

PREVEDBA OCEN KAKOVOSTI STOJEČIH DREVES NA IZBRANIH OBJEKTIH V SORTIMENTNO STRUKTURO

CONVERTING STEM QUALITY ASSESSMENTS OF STANDING TREES INTO LOG GRADE STRUCTURE

Luka KRAJNC¹, Janez ZAFRAN²

(1) Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozdov, luka.krajnc@gozdis.si

(2) Zavod za gozdove Slovenije, janez.zafran@zgs.si

IZVLEČEK

V raziskavi je bila predstavljena in preračunana ocena kakovosti stoječih dreves v sortimentno strukturo. Na 123 drevesih štirih drevesnih vrst je bila opravljena primerjava med dejansko sortimentacijo po poseku in računsko sortimentacijo na osnovi predhodno ocenjene kakovosti. Izmerili smo 869 gozdno-lesnih sortimentov ter primerjali rezultate računske in dejanske sortimentacije. Rezultati so pokazali dobro ujemanje pri smreki, nekoliko manj pa pri listavcih, kjer je bil večji vpliv notranjih napak na sortimentno sestavo. Metoda je praktično uporabna in daje uporabne rezultate za napoved sortimentne sestave. Izboljšati je treba še modele napovedi velikosti grč, s čimer bi natančnost napovedi še dodatno povečali.

Ključne besede: sortimentacija, ocena kakovosti, stoječa drevesa, gozdni lesni sortimenti, iglavci, listavci, grče, računsko krojenje, notranje napake lesa, prostorninska struktura

ABSTRACT

A method for converting stem quality assessments into log grade structure was presented. For 123 trees of four species, a comparison was made between actual assortments after felling and virtual assortments based on pre-harvest quality estimates. A total of 869 actual assortments were measured, and the results were compared with virtual bucking and sorting into log grades. The results showed good agreement for spruce, while the accuracy for hardwoods was lower due to undetectable internal defects. The method proved useful for improving harvest planning and assessing forest stand quality. Further refinement of existing models (e.g., knot size) would increase the accuracy and applicability of the approach under Slovenian conditions.

Keywords: assortment, quality assessment, standing trees, forest timber assortments, conifers, hardwoods, knots, virtual bucking, internal wood defects, volume structure

GDK 52:85(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.137.4

Prispelo / Received: 02. 07. 2025

Sprejeto / Accepted: 07. 10. 2025



1 UVOD

1 INTRODUCTION

Gospodarjenje s slovenskimi gozdovi je, ob zagotavljanju ekoloških in socialnih funkcij, usmerjeno v pridelavo kakovostnega lesa, ki je osnova za razvoj lesne industrije, dohodek iz gozdarske dejavnosti pa je prav tako pomemben za ohranitev in razvoj hribovskih kmetij in podeželja. Prav na področju gospodarske vloge gozdov v Sloveniji žal precej zaostajamo glede na potencial naših gozdov, saj dejanski posek ne dosega možnega (Poročilo ..., 2025). Količina letno priraslega lesa v slovenskih gozdovih ter njegove druge dobrine ponujajo številne priložnosti za razvoj. Les je naravna in dragocena surovina, ki pa zelo variira glede strukture, namena uporabe, napak v lesu in posledično glede vrednosti na trgu v primerjavi z drugimi surovinami. Za določanje kakovosti gozdno lesnih sortimentov je potrebno širše znanje glede strukture lesa in tudi tehnologije predelave. Vrednost posameznega gozdnega

sortimenta je vedno rezultat kakovosti lesa in drevesne vrste, zmožnosti tehnoloških procesov v lesni industriji ter trenutnega stanja na trgu. Gozdarji lahko pomembno vplivamo na kakovost dreves prek gozdno-gojitvenih ukrepov ter neposrednega vpliva na deleže posamezne drevesne vrste v končni zmesi vrst v sestoji.

Zaradi poenotenja razvrščanja lesa po kakovostnih razredih so se razvili številni standardi ali dogovorne uzance. Standardi ali uzance so pomemben pripomoček lastniku gozda oziroma prodajalcu, da les lahko objektivno ovrednotita glede kakovosti in dosežeta dogovor o ustrezni ceni. Večinoma se ta pravila uporabljajo in so prilagojena za razvrščanje gozdnih lesnih sortimentov po poseku. Ocena kakovosti stoječega drevja je bistveno bolj zahtevna in obremenjena z veliko napako ocene, saj vseh parametrov drevesa ni mogoče izmeriti (npr. premeri debela na različnih višinah) ali oceniti določene napake (npr. napake v območju krošenj ali napake srca, ki se v večini razkrijejo šele s prečnim prerezom).

Podobno kot pri razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov v kakovostne razrede, se tudi pri oceni kakovosti stoječega drevja pojavlja težava pri uporabi in zlasti primerjavi med različnimi kakovostnimi razredi, ocenjenimi po različnih standardih oziroma pravilih razvrščanja.

Žal na področju uporabe standardov oziroma uporabe pravil merjenja in razvrščanja gozdno lesnih sortimentov stanje na slovenskem lesnem trgu ni poenoteno, kot je najlažje razvidno iz slike 1. Uporabljajo se različni standardi, velik delež dosegajo lastna pravila posameznih odkupovalcev ali združevanje različnih standardov. Čeprav se moramo zavedati, da pri trgovanju z lesom uporaba kateregakoli standarda ni obvezna, je pa uporaba standardov nujna, če želimo na nacionalni ravni vzpostaviti pregleden in transparenten trg lesa. Uporaba standardov bi morala postati želena praksa za lastnike gozdov oziroma prodajalce, kot tudi za kupce in celotno lesno industrijo, saj le tako lahko gradimo verodostojne poslovne odnose.

