

Primerjava naravne in umetne obnove po vetrolomih iz leta 2008

Comparison of natural and artificial regeneration after windthrows in 2008

Gal FIDEJ¹, Andrej ROZMAN², Jurij DIACI³

Izvleček:

Fidej, G., Rozman, A., Diaci, J.: Primerjava naravne in umetne obnove po vetrolomih iz leta 2008; Gozdarski vestnik, 75/2017, št. 7-8. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 28. Prevod Gal Fidej, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Primerjali smo uspeh naravne in umetne obnove po treh vetrolomih v letu 2008. Na vsakem izmed raziskovalnih območij (Črničev, Trnovski gozd, Bohor) smo leta 2012 zakoličili in analizirali ploskve z naravno in umetno obnovo ter jih ponovno premerili leta 2014. Znotraj ploskev smo zakoličili manjše vegetacijske ploskvice, na katerih smo popisali zeliščno plast in gostote mladja. Povprečna gostota samoniklega naravnega mladja šest let po ujmi je znašala 14.000 osebkov na hektar. Samoniklo mladje je bilo prostorsko neenakomerno porazdeljeno, kar nakazuje razlike med mikrorastišči. Ugotovili smo slabši uspeh obnove na južnih pobočjih, mestih, ki so bolj oddaljena od semenskih dreves in gozdnega roba, mikrorastiščih brez motenj oz. posebnosti in na večjih nadmorskih višinah. Na takih rastiščih je saditev smiselna in upravičena. Gostote naravnega samoniklega mladja so bile v pozitivni povezavi, preživetje naravnega dominantnega mladja in sadik pa v negativni s pokrovnostjo zeliščne plasti, prav tako je na preživetje negativno vplivalo objedanje. Višina osebkov je bila najbolj značilen dejavnik za napovedovanje preživetja. Stopnja preživetja sadik in dominantnega mladja smreke je bila visoka, medtem ko sta sencozdržni bukev in jelka imeli višjo stopnjo mortalitete. Raziskava potrjuje velik potencial samoniklega naravnega mladja na območjih saditev, ki ga lahko z gojitvenimi deli zaviramo. Navedene so gozdnogojitvene usmeritve za ravnanje po vetrolomih.

Ključne besede: ujma, vetrolom, obnova gozda, naravna obnova, umetna obnova, saditev

Abstract:

Fidej, G., Rozman, A., Diaci, J.: Comparison of natural and artificial regeneration after windthrows in 2008; Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 75/2017, vol 7-8. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 28. Translated by Gal Fidej, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

We studied regeneration dynamics in forests disturbed by three windthrows in 2008 to assess the success of natural regeneration vs planting. On each of the study sites (Črničev, Trnovski gozd, Bohor) plots of dominant naturally regenerated saplings and plots with planted saplings were selected and measured in 2012 and 2014. Herbs and seedling establishment were studied in two subplots within each plot. Average seedling density six years after windthrow was 14,000 per ha. Seedlings were irregularly distributed, which suggests micro-site differences in regeneration dynamics. Results indicated lower seedling success on sites that were southerly exposed, farther from the forest edge and seed trees, on undisturbed micro-sites and at higher altitudes. On such sites planting was justified. While seedling density indicated a positive relation to herb coverage, sapling survival was negatively associated with it as well as with browsing. Sapling initial height was the strongest predictor of their survival. Spruce saplings had the lowest mortality, while shade-tolerant silver fir and beech experienced high mortality. The study revealed the high potential of naturally regenerated seedlings within young plantations, which can be reduced by silvicultural measures. Guidance for the improvement of silvicultural operations for post windthrow restoration is given.

Key words: disturbance, windthrow, forest restoration, natural regeneration, artificial regeneration, planting

¹Dr. G. F., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Večna pot 83, 1000 Ljubljana, gal.fidej@bf.uni-lj.si

²Doc. dr. A. R., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Večna pot 83, 1000 Ljubljana, andrej.rozman@bf.uni-lj.si

³Prof. dr. J. D., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Večna pot 83, 1000 Ljubljana, jurij.diaci@bf.uni-lj.si

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Naravne motnje sooblikujejo razvoj naravnih in gospodarskih gozdov, kjer imajo pomembno vlogo pri npr. kroženju hranil in zagotavljanju habitatov (Pickett in Thompson, 1978). Hkrati zbuja zaskrbljenost pri lastnikih gozdov zaradi negotove proizvodnje lesa in pri javnosti zaradi potencialnega nazadovanja ekosistemskih storitev, saj se jakost naravnih ujm povečuje zaradi globalnih sprememb (Seidl in sod., 2011). V našem okolju so vetrolomi najpogostejša oblika naravnih ujm, ki pogosto povzročijo nastanek večjih sestojnih odprtih. Po tehnični sanaciji poškodovanih sestojev se soočamo z zahtevno odločitvijo, ali sestoje obnavljati po naravni ali umetni poti (Fidej in sod., 2013). V svetovnem merilu prevladuje umetna obnova, saj omogoča hitrejšo vzpostavitev funkcij gozdov. Po drugi strani številne raziskave kažejo, da daje tudi naravna obnova po ujmah zadovoljive rezultate (Schönenberger, 2002; Brang in sod., 2004). Kljub pogostim ujmam v Evropi v zadnjih desetletjih, je objektivnih poskusnih primerjav naravne in umetne obnove sorazmerno malo (Brang in sod., 2004).

V Sloveniji se pri umetni obnovi s saditvijo, glede na izkušnje v tujini, soočamo z večjimi izdatki. V tujini so stroški umetne obnove tudi v razvitih državah z drago delovno silo manjši kot pri nas (npr. Willoughby in sod., 2004; Guldin, 2016). Pogosto stroške obnove gozda s saditvijo povečuje potrebna zaščita pred rastlinojedo parkljaso divjadjo, še posebno pri uporabi sadik (plemenitih) listavcev. Poleg tega v Sloveniji primanjkuje drevesnic z zadostno zmogljivostjo pri vzgoji gozdnega reprodukcijskega materiala glede provenience in kakovosti, posebno ob večjih ujmah (Westergren in sod., 2017). Po ujmi se prav tako soočamo z odločitvijo, kdaj umetno obnoviti poškodovane sestoje: pred evtrofikacijo rastišč in bujnim razvojem zeliščne plasti ali kasneje, ko se pokažejo mesta z nezadovoljivo gostoto ali prostorsko razporeditvijo naravnega mladja. Biološka sanacija po ujmah je v Sloveniji pomanjkljivo raziskana (Papler - Lampe, 2009), kar lahko pripišemo tudi prevladujoči usmerjenosti k naravni obnovi. Še zlasti je pomanjkljivo znanje o

alternativnih načinov sanacije, ki vključujejo npr. pospeševanje spontanega doseljevanja drevesnih vrst na površinah z naravno in umetno obnovo, puščanje poškodovanih dreves in kombinacije različnih ukrepov. Zlasti primanjkuje analiz pomlajevanja po ujmah večjih jakosti (Ščap in sod., 2013) ter sintez primerjalnih študij naravne in umetne obnove (npr. Klaužer, 2012; 2015; Klemen, 2012; Škvarč, 2014; Jerele, 2014; Medja, 2014). Za učinkovitejšo biološko sanacijo po ujmah je potrebno poznavanje različnih načinov obnove in vrednotenje njihove uporabe v različnih razmerah, kar lahko dosežemo z ekonomsko učinkovitejšo in biološko sprejemljivejšo rešitvijo. V raziskavi smo primerjali uspeh naravne in umetne obnove po vetrolomih v različnih delih Slovenije na treh lokacijah (Fidej, 2016).

2 METODE

2 METHODS

Raziskavo smo opravili na območju vetrolomov iz leta 2008 (7. in 13. julij ter 15. avgust), ki so poškodovali večje površine gozdov (20.000 ha) s skupnim volumnom lesa približno 500.000 m³ (Kolšek, 2008). V raziskavo smo zajeli območja, kjer so bile poškodbe zgoščene na večjih površinah; izbrali smo območje vetroloma na Trnovskem gozdu, na Črnicu in v širši okoli Bohorja (preglednica 1).

