

Sodobna izhodišča redčenj: povezovanje načel izbiralnega redčenja, situacijskega redčenja, redčenja šopov in skupin ter redčenja spremenljive gostote

Contemporary concepts for Thinnings: Connecting the Principles of Selective Thinning, Situational Thinning, Thinning of Clusters and Groups, and Variable Density Thinning

Jurij DIACI^{1*}, Dušan ROŽENBERGAR¹, Gal FIDEJ¹, Domen ARNIČ²

Izvleček:

V Evropi so razširjeni različni načini redčenj, ki so delno odgovor na različne cilje gospodarjenja; delno so posledica tradicije in različnih kulturnih okolij. S spremembami v okolju in zaostrovanjem družbeno-ekonomskih razmer ter splošnim nazadovanjem nege gozdov postajajo odločitve o najprimernejšem načinu in intenzivnosti redčenj vse pomembnejše. V prispevku primerjamo situacijsko redčenje, redčenje šopov in skupin, redčenje spremenljive gostote in pri nas ustaljeno izbiralno redčenje. Navajamo usmeritve, kako redčenja kombinirati ter kako izbrati primeren način in program redčenja. Na temelju sinteze dosedanjih raziskav izpostavljamo, da so za utemeljeno izboljšanje načinov redčenja pomembni poskusi v naravi.

Ključne besede: gojenje gozdov, nega gozda, redčenje, racionalizacija, stabilnost sestoja, porazdelitev izbrancev

Abstract:

Various methods of thinning forest stands are common in Europe. These are partly a response to diverse management objectives, partly due to tradition and cultural context. With environmental changes, rapidly transforming socio-economic conditions, and a general decline in forest management, decisions about the optimal method and intensity of thinnings are becoming increasingly important. In this paper, we compare situational thinning, thinning of clusters and groups, thinning of variable density and selective thinning, traditional in Slovenia. We propose guidelines for combining various thinnings and choosing a suitable model and program of thinning. Based on the synthesis of previous research, we point out that field experiments are important for the evidence-based improvement of thinning methods.

Key words: silviculture, forest tending, thinning, rationalization, stand stability, crop tree distribution

1 UVOD

Redčenja sodijo med najpomembnejše gozdno-gojitvene ukrepe v enomernih sestojih, saj z njimi spremljamo razvoj sestoja skozi večino njegovega razvoja. V srednji Evropi se je uveljavilo več načinov redčenja, ki so posledica različnih naravnih danosti in izkušenj ter hkrati tudi regionalne tradicije in kulturnih okolij, v katerih so se razvila (Burschel in Huss, 1987; O'Hara in sod., 2018). V Evropi se najpogosteje srečujemo z izbiralnim redčenjem, redčenjem ciljnih dreves oz. situacijskim redčenjem ter več oblikami skupinskih redčenja. V severni Ameriki pa je v zadnjem času velik poudarek na redčenju spremenljive gostote (angl. *Variable density thinning*). Gre za dokaj različna izhodišča ukrepanja v sestoju, še posebno glede na število in položaj izbrancev. Medtem ko

načela izbiralnega redčenja predpostavljajo več začetnih izbrancev in postopno zmanjševanje njihovega števila z razvojem sestoja (Schädlin, 1934), je izhodišče situacijskega redčenja manj izbrancev in njihova sorazmerno stabilna mreža (Schütz, 1996), redčenje šopov pa odklanja izhodišče enakomernih razdalj med izbranci ter pospešuje skupinsko rast in naravne strukture nasploh (Busse, 1935). Redčenje spremenljive gostote je usmerjeno v pospeševanje razvoja poznosukesijskih habitatov z uporabo različne intenzivnosti sečnje v sestoju in ustvarjanjem raznolikih strukturnih mozaikov v plasti krošenj (Carey, 2003). Splošni cilji različnih načinov redčenja v srednji Evropi so si precej podobni: doseganje večje strukturne stabilnosti, biotske raznolikosti in komercialne kakovosti sestoja ob

