

Analize kakovosti sadik izbranih gozdnih drevesnih vrst v letih 2019, 2020 in 2021

Analyses of Seedling Quality of Selected Forest Tree Species in 2019, 2020 and 2021

Peter ŽELEZNIK^{1,*}, Natalija DOVČ¹, Hojka KRAIGHER¹

Izvleček:

Slovenske gozdove vse bolj ogrožajo hitre podnebne spremembe, katerih posledice so izjemni vremenski pojavi. V ujmah se razgalijo večje površine gozdov, nastanejo poškodbe reproduktivnih delov krošenj, zaradi spremenjenih podnebnih razmer pa motnje reprodukcije gozdnega drevja. S premišljeno dopolnitvijo naravne obnove z umetno obnovo lahko povečamo odpornost gozdov pred prihodnjimi ujmami, z uporabo genetsko pestrega gozdnega reprodukcijskega materiala pa prilagoditveni potencial mladih sestojev. Osnova uspešne umetne obnove so kakovostne in rastiščnim razmeram prilagojene sadike. Uporaba neakovostnih sadik ali celo sadik neustrezne provenience lahko povzroči dolgoročne neugodne posledice. Med letoma 2019 in 2021 smo v okviru projekta Presoja uspešnosti obnove gozdov s sadno in setvijo v Sloveniji (CRP V4-1819) izvedli meritve sadik sedmih drevesnih vrst na devetih lokacijah v Sloveniji. Pri presoji kakovosti sadik smo si pomagali z neposredno vidnimi in izmerljivimi značilnostmi. Opravili smo splošen pregled sadik, nato pa na vzorcu izmerili višino, premer koreninskega vratu in ocenili asimetričnost koreninskega sistema ter opazne deformacije. Pri sadikah bukve enake starosti smo opazili razlike v višini, debelini in tršatosti. Pri tem so se sadike bukve, katerih gozdni reprodukcijski material (GRM) je bil pridobljen iz istega gozdnega semenskega objekta (GSO), razlikovale med lokacijama sajenja. Mlajše in nepresajene sadike doba so bile v povprečju nižje, imele pa so večjo debelino koreninskega vratu kot eno leto starejše sadike in presajene sadike. Domnevamo, da je to odraz presaditvenega stresa. Sedem let stare sadike gorskega javorja so imele pričakovano večjo debelino koreninskega vratu, vendar pa so bile precej nižje od štiri leta mlajših sadik. Poleg tega so bile sadike gorskega javorja, katerih GRM je bil pridobljen iz istega GSO, na eni lokaciji sajenja precej bolj variabilne po velikosti kot na drugi lokaciji sajenja. Od vseh opazovanih parametrov se zdi tršatost kot relativna mera dober parameter, saj se je celo na omejenem obsegu podatkov izkazal kot zadosti dober pokazatelj kakovosti. Pri tem moramo upoštevati parametre, kot sta višina sadik in premer koreninskega vratu. Ocenjevanje asimetričnosti koreninskega sistema se je izkazala za zelo subjektivno metodo. Za ocenjevanje kakovosti sadik na osnovi merljivih znakov bi potrebovali orientacijske vrednosti parametrov, tako kot so bile poskusno ugotovljene za sadike smreke.

Ključne besede: umetna obnova, sadike gozdnih drevesnih vrst, kakovost sadik, višina sadik, premer koreninskega vratu, tršatost, sajenje

Abstract:

Rapid climate changes, resulting in exceptional weather phenomena, increasingly endanger Slovenian forests. Larger forest areas become exposed in disasters, damages of the reproductive crown parts arise, and due to the changed climate conditions, the reproduction of the forest trees is disrupted. Using well thought-over completion of the natural regeneration with the artificial one we can increase the resilience of the forests to future disasters and using genetically varied reproduction material we can increase the adaptive potential of young stands. The basis for a successful artificial regeneration is formed by high-quality and site-adapted seedlings. Using low-quality seedlings or even seedlings of an unsuitable provenience can cause long-term negative consequences. Between the years 2019 and 2021, we performed measurements of seedlings of seven tree species on nine locations in Slovenia in the framework of the project "Estimation of the Success of Forest Regeneration by Planting and Sowing in Slovenia" (CRP V4-1819). Estimating the quality of seedlings, we used directly visible and measurable features. We performed a general check-up of seedlings and then we measured height and root collar diameter, assessed the root system asymmetry and noticeable deformations. In beech seedlings of equal age, we noticed differences in height, diameter, and height/root collar diameter index. Thereby, the beech seedlings whose GRM was acquired from the same GSO differed regarding the planting location. The younger and non-transplanted pedunculate oak seedlings were lower in average, however, they had a larger root collar diameter than a year older seedlings and transplanted seedlings. We assume this is the reflection of the transplantation stress. Seven years old sycamore maple had expectedly larger root collar diameter, however, they were considerably lower than four years younger seedlings. Additionally, the sycamore maple seedlings, whose forest reproductive material (FRM) was acquired from the same forest seed object (FSO), varied in size on one planting location to a larger extent than on the other one. Among all monitored parameters, the height/root collar diameter index as a relative measurement appears

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko. Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* dopisni avtor: peter.zeleznik@gozdis.si

to be a good parameter, since it proved to be a sufficiently good quality index even in a limited data range. Thereby we must consider the parameters like the height of the seedlings and root collar diameter. Assessment of the root system asymmetry proved to be a very subjective method. For assessing the quality of seedlings based on measurable marks we would need orientational parameter values as the ones experimentally ascertained for spruce seedlings.

Key words: artificial regeneration, seedlings of forest tree species, seedling quality, seedling height, root collar diameter, height/root collar diameter index, planting

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Slovenske gozdove vse bolj ogrožajo hitre podnebne spremembe, katerih posledice so izjemni vremenski pojavi in posledično povečano pojavljanje bolezní in škodljivcev. V ujmah se razgalijo večje površine gozdov, nastanejo poškodbe reproduktivnih delov krošenj, zaradi spremenjenih podnebnih razmer pa motnje reprodukcije gozdnega drevja (Kraigher in sod., 2017). Naravna obnova tako v določenih primerih ne more zagotoviti dovolj drevesnega podmladka za podporo vsem funkcijam gozda. Vloga gozdov v naravni sukcesiji po ujmah dolgoročno ni prizadeta, je pa razvoj določenih funkcij, predvsem lesnoproizvodne, prestavljen v bolj oddaljeno prihodnost. S premišljeno dopolnitvijo naravne obnove z umetno prav tako lahko povečamo odpornost gozdov pred prihodnjimi ujmami, z uporabo genetsko pestrega gozdnega reprodukcijskega materiala pa povečamo prilagoditveni potencial mladih sestojev (Westergren in sod., 2017).

Osnova uspešne umetne obnove so kakovostne in rastiščni razmeram prilagojene sadike. Uporaba neakovostnih sadik ali celo sadik neustrezne provenience (porekla) lahko povzroči dolgoročne neugodne posledice. Ocenjevanje kakovosti sadik je ključnega pomena za razumevanje razvoja sadik v drevesnici pa tudi poznejše rasti in preživetja sadik po sajenju na terenu (Haase, 2008). V Sloveniji kakovost sadik na splošno ocenjujemo med fitosanitarnimi pregledi in ob prevzemu sadik, ki jih prek proračunskih programov sajenja zagotavlja Zavod za gozdove Slovenije. Sistematičnega ocenjevanja zaenkrat nimamo, prav tako niso določene vrednosti parametrov, ki lahko kažejo na kakovost sadike. Vprašanje kakovosti sadik se tako največkrat izpostavi ob neuspešnem sajenju (propadu sadik

po sajenju), ko pridelovalci sadik za neuspeh krivijo neustrezno ravnanje s sadikami po prevzemu, prejemniki sadik pa za neuspeh krivijo slabo kakovost dostavljenih sadik.

Kakovost sadike je opredeljena z genetskimi, fiziološkimi in morfološki značilnostmi (Kraigher, 2019). Če predpostavimo, da je genetska kakovost sadike (ustrezno poreklo) zagotovljena z ureditvijo gozdnega semenarstva, s certifikati o poreklu semena in iz njega vzgojenih sadik, so za uspeh obnove pomembne tako fiziološke lastnosti sadik (svežost, odpornost proti stresom, prehranjenost, sposobnost obnove korenin, splošna vitalnost) kot tudi morfološke. V praksi kakovost sadik ocenjujemo z dvema kategorijama parametrov: z morfološki in fiziološkimi parametri (Haase, 2008). Morfološka kakovost temelji na osnovi fizičnih lastnosti sadik, medtem ko fiziološko kakovost določajo fiziološki procesi in mehanizmi v sadiki. V praksi največkrat uporabljamo ocenjevanje z morfološki znaki, kot so višina sadike, debelina debelca, razvitost korenin, barva iglic in druge značilnosti sadik, ki so povezane s splošnim videzom in zdravstvenim stanjem (Božič, 1995).