Tehnični sanaciji (sečnja in spravilo) v letih 2008 in 2009 je sledila saditev v letih 2009 in 2010. Ploskve smo zakoličili in premerili v letu 2012 in meritve ponovili v letu 2014. Vsaka vetrolomna površina je bila delno prepuščena naravni obnovi in delno posajena s sadikami. Pomladitvene ploskve (10 x 10 m) smo zakoličili na površini, ki je bila posajena (ploskev z umetno obnovo), in na površini, ki je bila prepuščena naravni obnovi (ploskev z naravno obnovo). Na ploskvah z umetno obnovo smo popisali vse sadike, ploskve z naravno obnovo smo dodatno razdelili na 16 kvadrantov (2,5 x 2,5) m in na vsakem izmed njih popisali dominantno (najvišje, najvitalnejše) drevo naravnega mladja (slika 1).

Sadikam na ploskvah umetne obnove in dominantnim osebkom na ploskvah naravne obnove smo določili drevesno vrsto in izmerili višino, višinski prirastek zadnjih treh let, premer

koreninskega vratu, ocenili razpoložljiv rastni prostor, lastnosti mikrorastišča, objedanje in vitalnost. Razpoložljivi rastni prostor smo ocenili z vrednostmi od 0 do 4 glede na konkurenco v štirih kvadrantih bližnje okolice osebk (0 – s sosednjo vegetacijo popolnoma zastrt osebek, 4 – v vseh štirih kvadrantih popolnoma sproščen osebek; Fidej, 2016). Lastnosti mikrorastišča smo razvrstili v naslednje kategorije: rastišče brez posebnosti, koreninski krožnik, uleknina, sečna pot, veliki drevesni ostanki in neposredna bližina

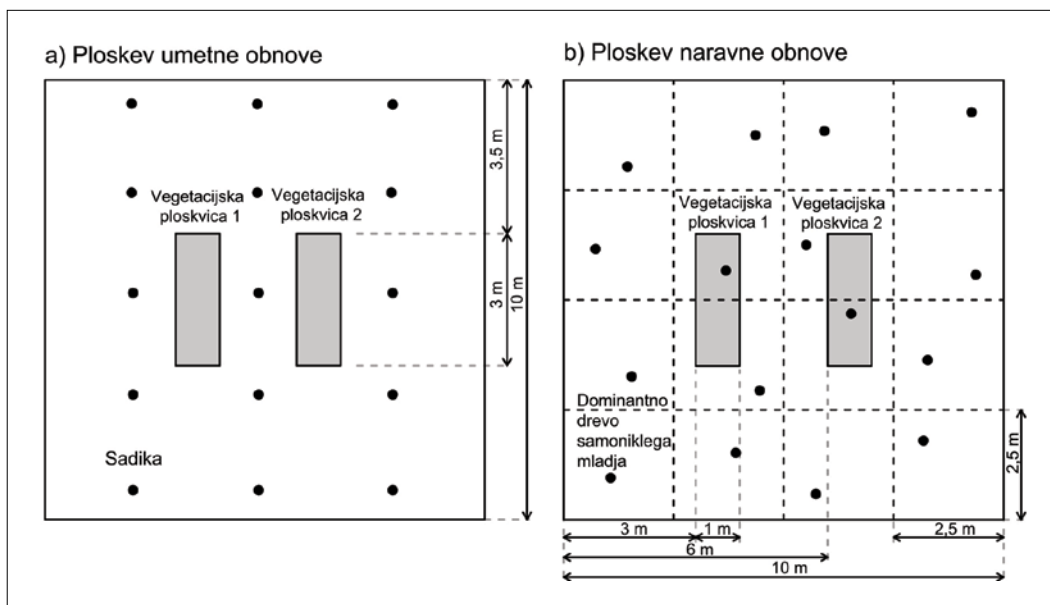
panja. Vse, razen rastišča brez posebnosti, smo v nadaljnji analizi upoštevali kot »spremenjeno« mikrorastišče. Znotraj obeh tipov ploskev, smo zakoličili še dve manjši vegetacijski ploskvi (1 x 3 m), na katerih smo popisali pokrovnost rastlinskih vrst v zeliščni in grmovni plasti ter pokrovnost in gostote drevesnega mladja. Zaradi primerljivosti podatkov med raziskovalnimi objekti smo izbirali mesta, kjer sta bila posajena smreka in gorski javor. Zabeležili smo tudi nagib in lego ploskev. Pri analizi smo ploskvice do 10°

Preglednica 1: Glavne značilnosti treh raziskovalnih območij

Table 1: Basic characteristic of the research areas

Raziskovalno območje	Črnivec	Bohor	Trnovski gozd
Nadmorska višina (m)	900–1250	300–830	950–1250
Lega	J in S	vse smeri	vse smeri
Naklon (°)	20–25	17–40	10–20
Letna kol. padavin (mm)	1700	1150	2200
Povprečna letna temp. (°C)	8,9*	11,4	5
Razpon velikosti vetrolo-mnih površin (ha)	16,0–87,0	1,3–2,3	7,1–16,1
Potencialna gozdna združba	<i>Luzulo-Fagetum</i>	<i>Hacquetio-Fagetum</i> , <i>Cardamine savensi-Fagetum</i>	<i>Omphalodo-Fagetum</i> , <i>Ranunculo platanifolii-Fagetum</i>
Drevesna sestava pred ujmo (%)	smreka (95), bukev (4), jelka (2)	bukev (50–95), smreka (0–50), plemeniti listavci (0–20)	bukev (50–80), jelka (0–40) smreka (0–20), plemeniti listavci (0–10)
Lesna zaloga sestojev pred ujmo (m ³ /ha)	430–600	200–460	330–480
Matična podlaga	glinasti skrilačci, tufi, keratofir	mešana (apnenec/dolomit in silikati)	dolomit/apnenec
Semenska drevesa v odprtinah po ujmi	skupine smrek, nekaj bukev in javorjev	nekaj bukovih dreves	večinoma brez, posamezne bukve in javorji
Število pomladitvenih ploskev	60	14	30

* Meteorološka postaja Gornji Grad



Slika 1: Način popisa a) sadik na pomladitvenih ploskvah umetne obnove in b) dominantnih dreves naravnega mladja na pomladitvenih ploskvah naravne obnove

Figure 1: Sampling design of a) planted seedlings on plots with artificial regeneration and b) dominant trees of natural regeneration

razvrstil v kategorijo ravno, ploskvice z nagibom več kot 10° pa v kategorijo prisojno ali osojno glede na prevladujočo lego. Mortaliteta sadik in dominantnega mladja se nanaša na delež odmrlih osebkov glede na izhodiščno število na leto. Ker sta pri sadikah in naravnem mladju prevladovala gorski javor in smreka, se v rezultatih osredotočamo na omenjeni vrsti. Vpliv ekoloških dejavnikov na gostote samoniklega mladja smo proučili s pomočjo posplošenih linearnih mešanih modelov (GLMM), odvisnost preživetja sadik in dominantnega mladja od ekoloških dejavnikov pa z negativno binomsko regresijo. Podrobnosti uporabljenih metod so navedene v Fidej (2016).

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Samoniklo naravno mladje na vegetacijskih ploskvah

3.1 Natural regeneration on vegetation plots

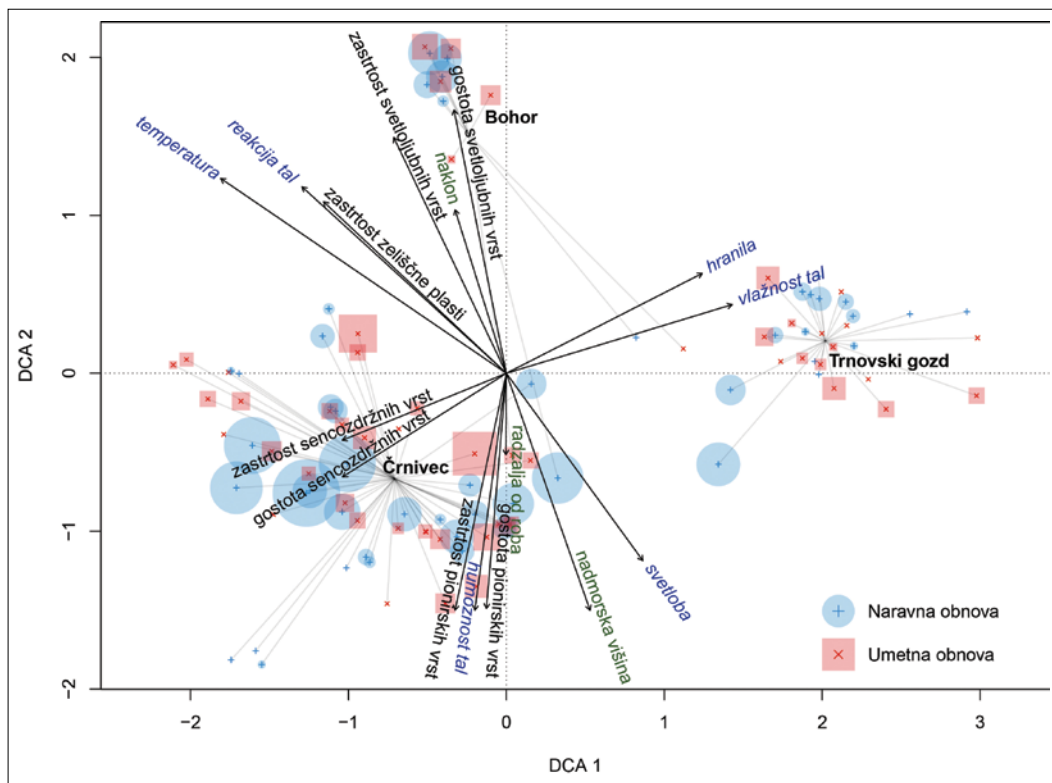
Ordinacija vegetacijskih popisov z vegetacijskih ploskvic kaže, da se popisi razlikujejo glede na geografsko lokacijo (slika 2). Fitoindikacija