V preteklosti so bili v Sloveniji povsem uveljavljeni in tudi v praksi prepoznani t.i. standardi »JUS«, ki jih nekateri trgovci navajajo in uporabljajo še danes. Je pa Slovenija po letu 1991 pristopila tudi k pripravi izvirnih slovenskih standardov. Standardi so bili pripravljene in sprejeti pod pokroviteljstvom Slovenskega inštituta za standardizacijo (SIST), konkretno sta bila pripravljena standarda za razvrščanje hlodov iglavcev (zadnji uveljavljen - SIST 1014:1998) in hlodov bukve (PSIST 1015:1999). Oba standarda sta bila v letu 2012 razveljavljena, saj nista bila skladna z evropskimi standardi, pripravljena pa sta bila na podlagi standardov »JUS«.

Trenutno v Sloveniji formalno veljajo evropski standardi, ki določajo način merjenja dimenzij in napak lesa ter način razvrščanja po dimenzijah, ki pa se v praksi manj uporabljajo. Evropski standardi sicer veljajo na celotnem območju EU, vendar so tudi v drugih državah

v rabi predvsem kot osnova za pripravo nacionalnih pravil ali uzanc ter se tako približajo značilnostim lastnega trga, ki ga definira ponudba gozdno lesnih sortimentov ter lastnosti in tehnološke zmožnosti lesno predelovalne industrije. Načeloma niso usmerjeni v končni izdelek, v nasprotju z večino nacionalnih pravil ali standardov iz preteklosti. Tako je sedanje stanje v Sloveniji precej nepregledno in v praksi se uporabljajo različne oblike standardov oziroma pravil razvrščanja, pogosto še vedno standardi »JUS« ali pa posamezni podjetniški dogovori. Pri trgovanju s hlodovino iglavcev so v Sloveniji pogosto v rabi tudi avstrijske uzance (Österreichischen Holzhandelsuzancen – ÖHU).

Od leta 2003 so se v Sloveniji ločeno uveljavila tudi pravila merjenja in razvrščanja gozdno lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije. Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdno lesnih sortimentov, sprejet leta 2003 in večkrat dopolnjen in spremenjen (Uradni list RS, št. 72/03, 79/11, 30/17, 129/20), je v celoti temeljil na evropskih standardih, pri načinu razvrščanja po kakovostnih razredih pa je upošteval namen rabe na način, kot je bil uveljavljen v praksi in standardih bivše skupne države. Povsem jasno je, da ima pomanjkanje enotnih pravil pri razvrščanju gozdno lesnih sortimentov ter s tem pomanjkanje transparentnosti na celotnem lesnem trgu posledice tudi na samo gozdarsko in lesarsko stroko. V Sloveniji nam do sedaj ni uspel dogovor med poslovnimi subjekti o uporabi enotnih meril razvrščanja po kakovostnih razredih, se pa omenjeni Pravilnik pogosto uporablja tudi pri trgovanju z lesom iz zasebnih gozdov.

Stanje v Sloveniji še vedno ni enotno urejeno, kar je pokazala tudi anketa na sliki 1, ki jo je leta 2022 opravil Gozdarski inštitut Slovenije (Zafran, 2023).

Kakovostna struktura lesa po drevesnih vrstah je poleg količine možnega (načrtovanega) poseka pomemben kazalec za usmerjanje razvoja celotne lesno



Slika 1: Deleži zastopanosti posameznih sistemov razvrščanja po poslovnih subjektih, ki se ukvarjajo z odkupom okroglega lesa iz zasebnih gozdov (Zafran 2023)

Fig. 1: Share of classification systems used by business entities purchasing roundwood from private forests (Zafran 2023)

predelovalne industrije in dolgoročno pomeni objektivno vrednotenje uspešnosti ukrepov v sestojih, ki so usmerjeni v povečevanje kakovosti lesa. Ocena kakovostne strukture stoječega drevja na nacionalni ravni postaja vedno pomembnejša tudi za načrtovanje politik blaženja podnebnih sprememb, deloma pa tudi za načrtovanje ukrepov prilagajanja. Deleži kakovostnejšega lesa po posameznih skupinah drevesnih vrst lahko zagotavljajo predelavo lesa v kakovostnejše in trajnejše lesene izdelke (ki se lahko večkrat ponovno uporabijo), kar vodi do večje zaloge vezanega ogljika v lesnih proizvodih, in s tem pozitivno vplivajo na nacionalno bilanco emisij toplogrednih plinov v primerjavi z izdelki iz nižje kakovostnega lesa.

V okviru prispevka smo na podlagi ocen kakovosti stoječih dreves preračunali sortimentno strukturo teh dreves ter preverili ujemanje med dejansko (izmerjeno na podrtih drevesih) ter računsko sortimentacijo (izračunano na podlagi ocen kakovosti). Osrednji raziskovalni cilj je bila preveriti možnosti prevedbe ocen kakovosti na stoječih drevesih v sortimentno strukturo po poseku teh dreves.

2 METODE

2 METHODS

2.1 Opis vzorca, meritev na stoječih drevesih in izmera izdelanih gozdno-lesnih sortimentov

2.1 Sample description, stem quality assessment and measurement of log-grade properties

V prvi fazi smo na stoječih drevesih izmerili kakovost po metodi, opisani v prispevku iz Gozdarskega vestnika (Krajnc, 2022). Prsni premer je bil izmerjen z merilnim trakom, višine posameznih napak in dreves pa z merilnim inštrumentom Vertex IV (Haglof, Švedska). Vsa izbrana drevesa so bila v času izbora že označena za posek ter izbrana naključno znotraj posameznih delovišč. Naključnost izbora se je dosegla tako, da je bilo prvo drevo izbrano na varni razdalji od opravljanja aktivne sečnje, druga drevesa pa so sledila razvrščena po bližini prvega drevesa z upoštevanjem var-

nega odmikanja od opravljanja poseka.. Vsa drevesa so bila znotraj višine prvega sortimenta jasno označena z zaporedno številko znotraj posameznega delovišča. Večina dreves je bila izmerjena in posekana februarja 2023, podatke nekaj dreves listavcev pa smo prevzeli iz vzorčenja, opravljenega leta 2022 za druge projekte. Skupno smo izmerili kakovost 123 stoječih dreves.