Pri presoji kakovosti sadik si v prvi vrsti lahko pomagamo z neposredno vidnimi in izmerljivimi značilnostmi. Parametri, najpogosteje uporabljeni za določevanje kakovosti, so višina sadik, premer koreninskega vratu, razmerje med višino in premerom koreninskega vratu (tršatost), dolžina brsta, masa poganjka in korenin, razmerje med poganjkom in koreninami, barva in oblika sadik (viličasta rast, deformirane korenine, zakrnele lateralne korenine ipd.). Za meritve fizioloških kazalnikov so večinoma potrebne bolj zapletene terenske in laboratorijske meritve. Kakovostna sadika mora imeti pravilno razvit koreninski in nadzemni del (Železnik in sod., 2017).

Trenutno veljavna zakonodaja, ki ureja področje gozdnega reprodukcijskega materiala, kamor spadajo tudi sadike gozdnega drevja (tj. Zakon o gozdnem reprodukcijskem materialu (ZGRM), ki sledi določilom Evropske direktive, 1999/105 (1999/105/EC)), poleg omembe vrst reprodukcijskega materiala na področju sadilnega materiala ne določa nadaljnjih določb glede kakovosti sadilnega materiala, razen določbe, da mora biti sadilni material dobre kakovosti. Dobra kakovost sadilnega materiala mora biti določena po splošnih določilih, zdravju, vitalnosti in fiziološki kakovosti. Na trgu EU je trenutno veljaven tudi (European Nurserystock Association) – Evropski tehnični in kakovostni standard za drevesnice (E.N.A. 2010). V njem so opredeljene različne tehnične in kakovostne zahteve/pogoji za sadike. Kot edino merljivo merilo kakovosti je izpostavljena višina sadik, kjer so vrednosti prikazane samo po vrstah, brez upoštevanja provenienc in brez predstavljenega ozadja oblikovanja razredov. Omeniti velja tudi severnoameriški standard American Standard for Nursery Stock (ANSI Z60.1 2014), kjer so merljive vrednosti parametrov kakovosti podrobneje določene, vendar za severnoameriške drevesne vrste. Omenjenega standarda ni treba upoštevati, postavljen je izključno za lažje trgovanje med ponudniki in kupci, ki ga lahko upoštevajo ali pa tudi ne. Slovenija uradno še nima sprejetega standarda kakovosti sadik gozdnega drevja.

Cilj naše raziskave je bil ugotoviti variabilnost izbranih parametrov, ki bi bili lahko osnova za določanje kakovosti sadik gozdnega drevja za čim več drevesnih vrst in njihovih provenienc. Z ugotovljeno variabilnostjo bi v prihodnosti lahko oblikovali obsežnejši, a še vedno racionalen monitoring kakovosti sadik, v okviru katerega bi določili mejne vrednosti opazovanih parametrov.

2 MATERIALI IN METODE

2 MATERIAL AND METHODS

Med letoma 2019 in 2021 smo v okviru projekta Presoja uspešnosti obnove gozdov s sadnjo in setvijo v Sloveniji (CRP V4-1819) izvedli meritve sadik sedmih drevesnih vrst na devetih lokacijah po Sloveniji. Sadike so bile vzgojene v drevesnicah iz gozdnega reprodukcijskega materiala (seme, puljenke), ki je bil pridobljen v gozdnih semenskih objektih ujemajoče ekološke regije ali višinskega razreda lokacije sajenja (preglednica 1). Sadike smo pregledovali v gozdu na samem objektu sajenja ob dostavi oz. tik pred sajenjem, s čimer smo se izognili vplivu našega ravnanja s sadikami s sadikami na njihovo svežost. Če sadike niso bile posajene po naših meritvah, smo jih shranili v primernem zakopu. V suhem in vročem vremenu smo meritve sadik izvajali v primerni senci. Za namene poskusa je bil oblikovan Protokol za določanje kakovosti sadik gozdnega drevja (Železnik in sod., 2021).

Preglednica 1: Število pregledanih sadik gozdnega drevja po drevesnih vrstah in lokacijah**Table 1:** Number of inspected forest tree seedlings by tree species and locations

Vrsta / <i>species</i>	Lokacija / <i>location</i>	Ekološka regija GSO / <i>Ecological region FRM</i>	Vzgojna oblika / <i>Nursery stock type</i>	Število pregledanih sadic / <i>Number of inspected seedlings</i>
Navadna bukev <i>Fagus sylvatica</i>	Jezersko	Pohorska	2 + 0	50
	Podkraj	Dinarska	pulj. ¹ + 2	214
	Otočec	Submediteranska	2 + 0	205
	Podvelka	Predpanonska	2 + 0	100
	Pokljuka	Pohorska	2 + 0	61
	Vrhnika	Predalpska	pulj. ¹ + 2	377
Črni bor <i>Pinus nigra</i>	Cerje	Submediteranska	1 + 2	200
Dob <i>Quercus robur</i>	Krakovo	Predpanonska	2 + 0	136
	Vodraci	Predpanonska	2 + 1	100
Navadni beli gaber <i>Carpinus betulus</i>	Vodraci	Predpanonska	2 + 1	100
Gorski javor <i>Acer pseudoplatanus</i>	Jezersko	Pohorska	1 + 2	50
	Otočec	Dinarska	1 + 6	30
	Pokljuka	Pohorska	1 + 2	100
Navadna jelka <i>Abies alba</i>	Podkraj	Predinarska	2 + 2	300
	Podvelka	Alpska	2 + 3	100
Navadna smreka <i>Picea abies</i>	Jezersko	Predalpska	2 + 3	51
	Podkraj	Dinarska	2 + 3	313
	Vrhnika	Predalpska	2 + 2	380

¹ - pulj.= puljenka (ang. Wildling)

2.1 Določevanje velikosti vzorca

2.1 Determination of sample size

Pri določevanju kakovosti sadik gozdnega drevja se srečujemo s številnimi sadikami različnih drevesnih vrst, njihovih provenienc, vzgojnih oblik in vrst sadik. Nemogoče je pregledati vse sadike na trgu v določenem trenutku. Zato je treba pri pregledovanju določiti dovolj velik vzorec sadilnega materiala, da meritve parametrov v vzorcu predstavljajo dobro oceno vrednosti parametrov v populaciji vseh sadik. Premajhen vzorec ali pristranska izbira merjenih sadik namreč lahko hitro popači povprečne vrednosti merjenih parametrov.

Izračun velikosti vzorca smo izvedli v dveh korakih:

1. korak: izračun variabilnosti na manjšem številu sadik
Izbrali smo približno pet svežnjev sadik posamezne vrste, za katere smo ocenili, da dobro predstavljajo vso množico svežnjev.
2. korak: izračun velikosti vzorca

Za izračun velikosti vzorca potrebujemo naslednje vrednosti:

- vrednost zaupanja (npr. 90 %, 95 % ali 99 %),
- sprejemljivo vrednost odklona zaupanja Δ (na - koliko centimetrov natančno želimo oceniti višino sadik, npr. 2 cm) in
- oceno variabilnosti višine (sd) iz 1. koraka.

Velikost vzorca smo izračunali po naslednji formuli:

$$n_0 = \left(Z_{\alpha/2} \frac{sd}{\Delta} \right)^2,$$

kjer mejna vrednost pri 90 % zaupanju znaša 1,6449, pri 95 % zaupanju 1,96 ter pri 99 % zaupanju 2,5758.

2.2 Morfološke lastnosti

2.2 Morphological properties

Po izboru svežnjev je bil opravljen splošen okularni pregled sadik. Opazovali smo vitalnost nadzemnih delov – pri iglavcih stanje iglic (barva, poškodbe iglic), pri listavcih stanje popkov ali listov, če so sadike že odgnale. Na deblih in vejicah smo iskali poškodbe in druge nepravilnosti. Ocenili smo velikost koreninskih sistemov in svežost korenin. Zaradi možnosti dodatnih poškodb sadik zaradi izsušitve, smo meritve izvajali tik pred sajenjem oz. smo sadike po meritvah zakopali v zakop.

Izbrane parametre kakovosti smo po splošnem pregledu izmerili/ocenili na posamezni sadiki. Zanimali so nas naslednji parametri:

- premer koreninskega vratu (cm), ki smo ga izmerili s kljunastim merilom,
- višina sadike (cm), ki smo jo izmerili s primer-nim merilnim trakom. Merili smo razdaljo od koreninskega vratu do vrha terminalnega poganjka. Pri tem sadik nismo izravnavali;
- tršatost je mera za hitro oceno kakovosti sadik. Izračunamo jo kot kvocient višine in premera koreninskega vratu. Za določen (manjši) delež sadik jo je smiselno izračunati že na terenu za preliminarno oceno. Mejne vrednosti tršatosti so odvisne od drevesne vrste. V domači literaturi (Eleršek in sod., 1985) so priporočene poskusno ugotovljene vrednosti tršatosti za smreko od 50 do 60. Sadike s tršatostjo manj kot 50 so zelo tršate in zato odlične. Sadike s tršatostjo več kot 60 imajo lahko večje težave po sajenju,

- deformacije koreninskega sistema
 - pregloboko presajena sadika – dodatni venci korenin nad primarnim koreninskim vratom
 - postrani presajena sadika – koreninski sistem v obliki črke J
 - potlačenje koreninskega sistema ob presajanju – oblikovana koreninska kepa
- oblika koreninskega sistema

Sadiko smo postavili na ploskev z izrisanimi kvadranti tako, da je deblo v isti liniji s presečiščem pravokotno na ploskev (Slika 1). Vsakemu kvadrantu smo nato pripisali delež korenin, ki sega vanj in oblikovali šest razredov:

- A: simetričen koreninski sistem, v vseh kvadrantih je enak delež korenin
- B: nakazana asimetričnost, različen delež korenin v vseh kvadrantih
- C: v enem kvadrantu ni korenin oz. je njihov delež manj kot 10 %
- D: v dveh kvadrantih ni korenin oz. je njihov delež manj kot 10 %
- E: v treh kvadrantih ni korenin oz. je njihov delež manj kot 10 %
- J: asimetričen koreninski sistem zaradi deformacije, nastale s presajanjem postrani, kar se izkaže kot koreninski sistem v obliki črke J

Za statistično analizo vpliva oblike koreninskega sistema smo naknadno oblikovali le dva razreda: razrede A–C smo združili v razred simetrični koreninski sistem, razrede D–J pa v nesimetrični koreninski sistem.

