

## Prostorski prikaz produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji

### *Spatial Estimation of Forest Site Productivity in Slovenia*

Andrej BONČINA<sup>1</sup>, Aleš KADUNC<sup>2</sup>, Aleš POLJANEC<sup>3</sup> in Igor DAKSKOBLER<sup>4</sup>

#### Izvleček

Bončina, A., Kadunc, A., Poljanec, A., Dakskobler, I.: Prostorski prikaz produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 72/2014, št. 4. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit 30. Prevod avtorji, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, slovenskega Marjetka Šivic.

Ugotovljene vrednosti rastiščnih indeksov drevesnih vrst na rastiščih, opredeljenih z gozdnimi združbami na ravni asociacije, so bili podlaga za oceno produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč (PSGR) v Sloveniji ter njihov prostorski prikaz na ravni odsekov. Postopek določanja PSGR na ravni 74 gozdnih rastiščnih tipov in odsekov je obsegal: 1) oceno naravne drevesne sestave gozdnih združb (gozdnih rastiščnih tipov), 2) oceno produkcijske sposobnosti posameznih drevesnih vrst po gozdnih združbah, 3) izračun srednje vrednosti PSGR na ravnih odsekih ter 4) grafični prikaz za gozdni prostor Slovenije. Produkcijske sposobnosti 74 gozdnih rastiščnih tipov so od 0 do 22,1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>, v poprečju pa 7,5 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>. Analiza vrednosti PSGR po odsekih kaže, da so te na 77 % celotne gozdne površine v intervalu 6–10 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>. Algoritmi, ki smo jih uporabili za prostorski prikaz PSGR, omogočajo stalno posodabljanje karte PSGR. Izboljšamo jo lahko z dodatnimi raziskavami rastiščnih indeksov, dopoljnimi postopki ugotavljanja PSGR in izboljšanimi fitocenološkimi podlagami.

**Ključne besede:** rastiščni indeks, produkcijska sposobnost, gozdni rastiščni tipi, Slovenija

#### Abstract

Bončina, A., Kadunc, A., Poljanec, A., Dakskobler, I.: Spatial Estimation of Forest Site Productivity in Slovenia. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 72/2014, vol. 4. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 30. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Site indices of tree species per forest sites, defined by forest communities at the forest association level were the basis for estimation of forest productivity of forest sites (PSGR) in Slovenia. The PSGR values were calculated per sub-compartments (n = 54,156) considering portions of forest site types. PSGR determination for 74 forest site types and calculation of mean value of PSGR per sub-compartments included four stages: 1) assessment of "natural" tree species composition of forest site types, 2) estimation of production capacity of individual "natural" tree species in each forest site type, 3) calculation of mean value of forest site productivity at a sub-compartment level, and 4) spatial overview of calculated values of PSGR per sub-compartments for the whole forest area of Slovenia. Production capacity of the 74 forest site types varies between 0 in 22.1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, mean value amounted to 7.5 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. In the 77 % of the whole forest area, the PSGR amounts to 6-10 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Algorithms used in the study enable permanent updating of the forest site productivity map. The spatial estimation of forest sites productivity in Slovenia can be improved by additional research on site indices, improved algorithms for the PSGR determination, and detailed phytosociological mapping of forest communities.

**Key words:** site index, forest site productivity, forest site types, Slovenia

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Poznavanje produkcijskega potenciala gozdnih rastišč je del temeljnega znanja o gozdnih ekosistemih, ki ima veliko in raznovrstno uporabno vrednost: pomembno je za načrtovanje in upravljanje gozdov, cennitve in obdavčitve pa tudi izračunavanje potencialnega ponora CO<sub>2</sub> v gozdovih. Skovsgaard in Vanclay (2008) v preglednem članku opredeljujejo produktivnost gozdnih rastišč kot količinsko oceno

<sup>1</sup>prof. dr. A. B., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta Univerza Ljubljana, Večna pot 83, 1000 Ljubljana; Andrej.Boncina@bf.uni-lj.si

<sup>2</sup>doc. dr. A. K., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta Univerza Ljubljana, Večna pot 83, 1000 Ljubljana; Ales.Kadunc@bf.uni-lj.si

<sup>3</sup>dr. A. P., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta Univerza Ljubljana, Večna pot 83, 1000 Ljubljana; Ales.Poljanec@bf.uni-lj.si

<sup>4</sup>dr. I. D., Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta Univerza Ljubljana, Večna pot 83, 1000 Ljubljana igor.dakskobler@zrc-sazu.si

rastiščnega potenciala za produkcijo fitomase; v širšem pomenu lahko s pojmom označujemo zmožnost rastišča za produkcijo rastlinske mase (npr. neto primarne produkcije) ne glede na možnost njene rabe, v ožjem pomenu, kot jo uporabljamo v gozdarstvu, pa se pomen omejuje na izkoristljivi del celotne produkcije lesa, največkrat debeljadi. Kotar (2005) je pojem produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč še nekoliko zožil, saj jo je za določeno rastišče definiral glede na njeno naravno oziroma rastišču primerno drevesno sestavo. Takšno razumevanje smo prevzeli tudi v naši raziskavi. S pojmom produkcijska sposobnost gozdnih rastišč, s kratico jo bomo označevali PSGR, označujemo največjo količino debeljadi, ki jo lahko trajno zagotavlja gozdna združba z naravno drevesno sestavo gozdnih sestojev (Kotar, 2005). Praviloma jo merimo z volumenskimi enotami ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ ), redkeje z masnimi ( $\text{t ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ ). Med produkcijo debeljadi in preostalo rastlinsko produkcijo – npr. produkcijo drevne (npr. korenin, vejevine) in grmovne lesne mase ter tudi produkcijo zelene (nelesne) fitomase – so statistične povezave, ki so lahko za različne gozdne združbe različne (npr. Pretzsch, 2009). Če torej poznamo produkcijsko sposobnost gozdnih rastišč v ožjem pomenu (PSGR), lahko ocenjujemo produkcijo gozdnih združb tudi v širšem.

Načini ocenjevanja produkcijskih sposobnosti gozdnih rastišč so raznovrstni (podrobnosti glej Kadunc in sod., 2013). Pri nas praktično ni bilo neposrednih meritev produkcije gozdnih sestojev, uveljavila sta se predvsem dva posredna načina ocenjevanja produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč: 1) »fitocenološki« in 2) »prirastoslovni«. Prvi temelji na rangiranju gozdnih združb glede na produkcijske potenciala. Živko Košir (1976) je gozdne združbe razvrstil v deset razredov – od najmanj produktivnih (rastiščni koeficient 0) do najbolj produktivnih (koeficient 17). Ocena produkcijskega potenciala gozdnih rastišč temelji na sestavi gozdnih združb. Glede na sestavo in obilje rastlinskih vrst klasificiramo gozdne združbe in s tem posredno tudi gozdna rastišča; med njimi so razlike v produkcijski sposobnosti. Ta pristop predvsem v mezoprostorskem merilu (1 : 10.000 do 1:25.000) omogoča pregled nad produkcijsko sposobnostjo gozdnih rastišč. Drugi način ocen-

jevanja PSGR temelji na rastiščnem indeksu (ang.: *site index*, oznaka SI). To je zgornja sestojna višina drevoja pri referenčni starosti. Te so za drevesne vrste različne; za dolgožive so praviloma sto let. To metodo sta v Sloveniji uveljavila predvsem Kotar (1994, 2005) in Kadunc (2010a) in jo v sodelovanju z drugim izvedenci tudi dopolnjevala (npr. Kotar in Robič, 1990, 2001). Metoda temelji na splošno sprejeti predpostavki, da je med celotno produkcijo debeljadi in zgornjo sestojno višino tesna korelacijska povezava. Tako je ugotovljena vrednost SI za določeno drevesno vrsto na določenem rastišču temelj za oceno njene produkcijske sposobnosti, ki jo izražamo z največjim povprečnim volumenskim prirastkom gozdnih sestojev te vrste ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ ). Ker gozdne združbe gradi več drevesnih vrst, moramo oceniti produkcijske sposobnosti za vse naravne drevesne vrste; za skupno oceno je odločilna ocena produkcijske sposobnosti za dominantno drevesno vrsto.

