp, V., 1995. Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787. Znanstveno-raziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti in Arhiv Republike Slovenije, Ljubljana.

Radovan, D., 1995. Replika na članek Numerični postopek ravnanja robov katastrskih načrtov grafične izmere. Geodetski vestnik, 39, 4, 309–312.

Rapid assessment program 2001. Conservation international. (5.6.2008)

<http://www.shoulderhigh.com/cirap.pdf>, (5.6.2008)

Sayre R., Roca E., Sedaghatkish G., Young B., Keel S., Roca R., Sheppard S. 2000. Nature in focus: rapid ecological assessment. Washington, D.C., Island Press.

Skoberne P. 2006. Poročevalske obveznosti Slovenije na področju varstva narave.

http://www.natura2000.gov.si/uploads/tx_library/porocevalske_obveznosti.pdf, (18.4.2008)

Šlaus, B., 2007. Ocenjevanje krajinske zgradbe na Pohorju. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 86 str.

Špes, M., 2002. Študija ranljivosti okolja (metodologija in aplikacije). Geographica Slovenica, 35, 1/2. Ljubljana, ZRC, 150 str.

Uredba o posebnih varstvenih območjih (Natura 2000 območjih). Ur.l. RS, št. 49/04.

Valenčič, V., 1970. Razširjenost gozdov na ozemlju Republike Slovenije konec 19. stoletja. V: Blaznik, P., Grafenauer, B., Vilfan, S. (Ur.), Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev Zgodovina agrarnih panog. I. zvezek. DZS, Ljubljana.

Winter, S., Chirici, G., McRoberts, R.E., Hauk, E., Tomppo, E., 2008. Possibilities for harmonizing national forest inventory data for use in forest biodiversity assessments. Forestry, 81, 1, 33–44.

With, K.A., King, A.W., 2001. Analysis of landscape sources and sinks: the effect of spatial pattern on avian demography. Biol. Conserv., 100, 75–88.

Zakon o gozdovih. Ur.l. RS, št. 30-1299/93.

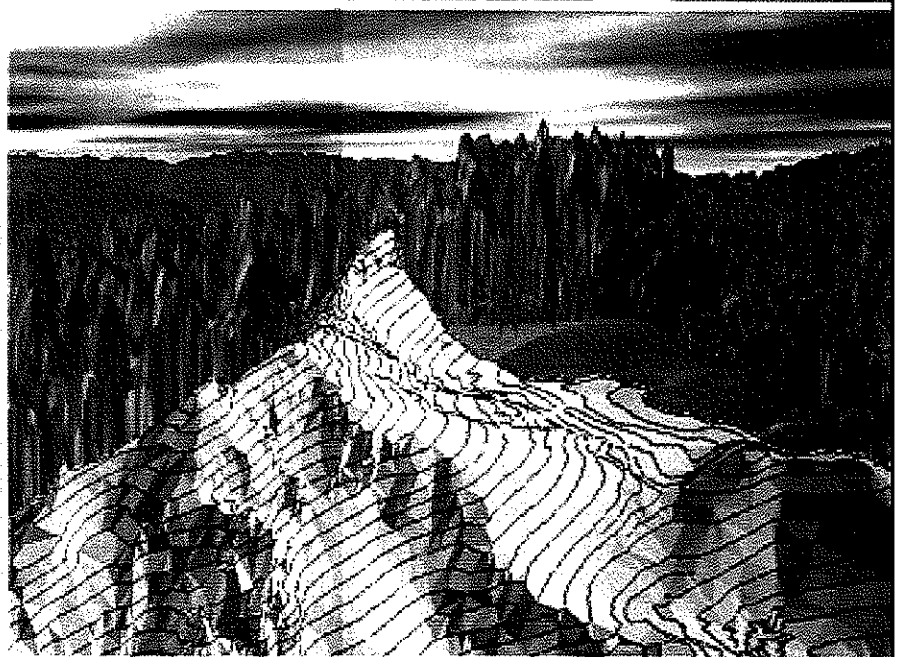
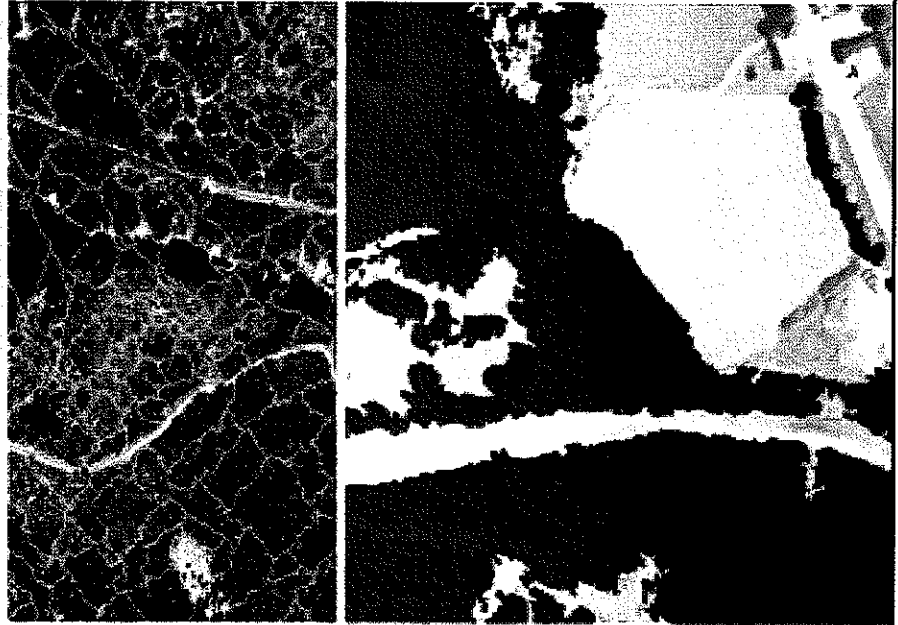
Zakon o kmetijstvu. Ur.l. RS, št. 45/08.

Der gepixelte Wald

Forstliche Fernerkundung

vor dem Hintergrund aktueller
Entwicklungen in Umwelt und Technik

BAVERISCHE
FORSTWIRTSCHAFTLICHE
ANSTALT



LWF

Freising-Weihenstephan
25. Januar 2008

Zentrales Hörsaalgebäude - TU München HS 21

Stand Mapping techniques for forest management in Slovenia

David Hladnik, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Vecna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
david.hladnik@bf.uni-lj.si

Mitja Skudnik, Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
mitja.skudnik@gozdis.si

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten haben die Wälder und die Forstwissenschaft neue Rollen und eine breitere Bedeutung bekommen. Die Zahl der Informationen über die Wälder und der Umfang der Arbeit in der Waldinventur haben sich sowohl innerhalb des Staates, als auch für die Berichterstattung im Rahmen der internationalen Pflichten erhöht. Das Slowenische Waldservice stellt die regionalen waldwissenschaftlichen Pläne, die operativen Pläne der waldwissenschaftlichen Einheiten und die Waldpflegepläne her. Das Konzept der Waldinventur, mit der wir die Angaben für die Planung sammeln, muss dem Konzept des Waldwirtschaftens und den Waldpflegeplänen, dem Waldzustand und der Vielgestaltigkeit ihrer Struktur, dauerhaftem Wirtschaften und der Multifunktionalität der Wälder angepasst werden.

Mit der Entwicklung des Monitorings und der Kontrollstichprobenmethode wurden verschiedene Techniken der Fernerkundung in die Waldinventur eingeführt. Die primären Methoden der Datensammlung umfassen die Feldarbeit, die Kontrollstichprobenmethode, die Fotointerpretation der Luftaufnahmen, die digitale Orthofototechnologie und die Interpretation der multispektralen Satellitenaufnahmen. Die Entwicklung der digitalen Orthofototechnologie und der digitalen Fotogrammetrie hat ein neues Arbeitskonzept auch in der Herstellung der Waldbestandskarte ermöglicht. Das Slowenische Waldservice hat vor zehn Jahren begonnen, die Waldbestandskarten für die ganze Staatsfläche herzustellen und hat jedes Jahr, wenn die waldwirtschaftlichen Pläne erneuert wurden, neue Karten für ein Zehntel des Staates angefertigt. In dem Beitrag sind die Techniken, die bei der Kartierung der Waldbestände verwendet wurden, dargestellt und die Vorschläge für die effektivere Arbeit und Verwendung der neuen digitalen, mit der Kamera Intergraph DMC aufgenommenen Luftaufnahmen, gegeben. Die Waldbestandskarte kann mit der Technologie des digitalen Stereoplotters (Digital Images Analytical Plotter – DIAP) in der Umgebung der geographischen Informationssysteme effektiv aufrechterhalten werden.

Schlüsselworte: Bestandes Karten/Luftbildinterpretation/Geographischen Information System/Forstliche Planung

Introduction

Over the last decades, the role of forests and forestry in Slovenia has become broader. The information needs on forests and the scope of forest inventories have widened, which concerns both the national needs and the needs for reporting at the international level. Despite different spatial levels and different objectives, monitoring should not be split into separate parts in order to gain the best possible information, fulfill planning and management objectives, and to eliminate redundant data. The concept of forest inventory should be adapted to forest management practices and silvicultural treatments, forest conditions and a diversity of stand structures, and sustainable and multifunctional use of forests. On the other hand, in the collaborative planning the forest information system, delivered to other sectors, will help to disseminate knowledge on forest ecosystems and will promote basic forest management principles in the nonforestry environment (Kovač 2002).

According to Slovenian Forest Service, forests cover 11,700 km² or 58 % of the total land area, with an average growing stock of 262 m³ per hectare, and the annual increment reaches 6.5 m³/ha. Most Slovenian forests are located within the area of beech, fir-beech and beech-oak sites (70 %). A high diversity of natural conditions in forests, historical development in the past centuries, and nature-based silviculture in the last 50 years, favouring mixed uneven-aged stands, site adapted tree species and selective harvesting of single trees or small groups of trees, have created a great variability of forest structures. After the second World War the clear-cut system was forbidden and the selection system with natural regeneration was implemented on the entire forest area. Regular inventories and management plans for all the forests were introduced and the control method was applied as the fundamental forest management tool. Later, the irregular shelterwood system and silvicultural planning were implemented, and finally the original free style silvicultural technique was developed. Diaci (2006) presented the historical development of nature-based forestry in Slovenia and stressed the main contemporary problems of silviculture, which are similar to those in neighbouring countries – they include a decrease in forest tending and decreased interest in regular management. To overcome these problems within silviculture he suggested improvement of traditional tending and development of new silvicultural models. Nowadays the systems based on natural selection and indirect management of regeneration with canopies are favoured, natural structures are respected (e.g. thinning of groups, use of advance regeneration), natural competition is employed, associative species are favoured, and secondary stands are utilized.

Other processes affecting the complexity of the forest inventory and stand mapping continue. About 74% of the forest area belongs to private property, consisting of many small forest estates, with an average of only 3 ha, commonly characterized by many separate parcels. On the other hand, forests cover nearly 70% of Natura 2000 sites in Slovenia. The integral monitoring of these sites, incorporated into the planning process was assessed to be most efficient, cost-effective and most suitable for the conditions in Slovenia. Most of the indicators relevant for assessing conservation status and monitoring were found to be already in use in the forest management planning system. Golob (2006) estimated that certain adaptations and improvements would have to be made to fully integrate Natura 2000 requirements into sustainable forest management, which is being ensured through forest management plans at management units and regional levels.

Slovenia uses a three-level planning system, conducted by the Slovenian Forest Service: regional forest management plans for 14 regional units, operational plans for 236 forest management units and silvicultural plans. According to the existing forest planning system, stands were often delineated and described twice, and were subject of two detailed plans: forest management plans and silvicultural plans. Poljanec (2005) estimated that inadequate

connections existing between these two planning levels in terms of content and organisation were evident in the collection of highly detailed stand data, over-emphasised importance of stand inventories in silvicultural planning and poor adaptability of detailed planning to real conditions (nature, ownership structure, socio-economic conditions).

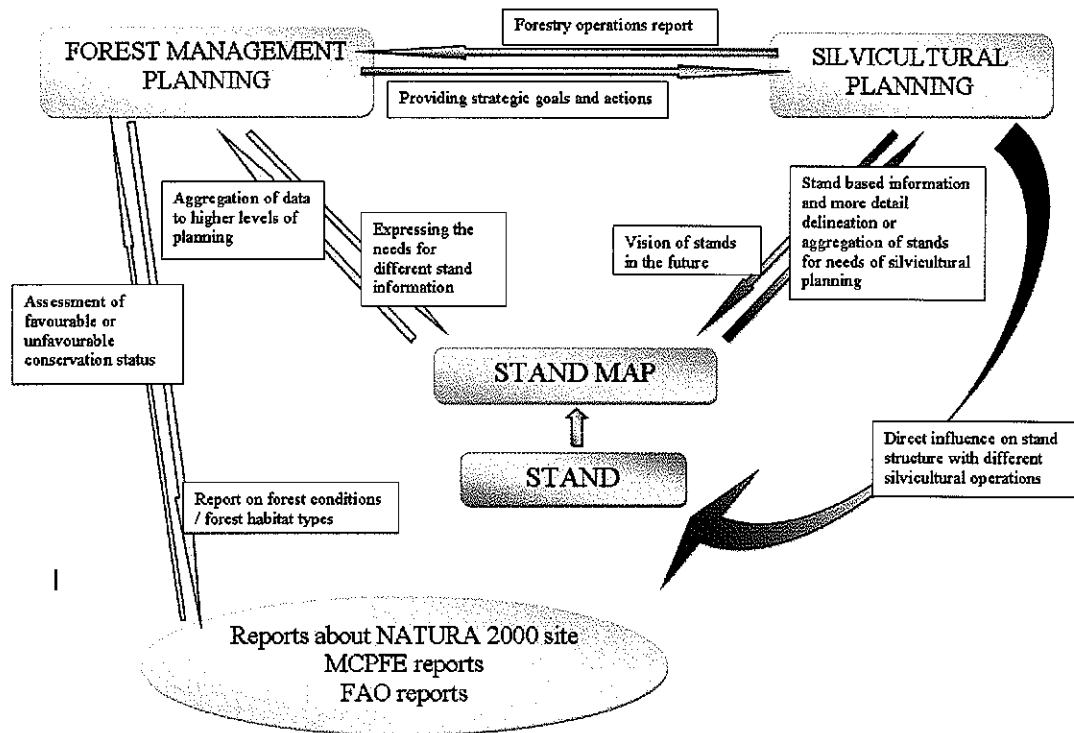


Fig. 1. The position of stand mapping and links between forest management and silvicultural planning

Sources of stand information in forest inventory

With the development of monitoring and Control Sampling Method in field inventories, different techniques of remote sensing data collection were introduced into forest inventory. The primary methods of data collecting include field surveys and continuous forest inventory, photointerpretation of aerial photographs, digital orthophoto technology and interpretation of multispectral satellite imagery.

Despite the long tradition in forest management and silviculture planning, the permanent sampling plots and interpretation of aerial photographs were first used in a forest inventory in Slovenia 35 years ago. In the 1980s, a compilation of forest stand maps started to emerge, but simple instruments designed for the transfer of stand delineation from the aerial photographs were not efficient and not accurate enough in hilly and mountainous regions. Remote sensing methods have been implemented in forest inventories to a greater extent since the outbreak of the forest decline in the 1985 when both panchromatic and colour infrared photographs were acquired. In that period the basic methods of visual photo-interpretation were developed (Hočevar and Hladnik, 1988); the Slovenian Forestry Institute and the Department of Forestry of Biotechnical Faculty (University of Ljubljana) started to develop a computer based system for monorestitution of aerial photographs. Both

institutions have been continuing the development of mapping procedures in forestry by simple analytical stereo plotting (APY) and monoplotting systems (MONOPLOT, AMS).

Forest inventories employed aerial photographs from the Slovenian Surveying and Mapping Authority's regular flight program to update the national maps. Cyclic aerial surveys in Slovenia were implemented between 1975 and 2005, predominantly in the monochromatic photographic technique with an airplane-mounted analogue cameras (Carl Zeiss-LMK 1000 camera, $f=21$ cm and 30.5 cm; Leica RC-30 camera, $f=15$ cm) and, as a rule, in five and three year cycles. The most common survey scale was 1:17,500. This scale was chosen since one photograph (23 cm x 23 cm) covers one sheet of a basic topographic map at 1:5,000 scale (2,250 m x 3,000 m). Special aerial surveys with infrared photographs in larger scales (1:6000 to 1:10,000) were implemented for some forestry enterprises in the 1985, 1988 and 1992. In 2006 the entire territory of Slovenia was surveyed with a digital camera (Intergraph Z/I DMC) in the visible colour spectrum and infrared spectrum.

Application of digital softcopy photogrammetric techniques in forest inventory

The advent of technology of the digital orthophoto and digital photogrammetry provided new concepts for production of forest stand maps. At the beginning of the 1990s the first digital ortho photographs were produced (Hočevár et al. 1994) with the aid of the R-WEL Desktop Mapping system (DMS) software package. Since then, digital ortho photographs have been increasingly used to rationalise stand mapping, to conduct continuous forest inventories, and to stratify the forest stands. Slovenia was first completely covered by digital orthophotos in 2001. Using the digital camera images from 2006 new orthophotos with the resolution of 0.25 meters were made for 14 % of the territory of Slovenia and 0.5 meters for the entire territory. Additionally, an orthophoto in the infrared spectrum and with a 1-meter resolution was made. Orthophoto updating is planned at 3- to 5-year cycles, depending on the number of changes in space as well as the interest and needs of users (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenija, 2006).

By introduction of new methods into forest inventory, the gathering of forest stand data for the purpose of forest management and silviculture planning started in 1997 by the personnel of the Slovenian Forest Service. One tenth of the surface of Slovenian forests was mapped annually as a part of the Forest management planning system. In the 2007 the stand maps for 236 forest management units were made and verified in a geographic information systems (GIS) environment. Although the stand maps were delineated on the basis of digital orthophotos and field recognition by the Slovenia Forest Service, these maps, while essential, do not consistently provide the detailed information and flexibility required to monitor changes in forest development or in daily assessment of the stand structure in relation to forest measures and silvicultural planning. The maintenance procedure for forest stand mapping is still a problem to be resolved (Matijašić and Šturm, 2006).

Nowadays, aerial photography is incorporated into the inventory design as one of its most important data sources. Digital orthophotos serve as a basis for all stand and other thematic maps in forestry and in the coordination with planners from other fields of spatial planning at the landscape and ecosystem level. In several studies it was demonstrated how digital photogrammetry, photointerpretation and GIS techniques were refined and adapted to permit the construction of a stand map database. Previously, the construction of stand maps was facilitated by the integration of traditional analog and softcopy photogrammetric techniques, described also by Welch et al. (2002).

Photogrammetric Operations

Scan Photos

Scan 1:10,000 or 1:17,500 photos
at 42 μm resolution (600 dpi)

Ground Control Points

Identify and digitize GCPs from
topographical maps or orthophotos

Digital Orthophoto Generation

Compute exterior orientation parameters
and create orthoimage using DEM

Photointerpretation Operations

Prepare Photos for Interpretation

Register overlays to photos,
annotate fiducial marks

Photointerpretation

Delineate forest stands on the overlays

Scan Overlays

Digitize the fiducial marks and GCPs

Register Overlays to Photos

Measure fiducial mark and GCP
coordinates on scanned overlays

Orthorectify Scanned Overlays

Raster to vector Conversion

Convert corrected raster delineation
to vectors in GIS

Fig. 2. Diagram showing relationships between photogrammetric and photointerpretation operations (Adapted from Welch (2002)).

Photointerpreters must view the forest structure in stereo within the context of the permanent forest compartment units in order to identify and interpret the changes in stand structure. This is most easily done using a stereoscope to view the analog air photos so that the stand structure can be assessed in relation to development stage or form, crown closure, spatial arrangement and composition of the different tree species.