Na treh lokacijah (Jezerško, Vrhnika in Vodranci) smo po 50 sadik vsake vrste označili ter meritve in popis ponovili v naslednji rastni sezoni. Višino smo izmerili od tal do vrha najvišjega poganjka, debelino koreninskega vratu pa tik nad tlemi. Sadikam smo pripisali še status: vitalna, poškodovan vrh (obžrt ali odrezan), suh vrh, nevitalna in odmrla. Nekaterih sadik ob ponovnem obisku na terenu nismo našli.



Slika 1: Ocena asimetričnosti koreninskega sistema

Figure 1: Assessment of root system asymmetry

2.3 Statistične metode

2.3 Statistical methods

Statistična analiza podatkov je potekala v programskem okolju R (V4.1.1). Primerjavo merjenih številskih parametrov (višina, debelina koreninskega vratu in izpeljana spremenljivka tršatost) med različnimi lokacijami za isto vrsto in med različnimi vzgojnimi oblikami v primeru bukve smo izvedli z linearnimi ali linearnimi mešanimi modeli (lme iz paketa nlme (Pinheiro in sod., 2021)). V primeru statistično značilnih razlik med različnimi lokacijami, smo jih ugotavljali s Tukeyjevim testom mnogoterih primerjav. Zanimalo nas je še ali oz. v kolikšni meri so sadike v svežnjih sortirane po velikosti, zato smo za vsak izbrani vzorec sadik posamezne vrste s posamezne lokacije izračunali interklasno korelacijo (ICC), s katero ugotovimo, kolikšen delež variabilnosti parametrov višine, debeline in tršatosti je pojasnjeno s svežnji oz. kako podobne so si sadike po višini, debelini koreninskega vratu in tršatosti znotraj posameznega svežnja.

Drugi del statistične analize se nanaša na ponovne meritve sadik v naslednji rastni sezoni po sajenju. Vpliv številskih parametrov (višina, debelina, tršatost) na status sadike (odmrla : živa, suh vrh : vitalen vrh) smo testirali z binomskimi mešanimi modeli logit (glmer iz paketa lme4 (Bates in sod., 2015)). V primeru statistično značilnega vpliva smo za vsako lokacijo in vrsto naredili ločen binomski model logit (glm iz paketa lme4), s katerim smo preverjali, ali značilen vpliv velja za izbrano lokacijo in vrsto.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Primerjava sadik iste vrste

3.1 Comparison of seedlings of the same species

Primerjava višine in debeline razkrije razlike med vrstami, razlike zaradi različne starosti in provenience sadik. Pri podobni starosti so sadike gabra, gorskega javorja in doba višje ter imajo

debelejši koreninski vrat v primerjavi s sadikami bukve, črnega bora, smreke in jelke; poleg tega so v obeh parametrih bolj variabilne. Vendar pa

z vidika ocenjevanja kakovosti sadik medvrstne primerjave niso relevantne zaradi vrstno specifičnih razlik v juvenilni rasti sadik.

Preglednica 2: Povprečne vrednosti merjenih parametrov s standardnimi napakami (SN) po vrstah in lokacijah sajenja z značilnostmi razlik med skupinami sadik po opazovanih drevesnih vrstah. Različne črke ločujejo skupine iste drevesne vrste, med katerimi so statistično značilne razlike v opazovanih parametrih.

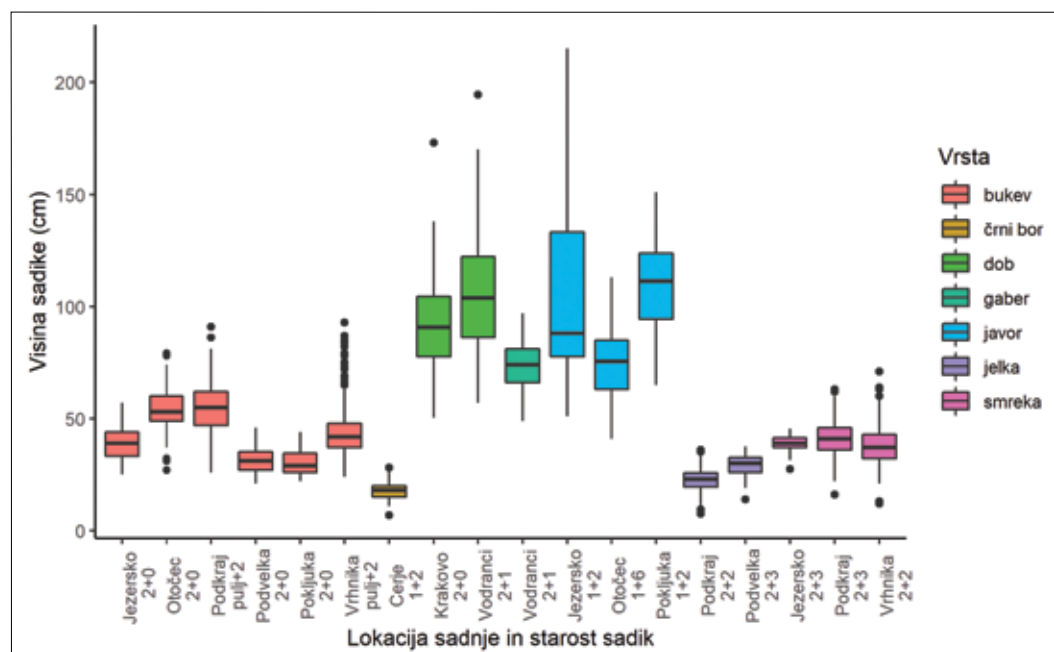
Table 2: Mean values of measured parameters with standard errors by tree species and location of planting alongside with significance of differences between groups of seedlings by observed tree species. Means followed by a different letter are significantly different

Vrsta / Species	Lokacija / Location	Vzgojna oblika / Nursery stock type	Povprečna višina sadike (cm) $\pm$ SN / Mean tree seedling height (cm) $\pm$ SE	Povprečna debelina koreninskega vrata (cm) $\pm$ SN / Mean root collar diameter (cm) $\pm$ SE	Povprečna trštost $\pm$ SN / Mean height:root collar diameter ratio $\pm$ SE
Navadna bukev <i>Fagus sylvatica</i>	Jezersko	2 + 0	39,2 $\pm$ 1,02 ^b	0,64 $\pm$ 0,016 ^c	62,3 $\pm$ 1,8 ^b
	Podkraj	pulj. + 2	54,4 $\pm$ 0,84	0,67 $\pm$ 0,011	83,6 $\pm$ 1,26
	Otočec	2 + 0	54,2 $\pm$ 0,59 ^c	0,54 $\pm$ 0,008 ^a	102,7 $\pm$ 1,3 ^c
	Podvelka	2 + 0	31,3 $\pm$ 0,54 ^a	0,6 $\pm$ 0,009 ^{bc}	52,6 $\pm$ 0,98 ^a
	Pokljuka	2 + 0	30,6 $\pm$ 0,73 ^a	0,58 $\pm$ 0,013 ^{ab}	53,7 $\pm$ 1,19 ^a
	Vrhnika	pulj. + 2	44,1 $\pm$ 0,54	0,77 $\pm$ 0,008	58,2 $\pm$ 0,74
Črni bor <i>Pinus nigra</i>	Cerje	1 + 2	18 $\pm$ 0,26	0,69 $\pm$ 0,011	26,9 $\pm$ 0,41
Dob <i>Quercus robur</i>	Krakovo	2 + 0	92,5 $\pm$ 1,68 ^a	1,13 $\pm$ 0,022 ^b	84,2 $\pm$ 1,56 ^a
	Vodraci	2 + 1	105,8 $\pm$ 2,67 ^b	0,99 $\pm$ 0,027 ^a	109,4 $\pm$ 2,32 ^b
Navadni beli gaber <i>Carpinus betulus</i>	Vodraci	2 + 1	73,9 $\pm$ 1,01	1,42 $\pm$ 0,029	54,2 $\pm$ 1,24
Gorski javor <i>Acer pseudoplatanus</i>	Jezersko	1 + 2	103,4 $\pm$ 5,11 ^b	1,02 $\pm$ 0,045 ^a	101,4 $\pm$ 2,24 ^b
	Otočec	1 + 6	76,3 $\pm$ 3,01 ^a	1,34 $\pm$ 0,055 ^c	59,3 $\pm$ 3,02 ^a
	Pokljuka	1 + 2	109,7 $\pm$ 2,01 ^b	1,16 $\pm$ 0,026 ^b	96,8 $\pm$ 1,56 ^b
Navadna jelka <i>Abies alba</i>	Podkraj	2 + 2	22,5 $\pm$ 0,26 ^a	0,44 $\pm$ 0,005 ^a	52,1 $\pm$ 0,62 ^a
	Podvelka	2 + 3	29,4 $\pm$ 0,45 ^b	0,55 $\pm$ 0,011 ^b	54,5 $\pm$ 1,01 ^b
Navadna smreka <i>Picea abies</i>	Jezersko	2 + 3	39 $\pm$ 0,53 ^{ab}	0,9 $\pm$ 0,024 ^b	44,3 $\pm$ 1,01 ^a
	Podkraj	2 + 3	41,5 $\pm$ 0,47 ^b	0,69 $\pm$ 0,011 ^a	62,5 $\pm$ 0,69 ^c
	Vrhnika	2 + 2	37,9 $\pm$ 0,41 ^a	0,71 $\pm$ 0,009 ^a	54,8 $\pm$ 0,49 ^b