Oba načina sta med seboj povezana, saj rastiščne indekse drevesnih vrst ugotavljamo po rastiščnih enotah, ki so opredeljene glede na gozdne združbe. Tudi pri »prirastoslovnem« pristopu uporabljamo klasifikacijo gozdnega prostora na gozdne rastiščne enote/združbe (ponekod v tujini tudi glede na talne tipe) in predpostavljamo, da je SI določene drevesne vrste in s tem njena produkcijska sposobnost, merjena s povprečnim volumenskim prirastkom, v tej rastiščni enoti enaka. Zato za drevesno vrsto navajamo povprečni rastiščni indeks za celotno gozdno združbo ali glede na vzorec meritev intervalno oceno. Ocenjevanje produkcijske sposobnosti z rastiščnim indeksom ima nekaj pomanjkljivosti; najpogosteje se omenja predvsem, da je njegova uporaba primernejša za enomerne gozdove. Kljub temu prevladuje mnenje (Skovsgaard in Vanclay, 2008), da je rastiščni indeks vsaj v zmernem pasu najprimernejši posredni način ocenjevanja produkcijske sposobnosti gozdov. Načini ugotavljanja vrednosti SI drevesnih vrst v Sloveniji so bili opisani že nekajkrat (Kotar, 2005; Kadunc, 2010a). Ugotovljene vrednosti SI so izhodišče za določanje produkcijske sposobnosti drevesnih vrst na danem rastišču, ki jih prikažemo s tabličnimi vrednostmi povprečnih volumenskih prirastkov sestojev teh vrst. Določanje PSGR po donosnih

tablicah glede na ugotovljene vrednosti rastiščnih indeksov je lahko vir napake, saj so vrednosti PSGR, kljub enakemu rastiščnemu indeksu, lahko pomembno različne glede na vrsto uporabljenih donosnih tablic (Kadunc in sod., 2013).

Poleg ugotavljanja rastiščnega indeksa na raziskovalnih ploskvah in pretvarjanja njegove vrednosti v produkcijsko sposobnost gozdnih rastišč se postavlja vprašanje o prostorskem prikazu produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč: 1) za katere prostorske enote lahko z zadostno natančnostjo prikazujemo produkcijsko sposobnost gozdnih rastišč, 2) ali jo je mogoče prikazati na ravni odsekov ali celo parcel, 3) kakšne postopke je treba razviti za prostorske prikaze PSGR ter 4) ali je mogoče takšne prostorske prikaze (karto PSGR) posodabljati. Ta vprašanja so bila jedro enega od raziskovalnih sklopov ciljnega raziskovalnega projekta Proizvodna sposobnost gozdov v Sloveniji (CRP V4-1123), ki ga je koordiniral Andrej Bončina, izsledki raziskave pa so predstavljeni v zaključnem poročilu projekta (Kadunc in sod., 2013). V sklopu prostorski prikaz PSGR so bili poglobitve raziskovalne naloge: 1) oceniti produkcijsko sposobnost gozdov na ravni gozdnih združb, 2) izdelati model prostorskega prikaza produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji ter 3) ugotovljene vrednosti preveriti s podatki o dejanski ravnosti gozdnih sestojev.

## 2 POSTOPKI IN METODE DELA

### 2 METHODS

Temeljne prostorske enote za oceno produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč so bili gozdni rastiščni tipi, kot so opredeljeni v Kutnar in sod. (2012). Prednost tega pregleda je, da je enoten za Slovenijo, slabost z vidika prikaza produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč pa v tem, da gozdne združbe, ki sicer zavzemajo znaten delež v skupni površini gozdov, niso razdeljene na subasociacije, med katerimi so sicer lahko velike razlike v produkcijski sposobnosti gozdnih rastišč (npr. Perko, 1989; Kotar in Robič, 1990; Kadunc, 2010b, 2012). V nekatere gozdne rastiščne tipe je lahko uvrščenih tudi več podobnih gozdnih združb na rangu asociacije.

Če bi imeli za celoten gozdni prostor fitocenološke karte, izdelane v primernem merilu

(1 : 10.000), bi prostorski prikaz produkcijske sposobnosti vezali na fitocenološke podlage. Ker teh podlag za polovico gozdnega prostora v Sloveniji nimamo, smo se odločili, da bo enota za prikaz produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč oddelek; če je razdeljen na odseke, pa odsek (v nadaljevanju bomo z odsekom označevali odseke in oddelke, ki niso razdeljeni na odseke). Postopek določanja PSGR na ravni gozdnih združb in odsekov je obsegal tri sklope:

- oceno naravne drevesne sestave gozdnih združb,
- oceno produkcijske sposobnosti posameznih drevesnih vrst po gozdnih združbah,
- izračun srednje vrednosti PSGR na ravni odsekov in grafični prikaz.

### 2.1 Ocena naravne drevesne sestave gozdnih združb

#### 2.1 Estimation of natural tree species composition of forest communities

V okviru projekta je Igor Dakskobler posodobil oceno naravne drevesne sestave gozdnih združb v Sloveniji (Kadunc in sod., 2013). Izhodišče so bile ocene naravne drevesne sestave, ki sta jih za potrebe Zavoda za gozdove pripravila Dušan Robič in Živan Veselič (Veselič, 2000), in sicer po skupinah gozdnih rastišč (skupno za 68 rastišč). Ta rastišča smo le deloma lahko prevedli v gozdne rastiščne tipe, kot so jih opredelili Kutnar in sod. (2012) in ki jih je bilo za našo analizo skupno 74. Oceno naravne drevesne sestave smo naredili na podlagi objavljenih fitocenoloških tabel in osebnega izkustvenega poznavanja gozdnih rastišč. Fitocenologi pri raziskavah po srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet 1964) popisne ploskve iščejo subjektivno in poskušajo najti čim bolj ohranjene sestoje, ki se razvijajo po naravnih zakonitostih in v katere človek ni posegel do take mere, da bi bistveno porušil te zakonitosti (na primer z vnosom rastišču tuje drevesne vrste). V slovenskih razmerah imajo gozdne združbe navadno eno ali nekaj nosilnih vrst, edifikatorjev, ki odločilno vplivajo na dogajanje v gozdnih sestojih in prevladujejo v drevesni plasti. V bukovih združbah je to bukev, ki na različnih »robvih« svojo optimuma bolj ali manj enakopravno

sobiva z belim gabrom, gradnom, gorskim javorjem, jelko, smreko in macesnom. Podobno ali še bolj je dominantna smreka v smrekovih združbah, rdeči in črni bor v naravnih borovjih, hrasti v hras-tovih združbah in črna jelša v črnojelševju. Bolj raznolika je drevesna sestava na primer v logih, v združbah belega gabra, plemenitih listavcev in tudi v jelovjih. Med pridruženimi drevesnimi vrstami določenega gozdnega rastiščnega tipa smo upoštevali tiste, ki so v naravni sestavi te združbe v količini, kot na primer kažejo fitocenološke tabele. Ocena naravnega deleža edifikatorjevih spremljevalk (preostalih vrst drevesne plasti) je približek, saj so gozdni sestoji dinamične tvorbe, v sindinamskih procesih lahko pridobi ena ali druga vrsta. Kljub temu odstopanja v deležu lesne zaloge pri spremljevalnih vrstah niso velika in po našem mnenju ne vplivajo bistveno na oceno produkcije po gozdnih rastiščnih tipih.