rastiščnih dejavnikov z Landoltovimi indikacijskimi vrednostmi (LIV) kaže, da je bilo najtoplejše raziskovalno območje Bohor, ki leži na najnižji nadmorski višini, sledita mu Črnivec in Trnovski gozd. Na teh dveh območjih je bilo ugotovljeno manjše zastiranje pritalne vegetacije, LIV vrednosti pa kažejo na slabšo osvetljenost v primerjavi z Bohorjem. Višja ocenjena vlažnost tal je bila na Trnovskem gozdu. Znotraj posameznih raziskovalnih območij nismo odkrili bistvenih rastiščnih razlik med ploskvami naravne in umetne obnove, kar nakazuje majhne rastiščne razlike med skupinama ploskev in omogoča neposredno primerjavo rezultatov.

Skupno smo na vegetacijskih ploskvah našli 17 drevesnih, 16 grmovnih in 104 zeliščne vrste. Vrstna pestrost je bila podobna na ploskvah naravne in umetne obnove. Leta 2014, šest let po ujmi, je bila povprečna gostota samoniklega mladja 14.676 osebkov na ha. V dveletnem obdobju, od 2012 do 2014, se gostote niso značilno povečale. Povprečna gostota samoniklega mladja na ploskvah naravne obnove je bila 22.727, medtem ko je bilo na ploskvah umetne obnove povprečno le 7.292 osebkov naravnega mladja na hektar (slika 3).

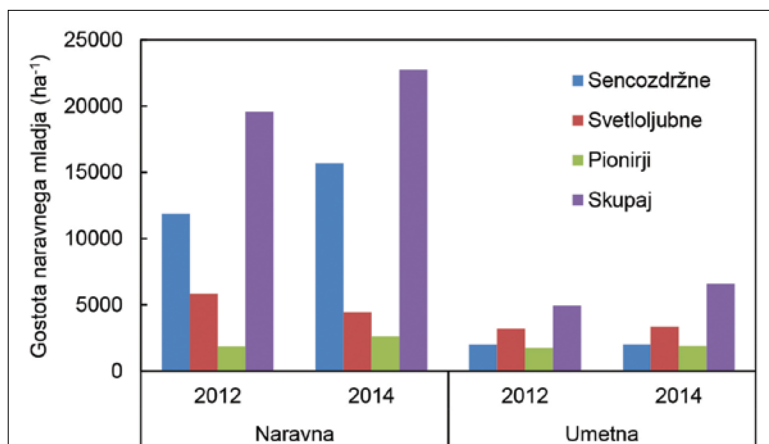
Deleži dreves v skupini samoniklih sencoza-
držnih drevesnih vrst (smreka, jelka, bukev) so
bili bistveno večji na ploskvah naravne (69 %)
obnove kot na ploskvah umetne (30 %). Pri skupini
samoniklih svetloljubnih vrst je bilo ravno obratno
(46 % umetna obnova, 20 % naravna obnova),
medtem ko se delež pionirjev med načinoma
obnove ni razlikoval.

V skupini pionirjev sta prevladovali iva in breza
z 10 % in 5 % skupnega števila dreves. V skupini
samoniklih svetloljubnih vrst sta prevladovala
jerebika in gorski javor (8 % in 7 %). V skupini
sencoza-držnih drevesnih vrst je zelo prevladovala
smreka z 48 %, ki ji je sledila bukev z 9 %. Pov-
prečne gostote samoniklega naravnega mladja so
bile v letu 2012 podobne na Črnicu (15.763 ha^{-1})



Slika 2: Slika DCA-ordinacije popisov vegetacijskih ploskvic glede na lokacijo in način obnove v prvih dveh razsežnostih (osi DCA 1 in DCA 2), ki pojasnita največ variabilnosti. Slika kaže merjene ekološke dejavnike (nadmorska višina, razdalja do gozdnega roba, naklon) in zastiranje ter gostote sencoza-držnih, svetloljubnih in pionirskih drevesnih vrst. Modre oznake »+« s krogi označujejo vegetacijske ploskvice na ploskvah naravne obnove, rdeče oznake »x« s kvadrati pa vegetacijske ploskvice na ploskvah umetne obnove. Velikost kroga/kvadrata je sorazmerna z gostoto samoniklega mladja. Puščice kažejo smeri (naraščanje) gradienta, dolžina puščic je sorazmerna z jakostjo povezave spremenljivke in prvih dveh ordinacijskih osi. Z modro barvo so prikazane Landoltove fitoindikacije ocene. Izrisane so spremenljivke s $p < 0,05$.

Figure 2: Detrended correspondence analysis ordination diagram according to the research area and type of regeneration in the space of the first two axes (DCA 1 and DCA 2) that explained most of the variability. The figure shows ecological factors (altitude, distance to stand edge, slope inclination), and coverage and density of shade-tolerant, light-demanding and pioneer tree species. Blue crosses in circles denote vegetation subplots in natural regeneration plots and red "x" square sign in planting plots. The size of circles/square is proportional to the density of seedlings. The arrows show the direction of the (increasing) gradient, and the length of the arrows is proportional to the correlation between the variable and the ordination. Landolt phytaindication values are drawn in blue. Only factors with p -value < 0.05 were plotted.



Slika 3: Povprečna gostota naravnega mladja (ha^{-1}) na vegetacijskih ploskvah po skupinah drevesnih vrst na ploskvah umetne in naravne obnove v letih 2012 in 2014

Figure 3: Average density of natural regeneration (ha^{-1}) on vegetation plots according to tree species group on planted and plots with natural regeneration in 2012 and 2014

in Bohorju (17.262 ha^{-1}), na Trnovskem gozdu so bile bistveno manjše (5.833 ha^{-1}). V dveletnem obdobju so se gostote spremenile le na območju Trnovskega gozda, kjer se je gostota naravnega mladja zelo zmanjšala (na 1.389 ha^{-1}).

Gostota samoniklega mladja se je zmanjševala z večanjem nadmorske višine in pokrovnostjo odmrlih drevesnih ostankov (preglednica 2). Gostote pionirjev niso vplivale na preostale skupine drevesnih vrst, medtem ko so bile sencozdržne in svetloljubne vrste v pozitivni povezavi. Gostota pionirjev je bila večja na osojnih legah in se je zmanjševala z večanjem naklona. Gostote svetloljubnih vrst so bile manjše na prisojnih legah in so se povečevale z naklonom. Gostote in pokrovnost sencozdržnih vrst so se večale s pokrovnostjo zelišč in so bile najvišje na ravnih in rahlo nagnjenih (do 10° naklona) terenih.

Povprečni delež vegetacijskih ploskv brez naravnega mladja se je v dveletnem obdobju povečal iz 33 % na 39 %, na ploskvah z umetno obnovo se je povečal iz 36 % na 47 % na ploskvah z naravno obnovo pa zmanjšal za 2 % (iz 30 % na 28 %). Največje spremembe smo zaznali na ploskvah umetne obnove na Trnovskem gozdu (86 % praznih ploskv).