V drugi fazi so izvajalci na posameznih deloviščih označena drevesa posekali in skrojili v skladu z navodili delovodij. Vsako drevo je bilo skrojeno v več sortimentov, zato je bilo izmerjenih več sortimentov kot stoječih dreves. Po izdelavi sortimentov smo izmerili dimenzije vsakega posameznega sortimenta (srednji premer s skorjo, dolžina), popisali velikost grč ali drugih zunanjih napak ter tudi obseg morebitnih notranjih napak. Sortimente, poškodovane zaradi sečnje ali spravila, smo zabeležili ločeno. Vsak sortiment smo glede na izmerjene podatke že na terenu uvrstili v enega izmed kakovostnih razredov po trenutno veljavnem Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije (Pravilnik, 2020: v nadaljevanju Pravilnik). Tako smo za vsako drevo izmerili prostornino posameznega kakovostnega razreda. Skupno smo izmerili in ovrednotili 869 gozdno-lesnih sortimentov. V nadaljevanju pri opisih kakovostne strukture prikazujemo deleže prostornin posameznega ali združenih kakovostnih razredov v skupni prostornini posameznega drevesa.

V tretji fazi raziskave smo naredili primerjavo računskega krojenja listavcev in iglavcev z dejansko skrojenimi sortimenti, izmerjenimi po poseku. Med drugim smo preverili tudi obstoječi model napovedovanja maksimalne velikosti grč pri smreki ter predlagali popravke za smreko, rastočo v Sloveniji.

2.2 Računsko krojenje gozdnih lesnih sortimentov

2.2 Virtual bucking

Na podlagi zbranih podatkov o kakovosti stoječih dreves smo vsako drevo računsko skrojili v posamezne sortimente s pomočjo nemških krivulj za opis oblike

Preglednica 1: Število dreves (in povprečni prsni premer v oklepaju, v centimetrih) po deloviščih in drevesnih vrstah

	smreka/spruce	javor/maple	bukev/beech	hrast/oak
Novo mesto	20 (65)	20 (40)		
Brežice				8 (41)
Zalog				5 (51)
Hrušica		5 (47)		
Bočna/Šentanel	30 (44)		15 (49)	
Pokljuka	20 (63)			

Table 1: Number of trees (average diameter at breast height in parentheses, in centimeters) by site and species



Slika 2: Sortiment smreke po poseku, delovišče Brezova reber (foto L. Krajnc)

Fig. 2: Spruce log after felling, Brezova reber site (photo: L. Krajnc)

debla (Krajnc in Kušar, 2022) z uporabo R knjižice rB-DAT (Vonderach et al, 2021). Za vsak računsko skrojeni sortiment smo izračunali prostornino, srednji premer in dolžino, nato pa smo ga na podlagi dimenzij ter drugih zabeleženih napak uvrstili v enega od treh razredov: hlodovina visoke kakovosti (razred A), hlodovina povprečne kakovosti (razredi B, C in D) ter drugo («nehlodovina»: les za kurjavo, celuloza, manipulacijski les...). Pri iglavcih smo za vsak sortiment zabeležili tudi premer največje zrasle grče in največje nezrasle grče. Med iglavci in listavci sta se pristopa k računskemu krojenju razlikovala. V nadaljevanju podrobno opišemo oba pristopa.

2.2.1 Računsko krojenje iglavcev

2.2.1 Virtual bucking of softwoods

Pri iglavcih smo vsako drevo skrojili v 4-metrške segmente s privzeto 10-centimetrsko nadmero za vsak sortiment. Nato smo za vsak segment izračunali teoretično koničnost (razlika med zgornjim in spodnjim premerom sortimenta) in teoretične maksimalne velikosti zraslih in nezraslih grč. Pri izračunu velikosti grč smo privzeli sledeče predpostavke za izdelavo modela velikosti grč:

- Največja zrasla grča leži na tretjini žive krošnje, kjer je krošnja tudi najširša.
- Največja nezrasla grča leži na tretjini žive krošnje.
- Velikost zrasle grče linearno pada od mesta največjega premera grče do vrha drevesa.

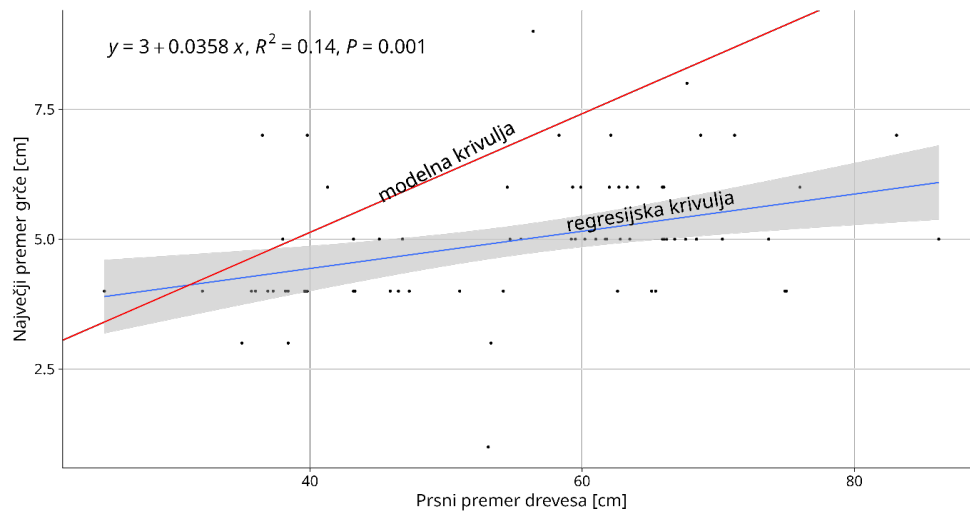
- Velikost nezrasle grče linearno pada od mesta največje nezrasle grče do začetka pojavljanja suhih vej oziroma nezraslih grč.