## 2.2 Ocena produkcijske sposobnosti posameznih drevesnih vrst

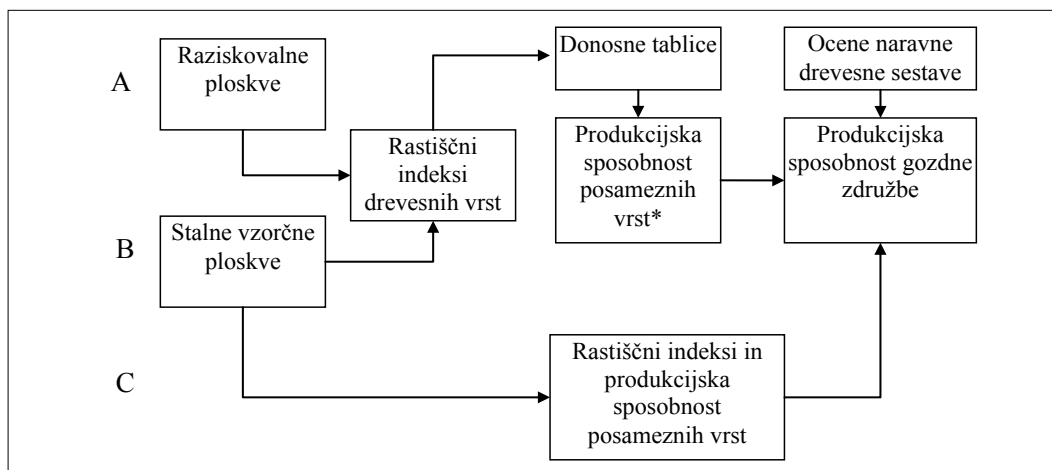
### 2.2 Estimation of production capacity of individual tree species

V tem sklopu smo razvili tri postopke (slika 1). Prvi – temeljni postopek – je preverjeni način določanja PSGR prek rastiščnih indeksov drevesnih vrst – graditeljic posameznih gozdnih združb, ki so jih ugotavljali na raziskovalnih ploskvah. To delo sta v prejšnjih treh desetletjih izpeljala in usmerjala Marijan Kotar (1994, 2005) in Aleš Kadunc (2010a). Za vsak rastiščni tip se za dominantno drevesno vrsto poišče njene čiste enomerne sestoje, ki so blizu referenčne starosti (100 let za dolgožive vrste, 50 oziroma 30 let za kratkožive) oziroma so starejši. V takšnih sestojih se postavi vsaj pet ploskev (pet ponovitev v statističnem pomenu), na katerih se za 4–9 najdebelejših dreves (število je ekvivalent številu arov, ki jih zavzema ploskev) ugotovi višino in starost (praviloma s posekom). Na podlagi ugotovljene zgornje višine pri referenčni starosti se ugotovi rastiščni indeks (SI). Za dobljene vrednosti SI ugotovimo PSGR s pomočjo ustreznih donosnih tablic za obravnavane drevesne vrste, najpogosteje smo se naslonili na slovaške (Halaj in sod., 1987). Omeniti velja, da te tablice ne vključujejo skorje, zato se tudi naše

vrednosti nanašajo pravzaprav le na produkcijo lesa. Skupno smo ugotovili SI na 1395 ploskvah in pri tem zajeli 64 gozdnih rastiščnih tipov, upošteva je tipologijo Kutnarja in sod. (2012) ter obravnavali 23 različnih dominantnih drevesnih vrst. Ker za vse kombinacije drevesnih vrst in rastiščnih tipov nismo imeli izmerjenih vrednosti SI oziroma vrednosti PSGR, smo za te drevesne vrste privzeli PSGR vrednost sorodnih vrst. Ker za deset rastiščnih tipov, ki po evidenci ZGS (2012) skupaj pokrivajo 10.125 ha, nismo imeli na voljo terenskih meritev, smo njihovo PSGR ocenili ekspertno. Podrobnosti o metodologiji ter izmerjene in ugotovljene PSGR po gozdnih rastiščnih tipih so prikazane v vsebinskem poročilo projekta (Kadunc in sod., 2013).

V okviru projekta je Aleš Poljanec razvijal dopolnilna postopka (B in C, slika 1) za določanje rastiščnih indeksov in PSGR. Postopek B je podoben postopku A, le da smo starost sestojev in zgornje višine drevja določili s podatki s stalnih vzročnih ploskev. Starost sestojev smo določili na podlagi debelinskega priraščanja dominantnih dreves na ploskvah. Glede na ocenjene starosti in dominantne višine sestojev na vzorčnih ploskvah smo izračunali višinske krivulje in ocenili rastiščne indekse. Prednost takšnega pristopa je, da je vzorec vsaj za dominantne drevesne vrste relativno velik, še pomembneje pa je, da je sistematično razmeščen na celotni površini gozdnih združb, kar je ključni pogoj za objektivno oceno. Poglavitna slabost tega postopka je lahko v nezadostni točnosti meritev drevesnih višin na vzorčnih ploskvah. Skladnost rastiščnih indeksov, ugotovljenih po postopkih A in B, smo preverili za osemnajst bukovih rastiščnih enot.

Ker so donosne tablice lahko vir sistematične napake pri ocenjevanju PSGR, smo za dve testni rastiščni enoti razvili tudi postopek C, s katerimi ocenjujemo PSGR izključno s podatki s stalnih vzročnih ploskev in se tako izognemo donosnim tablicam. Povprečni starostni prirastek v času kulminacije smo ocenili na podlagi razvoja celotne produkcije gozdnih sestojev, ki smo jo določili s podatki s stalnih vzročnih ploskev o razvoju lesne zaloge sestojev, poseku in mortaliteti drevja. Starost sestojev na ploskvah smo določili glede na srednji dominantni premer. Postopek smo



Slika 1: Ilustracija postopkov (A, B, C) določanja produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč za posamezno gozdno združbo.

\* Za nekatere manjšinske drevesne vrste smo rastiščne indekse in njihovo produkcijsko sposobnost ocenili glede na znane vrednosti »podobnih/sorodnih« drevesnih vrst

Figure 1: Procedures for forest site productivity estimation

preizkusili na primeru podgorskih bukovih rastišč, ki obsegajo gozdove predinarsko-dinarskega in predalpskega območja (Poljanec in Bončina, 2013).

### 2.3 Izračunan PSGR na ravni odsekov in grafični prikaz za gozdni prostor Slovenije

#### 2.3 Calculation of forest site productivity at a sub-compartment level and its spatial overview

PSGR na ravni odsekov smo izračunali po postopku A. Ugotovljene in tudi ocenjene vrednosti rastiščnih indeksov posameznih drevesnih vrst so bile vhod za določitev produkcijske sposobnosti posameznih drevesnih vrst na tem gozdnem rastišču ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ ); ocena naravne drevesne sestave pa je bila podlaga za izračun PSGR kot tehtane poprečne ocene produkcijskih sposobnosti naravnih drevesnih vrst v tej gozdni rastiščni enoti. Za odseke smo nato določili povprečno produkcijsko sposobnost gozdnih rastišč glede na površinsko zastopanost gozdnih združb v odseku. Podatkovne zbirke Zavoda za gozdove Slovenije so bile podlaga za prostorski prikaz produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč. Karto ocen povprečnih vrednosti PSGR na ravni odsekov smo izdelali s programskim orodjem MapInfo. Vrednosti produkcijske sposobnosti

smo zaradi preglednosti prikazali v razredih z razponom  $2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ .

### 3 Produkcijska sposobnost gozdnih rastišč v Sloveniji

#### 3 Forest site productivity in Slovenia

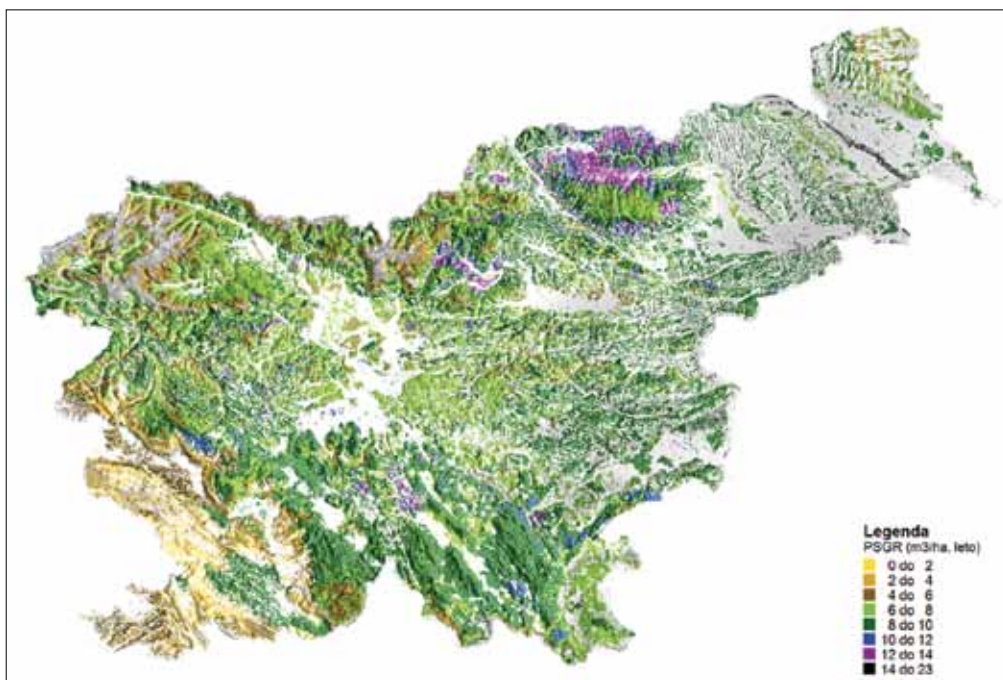
Produkcijske sposobnosti 74 gozdnih rastiščnih enot so od 0 do  $22,1 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$  (priloga 1, slike 2 in 3). Za celotno gozdno površino znaša PSGR v povprečju  $7,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ .

Analiza vrednosti PSGR po odsekih kaže, da so te na 77 % celotne gozdne površine v intervalu

Preglednica 1: Struktura gozdnih površin (ha, %) v Sloveniji po razredih PSGR glede na vrednosti po odsekih  
Table 1: Area (ha, %) of forest site productivity classes

PSGR ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ )	Površina gozda (ha)	Odstotek celotne površine (%)
0–1,9	62386	5,26
2,0–3,9	42841	3,61
4,0–5,9	100354	8,46
6,0–7,9	398064	33,57
8,0–9,9	514894	43,43
10,0–11,9	35094	2,96
12,0–13,9	27824	2,35
14,0 in več	4174	0,35
Skupaj	1185632	100,00





Slika 2: Karta produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji  
Figure 2: Map of forest site productivity in Slovenia



Slika 3: Izsek iz karte produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji (del nazarskega območja; merilo okoli 1 : 10.000)  
Figure 3: Section from the map of forest site productivity for Slovenia (spatial scale  $\approx$  1:10.000)

**Preglednica 2:** Srednje vrednosti PSGR po gozdnogospodarskih (GGO) in fitogeografskih območjih, izračunane s podatki na ravni odsekov

*Table 2: Mean values of forest site productivity for forest regions and phytogeographical regions*

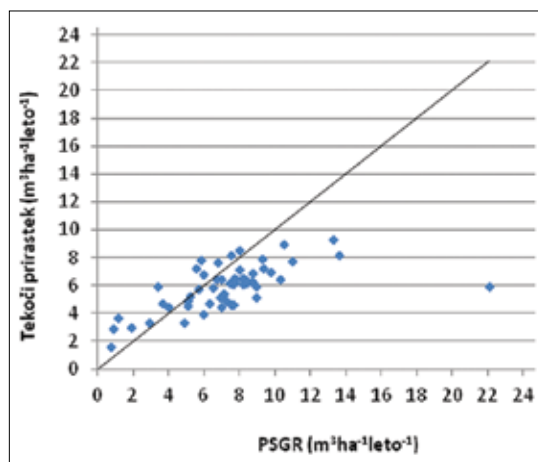
GGO	Število odsekov	PSGR ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ )
Tolmin	4155	6,6
Bled	2068	6,2
Kranj	3011	7,4
Ljubljana	5233	7,5
Postojna	3528	7,2
Kočevje	4409	8,1
Novo mesto	3334	7,9
Brežice	2709	8,2
Celje	6425	8,1
Nazarje	2615	7,9
Slovenj Gradec	3487	8,6
Maribor	7924	9,3
Murska Sobota	2609	8,6
Kraško	2649	4,1
Skupaj	54156	7,5

Fitogeografsko območje	Število odsekov	PSGR ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ )
Alpsko	4649	6,3
Predalpsko	19516	8,2
Dinarsko	8469	7,5
Preddinarsko	8940	7,9
Subpanonsko	9138	8,8
Submediteransko	3444	4,5
Skupaj	54156	7,5

6–10  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ , le majhen del (17 % gozdne površine) odstopa navzdol, še manjši (6 %) pa navzgor (preglednica 1). Primerjava med gozdnogospodarskimi območji kaže, da so v poprečju najbolj produktivna rastišča v gozdnogospodarskih območjih Maribor, Murska Sobota in Slovenj Gradec, najmanj pa na kraškem območju ter območjih Tolmin in Bled; v slednjih zaradi velike površine subalpinske vegetacije, ki je bila tudi vključena v izračun srednje vrednosti PSGR. V povprečju so najvišje vrednosti PSGR v subpanonskem in predalpskem fitogeografskem območju, najnižje pa v submediteranskem območju.

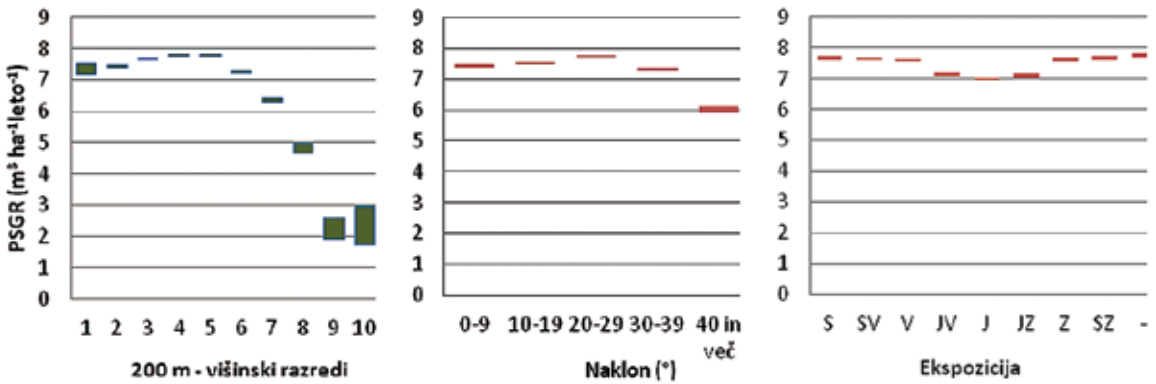
Vrednosti produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč smo primerjali z dejansko rastnostjo gozdnih sestojev (slika 4). Pričakovano smo ugotovili pozitivno korelacijo med PSGR in rastnostjo sestojev ( $r = 0,59$ ;  $p < 0,0000$ ). Povezava je seveda statistična, korelacijski koeficient je manjši od 1 in pozitiven, kar pomeni, da se tekoči prirastek gozdnih sestojev praviloma večja z večanjem produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč. Gozdni sestoji zaradi spremenjene naravne drevesne sestave in sestojnih zgradb (razmerja razvojnih faz) lahko priraščajo v poprečju več kot je PSGR, praviloma pa manj. Velika odstopanja med rastnostjo in

PSGR lahko kažejo na bodisi veliko spremenjenost gozdnih sestojev, na možnost nezanesljivih ocen PSGR ali pa na netočnost izmere ali izračuna volumenskega prirastka; vsekakor so velike razlike lahko razlog za preverjanje in po potrebi tudi dopolnjevanje vrednosti PSGR. Na sliki 4 je



**Slika 4:** Primerjava PSGR in tekočih volumenskih prirastkov gozdnih sestojev po gozdnih združbah, v katerih je bilo število vzorčnih ploskev večje od 20

*Figure 4: Comparison between forest site productivity and volume increment of forest stands per selected forest communities*