V dveletnem obdobju se je povprečna pokrovnost zeliščne plasti (višina do 0,5 m) povečala s 40 % na 57 % in grmovne plasti (nad 0,5 m višine) z 38 % na 60 %. Pokrovnost zelišče in grmovne

plasti je bila podobna pri obeh načinih obnove. Povprečna pokrovnost naravnega mladja se je povečala s 5 % na 15 % in je bila v obeh letih višja na ploskvah naravne obnove.

3.2 Primerjava sadik in dominantnega mladja na pomladitvenih ploskvah

3.2 Comparison of planted seedlings and dominant seedlings of natural regeneration

Leta 2012 so bile povprečne gostote sadik med 1200 na Črničvcu, 1260 na območju Bohorja in 2530 na ha na Trnovskem gozdu. Od leta 2012 do 2014 so se povprečne gostote sadik zmanjšale in so na Črničvcu znašale 1100 (4 % letna mortaliteta, v nadaljevanju mortaliteta), Bohorju 1030 (9 % mortaliteta) in na Trnovskem gozdu 2200 na ha (7 % mortaliteta).

Gostote dominantnega samoniklega mladja so se v tem obdobju prav tako zmanjšale, tako smo na Črničvcu zabeležili 9 % mortaliteto, na območju Bohorja 4 %, na Trnovskem gozdu pa kar 26 % (slika 4). Posamezna izbrana dominantna drevesa so v proučevanjem obdobju sicer propadla, vendar se je skupna gostota naravnega mladja ohranila. Primerjava zmesi drevesnih vrst je pokazala, da so med dominantnimi osebki smreka (42 %), bukev (17 %) in gorski javor (15 %) najpogostejši, medtem ko je bilo med sadikami 70 % smreke in 28 % gorskega javorja.

Preglednica 2: Rezultati GLMM-analize gostot samoniklega naravnega drevesnega mladja na vegetacijskih ploskvah ($n = 390$). Kot slučajni dejavnik smo vključili raziskovalno območje in ploskev. Oznake v oklepajih imen spremenljivk označujejo vrednost faktorja za primerjavo. Oklepaji ob vrednostih regresijskih koeficientov označujejo standardno napako (SE).

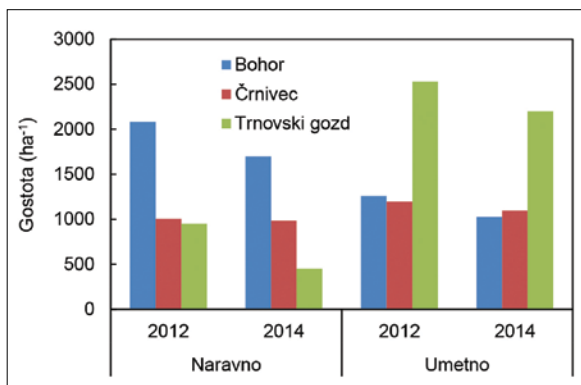
Table 2: Results of the GLMM analysis of natural regeneration density on vegetation plots ($n = 390$). Research areas and plots were selected as a random effect. Labels in brackets at factor names denote the factor level for comparison, while numbers in brackets within the results denote the standard error (SE).

Spremenljivke	Drevesne vrste	Pionirji	Svetloljubne	Sencozdržne
Konstanta	2,83(1,05)**	-0,83(0,83)	-0,24(1,01)	-0,25(0,59)
Leto (2014)	-0,32(0,15)*	0,39(0,23) ^o	-0,08(0,23)	-0,02(0,22)
Način obnove (saditev)	-1,05(0,14)***	ns	ns	-1,66(0,22)***
Gostota pionirji	nt	nt	ns	ns
Gostota svetlo-ljubne	nt	ns	nt	0,31(0,16)*
Gostota sencozdržne	nt	ns	0,09(0,02)***	nt
Pokrovnost lesnih ostankov	-0,21(0,08)**	ns	-0,22(0,02)*	ns
Nadmorska višina	-0,003(0,001)**	ns	-0,002(0,001)***	ns
Naklon	ns	-0,06(0,02)**	0,05(0,02)**	ns
Razdalja do semenskih dreves	nt	nt	ns	nt
Razdalja do gozdnega roba	0,09(0,04)*	ns	nt	ns
Pokrovnost zeliščne plasti	0,30(0,08)***	ns	ns	0,37(0,13)**
Pokrovnost grmovne plasti	ns	0,75(0,40) ^o	1,19(0,42)**	ns
Pokrovnost grmovne plasti ²	ns	-0,16*(0,07)*	-0,25(0,07)***	ns
Rastišče: hladno proti ravno	ns	0,83(0,42)*	0,38(0,38)	-0,93(0,33)**
Rastišče: toplo proti ravno	ns	-0,17(0,37)	-0,76(0,38)*	-0,44(0,28)
Naključni faktor ^a : raziskovalni objekt	0,40(0,63)	0,86(0,93)	<0,01(<0,01)	0,35(0,59)
Naključni faktor: ploskev na objektu	<0,01(<0,01)	0,12(0,35)	<0,01(<0,01)	<0,01(<0,01)

^a Za naključne faktorje modela GLMM je podana varianca in v oklepaju standardni odklon

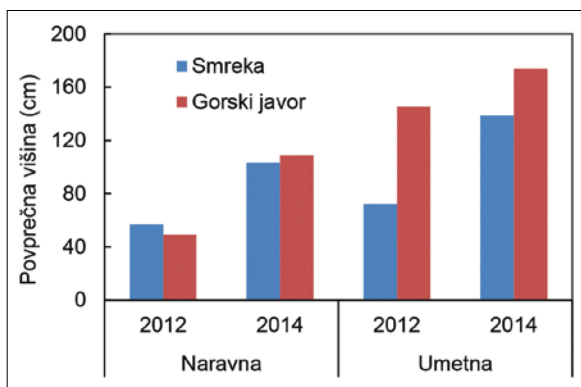
Stopnje značilnosti: ^o $p < 0.10$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.0001$

ns: ni značilno; nt: ni testirano



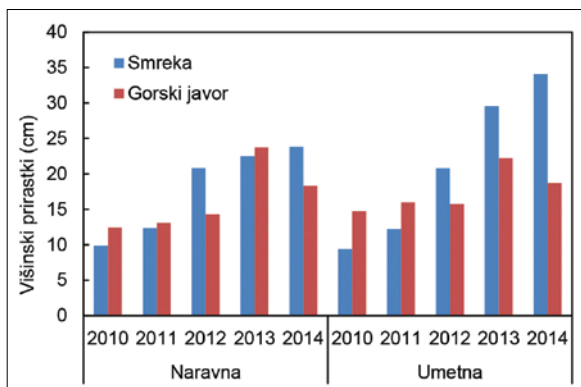
Slika 4: Gostota (ha^{-1}) dominantnih dreves naravnega mladja na ploskvah naravne obnove in sadik na ploskvah umetne obnove po raziskovalnih območjih in letih

Figure 4: Density (ha^{-1}) of dominant seedlings on plots of natural regeneration and planted seedlings on planted plots according to research area and year



Slika 5: Povprečne višine (cm) osebkov smrek in gorskega javorja glede na leto in način obnove

Figure 5: Average heights (cm) of spruce and sycamore maple according to year and type of regeneration



Slika 6: Povprečni letni višinski prirastki dominantnih osebkov naravnega mladja in sadik gorskega javorja in smreke v letih od 2010 do 2014

Figure 6: Average annual height increments of dominant seedlings of natural regeneration and planted spruce and sycamore maple seedlings in the period 2010-2014

V letu 2012 so bile smrekove sadike v povprečju visoke 72 cm. Bile so višje od dominantnih samoniklih smrek, ki so bile povprečno visoke 57 cm. Razlike v višinah so se v letu 2014 povečale, saj so bile sadike smreke povprečno visoke 139 cm, dominantno mlajše pa 103 cm. Sadike gorskega javorja so bile v letu 2012 povprečno visoke 145 cm, dominantno mlajše pa le 49 cm (slika 5).

Prirastki sadik in naravnega mladja smrek so bili v prvih treh letih zelo podobni. V letu 2013 in 2014 se je nakazal pospešek višinskega priraščanja pri sadikah (slika 6).

Povprečni višinski prirastki sadik gorskega javorja so bili prvi dve rastni sezoni nekoliko večji kot pri dominantnih osebkih, v obdobju 2012–2014 pa so se izenačili. Pri tem je treba upoštevati, da so bile višine dominantnih osebkov gorskega javorja v letu 2012 skoraj trikrat manjše kot pri sadikah, kar pomeni, da so bili relativni prirastki dominantnih javorjev skoraj trikrat večji kot pri sadikah.