¹ Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

² Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

* dopisni avtor: jurij.diaci@bf.uni-lj.si

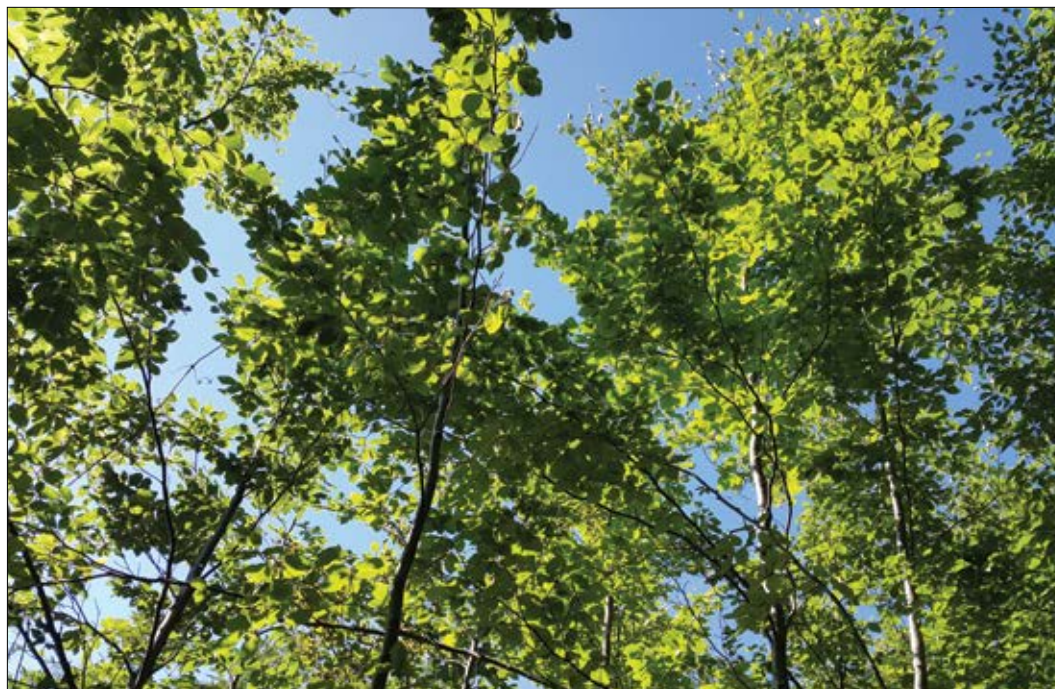
ohranjeni mikroklimi in razvojnimi procesi v tleh. Redčenje spremenljive gostote obravnava sestoje večjih prostorskih meril in vključuje tudi njihovo obnovo in/ali neukrepanje. Na prvi pogled se zato zdijo razlike v načinih redčenj presenetljive in predvsem subjektivne narave.

Uporaba več različnih načinov redčenj v srednjeevropskem gojenju gozdov je po eni strani posledica iskanja novih poti iz enosmerne ulice preveč togega izvajanja gojitvenih modelov, po drugi pa so prednosti enega načina pogosto slabosti drugega in obratno, kar potrjujejo sodobne raziskave (Ammann, 2013). Poleg tega je vsak izmed načinov primeren za uporabo v določenih naravnih in socio-ekonomskih razmerah. V zahtevnih razmerah, v kakršnih smo zaradi okoljskih sprememb, je pomembno, da smo o načinih redčenj ter njihovih prednostih in slabostih poučeni in dobro razmislimo o njihovem umeščanju v gozdarske načrte, saj so odločitve izrazito dolgoročne narave. V Sloveniji skoraj povsem prevladuje izbiralno redčenje (Mlinšek, 1968), ki smo ga od začetkov vpeljevanja le malo dopolnili. Zelo verjetno to ni optimalno, saj sta gozdarska stroka in znanost v tem obdobju precej napredovali, naravne in socio-ekonomske razmere so se izrazito spremenile, zapostavljanje preizkušanja novosti pa vodi v zaostajanje v razvoju. Nenazadnje lahko dobre izkušnje uporabe vsake izmed novih metod v praksi uporabimo za izboljšanje ustaljenih metod. V srednji Evropi je sicer v zadnjih desetletjih zaznati sorodne dopolnitve načinov redčenj v smeri zmanjševanja števila izbrancev, skrajševanja proizvodne dobe, vse večjega prilagajanja ekologiji posameznih drevesnih vrst in procesov čiščenja vej (Spiecker in Spiecker, 1988; Roženberger in sod., 2008; Wilhelm in Rieger, 2013; Lendvai in sod., 2020). Namen prispevka je predstaviti situacijsko redčenje, redčenje šopov in skupin ter redčenje spremenljive gostote, jih primerjati z izbiralnim redčenjem, predstaviti prednosti in pomanjkljivosti omenjenih načinov ter podati nekatere usmeritve, kako izbrati primeren model redčenj oziroma kako izhodišča različnih načinov redčenj kombinirati med seboj.