Before the photointerpretation, transparent plastic overlays were taped to the air photos and the fiducial marks were transferred to the overlays by means of a technical pen. The polygons corresponding to the stand types were outlined on the overlay while viewing the air photos through a stereoscope. This was a simple method of creating a stand map using traditional analog photointerpretation techniques and traditional knowledge of the photointerpreters. The scanning process for delineated overlays was done by the desktop Epson scanner at a resolution set to 42 μm . All fiducial marks, ground control points and delineated stand borders on the overlay were converted to raster format. The parameters derived from the differential rectification of the scanned air photos were applied to the scanned overlay files via registration with the transferred fiducial marks.

The orientation parameters in conjunction with the DEM were used to differentially rectify the scanned air photos and generate orthophotos. These orientation parameters allowed the vector overlays generated as a part of the photointerpretation procedure to be differentially rectified as well and assigned correct coordinates referenced to the national coordinate system. After differential rectification of the scanned raster overlay files, these files were converted to vector format, edited and saved in ArcInfo Shape format. At the beginning of the 1990s, when the DEM with a cell size of 100 m was used, the RMS values for the coordinates of the orthophotos and stand maps did not exceed 7 m (Hočevár et al. 1994). Ground control points and the planimetric errors were identified and measured on the 1:5000 and 1:10,000-scale topographic maps (accurate to within ± 3 m in urban areas). In the next years, the data has been successively refined to achieve accuracy of the topographical maps (Kosmatin Fras 2004). At present, the first reports of the Surveying and Mapping Authority's of the Republic of Slovenia showed that the positional accuracy of the new orthophotos is better than 0.5 m (Prešeren 2007).

Unfortunately, the stand mapping in the last decade, conducted by Slovenian Forest Service, was rarely based on the application of photogrammetric procedures with stereoscopes or desktop photogrammetric systems. The quality of the spatial data set in the existent stand maps was estimated using a digital stereoplotter (Digital Images Analytical Plotter – DiAP) and new digital aerial photographs. For the operational work based on traditional knowledge of the photointerpreters ISM DiAP models were imported and converted into a SUMMIT EVOLUTION project (DAT/EM 2007). DAT/EM Capture interfaces technology of digital stereoplotter directly to ArcGIS editor ArcMap. For maintaining stand maps we have tested and proposed the following steps:

- input 2D shapefiles were converted to 3D with elevations based on the input DEM file,
- vector data of forest compartments or previous stand maps from ArcGIS (ArcMap interface) were superimposed over the main stereo images view,
- to facilitate the work before digitizing or editing stand map the terrain following option loads DEM point file from which elevation information is received and the cursor position Z is automatically set to an interpolated elevation.

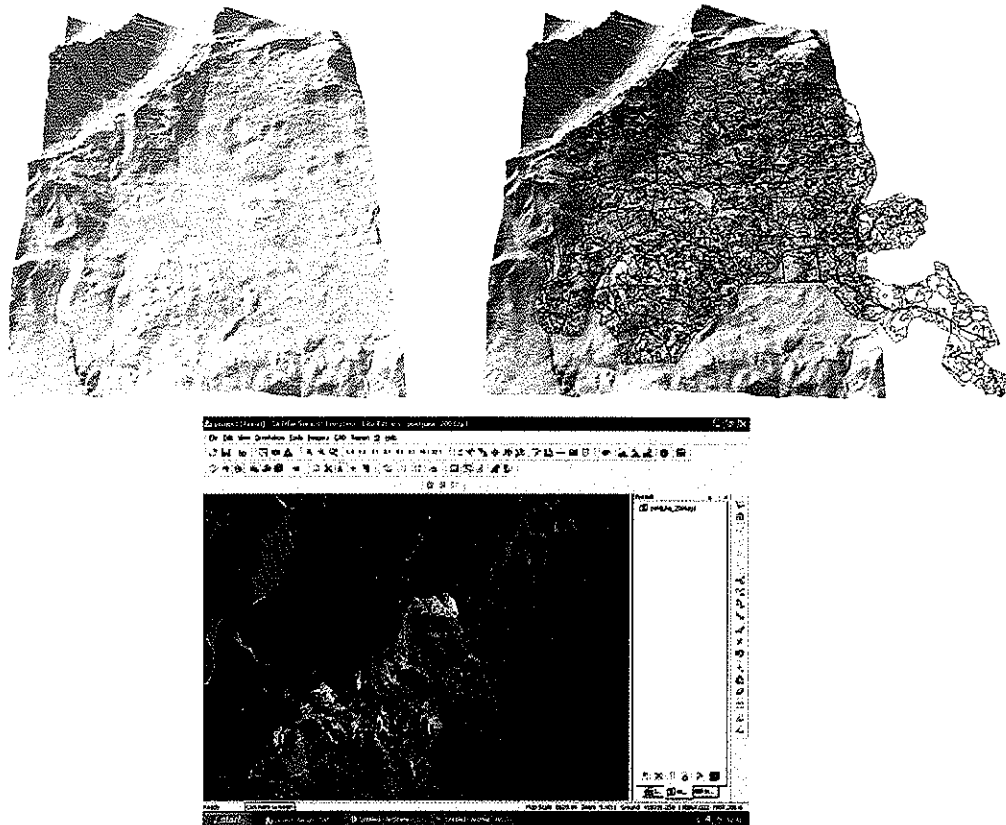


Fig. 3. Maintaining stand maps in 3D mapping and GIS environment

Our estimation revealed adequate quality for forest stand maps in even-aged forests in the Alpine region, while greater deficiencies were noticed in former selection forests on the Karst Plateau. It is very likely that digital photogrammetry will supersede traditional photointerpretation techniques in the forest inventory conducted by Slovenia Forest Service. Forest stand mapping based on the application of desktop digital photogrammetric techniques offer significant advantages for the editing process and collecting 3D geographic information from stereoscopic digital imagery with better spatial accuracy and interpretation capability for the extraction of thematic detail. A minimum mapping unit of 0.5 ha was considered during the mapping of forest stands in the two test areas, but for the young growth a smaller minimal area (0.1 ha) has been suggested. The efficiency of maintaining and renewal of forest stand maps is greatly enhanced by using a digital stereoplotter interfaced directly to a GIS editor.

Literature

DAT/EM 2007. Summit Evolution digital photogrammetric workstation. Operational Manual. Anchorage, DAT/EM Systems International, 2007.

Diaci, J., 2006. Nature based silviculture in Slovenia: origins, development and future trends. In: Diaci, J. (ed.). Nature-based forestry in Central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation. *Studia forestalia Slovenica* 126, 119–131.

Golob, A., 2006. Izhodišča za monitoring ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov in habitatov vrst na območjih Natura 2000 v Sloveniji. (Bases for monitoring conservation status of forest habitat types and habitats of species on Natura 2000 sites in Slovenia). In: Hladnik, D. (ed.). Monitoring godpodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. (Monitoring the management of forests and forested landscapes). *Studia forestalia Slovenica* 127, 223–245.

Hočevar, M., Hladnik, D., Kovač, M., 1994. Verwendung digitaler Orthophotokarten fuer die forstliche Bestandeskartierung. In: *Photogrammetrie & Forst - Stand der Forschung und Anwendungen in der Praxis*. Freiburg iBR. Albert-Ludwigs-Universitatet Freiburg, Forstwissenschaftliche Fakultatet, Abt. Luftbildmessung und Fernerkundung, 155–168.

Hočevar, M., Hladnik, D., 2006. Development of forest monitoring methods for sustainable forest management in Slovenia. In: Diaci, J. (ed.). *Nature-based forestry in Central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation*. *Studia forestalia Slovenica* 126, 133–145.

Kosmatin Fras, M., 2004. Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota (Influence of input data quality on the quality of orthophoto). *Geodetski vestnik* 48, 2, 167-178.

Kovač, M., 2002. Large-Scale Strategic Planning for Sustainable Forest Development. Diss. ETH, No. 14722.

Matijašič, D., Šturm, T., 2006. Sestojna karta Slovenije. (Forest stand map of Slovenia). In: Hladnik, D. (ed.). *Monitoring godpodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*. (Monitoring the management of forests and forested landscapes). *Studia forestalia Slovenica* 127, 73–82.

Poljanec, A., 2005. Analiza obravnavanja sestojev kot inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju (Analysis of forest stands as inventory and planning units in forest planning). Master of Science Thesis, University of Ljubljana, BF, Dept. of Forestry and Renewable Forest Resources, 112 pp.

Prešeren, P., 2007. Slovenija po novem v celoti v barvah. *Geodetski vestnik* 51, 3, 614-615.

Welch, R., Madden, M., Jordan, T., 2002. Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation databases of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 57, 53–68.

MOŽNOSTI IZDELAVE IN VZDRŽEVANJA KART GOZDNIH SESTOJEV

Mitja Skudnik, dr. Marko Kovac
Gozdarski inštitut Slovenije
mitja.skudnik@gozdis.si, marko.kovac@gozdis.si

dr. David Hladnik
Oddelék za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
david.hladnik@bf.uni-lj.si

UDK: 630*56:659.2:004
528.94:630*56
COBISS: 1.16

IZVLEČEK

Možnosti izdelave in vzdrževanja kart gozdnih sestojev

Temeljna načela slovenskega gozdarstva so mnogonamenskost, trajnost in sonaravnost, zato v okviru gozdarkega informacijskega sistema pridobivamo tudi podatke za prostorske enote, ki obravnavajo gozd kot ekosistem. Sestojna karta predstavlja pregleden prikaz stanja gozdov in vsebuje informacije o strukturi gozdnih sestojev ter načinu gospodarjenja. V praksi sestojne karte najpogosteje izdelujejo na podlagi ortofoto posnetkov. Ker je za slovenske gozdove značilna pestra zgradba, je gozdne sestoje težko razmejevati brez prostorskega opazovanja v stereoskopskem modelu. Na dveh testnih primerih smo prikazali možnosti za izdelavo in vzdrževanje sestojnih kart s stereoploterjem, neposredno povezanem v okolju GIS.

KLJUČNE BESEDE

sestoj, sestojne karte, fotointerpretacija, geografski informacijski sistem, digitalna fotogrametrija, gozdno-gospodarsko načrtovanje, gozdnogojitveno načrtovanje

ABSTRACT

Possibilities of creating and updating forest stand maps

Multifunctionality, sustainability and close-to-nature development of forests are the basic principles of Slovenian forestry and to fulfil the needs of these principles, forest information system gathers all data on those spatial units that concern forest as an ecosystem. Stand map presents clear survey of current forest conditions and contains information about stand structures and forest management systems. In practice are all stand maps usually delineated on the basis of digital orthophotos. The delineation of forest stands without desktop digital photogrammetric techniques is very limited due to the diversity of Slovenian forests. On two test areas the possibility of creating and updating of stand maps with digital stereoplotter, interfaced directly to geographical information system, was shown.

KEY WORDS

stand mapping, fotointerpretation, geographical information system, digital photogrammetry, forest management planning, silvicultural planning

1 Uvod

Slovensko gozdarstvo je eno redkih v Evropi, ki v praksi že desetletja udejanja načela trajnostnega, mnogonamenskega in sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. Ta načela zahtevajo dobro poznavanje in razumevanje stanja, sprememb in razvoja gozdov na različnih prostorskih (npr. gozdni sestoj, odsek, oddelek, rastiščnogojitveni razred, gozdnogospodarska enota, gozdnogospodarsko območje, država) in časovnih ravneh. V zadnjih letih se vloga gozdov in gozdarstva povečujeta. Vse pomembnejše postaja pridobivanje podatkov za prostorske enote, ki obravnavajo gozd kot ekosistem, razširil se je obseg znakov in parametrov, ki jih spremljamo v okviru gozdnih inventur. Gozdne inventure in celoten sistem monitoringa gozdov so prilagojeni potrebam gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja, stanju gozdov in raznoliki sestojni strukturi ter trajnostni in mnogonamenski rabi gozda. Gozdarski informacijski sistem, ki je bil zasnovan v zadnjem desetletju, postaja pomembno izhodišče v participativnem načrtovanju in prostorskem planiranju, prispeva tudi k širitvi znanja o gozdnih ekosistemih in promociji osnovnih principov načrtovanja v gozdarstvu tudi na druga strokovna področja v družbi (Kovač 2002).

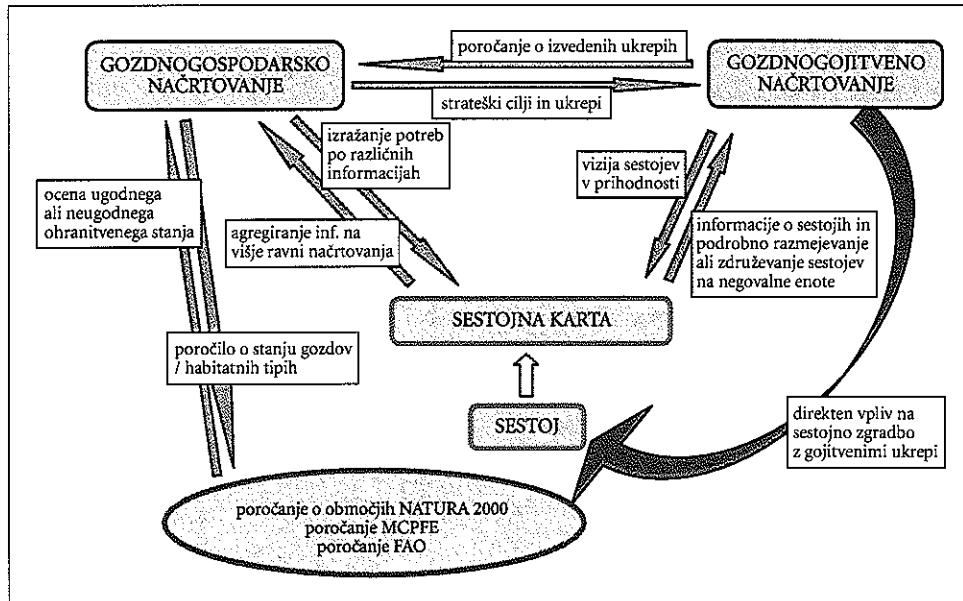
Po zadnjih podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (v nadaljevanju ZGS) pokrivajo v Sloveniji gozdovi 1.174.000 ha površine, kar znaša 58 % celotnega ozemlja (ZGS 2008a). Za Slovenijo so značilne zelo pestre rastiščne razmere, pestri in strukturno raznoliki gozdovi, ki so povečini dobro ohranjeni, saj je njihovo vrstno sestavo človek v zadnjih stoletjih manj spremenil kot na primer v drugih evropskih državah. Po drugi svetovni vojni je bil prepovedan golosečni sistem gospodarjenja. V zadnjih 50-ih letih se je na Slovenskem uveljavilo sonaravno gospodarjenje z gozdovi, kjer imajo prednost raznomeni sestoji, ki jih sestavljajo avtohtone drevesne vrste. Gozdnogojitvene tehnike temeljijo na izbiralnem redčenju posameznih dreves ali manjših skupin dreves. V čim večji meri se uporablja naravno pomlajevanje pod zastorom starejših dreves, zaželeno so naravne strukture gozda (npr. redčenje v skupinah, uporaba naprednih načinov pomlajevanja), izkorišča se naravna kompeticija med posameznimi drevesnimi in grmovnimi vrstami (Diaci 2006). Rezultat takšnega načina gospodarjenja z gozdovi je sonaraven, trajnosten in mnogonamenski gozd, kjer se na manjših površinah prepletajo različni sestoji, med katerimi so meje pogosto zelo neizrazite.

Gozdni sestoj je mogoče opredeliti kot najmanjšo prostorsko enoto, ki se od okolice loči po svoji vrstni sestavi dreves, njihovi starosti, vertikalni zgradbi, razvojnem stadiju in ima izoblikovano sestojno klimo, svoje notranje okolje. Gozdni ekologi se pri opredelitvi gozdnega sestoja opirajo predvsem na razlike v zgradbi in delovanju posameznega takega dela gozda, medtem ko na področju gojenja gozdov in gozdnogospodarskega načrtovanja upoštevajo tudi zahtevo po enotnih gozdnogojitvenih ukrepih (Poljanec 2005).

Gozdno inventuro in možnosti kartiranja gozdnih sestojev na Slovenskem dodatno otežujejo še nekateri drugi dejavniki. Približno 71 % gozdne površine je v zasebni lasti in prevladuje drobnoposestniška struktura, kjer so zasebne gozdne parcele velike povprečno 3 ha (ZGS 2008b). Te so pogosto razdeljene še na več prostorsko ločenih parcel. Poleg tega gozdovi na Slovenskem pokrivajo skoraj 70 % območij Natura 2000. Na teh površinah je bil predlagan integralni monitoring, ki bi bil vključen v proces gozdnogospodarskega načrtovanja in tako za Slovenske razmere najbolj učinkovit, tudi glede na stroške. Tako se večino indikatorjev, ki so pomembni za spremljanje in ocenjevanje ugodnega ohranitvenega stanja za območja Natura 2000 že uporablja in ocenjuje v obstoječem sistemu gozdnogospodarskega načrtovanja. Golob (2006) je ocenil, da bi bilo potrebno izpeljati nekatere posamezne spremembe in izboljšave v gozdnogospodarskih načrtih na ravni gozdnogospodarskih enot in regionalnih ravneh, s čimer bi celostne

2 Gozdna inventura in temeljni informacijski viri pri izdelavi sestojnih kart

Načrtovanje v slovenskem gozdarstvu obsega tri ravni: regionalno gozdnogospodarsko načrtovanje za 14 gozdnogospodarskih območij, operativno gozdnogospodarsko načrtovanje za 236 gozdnogospo-



Slika 1: Umestitev sestojne karte v načrtovalski postopek in povezave med gozdnogospodarskim in gozdnogojitvenim načrtovanjem (Skudnik 2007).

darskih enot in gozdnogojitveno načrtovanje. V okviru načrtovanja so bili gozdni sestoji pogosto predmet dveh podrobnih operativnih načrtov; gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja, kar je vodilo v občasno podvajanje kartiranja ter opisovanja sestojev. Poljanec (2005) je ocenil, da obstaja nezadostna povezava med obema ravnema načrtovanja tako v vsebinskem kot tudi v organizacijskem smislu, kar se odraža v zelo podrobnem zbiranju sestojnih informacij in preveč poudarjeni inventuri stanja pri gozdnogojitvenem načrtovanju ter premajhni prilagodljivosti podrobnega načrtovanja naravnim, posestnim in socioekonomskim razmeram.

Z razvojem sistema gozdne inventure ter kontrolne vzorčne metode so bile v gozdarstvu vključene različne tehnike daljinskega zaznavanja in pridobivanja podatkov. Temeljne metode pridobivanja teh podatkov lahko razdelimo na terenske popise gozdov, ciklično gozdno inventuro, fotointerpretacijo letalskih posnetkov ter uporabo digitalnih ortofoto posnetkov in interpretacijo multispektralnih satelitskih slik. Kljub dolgi tradiciji gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja, so bile stalne vzorčne ploskve in interpretacija letalskih posnetkov prvič uporabljene v slovenskem gozdarstvu pred 35 leti. V osemdesetih letih prejšnjega stoletja so nastale prve karte gozdnih sestojev, izdelane na podlagi fotointerpretacije letalskih posnetkov in s preprostimi instrumenti, ki so omogočali prenos razmejenih sestojev iz letalskih posnetkov na karte. Ta tehnologija je bila pogosto premalo učinkovita, poleg tega so bile pozicijske napake v hribovitem in gorskem svetu prevelike. Večji razmah je uporaba metod daljinskega zaznavanja v gozdarstvu dosegla po letu 1985, ko so se pri ocenjevanju propadanja gozdov pričeli uporabljati tudi infrardeči barvni letalski posnetki. V tem obdobju so bile razvite temeljne metode fotointerpretacije (Hočevar in Hladnik 1988), na Gozdarskem inštitutu Slovenije ter na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete pa so pričeli razvijati računalniški sistem za monorestitucijo letalskih posnetkov. Obe inštituciji sta nadaljevali z razvojem izdelave sestojnih kart z uporabo preprostega analitičnega stereoploterja (APY) in monorestitucijskih sistemov (MONOPLOT, AMS).