Razlike v višini sadik, debelini koreninskega vratu in tršatosti so že pri isti vrsti enake starosti kot v primeru bukke. Sadike bukke, sajene na lokacijah Jezersko, Otočec, Podvelka in Pokljuka, so bile ob sajenju enake starosti (2+0), a so se kljub temu statistično značilno razlikovale v vseh omenjenih parametrih (Preglednica 2). Bolj tršate (nižje vrednosti) so bile sadike bukke, posajene v Podvelki in na Pokljuki, kar sovпада s povprečno nižjo višino sadik. Zanimiva je primerjava sadik bukke, posajene na Jezerskem in Pokljuki, ki se v vseh treh parametrih statistično značilno razlikujejo, čeprav je bil GRM pridobljen iz istega gozdnega semenskega objekta. Primerjava sadik bukke vzgojnih oblik 2+0 in puljenke+2 je na osnovi zbranih podatkov pokazala, da so se sadike razlikovale v debelini koreninskega vratu, ne pa tudi v višini in tršatosti. Sadike, vzgojene iz puljenk, so imele v povprečju debelejši koreninski vrat, kar sovпада z navedbami Zupančiča (1992), da presajanje pozitivno vpliva na razvoj koreninskega sistema. Vendar pa so bile sadike vzgojene iz puljenk eno leto starejše, zato razlik na podlagi omejenega obsega meritev ne moremo kar pripisati različni vzgojni obliki ali presajanju.

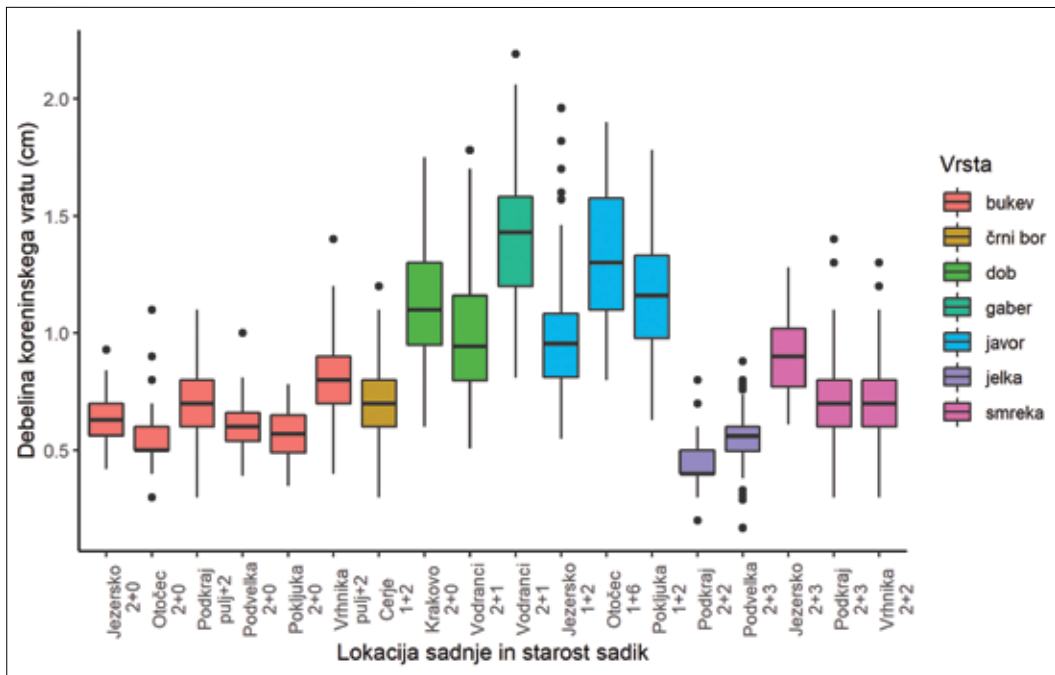
V primeru doba rezultati meritev kažejo, da so bile sadike, posajene v Vodranci, v povprečju statistično značilno višje in, nasprotno, povprečna debelina koreninskega vratu je bila manjša, vendar je bila razlika v debelini – čeprav značilna zaradi velikega števila merjenih sadik – zanemarljiva. V povprečju 13,3 cm višje sadike v Vodranci so bile ob skoraj enaki debelini koreninskega vratu manj tršate (višja vrednost) v primerjavi s sadikami v Krakovskem gozdu. Sadike v Vodranci so bile eno leto starejše, poleg tega pa še presajene, zato je tako tanek koreninski vrat v nasprotju s pričakovanim. Morebiten razlog za manjšo debelino koreninskega vratu in manj tršate sadike bi bil lahko odziv sadik na presajanje. Ob presajanju se namreč koreninski sistem poškoduje, zaradi česar sadike več vlagajo v regeneracijo koreninskega sistema in manj v debelinsko rast. Višinska rast je odvisna tudi od gostote sajenja.

Sadike gorskega javorja, posajene na Otočcu, so bile v primerjavi s sadikami javorja na Jezerskem in Pokljuki statistično značilno debelejšje, kar je pričakovano glede na starost sadik ob sajenju, 1+6, obenem so bile nižje in posledično bolj tršate. GRM sadik javorja, posajenega na Jezerskem in

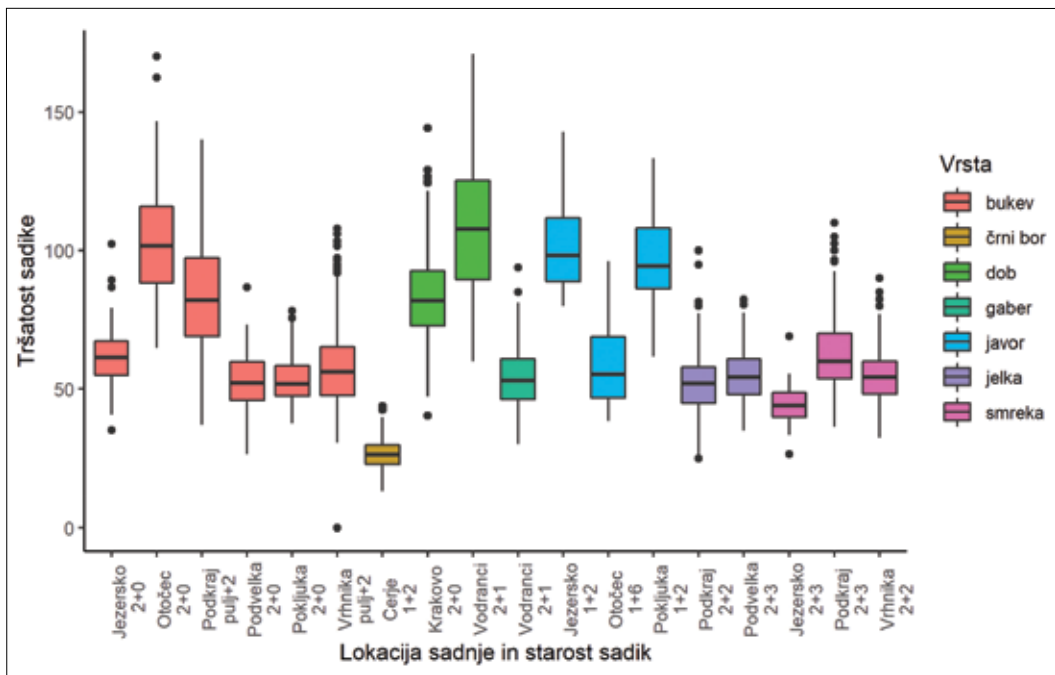


Slika 2: Višina sadik po lokacijah sajenja, vzgojni obliki in drevesnih vrstah

Figure 2: Height of seedlings by planting locations, nursery stock type and tree species



Slika 3: Debelina koreninskega vratu po lokacijah sajenja, vzgojni obliki in drevesnih vrstah
Figure 3: Root collar diameter (cm) by planting locations, nursery stock type and tree species



Slika 4: Tršatost sadik (višina/debelina koreninskega vratu) po lokacijah sajenja, vzgojni obliki in drevesnih vrstah
Figure 4: Height:root collar diameter ratio by planting locations, nursery stock type and tree species

Pokljuki, je bil pridobljen iz istega GSO, zato večjih razlik v parametrih ni bilo pričakovati. Značilne razlike med sadikami na obeh lokacijah smo odkrili le v primeru debeline koreninskega vratu, ki pa so po absolutni vrednosti zanemarljive. So pa bile sadike na Jezerskem precej bolj variabilne po višini kot na Pokljuki (slika 2).