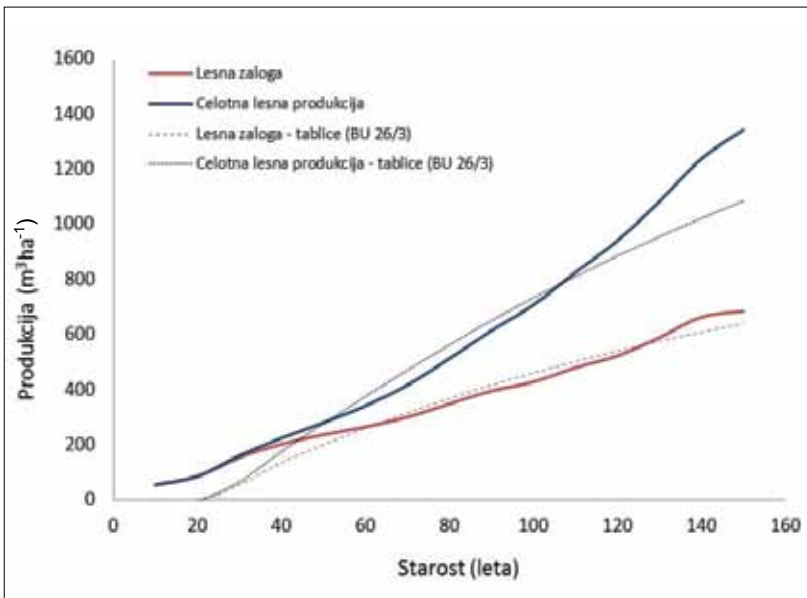


Slika 5: Intervalna ocena produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč (PSGR) glede na 200-metrске višinske pasove (levo), razrede naklonov terena (v sredi) in ekspozicijo (desno). Vrednosti so izračunane s podatki na ravni odsekov.  
 Figure 5: Interval value of forest site productivity according to: 200 m – altitude belts (left), inclination classes (midst), and exposition (right)

opaziti, da so na rastiščih z nizko vrednostjo PSGR (< 4 m³ ha⁻¹ leto⁻¹) prirastki sestojev znatno večji od produktivnosti rastišč. Pri najbolj produktivnih rastiščih (> 10 m³ ha⁻¹ leto⁻¹) pa je nasprotno; prirastki so znatno manjši od vrednosti PSGR. Ob tem velja tudi upoštevati, da je rastišč z nizko in visoko produktivnostjo v celotni gozdni površini relativno malo.

Izračunane vrednosti PSGR na ravni odsekov lahko primerjamo tudi z orografskimi spremenl-

jivkami, ki so dostopne na tej ravni. Analiza izračunanih vrednosti PSGR glede na nadmorsko višino odsekov kaže, da se PSGR nekoliko povečuje do višine 1000 m, potem pa se z večanjem nadmorske višine pričakovano hitro zmanjšuje (slika 5). Analiza PSGR glede na naklon terena kaže, da se ta bistveno ne razlikuje na terenih od 0 do 40°, na večjih strminah (≥ 40°) pa je opazno manjša. Prav tako je PSGR v povprečju nižja na prisojnih ekspozicijah.



Slika 6: Ocena celotne produkcije bukovih sestojev na rastišču podgorskih bukovih gozdov in primerjava s tabličnim vrednostmi (SI<sub>100</sub> = 26; Halaj in sod., 1987)

Figure 6: Estimation of total production of submontane beech forests and comparison to stand table values (SI<sub>100</sub> = 26; Halaj et al., 1987)



V raziskavi smo analizirali tudi tri postopke za določanje rastiščnih indeksov in s tem tudi PSGR. Na primeru bukovih rastiščnih enot (priloga 2) smo ugotovili, da so ocene rastiščnih indeksov bukve po postopkih A in B podobne: večina ugotovljenih vrednosti SI bukve po postopku B je znotraj intervala ocen SI bukve, ki so bile ugotovljene po postopku A. Za nekatere združbe je stopnja ujemanja ocen po postopkih A in B visoka, saj so razlike med srednjimi vrednostmi majhne. Večinoma pa so vrednosti SI, ugotovljene po postopku B (na stalnih vzorčnih ploskvah), nekoliko nižje od tistih, ugotovljenih na raziskovalnih ploskvah (postopek A). Večja razhajanja ocen SI smo ugotovili za štiri bukove rastiščne tipe. Za takšne primere bo treba vrednosti, ugotovljene po obeh postopkih, preveriti ter jih na podlagi kontrole algoritmov ali dodatnih raziskav korigirati.

Preverili smo tudi možnost, da bi PSGR ocenjevali na podlagi celotne lesne produkcije gozdnih sestojev. Zaradi obsežnosti dela smo se omejili le na podgorske bukove gozdove, ki obsegajo gozdove predinarsko-dinarskega in predalpskega območja ( $n = 3389$  ploskev) (slika 6). Dejanske vrednosti se zelo dobro prilagajajo tabličnim vrednostnim za bukove gozdove s  $SI = 26$  m. Če ocenimo PSGR s celotno produkcijo sestojev v obdobju 120 let, potem ta znaša  $7,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$  (tablična vrednost pa  $7,4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ ), kar se dobro ujema z oceno PSGR, ugotovljene na raziskovalnih ploskvah (Kadunc in sod., 2013).

## 4 RAZPRAVA

### 4 DISCUSSION

#### 4.1 Ocena postopkov in predlogi izboljšav

##### 4.1 Procedure evaluation and possible improvements

Na kakovost prostorskega prikaza PSGR vplivajo predvsem: 1) zanesljivost ocen rastiščnih indeksov drevesnih vrst in 2) postopki, s katerimi priredimo oceno PSGR na ravni odsekov. Zanesljivost ocen SI drevesnih vrst na določenem rastišču lahko povečamo z večjim vzorcem, s katerim se zmanjša vzorčna napaka ocene SI. Lokacije ploskev po postopku A so subjektivno izbrane glede na vnaprej določene kriterije

(glej Kotar, 1994), kar je lahko vir napake. Zato je zaželeno, da vrednosti rastiščnih indeksov ugotavljamo tudi po postopku B, kar omogoča primerjavo vrednosti rastiščnih indeksov in po potrebi tudi njihovo korekcijo. Ugotovljeni rastiščni indeksi drevesnih vrst so samo vhod za ocenjevanje PSGR s tabličnimi vrednostmi. Donosne tablice se tudi za isto drevesno vrsto lahko zelo razlikujejo in vplivajo na oceno njihove produkcijske sposobnosti na danem rastišču, ki jo izražamo z največjim povprečnim volumenskim prirastkom. Različne donosne tablice različno prikazujejo volumensko produkcijo drevesnih vrst; v nekaterih tablicah je prikazana za debeljad, v drugih za deblovino, ponekod s skorjo, ponekod brez. Donosne tablice so v celotnem postopku (A in tudi B) določanja PSGR najpomembnejši vir napake. Zato je treba razvijati alternativne postopke, in sicer da bi PSGR bodisi določali po postopku C ali pa vsaj, da bi vrednosti o dejanski produkciji gozdnih sestojev uporabili za preverjanje ali korekcijo ugotovljenih vrednosti po donosnih tablicah.

Povprečna vrednost za PSGR ( $7,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ ), ki smo jo ugotovili za Slovenijo, temelji na rastiščnih tipih in njihovih površinskih deležih. V našem izračunu smo upoštevali rastiščne tipe, ki veljajo za stadije v progresivnem razvoju, in se praviloma od primarnih gozdnih združb zelo razlikujejo, pa tudi rastiščne tipe, ki so verjetno zelo blizu primarnim združbam. Pogosto je ocenjena produkcija stadijev precej nižja od tiste, ki je ugotovljena za združbe blizu primarnim. Tipičen primer so stadiji različnih termofilnih listavcev na Primorskem, kjer bi v naravni vegetaciji pričakovali večji delež bukovih ali celo jelovo-bukovih gozdov, ki izkazujejo višjo produkcijo. Tehtana vrednost rastiščnega koeficienta za gozdne združbe (Košir, 1976) z njihovimi površinami je 8,8, naše vrednosti pa okoli  $7,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ . Z morebitnim največjim dodatkom na račun skorje (do 10 %), ki je v naših izračunih za glavne drevesne vrste nismo zajeli, se naša tehtana vrednost poveča do največ  $8,2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ .

Ocena »naravne drevesne sestave« lahko vpliva na oceno PSGR gozdnih združb posebno v primerih, ko naravno drevesno sestavo gozdne združbe gradijo iglavci in listavci. Ocena naravne drevesne

sestave v prid iglavcem praviloma pomeni višjo oceno produkcijske sposobnosti gozdne rastiščne enote. Volumenska produkcija iglavcev na določenem rastišču je namreč znatno večja. Omenjene razlike v produkcijski sposobnosti med iglavci in listavci bi bile znatno manjše ali pa bi se povsem izničile, če bi produkcijo gozdnih rastišč prikazovali v masnih enotah. Podobno velja za gozdne združbe, ki jih gradijo »trdi« in »mehki« hitrorastoči listavci (npr. vrbe, topoli); ocena njihovega deleža v naravni drevesni sestavi zelo vpliva na oceno PSGR teh gozdnih združb. Pri ocenjevanju produkcijske sposobnosti gozdov poenostavljeno predpostavljamo, da je rast posamezne drevesne vrste na določenem rastišču enaka ne glede na zmes drevesnih vrst, kar glede na raziskave (npr. Pretzsch, 2003; Pretzsch in sod., 2010) ne velja povsem. Menimo pa, da je morebitna napaka ocene PSGR zaradi tega neznatna oziroma neprimerljivo manjša kot morebitna napaka zaradi neustreznih donosnih tablic.

Uporabljeni postopki za izračun PSGR na ravni odseka temeljijo na podatkih o gozdnih združbah Zavoda za gozdove Slovenije. Če so v odseku navedene gozdne združbe napačne ali so napake pri oceni površinske razširjenosti gozdnih združb v odseku, potem je to seveda vir napake ocene PSGR na ravni odsekov. Relativno majhni razponi med odseki so posledica tega, da odseki praviloma niso rastiščno enotni in je zato njihova PSGR (tehtano) povprečje več rastiščnih tipov. Če bi prikazovali PSGR po gozdnih združbah, bi bile razlike v vrednostih PSGR večje. Majhne razlike med odseki nastanejo tudi, ker isto vrednost PSGR neke združbe pripišemo prav vsem odsekom, kjer se pojavlja omenjena združba. Združbe lahko uspevajo v precej širokem intervalu rastiščnih razmer (nadmorska višina, naklon, skalnatost ...), s povprečnimi vrednostmi PSGR za celotno združbo pa te variabilnosti rastiščnih razmer ne zajamemo.

Morebitne izboljšave ocenjevanja in prostorskega prikazovanja PSGR se navezujejo na opisane slabosti. Ocenjevanje produkcijske sposobnosti temelji na klasifikaciji gozdne površine na gozdna rastišča. Ocene PSGR bi znatno izboljšali, če bi imeli za celoten gozdni prostor fitocenološke karte v merilu 1 : 10.000. Sedaj imamo takšne

karte približno le za polovico gozdnega prostora. Zato ponovno pozivamo, da je treba v Sloveniji dokončati fitocenološko kartiranje gozdov! Izdelane karte bi imele tudi sicer vsestransko uporabno vrednost.

Ugotovljene vrednosti rastiščnih indeksov in iz njih izpeljanih vrednosti PSGR je treba preverjati in dopolnjevati. Že primerjava med dvema postopkoma, in sicer na A) raziskovalnih ploskvah in B) stalnih vzorčnih ploskvah je pri nekaterih združbah pokazala značilna odstopanja (priloga 2), ki jih je treba preveriti in vrednosti popraviti, da bodo usklajene. Podobno je treba razviti postopke, da bi za oceno PSGR uporabili najprimernejše donosne tablice ali celo razviti postopke, da se »tujim« donosnim tablicam izognemo z uporabo realnih podatkov o rasti in produkciji gozdnih sestojev, ki bi jih lahko ocenili s podatki s stalnih vzorčnih ploskev Zavoda za gozdove Slovenije ali pa drugimi prirastoslovnimi raziskavami.

Algoritmi, ki smo jih uporabili za prostorski prikaz PSGR, omogočajo stalno posodabljanje karte glede na nove raziskave in izboljšane podlage. Pogosto so za uporabnike bolj kot absolutne vrednosti PSGR pomembne informacije o relativnih vrednostih – razvrstitev rastišč glede na vrednost PSGR. Raziskovalni izsledki vse bolj potrjujejo, da se v času spreminjajo produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč zaradi okoljskih sprememb, predvsem se povečujejo (Spiecker in sod., 1996; Kotar, 2002; Skovsgaard in Vanclay, 2013). To pomeni, da se absolutne vrednosti PSGR v času lahko spreminjajo. Kljub temu pa predvidevamo, da ne bo velikih sprememb v razvrstitvi gozdnih rastišč glede na višino PSGR.

## 4.2 Prostorsko merilo: možnost določanja PSGR v podrobnem merilu?

4.2 Spatial scale: possibilities for estimation of forest site productivity at small spatial scale

Tako kot je prikaz rastiščnih enot smiseln v mezomerilu (1 : 10.000 do 1 : 25.000; Robič, 1981), je v istem merilu tudi smiselno prikazovanje produkcijske sposobnosti gozdnih

rastiščnih enot. V tem merilu namreč lahko posplošujemo rastiščne značilnosti, na neki način poenostavljamo dejanske razmere in tako – s klasifikacijo gozda na gozdne združbe oziroma gozdne rastiščne enote – ustvarjamo preglednost nad obsežnim gozdnim prostorom in ga na tak način lažje obvladujemo. Seveda to ne pomeni, da so rastiščne razmere znotraj z gozdno združbo opredeljenega rastišča enotne. Pri izdelavi karte produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji smo sicer predpostavili, da je produkcijska sposobnost določene rastiščno-vegetacijske enote enaka, kar je bila nujna predpostavka za prikaz v tako velikem prostoru oziroma majhnem merilu. Dejansko se lahko rastiščne razmere in s tem tudi PSGR spreminjajo na vsakem koraku. Zato se predvsem za uporabnike postavlja pomembno vprašanje, ali je mogoče podati zanesljive ocene o produkcijski sposobnosti gozdnih rastišč tudi v podrobnem merilu, na primer na ravni parcel. Pri tem je zaradi morebitnih nesporazumov treba jasno razlikovati dvoje: 1) na podlagi rezultatov opravljenih raziskav in izdelane karte je mogoče prikazati produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč na ravni gozdnih združb in ob upoštevanju prisotnosti gozdnih združb na ravni odsekov/oddelkov je mogoče oceniti vrednosti PSGR tudi na tej ravni. Če ta sloj prekrijemo s slojem parcel, lahko vrednosti prikažemo tudi na ravni parcel. Vendar je to približna ocena dejanske produktivnosti gozdnih rastišč, saj imajo vse parcele znotraj odseka oziroma vse parcele znotraj iste gozdne združbe enako oceno produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč. 2) Veliko zahtevnejša pa je naloga, da bi zaznali razlike v produkcijski sposobnosti znotraj gozdnih združb (odsekov). Opravljene raziskave kažejo, kateri topografski, podnebni in talni znaki značilno pojasnjujejo variabilnost rastiščnih indeksov oziroma produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč (Kotar in Robič, 1990, 2001; Seynave in sod., 2005; Kadunc, 2010b, 2012, 2013; Klopčič in sod., 2012). Ocenjevanje produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v majhnem prostoru (velikem merilu) bi še vedno temeljile na povprečnih vrednostih produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč na ravni gozdnih združbe. Te povprečne ocene bi za manjše prostorske enote (odseke, parcele) korigirali v omejenem intervalu, npr.  $\pm 30\%$  od

povprečne vrednosti produkcijske sposobnosti rastišč glede na izbrane topografske spremenljivke (npr. naklon, nadmorska višina), ki so v korelacijskih povezavah z vrednostjo PSGR. Za korekcijo bi lahko uporabili podatke digitalnega modela reliefa, terenske ocene ali druge vire podatkov. Ta naloga je lahko vsekakor izziv za prihodnje raziskovalno delo na tem področju.

Opisani postopki določanje PSGR v Sloveniji imajo več prednosti v primerjavi z drugimi postopki določanja produkcijske sposobnosti oziroma bonitiranja zemljišč. Na splošno namreč velja, da so prirastoslovni ali pa fitocenološki postopki bonitiranja za gozdna zemljišča veliko primernejši od geocentričnih (Skovsgaard in Vanclay, 2008; Bončina in Matijašič, 2013), ki temeljijo na topografskih, talnih ali podnebnih lastnostih rastišč. Le-ti so pogosteje v rabi za bonitiranje kmetijskih zemljišč (npr. Košir, 2011), so pa veliko manj primerni za bonitiranje gozdnih zemljišč.