Na splošno so imeli dominantni osebki manj ravnega prostora kot sadike, saj so bile te višje in so bile tudi večkrat obžete, medtem ko naravno mlajše ni bilo negovano. Mediane sproščene ravnega prostora v letu 2012 so pri dominantnih osebkih znašale dva kvadranta in pri sadikah tri, v letu 2014 pa enega oz. tri kvadrante.

Regresijski modeli preživetja sadik in dominantnega mladja skupaj nakazujejo pozitivno povezavo med preživetjem in višino drevesa, manjšimi poškodbami zaradi objedanja divjadi, spremenjenimi mikrorastišči in večjim razpoložljivim ravnim prostorom (preglednica 3). Model preživetja za smreko in gorski javor, kot najpogostejših dreves (81 % vseh dreves), nakazuje večje preživetje samoniklega mladja. Preživetje je bilo večje na hladnejših legah, na spremenjenih mikrorastiščih, bližje gozdnemu robu in na večjih nadmorskih višinah. Preživetje smreke je bilo večje kot pri gorskem javorju (94 % proti 86 %).

Preglednica 3: Koeficienti negativnega binomskega regresijskega modela odvisnosti preživetja sadik in dominantnega mladja naravne obnove

Table 3: Negative binomial regression model parameter estimates for models predicting survival of planted seedlings and dominant trees of natural regeneration

	Vse drevesne vrste	Smreka in gorski javor
Konstanta	0,82(0,67)	1,59(1,23)
Način obnove (saditev)	ns	-1,29(0,41)**
Višina drevesa v 2012	0,26(0,05)***	0,36(0,07)***
Mikrorastišče (nepoškodovano)	-0,82(0,31)**	-0,92(0,38)*
Prostor za rast (zastrt)	-0,47(0,24)*	ns
Objedanje 2012 (brez proti srednje)	0,19(0,34)	ns
Objedanje 2012 (brez proti močno)	-0,96(0,46)*	ns
Drevesna vrsta (smreka)	nt	-0,64(1,15)
Rastišče (drugo)	ns	-0,78(0,30)**
Nadmorska višina	ns	0,001(0,001)
Razdalja do gozdnega roba	ns	-0,56(0,29)*
Vrsta : Nadmorska višina	ns	0,002(0,001)*
Naključni faktor^a: raziskovalno območje	0.48(0.69)	< 0.001(<0.001)

^a Za naključne faktorje je podana varianca in v oklepaju standardni odklon

Stopnje značilnosti: * p < 0.05, ** p < 0.001, *** p < 0.0001

ns: ni značilno; nt: ni testirano

Leta 2012 je bila vitalnost dominantnega smrekovega mladja višja kot pri sadikah, v letu 2014 ni bilo razlik v vitalnosti. Istega leta je bil največji delež dobro vitalnih sadik (53 %) na območju Črničva, medtem ko so bile sadike na Bohorju srednje do slabe vitalnosti. V letu 2014 je inventura pokazala značilno izboljšanje stanja vitalnosti sadik na vseh treh območjih. V letu 2012 ni bilo razlik v vitalnosti samoniklega dominantnega mladja in sadik gorskega javorja. Vitalnost dominantnega mladja gorskega javorja se je izboljšala v obdobju dveh let. Vitalnost sadik je bila podobna na obeh območjih (Črnivec in Bohor), dobro vitalnih je bilo 35–40 % sadik.

Objedenost dominantnega mladja zaradi divjadi je bila v letu 2012 podobna kot pri sadikah, v letu 2014 pa je bila večja. Največ poškodb je bilo na Trnovskem gozdu, kjer je bilo v letu 2012 poškodovanih in zelo poškodovanih 35 % dominantnih dreves, sledita Črnivec z 9 % in Bohor z 8 % poškodovanih. Najbolj objedene drevesne vrste so bile gorski javor, jelka, bukev in mali jesen.

4 RAZPRAVA 4 DISCUSSION

4.1 Samoniklo naravno mladje na vegetacijskih ploskvicah

4.1 Natural regeneration on vegetation plots

Med letoma 2012 in 2014 se gostote naravnega mladja niso bistveno povečale, kar lahko pojasnimo z zapolnjenostjo prostora z obilno zeliščno

in grmovno plastjo. Le-ta se je v dveletnem obdobju še povečala in omejuje vraščanje pomladka drevesnih vrst, kar ugotavljajo tudi drugi avtorji (npr. Wohlgemuth in sod., 2002; Brang in sod., 2004; Klemen, 2012). V obeh letih smo zabeležili zelo malo klic kljub semenjenju, kar nakazuje, da se glavni nasemenitveni val končuje. Srednjeročno bodo imele v sukcesijskem razvoju vse večjo vlogo vrste, ki lažje tekmujejo s pritalno vegetacijo, npr. gorski javor. Zelo verjetno je grmovna plast na skrajnostnih in najboljših rastiščih ovirala razvoj mladja svetloлюбnih in pionirskih drevesnih vrst. V zeliščni in grmovni plasti so prevladovale vrste iz rodu robid, kar je značilno za razmere, ki nastanejo po ujmah (Wohlgemuth in sod., 2012; Novakova in Jonašova, 2015). Na zgornjem delu pobočja na Črničvu se je v zeliščni plasti zelo razvila vijugava masnica (*Avenella flexuosa* (L.) Drej.; slika 7), ki otežuje nasemenitev in razvoj naravnega mladja, kar navajajo tudi drugi (Wohlgemuth in sod., 2002; Hanssen, 2003; Jonašova in Prach, 2004).

Med ploskvami naravne in umetne obnove je bila v letu 2012 štiri- in v letu 2013 trikratna razlika v gostotah samoniklega mladja. To deloma lahko pripišemo obžetvi sadik, s katero lahko nenamerno odstranimo tudi samoniklo naravno mladje. Delež samoniklih sencoždržnih vrst, ki so tudi ekonomsko zanimive, je bil skoraj dvakrat večji na ploskvah naravne obnove kot na ploskvah umetne, na slednjih je bil večji delež svetloлюбnih vrst. Razlog za večji delež sencoždržnih vrst na ploskvah naravne obnove je morda bolj stabilna



Slika 7: Gosta travna ruša vijugave masnice (*Avenella flexuosa*) zelo ovira naravno pomlajevanje na zgornjem delu pobočja severnega dela Črničva.

Figure 7: Thick grass (*Avenella flexuosa*) inhibits natural regeneration on the upper slope of the northern part of Črnivec.

pokrovnost zeliščne in grmovne plasti, saj na takih delih ni bilo vpliva na vegetacijo zaradi saditve in negovalnih del. Na ploskvah umetne obnove se je lažje ohranilo svetloljubno mladje.

Pokrovnost samoniklega mladja je v letu 2014 znašala 15 %. Kar 40 % ploskvic je bilo brez samoniklega mladja. Rezultati kažejo, da je v nekaterih delih odprtih naravna obnova zadovoljiva ali dobra, medtem ko ostajajo predeli, kjer bi bilo potrebno saditev. Tak primer je zgornji del Črničva ter območje Trnovskega gozda. Na slednjem sta bili gostota in pokrovnost naravnega mladja najmanjši zaradi zaostrenih ekoloških razmer: visoke nadmorske višine (1000 m in več), plitvih kraških tal, velike skalovitosti in deloma tudi južnih leg.

4.2 Primerjava sadik in dominantnega mladja na pomladitvenih ploskvah

4.2 Comparison of planted seedlings and dominant seedlings of natural regeneration

Gostote sadik so bile največje na Trnovskem gozdu, kjer je bila saditev usmerjena na manjše površine. Večinoma so bile to vrtače, kjer so tla bolj vlažna, manj skalovita in globlja. Gostote saditev na območju Bohorja in na Črničvu so odraz saditev na večjih površinah, pri čemer je bila odločitev za območje saditve bolj odvisna od zanimanja lastnika kot od rastiščnih razmer. Mortalitet dominantnega naravnega mladja je bila največja na Trnovskem gozdu. Mladje je bilo slabo razvito, na kar kažejo majhne gostote in višine (povprečna višina: Trnovski gozd – 25 cm, Bohor – 130 cm, Črničev – 55 cm). Na slabo

razvito mladje na Trnovskem gozdu kaže tudi delež zasedenosti kvadrantov z dominantnim mladjem, ki je se je v letu 2014 zmanjšal iz 60 % na 25 %. Tudi druge raziskave kažejo, da se verjetnost preživetja mladja veča z njihovo višino (Schönenberger, 2002; Hanssen, 2003).