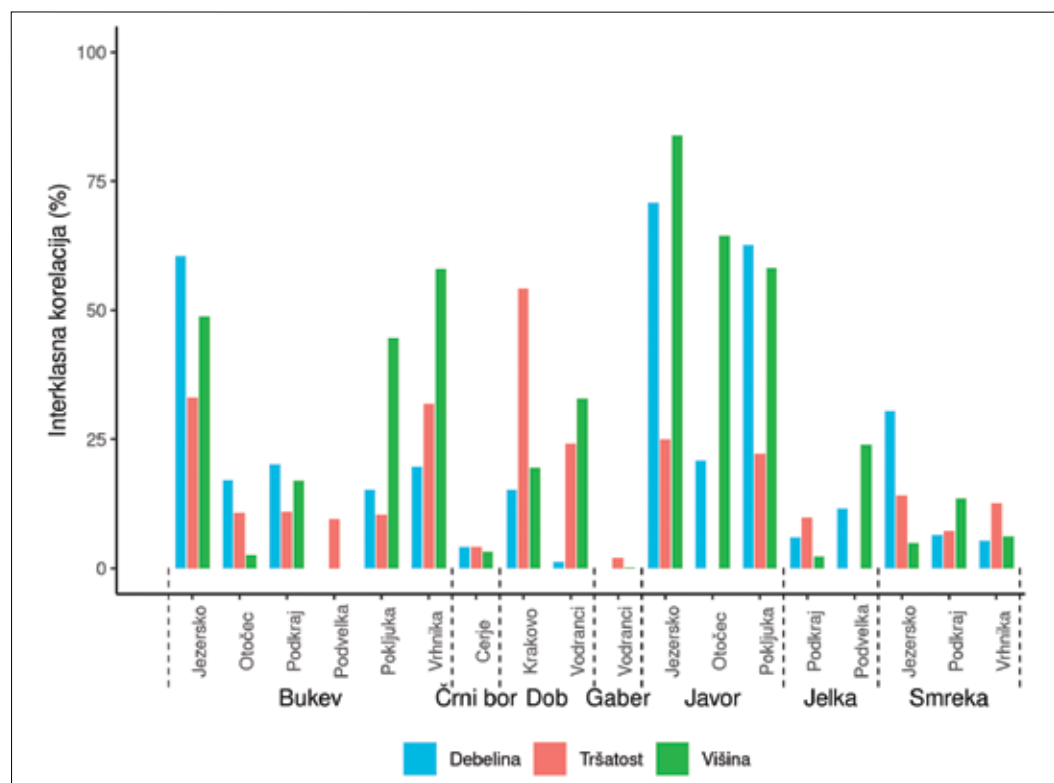
Med lokacijama posajene jelke (Podkraj in Podvelka) so bile absolutne razlike povprečnih vrednosti debeline koreninskega vratu in tršatosti sadik majhne, a kljub temu statistično značilne zaradi velikega števila premerjenih sadik v vzorcu. Sadike, posajene v Podvelki, so bile statistično značilno višje, z debelejším koreninskim vratom in manj tršate (višja vrednost) v primerjavi s sadikami v Podkraju. Sadike, posajene v Podvelki, so bile eno leto starejše, kar bi lahko pojasnilo razlike v merjenih parametrih. Vendar pa je le malo verjetno, da omenjene razlike, čeprav statistično značilne, imajo vlogo pri kakovosti sadik.

Sadike smreke, posajene na Jezerskem, so imele debelejši koreninski vrat in so bile posledično bolj tršate v primerjavi s sadikami v Podkraju, čeprav so bile enake starosti. Primerjava s sadikami na Vrhnikih je zaradi različne starosti sadik in različnega provenienčnega izvora neutemeljena.

3.2 Primerjava variabilnosti parametrov med svežnji

3.2 Comparison of parameter variability between bundles

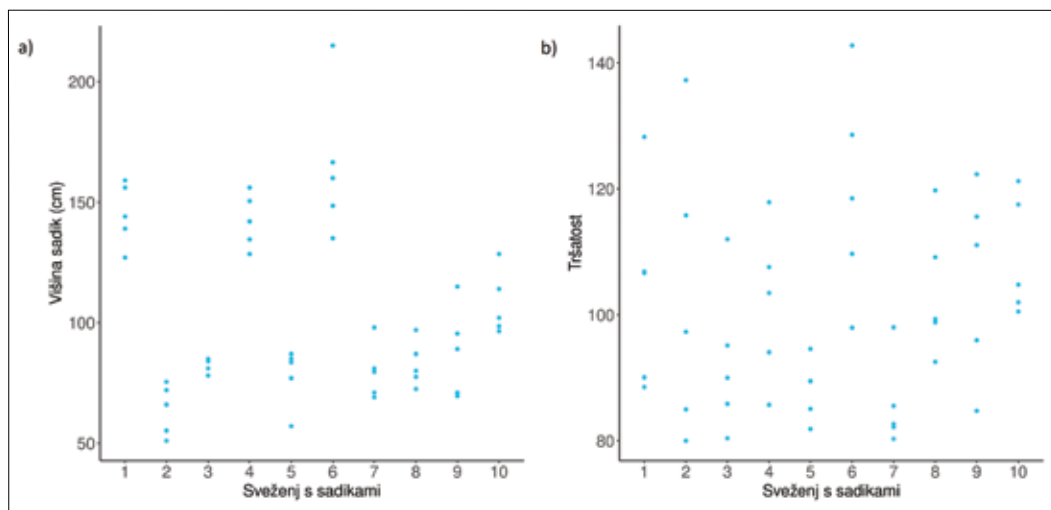
Višina sadike ali debelina koreninskega vratu vsak zase nista dobro merilo kakovosti sadik (Haase, 2008). Da je tršatost primernejše merilo kakovosti kot višina sadik, je navajal že Zupančič (1992), ki je hkrati kritiziral sortiranje sadik po velikostnih razredih. Nas je zanimalo, ali so bile merjene sadike na katerikoli lokaciji sortirane v svežnje po velikosti, zato smo za vse lokacije in vrste izračunali interklasno korelacijo za vse tri spremenljivke (slika 5).



Slika 5: Interklasna korelacija po lokacijah in vrstah za višino sadike, debelino koreninskega vratu in tršatost
 Figure 5: Interclass correlation by locations and species for seedling height, root collar diameter and root collar diameter index

Po visoki vrednosti interklasne korelacije so izstopale sadike gorskega javorja na Jezerskem. Sadike so si bile znotraj svežnjev po velikosti podobne, med svežnji pa so bile večje razlike ali povedano drugače: variabilnostvišine sadik znotraj svežnjev je bila majhna, med svežnji pa velika (slika 6). Vendar se je izkazalo, da podobnost sadik znotraj svežnjev po velikosti ne pomeni

tudi podobnosti po tršatosti, ki je boljše merilo kakovosti sadik (slika 6). Zato lahko sklenemo, da je poleg tveganja nenadzorovane selekcije in izgube genetske pestrosti, ki ju lahko povzročimo s sortiranjem sadik po velikosti, takšno početje nesmiselno tudi glede sortiranja po kakovostnih razredih.



Slika 6: Meritve višine (a) in tršatosti (b) javorjevih sadik na Jezerskem; a) primer visoke interklasne korelacije, kjer so si meritve znotraj svežnjev podobne; b) velika podobnost meritev višine znotraj svežnjev se ne izrazi v podobnosti meritev tršatosti znotraj svežnjev.

Figure 6: Measurements of height (a) and height/root collar diameter index (b) of maple seedlings in Jezersko by bundles; a) an example of high interclass correlation where measurements within bundles are similar; b) the high similarity of intra-bundle height measurements is not reflected in the similarity of intra-bundle height/root collar diameter index

3.3 Ponovljena meritev sadik

3.3 Repeated measurement of seedlings

Podatki v Preglednici 3 nakazujejo, da so bile povprečne vrednosti debeline koreninskega vratu pri sadikah, ki so v naslednji rastni sezoni po sajenju odmrle, nižje v primerjavi s preživelimi sadikami. Omenjen vpliv debeline koreninskega vratu in statusa preživetja sadik je statistično značilen pri sadikah gorskega javorja in smreke na Jezerskem. Zaradi majhnega števila odmrlih sadik na Vrhniki in v Vodrancih v primeru gabra s statističnim testom nismo uspeli potrditi omenjenega vpliva.