2 SITUACIJSKA NEGA IN REDČENJE

2.1 Izhodišča

Načela tradicionalne nege mladega gozda, izbiralnega redčenja in svetlitvenega redčenja, kot jih v veliki meri uporabljamo dandanes, so razvili na začetku prejšnjega stoletja (Schädelin, 1934). Od takrat do danes so nastale spremembe naravnega in družbenega okolja, ki se jim je treba z nego gozda prilagajati. Razlogi za izpopolnjevanje nege so nova spoznanja o razvoju gozdnih sestojev, pešanje ekonomske moči gozdnih obratov in večanje potreb po večji odpornosti sestojev (Ammann, 2013). Raziskave naravi prepuščenih gozdov v povezavi s tradicionalno nego nakazujejo: 1) da samodiferenciacija v sestoji poteka kljub neukrepanju, kar na primer pomeni, da najdebelejših 100 dreves ha^{-1} dosega primerljive premere in višine ne glede na ukrepe; 2) bojazen, da v primeru manj izbrancev ni dovolj rezerve, je odveč, ker se v polnilu sestoja zaradi samodiferenciacije razvijajo nadomestni izbranci; 3) veliko izbrancev vodi do utesnjevanja med njimi, zato postane velik del prvotnih izbrancev poznejših tekmecev; 4) za spodbujanje naravnega čiščenja vej so primernejše nekoliko večje gostote dreves v mladosti in 5) razdalje izbrancev se z razvojem sestoja ne morejo zvezno večati, ampak se teoretično povečujejo z mnogokratnikom izhodiščne razdalje (Schütz, 1996; Ammann, 2004). Ekonomski razlogi za vpeljevanje alternativ tradicionalni negi so v zaostajanju cen lesa za večanjem stroškov dela. To je še posebno izrazito pri bukovini, kjer cene lesa že dlje časa zastajajo, hkrati pa se razlike v ceni sortimentov manjšajo. Dandanes je ekonomsko težko upravičiti program nege s štirimi do šestimi ukrepi pred prvim vračanjem naložbe, kot ga predvideva tradicionalna nega. V obdobju vedno večje pogostosti in jakosti ujm postajajo vse pomembnejša vprašanja individualne in kolektivne stabilnosti sestoja. Še posebno zadnje, z večkratnim enakomernim ukrepanjem po celotnem sestoji s tradicionalno nego kratkoročno izraziteje zmanjšujemo kot pri situacijski negi, kjer se ohranja več stikov med krošnjami dreves (Slika 1).



Slika 1: Zgoraj – pogled na pretrgan sklep krošenj v bukovem letvenjaku po izbiralnem redčenju, s čimer je značilno nazadovala kolektivna stabilnost sestoja. Spodaj – odstranjevanje podstojnih dreves pri izbiralnem redčenju, ki so pomembna zaradi ohranjanja gozdne mikrokline, varovanja gozdnih tal, čiščenja in varovanja debel izbrancev ter kot zasnova polnilne plasti (foto: D. Roženberger).

Situacijska nega ponuja odgovore na nekatere prej predstavljenih kritik tradicionalne nege. Temelji na biološki racionalizaciji z upoštevanjem načel koncentracije in polnega upoštevanja naravnih samodejnih mehanizmov (Schütz, 1996). Situacijsko nego so razvili v Švici (nem. *Situative Pflege*) zaradi zaostrenih ekonomskih razmer in poudarjanja ekoloških funkcij gozda (Schütz, 1999). Po nekaterih izhodiščih je blizu redčenju ciljnih dreves (Abetz, 1975), vendar je med obema tudi veliko razlik. Izraz situacijski se nanaša na prostorski položaj izbrancev in jakost sproščanja, ki se prilagajata vsakemu posameznemu delu sestoja oz. izbrancu. Pospeshujemo manj izbrancev oziroma ciljnih dreves, večinoma v približnem končnem razporedu, vendar dosledno. Pri izbiri velja načelo, da imata vitalnost in stabilnost prednost pred kakovostjo, le-ta pa pred razdaljo med ciljnim drevesi. Jakost sproščanja se od ciljnega drevesa do ciljnega drevesa prilagaja razmeram in drevesni vrsti. V preostalem delu sestoja ne ukrepamo. Poleg načela koncentracije, v sklopu situacijskega redčenja, upoštevamo tudi načelo naravne samodejnosti, ki pomeni, da naravnem razvoju prepustimo vse, kar je skladno z našimi cilji; na primer: spodbujamo naravne procese razslojevanja, tekmovalnosti in izločanja ter čiščenja debel. Razvoj situacijske nege temelji na obsežnih primerjalnih študijah negovanih in nenegovanih sestojev (Ammann, 2004; 2013).

Tudi v Sloveniji že dolgo preizkušamo nove načine nege, med drugim tudi situacijsko nego in jo prilagajamo domačim razmeram (Krajčič in Kolar, 2000; Diaci, 2004; Arnič, 2016; Vrabič, 2016; Korošec, 2020). Več poskusnih objektov so sicer poškodovale ujme in rastlinojede živali, vendar izsledki nakazujejo nekoliko manjšo poškodovanost sestojev, negovanih s situacijsko nego (Orešnik J. 2009; Triplat, 2010; Laznik, 2011; Saje, 2014; Pavlin, 2016; Mencinger, 2017).