Struktura dominantnih osebkov naravnega mladja in sadik nakazuje prihodnji razvoj zmesi. V letu 2014 je bila gostota sadik za 50 % večja kot gostota dominantnih osebkov. Drugi parametri, kot so višina, višinski prirastki in premer koreninskega vratu, so bili višji pri sadikah. Zaradi obzeteve so imele sadike več ravnega prostora kot dominantni osebki. Po drugi strani pa je bila zmes dominantnega mladja bližje naravnim razmeram.

V poprečju so bile sadike v obeh letih višje od dominantnega mladja. Najvišje sadike in mladje je bilo na območju Bohorja, kjer je hitra rast posledica višjih temperatur. Višina drevesa je bila v modelih preživetja v pozitivni zvezi s preživetjem sadik in dominantnega mladja. Trend in višinski prirastki sadik in dominantnega mladja smreke so bili v prvih treh letih (2010–2012) primerljivi, v letih 2013 in 2014 pa je nakazana pospešena višinska rast smrekovih sadik. Manjši relativni prirastek sadik lahko pripišemo presaditvenemu šoku, ki se pri sadikah pojavi prvo in drugo leto po presaditvi (Grossnickle, 2012). Manjši absolutni višinski prirastki dominantnih smrek v letih 2013 in 2014 so najverjetneje posledica manjših povprečnih višin ter ravnih razmer, saj so naravne smreke pogosto uspevale v gostih skupinah, kjer prihaja do tekmovanja za svetlobo, hranila in vodo, medtem ko so sadike imele več ravnega prostora (slika 8).



Slika 8: Skupine naravnega smrekovega mladja na raziskovalnem območju Črničev
Figure 8: Groups of natural Norway spruce regeneration at Črničev area

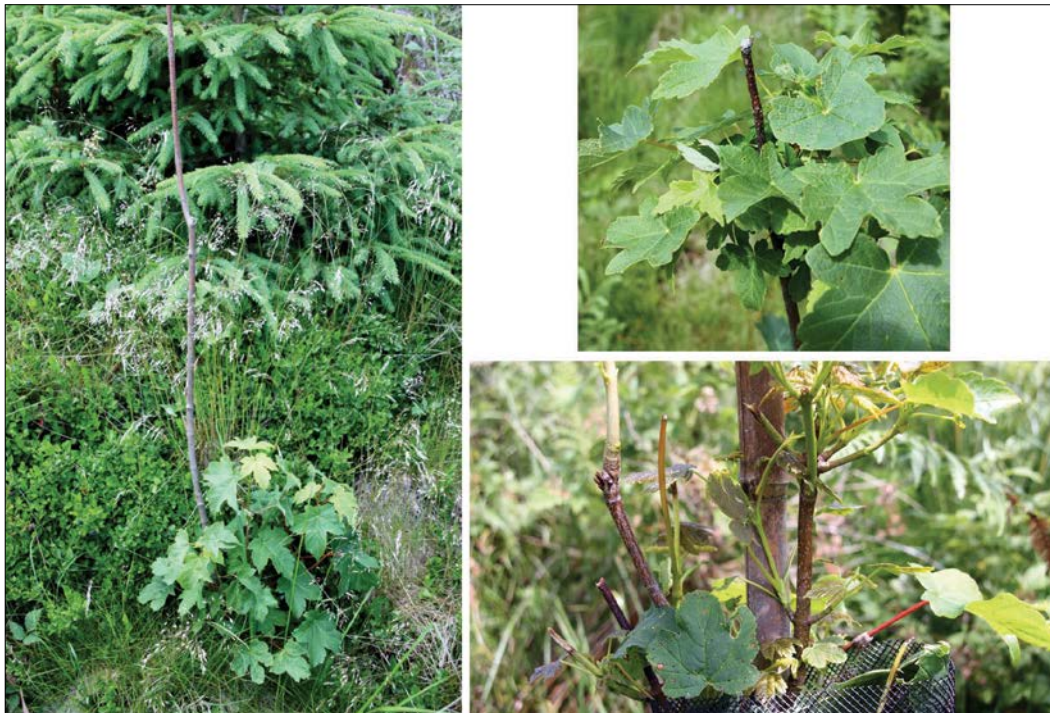
Slabša vitalnost sadik smreke je bila verjetno posledica presaditvenega šoka in prilagajanja na rastiščne razmere. Sadike gorskega javorja so bile v 2012 trikrat višje kot dominantno mladje. Ob upoštevanju dejstva, da so bile v obeh obdobjih sadike višje od dominantnega mladja, so bili relativni prirastki dominantnih javorjev v letu 2012 skoraj trikrat višji in v letu 2014 skoraj dvakrat višji kot pri sadikah. Različni vzroki bi lahko vplivali na šibko priraščanje sadik gorskega javorja, med drugim tudi uporaba semena iz neprimerne višinskega pasu. V letu 2008 je bilo v Sloveniji več ujm, zato je bilo v naslednjih letih večje povpraševanje po sadikah. Na Črnicu so imele sadike gorskih javorjev pogosto majhne krošnje in posušen vršni poganjek, izpod katerega sta poganjala dva ali več novih poganjkov (slika 9 desno) ali se je celotna sadika posušila in na novo odgnala tik nad tlemi (slika 9 levo). Opazili smo tudi primere, ko je kljub zaščiti sadiko objedla divjadi (slika 9 spodaj). Slabo stanje sadik gorskega javorja se je izrazilo tudi v modelu preživetja, ki je nakazal slabše preživetje v primerjavi z dominantnim mladjem.

Ocena ravnega prostora sadik in dominantnega mladja je bila pričakovano večja pri sadikah, ki so bile višje in so bile večinoma večkrat obžete (zlasti sadike smrek). Dominantno mladje je imelo manj ravnega prostora tudi zaradi nižjih povprečnih višin, kar nakazuje potrebo po negi naravnega mladja na naravno obnovljenih površinah, s čimer bi pospešili razvoj in višinsko rast ciljnih drevesnih vrst.

5 ZAKLJUČEK

5 CONCLUSION

V tej raziskavi smo se sicer podmladka izogibali, vendar rezultati kažejo, da je bilo nekaj mladja na ploskvah razvitega že pred ujmo in je zaradi časovne prednosti pred sadikami in naravnim mladjem vplival na pomladitvena dogajanja mladja, ki se je nasemenilo kasneje. Podmladek zmanjšuje odvisnost od naravne obnove po ujmi, na katero bistveno vplivajo razpoložljivost semena, vznik in rast mladja, ki je lahko upočasnjena zaradi zaostrenih ekoloških razmer.



Slika 9: Vitalnost sadik gorskega javorja na območju Črnicu v letu 2015

Figure 9: Vitality of planted sycamore maple seedlings at Črnic area in 2015

Gostote sadik so bile večje od gostot dominantnega mladja, kar poleg deleža nepomlajene površine ploskev nakazuje njegovo neenakomerno prostorsko porazdelitev (preglednica 4). Umetna obnova s saditvijo je smiselna na rastiščih, kjer je treba čim prej vzpostaviti določene funkcije gozda. Prav tako je smotrna na mestih z zelo razvito pritalno vegetacijo brez zasnov naravnega mladja ali pa kadar le-to ne sestavljajo vrste, skladne z gozdnogojitvenim ciljem. Umetna obnova s saditvijo smreke se je izkazala kot uspešna. Vendar je pri iglavcih v Sloveniji saditev dražja kot v

razvitih državah, kjer obnova temelji na saditvi in se cena za osnovanje hektarskega nasada iglavcev giblje okoli 1000 € (Willoughby, 2004; Guldin, 2016). Zato so mogoče izboljšave. V Sloveniji je še bolj pereče vprašanje izboljšanja uspeha saditve listavcev. Njihova stopnja preživetja je nizka, izdatki pa so veliki. Šelb (2008) za saditev 2000 sadik gorskega javorja na hektar z zaščito tulcev in vzdrževanjem (obžetev) navaja izdatek v višini več kot 10.000 €. Takšen izdatek bi težko upravičili tudi ob 100-odstotnem uspehu saditve. Listavci, ki jih najpogosteje uporabljamo pri sadi-