Podobno nakazujejo tudi podatki povprečnih vrednosti tršatosti, ki so bile višje pri sadikah, ki so odmrle v naslednji rastni sezoni. Vpliv tršatosti

na preživetje je statistično značilen le v primeru sadik gorskega javorja in smreke na Jezerskem. Podatki za dob v Vodrancih sicer tudi kažejo na povprečno višje vrednosti tršatosti pri sadikah, ki so odmrle naknadno, v primerjavi z vitalnimi sadikami, vendar statistični test ni pokazal razlike med odmrli in preživelimi sadikami zaradi velikega deleža sadik s posušenim vrhom, ki imajo tudi višje vrednosti tršatosti.

Precej sadik na Jezerskem in v Vodrancih je imelo ob ponovnem pregledu posušen vrh. Povprečne vrednosti višine sadik nakazujejo, da so bile sadike, ki so se jim naknadno posušili vrhovi, višje od preostalih preživelih sadik. Omenjeni vpliv višine sadik je sicer statistično značilen le

Preglednica 3: Povprečne vrednosti merjenih parametrov s standardnimi napakami (SN) po lokacijah, drevesnih vrstah in statusu vitalnosti ob ponovnem merjenju sadik v naslednji rastni sezoni

Table 3: Mean values of measured parameters with standard errors (SE) by locations, tree species and vitality status for re-measured seedlings in next growing season.

Lokacija / Location	Vrsta / Species	Status	Število / Number	Povprečna višina sadike $\pm$ SN / Mean tree seedling height (cm) $\pm$ SE	Povprečna debelina koreninskega vratu $\pm$ SN / Mean root collar diameter (cm) $\pm$ SE	Povprečna tršatost $\pm$ SN / Mean height:root collar diameter ratio $\pm$ SE
Jezersko	Gorski javor <i>Acer pseudopla- tanus</i>	odmrla	17	96,1 $\pm$ 7,47	0,89 $\pm$ 0,051	107,2 $\pm$ 4,71
		nismo našli	4	69,9 $\pm$ 7,41	0,71 $\pm$ 0,086	99,9 $\pm$ 7,47
		poškodovan vrh	7	104,8 $\pm$ 10,33	1,12 $\pm$ 0,139	95,6 $\pm$ 4,5
		suh vrh	6	147,6 $\pm$ 17,33	1,43 $\pm$ 0,131	102,5 $\pm$ 5,27
		vitalna	16	102,3 $\pm$ 8,52	1,04 $\pm$ 0,071	97,8 $\pm$ 3,47
	Navadna smreka <i>Picea abies</i>	odmrla	6	38,3 $\pm$ 1,8	0,75 $\pm$ 0,044	51,7 $\pm$ 3,81
		nismo našli	9	40,1 $\pm$ 0,8	0,92 $\pm$ 0,057	44,4 $\pm$ 2,14
		suh vrh	1	45,0	1,03	43,7
		vitalna	35	38,7 $\pm$ 0,66	0,92 $\pm$ 0,028	43,01 $\pm$ 1,11
Vodranci	Dob <i>Quercus robur</i>	odmrla	32	108,7 $\pm$ 5,97	0,96 $\pm$ 0,056	115,7 $\pm$ 3,82
		nismo našli	1	103,5	0,98	105,6
		suh vrh	10	110,9 $\pm$ 6,48	0,96 $\pm$ 0,067	117,1 $\pm$ 5,41
		vitalna	7	92,3 $\pm$ 7,98	0,97 $\pm$ 0,087	96,1 $\pm$ 7,57
	Navadni beli gaber <i>Carpinus betulus</i>	odmrla	1	79,0	1,46	54,1
		nismo našli	3	74,3 $\pm$ 8,54	1,38 $\pm$ 0,101	53,4 $\pm$ 2,3
		poškodovan vrh	4	70,9 $\pm$ 8,21	1,08 $\pm$ 0,078	65,7 $\pm$ 5,73
		suh vrh	16	74,4 $\pm$ 2,21	1,45 $\pm$ 0,068	53,3 $\pm$ 3,51
		vitalna	25	72,5 $\pm$ 2,11	1,41 $\pm$ 0,065	53,6 $\pm$ 2,25
		nevitalna	1	91,0	1,12	81,3
Vrhnika	Navadna bukev <i>Fagus sylvatica</i>	odmrla	1	41,0	0,60	68,3
		nismo našli	1	43,0	0,80	53,8
		poškodovan vrh	9	49,5 $\pm$ 6,34	0,74 $\pm$ 0,078	68,7 $\pm$ 7,15
		vitalna	38	44,3 $\pm$ 1,78	0,76 $\pm$ 0,023	60,3 $\pm$ 2,82
		nevitalna	1	46,0	0,50	92,0
	Navadna smreka <i>Picea abies</i>	odmrla	2	24 $\pm$ 2	0,45 $\pm$ 0,05	53,5 $\pm$ 1,5
		nismo našli	9	39,9 $\pm$ 2,8	0,72 $\pm$ 0,057	56,5 $\pm$ 3,76
		poškodovan vrh	4	47,8 $\pm$ 4,21	0,88 $\pm$ 0,063	55,9 $\pm$ 7,27
		vitalna	33	41,3 $\pm$ 1,43	0,79 $\pm$ 0,031	53,3 $\pm$ 1,34
		nevitalna	2	30 $\pm$ 2	0,45 $\pm$ 0,05	68 $\pm$ 12

v primeru sadik gorskega javorja na Jezerskem. Podoben rezultat ugotovimo ob preverjanju vpliva debeline koreninskega vratu na sušenje vrhov, ki je statistično značilen le v primeru gorskega javorja na Jezerskem. Vpliv tršatosti pa se je izkazal kot mejno statistično značilen le v primeru doba v Vodrancih.

V času ponovnih meritev in opisa statusa sadik je bilo nekaj primerkov sadik izjemno slabo vitalnih in vsem je bila skupna slaba tršatost (visoka vrednost) ob sajenju, kar le dodatno potrdi, da je tršatost dovolj uporaben parameter, ko govorimo o merilih kakovosti sadik.

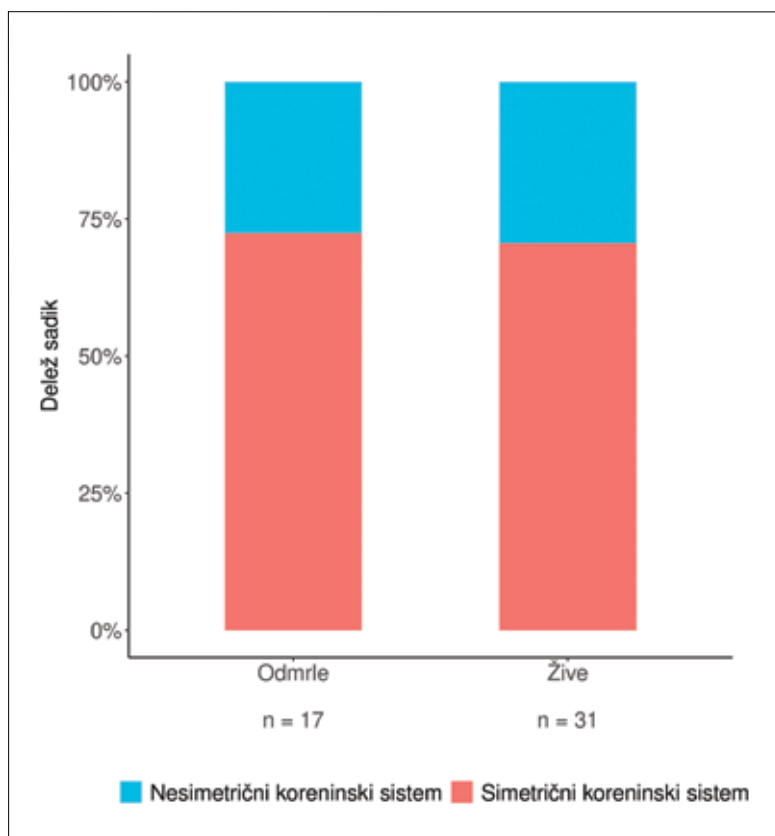
Na primeru javorjevih sadik, posajenih na Jezerskem, smo preverili, če obstaja vpliv oblike koreninskega sistema na preživetveni status sadike. Izkazalo se je, da oblika koreninskega sistema statistično značilno ne vpliva, ali bo sadika po

presajanju preživela ali ne. Večji delež sadik je imel simetričen koreninski sistem, kar velja tako za preživele sadike kot tiste, ki so po sajenju odmrle (slika 7). Za konkretnije zaključke bi morali vpliv asimetričnosti koreninskega sistema opazovati na večjem številu sadik.