Pri izračunih smo uporabili formulo Colina in Houlirerja (1992), kjer je edina vstopna spremenljivka na ravni drevesa prsni premer le-tega («DBH» v spodnji enačbi):

$$\text{Maksimalni premer zrasle grče} = 0,5624 + (DBH * 0,1142)$$

Pri začetnemu preverjanju točnosti napovedi modela smo preverili tudi odstopanje napovedi modela od realno izmerjenih vrednosti, pridobljene z dejansko zgoraj opisano sortimentacijo. Ta primerjava je razvidna iz slike 3. Primerjava izračunanih in izmerjenih vrednosti je pokazala, da je treba modelne maksimalne velikosti grč v povprečju zmanjšati za približno 28 %, da modelne vrednosti ustrezajo izmerjenimi vrednostim. Glede na to, da je bil model razvit na 90 drevesih smreke iz Francije z nižjimi višinami dreves, kot jih dosegajo primerljiva drevesa v našem okolju, smo popravke pričakovali.

Ob zgoraj opisani primerjavi smo napravili tudi analizo razmerja med maksimalno velikostjo nezraslih in zraslih grč. To razmerje je v povprečju znašalo 0,75 (razpon med 1. in 3. kvartilom: 0,5 – 0,8), torej je premer največje nezrasle grče v povprečju 75 % premera največje zrasle grče. Oba določena popravka modelnih vrednosti smo ustrezno upoštevali pri izračunih teo-



Slika 3: Primerjava izmerjenih velikosti grč (črne pike), regresijski model iz dejanskih vrednosti (modra črta) in modelne krivulje avtorjev Colina in Houllier-ja (1992). Prikaz združen za zrasle in nezrasle grče, sortimenti smreke, enačba prikazuje regresijski model.

Fig. 3: Comparison of measured knot sizes (black dots), the regression model based on actual values (blue line), and the model curve by Colin and Houllier (1992). The y-axis shows combined live and dead knots; the equation on the graph represents the regression model.

retičnih velikost zraslih in nezraslih grč za vsak posamezni sortiment. Nato smo na podlagi teh izračunanih vrednosti velikosti grč, teoretične koničnosti ter dimenzij sortimentov vsak sortiment uvrstili v primerni kakovostni razred.

2.2.2 Računsko krojenje listavcev

2.2.2 Virtual bucking of hardwoods

Pri listavcih smo drevo računsko skrojili na drugačen način kot pri iglavcih. Iz nadaljnjih analiz smo izločili vsa po sečnji nepravilno skrojena drevesa, kjer se je namesto krojenja po napakah uporabilo dolžinsko krojenje. Teh je bilo predvsem pri bukovini precej, zato je vzorec za analizo precej manjši od izmerjenih dreves. Za vsako drevo smo izločili višino najnižje napake (žive ali suhe veje, začetka krošnje), kjer smo opravili prvi računski prerez. Dolžina prvega sortimenta je bila tako od višine panja do višine prve napake, ostanek hlodovine pa smo razdelili na dva nadaljnja sortimenta.

Vsako drevo listavcev je bilo tako računsko skrojeno v tri ločene sekcije. Za vsako sekcijo smo izračunali prostornino, dolžino in srednji premer. Če katera od sekcij ni presegala minimalnega pragu dolžine (2,1 metra), smo jo združili z naslednjo sekcijo v skupen sortiment in ponovno preračunali dimenzije sortimentov s pomočjo nemških krivulj za opis oblike debla. Na podlagi dimenzij in sekcijskih ocen za vsako od treh sekcij (Krajnc, 2022) smo nato uvrstili vsak sortiment v enega od treh zgoraj opisanih razredov.

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Primerjava računskih in izmerjenih deležev kakovostnih razredov za iglavce

3.1 Comparison of calculated and measured proportions of log quality classes for conifers

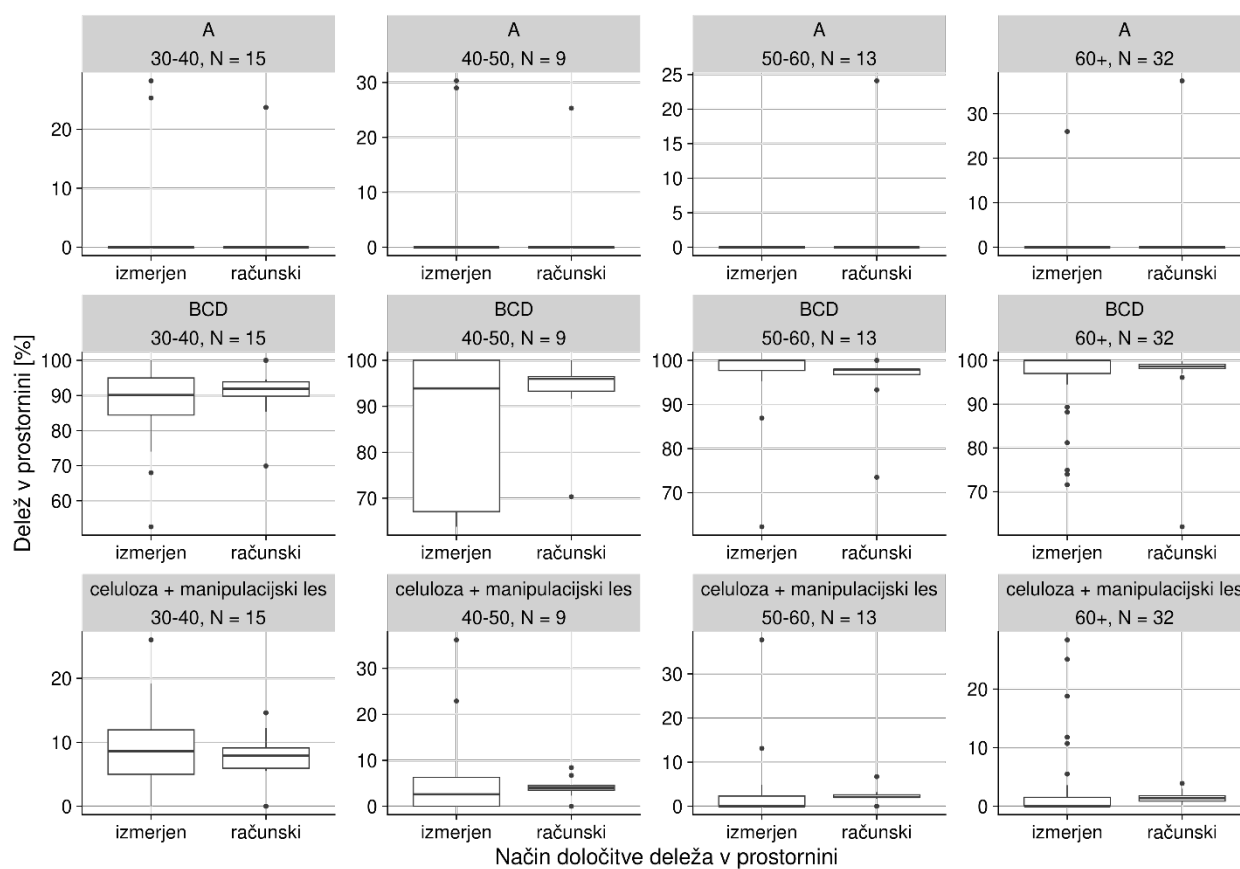
Računska napoved deležev po sortimentni strukturi je relativno natančna (slika 4) v primerjavi z izmerjeno sortimentno strukturo. Na ravni posameznih dreves računski napoved pričakovano precenjuje delež izjemne in povprečne hlodovine zaradi morebitnih notranjih napak in poškodb sortimentov pri sečnji. Pri smreki smo zaradi preverbe modelov velikosti največje grče uspešno sicer razmejili tudi razrede B, C in D. V nadaljevanju smo te tri razrede združili v enega, saj nismo imeli možnosti preverbe podobnih modelov za druge drevesne vrste ali skupine drevesnih vrst.