V slovenskem gozdarstvu uporabljamo letalske posnetke Cikličnega aerosnemanja Slovenije, za nekaj gozdnogospodarskih enot so bili v letih 1985, 1988 in 1992 v okviru posebnih letalskih snemanj posneti tudi infrardeči letalski posnetki v merilu 1 : 6.000 do 1 : 10.000. Nove možnosti za razmah fotointerpretacije so nastale z razvojem tehnologije digitalnega ortofota in zlasti z novo digitalno kamero (Intergraph Z/I DMC), ki je bila prvič uporabljena leta 2006, ko je bila celotna Slovenija v enem letu posneta v barvnem RGB in infrardečem spektru.

3 Digitalni ortofoto in digitalna fotogrametrija v gozdni inventuri

Razvoj tehnologije digitalnih ortofoto posnetkov in digitalne fotogrametrije sta omogočila popolnoma nov pristop k izdelavi sestojnih kart. V začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja so bile s programskim orodjem R-WEL *Desktop Mapping system* (DMS) izdelane prve ortofoto karte (Hočevar in sod. 1994). Od takrat dalje so se te v gozdarstvu vse pogosteje uporabljale predvsem na področjih sestojnega kartiranja, organiziranja cikličnih gozdnih inventur in pri stratifikaciji gozdnih setojev. Slovenija je bila prvič v celoti prekrita z ortofoto posnetki leta 2001. V letu 2006 so na podlagi letalskih posnetkov, ki so bili posneti z digitalno kamero DMC, nastali novi ortofoto posnetki za celotno Slovenijo.

Z vpeljevanjem novih metod v gozdno inventuro je ZGS za potrebe gozdnogospodarskega in gozdnogojitvenega načrtovanja leta 1997 pričel z zbiranjem informacij o gozdnih sestojih. Da bi prikaz, natančnost in kakovost podatkov o stanju gozda poenotili za območje celotne Slovenije, je bil leta 1998 izdan Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih, ki določa vsebino izdelanih sestojnih kart. Od takrat dalje so bile v okviru gozdnogospodarskega načrtovanja vsako leto izdelane sestojne karte za eno desetino Slovenije. Tako so bile leta 2007 izdelane in preverjene v geografskem informacijskem sistemu sestojne karte za 236 gozdnogospodarskih enot. Čeprav so bili pri izdelavi teh kart kot temeljna podlaga uporabljeni digitalni ortofoto posnetki in terenski pregledi razmejenih sestojev, pa te karte ne podajajo konsistentno podrobnih informacij o trenutnem stanju gozda in ne omogočajo sprotnega ocenjevanja sprememb v zgradbi gozdnih sestojev. Še vedno ostaja nerešen tudi problem vzdrževanja sestojnih kart (Matijašič in Šturm 2006).

Digitalni ortofoto posnetki so tako postali izhodišče sestojnim in ostalim tematskim kartam v gozdarstvu in hkrati nudijo tudi možnost sodelovanja med načrtovalci na različnih področjih prostorskega planiranja. V številnih študijah (Hočevar s sodelavci 1994, Kušar in Hočevar 2000, Skudnik 2007) je bil prikazan postopek izboljšav in prilagoditev tehnik digitalne fotogrametrije, fotointerpretacije in tehnologije GIS pri izdelavi zbirke podatkov o sestojnih kartah. V tem obdobju je izdelavo sestojnih kart omogočala integracija tradicionalnih analognih in računalniških fotogrametričnih tehnik, ki so jih s podobnim konceptom opisali tudi Welch s sodelavci (2002). Da lahko fotointerpretator pravilno oceni in interpretira spremembe v zgradbi sestojev, mora gozd opazovati v stereomodelu, pri razmejevanju pa so mu v pomoč tudi meje gozdarskih odsekov. Analogne letalske posnetke opazuje v stereomodelu in sestojem oceni razvojno fazo, zastornost krošenj ter prostorsko razporeditev in sestavo drevesnih vrst.

Pred pričetkom fotointerpretacije je bilo tako potrebno letalske posnetke prekriti s prosojnicami in na njih označiti robne oznake in kontrolne točke. Prosojnice, na katerih so bili izrisani razmejeni sestoji, so bile nato skenirane z namiznim skenerjem z ločljivostjo 42 μm . Vse označene točke in meje razmejenih sestojev so bile po tem postopku pretvorjene v rastrsko sliko, parametri, pridobljeni iz diferencialne rektifikacije skeniranih letalskih posnetkov, pa so bili uporabljeni še za transformacijo skeniranih prosojnic. Po rektifikaciji so bili skenirani rasterski podatki transformirani v vektorski format, sestojna karta pa dokončno oblikovana v okolju GIS.

V začetku devetdesetih let, ko je bil pri izdelavi digitalnih ortofoto posnetkov uporabljen DMR100, so bile vrednosti RMSE za ortofoto posnetke manjše od 7 metrov, taka pozicijska natančnost sestojnih kart pa je bila za takratno obdobje sprejemljiva (Hočevar s sodelavci 1994). Kasneje smo lahko dosegli

podobno natančnost, kot so jo navajali v svojih ocenah geodetski strokovnjaki in je bila primerljiva s pozicijsko natančnostjo temeljnih topografskih načrtov (Kosmatin Fras 2004). Danes je v prvem poročilu GURS navedeno, da je pozicijska napaka novih ortofoto posnetkov manjša od 0,5 metra (Prešeren 2007). Na žalost so gozdarski strokovnjaki doslej le redko uporabili zgoraj opisan postopek, ki je z uporabo namiznih stereoskopov in tehnologijo digitalnih ortofoto posnetkov omogočal učinkovito operativno delo.

Doslej so v slovenskem gozdarstvu tehnologijo digitalnega stereoploterja uporabljali le redki raziskovalci, ker pa so gozdarski strokovnjaki pri izdelavi sestojne karte v zadnjem desetletju usvojili tudi tehnologijo geografskih informacijskih sistemov, se za vzdrževanje te karte ponujajo nove možnosti. V okviru študije smo z digitalnim stereoploterjem kanadske družbe ISM (*Digital Images Analytical Plotter* – DIAP) in novih digitalnih letalskih posnetkov izdelali sestojni karti za dve testni območji na Pokljuki (172,98 ha) in v Leskovi dolini na Postojnskem (186,78 ha). Stereoploter oziroma njegova nadgradnja podjetja DAT/EM Systems omogočata opazovanje stereomodela ter kartiranje neposredno v prostorskem modelu posnetega terena, z neposredno povezavo v okolju geografskega informacijskega sistema ArcGIS pa je omogočeno tudi operativno vzdrževanje baze prostorskih podatkov o gozdnih sestojih.

4 Vzdrževanje sestojnih kart in izhodišča za oceno njihove kakovosti

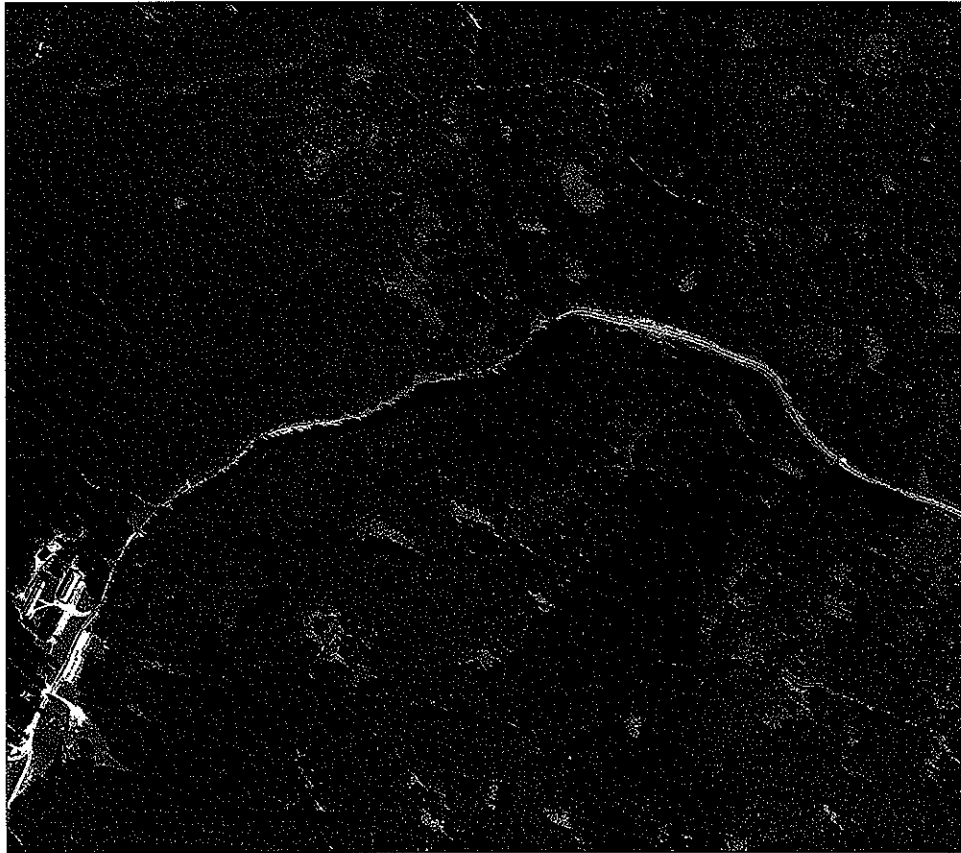
Na podlagi digitalnih letalskih posnetkov iz leta 2006 smo prikazali možnosti vzdrževanja sestojne karte za testno območje na Pokljuki (slika 2) in izdelali novo sestojno karto za testno območje v Leskovi dolini. Prostorske podatke o sestojnih kartah, ki so bile izdelane na ZGS, smo na podlagi podatkov digitalnega modela višin DMV25 transformirali v stereomodel. Na Pokljuki smo zaradi dobrega ujemanja med stanjem na stari sestojni karti in stanjem na našem stereomodelu popravili le tiste linije, kjer so se meje sestojev spremenile ali so bile napačno kartirane in s tem prikazali možnosti vzdrževanja sestojnih kart. Pri kartiranju sestojev smo upoštevali minimalno površino 0,5 ha, le za površine mladega gozda (mladovja) in začetke pomlajevanja smo predlagali manjšo minimalno površino 0,1 ha.

Dopolnjeno in novo izdelano sestojno karto smo primerjali s kartama Zavoda za gozdove Slovenije in o njuni kakovosti sklepali tudi po določilih standarda ISO 19113, ki jih je predstavil Šumrada (2005). V tem prispevku podajamo le izhodišča, na podlagi naslednjih osnovnih elementov kakovosti prostorskih podatkov:

Izvor podatkov podaja celotno zgodovino življenjskega ciklusa prostorskih podatkov in je povzetek preteklih obdelav podatkov podatkovnega niza. Za sestojni karti smo slednje preverjali v gozdnogospodarskih načrtih gozdnogospodarskih enot, kjer za nobeno od sestojnih kart nismo zasledili informacij o času nastanka letalskih ali ortofoto posnetkov, ki so jih pri izdelavi karte uporabljali, kot tudi ne o značilnostih teh posnetkov ter uporabljenih metod dela.

Položajna natančnost podaja točnost lege objektov in smo jo ocenili izključno na objektih, ki jih je bilo mogoče na sestojni karti točno določiti in interpretirati (npr. gozdne ceste). Po pregledu celotne karte testnega območja smo ocenili, na katerem mestu je bilo odstopanje med vektorizirano linijo in robom ceste na ortofotu največje in to razdaljo izmerili. Na Pokljuki je bil največji odmik digitalizirane linije od roba ceste na ortofotu 4,5 m in v Leskovi dolini 7,1 m.

Tematska natančnost podaja zanesljivost klasifikacije in pravilnost opisnih atributov o sestojni karti. Tematsko natančnost sestojnih kart smo ocenjevali na dva načina. V prvem primeru smo preko sestojne karte položili sistematično gridno mrežo velikosti 100 × 100 metrov in v vsakem presečišču mreže atributne podatke stare sestojne karte primerjali z novimi. Na Pokljuki se od 167 kontrolnih točk karti nista ujemali le v šestih. V Leskovi dolini so se od 167 kontrolnih točk atributni podatki ujemali le v treh, kar je posledica povsem drugačne sestojne zgradbe, ki so jo gozdarski strokovnjaki ocenili za posamično do šopasto raznomerno (tudi prebiralno). V takih sestojih po Pravilniku ... (1998) ni potrebno ocenjevati tudi drugih sestojnih znakov. V drugem primeru smo primerjali število sestojev (poligonov),



Slika 2: Primer sestojne karte za testno območje na Pokljuki (s črno so označene meje sestojev iz leta 2005 in z rdečo meje sestojev iz leta 2007) (Vir podatkov: Digitalni ortofoto (DOF5), Geodetska uprava RS 2006; Zavod za gozdove Slovenije).

ki so bili pri stari sestojni karti opisani z atributnim podatkom razvojne faze mladovja, s številom sestojev mladovja na naši sestojni karti. Na Pokljuki je bilo ujemanje 98 % in v Leskovi dolini 12 %.

Časovna natančnost podaja točnost časovnih atributov in odnosov med objekti na sestojni karti. Sestojna karta na Pokljuki je nastala v letu 2005 in pri kartiranju je ZGS uporabljal ortofoto posnetke iz leta 1998 in delno digitalne barvne letalske posnetke iz leta 2004 (posebno snemanje po naročilu ZGS). Karta je bila izdelana za obdobje od leta 2006 do leta 2015. V Leskovi dolini je ZGS karto izdelal v letu 2003 in pri izdelavi uporabil ortofoto posnetke iz leta 1999. Karta je bila izdelana za obdobje od leta 2004 do leta 2013.

Logična usklajenost prostorskih podatkov je opis stopnje strukturne celovitosti podatkovnega niza glede na predpisano celovitost. Posebej opozarjamo na neenotno obravnavo gozdnih cest, kajti na Pokljuki so gozdne ceste na sestojni karti izločene in površina sestojev v testnem območju je zmanjšana za površino gozdnih cest, v Leskovi dolini gozdnih cest na sestojni karti niso posebej izločili. V obeh primerih so objekti na sestojni karti relacijsko povezani z atributnimi podatki v bazi, slabost je le podajanje atributnih podatkov o gozdnih sestojih, ki se nanašajo na večje skupine poligonov.

Popolnost prostorskih podatkov opisuje stopnjo skladnosti prostorskega podatkovnega niza s stanjem v naravi. Pri obeh sestojnih kartah prostorski podatkovni niz prekriva celotno testno območje. Na Pokljuki vsebuje sestojna karta vse atributne podatke, ki jih za sestoj določa Pravilnik ... (1998), posebej tudi oceno o mešanosti drevesnih vrst. V Leskovi dolini pri 80 % sestojev manjka ocena sestojnega sklepa, kar je sicer skladno s Pravilnikom ... (1998), ki za tamkajšnje gozdne sestojte te ocene ne predpisuje.

5 Sklep

Za testna območja smo izbrali dve povsem različni zgradbi gozdov, kajti tako je bilo mogoče najbolje opozoriti na velike razlike v načinu ocenjevanja sestojnih značilnosti na Slovenskem in zlasti na omejitve, ki jih postavlja vizualna interpretacija digitalnih ortofoto posnetkov. Na Pokljuki prevladujejo enomerni gozdni sestoji smreke, razlike med njimi so prepoznavne tudi brez stereoskopskega opazovanja. Ker imajo gozdarski načrtovalci bogate izkušnje pri kartiranju gozdnih sestojev in predstavlja novejša karta že četrto ponovitev takega kartiranja po letu 1976, so se znali prilagoditi tudi omejitvam, ki jih pri kartiranju na ortofoto posnetkih predstavljajo drevesa na gozdnih in sestojnih robovih. Povsem drugače je v nekdanjih jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu, kjer je brez stereoskopskega opazovanja težko določiti razvojne stadije gozdnih sestojev, ocenjevati sklenjenost drevesnih krošenj in določiti majhne pomladitvene površine, ocenjevanje mešanosti listavcev in iglavcev v sestojih pa je zanesljivo le, če sestojte ocenjujemo na infrardečih barvnih posnetkih.

Pričakujemo, da bo mogoče tehnologijo digitalnega stereoploterja uporabiti tudi pri operativnem delu gozdarskih strokovnjakov ob prvi obnovitvi sestojnih kart, ki bo potekala ob rednem 10 letnem ciklu obnove gozdnogospodarskih načrtov. Na današnji ravni tehnološkega razvoja je odveč utemeljevati, kako nujno je opazovati letalske posnetke v stereoskopskem modelu. Predlagamo le, da izkoristimo nove možnosti, ki jih ponujajo tehnologija digitalnih aerosnemanj Slovenije, dosedanje izkušnje gozdarskih načrtovalcev s tehnologijo GIS in nove možnosti za neposredno povezavo s tehnologijo digitalnega stereoploterja.

6 Viri in literatura

- DAT/EM Systems – Summit EvolutionT 2007: Operation Manual. Anchorage.
- Diaci, J. 2006: Nature based silviculture in Slovenia: origins, development and future trends. Nature-based forestry in Central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation. *Studia forestalia Slovenica* 126. Ljubljana.
- Golob, A. 2006: Izhodišča za monitoring ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov in habitatov vrst na območjih Natura 2000 v Sloveniji. Monitoring gošpodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. *Studia forestalia Slovenica* 127. Ljubljana.
- Hočevar, M., Hladnik, D. 2006: Development of forest monitoring methods for sustainable forest management in Slovenia. Nature-based forestry in Central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation. *Studia forestalia Slovenica* 126. Ljubljana.
- Hočevar, M., Hladnik, D., Kovač, M. 1994: Verwendung digitaler Orthophotokarten fuer die forstliche Bestandskartierung. *Photogrammetrie & Forst – Stand der Forschung und Anwendungen in der Praxis*. Freiburg iBR. Albert-Ludwigs-Universitat Freiburg, Forstwissenschaftliche Fakultat, Abt. Luftbildmessung und Fernerkundung. Freiburg.
- Kosmatin Fras, M. 2004: Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota (Influence of input data quality on the quality of orthophoto). *Geodetski vestnik* 48-2. Ljubljana.
- Kovač, M. 2002: Large-Scale Strategic Planning for Sustainable Forest Development. Diss. ETH, No. 14722.

- Kušar, G., Hočevar, M. 2000: Fototerestrična inventura gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva 62. Ljubljana.
- Matijašič, D., Šturm, T. 2006: Sestojna karta Slovenije. Monitoring godpodarjenja z gozdom in gozdno krajino. Studia forestalia Slovenica 127. Ljubljana.
- Poljanec, A. 2005: Analiza obravnavanja sestojev kot inventurnih in načrtovalnih enot v gozdarskem načrtovanju. Magistrska naloga, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana.
- Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. 1998. UL RS 5/1998.
- Prešeren, P. 2007: Slovenija po novem v celoti v barvah. Geodetski vestnik 51-3. Ljubljana.
- Skudnik, M. 2007: Tehnologija izdelave in vzdrževanja karte gozdnih sestojev. Diplomsko naloga, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana.
- Šumrada, R. 2005: Strukture podatkov in prostorske analize. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo. Ljubljana.
- Welch, R., Madden, M., Jordan, T. 2002: Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation databases of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57.
- ZGS 2008a: Splošni podatki in dejstva o gozdovih v Sloveniji. Medmrežje: <http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/index.html> (27. 2. 2008).
- ZGS, 2008b: Lastništvo gozdov. Medmrežje: <http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/o-gozdovih-slovenije/lastnistvo-gozdov/index.html> (27. 2. 2008).