Karto produkcijske sposobnosti bosta vzdrževala Skupina za urejanja gozdov in biometrijo na Oddelku z gozdarstvo ter Zavod za gozdove Slovenije. Dodatne raziskave rastiščnih indeksov in volumenske produkcije gozdnih sestojev ter izboljšane fitocenološke podlage bodo omogočale stalno izboljševanje prostorskega prikaza produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji.

## 5 ZAHVALA

## 5 ACKNOWLEDGEMENT

Študija je nastala v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V4-1123, ki sta ga financirali Ministrstvo za kmetijstvo in okolje in Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

## 6 SUMMARY

Forest site productivity is important element for basic understanding of forest ecosystems which also holds a great and manifold use value: it is important for decisions on forest management and planning, for valuation and taxation of forest lands as well as calculation of potential CO<sub>2</sub> sequestration in forests. The term forest productivity of forest sites (PSGR) is used for maximum amount of timber volume that can be permanently produced from forest community of natural structure

and tree species composition. The main aims of the research were: 1) to estimate the forest site productivity at the forest community level, 2) to build/elaborate spatial estimation model of forest site productivity in Slovenia, and 3) to compare the results with the data on actual growth of forest stands. Forest site productivity was estimated for forest stand types. Forest compartment or sub-compartment presented the basic spatial unit for spatial estimation of forest site productivity. The process of PSGR estimation on the level of stand type units and compartments included three stages. The first one was estimation of natural stand composition. The second one included estimation of productivity of individual tree species composition on the basis of two databases; the first version is based on the growth and yield research plots where production was determined by using the dendrometrical analysis, and the second version is based on permanent sample plots of Slovenia Forest Service. The third stage included calculation of mean forest site productivity according to the portion of forest communities in sub-compartment. The data from permanent sample plots of Slovenia Forest Service were a basis for spatial overview of forest site productivity for the whole forest area of Slovenia. Production capacity of the 74 forest site types varies between 0 and 22.1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Mean value of PSGR for the whole forest area amounted to 7.5 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>. In the 77 % of the whole forest area, the PSGR amounts to 6-10 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>; only small portion of the whole forest area (17 %) has smaller mean PSGR and even smaller portion (6 %) with a higher mean value of PSGR was identified. Comparison between forest management regions shows sites in forest management regions Maribor, Murska Sobota and Slovenj Gradec to be in average the most productive and the ones in the Karst region and forest management regions Tolmin and Bled the least; the latter was due to the large surface of subalpine vegetation, which was also included the mean PSGR in the calculation. In average, the maximum value of PSGR was found in subpannonian and subalpine phytogeographical region and the lowest in the submediterranean area. The value of forest site productivity was compared to actual growth of forest stands. As expected, we

found a positive correlation ( $r = 0.59$ ,  $p < 0.0000$ ). Significant discrepancies between the growth and PSGR may indicate either a high alteration of tree species composition of forest stands, the possibility of unreliable estimates of PSGR or inaccuracy in the measurement or calculation of volume increment. Analysis of the calculated values of PSGR according to altitude belts shows slight increase of PSGR up to 1000 m and a more rapid decrease with increasing altitude afterwards. Analysis of PSGR according to the slope shows quite uniform value in terrain from 0 to 40°, and much smaller values on steeper terrain ( $\geq 40^\circ$ ). PSGR is also smaller in average on sunny expositions. The spatial estimation of forest sites productivity in Slovenia can be improved by additional research on site indices, improved algorithms for the PSGR determination, and detailed phytosociological mapping of forest communities.

## 7 VIRI

## 7 LITERATURE

- Bončina, A., Matijašič, D., (ur.), 2013. Produkcijska sposobnost gozdnih rastišč v Sloveniji. Zbornik prispevkov, Gospodarjenje z gozdovi in načrtovanje, 6. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Zavod za gozdove Slovenije.
- Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Auflage, Wien-New York, Springer.
- Halaj, J., Grék, J., Pánek, F., Petráš, R., Řehák, J., 1987. Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Bratislava, Príroda.
- Kadunc, A., 2010a. Ocenjevanje proizvodnje sposobnosti bukovih rastišč. Ekspertiza, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
- Kadunc, A., 2010b. Prirastoslovne značilnosti jelke (*Abies alba* Mill.) v Sloveniji. Gozdarski vestnik, 68, 9: 403–421.
- Kadunc, A., 2012. Ocena produkcijske sposobnosti bukovih rastišč v Sloveniji. V: Bončina, A., (ur.). Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 91–101.
- Kadunc, A., 2013. Factors influencing site index of Norway spruce in Slovenia. Austrian Journal of Forest Science, 130, 3: 167–186.
- Kadunc, A., Poljanec, A., Dakskobler, I., Rozman,



- A., Bončina, A., 2013. Ugotavljanje proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji. Vsebinsko poročilo o realizaciji projekta. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Klopčič, M., Poljanec, A., Simončič, T., Ficko, A., Bončina, A., 2012. Strukturne in rastne značilnosti bukovih gozdov. V: Bončina A. (ur.). Bukovi gozdovi v Sloveniji : ekologija in gospodarjenje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 271–288.
- Košir, Ž., 1976. Zasnova uporabe prostora. Gozdarstvo. Vrednotenje gozdnega prostora po varovalnem in lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih razmer. Zavod SR Slovenije za družbeno planiranje in Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti, Ljubljana.
- Košir, J., 2011. Priročnik za bonitiranje zemljišč. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana.
- Kotar, M., 1994. Proizvodna sposobnost gozdnih rastišč, ki jih poraščajo smrekovi in bukovi gozdovi ter njihova proizvodna zmogljivost v optimalni razvojni fazi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 44: 125–148.
- Kotar, M., 2002. Spremembe proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji v zadnjih desetletjih. Gozdarski vestnik, 60, 4: 170–191.
- Kotar, M., 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. ZGDS/ZGS, Ljubljana.
- Kotar, M., Robič, D., 1990. Povezanost proizvodne sposobnosti rastišča z nekaterimi ekološkimi dejavniki. Gozdarski vestnik, 5: 225–243.
- Kotar, M., Robič, D., 2001. Povezanost proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji z njihovo floristično sestavo. Gozdarski vestnik, 59, 5-6: 227–247.
- Kutnar, L., Veselič, Ž., Dakskobler, I., Robič, D., 2012. Tipologija gozdnih rastišč Slovenije na podlagi ekoloških in vegetacijskih razmer za potrebe usmerjanja razvoja gozdov. Gozdarski vestnik, 70, 4: 195–214.
- Perko, F. 1989. Ekološka niša in gospodarski pomen smreke na jelovo-bukovih rastiščih Visokega krasa. Magistrska naloga, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana.
- Poljanec, A., Bončina, A., 2013. Možnosti ocenjevanja produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč s podatki gozdnih inventur. V: Bončina, A., Matijašič, D., (ur.). Produkcijska sposobnost gozdnih rastišč v Sloveniji. Gospodarjenje z gozdovi in načrtovanje, 6. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 41–43.
- Pretzsch, H., 2003. The elasticity of growth in pure and mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). Journal of Forest Science, 49, 11: 491–501.
- Pretzsch, H. 2009. Forest dynamics, Growth and yield. From measurement to model. Springer.
- Pretzsch, H., Block, J., Dieler, J., Dong, P., Kohnle, U., Nagel, J., Spellmann, H., Zingg, A., 2010. Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. Annals of Forest Science 67, 7: 712–724.
- Robič, D., 1981. Gozdno rastišče kot pojem in strokovni izraz doma in na tujem. Intenziviranje in racionaliziranje gospodarjenja z gozdovi v SR Sloveniji (Gašperšič, F., ur.). Zbornik gozdarskih študijskih dni: 81–91.
- Seynave, I., Gégout, J.C., Hervé, J.C., Dhôte, J.F., Drapier, J., Bruno, É., Dumé, G., 2005. *Picea abies* site index prediction by environmental factors and understorey vegetation: a two-scale approach based on survey databases. Canadian Journal of Forest Research, 35: 1669–1678.
- Skovsgaard, J.P., Vanclay, J.K., 2008. Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. Forestry, 81, 1, 13–31.
- Skovsgaard, J.P., Vanclay, J.K., 2013. Forest site productivity: spatial and temporal variability in natural site conditions. Forestry, 86: 305–315.
- Spiecker, H., Mielikäinen, K., Köhl, M., Skovsgaard, J., (Eds.) 1996. Growth Trends in European Forest. European Forest Institute Research Report No. 5, Springer Berlin – Tokyo.
- Veselič, Ž., 2000. Pregled rastišč v računalniški bazi ZGS po skupinah in podskupinah rastišč, z navedbo njihove okvirne naravne in modelne drevne sestave na ravni Slovenije. Zavod za gozdove Slovenije, interno gradivo, 14 s.
- ZGS, 2012. Podatki o površinah gozdov po gozdnih rastiščnih tipih. Zavod za gozdove Slovenije, baza podatkov, dbf datoteka, stanje za leto 2012.