4 ZAKLJUČEK

4 CONCLUSION

Kljub relativno majhnemu številu sadik, ki smo jih pregledali v primerjavi s številom sadik, ki jih posadimo vsako leto, smo na njihovi osnovi oblikovali nekaj zaključkov. Pri sadikah bukve enake starosti smo opazili razlike v višini, debelini in tršatosti. Pri tem so se sadike bukve, katerih GRM je bil pridobljen iz istega GSO, med lokacijama sajenja razlikovale. Mlajše in nepresajene sadike doba so



Slika 7: Delež sadik gorskega javorja s simetričnim in nesimetričnim koreninskim sistemom glede na preživetveni status

Figure 7: Proportion of mountain maple seedlings with symmetrical and asymmetrical root system according to survival status

bile v povprečju nižje in so imele podobno debelino koreninskega vratu kot eno leto starejše in presajene sadike. Sedem let stare sadike gorskega javorja so imele pričakovano večjo debelino koreninskega vratu, vendar pa so bile precej nižje od štiri leta mlajših sadik. Poleg tega so bile sadike gorskega javorja, katerih GRM je bil pridobljen iz istega GSO, na eni lokaciji sajenja precej bolj variabilne po velikosti kot na drugi lokaciji sajenja. Sadike jelke, vzgojne oblike 2+3, so bile v povprečju višje, z debelejšim koreninskim vratom in nekoliko manj tršate v primerjavi s sadikami, vzgojne oblike 2+2. Pri sadikah smreke enake starosti smo opazili razlike v debelini koreninskega vratu in tršatosti.

Na splošno bi morali za razlago razlik upoštevati, da je bil GRM za vzgojo sadik pridobljen iz različnih provenienc in nadmorskih višin ter poznati tudi točne lokacije vzgoje sadik. Razlike lahko povzroči že heterogenost tal na isti njivi iste drevesnice, kjer sadike vzgajajo. Poleg tega se je treba tudi zavedati, da vsaka razlika – čeprav statistično značilna – ne pomeni nujno tudi razlik, ki bi vplivale na kakovost sadik in posledično na uspešnost obnove s sajenjem.

Na uspešnost sajenja vplivajo različni dejavniki, od genetskega potenciala semena, iz katerega so vzgojene sadike, od načina vzgoje v drevesnicah, lokalnih vremenskih razmer v času vzgoje do ravnanja s sadikami od drevesnic na lokacije sajenja in samega načina sajenja. Ob slabem uspehu sajenja je včasih težko oceniti, koliko je h končnemu izidu botrovala kakovost sadilnega materiala in koliko ravnanje s sadikami s sadilnim materialom. Meritve sadik lahko služijo kot orodje, s katerim si pomagamo razložiti, kaj je vplivalo na uspeh sajenja oz. uspeh celo napovedujemo.

Poleg poskusno ugotovljenih vrednosti parametrov za smreko (glej Eleršek in sod., 1985), ki bi lahko bile merilo kakovosti na terenu, za druge drevesne vrste nimamo podatkov. Zato bi bilo treba z meritvami nadaljevati v večjem obsegu, da bi v prihodnosti lahko ocenili mejne vrednosti, pri katerih so sadike še primerne za sajenje. Tako bi tudi drevesničarji lahko že med vzgojo prilagodili ravnanje s sadikami, da bi bil uspeh sajenja na koncu čim boljši.

Od vseh opazovanih parametrov se zdi tršatost kot relativna mera dober parameter, saj se je celo na omejenem obsegu podatkov izkazal kot zadosti

dober pokazatelj kakovosti. Pri tem pa moramo vsekakor upoštevati parametra, kot sta višina sadik in premer koreninskega vratu, saj sama tršatost ne pove dovolj za ocenjevanje kakovosti. Ocenjevanje asimetričnosti koreninskega sistema se je izkazala za zelo subjektivno metodo, saj je rezultat zelo odvisen od posameznega merilca na terenu, statistična analiza pa ni pokazala nobenih zakonitosti. Pri majhnem številu sadik v našem poskusu tudi ocene deformacij niso pokazale zanesljivega vpliva na uspeh sajenja, bi pa veljalo v prihodnosti preizkusiti ocenjevanje velikosti koreninskega sistema.

Najboljši pokazatelj ustreznosti opazovanih parametrov kakovosti je kontrola sadik v letih po sajenju. S tako ugotovljenimi parametri sadik bi lahko lažje usmerjali proizvodnjo sadik in njihovo uporabo v specifičnih razmerah na terenu ter bistveno povečali uspešnost sajenja. Za oblikovanje sistema kvantitativnih kazalnikov kakovosti sadik bi tako morali oblikovati obsežen in dolgoročen sistem monitoringa sadik, ki bi zajemal vse na trgu prisotne in za sajenje v gozdu uporabljene drevesne vrste ter njihove provenience. Naših rezultatov zaradi relativno majhnega števila pregledanih sadik tako ne moremo uporabljati kot merilo kakovosti v prihodnosti, vendar nam kljub vsemu omogočijo vpogled v variabilnost opazovanih parametrov po vrstah. Glede na variabilnost parametrov bo mogoče v prihodnosti določiti velikosti vzorcev, ki bodo omogočili boljše in v praksi uporabne ocene parametrov kakovosti sadik.

5 POVZETEK

Slovenske gozdove vse bolj ogrožajo hitre podnebne spremembe, katerih posledice so ekstremni vremenski pojavi in posledično povečano pojavljanje bolezni in škodljivcev. V ujmah se razgalijo večje površine gozdov, poškodujejo se reproduktivni deli krošenj, zaradi spremenjenih podnebnih razmer so motene reprodukcije gozdnega drevja. Vloga gozdov v naravni sukcesiji po ujmah dolgoročno ni prizadeta, je pa razvoj določenih funkcij gozda, predvsem lesnoproizvodne, prestavljen v bolj oddaljeno prihodnost. S premišljeno dopolnitvijo naravne obnove z umetno lahko povečamo odpornost gozdov in njihov prilagoditveni potencial na prihodnje ujme.

Osnova uspešne umetne obnove so kakovostne in rastiščnim razmeram prilagojene kakovostne sadike. Ocenjevanje kakovosti sadik je ključnega pomena za razumevanje razvoja sadik v drevesnici pa tudi poznejše rasti in preživetja sadik po sajenju na terenu. V Sloveniji kakovost sadik generalno ocenjujemo med fitosanitarnimi pregledi in ob prevzemu sadik, ki jih prek proračunskih programov sajenja zagotavlja Zavod za gozdove Slovenije. Sistematičnega ocenjevanja zaenkrat nimamo, prav tako niso določene vrednosti parametrov, ki lahko kažejo na kakovost sadike. Vprašanje kakovosti sadik se tako največkrat izpostavi ob neuspešnem sajenju (propadu sadik po sajenju), ko pridelovalci sadik za neuspeh krivijo neustrezno ravnanje s sadikami po prevzemu, prejemniki sadik pa za neuspeh krivijo slabo kakovost sadik, ki so bile dostavljene.

Na uspešnost sajenja vplivajo različni dejavniki, od genetskega potenciala semena, iz katerega so vzgojene sadike, od načina vzgoje v drevesnicah, lokalnih vremenskih razmer v času vzgoje do ravnanja s sadika od drevesnic na lokacije sajenja in samega načina sajenja. Ob slabem uspehu sajenja je včasih težko oceniti, koliko je h končnemu izidu botrovala kakovost sadilnega materiala in koliko ravnanje s sadilnim materialom. Meritve sadik lahko glede tega služijo kot orodje, s katerim si pomagamo razložiti, kaj je vplivalo na uspeh sajenja oz. uspeh celo napovedujemo.

Kakovost sadike je opredeljena z genetskimi, fiziološkimi in morfološkimi značilnostmi. Pri presoji kakovosti sadik si lahko pomagamo v prvi vrsti z neposredno vidnimi in izmerljivimi značilnostmi. Morfološko kakovost temelji na osnovi fizičnih lastnosti sadik, medtem ko fiziološko kakovost določajo fiziološki procesi in mehanizmi v sadiki.

Med letoma 2019 in 2021 smo v okviru projekta Presoja uspešnosti obnove gozdov s sadnjo in setvijo v Sloveniji (CRP V41819) izvedli meritve sadik sedmih drevesnih vrst na devetih lokacijah v Sloveniji. Pri presoji kakovosti sadik smo si pomagali z neposredno vidnimi in izmerljivimi značilnostmi. Opravili smo splošen pregled sadik, nato pa na vzorcu izmerili višino, premer koreninskega vratu in ocenili asimetričnost koreninskega sistema ter opazne deformacije. Pri sadikah bukve enake starosti smo opazili razlike v višini, debelini in tršatosti. Pri tem so se sadike bukve, katerih GRM je bil pridobljen iz istega GSO, med lokacijama

sajenja razlikovale. Mlajše in nepresajene sadike doba so bile v povprečju nižje, imele pa so večjo debelino koreninskega vratu kot eno leto starejše sadike in presajene sadike. Domnevamo, da je to odraz presaditvenega stresa. Sedem let stare sadike gorskega javorja so imele pričakovano večjo debelino koreninskega vratu, vendar pa so bile precej nižje od štiri leta mlajših sadik. Poleg tega so bile sadike gorskega javorja, katerih GRM je bil pridobljen iz istega GSO, na eni lokaciji sajenja precej bolj variabilne po velikosti kot na drugi lokaciji sajenja. Od vseh opazovanih parametrov se zdi tršatost kot relativna mera dober parameter, saj se je celo na omejenem obsegu podatkov izkazal kot zadosti dober pokazatelj kakovosti. Pri tem pa moramo upoštevati parametre, kot sta višina sadik in premer koreninskega vratu. Ocenjevanje asimetričnosti koreninskega sistema se je izkazala za zelo subjektivno metodo. Za ocenjevanje kakovosti sadik na osnovi merljivih znakov bi potrebovali orientacijske vrednosti parametrov, tako kot so bile poskusno ugotovljene za sadike smreke.