GOZDARSKE RAZISKOVALNE IN STALNE VZORČNE PLOSKVE NA OBMOČJIH NATURA 2000 NA SLOVENSLEM

David Hladnik*, Alojz Skvarča*, Milan Kobal**

* Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

** Gozdarski inštitut Slovenije

Izvleček

Potencialna območja Natura 2000, ki so bila predlagana Evropski komisiji, obsegajo tudi več kot četr milijona hektarov slovenskih gozdov. Z monitoringom ohranjenosti naravnih habitatnih tipov bomo ugotavljali in dokazovali, ali so habitatni tipi in vrste, zaradi katerih so bila razglašena območja Natura 2000, še v ugodnem stanju ohranjenosti. V prispevku so predstavljeni kazalniki o zgradbi in pestrosti gozdnih sestojev v dveh gozdnih habitatnih tipih na Slovenskem, ocene variabilnosti teh kazalnikov na raziskovalnih in stalnih vzorčnih ploskvah, ocenjene so spremembe teh kazalnikov v časovnih obdobjih, primerljivih z 10 letnimi obdobji gozdnogospodarskega načrtovanja. Na območju smrekovih gozdov na Pokljuki in jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu smo primerjali kazalnike sestojne zgradbe na podlagi podatkov iz gozdarskih raziskovalnih ploskev in kontrolne vzorčne metode. Predstavljene kazalnike zgradbe gozdnih sestojev bi lahko uporabili za ocenjevanje stanja in sprememb v gozdnih habitatnih tipih na Slovenskem, pri tem pa ne bo treba veliko spreminjati ali dopolnjevati dosedanjega dela na stalnih vzorčnih ploskvah, ki so postale izhodišče za zbiranje podatkov o stanju in razvoju gozdov.

Ključne besede: Natura 2000, gozdni habitatni tipi, gozdna inventura, sestojna zgradba

FOREST RESEARCH AND PERMANENT SAMPLING PLOTS ON NATURA 2000 SITES IN SLOVENIA

Abstract

The potential Natura 2000 areas, proposed to the European Commission, include more than one quarter million hectares of Slovenian forests. Similarly to the other EU member states, we are going to monitor the conservation status of forest habitat types in Slovenia as well, in order to investigate and argue, whether the habitat types and species, contributing to the proclamation of Natura 2000 areas, are still in a favourable conservation status. The paper discusses the suggested indicators relevant for monitoring stand structure and diversity in two of the forest habitat types in Slovenia, the estimated variability of these indicators on research and permanent sampling plots, the estimated changes of these indicators in periods of time, comparable with 10-year periods in forest management planning. We tested the indicators for the assessment of stand structure and its changes in the area of spruce forests on Pokljuka and in dinaric fir-beech forests on the high Karst. In both areas it was possible to use the data from forestry research plots and from the continuous forest inventory in order to compare the indicators of stand structure. The presented indicators of forest stands structure could be used for the assessment of condition and changes in Slovenian forest habitat types without significantly changing or supplementing the existing method of work on permanent sampling plots that became a basis for the collection of data on condition and development of forests.

Key words: Natura 2000, forest habitat types, forest inventory, stand structure

1 UVOD

V zadnjih letih presojava o pomenu gozdov in gozdarstva na Slovenskem v povsem novih vlogah, ki jim jih nalagajo spremembe v naravnem in družbenem okolju. Mednarodne politične pobude in resolucije prihajajo kot valovi s približno desetletno amplitudo in po vsakem takem valu tudi v gozdnih inventurah ter gozdnogospodarskem načrtovanju ostanejo nove vsebine, povezane z monitoringom posledic onesnaževanja ozračja, dostopnosti gozdnih virov, ogroženosti vrstne in rastiščne pestrosti, učinkov klimatskih sprememb. Ob novih vsebinah pogosto opuščamo del strokovnega in raziskovalnega dela, za katerega se zdi, da v spremenjenem okolju nima več velike teže, še posebno, če se radi vključimo v ježo na valovih in nismo radi dolgo zasidrani v kaki niši prepoznavnega dela.

Danes ne moremo pričakovati, da bo javnost, ki jo vznemirijo zlasti odmevni in medijsko napihnjeni dogodki, objektivno presojala o konceptu gozdnogospodarskega in gojitvenega načrtovanja, verjetno pa bi lažje presojala o alternativah – različnih možnih variantah ukrepanja, pri katerih bi lažje prepoznala prednosti in slabosti. Tako bi lahko postalo tudi prepoznavnejše mnogonamensko gospodarjenje z gozdovi v družbenem okolju, kjer je zanimanje javnosti za gozdove vse večje, spreminjajo pa se tudi zahteve do gozdov. Čeprav so temeljna načela, ki jih je treba zagotoviti pri gospodarjenju z gozdovi – načela trajnosti, mnogonamenskosti in sonaravnosti, v Zakonu o gozdovih (1993) zapisana že skoraj poldrugo desetletje, ni mogoče vnaprej sklepati, da gozdarstvo tako dojemajo tudi druge interesne skupine za gozdnogospodarsko načrtovanje.

Nespametno bi se bilo ponovno spustiti v tehtanje ali so socialne in okoljske vloge gozdov pomembnejše od proizvodnih, ali celo razmišljati o segregacijskem konceptu načrtovanja, ki v prostoru predvideva prostorsko ločitev intenzivno obdelanih površin od naravovarstvenih. Potencialna območja Natura 2000, ki so bila predlagana Evropski komisiji, obsegajo tudi več kot četrta miliona hektarov slovenskih gozdov. Z monitoringom ohranjenosti naravnih habitatnih tipov bomo v Sloveniji, tako kot v drugih državah članicah Evropske unije ugotavljali in dokazovali, da so habitatni tipi in vrste, zaradi katerih so bila razglašena območja Natura 2000, še v ugodnem stanju ohranjenosti (Golob 2006).

Novih in bolj zanesljivih modelov, na podlagi katerih bomo utemeljevali ohranjenost gozdov, verjetno ne bomo zmogli oblikovati, ker gozdarstvo ne more več zagotoviti take podpore raziskovanju gozdnih rastišč, kot so je bili deležni raziskovalci vegetacije v drugi polovici prejšnjega stoletja (Zupančič 1976). Ponovno pa bo treba uporabiti arhivske vire, na podlagi katerih je mogoče zanesljivo sklepati, kako je potekal razvoj gozdov in v kakšnih razmerah je potekalo pomlajevanje dreves v sestojih, ki smo jim danes pripisali nov poseben pomen na območjih Natura 2000.

Eno najbolj celovitih in obsežnih raziskovanj arhivskih virov o gospodarjenju z gozdovi je izpeljal Gašperšič (1967) že pred več kot štiridesetimi leti, ko je raziskoval razvojno dinamiko mešanih gozdov jelke in bukve na Snežniku za tedanje stoletno obdobje. Ker so do tedaj v snežniških gozdovih že 60 let prebiralno gospodarili, je bilo ključno vprašanje, ali je takratna jelova populacija nastala in se razvijala po zakonitostih prebiralnega gozda. Razvoj jelovo bukovih gozdov na visokem krasu je bil doslej že večkrat predstavljen (Tregubov 1957, Gašperšič 1974, Kordiš 1993) in ob tem tudi arhivski viri v gozdnogospodarskem načrtovanju.

Možnosti za tako raziskovanje posameznih habitatnih tipov ponujajo tudi raziskovalne ploskve, različni poskusni sestoji, gozdni rezervati, za katere je sicer mogoče privzeti Pipanovo (1950) oceno, da je vsaka študija samo izraz dobe in sredine, v kateri je nastala, toda v svoji vsebini vedno skrivajo tudi informacije, ki jih lahko izluščimo v reševanju novih strokovnih problemov. Za direktivi o pticah in habitatih, ki sta privedli do razglasitve območij Natura 2000 je danes še prezgodaj ocenjevati, kakšna bo njihova zapuščina v strokovnem in raziskovalnem delu, gospodarno pa bi bilo utemeljiti, da se je mogoče v gozdarstvu na Slovenskem znova opreti na zapuščino gozdarskih strokovnjakov in odgovarjati na nove zahteve v družbi, v kateri se spreminjajo odnosi med ljudmi, človekov odnos do naravnega okolja, pomen gozdov in vloga gozdarstva.

Diaci in sod. (2006) so opozorili, da na primer gozdnih rezervatov ne uporabljamo dovolj kot primerjalnih objektov za razvoj gojitvenih postopkov in preverjanje uspešnosti sonaravnega gospodarjenja, hkrati pa bi lahko gozdne rezervate uporabili tudi kot reference za preverjanje trajnostnega ravnanja z gospodarskimi gozdovi. Pomen rezervatov danes tako ni primerno zajet v gozdnogospodarskih načrtih, čeprav je bilo v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja zasnovano slovensko omrežje gozdnih rezervatov. Ob dolgi tradiciji gospodarjenja z gozdovi je pomembno tudi, ali znamo in zmoremo vzdrževati objekte in dokumentacijo, ki potrjujejo uspešnost in učinkovitost strokovnega dela. Na žalost nismo zmogli ohraniti celotne dokumentacije o gospodarjenju s slovenskimi gozdovi v zadnjih 50 letih tako, da bi o njihovem razvoju lahko sklepali na podlagi podrobnejših prostorskih enot kot so gozdarski oddelki (Poljanec 2008). Pa tukaj ne gre za desetletja stare polemike, ali je bilo sprejemljivo povsem opustiti polno izmero gozdov in jo nadomestiti z vzorčnimi ploskvami. Podobno kot za gozdne rezervate je mogoče oceniti tudi za različne poskusne sestoje in raziskovalne ploskve v gospodarskih gozdovih, da niso obstali v zbirkah podatkov, ki jih vzdržujemo v sklopu gozdnogospodarskega načrtovanja, niti v zbirkah trajnih raziskovalnih objektov na Slovenskem. Danes bi jih pogosto potrebovali kot referenčne objekte za spremljanje razvoja gozdnih sestojev na ravni posameznega habitatnega tipa na območjih Natura 2000.

Stalne vzorčne ploskve in kontrolna vzorčna metoda bodo lahko šele postali izhodišče za monitoring sestojnih značilnosti, sprememb in razvojnih trendov ter za oblikovanje referenčnih vrednosti na ravni posameznih stratumov. Na podlagi novejšega pregleda literature o monitoringu gozdnih habitatnih tipov se je izkazalo, da bo treba referenčne vrednosti za evropske gozdove šele oblikovati (Cantarello in Newton, 2008).

Namen tega prispevka je predstaviti:

- kazalnike o zgradbi in pestrosti gozdnih sestojev v dveh gozdnih habitatnih tipih na Slovenskem,
- oceniti variabilnost teh kazalnikov na raziskovalnih in stalnih vzorčnih ploskvah,
- oceniti, kakšne so spremembe teh kazalnikov v časovnih obdobjih, primerljivih z 10 letnimi obdobji gozdnogospodarskega načrtovanja.

2 POMEN GOZDARSKIH RAZISKOVALNIH PLOSKEV

Na Slovenskem nismo zasnovali tako obsežnih, celovitih in zlasti kontinuiranih raziskovanj v gozdarstvu, kot v številnih evropskih državah. V pregledu podatkov in informacij o trajnih raziskovalnih ploskvah, ki so ga izdelali v evropskem projektu COST E25 (Marell in Leitgeb 2005), so za prvo navedbo o raziskovalnih ploskvah v gozdarstvu označili ploskve na Danskem iz leta 1852. V Franciji so prve ploskve za spremljanje rasti in donosa gozdov postavili leta 1882, v Švici leta 1888 (Koehl et al. 1995), podobno tudi v Avstriji in Nemčiji. Večinoma so začeli v evropskih deželah postavljati raziskovalne ploskve na začetku 20. stoletja, v skandinavskih deželah pa so po letu 1920 začeli izvajati prve statistično zasnovane gozdne inventure, leto 1921 velja na Finskem za začetek prve nacionalne inventure (Tomppo in Heikkinen 1999).

V deželah z dolgo tradicijo raziskovanja rasti in donosov gozdov te ploskve predstavljajo pomembno dediščino, toda ob njej je treba poznati, kakšen je današnji pomen teh raziskovanj, zlasti pa kakšna je reprezentativnost takih raziskovalnih ploskev - ali so primerljive na primer s podatki in informacijami kontrolne vzorčne metode, ki je tudi na Slovenskem postala temeljna metoda za pridobivanje podatkov in informacij o gozdovih. Take primerjave so izpeljali v nekaterih evropskih državah, od koder smo pogosto privzemali različne tablice in modele, na podlagi katerih smo sklepali o razvoju gozdnih sestojev in učinkovitosti gospodarjenja v sestojih. Ko so izbirali raziskovalna območja gozdov, je bilo v Evropi ob koncu 19. stoletja gotovo odločilno tudi, kakšne so bile takratne transportne možnosti za postavitev, vzdrževanje in pogoste ponovitve merjenj dreves na raziskovalnih ploskvah. Za Švico so ocenili (Koehl et al. 1995), da je bila večina raziskovalnih ploskev pred letom 1950 postavljena glede na glavne železniške povezave, zato te ploskve niso reprezentativne v prostoru. Zlasti je bila premajhna zastopanost gozdov v Alpski regiji, na nadmorskih višinah večjih od 1000 m, gozdov na strmih pobočjih. Skoraj tretjina ploskev je bila postavljenih za raziskovanje prebiralnega gospodarjenja, na podlagi nacionalne inventure pa so ocenili, da le v petini švicarskih gozdov gospodarijo prebiralno. Ploskve za raziskovanje rasti in donosa gozdov tudi niso bile zastopane sorazmerno z deležem drevesnih vrst v gozdovih. V primerjavi raziskovalnih ploskev so Koehl in sod. (1995) analizirali številne parametre, posebej zanimivo je bilo dimenzijsko razmerje med višino in premerom dreves (h/d). Drevesa na raziskovalnih ploskvah so bila bolj vitka, z višjim dimenzijskim razmerjem kot drevesa, izmerjena v sklopu nacionalne gozdne inventure. Problem neenakega gospodarjenja na raziskovalnih ploskvah je pomemben, ker iz raziskovalnih ploskev izhajajo tablice in volumenske funkcije, za enodobne sestoje tudi tablice donosov, ki bi jih bilo v Švici sprejemljivo uporabiti le na 18 % površine, kolikor obsegajo enodobni, čisti sestoji, za katere so značilna močna redčenja. Koehl in sod. (1995) so ocenili, da raziskovalne ploskve niso reprezentativne, ponujajo pa pomembno dopolnitev kontrolni vzorčni metodi, zlasti zaradi dobre dokumentacije o razvoju in gospodarjenju s sestoji na teh ploskvah.

Na Slovenskem je bilo med prvimi nalogami Gozdarskega inštituta Slovenije, ki je bil ustanovljen leta 1947, tudi preučevanje smrekovih gozdov na Pokljuki in Jelovici. Namen teh raziskav naj bi bil ugotoviti optimalne pogoje za proizvodnjo kakovostnega smrekovega lesa in posebnosti tega lesa. V slovenskih gozdovih so začeli načrtno postavljati raziskovalne ploskve leta 1948, le leto zatem, ko je bila končana prva plošna inventarizacija slovenskih gozdov. Cividini in Wraber (1950) sta poročala o prvih 64 raziskovalnih ploskvah, ki so bile do leta 1950 postavljene v gozdovih od Pokljuke in Jelovice do Pohorja, Gorjancev, Kočevske in na območju Ravnika ter Cerknice na Notranjskem. Na teh ploskvah so opravili ekološka

raziskovanja (klimatološka, fitocenološka, pedološka), proučevali so zgradbo gozdnih sestojev ter ocenjevali spremembe v sestojih po načrtno izvedenih gozdnogojitvenih ukrepih. Hektarske ali celo dvohektarske ploskve so izbirali v izrazitejših in gozdnogospodarsko pomembnih fitocenoloških tipih, z izrazito sestojno obliko, ki so jo nameravali raziskovati, ploskve pa so bile homogene glede na gozdni tip in obliko gozda (Tregubov 1958). Gozdne tipe so že leta 1948 začeli proučevati raziskovalci vegetacije G. Tomažič, M. Wraber in V. Tregubov, dendrometrijska dela pa je kasneje prevzel M. Čokl. Izsledki teh raziskovanj so bili predstavljeni v monografijah (Tregubov 1957) ter številnih elaboratih in študijah, ki jih je na primer za Blejsko gozdnogospodarsko območje pregledno opisal Čokl (1971).

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja so v okviru raziskovalnega projekta, ki je bil namenjen prav vzdrževanju 114 trajnih raziskovalnih ploskev, še spremljali rast in razvoj sestojev na najpomembnejših gozdnih rastiščih v Sloveniji, po letu 1994 pa podpore temu delu ni bilo več. Kotar (1996) je kritično ugotovil, da je bilo po tem letu celo opuščeno delo na področju vrednotenja lesnoproizvodne sposobnosti gozdnih rastišč. Levanič (2002) je kasneje zasnoval evidenco trajnih raziskovalnih ploskev v gozdovih na Slovenskem in jih razvrstil v štiri skupine:

- ploskve, ki jih vzdržuje Gozdarski inštitut Slovenije v okviru lastnega raziskovalnega dela ali za potrebe evropskih konvencij,
- raziskovalne ploskve, ki jih je prof. M. Kotar oskrboval in nazadnje popisal med letoma 1989 in 1991,
- v tretjo in četrto skupino so bile uvrščene ploskve, ki so vrisane v temeljne gozdarske karte ali so zanje ohranjeni zapiski, toda današnje stanje teh ploskev na terenu ni bilo preverjeno na terenu.

V tem prispevku bo predstavljen del prav teh ploskev, ki so bile sicer opuščene že na začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja, predstavljajo pa zapuščino, ki bi jo lahko uporabili pri ocenjevanju razvojne dinamike gozdnih sestojev na območjih Natura 2000.

3 METODE DELA IN OPIS OBJEKTOV

Za ocenjevanje sestojne zgradbe so bili utemeljeni številni znaki, kazalci in parametri. V zadnjem desetletju so raziskovalci utemeljevali zlasti kazalce, na podlagi katerih so sklepali o biotski raznovrstnosti gozdnih sestojev (Pommerening, 2002; Neuman in Starlinger, 2001; Winter et al. 2008). McElhinny in sod. (2005) so za ocenjevanje strukturne pestrosti gozdnih sestojev kazalce razvrstili v skupine, s katerimi opisujemo vrstno sestavo dreves, slojevitost in zastornost krošenj, premer in višino dreves, njihovo prostorsko razmestitev, sestojno biomaso, zeliščno in grmovno vegetacijo, količino mrtvega lesa. Pri utemeljevanju stroškovno sprejemljivih kazalcev za presojo ugodnega ohranitvenega stanja gozdnih habitatov je bilo ocenjeno, da v znanstveni literaturi še ni informacij o kazalnikih, ki bi jih uporabili v monitoringu gozdnih habitatnih tipov na ravni rastišča oziroma sestoja (Cantarello in Newton, 2008).

Raziskovalci tako o biotski pestrosti in stanju gozdnih habitatnih tipov sklepajo posredno, pri tem pa so bili za ključne kazalnike na ravni gozdnih sestojev najpogosteje uporabljeni:

- število dreves (ha^{-1})
- sestojna temeljnica (m^2/ha),
- povprečni premer dreves (cm),
- standardni odklon in koeficient variacije za premer dreves,
- Shannon-Wienerjev indeks za oceno vrstne in debelinske pestrosti sestojev,
- delež debelih dreves v sestoju,
- povprečna višina dreves (m)
- volumen sušic in mrtvega lesa (m^3/ha).