2.2 Situacijska nega v mladju in gošči

Situacijsko redčenje pomeni smiselno nadaljevanje ukrepov v mladju in gošči. Pri situacijski negi se program dela že v najzgodnejšem obdobju sestojnega razvoja značilno razlikuje od tradicionalne nege mladega gozda. Na splošno je začetek, z izjemo

svetloljubnih vrst, poznejši, večji poudarek je na pozitivni izbiri in osredotočenosti na ciljna oziroma elitna drevesa (Ammann, 2012); na primer: v mešanem mladju ne izvajamo nege mladja ali gošče, ampak izpeljemo enkratno pospeševanje manjšinskih, svetloljubnih, konkurenčno manj sposobnih vrst v končnem razmiku ciljnih dreves od 8 do 10 m, izjemoma lahko tudi na polovici končnega razmika od 4 do 5 m. Negovalno površino razdelimo na negovalne celice, ki so velikosti polno razvitih krošenj odraslih izbrancev. V vsaki celici izberemo kandidata in mu, če je potrebno, odstranimo enega ali dva tekmece. Enako velja za odstranjevanje plezalk in silaških osebkov, kjer se osredotočamo le na skrajno moteča in razrasla drevesca, za katera obstaja nadomestilo.

Glede na drevesno vrsto in proizvodni cilj se trajanje obdobja samodiferenciacije in s tem začetek nege razlikuje; na primer: v čistih bukovih sestojih oziroma gnezdi, ki niso ogrožena zaradi mokrega snega, lahko začetek nege zamaknemo za več desetletij. V smrekovih in jelovih sestojih začnemo v starosti od 20 do 30 let, pri sestojih jesena, javorja in brešta v starosti od 15 do 20 let, medtem ko je treba pri svetloljubnih vrstah začeti z nego že pri starosti od 5 do 10 let (Ammann, 2012). Vendar je tudi pri svetloljubnih vrstah obdobje samodiferenciacije pomembno, da osebki izrazijo rastno moč in nakažejo rastne zmožljivosti. Tudi v mladem mešanem gozdu konkurenčno sposobnejše vrste, kot je bukev, negujemo pozneje kot druge vrste. Na hektarski površini naravnega mladja bukke, javorja in češnje, na primer, pospešujemo od petega leta starosti naprej le 30 primernih vitalnih češenj v končnih razdaljah (> 10 m). Od starosti 15 let naprej v vmesnih prostorih izberemo še ciljna drevesa javorja v končnih razdaljah (10 m) in jih pospešujemo. Na tretjini površine so ciljna drevesa le bukov, ki jih izberemo v končnih razdaljah (10 m) in pospešujemo šele v starosti 30 let. Na tak način vzgojimo mešan sestoj češnje, javorja in bukke.

Takšno nego lahko izpelje brez odkazila delavec, ki dobro pozna drevesne vrste. Odstranjevanje tanjših tekmecev je mogoče opraviti z lomljenjem, za tekmece z večjimi premeri debel pa z uporabo motorne žage ali obročkanjem. Načelno naj bi poseganje potekalo na način, da delavec prehodi

negovalno celico, določi ciljno drevo, razmisli o potencialnih tekmeceh in optimalnem sproščanju izbranca, se odloči za ukrepanje in ga izpelje. Takšno delo je zanimivejše. Pri delu je motorna žaga vključena le pri poseku tekmecev, kar je tudi ergonomsko ugodnejše. Izkustveno je takšno poseganje 5- do 10-krat cenejše od tradicionalne nege gošče (Ammann, 2005).

2.3 Situacijsko redčenje

Začetek situacijskega redčenja je odvisen od vzgojljivosti drevesnih vrst, konkurenčnih razmerij v sestoju in kako so debela ciljnih dreves očiščena vej. Mreža ciljnih dreves na končnih razdaljah je bila, pri konkurenčno manj sposobnih vrstah, določena že pri negi mladega gozda. Končno število ciljnih dreves je odvisno od drevesne vrste oz. njene vzgojljivosti in želenih končnih dimenzij (preglednica 1). V vmesnih prostorih med ciljnimi drevesi ne ukrepamo in redčenje prepustimo naravnim dogajanjem oziroma samodiferenciaciji. Ciljnim drevesom po potrebi odstranimo od enega do dva tekmece, odvisno od utesnjenosti in drevesne vrste. Najvrednejša ciljna drevesa, ki se slabo čistijo vej, na primer češnjo, lahko obvejimo. Sodobna izhodišča nege so usmerjena v pospeševanje sorazmerno velikih krošenj, ki naj obsegajo od polovice do tretjine višine drevesa. To še posebno velja za hrast in plemenite listavce, kjer velja pravilo, da je na 30 % višine drevesa, 60 % volumna in 90 % vrednosti sortimentov. Tudi v bukovih sestojih si zaradi zmanjševanja deleža rdečega srca in rastnih napetosti ter boljše