Preglednica 4: Sinteza rezultatov naravne in umetne obnove

Table 4: A synthesis of results of natural and artificial regeneration

Vegetacijske ploskvice	Naravna	Umetna
Gostota samoniklega mladja na ha 2014	22.727	7.292
Pokrovnost zeliščne in grmovne plasti (%)	117	116
Pokrovnost drevesnih vrst (%)	18	10
Delež sencodržnih v številu (smreka, jelka, bukev) (%)	69	30
Delež gospodarsko zanimivih v številu (%)	75	40
Delež sencodržnih v pokrovnosti drevesnih vrst (%)	51	24
Delež ploskvic brez naravnega mladja v 2014 (%)	28	47
Sadike in samoniklo dominantno mladje	Naravna	Umetna
Gostota na ha 2014	450 – 1.700	1.200 – 2.500
Površina brez mladja (naravnega ali sadik) na ploskvi (%)	39	26
Mortaliteta (%)	18 – 53	18
Smreka – višina 2014 (cm)	103	139
Gorski javor – višina 2014 (cm)	109	174
Smreka – višina 2012 (cm)	57	72
Smreka – višinski prirastek 2012 (cm)	21	21
Smreka – višinski prirastek 2014 (cm)	24	34
Gorski javor – prirastek 2014 (cm)	19	18
Smreka – premer kor. vratu 2014 (mm)	23	33

tvi, imajo v primerjavi s smreko manj pionirske značilnosti, saj so bolj izpostavljeni abiotskim in biotskim dejavnikom. Domače in tuje praktične izkušnje kažejo, da je na splošno saditev listavcev manj uspešna in bolj tvegana kot saditev iglavcev. Pri naravnem mladju sencozdržnih vrst, še posebno jelke, pa je treba upoštevati, da se težje prilagodijo oz. uveljavijo v razmerah velikih sestojnih odprtih (Čater in sod., 2014; Čater in Diaci, 2017).

Po saditvi, zlasti pri iglavcih, izvajamo obžetev sadik, s čimer nenamerno odstranimo samoniklo naravno mladje številnih ciljnih drevesnih vrst. Naravna obnova je imela na večini rastišč dober potencial, zato bi bilo smiselno del sredstev, namenjenih za umetno obnovo, preusmeriti v nego naravnega mladja. Nega bi vključevala označevanje, na primer 100–300 samoniklih mladice, ki bi jih ob razvoju konkurenčne vegetacije obželi več let zapored. Za uspešno označevanje in nego dominantnega mladja bi bilo potrebno dodatno izobraževanje delavcev in lastnikov gozdov o razpoznavanju in ekologiji drevesnih vrst.

V primeru umetne obnove bi lahko izboljšali uspeh s saditvijo na izbrana mesta, kjer pričakujemo večje preživetje (Frehner, 2001) ali s saditvijo v skupinah (Saha in sod., 2012). Možnosti za racionalizacijo obnove so tudi z uporabo setve na izbrana mesta, vendar je pri tem večinoma potrebna priprava tal in kasnejša nekoliko dolgotrajnejša obžetev (Willoughby in sod., 2004; Klemen, 2012). Da bi zagotovili večji uspeh saditve, zlasti na rastiščih, kjer se občasno pojavljajo zaostrene ekološke razmere, bi bilo po zgledih iz tujine smiselno preverjati uspešnost kontejnerske saditve. Takšne sadike so odpornejše proti pomanjkanju hranil in vlage. Za racionalizacijo obnove bi bilo smiselno tudi strniti izkušnje o uporabi puljenk. Smiselno bi bilo razmisliti tudi o razvoju metode za preverjanje uspešnosti sanacije. Z uporabo slednje bi lažje presojali uspeh obnove, se odločali o dopolnilni saditvi in pravočasno zaznali nujna negovalna dela. Neposredno po ujmah je težko predvideti potek sukcesijskega razvoja vegetacije, zato so odločitve o načinu biološke sanacije obremenjene s tveganjem. V prihodnje bi bilo treba za boljše odločanje osnovati več kontroliranih poskusov različnih načinov obnove po ujmah, saj so retrospektivne študije, kot je pričujoča,

pogosto obremenjene s povezanostjo načina ukrepanja z rastiščem in za raziskovalno delo ne dovolj natančnim dokumentiranjem ukrepanja.

6 POVZETEK

Naravne motnje so pomembno gonilo razvoja gozdnih ekosistemov. S podnebnimi spremembami se večata njihova jakost in pogostost in s tem tudi poškodbe gozdov. Po tehnični sanaciji poškodovanih gozdov se odločamo o načinu biološke sanacije. Številne raziskave kažejo, da naravna obnova daje zadovoljive rezultate, medtem ko v svetu še vedno prevladuje umetna obnova. V raziskavi smo primerjali uspeh naravne in umetne obnove po vetrolomih iz leta 2008 v različnih delih Slovenije na treh lokacijah (Črničev, Bohor, Trnovski gozd). Meritve smo opravili v letih 2012 in 2014. Na umetno obnovljenih površinah smo na ploskvah umetne obnove popisali vse sadike, na površinah, prepuščenih naravni obnovi, pa smo ploskev naravne obnove razdelili na šestnajst kvadrantov, znotraj katerih smo popisali dominanten osebek naravnega mladja. Znotraj naravnih in umetnih ploskev smo osnovali še dve manjši vegetacijski ploskvi (velikosti 1 m x 3 m), na katerih smo popisali pokrovnost vseh rastlinskih vrst in gostote naravnega mladja.

Rezultati kažejo, da je bila gostota naravnega mladja med raziskovalnimi območji in objekti raziskave različna. Na območju Trnovskega gozda je bila zaradi zaostrenih ekoloških razmer (plitva apnenčasta tla, visoka nadmorska višina) naravna obnova pomanjkljiva, medtem ko je bila na območju Bohorja dobra na vseh rastiščih. Na Črničevu je bila uspešna na večini rastišč, razen na zgornjem delu južnega pobočja, kjer zelo prevladuje trava vijugava masnica in onemogoča pomlajevanje. Gostote se med letoma 2012 in 2014 niso povečale, verjetno zaradi zapolnjenosti prostora z obilno pritalno vegetacijo, katere pokrovnost se je v tem obdobju povečala. Gostote naravnega mladja so bile trikrat (2012) in štirikrat (2014) večje na ploskvah z naravno obnovo. Razlike v gostoti lahko delno pripišemo vplivu obžetve sadik, s čimer odstranimo tudi samoniklo naravno mladje, in hoji v času obžetve in saditve, ki lahko poškoduje naravno mladje. Dejavnik o odločitvi za saditev na izbrana mesta, kjer pričakujemo pomanjkanje

naravnega mladja, lahko izključimo, saj je bila odločitev odvisna od lastnika in lokacije njegove parcele (Črnivec) ali odločitve za saditev na boljša rastišča z večjo verjetnostjo preživetja sadik (vrtače v Trnovskem gozdu). Navedeno potrjuje tudi fitoindikacija ploskev. Delež sencozadržnih vrst v naravnem mladju je bil več kot dvakrat večji na ploskvah naravne obnove (69 % in 30 %), delež svetloljubnih drevesnih vrst pa večji na ploskvah umetne (50 % in 20 %). Rezultat je verjetno posledica motenj zaradi hoje in obžetve pritalne vegetacije na ploskvah umetne obnove, kjer imajo tekmovalno prednost svetloljubne vrste, medtem ko je bila na ploskvah naravne obnove pokrovnost vegetacije konstantnejša in so zato imele konkurenčno prednost sencozadržne vrste. Višine sadik so bile višje kot dominantni osebki naravnega mladja. Višinski prirastki smrek so bili v zadnjem obdobju večji pri sadikah kot pri dominantnih osebkih, kar pripisujemo značilnosti pojavljanja naravnih smrek, ki pogosto v gostih skupinah tekmujejo za svetlobo in hranila, medtem ko sadike rastejo posamično in imajo zato več ravnega prostora. Dominantni osebki gorskega javorja so kljub bistveno nižjim višinam imeli večje višinske prirastke kot sadike. Vitalnost gorskega javorja na območju Črnivca je slaba, pogosto se pojavljajo majhne krošnje in posušeni glavni poganjki, medtem ko je naravno mladje gorskega javorja vitalno, pojavljajo pa se poškodbe zaradi objedanja divjadi. Vitalnost sadik gorskega javorja na območju Bohorja je bila dobra. Izsledki kažejo, da je bila na večini rastišč naravna obnova zadovoljiva ali ima velik potencial. Saditev in z njo povezane aktivnosti vsaj delno negativno vplivajo na gostote in zmes drevesnih vrst. Sredstva, namenjena saditvi, bi bilo bolj smiselno uporabiti za nego naravnega mladja – označevanje dominantnih osebkov naravnega mladja in obžetev v prvih letih po ujmi.