Večino naštetih kazalcev so gozdarski strokovnjaki doslej že uporabljali pri ocenjevanju zgradbe gozdnih sestojev, posebej velja opisati le indekse in kazalce za ocenjevanje vrstne in debelinske pestrosti ter prostorske razmestitve dreves v sestojih.

Shannon-Wienerjev indeks (H') je bil namenjen za ocenjevanje vrstne pestrosti, številni avtorji pa so ga uporabili tudi za ocenjevanje strukturne raznovrstnosti gozdnih sestojev (Varga et al. 2005, McRoberts et al. 2008), tako da p_i predstavlja delež temeljnice dreves v posamezni debelinski stopnji glede na celotno temeljnico sestoja.:

$$H' = - \sum p_i \ln(p_i)$$

Tudi koeficient variacije (količnik med standardnim odklonom in povprečno vrednostjo) je postal pogost kazalnik za ocenjevanje pestrosti sestojne zgradbe v okviru gozdnih inventur, Kotar (1991) pa je na raziskovalnih ploskvah prav na podlagi koeficienta variacije za premere dreves in njihovih višin sklepal o enomernosti bukovih sestojev v optimalni razvojni fazi. Posebej smo na podlagi podatkov o višinah dreves in njihovih prsnih premerih ocenili tudi dimenzijsko razmerje h/d .

Referenčne vrednosti iz dosedanjih raziskovanj sestojne zgradbe na Slovenskem so dobro izhodišče za ocenjevanje gozdnih habitatnih tipov ter za primerjavo s podatki in informacijami kontrolne vzorčne metode na Slovenskem. Ker na stalnih vzorčnih ploskvah za drevesa izmerimo azimut in razdaljo od središča ploskve, je mogoče na podlagi teh podatkov ocenjevati tudi prostorsko razmestitev dreves in njihove sosedске odnose. V dosedanjih raziskovanjih so že bile predstavljene metode za ocenjevanje prostorske zgradbe gozdnih sestojev na podlagi koeficienta variacije za ocenjevanje razmikov med drevesi (Puhek 1998, Hladnik 2004b), na stalnih vzorčnih ploskvah pa je mogoče ocenjevati tudi razlike v vrstni sestavi in položaju dreves glede na velikost sosednjih dreves (Pommerening, 2002; Aguirre et al., 2003).

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_j$$

$$v_j = \begin{cases} 1, & \text{sosed } j \text{ je ista DV kot referenčno drevo } i \\ 0, & \text{sosed } j \text{ je različna DV} \end{cases}$$

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_j$$

$$v_j = \begin{cases} 1, & \text{sosed } j \text{ je manjši kot referenčno drevo } i \\ 0, & \text{sosed } j \text{ je večji, oz. enak, kot referenčno drevo } i \end{cases}$$

Parametra M_i in U_i lahko zavzameta 5 vrednosti:

- 0,00 – vsa sosednja drevesa so drugih drevesnih vrst oziroma so debelejša od referenčnega drevesa,
- 0,25 – eno sosednje drevo je iste drevesne vrste oziroma je tanjše kot referenčno drevo,
- 0,50 – dva soseda sta iste drevesne vrste oziroma sta tanjša kot referenčno drevo,
- 0,75 – trije sosede so iste drevesne vrste oziroma so tanjši kot referenčno drevo,
- 1,00 – vseh pet dreves (referenčno drevo in štiri sosednja) je iste drevesne vrste oziroma vsa štiri sosednja drevesa so tanjša kot referenčno drevo.

Kazalnike za ocenjevanje sestojne zgradbe in njenih sprememb smo preizkusili na območju Pokljuke, ki sodi v skupino mednarodno pomembnih območij za ptice in Posebno zaščiteno območje (SPA) Julijske Alpe-Triglav ter v Leskovi dolini, na Posebnem zaščitenem območju Snežnik-Pivka in je hkrati tudi zajeta v habitatni tip Ilirskih bukovih gozdov. Gozdne sestoje na Pokljuki in v Leskovi dolini smo izbrali, ker predstavljajo dve skupini sestojev s povsem drugačno zgradbo in vrstno pestrostjo. Na Pokljuški visokogorski planoti med 1000 in 1400 m nadmorske višine prevladujejo združbe predalpskega jelovo bukovega gozda, alpskega in subalpskega smrekovega gozda. Po vrstni sestavi je ohranjenih manj kot tretjina gozdov, kajti prevladujejo enomerni sestoji smreke, ki jih pogosto označimo tudi kot enodobne, čeprav so razlike v starosti dreves največkrat večje od 20 let, pa tudi pričakovane pomladitvene dobe so daljše – med 25 in 40 leti (GGN 2006). V dinarskih jelovo bukovih gozdovih na razgibanem visokokraškem svetu z velikimi višinskimi razlikami prevladujejo raznodobni sestoji, ki jih sestavljajo najpomembnejše drevesne vrste jelka, bukev in smreka. Velika pestrost naravnih razmer v gozdovih, njihov zgodovinski razvoj v zadnjih stoletjih, prebiralno in kasneje sonaravno gospodarjenje v teh gozdovih so oblikovali veliko pestrost sestojne zgradbe.

Na obeh območjih je bilo mogoče za primerjavo kazalnikov uporabiti podatke iz gozdarskih raziskovalnih ploskev in kontrolne vzorčne metode, za Pokljuko pa je bilo odločilno, da je bilo mogoče primerjati ocene sestojne zgradbe za posamezne večje sestoje, kajti stalne vzorčne ploskve so bile sprva postavljene na vzorčni mreži 200x100 m. Za primerjavo in izračun kazalcev sestojne zgradbe smo uporabili podatke stalnih vzorčnih ploskev, izmerjenih v letih 1974, 1984, 1994 in 2004. Kazalce o položaju drevesnih vrst v jelovo bukovih gozdovih smo preverili na podlagi podatkov kontrolne vzorčne metode v gozdnogospodarskih enotah Mašun, Leskova in Jurjeva dolina ter Snežnik na Postojnskem gozdnogospodarskem območju.

Značilnosti raziskovalnih ploskev in razvoj gozdnih sestojev na visokem krasu v Leskovi dolini so bili že podrobno opisani (Hladnik 2004 a in b). V letu 2008 so tudi na obeh dvohektarskih ploskvah, ki ležita na nadmorski višini med 830 in 860 m pričeli s pomlajevanjem, tako je bil zaključen niz 50 letnega opazovanja starih raznomernih sestojev na rastiščih *Omphalodo-Fagetum*.

4 REZULTATI

4.1 Sestojne gostote in debelinska struktura

Raziskovalne ploskve ležijo v petih od sedmih rastiščno gojitvenih tipov na Pokljuki, tako da v preglednici 1 manjkata le razreda varovalnih gozdov in subalpskih smrekovij na ekstremnih rastiščih. Ploskve smo razvrstili v skupine po današnjih rastiščno gojitvenih razredih, pred 50 leti pa so na večini raziskovalnih ploskev določili vegetacijski tip, poimenovan *Piccetum subalpinum*, na ploskvah 46, 70 in 197 pa *Adenostylo glabrae-Piccetum*. V poročilu o raziskovanju smrekovih sestojev na Pokljuki je Čokl (1958) ocenil, da so bili sestoji na vseh raziskovalnih ploskvah po obliki enodobni, kar so potrjevale tudi frekvenčne porazdelitve dreves po debelinskih stopnjah. Na podlagi modelnih dreves so ocenili, da so sestoji nastali z dolgotrajno, do 40 letno pomladitveno dobo. Ob tako dolgih pomladitvenih dobah so pričakovali večjo raznomernost sestojev, toda zaradi takratnih tipičnih nizkih redčenj in hkrati gostega sklepa krošenj, ki je preprečeval razvoj posebno debelih dreves, so bile razlike v premerih majhne. Današnje sestoje lahko uvrstimo v skupino enomernih, kajti s štetjem branik na panjih posekanih dreves smo v letu 2008 potrdili ocene o vsaj 40 letnih pomladitvenih dobah, za sestoj na raziskovalni ploskvi 70, ki so ga sprva ocenili kot prebiralnega, pa so bile razlike v starosti posekanih dreves tudi do 70 let.

Starost sestojev na raziskovalnih ploskvah smo ocenili na podlagi podatkov v poročilih (Čokl 1971) in štetja branik na panjih posekanih dreves v letu 2008. Povprečno število branik na panjih je bilo najpogosteje do 20 let manjše od ocenjene starosti za sestoje v preglednici 1, toda v današnjih debeljaki so bila posekana zlasti tanjša drevesa, na ploskvah pa smo našli 6 do 17 panjev za oceno starosti. Na vseh ploskvah prevladuje smreka, le na ploskvi 51 predstavlja jelka tretjino v skupnem švilu dreves. Gozdarjem je uspelo ohraniti in celo povečati delež jelke v tem sestoju, kajti presenetljivo je bil njen delež v številu dreves leta 1949 le 27 %, leta 1969 pa 31 % (Čokl 1971).

V gozdnih sestojih na raziskovalnih ploskvah smo izračunali visoke sestojne gostote. Že v drugem poročilu za raziskovalne ploskve na Pokljuki je Čokl (1961) opozoril, da so bile takrat izmerjene temeljnice višje od temeljnic v donosnih tablicah tudi pri najvišjih bonitetah. Na petih ploskvah so bile takrat temeljnice celo višje od 60 m²/ha, v donosnih tablicah pa je bila pri starosti 120 let najvišja temeljnica za I bonitetni razred za 22 % nižja. Po visokih temeljnicah so sklepali na dobra rastišča, hkrati pa naj bi z vzdrževanjem visokih lesnih zalog pospeševali kakovost debel in lesa. Z nizkimi redčenji so odstranjevali predvsem tanjša, manj vitalna drevesa. Sestoji na raziskovalnih ploskvah so tako ponazarjali zgornjo mejo in ne povprečnih značilnosti sestojev na Pokljuki. Ob tem so v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja na Pokljuki postavili stalne vzorčne ploskve, kar je bilo verjetno tudi odločilno, da so raziskovalnim ploskvam pripisali manjši pomen kot dotlej.

Kljub temu smo na ploskvah 70 in 49 izračunali temeljnice, ki se niso razlikovale od intervalnih ocen za debeljake v smrekovjih mrazišč, ki jih je pri 5 % verjetnosti pomote izračunal Zalokar (2001) na podlagi podatkov stalnih vzorčnih ploskev, izmerjenih v letih 1974, 1984 in 1994. Temeljnice na ploskvah 39 in 46 pa se niso razlikovale od intervalnih ocen za sestoja debeljakov, v katerih ležita ploskvi in smo jih izračunali na podlagi stalnih vzorčnih ploskev do leta 1984, ko je bilo z gosto vzorčno mrežo (200x100 m) še mogoče ocenjevati tudi značilnosti posameznih gozdnih sestojev.

Preglednica 1: Lega raziskovalnih ploskev na Pokljuki, povprečni in dominantni premeri smreke ter sestojne gostote v letih 2007 in 2008. Del podrobnejših podatkov o zgradbi in razvoju gozdnih sestojev je podan v diplomskih naloga študentov (Rebolj, 2007; Borkovič, 2008).

Številka ploskve	Gospodarske kategorije, rastiščno gojitveni razredi	NMV (m)	Starost (let)	d_{az} (cm)	d_a (cm)	d_g (cm)	d_{dom} (cm)	N (ha^{-1})	G (m^2/ha)	V (m^3/ha)	V_m (m^3/ha)
46	Predalpska jelova bukovja	1330	170	25,2	40,9	42,1	53,5	374	49,1	564,3	10,4
51	- na boljših tleh	1270	160	33,8	57,2	58,2	61,8	193	52,0	825,7	4,5
70	Smrekovja mrazišč- prisojna	1450	100	22,5	40,8	41,9	53,8	414	57,2	782,8	15,4
39	Smrekovja mrazišč	1270	185	38,8	52,7	53,6	61,8	234	52,7	900,1	7,3
49		1190	140	19,7	41,0	42,7	54,5	312	44,7	680,1	5,2
193*		1350	100	16,4	32,1	33,2	46,1	776	67,3	924,4	15,8
197*	Subalpinska smrekovja	1420	90	15,4	26,6	31,3	43,1	986	60,8	703,8	
40		1350	160	40,3	59,4	60,2	67,5	208	59,0	926,4	2,4

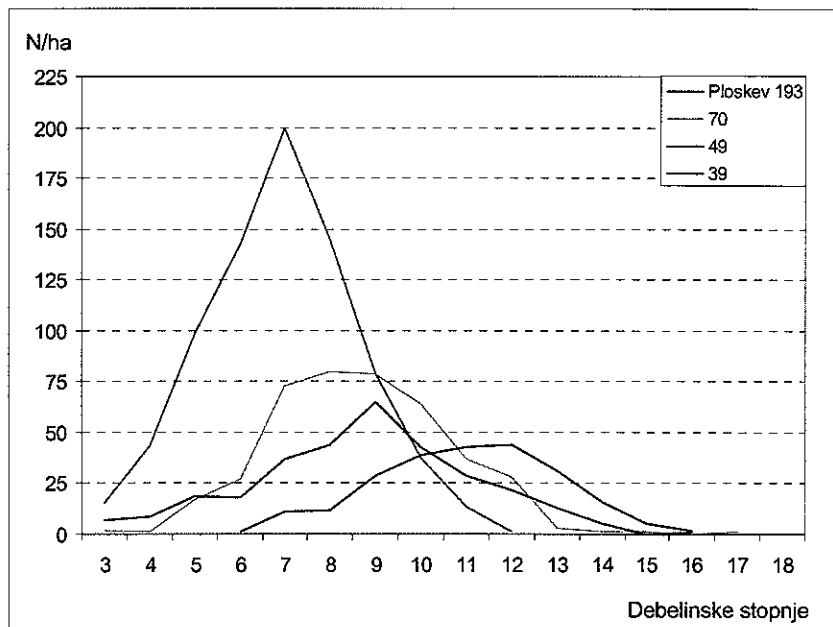
* Raziskovalne ploskvi merijo 1 ha, le označeni ploskvi merita 0,8 ha. Na manjših ploskvah so prve meritve opravili leta 1963, na ostalih pa v letih 1949 in 1950.

d_{az} – aritmetično srednji premer dreves ob prvih meritvah v letih 1950 oziroma 1963 ,
 d_a – aritmetično srednji premer dreves,
 d_g – srednjetelemjnični premer,
 d_{dom} – dominantni premer (srednjetelemjnični premer 100 najdebelejših dreves na hektar),

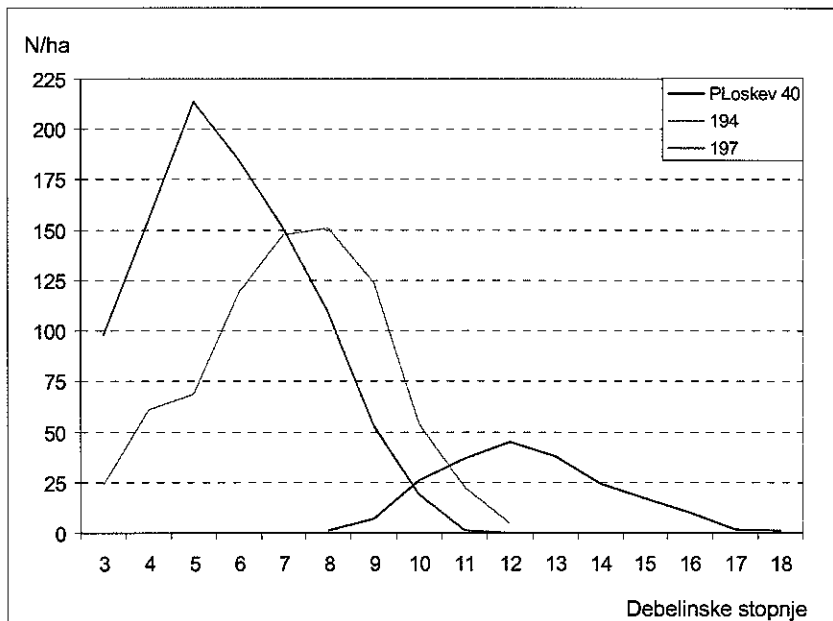
N – število dreves,
 G – sestojna temeljnica,
 V – lesna zaloga,
 V_m – volumen odmrlega lesa.

Frekvenčne porazdelitve premerov dreves po 5 centimetrskih debelinskih stopnjah ponazarjajo, kako se z naraščanjem starosti manjša število dreves v sestoji, naraščajo prsni premeri dreves, povečujejo se razlike med njimi. Sestoji na raziskovalnih ploskvah so zajeti v sestojnih kartah, ki jih ob desetletnih načrtovalnih obdobjih obnovijo gozdarski načrtovalci. Ocena razvojnih stadijev je skladna s povprečnimi premeri v preglednici 1, kjer je večina ploskev uvrščena v razvojne faze starejših debeljakov, le raziskovalno ploskev 193 bi po izračunanih povprečnih premerih uvrstili v sestoj mlajšega debeljaka, tako kot je bila na sestojni karti za leto 1996 skupaj s sosednjo ploskvijo 194 še uvrščena v to razvojno fazo.

a)

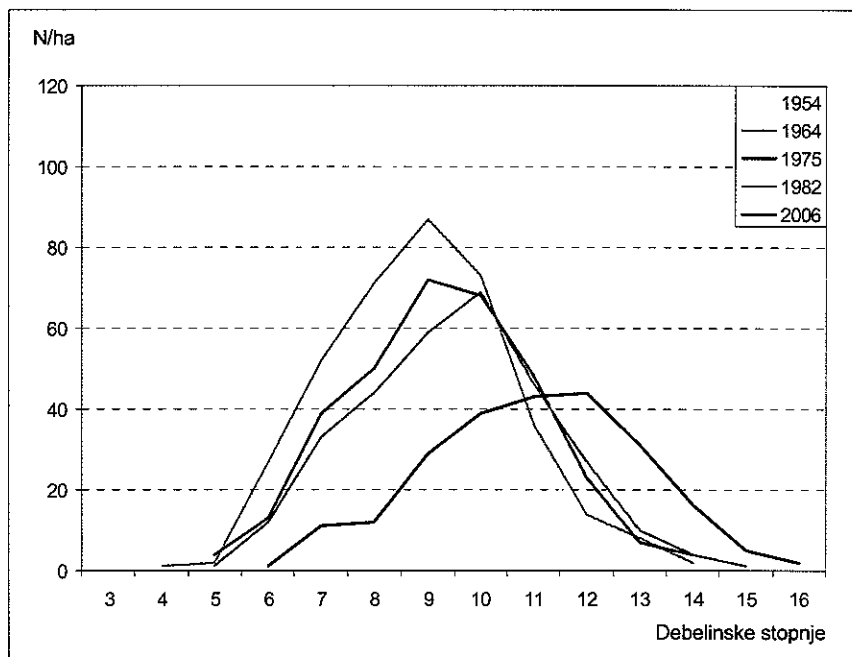


b)