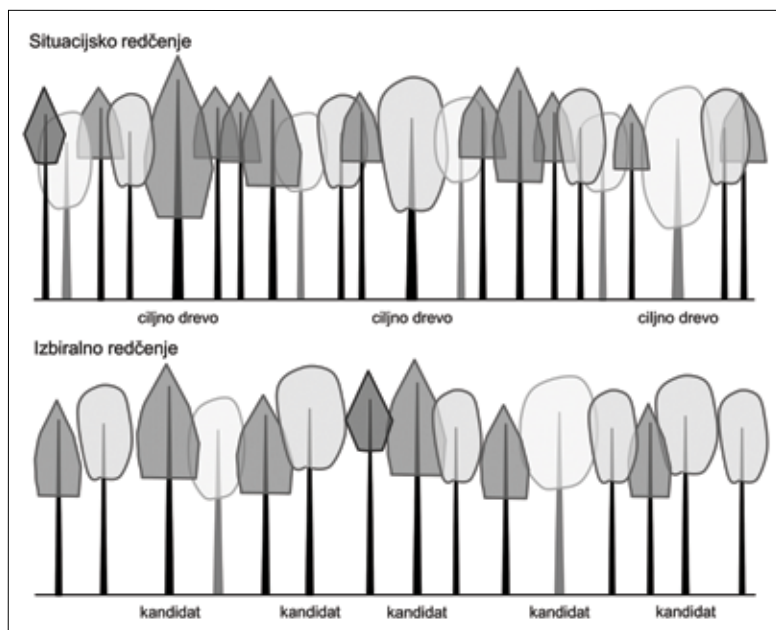
obdelavnosti lesa prizadevamo za velike krošnje (Roženberger in sod., 2008). Zaradi večjih dimenzij in ohranjanja kolektivne stabilnosti se ukvarjamo z manj drevesi, ki jih dosledno sproščamo. Pri iglavcih, še posebno pri smreki in jelki, hitra rast ni tako ugodna kot pri večini listavcev, poleg tega v odraslosti slabo zapolnjujeta rastni prostor, zato je potrebno previdnejše ukrepanje v drugi polovici proizvodne dobe.

Situacijsko redčenje je podobno dvofaznemu redčenju ciljnih dreves, ki so ga v Nemčiji vpeljevali že v 80-tih letih prejšnjega stoletja (Spiecker, 2007) oz. sodobnejši strategiji kvalificiranja in dimenzioniranja (Wilhelm in Rieger, 2013). Dvofazno redčenje se imenuje zato, ker v mladosti pri vrstah, ki se zadovoljivo čistijo vej, zagotavlja dovolj veliko gostoto, da čiščenje poteka nemo-teno. Ko je dosežena zelena višina čistega debela, posegamo močno, da v spodnjem delu krošnje veje ne bi odmirale z rastjo drevesa.

Prednosti situacijskega redčenja so v ohranjanju socialne diferenciacije, kar prispeva k večji raznomernosti sestojev. Poleg tega neukrepanje v delu sestoja ohranja kolektivno stabilnost (slika 2). Obe značilnosti zelo verjetno prispevata k večji odpornosti situacijsko negovanih sestojev proti naravnim ujmam. V določenih razmerah situacijsko redčenje omogoča precejšen zamik v začetku izvajanja nege in s tem znatne finančne prihranke. Dodatni prihranki so mogoči zaradi pospeševanja ciljnih dreves na končnih razdaljah, saj se normativi za izvajanje nege zmanjšujejo skoraj sorazmerno z zmanjševanjem števila izbrancev.

Preglednica 1: Okvirne vrednosti števila ciljnih dreves pri situacijskem redčenju glede na drevesno vrsto (po Ammann, 2013)

Drevesna vrsta	Število ciljnih dreves ha ⁻¹	Drevesna vrsta	Število ciljnih dreves ha ⁻¹
smreka	200–300	bukev	80–120
jelka, bor	150–200	hrast	40–60
macesen	100	javor, jesen	60–80
duglazija	100	češnja, oreh	60–80



Slika 2: Razlike v zgradbi odrasčajočega sestoja v primeru situacijskega in izbiralnega redčenja