6 SUMMARY

Natural disturbances are main drivers of forest ecosystem dynamics. Climate change increases the frequency and intensity of natural disturbances thus damaging the forests. After salvage logging we are faced with a decision on how to restore the site. Several studies show that natural regener-

ation is often sufficient, while globally planting is the most common practice. We studied the densities and growth characteristics of natural and artificial regeneration after wind storms that caused stand damage at several locations (Črnivec, Bohor, Trnovski gozd) in 2008. Field measurements were performed in 2012 and repeated in 2014. On plots with artificial regeneration, all planted seedlings were measured, while on plots with natural regeneration, each dominant tree of the natural regeneration was sampled in each of 16 equal quadrants (2.5 x 2.5 m) within the plot. Within all of the plots, 2 smaller vegetation subplots 1 x 3 m in size were established where the cover of each plant species was estimated and natural regeneration was counted.

Results show that densities of natural regeneration varied within and between research areas. Natural regeneration densities in Trnovski gozd were not sufficient due to more extreme ecological conditions (shallow limestone sites, high altitude), while on the Bohor area, the densities were high. At Črnivec natural regeneration was sufficient on the majority of sites except those from the upper slope of the northern part where thick grass of *Avenella flexuosa* (L.) Drej. inhibits natural regeneration. Densities of natural regeneration did not increase in the two-year period, probably due to the thick ground vegetation cover which increased in the observed period. Average densities of natural regeneration were three (2012) and four times higher (2014) on plots with natural regeneration. The large differences were likely due to ground vegetation removal (weeding) around the planted seedlings, which can result in the unintentional removal of natural regeneration. Differences in densities cannot be explained on the basis of different site conditions (e.g. planting on selected sites with less natural regeneration) since the decision for planting was the responsibility of the forest owner and the location of his parcel (Črnivec) or the decision to plant in karst sinkholes with higher probability of survival of planted seedlings (Trnovski gozd). This was also confirmed by plant ordination where vegetation subplots showed very similar ecological conditions. The share of shade tolerant species in the natural regeneration was two times higher on plots with natural regeneration (96 vs 30 %), while the proportion of light demanding species was

higher on plots with artificial regeneration (50 vs 20 %). This might be due to walking around planted seedlings and ground vegetation removal on plots with artificial regeneration, where light demanding species have a competitive advantage compared to the more constant presence of vegetation cover on plots with natural regeneration where shade tolerant species are more competitive.

Planted seedlings were taller compared to the dominant trees of natural regeneration. Height increments of spruce in the last period were bigger than the increment with dominant trees. The reason is growth space, where planted seedlings grow individually while natural spruce often grows in groups where it competes for resources. Dominant trees of sycamore maples were lower but had larger height increments than planted seedlings. The vitality of sycamore maple at Črnivec is low; often they have small crowns and terminal shoots tend to die, while dominant trees are vital but often damaged by browsing. The vitality of planted maple seedlings on Bohor was good. Results show that natural regeneration is sufficient and has great restoration potential on the majority of sites. Where natural regeneration was not sufficient or absent, planting is reasonable. The economic budget directed towards planting could alternatively be allocated to marking, ground vegetation removal, and tending of selected dominant trees of natural regeneration.

7 ZAHVALA

7 ACKNOWLEDGMENTS

Zahvaljujemo se sodelavcem ZGS za sodelovanje pri osnovanju in izpeljavi raziskave, še posebno Vojku Černigoju in Dušanu Premu, Marjanu Denši in Slavku Tevžu, Mojci Bogovič, Antonu Hostniku ter Milanu Kostevcu. Raziskava je potekala v sklopu projekta Ekološka sanacija naravnih ujm v gozdovih (L4-4091), ki sta jo omogočila ARRS in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Raziskavo je sofinancirala Pahernikova ustanova.

8 VIRI

8 REFERENCES

- Brang P., Schönenberger W., Fischer A. 2004. Reforestation in Central Europe: lessons from multi-disciplinary field experiments. *Forest Snow and Landscape Research*, 78: 53–69.
- Čater M., Diaci J., Rožnberger D. 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, 325: 128–135.
- Čater M., Diaci J. 2017. Divergent response of European beech, silver fir and Norway spruce advance regeneration to increased light levels following natural disturbance. *Forest Ecology and Management*, 399, 206–212.
- Fidej G. 2016. Načini sanacij posledic ujm in uspešnost obnove sestojev na rastiščih bukovich gozdov: doktorsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 116 str.
- Fidej G., Klaužer S., Klemen K., Rozman A., Diaci J. 2013. Primerjava naravne in umetne obnove gozdov, prizadetih v naravnih ujmah. *Gozdarski vestnik*, 71: 19–25.
- Frehner, M. (2001), Entwicklung von Fichtenverjüngung im Lehrwald Sedrun der ETH Zürich (nördliche Zwischenalpen), *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 152(1): 12–24.
- Grossnickle S.C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43: 711–738.
- Guldin J. 2016. »The Science and the Art of Uneven-aged Silviculture Little Rock«, Arkansas, ZDA (osebni vir, 1. 6. 2016.)
- Hanssen K. H. 2003. Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. *Forest Ecology and Management*, 180: 199–213.
- Jerele M. 2014. Primerjava naravne in umetne obnove gozda po vetrolomu na Nazarskem območju leta 2008: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 63 str.
- Jonašova M., Prach K. 2004. Central-European Mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering*, 23: 15–27.
- Klaužer S. 2012. Uspešnost naravne in umetne obnove vetrolomnih površin na širšem območju Bohorja: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 34 str.
- Klaužer S. 2015. Razvoj sajenega in naravnega mladja na vetrolomnih površinah Črnivca in Bohorja : II magistrsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 105 str.
- Klemen K. 2012. Uspešnost sanacije vetrolomnih površin s setvijo na primeru GGE Kamnik: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 40 str.

- Kolšek M. 2008. Poškodovanost gozdov v poletnih neurjih 2008 in potek sanacije. *Gozdarski vestnik*, 66: 7–8.
- Medja U. 2014. Naravna in umetna obnova v ujmah poškodovanih gozdnih sestojev v Območni enoti Bled: II magistrsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 62 str.
- Novakova M. H., Edwards-Jonašova M. 2015. Restoration of Central-European mountain Norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management*, 344: 120–130.
- Papler - Lampe V. 2009. Presoja ukrepov pri sanacijah ujm 2006–2008. *Gozdarski vestnik*, 67: 271–282; 365–376.
- Pickett, S. T. A., and J. N. Thompson (1978), Patch Dynamics and Design of Nature Reserves, *Biological Conservation*, 13 (1): 27–37.
- Saha S., Kuehne C., Kohnle U., Brang P., Ehring A. in sod. 2012. Growth and quality of young oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) grown in cluster plantings in central Europe: A weighted meta-analysis, *Forest Ecology and Management*, 283: 106–118.
- Schönenberger W. 2002. Post windthrow stands regeneration in Swiss mountain forests: the first ten years after the 1990 storm Vivian. *Forest Snow and Landscape Research*, 77: 61–80.
- Seidl R., Schelhaas M. J., Lexer M. J. 2011. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17, 9: 2842–2852.
- Ščap Š., Klopčič M., Bončina A. 2013. Naravna obnova gozdnih sestojev po vetroloju na Jelovici. *Gozdarski vestnik*, 71, 4: 195–212.
- Šelb M. 2008. Analiza uspešnosti zaščite mladja s tulci in mrežami. Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kranj: 55 str.
- Škvarč J. 2014. Sanacije v ujmah poškodovanih gozdnih sestojev v območni enoti Tolmin: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 68 str.
- Westergren, M., Božič, G., Kraigher, H. 2017. Trendi v gozdnem semenarstvu in drevsničarstvu v Sloveniji. *Gozdarski Vestnik*, 75:4.
- Willoughby O., Jinks R. L., Kerr G., Gosling P. G. 2004. Factors affecting the success of direct seeding for lowland afforestation in the UK. *Forestry*, 77: 467–482.
- Wohlgemuth T., Kull P., Wüthrich H. 2002. Disturbance of microsites and early tree regeneration after windthrow in Swiss mountain forests due to the winter storm Vivian 1990. *Forest, Snow and Landscape Research*, 77: 17–47.