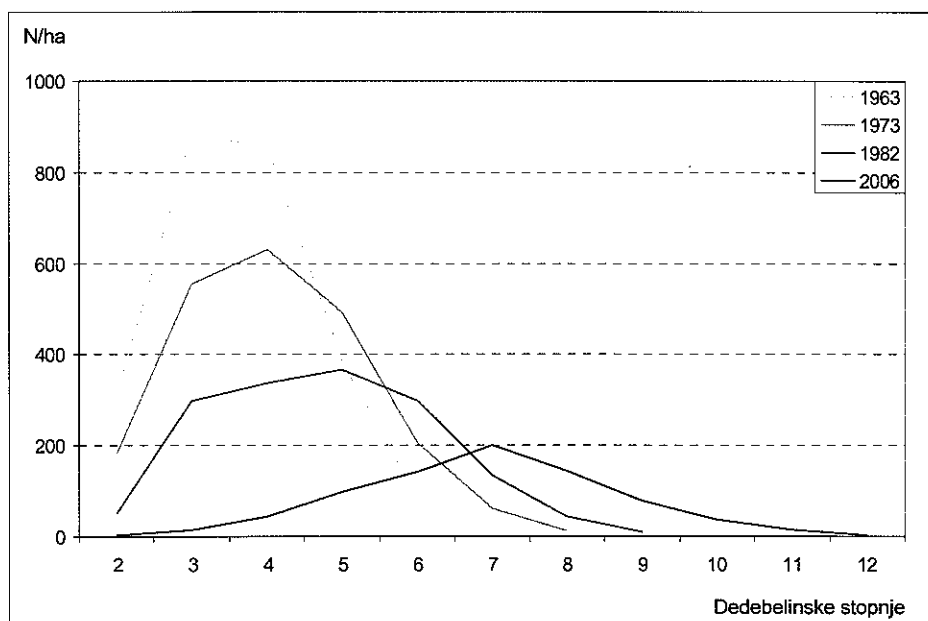


Slika 1: Frekvenčne porazdelitve dreves po debelinskih stopnjah na raziskovalnih ploskvah v rastiščnogojitvenem tipu smrekovij mrazišč (a) in subalpinskih smrekovij (b) na Pokljuki v letih 2007 in 2008

a)



b)

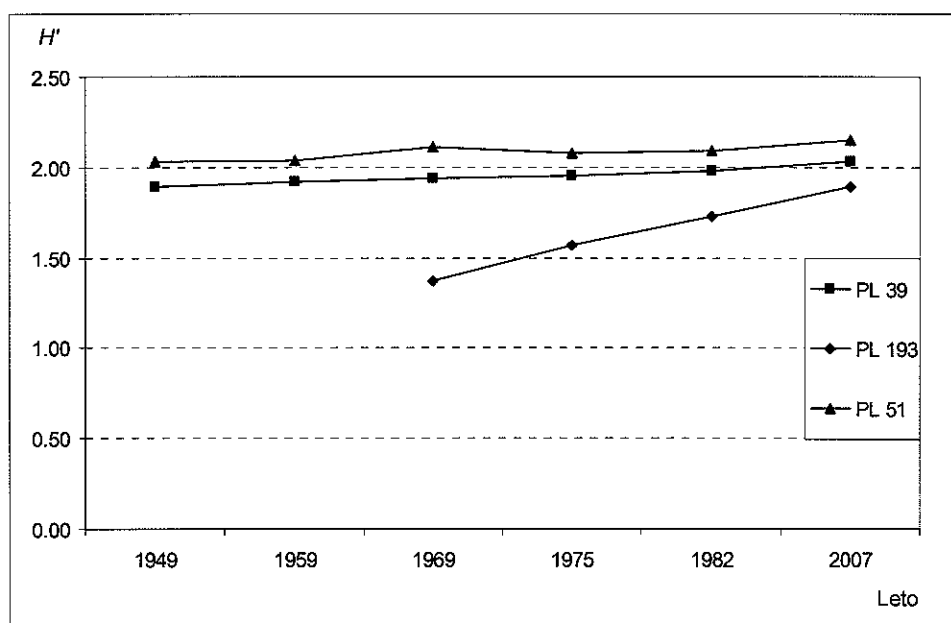


Slika 2: Spremembe frekvenčnih porazdelitve dreves po debelinskih stopnjah na raziskovalnih ploskvah starejšega (a – ploskev 39) in mlajšega debeljaka (b – ploskev 193) na Pokljuki v zadnjih 50 oziroma 40 letih.

Na raziskovalni ploskvi 193 so pred 45 leti v debelinski strukturi mlajšega drogovnjaka prevladovali smreke v 3. in 4. debelinski stopnji, v današnjem mlajšem debeljaku je od takratnih 2229 dreves na hektar ostalo 35 % dreves. V obdobju drogovnjaka so bile spremembe sestojnih gostot hitre, zlasti v času redčenja po letu 1968 (Slika 2b). V dveh sosednjih sestojih v odsekih 66 a in b ter 67 b, ki sta bila leta 1984 tudi v razvojni fazi mlajšega debeljaka, smo na stalnih vzorčnih ploskvah ocenili veliko pestrost, kajti na posameznih stojiščih so ocene števila dreves na hektar obsegale podobne vrednosti, kot so na

raziskovalni ploskvi znašale spremembe med letoma 1982 in 2007 (Slika 5). Tudi na podlagi srednje temeljničnih premerov, ocenjenih na stalnih vzorčnih ploskvah, je bilo mogoče sklepati o veliki pestrosti v sestojih, kajti v letu 1984 smo za ta premer ocenili vrednosti med 17 in 30 cm, koeficient variacije za ocenjene premere pa je znašal 29,9 %

Pestrost debelinske strukture na raziskovalnih ploskvah smo ocenili s Shannonovim indeksom, pri katerem smo upoštevali porazdelitev temeljnice po debelinskih stopnjah. V starejših debeljaki je indeks za sestojno temeljnico v zadnjih 50 letih počasi naraščal, kar je po vsebini mogoče primerjati tudi s spremembami frekvenčnih porazdelitev za ploskev 39, ki so ob zmanjševanju števila dreves v sestoju obsegale čedalje širše razmake vrednosti prsnih premerov.



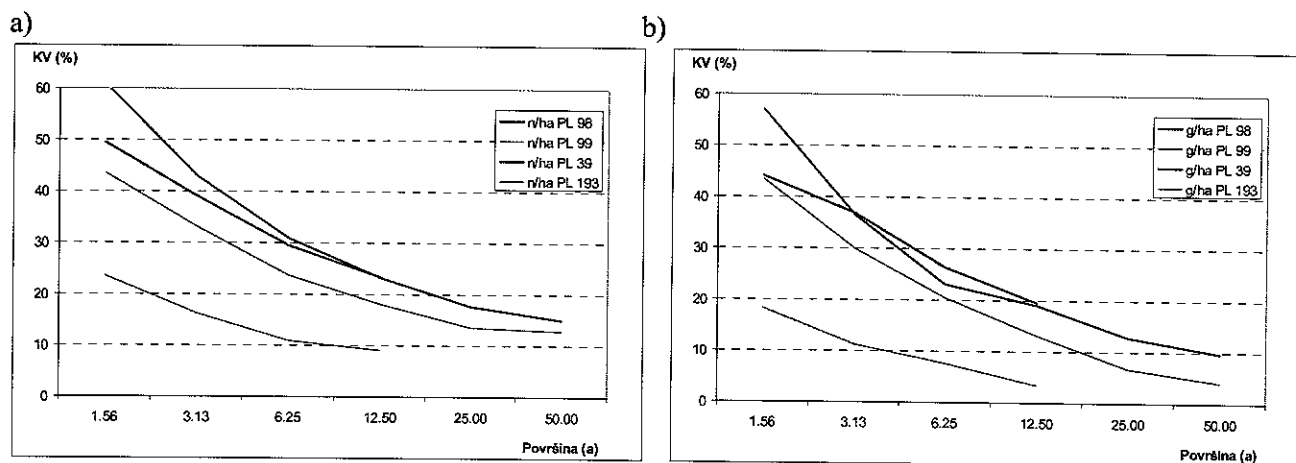
Slika 3: Shannonov indeks (H') za porazdelitev temeljnice po debelinskih stopnjah na treh raziskovalnih ploskvah na Pokljuki v zadnjih 50 letih.

Večje spremembe smo določili na ploskvi 193, ki ponazarja razvojno pot od mlajšega drogovnjaka pred 45 leti do današnjega mlajšega debeljaka. Leta 2007 smo za to raziskovalno ploskev izračunali vrednost $H'=1,89$, kar je enako vrednosti za raziskovalno ploskev 39 v letu 1949. Sestoja sta si bila podobna po svoji pestrosti, toda temeljnica na raziskovalni ploskvi 193 je danes za 11 % višja, število dreves na hektar pa za 52 % večje kot na ploskvi 39 pred 59 leti.

4.2 Variabilnost sestojnih parametrov

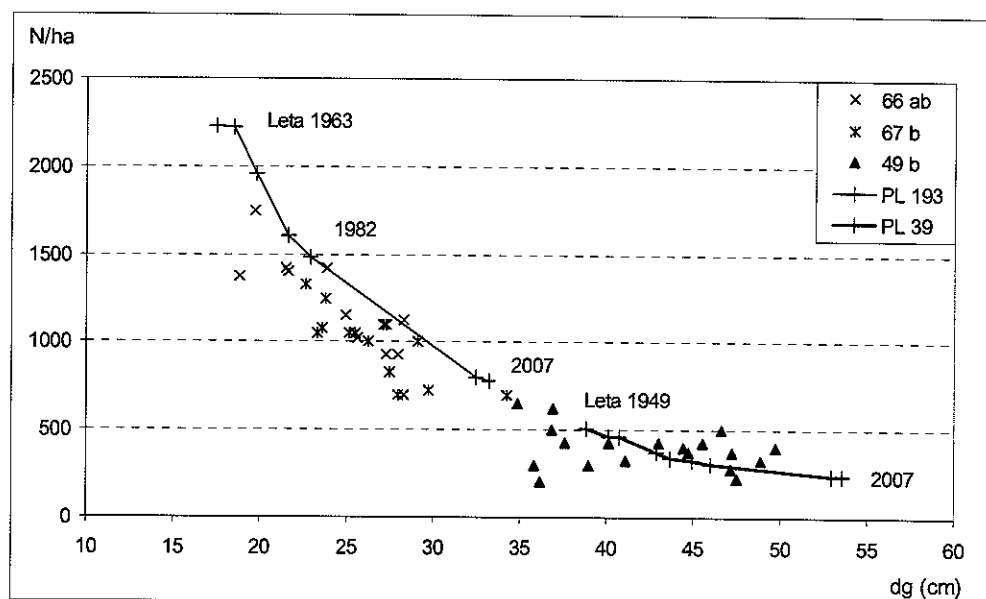
Na stalnih vzorčnih ploskvah je bilo pričakovano, da bomo ocenili nižje vrednosti Shannonovega indeksa kot na hektarskih raziskovalnih ploskvah, hkrati pa tudi te ploskve niso bile tako homogene, kot bi lahko zmotno sklepali iz podatkov polne izmere. Ko smo tlorise raziskovalnih ploskev razdelili na polovice in nato postopek ponavljali tako, kot bi dele ploskev prepogibali na vedno nove polovice, je bilo mogoče oceniti, kako se z zmanjševanjem površine sestoja, na kateri računamo kazalce sestojne pestrosti, spreminjajo tudi vrednosti teh kazalcev.

Koeficient variacije za oceno števila dreves in sestojne temeljnice je bil najmanjši na ploskvi 193 z mlajšim debeljakom, variabilnost v starejšem debeljaku na ploskvi 39 pa je bila primerljiva s sestojema starejših debeljakov v jelovo bukovih gozdovih Leskove doline. Za ploskve velikosti 4 ali 5 arov, ki jih uporabljamo v gozdni inventuri na Slovenskem, je bil v mlajšem debeljaku smreke koeficient variacije za oceno sestojne temeljnice trikrat manjši kot v sestojih starejših debeljakov.



Slika 4: Velikost vzorčnih ploskev in koeficienti variacije za oceno števila dreves (a) in sestojne temeljnice (b) na raziskovalnih ploskvah na Pokljuki in v Leskovi dolini.

Na hektarski ploskvi 39 se je po letu 1949 število dreves zmanjšalo od 507 na današnjih 236. Zaradi številnih sestojnih vrzeli je bila variabilnost na stalnih vzorčnih ploskvah v sestoju starejšega debeljaka v odseku 49 b leta 1985 večja, kot so bile razlike, ki smo jih na hektarski ploskvi določili v zadnjih 20 letih.



Slika 5: Zmanjševanje števila dreves na raziskovalnih ploskvah 193 in 39 v zadnjih 40 oziroma 50 letih in primerjava z vrednostmi na stalnih vzorčnih ploskvah v odsekih, kjer ležijo raziskovalne ploskve

Tudi pri uporabi Shannonovega indeksa na stalnih vzorčnih ploskvah je potrebna previdnost, kajti na 4 arskih vzorčnih ploskvah ne ocenjujemo debelinske strukture tako kot pri polni izmeri hektarskih raziskovalnih ploskev. V mlajših razvojnih fazah so bile na raziskovalni ploskvi 193 do leta 1985 ocene Shannonovega indeksa primerljive s tistimi iz vzorčnih ploskev okoliškega sestoja. Na raziskovalni ploskvi smo za leto 1982 izračunali $H^{\prime}=1,73$, na vzorčnih ploskvah smo ob 5 % verjetnosti pomote po podatkih za leto 1984 ocenili povprečno vrednost v intervalu med 1,61 in 1,74. Takrat je bilo v sestoji postavljenih 25 vzorčnih ploskev, na vsaki ploskvi pa je bilo povprečno izmerjenih kar 43 dreves. Vzorčne ploskve so bile tako velike, da so v mlajših debeljakih dobro predstavljale tudi debelinsko strukturo sestoja, v sestojih starejših debeljakov in pomlajencih pa na 4 arskih ploskvah zajamemo premalo dreves, da bi lahko primerjali ocene debelinske strukture s hektarskimi raziskovalnimi ploskvami.

V odseku 49 b, kjer v starejšem debeljaku leži ploskev 39, smo na 19 vzorčnih ploskvah v letu 1984 zajeli povprečno 16 dreves, leta 2004 pa 14 dreves. Tudi v mlajšem debeljaku s ploskvijo 193 se je povprečno število dreves na vzorčnih ploskvah do leta 2004 zmanjšalo na 34, ob tem pa so po letu 1984 v gozdni inventuri za polovico zmanjšali število vzorčnih ploskev in primerjava s hektarskimi raziskovalnimi ploskvami na ravni posameznih sestojev ni bila več mogoča.

Standardni odkloni za oceno povprečnih premerov na vzorčnih ploskvah ter koeficienti variacije so bili primerljivi s tistimi, ki smo jih ocenili na vzorčnih ploskvah v okoliških sestojih – v starejšem debeljaku odseka 49 b (19 vzorčnih ploskev, SD = 8,73 in KV = 21,8 %) ter mlajših debeljakih odsekov 66 a in b ter 67 b (25 vzorčnih ploskev, SD = 7,253 in KV = 29,9 %). Na podlagi tako visokih koeficientov variacije za premere dreves ne bi mogli sklepati o značilni enomernosti smrekovih debeljakov na Pokljuki. Enomernost zgradbe teh gozdnih sestojev potrjujejo zlasti ocene o njihovi vertikalni zgradbi.

4.3 Vertikalna zgradba in položaj dreves v gozdnih sestojih

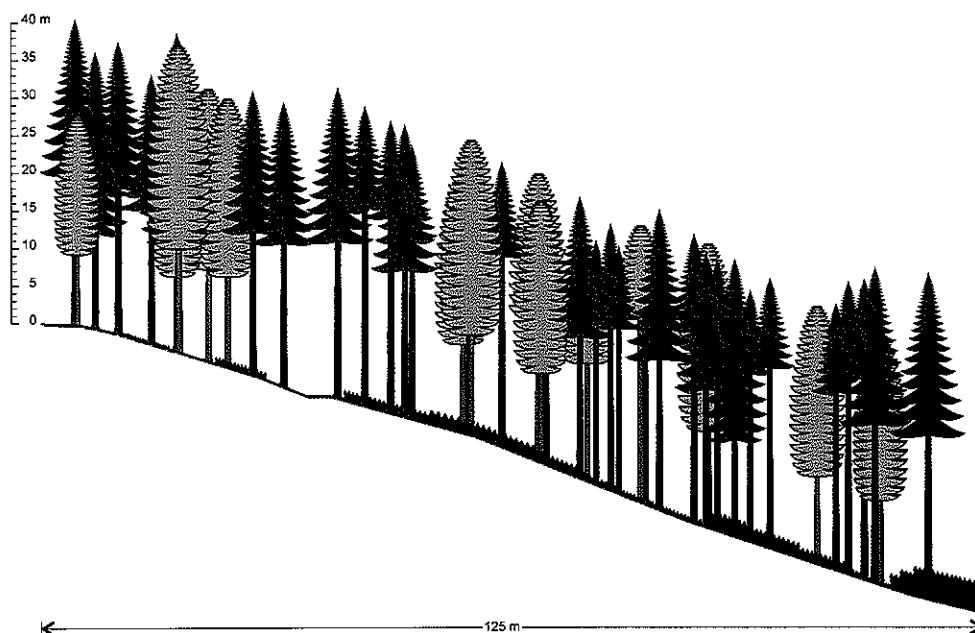
Na ploskvi 39 smo izračunali dvakrat manjše koeficiente variacije za višine dreves (10 %) kot za premere dreves. Podobno smo ocenili tudi na dveh transektih na raziskovalnih ploskvah 193 za smreko (KV = 13,8 %) in 51 (KV = 11,7 % za jelko in 6,7 % smreko). Na raziskovalni ploskvi 39 smo izmerili višine vseh dreves in le ena smreka je bila uvrščena v srednji sloj, vse ostale so s svojimi višinami presegle 26 m, kar je v tem debeljaku predstavljalo 2/3 zgornje sestojne višine.

V spodnjem sloju tega sestoja smo našli le tri vrasle jerebice. Tudi na raziskovalni ploskvi 49 je bilo od 305 dreves 88 % smrek uvrščenih v zgornji sloj, med 37 smrekami, ki smo jih uvrstili v srednji in spodnji sloj, je bilo 28 dreves na delu ploskve, kjer so pred desetletji pričeli s pomlajevanjem, vrasla drevesa pa so danes v razvojni fazi letvenjaka in mlajšega drogovnjaka.

a)



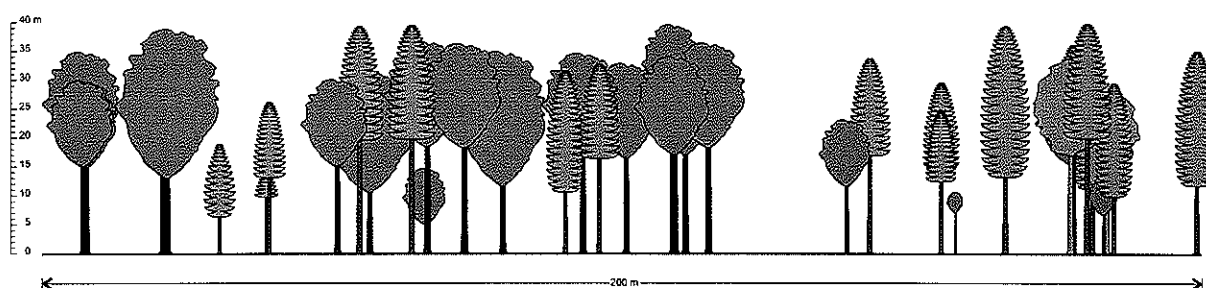
b)



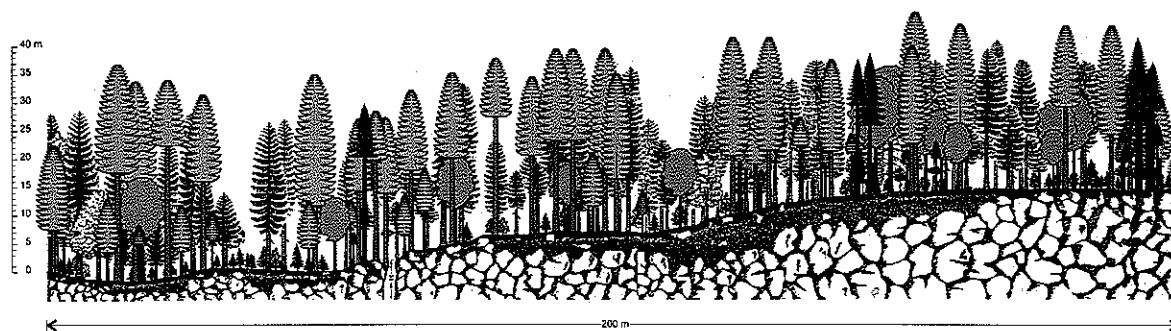
Slika 6: Vzdolžna profila smrekovega mlajšega debeljaka na raziskovalni ploskvi 193 ter starejšega debeljaka smreke in jelke na ploskvi 51 na Pokljuki leta 2007.