**Priloga 1:** Produkcijska sposobnost gozdnih rastišč (PSGR) po gozdnih rastiščnih tipih, izražena z največjim povprečnim volumenskim prirastkom sestaja z naravno drevesno sestavo. Povzeto po Kadunc in sod. (2013)  
**Appendix 1:** Forest site productivity (PSGR) according to site types, expressed with maximal mean volume increment of the stand with a natural tree structure. Adapted from Kadunc et al. (2013)

Gozdni rastiščni tip	PSGR (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Površina <sup>1</sup> (ha)	Gozdni rastiščni tip	PSGR (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Površina (ha)
Vrbovje s topolom	22,1	4.134	Gorsko-zgornjegorsko javorovje z brestom	7,7	82
Nižinsko črnojelševje	8,5	4.450	Dinarsko jelovje na skalovju	6,0	3.041
Dobovje in dobovo belogabrovje	9,0	14.835	Smrekovje na karbonatnem skalovju	3,1	129
Preddinarsko-dinarsko gradnovno belogabrovje	6,5	34.494	Preddinarsko zgornjegorsko bukovje z zasavsko konopnico	8,0	3.998
Predalpsko gradnovno belogabrovje	7,7	4.549	Dinarsko zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico	5,3	9.722
Predpanonsko gradnovno belogabrovje	8,2	7.806	Predalpsko zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico	3,4	11.955
Primorsko belogabrovje in gradnovje	6,0	8.337	Dinarsko podalpsko bukovje	4,0	419
Preddinarsko-dinarsko podgorsko bukovje	8,2	71.607	Planinsko smrekovje na karbonatni podlagi	5,9	5.282
Predalpsko podgorsko bukovje na karbonatih	8,8	44.426	Dinarsko mraziščno smrekovje	7,7	2.640
Gradnovno bukovje na izpranih tleh	8,7	67.561	Macesnovje	3,6	0
Primorsko bukovje na flišu	7,7	2.368	Alpsko ruševje	0,7	14.005
Bazoljubno gradnovje	5,1	2.224	Kisloljubno gradnovno belogabrovje	7,6	38.538
Preddinarsko-dinarsko hrastovo črnogabrovje	0,9	5.574	Kisloljubno gradnovno bukovje	8,2	87.038
Alpsko-predalpsko črnogabrovje in malojesenovje	1,2	9.352	Kisloljubno rdečeborovje	5,7	23.670
Primorsko gradnovje z jesensko vilovino	4,9	14.631	Kisloljubno bukovje z rebrenjačo	7,0	81.715
Primorsko hrastovje in črnogabrovje na apnencu	1,9	64.074	Predpanonsko podgorsko bukovje	9,8	718
Primorsko hrastovje na flišu ali kislejši jerovici	2,0	0	Javorovje s praprotmi	11,0	1.768
Puhavčevo kraškogabrovje	3,7	0	Jelovje s praprotmi	13,3	33.496
Osojno bukovje s kresničevjem	7,2	25.280	Jelovje s trokrpim bičnikom	13,7	9.731
Preddinarsko-dinarsko toploljubno bukovje	6,3	16.742	Kisloljubno gorsko-zgornjegorsko bukovje z belkasto bekico	9,3	88.796
Predalpsko-alpsko toploljubno bukovje	7,0	35.164	Kisloljubno zgornjegorsko bukovje z zasavsko konopnico	7,6	13.336
Primorsko bukovje	5,1	22.068	Kisloljubno gorsko jelovje	10,5	529
Podgorsko-gorsko lipovje	5,3	182	Smrekovje s trokrpim bičnikom	6,7	3.101
Pobočno velikojesenovje	8,5	2.973	Smrekovje s smrečnim resnikom	9,3	686

Gorsko obrežno sivojelševje, črnojelševje in velikojesenovje	7,3	511	Zgornjegorsko smrekovje z gozdno bekico	7,5	2.940
Bazoljubno rdečeborovje	3,7	3.472	Barjansko smrekovje	1,1	157
Obrežno rdečeborovje	3,9	0	Grmičavo vrbovje	0,5*	314
Bazoljubno črnoborovje	2,9	4.473	Vezovje z ozkolistnim jesenom	9,0*	644
Preddinarsko gorsko bukovje	10,3	22.022	Primorsko podgorsko bukovje na karbonatih	7,0*	2.238
Predalpsko gorsko bukovje	8,7	32.725	Črnikovje	1,5*	0
Alpsko bukovje s črnim telohom	7,3	46.892	Orogeno vrbovje	7,0*	0
Alpsko bukovje s snežno belo bekico	4,8	0	Primorsko gorsko bukovje	7,5*	1.905
Bukovje s polžarko	5,6	860	Predalpsko smrekovje na morenah in pobočnih gruščih	7,0*	975
Javorovo bukovje	6,6	186	Predalpsko-alpsko podalpinsko bukovje	3,5*	620
Bukovje z dlakavim slečem	5,0	0	Dinarsko ruševje	0,0*	3.267
Dinarsko jelovo bukovje	8,0	116.339	Vegetacija visokih barij	0,0*	162
Predalpsko-dinarsko jelovo bukovje	6,8	31.435			
Predalpsko jelovo bukovje	7,7	15.159			

<sup>1</sup> podatki po ZGS(2012); \* ocenjene vrednosti

**Priloga 2:** Ocena rastiščnih indeksov bukve (SI) in produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč (čisti sestoji bukve) s podatki stalnih vzorčnih ploskev (postopek B) za izbrane bukove rastiščne enote in primerjava z vrednostmi po postopku A. Povzeto po Kadunc in sod. (2013)

*Appendix 2: Estimation of beech site indexes (SI) for selected beech site units and comparison with values following procedure A. Adapted from Kadunc et al. (2013)*

Gozdni rastiščni tip	Število ploskev	SI <sub>100</sub> (m)	PSGR (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Ujemanje z intervalno oceno SI po postopku A
Preddinarsko-dinarsko podgorsko bukovje	1.565	29,1	8,0	*
Predalpsko podgorsko bukovje na karbonatih	524	27,2	7,4	*
Gradnovno bukovje na izpranih tleh	1.225	27,0	7,3	*
Osojno bukovje s kresničevjem	436	25,4	6,8	*
Preddinarsko-dinarsko toploljubno bukovje	156	26,1	7,0	*
Predalpsko-alpsko toploljubno bukovje	210	25,1	6,7	*
Primorsko bukovje	408	17,5	4,1	
Preddinarsko gorsko bukovje	949	23,6	6,1	
Predalpsko gorsko bukovje	314	26,9	7,3	*
Alpsko bukovje s črnim telohom	739	21,2	5,4	
Dinarsko jelovo bukovje	2.489	27,2	7,5	*
Predalpsko-dinarsko jelovo bukovje	465	25,2	6,7	*
Dinarsko zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico	543	20,6	5,2	
Predalpsko zgornjegorsko bukovje s platanolistno zlatico	76	23,9	6,2	
Kisloljubno gradnovno bukovje	1.051	29,4	8,1	*
Kisloljubno bukovje z rebrenjačo	638	27,1	7,3	*
Kisloljubno gorsko-zgornjegorsko bukovje z belkasto bekico	1.011	29,1	8,0	*
Kisloljubno zgornjegorsko bukovje z zasavsko konopnico	121	28,2	7,7	*