2.4 Primerjava organizacijsko-ekonomskih vidikov izbiralnega in situacijskega redčenja

Situacijsko redčenje v primerjavi z izbiralnim pomeni usmerjanje gozdnogojitvenega ukrepanja zgolj na ciljna drevesa, katerih število je odvisno od drevesne vrste in ciljev gospodarjenja z gozdom (Arnič in sod., 2018). Izbira 5- do 10-krat manjšega števila ciljnih dreves pri situacijskem redčenju, v primerjavi s številom kandidatov za izbrance pri izbiralnem redčenju, pomeni sorazmerno zmanjšanje porabe časa in posledično 5- do 10-kratno zmanjšanje stroškov, ki v razvojnih fazah mladovja pomenijo neto investicijo v gozd (Ammann, 2005; Arnič in sod., 2018; 2021). V primerjalnih študijah, izpeljanih v Sloveniji, se je pri primeru nege bukovih letvenjakov izkazalo, da se je pri situacijskem redčenju ob 4,7-kratnem zmanjšanju števila kandidatov oz. ciljnih dreves na hektar strošek ukrepa zmanjšal za 4,3-krat, in sicer iz 1241 €/ha na 293 €/ha (Arnič, 2016). Podobne rezultate so zabeležili tudi v primerih smrekovega drogovnjaka, kjer je bila razlika med situacijskim redčenjem in izbiralnim redčenjem od 2- do 3,6-kratna (Vrabič, 2016; Korošec, 2020).

Rezultati so skladni z ocenami produktivnosti in stroškov nege mladega gozda, ki so jih pripravili na švicarskem inštitutu WSL (Schweier in sod., 2021). Situacijsko redčenje v primerjavi z izbiralnim ne pomeni zgolj prihrankov na ravni investicije v gozd, temveč tudi spremenjeno strukturo delovnega časa. Z izbiro manj ciljnih dreves se podaljšajo razdalje med izbranci in tudi skupinami tekmecev. Posledično sekač gojitelj v primeru situacijske nege večji del časa nameni prehodu med ciljnimi drevesi in je v delovnem procesu podvržen manjšim obremenitvam (Arnič in sod., 2021).

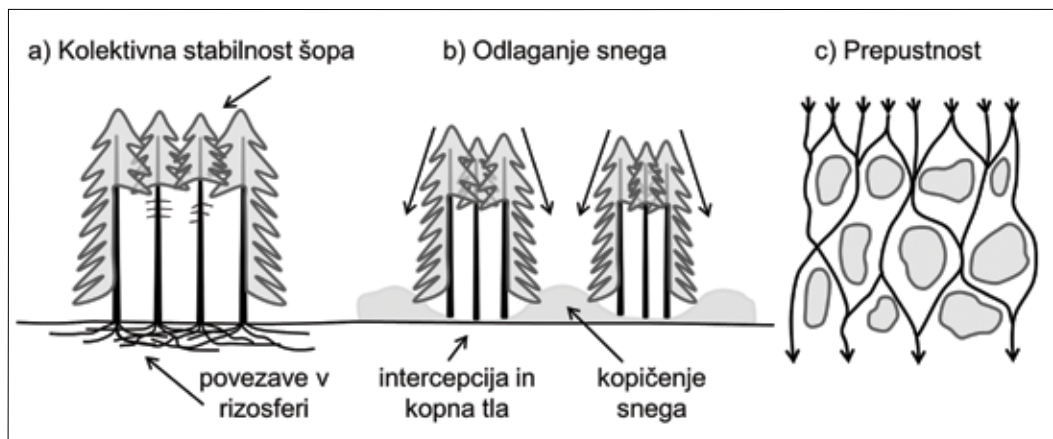
Izpostaviti velja, da gre za preliminarne raziskave na omejenem številu objektov s situacijskim in izbiralnim redčenjem pretežno v bukovih ali smrekovih sestojih v razvojnih fazah med letvenjakom in drogovnjakom. Zato bo v prihodnje pomembno spremljanje in ohranjanje obstoječih raziskovalnih objektov pa tudi vzpostavitev novih z možnostmi proučevanja stabilnosti sestojev ter ekonomike, organizacije in tehnoloških modelov različnih zvrsti redčenj, vključno z uporabo strojne sečnje.

3 REDČENJE ŠOPOV IN SKUPIN

3.1 Nega in redčenje šopov v visokogorskem gozdu

Skupinska izbira in vzgoja sta še posebno pomembni v visokogorju, kjer so šopi oz. bioskupine dobro izražene zaradi medsebojne pomoči dreves pri kljubovanju ostrim rastiščnim razmeram (Kuoch, 1972). Tvorjenje šopov je pogosto pri smreki, delno tudi bukvi, macesnu in cemprinu. Švicarji so nego šopov samostojno precej razvili in jo uporabljajo kot splošno uveljavljeno metodo za nego visokogorskih gozdov (Zeller, 1977; Mayer in Ott, 1991). Cilj nege šopov (nem. *Rottenpflege*) je ohranjanje in pospeševanje naravnih struktur zaradi izboljšanja odpornosti sestojev proti ujmam in sposobnosti hitrega okrevanja po ujmah ob minimalnih vlaganjih (slika 3). Nego šopov uporabljajo za postopno premeno enomernih nasadov smreke v raznomerne mešane sestoje in prevzgojo velikopovršinskih mladovij, nastalih po novodobnih ujmah (Zeller, 1993). Zajema vse ukrepe od snovanja, izoblikovanja, ohranjanja in obnove šopov.