Kazalci za raziskovalne ploskve v Leskovi dolini so potrdili povsem drugačno zgradbo jelovo-bukovih sestojev. Na raziskovalni ploskvi 98 so bili koeficienti variacije za premere dvakrat večji kot na Pokljuki – 47,7 % za jelko in 41,0 % za premere bukve, še večje pa smo izračunali na ploskvi 99 za premere jelke (51,4 %), bukve (50,0 %) in smreke (59,6 %). Velike so bile tudi razlike v višinah dreves (KV = 39,8 % za jelko in 26,5 % za višine bukve). Na 200 metrskem transektu ploskve 99 smo leta 2008 izmerili višine dreves in na podlagi teh podatkov ocenili še večje koeficiente variacije za višine jelke (43,8 %). Na sliki 7 je mogoče razbrati, da je bukev na transektu le redko prerasla v zgornji sloj, zato so bile ocene koeficientov variacije za njeno višino nižje (23,5 %).

a)

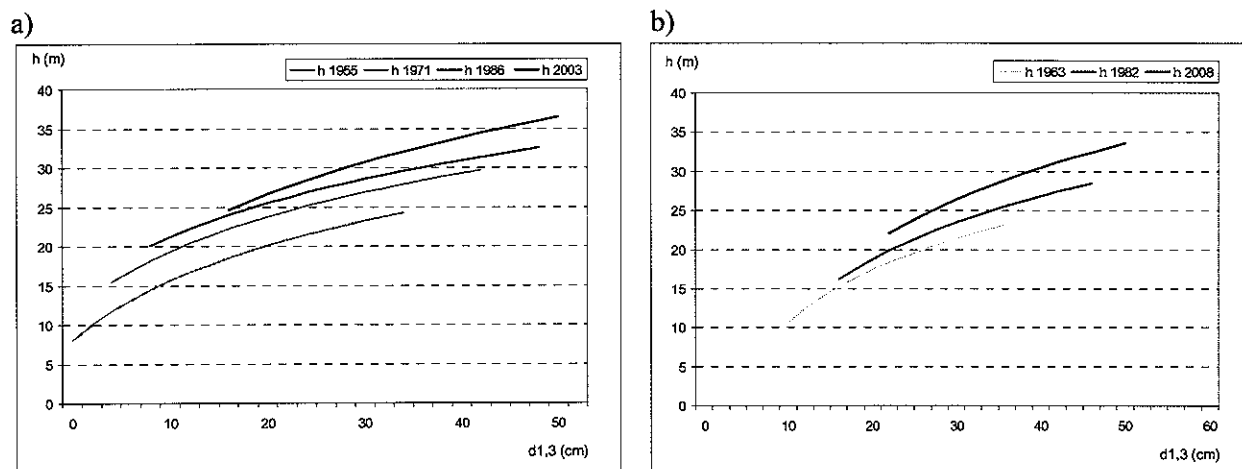


b)



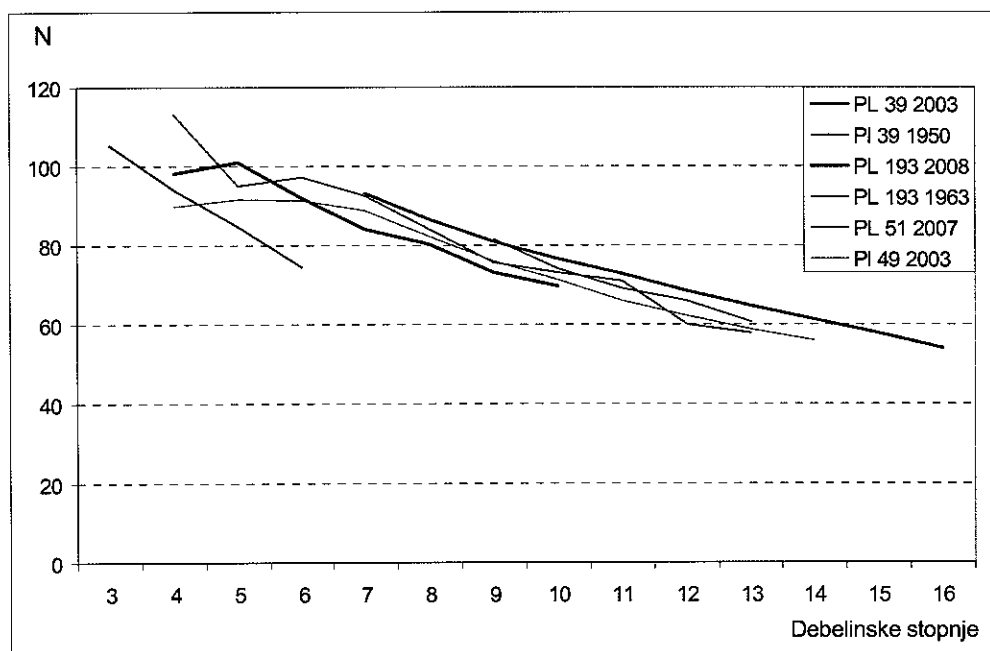
Slika 7: Vzdolžna profila jelovo-bukovih sestojev na raziskovalnih ploskvah 98 (a) in 99 (b) v Leskovi dolini leta 2007. V ozadju vzdolžnega profila ploskve 99 smo prikazali upodobitev tega gozdnega sestoja v začetnem obdobju meritev (Tregubov 1957).

Sestoji na raziskovalnih ploskvah v Leskovi dolini so bili sicer izbrani kot predstavniki prebiralnih gozdov na Snežniku, toda že po prvih meritvah je bilo prikazano, da se njihova zgradba močno razlikuje od takrat idealne prebiralne oblike (Čokl 1961). Frekvenčne krivulje dreves po debelinskih stopnjah so sicer nakazovale značilnosti prebiralne zgradbe, toda v nižjih debelinskih stopnjah zlasti na račun vitalne bukve, ki je prevladovala tudi v mladovju in je dobro vraščala. Na ploskvi 98 se je v petdesetih letih povečal delež bukve v sestojni temeljnici od 30 % na 45 % (Hladnik 2004), njen vzpon pa dobro predstavlja tudi razvoj višinskih krivulj po posameznih desetletnih obdobjih (Slika 8). V letu 2008 so na ploskvi posekali večino dreves, do konca razvojne poti tega sestoja pa je kar 80 % bukev preseglo dve tretjini zgornje višine.



Slika 8: Razvoj sestojnih višin bukve na raziskovalni ploskvi 98 v Leskovi dolini (a) in smreke na ploskvi 193 na Pokljuki (b). Po arhivskih podatkih (Čokl 1958, 1961) izvornih snemalnih listov in zadnjega merjenja na raziskovalnih ploskvah.

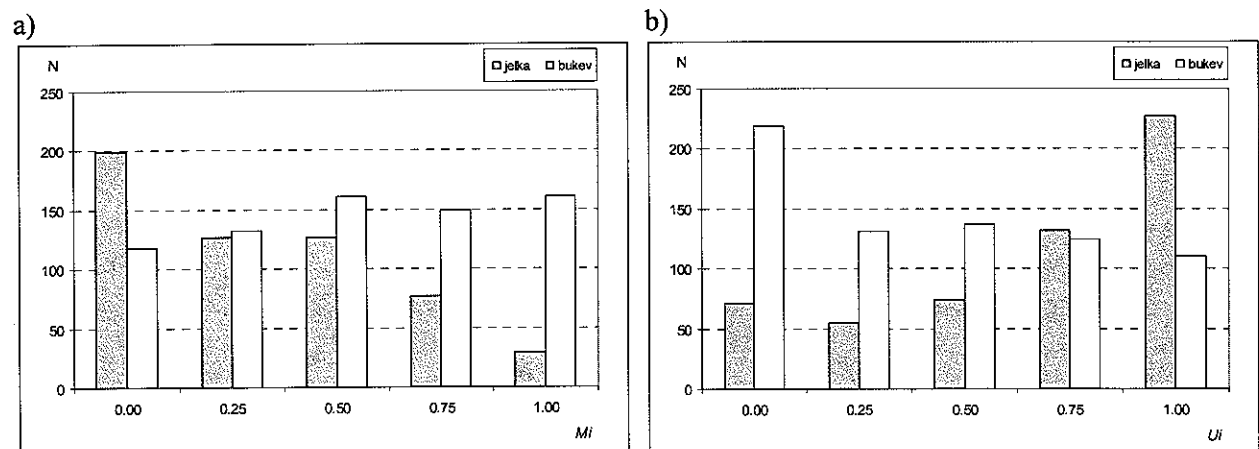
Smreke na poključskih ploskvah so imele pred 40 leti nižje dimenzijsko razmerje h/d , z razvojem sestojev, pa so postajale čedalje bolj vitke zlasti v mlajšem debeljaku na ploskvi 193. V tem sestoju prevladujejo drevesa z dimenzijskim razmerjem, večjim od 80, kar je sicer pogosto privzeta ločnica med stabilnimi in ogroženimi drevesi v smrekovih sestojih (Bachofen in Zingg, 2001). Na sliki 9 je ponazorjeno, da so bila na raziskovalni ploskvi 39 drevesa v 10 debelinski stopnji leta 1950 med dominantnimi, današnja drevesa v tej debelinski stopnji pa sodijo v frekvenčni porazdelitvi med drevesa, za katera sklepamo, da zaostajajo oziroma slabše priraščajo v debelino.



Slika 9: Dimenzijska razmerja (h/d) za smreke na raziskovalnih ploskvah na Pokljuki pred 40 oziroma 50 leti in v zadnjem obdobju merjenja.

V Leskovi dolini je bukev na razsikovalni ploskvi 98 dobro izkoristila rastni prostor, ki je nastajal v sestojnih vrzelih, kajti le tretjina bukovih dreves v zgornjem sloju je imela dimenzijsko razmerje h/d večje od vrednosti 80. Vitka drevesa so prevladovala v srednjem in spodnjem sloju, kjer smo ocenili kar 83 % bukovih dreves z neugodnim dimenzijskim razmerjem.

Na podlagi 700 stalnih vzorčnih ploskev v štirih gozdnogospodarskih enotah na visokem krasu Snežnika smo z metodo sosedskih odnosov dreves (Pommerening 2002) ocenili, da je bukev v teh gozdnih sestojih najpogosteje podstojna drevesna vrsta, jelka pa še vedno izrazito dominantna vrsta. V oceni smo upoštevali le stalne vzorčne ploskve, na katerih je imelo referenčno drevo vsaj 4 sosede.



Slika 10: Položaj jelke in bukve v raznomernih Snežniških gozdovih, ocenjen na stalnih vzorčnih ploskvah (N=700) glede na razliko v vrstni sestavi (M_i) in premerih dreves (U_i), ki obdajajo referenčno drevo na vsaki od vzorčnih ploskev.

Jelke se na vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode pojavljajo najpogosteje posamič, na manj kot 10 % ploskev so bile še prisotne v skupinah vsaj petih dreves. Na 41 % stalnih vzorčnih ploskev je bila jelka najdebelejše referenčno drevo, obdano z drevesi manjših premerov. Za bukev smo take sosedske razmere ocenili le na 15 % stalnih vzorčnih ploskev, kajti najpogosteje so jo obdajala debelejša drevesa (30 % ploskev). Ocene na sliki 10 smo prikazali za ponazoritev predlaganih kazalcev vrstnih in velikostnih razlik na stalnih vzorčnih ploskvah, podrobnejša raziskovanja prostorske razmestitve in sosedskih odnosov drevesnih vrst v jelovo bukovih gozdovih na visokem krasu bodo predstavljena posebej.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

V prispevku so prikazani kazalci, ki bi jih lahko uporabili za ocenjevanje stanja in sprememb v gozdnih habitatnih tipih na Slovenskem, pri tem pa ne bo treba veliko spreminjati ali dopolnjevati dosedanjega dela na stalnih vzorčnih ploskvah, ki so po Pravilniku o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) postale izhodišče za zbiranje podatkov o stanju in razvoju gozdov. Privzeli smo kazalce za ocenjevanje biotske raznovrstnosti in pestrosti sestojne zgradbe, ki so jih najpogosteje razvili v sklopu nacionalnih inventur in projektov monitoringa gozdov v evropskih državah, prav v takih projektih pa so v

zadnjih letih ocenili možnosti in predlagali postopke za harmonizacijo podatkov in informacij gozdnih inventur na evropski ravni (Winter et al., 2008).

Za poročanje o gozdnih habitatnih tipih imamo v gozdarstvu na Slovenskem dobra izhodišča zlasti zaradi velike gostote vzorčnih mrež, na katerih so postavljene stalne vzorčne ploskve. Ker prevladujeta vzorčni mreži 250x250 m in 500x250 m (Matijašič in Medved, 2008), je mogoče ocenjevati značilnosti in spremembe v sestojni zgradbi vsaj na ravni stratumov - rastiščnogojitvenih tipov oziroma nekdanjih gozdnogospodarskih razredov, o prostorskih spremembah v gozdnih habitatnih tipih pa je mogoče sklepati na podlagi sestojnih kart in popisov gozdnih sestojev. Podobno kot so izpeljali proces harmonizacije na evropski ravni, bi bilo treba storiti tudi na Slovenskem, čeprav je bilo pričakovati, da bo poenotenje v gozdnih inventurah tudi ena od pomembnih nalog Zavoda za gozdove Slovenije. Še je čas, da se za gozdne habitatne tipe izognemo podobnim nesrečnim poročilom, kot jih je bilo treba na primer oblikovati za FAO in podatke o slovenskih gozdovih prav nerodno preoblikovati v postavljene referenčne okvire (Japelj in Hočevar, 2008).

V poročilih o ohranjenosti habitatnih tipov gotovo ne bodo podane tako podrobne ocene o kazalcih sestojne zgradbe in njene pestrosti, kot smo jih prikazali s primerjavo sestojev na raziskovalnih in stalnih vzorčnih ploskvah. Za poročanje v obdobjih, ki so krajša od 10 letnih gozdarskih načrtovalnih obdobj, so morebitne razlike manjše od zanesljivosti ocen in vzorčnih napak, ki jih lahko dosežemo na podlagi mreže stalnih vzorčnih ploskev. Predstavljeni kazalci bodo lahko v oporo pri utemeljevanju razvojnih značilnosti gozdnih sestojev in zgradbe gozda, ki jo celo naravovarstveniki pogosto dojemajo statično, gozdnogospodarske ukrepe pa kot grob poseg v naravno okolje.

Kazalci za monitoring zgradbe gozdnih habitatnih tipov so bili v gozdni inventuri zajeti že v preteklosti, takrat zlasti v sklopu ocenjevanja lesnih zalog, debelinske strukture in deležev drevesnih vrst v lesni zalogi ali drugih sestojnih gototah, veliko referenčnih podatkov o značilnostih in razvoju gozdnih sestojev na Slovenskem pa je že bilo podanih tudi v sklopu prirastoslovnih raziskovanj (Kotar, 1991, 1996, 2006). Ko preverjamo modele za računanje volumnov dreves in lesnih zalog, bi lahko sklepali tudi o razvoju in pestrosti vertikalne zgradbe gozdnih sestojev. Škoda bi bilo tako strokovno delo omejiti le na preverjanje tarif, ki doslej niti gozdarskim strokovnjakom pogosto ni predstavljalo velikega izziva.

S primerjanjem sestojnih gostot nismo želeli iskati morebitne reprezentativnosti raziskovalnih ploskev na ravni rastiščno gojitvenih tipov, kajti za objektivno primerjavo bi morali podatke stalnih vzorčnih ploskev stratificirati vsaj še po skupinah zastornosti drevesnih krošenj v današnjih debeljakih. Za tako podrobno oblikovanje stratumov pa je bilo premalo stalnih vzorčnih ploskev že v času Zalokarjevega (2001) ocenjevanja sestojnih gostot. V gozdnogospodarskem načrtu (2006) so za končne lesne zaloge predvideli do 1000 m³/ha v gozdnih sestojih na rastiščih, na katerih ležijo tudi raziskovalne ploskve. Podobno kot pred 40 leti je mogoče tudi danes oceniti, da sestoji na raziskovalnih ploskvah predstavljajo značilnosti strnjenih debeljakov ali vsaj tistih z manj vrzelastim sklepom krošenj.

6 LITERATURA

Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K.v., Jimenez, J. 2003. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183, 137–145.

Bachofen, H., Zingg, A., 2001. Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 145, 137–149.

Borkovič, D., 2008. Razvoj gozdnih sestojev na raziskovalnih ploskvah v predalpskih jelovo-bukovih gozdovih na Pokljuki. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 44 s.

Cantarello, E., Newton, A.C., 2008. Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites. *Forest Ecology and Management*, 256, 815–826.

Cividini, R., Wraber, M., 1950. Gozdarski inštitut Slovenije v letih 1947-1949. *Izvestja*, 1, 1–22.

Čokl, M., 1958. Kompleksna raziskovanja smrekovih sestojev na Pokljuki. Ljubljana, IGLG, 106 s.

Čokl, M., 1961. Raziskovalne ploskve v prebiralnih gozdovih na Snežniku v razdobju 1949-1960. Ljubljana, IGLG, 92 s.

Čokl, M. 1971. Raziskovalne ploskve v Blejskem gozdnogospodarskem območju. Ljubljana, IGLG, 49 s.

Diaci, J., Pisek, R., Hladnik, D., 2006. Izpopolnitev metodologije spremljanja razvoja gozdov v rezervatih. V: Hladnik, D. (Ur.). *Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 125–143.

Gašperšič, F., 1967. Razvojna dinamika mešanih gozdov jelke-bukve na Snežniku v zadnjih sto letih. *Gozdarski vestnik*, 7–8, 202-237.

Gašperšič, F., 1974. Zakonitosti naravnega pomlajevanja jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu Snežniško-javorniškega masiva. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 133 s.

Golob A. 2006. Izhodišča za monitoring ohranjenosti gozdnih habitatnih tipov in habitatov vrst na območjih Natura 2000 v Sloveniji. V: Hladnik, D. (Ur.). *Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 223–245.

Gozdnogospodarski načrt za GGE Pokljuka. 2006-2015. 2006. Bled, ZGS - OE Bled.

- Hladnik, D., 2004a. Debela drevesa v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu. V: Brus, R. (Ur.). Staro in debelo drevje v gozdu. Zbornik referatov študijskih dni. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 151–166.
- Hladnik, D., 2004b. Ocenjevanje prostorske zgradbe jelovo-bukovih sestojev. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 74, 165–186.
- Japelj, A., Hočevar, M., 2008. Analiza informacijskih vrzeli podatkov gozdne inventure v Sloveniji v luči zahtev Ministrske konference o varstvu gozdov v Evropi (MCPFE). Zbornik gozdarstva in lesarstva, (v tisku).
- Kordiš, F., 1993. Dinarski jelovo-bukovi gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, Strokovna in znanstvena dela, 112, 139 s.
- Koehl, M., Scott, C.T., Zingg, A., 1995. Evaluation of permanent sample surveys for growth and yield studies: a Swiss example. Forest Ecology and Management, 71, 187–194.
- Kotar, M., 1991. Zgradba bukovih sestojev v njihovi optimalni razvojni fazi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 38, 15–40.
- Kotar, M., 1996. Poznavanje lesnoproizvodne sposobnosti gozdnih rastišč kot pogoj za kakovostne odločitve pri ravnanju z gozdovi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 50, 221–231.
- Kotar, M., 2006. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije, 500 s.
- Levanič, T., 2002. Osnove za oblikovanje trajne mreže raziskovalnih ploskev za področje gozdarstva. Zaključno poročilo posebne naloge. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, 10 s.
- Marell, A., Leitgeb, E., 2005. Field research and monitoring of Europe's forests: a historical perspective. European long-term research for sustainable forestry: Experimental and monitoring assets at the ecosystem and landscape level. Technical Report 3, COST Action E25, 1–35.
- McElhinny, C., Gibbons, P., Brack, C., Bauhus, J., 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. Forest Ecology and Management, 218, 1–24.
- McRoberts, R.E., Winter, S., Chirici, G., Hauk, E., Pelz, D.R., Moser, W.K., Hatfield, M.A., 2008. Large-scale spatial patterns of forest structural diversity. Canadian Journal of Forest Research, 38, 429–438.
- Matijašič, D., Medved, M., 2008. Spremljanje poseka pri gospodarjenju z gozdovi. Gozdarski vestnik, 66, 1, 49–64.
- Neuman, M., Starlinger, F., 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. Forest Ecology and Management, 145, 91–106.