Približno 10 % sortimentov je bilo razvrstjenih zaradi notranje trohnobe (6 %) in poškodb zaradi sečnje (4 %). V ostalih 90 % je računski napoved relativno natančna. Pomembno je poudariti, da je tako računski kot izmerjeni delež nehlodovine v našem vzorcu v večini primerov ne presega 10 % prostornine posameznih dreves. Seveda pa je bila v vzorcu iglavcev samo smreka in se natančnost metode razlikuje med različnimi drevesnimi vrstami. Enako opozorilo seveda velja za modelno napovedovanje premerov grč, kjer bi kot dodatno preverbo potrebovali vsaj meritve za jelko in potencialno tudi za rdeči bor.



Slika 4: Panj smreke z notranjo napako, trohno

Fig. 4: Spruce stump with internal defect (rot)



Slika 5: Primerjava računskega in izmerjenega deleža kakovostnih razredov hlodovine iglavcev

Fig. 5: Comparison of calculated and measured proportions of conifer sawlog quality classes

3.2 Primerjava računskih in izmerjenih deležev kakovostnih razredov za listavce

3.2 Comparison of calculated and measured proportions of quality classes for hardwoods

Pri listavcih je računska napoved manj natančna kot pri iglavcih, predvsem na račun večjega deleža in notranjih napak v drevesih s premerom nad 50 cm (predvsem trohnobe). Čeprav skupni delež trohnobe pri sortimentih ni presegal 5 %, so druge notranje napake (rjavo srce, zvezdasto rdeče srce) razvrednotile nezanemarljiv delež potencialno izjemne hlodovine. To je jasno vidno pri deležih izjemne hlodovine pri drevesih s prsnim premerom nad 50 cm, kjer računske vrednosti deležev po kakovosti presegajo dejansko izmerjene.

Delež ostalega lesa (nehlodovine) je pri listavcih krepko večji kot pri iglavcih, poudariti pa velja dokaj natančno napoved deležev hlodovine proti deležu ostalega lesa. Kljub obstoječih notranjih napak je delež ostalega lesa manjši, kot bi lahko pričakovali, saj večina notranjih napak samo razvrednoti izjemno hlodovino v povprečno hlodovino. Razmeroma malo pa je takšnih primerov, kjer je notranja napaka dovolj izražena za premik sortimenta iz hlodovine v nehlodovino.

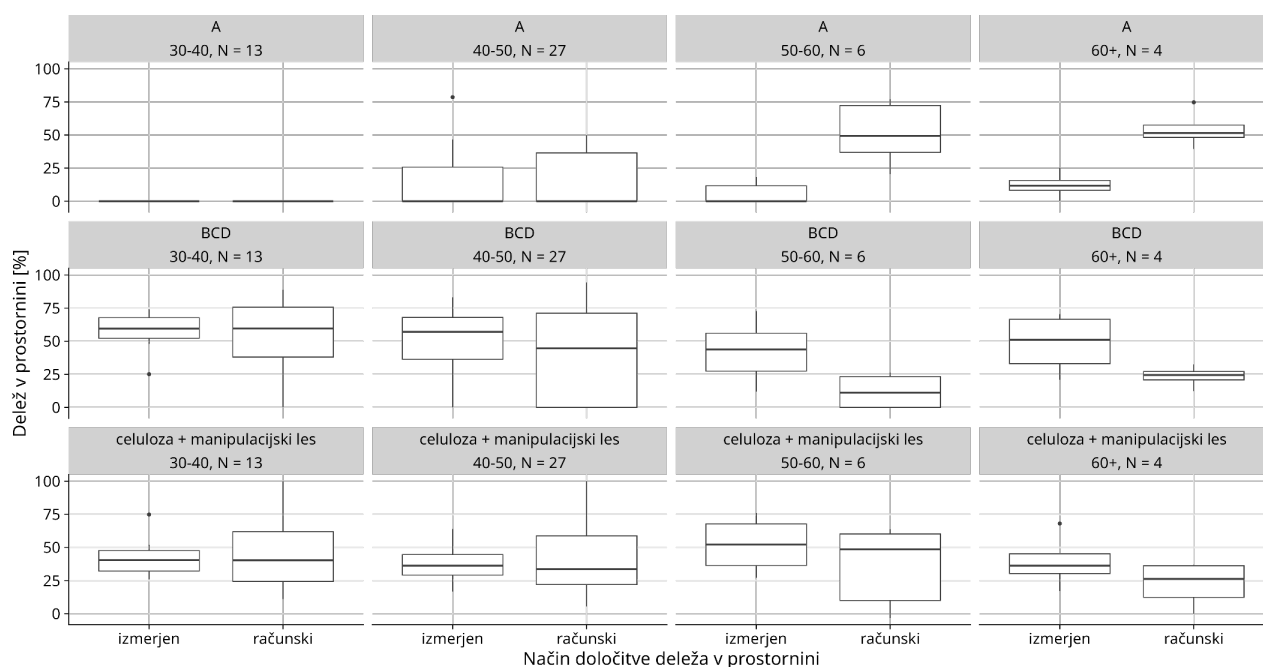
Seveda velja pri interpretaciji spodnje slike ponovno poudariti, da slika prikazuje samo rezultate testnega vzorca dreves listavcev. Na sliki so združeni rezultati treh različnih drevesnih vrst iz relativno majhnega vzorca dreves: bukve, javorja in hrasta doba. Za boljšo