Z upoštevanjem naravnih struktur začnemo že v mladju in gošči, kjer pospešujemo horizontalno in vertikalno raznolikost sestoja in ohranjamo predrasla drevesca. Negujemo drevesa na zunanji strani šopov in na notranjih sestojnih robovih (slika 3). Takšna, dobro zakoreninjena drevesa z globokimi krošnjami so temelj mehanske stabilnosti šopov in gradnik sestojne kolektivne odpornosti. Tudi pri redčenjih temeljna enota izbire in vzgoje ni izbranec, ampak šop ali skupina dreves (Mlinšek, 1975). Kot tekmece odstranjemo posamezna drevesa in šope. Velikost šopov se z razvojem sestoja povečuje, zato že v mlajših razvojnih fazah razmišljamo o najbolj stabilnih, dokončnih šopih in manjših, začasnih, ki jih bomo v postopku redčenja odstranili naenkrat ali v več ponovitvah (Diaci, 2006). V odraslih sestojih pogosto sestavlja šope tri do pet dreves. Okvirna ocena za največjo velikost šopa je sestojna višina. Najmanjša razdalja med šopi naj bi znašala od 6 do 10 m s tem, da si prizadevamo za izrazitejšo izoblikovanje šopov v skrajnostnih razmerah. Pri negi je vedno poudarek na raznovrstnem, neshematičnem ukrepanju, raznolikih velikostih in oblikah šopov (Zeller, 1993). V Sloveniji so poskus skupinskega redčenja izpeljali na Pokljuki.



Slika 3: Za šope je značilna večja mehanska odpornost zaradi varovalnega zunanjega plašča ter zaradi prepletenosti ter sklenjenosti v krošnjah in koreninskem sistemu. Sneg se zaradi oblike krošenj odlaga na kupe med šopi. Zato je obremenitev krošenj s snegom manjša, snežna odeja je neenakomerna, kar zavira nastajanje plazov. V mladju s šopasto strukturo je tudi objedanje divjadi manj izrazito. Zaradi sorazmerne odprtosti gozdne zgradbe s šopi se razprši udarna moč ujm in snežnih plazov (po Zeller, 1993).

3.2 Redčenje skupin

Raziskave pragozdov in naravi prepuščenih sestojev nakazujejo, da je porazdelitev dreves tudi v nižinah in sredogorjih pogosto skupinska ali naključna in le občasno enakomerna, kot bi jo pričakovali z vidika optimalne izrabe rastnih virov (Callaway, 1995). Redčenje skupin (nem. *Gruppendurchforstung*) se izvorno nanaša na odrasle nenegovane sestoje, kjer so kakovostna drevesa v skupinah, zato idealnih razdalj ni mogoče več uveljaviti (Kato, 1972). Delno se je redčenje skupin razvilo tudi kot kritika shematskega pristopa in čezmernega poudarjanja razdalj pri redčenju ciljnih dreves (Busse, 1935). Razdalje med izbranci pri redčenju skupin nimajo posebne vloge pri izbiri, namesto posameznih dreves je poudarek na horizontalni strukturi sestoja, kjer zaznavamo, izbiramo in pospešujemo skupine dreves, ki so lahko različnih velikosti: od šopa, prek gnezda do manjšega sestoja. Redčenje skupin se precej približa naravnim procesom na zahtevnejših rastiščih, kjer sta izražena tako tekmovalno kot tudi facilitacija (medsebojno sodelovanje/pospeševanje) med drevesi.

Skupina dreves je opredeljena kot kolektiv najmanj dveh dreves, ki se značilno razlikuje od okolice. Največkrat so to drevesa iste vrste, enakega socialnega položaja, ki so sklenjena v krošnjah in koreninskem sistemu (Bastien in Otto, 1998). V raznomernih sestojih lahko skupino sestavljajo tudi drevesa različnih sestojnih položajev. Pri redčenju skupin so enote obravnavanja posamezna stabilna drevesa, manjši šopi dreves in večja združenja dreves z do 10 do 15 primerki. Prevladuje negativna izbira s temeljnim načelom: najslabša drevesa izločamo najprej, da bi ohranili najboljše. Vendar je izbira najslabših povezana s presojo, kaj najboljšim drevesom in skupinam najbolj škoduje z upoštevanjem gozdnogojitvenega cilja (Rittershofer, 1999). Drevesa, ki jih odstranjujemo, imajo po navadi več negativnih značilnosti, npr. poškodbe, bolezni, zelo ovirajo razvoj najboljših. Temeljna razlika med redčenjem šopov v visokogorju in redčenjem skupin je, da s prvim načinom skupine pospešujemo in ustvarjamo, medtem ko jih z drugim le izkoriščamo in ohranjamo.