Pipan, R., 1950. Pomen in vloga frekvenčne krivulje pri urejanju gozdov. Izvestja 1947-1949. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, str. 91–112.

Poljanec, A., 2008. Strukturne spremembe gozdnih sestojev v Sloveniji v obdobju 1970-2005. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 126 s.

Pommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75, 305–324.

Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. Uradni list RS, št. 5/1998.

Puhek, V., 1998. Procjena strukturnih elemenata sastojine na osnovu prostornog rasporeda stabala. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 194 s.

Rebolj, L., 2007. Poškodovanost smreke in razvoj gozdnih sestojev na raziskovalnih ploskvah na Pokljuki. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 42 s.

Tomppo, E., Heikkinen, J., 1999. National Forest Inventory of Finland – Past, Present and Future. V: Alho, J. (Ur.). Statistics, Registries, and Science – Experiences from Finland. Helsinki, Statistics Finland, 89–108.

Tregubov, V., 1957. Prebiralni gozdovi na Snežniku. Vegetacijska in gozdnogospodarska monografija. Ljubljana, IGLG, Strokovna in znanstvena dela, 4, 163 s.

Tregubov, V., 1958. Kompleksna raziskovanja smrekovih sestojev na Pokljuki. Ljubljana, IGLG, 151 s.

Varga, P., Chen Han, Y.H., Klinka, K. 2005. Tree-size diversity between single and mixed species stands in three forest types in western Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 35, 593–601.

Winter, S., Chirici, G., McRoberts, R.E., Hauk, E., Tomppo, E., 2008. Possibilities for harmonizing national forest inventory data for use in forest biodiversity assessments. *Forestry*, 81, 1, 33–44.

Zakon o gozdovih. Ur.l. RS, št. 30-1299/93.

Zalokar, K., 2001. Primernost kontrolne vzorčne metode za spremljavo rasti in razvoja gozdov v GE Pokljuka. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 87 str.

Zupančič, M., 1976. Prevladujoče gozdne združbe Slovenije. *Proteus* 39, 2, 51–58.

Pacific Northwest Research Station Publication Information

Title: Sustainable forestry in theory and practice: recent advances in inventory and monitoring, statistics and modeling, information and knowledge management, and policy science.

Author: Reynolds, Keith M., ed.

Date: 2006

Source: Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-688. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. [CD-ROM]

Station ID: GTR-PNW-688

Description: The importance to society of environmental services, provided by forest ecosystems, has significantly increased during the last few decades. A growing global concern with the deterioration of forests, beginning perhaps most noticeably in the 1980s, has led to an increasing public awareness of the environmental, cultural, economic, and social values that forests provide. Around the world, ideas of sustainable, close-to-nature, and multi-functional forestry have progressively replaced the older perception of forests as only a source for timber. The international impetus to protect and sustainably manage forests has come from global initiatives at management, conservation, and sustainable development related to all types of forests and forestry. A few of the more notable initiatives include:

the 1992 Earth Summit in Rio de Janeiro, Brazil (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED),

regional follow-ups to the Earth Summit such as the Montreal Process and Helsinki Accords,

the forest elements of the Convention on Biological Diversity (CBD), and

the Framework Convention on Climate Change (FCCC).

[View and Print this Publication \(\)](#)

Publication Notes:

- Our on-line publications are scanned and captured using Adobe Acrobat. During the capture process some typographical errors may occur. Please contact Tiffany Dong, tdong@fs.fed.us if you notice any errors which make this publication unuseable.

[Evaluate this Publication](#)

Citation

Reynolds, Keith M., ed. 2006. Sustainable forestry in theory and practice: recent advances in inventory and monitoring, statistics and modeling, information and knowledge management, and policy science. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-688. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. [CD-ROM].
US Forest Service - Research & Development
Last Modified: May 13, 2008

Monitoring of the development of stands in uneven-aged beech and silver fir forest in Slovenia

D. Hladnik

University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and renewable Forest Resources, Vecna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenia.
e-mail: david.hladnik@bf.uni-lj.si

Abstract

We investigated the stand structure and spatial pattern of major trees in a beech and silver fir forest on the Karst plateau in Slovenia. By comparing the present and past tree structure it was possible to establish the developmental dynamics of the stands on the research plots and compare the results with permanent sample plots of continuous forest inventory. The structure of the forest stands on research plots has changed in the past 50 years similarly as in most beech and silver fir forests in which selection cutting used to be practised. Nowadays these uneven-aged fir and beech forests are frequently endangered by environmental impacts, sleet and snow, natural regeneration is inhibited or even prevented by too numerous herbivores. The methods tested on the research plots could be used in continuous forest inventory to describe the development of the forest stand structure over time and to evaluate the influence of different silvicultural treatments.

Introduction

In many monitoring programmes, the structure and diversity of forest stands has been stated to be of central interest (Fischer and Pommerening 2003, Neumann and Starlinger 2001). The structure of forest has become an important factor in the analysis and management of forest ecosystems. In forest management, structural heterogeneity, complexity and diversity are recurring themes in the explanation of the observed ecosystem processes and functions. Monitoring ecological attributes often requires more measurements and greater site-level precision than are typically needed for regional assessment of timber value. Thus many of the inventory and monitoring needs in the region extend beyond the traditional objectives of regional, aggregate estimates of forest attributes (Gray 2003).

In Slovenia dinaric fir and beech forests occupy a special position. They encompass 1.600 km² (15 % of Slovenian forest area) and they have a wide range of site qualities and stand structures, influenced deeply by former forest management and more recently by forest decline. They have undergone dramatic structural changes in the last 200 years. Their virgin character disappeared in the 18th century. There was a quite long period of nonregulated management, characterized by heavy cuttings, especially those referring to the beech launched intense processes which changed the existing tree-species composition into fir domination. In the second half of the 19th century, large forest estates on the territory of Slovenia started to make forest management plans. In the area of the high Karst original methods were practised in forest regulation and management - a regular selection silvicultural system and the control method in forest management.

The present day silver fir and beech stands are difficult to compare, owing to differences in the preserved structure, to various intensities of selection forest management in the first half of the 20th century and to different possibilities of silver fir regeneration which became the main obstacle for management in the 1950-ies as well as to various decline rates of the fir in the last decades (Hladnik 2004). New models of forest management, with a stress upon natural forest structures have been introduced in the last decades. The cutting system is well known under the term group-graded-management (small area cuttings, used for initiating regeneration cores, regulation of the young-growths tree-species composition, selective cuttings in poles and timber stands) while the renewed method of selection-management was less used. It has been assessed that a small number or absence of large (thick) trees in stands with low growing stocks lowers the resistance of such silver fir and beech stands (Kordiš 1993). In order to provide a continuous supervision of the regional forests and their ecological characteristics, the Slovenian Forest Service launched the continuous forest inventory in 138 forest management units. The sampling plots of 500 m² are systematically located mainly at a density of one plot per 5 to 12,5 hectares.

The objective of this paper was to assess the information content of the continuous forest inventory in uneven-aged beech and silver fir forest, the characteristics of stand structure, differences in diversity on stand level recognisable at the sampling plots and the characteristics of spatial distribution patterns of the major species in beech and silver fir stands.

Methods

This paper outlines two case studies of monitoring of forest stands and some results of developmental dynamics of the stand structure in a beech and silver fir forest. The first case study outlines the concept of monitoring, presented in the forest management unit, which covers 1.300 ha. Photo interpretation of aerial photographs taken in 1957, 1975, 1985 and 2000 was followed by an analysis of the structure and development of control stands. At the lowest hierarchical level of forest monitoring, the data was gathered by continuous forest inventory.

The second case study deals with three experimental plots in the silver fir and beech stands on the Karst plateau. In 1950 research plots were set up in a beech and silver fir forest to study the optimal values of growing stock levels and the structure of selection forests on those plots. In 2003 we repeated the measurement of trees on 3 research plots, which comprise 2 ha each. All woody stems ≥ 10 cm dbh were measured and the location of all stems was mapped. We described the stand structure using stem density, basal area, and dbh distribution. The plots were divided into contiguous quadrats by dividing the plot (2 ha) in half again and again, to up to 12,5 x 12,5 m quadrats. The spatial distribution of stems was analysed using Morisita's index of dispersion (Miyadokoro et al. 2003), Cox index of clumping, the variance in relation to mean distances between trees and the standard deviation in relation to mean distances (Hladnik 2004).

Results

The structure of the forest stands varied in stand density and in the spatial distribution of stems, analysed using different methods for the characterisation of spatial distribution of trees. The present stands are rather scanty remains of former silver fir-beech forests. Not only has their density decreased but also the structure of stands has changed. Considerable losses in stand productivity (30 %) are due to silver fir decline.

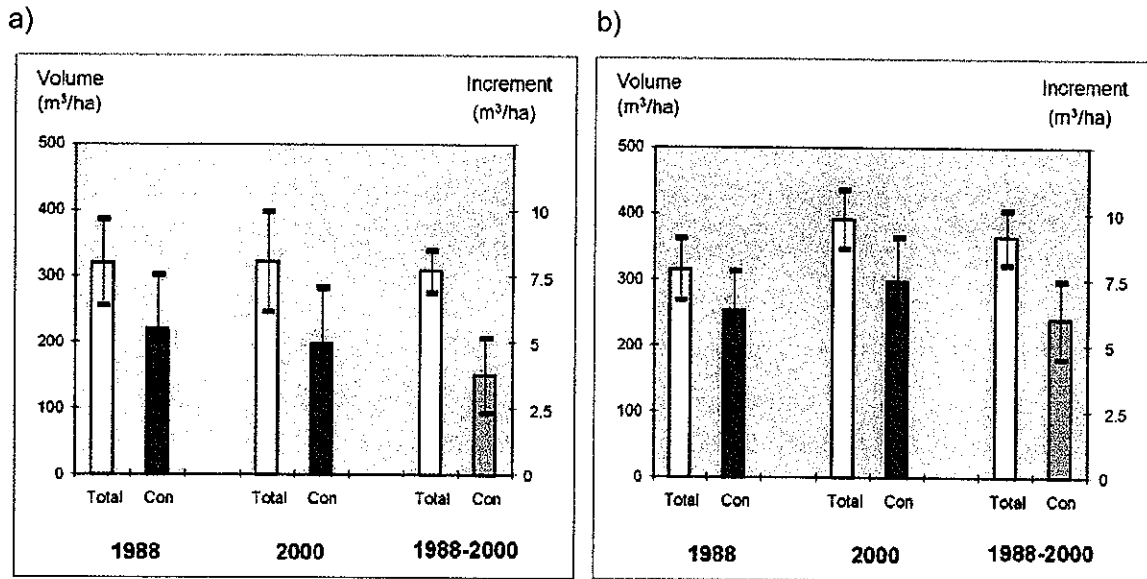


Fig. 1. Estimates of mean stand growing stock and annual increment in two control stands in silver fir and beech forest: (a) stand with severely damaged and (b) less damaged silver fir trees.

The results of a chronological comparative analyses of the same trees, which was performed by photo-interpretation of CIR photographs and a field survey in control stands, indicate that there were no considerable changes in the degree of their damage in the last decades. The differences in the condition of stands indicate that the current damage results partly also from the development of stands in the past and the degree of intensity of their management.

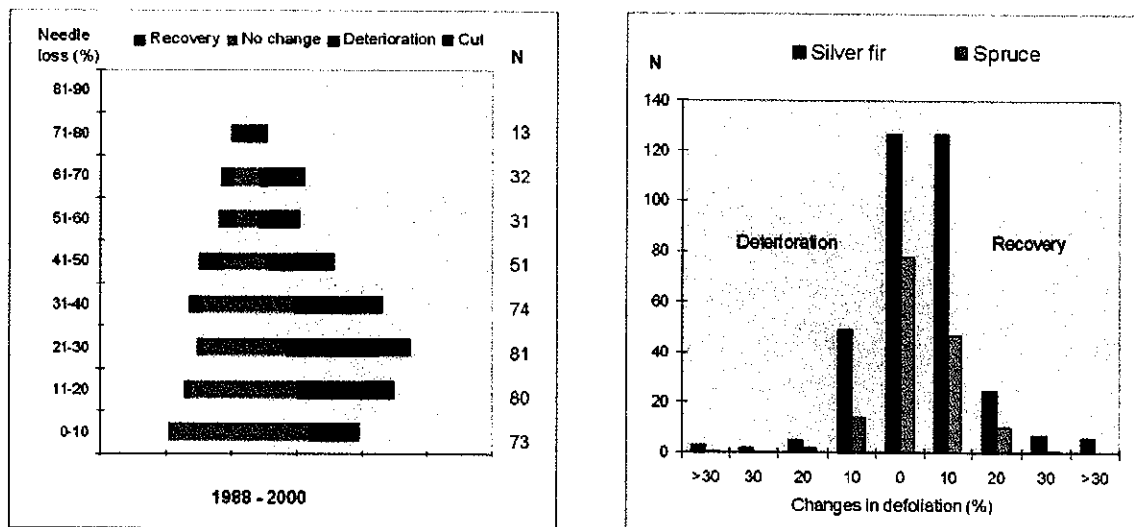


Fig. 2. Frequency distribution of silver fir and spruce by needle loss classes in control stands in silver fir and beech forest on a Karst plateau.

In the past 50 years, the structure of the forest stands on the three research plots has changed similarly as in most silver fir and beech forests in which selection cutting was practised. The predominant diameter class in the growing stock structure is the class above 50 cm, whose share has already exceeded 60 % of the total growing stock. On the basis of

the data from the repeated measurements of trees we have attempted to determine the stand structure from which the trees which at present constitute the thick trees on the research plots originate. In all diameter classes above 30 cm which have been studied in the past 50 years a smaller recruitment rate has been noticed.

Based on theoretical models of spatial distribution, a tendency of clustering or clumping of trees was evident in the stands on three research plots. The spatial distribution of silver fir, spruce and beech varied significantly ($P < 0,01$) from a random distribution. Stems of spruce were aggregated in small patches (up to 300 m²), beech and silver fir were aggregated in small and medium patches (up to 2500 m²).

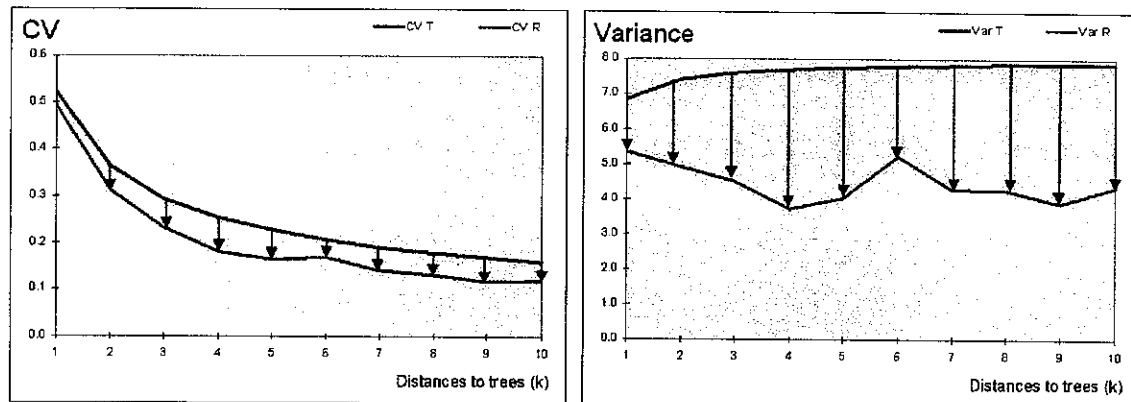


Fig. 3. Coefficients of variation and variances of the estimated distances between dominant trees on the research plot in the beech and silver forest on Karst Plateau in 2003 (CV T - theoretical, CV R – computed).

We have estimated that the trees which are thickest today made up the population of the most vigorous or at least predominant and dominant silver fir trees of 50 years ago. Dominant trees were regularly distributed in the stands, indicating that after the period of silver fir decline the structure of stands did not deteriorate.

Discussion and conclusions

The methods described and tested on the research plots could be used to describe the development of the forest stand structure over time and to evaluate the influence of different silvicultural treatments. In forest inventory several structural variables have been taken to represent forest structure, including stem density, basal area, canopy cover, the mean and variation in diameter of trees. These stand descriptors do not incorporate directly the vertical and horizontal spatial arrangement of the plants, and largely ignore the spatial character of forest structure (Zenner and Hibbs 1999). Depending on the size of the sampling plots, continuous forest inventory is suitable to describe stand structure and diversity, however it would be impractical to measure small trees, which tend to occur at relatively high densities, with large plots. Many differences in stand structure are recognisable at the sampling plots of continuous forest inventory and my complement data from aerial photography. The assessment methods based on aerial photographs are likely to become more widely used due to technical progress in automating structure assessment (Bebi et al. 2001).

Nowadays, the orientation to yield maximal increment is more and more supplemented or substituted by the wish to establish and maintain stands with highest stability or protective effects. This is valid especially for mountain forests (Neuman and Starlinger 2001, Bebi et al. 2001) and the forest of the Karst. In addition to natural variation, the silvicultural operations

have the greatest impact on the structure and species composition of a stand. To understand the processes involved in the stand structure of uneven-aged stands it is vital to acquire information on the historical background and past management practices.

Koehl et al. (1995) presented the limitations and recommendations for linking both growth and yield research plots and sample plots for regional forest surveys. Similarly to their results and conclusions, we will try to develop models from both survey data and research plots to overcome the information gaps in forest monitoring.

Reference

- Bebi, P.; Kienast, F. and Schoenenberger, W. (2001)** Assessing structures in mountain forests as a basis for investigating the forests' dynamics and protective function. *Forest Ecology and Management* 145: 3-14.
- Fischer, R. and Pommerening, A. (2003)** Methodology for stand structure assessment in the biodiversity test phase 2003-2005 of EU/ICP Forest. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests.
- Gray, A. (2003)** Monitoring stand structure in mature coastal Douglas-fir forests: effect of plot size. *Forest Ecology and Management* 175: 1-16.
- Hladnik, D. (2004)** Ocenjevanje prostorske zgradbe jelovo-bukovih sestojev. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 74: 165-186.
- Koehl, M.; Scott, C.T. and Zingg, A. (1995)** Evaluation of permanent sample surveys for growth and yield studies: a Swiss example. *Forest Ecology and Management* 71: 187-194.
- Kordiš, F. (1993)** Dinarski jelovo-bukovi gozdovi v Sloveniji. Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, Strokovna in znanstvena dela 112, Ljubljana.
- Miyadokoro, T.; Nishimura, N. And Yamamoto, S. (2003)** Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forest, central Japan. *Forest Ecology and Management* 182: 259-272.
- Neuman, M. and Starlinger, F. (2001)** The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management* 145: 91-106.
- Zenner, E.K. and Hibbs, D.E. (1999)** A new method for modelling the heterogeneity of forest structure. *Forest Ecology and Management* 129: 75-87.