oceno natančnosti bi bilo smiselno vključiti v analizo več dreves posameznih vrst in analizo ločiti po posameznih drevesnih vrstah.

Rezultati računske in izmerjene sortimentacije so primerljivi, predvsem pri napovedih deležev hlodovine in ostalega lesa (nehlodovine). Velja poudariti, da je kljub neupoštevanju poškodb pri sečnji in notranjih napakah računski napoved deleža hlodovine dokaj natančna, tako pri listavcih kot iglavcih v vseh debelinskih razredih.

Glede računskega razvrščanja volumnov v kakovostne razrede smo prišli do naslednjih zaključkov. Pri iglavcih je računski napoved primerljiva z izmerjenimi deleži kakovostnih razredov, ne glede na debelinski razred drevesa. Pri listavcih je računski napoved primerljiva do prsnega premera 50 cm, potem pa zaradi večanja deleža in velikosti notranjih napak precenjuje delež izjemne hlodovine. Seveda pa je to precenjevanje odvisno predvsem od pojavljanja notranjih napak in deleža dreves s prsnim premerom nad 50 cm, kar pa je pod velikim vplivom rastišča in drugih zunanjih dejavnikov. Glede na pretekle raziskave o pojavljanju in obsegu notranjih napak (Kadunc 2006 in 2013) se takšni popravki lahko pri izračunu ločeno ocenijo in upoštevajo pri morebitni sortimentaciji stoječih dreves.

Ne glede na prejšnji odstavek pa ti popravki ne bodo imeli velikega vpliva na izračunane deleže hlodovine in ostalega lesa pri iglavcih in listavcih. V obeh skupinah sicer v vseh primerih pričakovano rahlo podcenjujemo delež ostalega lesa zaradi že zgoraj omenjenih notra-



Slika 6: Primerjava računskega in izmerjenega deleža kakovostnih razredov hlodovine listavcev

Fig. 6: Comparison of calculated and measured proportions of hardwood sawlog quality classes

njih napak in morebitnih poškodb pri sečnji. Celokupno pa ti dejavniki verjetno ne vplivajo na velikostni razred deleža nehlodovine, saj se delež nehlodovine na ta račun poveča za 2-4 %, odvisno od rastišča in debelinske strukture posekanega drevja.

Pri terenskih meritvah sortimentacije za potrebe te in drugih sorodnih raziskav velja opozoriti na opazko, da se predvsem drevesa bukve v praksi čedalje redkeje krojijo po napakah in je namesto tega čedalje bolj v rabi dolžinsko krojenje. V takšnih primerih se točnost računske napovedi lahko pri listavcih spremeni, bomo pa v prihodnosti preverili tudi rezultate računske napovedi z uporabo dolžinskega krojenja pri listavcih.

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Raziskava je predstavila rezultate preverjanja ujemanja med računsko in dejansko sortimentno strukturo ter potrdila smiselnost meritev kakovosti že na stojećih drevesih. Ujemanje med računskim in dejanskim krojenjem je razmeroma visoko, kar nakazuje, da se kakovost dreves do neke mere lahko uspešno prevede v sortimentno strukturo. V nadaljevanju smo na podlagi potrjene metode računsko skrojili in analizirali večje število dreves različnih skupin drevesnih vrst in s tem opravili meritev kakovostne strukture slovenskih gozdov na izbranih objektih. Zaradi podobne tematike smo pri predstavljanju in opisu dobljenih rezultatov na enak način predstavili rezultate za listavce in za iglavce. Rezultati predstavljajo eno izmed prvih raziskav kakovostne strukture sortimentov po skupinah drevesnih vrst v odvisnosti od debelinske strukture stoječega drevesa in ciljnega sortimenta.

Glede na dobljene rezultate računskega krojenja velja postaviti v ospredje več skupnih točk med listavci in iglavci. V splošnem se delež ostalega lesa (nehlodovine) spreminja v odvisnosti od prsnega premera. Pri iglavcih načeloma pada z naraščajočim prsnim premerom, pri listavcih pa načeloma raste ali ostaja približno enak. Večje razlike kot v deležih ostale hlodovine so v deležih visoko-kakovostne hlodovine, tako med tarifnimi skupinami kot med debelinskimi razredi. Izračunani deleži prostornin po kakovostni strukturi so rezultat t.i. »idealne sortimentacije«, saj upoštevajo samo zunanji videz drevesa. Dejanska sortimentacija se bo od idealne v večini primerov razlikovala zaradi notranjih napak ter poškodb pri sečnji in spravilu. Takšni odkloni znotraj kakovostnih razredov so lahko manjši (npr. obstajajo samo poškodbe pri sečnji, povečan samo delež ostalega lesa) ali večji (vsa drevesa bukve na sečišču imajo rdeče srce, razvrednotena vsa potencialno visoko-kakovostna hlodovina). Notranje

napake in poškodbe pri sečnji pa seveda niso tako pomembne kot vrsta, dimenzije in fenotip posameznega drevesa. Do neke mere so notranje napake in dimenzije sicer povezane, debelejša drevesa imajo npr. namreč večjo možnost razvoja notranjih napak.