Od vseh opazovanih parametrov se zdi tršatost kot relativna mera dober parameter, saj je celo na omejenem obsegu podatkov izkazal kot zadosti dober pokazatelj kakovosti. Pri tem pa moramo vsekakor upoštevati parametre, kot sta višina sadik in premer koreninskega vratu, saj sama tršatost ne pove dovolj za ocenjevanje kakovosti. Ocenjevanje asimetričnosti koreninskega sistema se je izkazala za zelo subjektivno metodo, saj je rezultat zelo odvisen od posameznega merilca na terenu, statistična analiza pa ni pokazala nobenih zakonitosti. Pri majhnem številu sadik v našem poskusu tudi ocene deformacij niso pokazale zanesljivega vpliva na izid sajenja, bi pa veljalo v prihodnosti preizkusiti ocenjevanje velikosti koreninskega sistema.

Najboljši pokazatelj ustreznosti opazovanih parametrov kakovosti je kontrola sadik v letih po sajenju. S tako ugotovljenimi velikostmi sadik bi lahko lažje usmerjali proizvodnjo sadik in njihovo uporabo v specifičnih razmerah na terenu ter bistveno povečali uspešnost sajenja. Trenutno nimamo zanesljivih vrednosti parametrov za sadike domačih drevesnih vrst in provenienc. Zato bi bilo treba z meritvami nadaljevati v večjem obsegu, da bi v prihodnosti lahko ocenili mejne vrednosti, pri katerih so sadike še primerne za sajenje. Tako bi tudi drevesničarji lahko že med

vzgojo prilagodili ravnanje s sadikami, da bi bil uspeh sajenja na koncu čim boljši.

5 SUMMARY

Slovenian forests are increasingly threatened by rapid climate change, which leads to extreme weather phenomena and consequently to an increased occurrence of diseases and pests. When disasters occur, larger forest areas are exposed, productive parts of the canopy are damaged, and the reproduction of forest trees is disturbed by the changed climatic conditions. The role of forests in natural succession after disasters is not affected in the long term, but the development of certain forest functions, above all wood production, is postponed to the more distant future. With the thought-out completion of the natural regeneration with artificial regeneration, we can increase the immunity and adaptive potential of forests to future disasters.

Successful artificial regeneration is based on high quality seedlings adapted to site conditions. Seedling quality assessment is of key importance for understanding seedling development in the nursery, but also of the later growth and survival of the seedlings after the planting in the field. In Slovenia, the quality of seedlings is generally assessed during phytosanitary examinations and at taking seedling delivery, ensured through budget planting programs by the Slovenia Forest Service. Systematic assessment does not exist at the moment, also the values of the parameters which can show seedling quality are not determined. The question of seedling quality is thus most often posed at unsuccessful planting (decay of the seedlings after the planting) when the seedling producers blame inappropriate treatment of the seedlings after accepting the delivery for failing and the recipients blame the bad quality of the delivered seedlings.

The planting success is affected by diverse factors, from the genetic potential of the seed, seedlings are grown from, to the growing method in the nursery, local weather conditions in the time of growing and to the seedling manipulation from the nurseries to the planting sites and planting method itself. Measuring the seedlings can represent a tool with which we can help to explain what affected the planting success or, respectively, even predict the success.

The seedling quality is determined by genetic, physiological, and morphological characteristics. Assessing the seedling quality, we can principally refer to directly visible and measurable characteristics. Morphological quality is based on the physical features of the seedlings, while physiological quality is determined by the physiological processes and mechanisms in the seedling.

Between the years 2019 and 2021, we performed measurements of seedlings of seven tree species on nine sites in Slovenia in the framework of the project Assessment of the Success of Forest Regeneration Applying Planting and Seeding in Slovenia (CRP V41819). Assessing the seedling quality, we referred to directly visible and measurable characteristics. We performed an overall inspection of the seedlings and then measured the height, root collar diameter, assessed root system asymmetry, and visible deformations on a sample. We noticed the differences in the height, diameter, and height/root collar diameter index in the beech seedlings of the same age. Thereby, the beech seedlings whose GRM was acquired from the same GSO differed with regard to the planting location. Younger and non-transplanted pedunculate oak seedlings were on average lower, however, they had a larger root collar diameter than a year older seedlings and transplanted seedlings. We believe this is the reflection of the transplantation stress. Seven years old sycamore maple seedlings had the expected root collar diameter; however, they were considerably lower than four years younger seedlings. Additionally, the sycamore maple seedlings whose GRM had been acquired from the same GSO were much more variable regarding the size at one planting location than on the other one. Among all monitored parameters, the height/root collar diameter index as a relative measurement appears to be a good parameter, since it proved to be a sufficiently good quality index even in a limited data range. Thereby we must consider the parameters like the height of the seedlings and root collar diameter. Assessment of the collar system asymmetry proved to be a very subjective method. For assessing the quality of seedlings based on measurable marks we would need orientational parameter values as the ones experimentally ascertained for spruce seedlings.

Among all monitored parameters, the height/root collar diameter index as a relative measurement appears to be a good parameter, since it proved to be a sufficiently good quality index even in a limited data range. Thereby we must consider the parameters like the height of the seedlings and root collar diameter. Assessment of the collar system asymmetry proved to be a very subjective method since the result depended on the individual operator carrying out measurements in the field and the statistical analysis did not show any laws. Considering a small number of seedlings in our experiment, also the deformation assessment did not show a reliable impact on the planting result, however, assessing root collar size should be tested in the future.

The best indicator of the appropriateness of the observed quality parameters is the control of the seedlings in the years after the planting. With so established seedling sizes we could easier direct the production of the seedlings and their use in specific field conditions and substantially increase the planting success. At the moment, in addition to the data from abroad, we have no reliable parameter values for the seedlings of the native tree species and proveniences. Therefore, it would be necessary to continue with the measurements on a larger scale, so that we can assess the thresholds at which the seedlings are still appropriate for planting. Thus, also the nursery workers could adapt seedling treatment already while growing them to make the planting success as good as possible.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Članek je nastal v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Presoja uspešnosti obnove gozdov s sadnjo in setvijo v Sloveniji (V4-1819), ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Projekt poteka v sklopu programske skupine Gozdna biologija, ekologija in tehnologija (P4-0107), ki jo financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Zahvaljujemo se vsem sodelavkam in sodelavcem Gozdarskega inštituta Slovenije, Zavoda za gozdove Slovenije in SiDG za pomoč pri meritvah, pridobivanju lokacij in podatkov ter lastnikom gozdov, ki so nam omogočili analizo sadik v njihovih gozdovih.

7 VIRI

7 REFERENCES

- ANSI Z60.1. 2014. American Standard for Nursery Stock. American Horticulture Industry Association. 2014: 109 str.
- Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67, 1: 1–48. doi: 10.18637/jss.v067.i01.
- Božič G. 1995. Presoja jugoslovanskih standardov za področje gozdnih sadik : ekspertiza. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.
- Eleršek L., Jurc D., Hočevar M., Zupančič M., Kalan J., Mikulič V., Lipovšek M., Grzin L., Pavlič P. 1985. Raziskave pridelovanja kakovostnih sadik ter izdelava kriterijev za določanje kakovosti. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani: 174 str. <http://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=6944>
- E.N.A. 2010. European technical & quality standards for nurserystock. European Nurserystock Association. 2010: 54 str.
- Haase, D. 2008. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes* 52: 24–30.
- Kraigher, H. in sod. 2017. Povzetek in zaključki znanstvenega srečanja Gozd in les : sistemski problemi obnove gozdov. *Gozdarski vestnik*. 4: 224–225.
- Kraigher, H. (2019). *Semenarski praktikum*. Ljubljana, Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team. 2021. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1–153, <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>
- Protokol ravnanja s sadikami gozdnega drevja. shorturl.at/eyADT
- Westergren M., Božič G., Kraigher H. 2017. Trendi v gozdnem semenarstvu in drevsničarstvu v Sloveniji. *Gozdarski vestnik* 4, 75: 184–191.
- Zupančič M. 1992. Kakovost gozdnih sadik z vidika norm in predpisov. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 50, 1992: 161–173 <http://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=8025>
- Železnik, P. in sod. 2017. Strokovne osnove za Predlog standarda kakovosti sadik in postopkov do njihove sadnje : ekspertiza. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. 12 str.
- Železnik P., Dovč N., Grebenc T., Božič G. 2021. Protokol za določanje kvalitete sadik gozdnega drevja : Naloga JGS 3/2.4 „Analize kvalitete sadik in koreninskega sistema“ : standardni operativni postopek. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. <http://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=13703>