Tako pri listavcih kot pri iglavcih rezultati računskega krojenja rahlo podcenjujejo delež ostalega lesa zaradi že zgoraj omenjenih notranjih napak in morebitnih poškodb pri sečnji. Celokupno pa ti dejavniki ne vplivajo na velikostni razred deleža nehlodovine, saj se zaradi njih delež poveča za 2-4 %, odvisno od rastišča in debelinske strukture posekanega drevja. V prihodnosti bi bilo tako treba za nadaljnji razvoj metodologije za oceno kakovosti na enem mestu združiti in harmonizirati rezultate vseh preteklih raziskav na temo notranjih napak in poškodb zaradi sečnje in spravila. Po takšni analizi bi nato lahko iz obstoječih podatkov poiskali in preverili skupne, lahko-merljive značilnosti sestoja ali rastišča za oceno odmika od idealne sortimentacije na ravni sestoja.

Vzorci so bili pretežno pridobljeni iz tradicionalno dobro negovanih sestojev (državna ali cerkvena last), kjer je zaradi doslednih negovalnih ukrepov pričakovati boljšo obliko debla, manjšo in bolj enakomerno grčavost ter nižjo pojavnost izrazitih notranjih napak. To lahko pomeni, da so naše ocene deležev kakovostnih sortimentov in ujemanja z računskim krojenjem zgornja meja pričakovane natančnosti v širši populaciji. V sestojih brez ustrezne nege (npr. pretesen sklep, neredno redčeni, po sanitarnih sečnjah) bi bili rezultati lahko bistveno drugačni - zlasti glede velikosti/pogostosti grč in verjetnosti razvrednotenja zaradi notranjih napak. Posledično posploševanje naših sklepov omejujemo na primerljive negovane razmere ter predlagamo dodatno validacijo v manj negovanih in zasebnih gozdovih, da ocenimo primerljivost ocen kakovosti stojećih dreves in sortimentne strukture.

V prihodnosti velja več časa in sredstev nameniti preverbi še ostalih drevesnih vrst (npr. jelka, bori...) ter izmeri dodatnih dreves listavcev na več rastiščih. Za pilotno potrditev računske metode je po našem mnenju naš vzorec dovolj velik, je pa treba zajeti še več različnih rastišč in različnih produktivnosti za dokončne zaključke glede točnosti napovedi računskega napovedovanja deležev prostornine po debelinskih razredih.

V raziskavi smo pokazali, da so objektivne meritve kakovostne strukture možne tudi na stojećih drevesih in da dajo uporabne rezultate. Hkrati smo dokazali, da obstajajo razlike v kakovostni strukturi tako med skupinami drevesnih vrst kot tudi med različnimi debelinskimi razredi. V prihodnosti nameravamo metodo dodatno izpopolniti in preveriti točnost napovedi še pri

dolžinskem krojenju listavcev. Po izkušnjah s terena se čedalje večji delež listavcev kroji po dolžini in ne po napakah. Več pozornosti bomo namenili tudi posameznim drevesnim vrstam in ne samo skupinam drevesnih vrst ter lastnostim posameznih rastišč. Meritve kakovosti stoječega drevja so pri presoji posledic gozdno-gojitvenih ukrepov nujne, zato se bodo verjetno v prihodnosti bolj uveljavile. Enako velja za presojo vpliva sečnje na zniževanje kakovostne strukture ter hitrejše prilagajanje potrebam in zmožnostim lesne industrije. V luči podnebnih sprememb namreč gozdarska panoga potrebuje čim več visoko-kakovostne hlodovine, ki se lahko v krožnem biogospodarstvu večkrat predela v smislu kaskadne rabe in tako veže ogljik dlje časa kot npr. lesa za energetska rabo.

5 POVZETEK

V raziskavi smo obravnavali izziv objektivne ocene kakovosti stoječega drevja in možnosti njene pretvorbe v sortimentno strukturo, ki se sicer običajno določa šele po poseku. Namen raziskave je bil preveriti, ali je mogoče na podlagi vizualnih ocen stoječih dreves z dovolj veliko natančnostjo napovedati kakovostno in prostorninsko sestavo lesnih sortimentov ter s tem izboljšati načrtovanje poseka in gospodarjenja z gozdom.

Raziskava je bila opravljena v sodelovanju z dvema podjetjema na več terenskih lokacijah po Sloveniji. Na 123 stoječih drevesih različnih vrst (smreka, bukev, hrast, javor) smo napravili oceno kakovosti po uveljavljeni metodi. Drevesa so bila nato posekana, sortimentacija opravljena na terenu, nato pa so bili podatki primerjani z rezultati računskega krojenja na podlagi predhodno izmerjenih parametrov. Poseben poudarek je bil na analizi modela za napoved velikosti grč pri smreki ter razvoju popravkov, ki bolj ustrezajo slovenskemu gozdnemu prostoru.

Rezultati so pokazali, da so pri iglavcih - zlasti smrekah - računske napovedi kakovostnih razredov zelo blizu dejansko izmerjenim vrednostim. Pri listavcih je natančnost nekoliko manjša, predvsem zaradi notranjih napak, kot so trohnoba ali rjavo srce, ki jih na stojećem drevesu ni mogoče zanesljivo zaznati. Kljub temu so deleži hlodovine in nehlodovine na ravni posameznega drevesa primerljivi in uporabni za analize na ravni sejojev ali večjih površin.

Ugotovili smo tudi, da bi z upoštevanjem znanih značilnosti rastišč (npr. pogostost notranjih napak pri bukvi ali velikost grč pri smreki) lahko dodatno izboljšali natančnost napovedi. V prihodnje priporočamo širšo vključitev drugih drevesnih vrst in rastišč ter preverbo metod pri dolžinskem krojenju, zlasti pri listavcih.

Raziskava je pokazala, da je mogoče razviti robusten sistem za kakovostno vrednotenje stoječih dreves in s tem podpreti bolj trajnostno in transparentno upravljanje z gozdovi v Sloveniji.

5 SUMMARY

This study addresses the challenge of objectively assessing the quality of standing trees and converting those assessments into an estimated assortment structure, which is typically determined only after felling. The primary aim was to evaluate whether visual assessments of standing trees could reliably predict the quality and volume distribution of timber assortments and thereby improve harvest planning and forest management.

The research was conducted in cooperation with two forest companies at multiple field sites across Slovenia. A total of 123 standing trees, including Norway spruce, beech, oak, and maple, were assessed using a standardized visual quality evaluation method. The trees were subsequently felled, assortments were measured in the field, and the data were compared with virtual (calculated) assortments based on pre-felling measurements. A particular focus was placed on analyzing and adapting an existing model for predicting knot size in spruce to better reflect local forest conditions in Slovenia. The results indicate that for conifers, especially spruce, the calculated assortment structure closely matches the measured one, particularly in terms of quality class distribution. For hardwoods, prediction accuracy was slightly lower due to the presence of internal defects such as rot or discoloration (e.g., red heart), which cannot be reliably detected in standing trees. Nonetheless, the proportions of sawlogs and non-sawlog wood at the individual tree level were comparable, making the method useful for stand-level or regional analyses.

The findings also indicate that incorporating known site-specific characteristics—such as the likelihood of internal defects in beech or typical knot size in spruce—could further enhance prediction accuracy. Future research should include a wider range of tree species and sites, and assess the performance of the method under length-based bucking systems, particularly for hardwoods.

Overall, the study demonstrates that it is possible to develop a reliable and objective system for evaluating the quality of standing trees. This could significantly support more sustainable and transparent forest management practices in Slovenia.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Delo avtorja L. Krajnc je bilo financirano s strani Evropske unije, pogodba št. 0005-404, Mehanizem za okrevanje in odpornost (NOO) ter program »NextGenerationEU«. Dodatno je bilo podprto s strani raziskovalnega programa P4-0430 (ARIS) in raziskovalnega projekta V4-2017 (ARIS). Zahvaljujem se tudi podjetjema Slovenski državni gozdovi d.o.o. in Gozdno gospodarstvo Bled d.o.o. za pomoč pri validaciji metode na stoječih in posekanih drevesih.

VIRI

REFERENCES

- Colin F., Houllier F. 1992. Branchiness of Norway spruce in northeastern France: predicting the main crown characteristics from usual tree measurements. *Annales des Sciences Forestières*, 49, 5: 511–538. <https://doi.org/10.1051/forest:19920506>
- Kadunc A. 2006. Kakovost in vrednost okroglega lesa bukve (*Fagus sylvatica* L.) s posebnim ozirom na pojav rdečega srca. *Gozdarski vestnik*, 64, 9: 355–376.
- Kadunc A. 2013. The incidence of rot in Norway spruce and its influence on the value of trees in Slovenia. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34, 1: 137–149.
- Krajnc L. 2022. Ocenjevanje kakovosti stoječih dreves. *Gozdarski vestnik*, 80, 4/5: 194–210. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=15633> (30. 6. 2025).
- Krajnc L., Kušar G. 2022. Določanje prostornine dreves s krivuljami za opis oblike debla (KOD). *Gozdarski vestnik*, 80, 2: 63–76. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=15276> (30. 6. 2025).
- Marenče J., Gornik Bučar D., Šega B. 2016. Bukovina – povezave med kakovostjo dreves, hlodovine in žaganega lesa. *Acta Silvae et Lignae*, 111: 35–47. <http://dx.doi.org/10.20315/asetl.111.4>
- Poljanec A., Kadunc A. 2013. Quality and timber value of European beech (*Fagus sylvatica* L.) trees in the Karavanke region. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34, 1.
- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije. 2020. Uradni list RS, 007-399/2020/26.
- Rebula E. 2002. Izkoristek lesa pri sečnji bukovine. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 69: 197–213.
- Skudnik M., Jevšenak J., Krajnc L., Kušar G., Pintar A.M. 2023. Stanje slovenskih gozdov: poročilo o rezultatih nacionalne gozdne inventure 2021. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=16073> (30. 6. 2025).
- Skudnik M., Hladnik D. 2018. Predlog o organiziranju nacionalne gozdne inventure za mednarodno in domače poročanje o trajnostnem gospodarjenju z gozdovi. *Gozdarski vestnik*, 76, 7/8: 319–331. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-S1FQG82W> (30. 6. 2025).
- Vonderach C., Kublin E., Bösch B., Kändler G. 2021. rBDAT: Implementation of BDAT tree taper Fortran functions (manual). <https://github.com/gkandla/rBDAT> (30. 6. 2025).
- Zafran J. 2023. Merjenje in razvrščanje gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji. *InfoGozd*, 10, 1. 2023. <https://wcm.gozdis.si/sl/info-gozd/strokovni-prispevki/clanki/2023011012143179/merjenje-in-razvrscanje-gozdnih-lesnih-sortimentov-v-sloveniji/> (30. 6. 2025).
- Poročilo o stanju gozdov za leto 2024. 2025. Ljubljana, Zavod za Gozdove Slovenije. <https://www.zgs.si/assets/uploads/files/vsebine/1/7/4/porgozd-2024-20250314-mkgp-mnvp.pdf> (10. 9. 2025).