Praktičen opis postopka redčenja skupin v smrekovih sestojih, ogroženih zaradi snegolomov, je razvil Baumann (1950 po Rittershofer, 1999). Kato in Mülder (1979) sta v naravi prepuščenih bukovih sestojih ugotovila zelo neenakomerno porazdelitev najboljših dreves in razvila kvalitativno redčenje skupin. Glavni načeli izbire sta kakovost in vitalnost. Razdalje med izbranimi drevesi in drevesnimi skupinami niso pomembne, jakost ukrepanja je zelo močna. Analize četrto stoletja po izpeljavi ukrepov so nakazale, da takšno ukrepanje naj ne bi vplivalo na zmanjševanje prostorninskega in vrednostnega prirastka in da drevesa kljub neenakomernim krošnjam ohranjajo pravilen okrogel prerez debla (Kato in Mülder, 1993). Kritiki skupinskega redčenja opozarjajo, da odstopanja od enakomerne porazdelitve dreves vodijo do zmanjševanja priraščanja, zato priporočajo izvajanje skupinskega redčenja šele v večjih starostih, ko pojema priraščanje sestoja (Spellmann in Nagel, 1996). Redčenje skupin se je uveljavilo v praksi srednjeevropskega gojenja gozdov, še posebno med zagovorniki sonaravnosti, ki v takšnem načinu redčenja vidijo orodje za strukturiranje enomernih gozdov. Pogosto je v uporabi pri praktikih, ki sledijo načelom združenja Pro Silva.

4 REDČENJE SPREMENLJIVE GOSTOTE

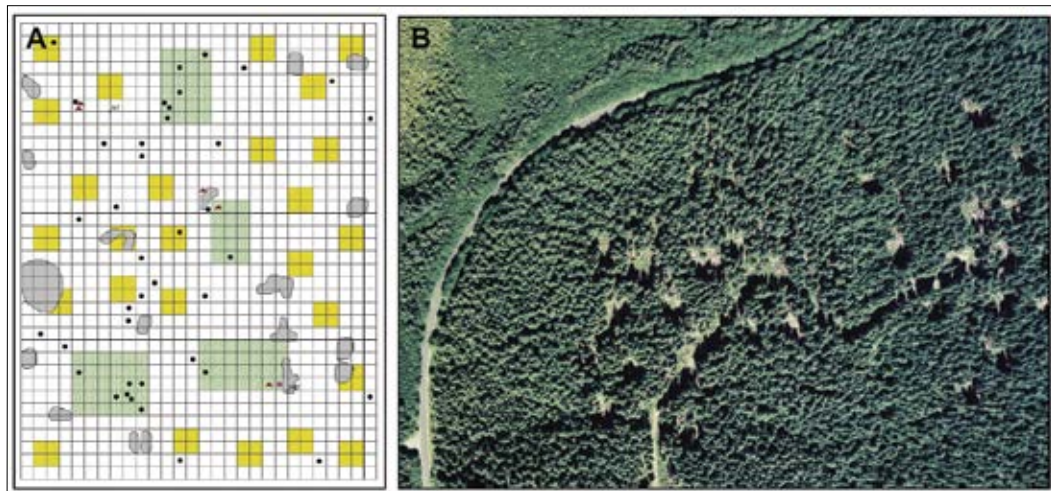
Z razvojem družbe se potrebe po ekosistemskih storitvah gozdov spreminjajo (Brodie in Harrington, 2020). Spremembam se morajo prilagoditi tudi upravljalci gozdov s svojim ukrepanjem. Eden od načinov nege gozda, katerega cilj je pospeševanje habitatne funkcije, povečevanje strukturne in vrste pestrosti ter sposobnosti okrevanja gozdov, je redčenje spremenljive gostote (RSG) (O'Hara in sod., 2012a). Pri RSG uporabljamo različne jakosti redčenj v istem sestoju. Tako lahko pospešujemo posamezna drevesa, skupine dreves, puščamo odmrla drevesa, ustvarjamo vrzeli ali pa dele sestoja prepustimo naravnemu razvoju in v njih ne ukrepamo. Gojitveno ukrepanje, ki ga uporabljamo pri RSG, razvijajo v ZDA (Carey, 2003, O'Hara in sod., 2012b; Brodie in Harrington, 2020), pa tudi drugih državah v svetu (Pukkala in sod., 2011;

Donoso in sod., 2020). Uporabljajo ga v enomernih sestojih druge generacije po goloseku, da bi dosegli sestojno strukturo in habitatno pestrost, ki bi bila podobna tisti v ohranjenih starejših gozdovih, kar je v nekaterih elementih podobno ukrepanju, ki ga izvajamo pri nas ob premenah.

V delih sestojev, ki jih izločijo iz gospodarjenja, naj bi vzpostavili strukturo in vrstno sestavo, podobno tisti v starorastnih gozdovih. Nekateri kazalniki, s katerimi si pomagajo pri odločitvi, kateri del sestoja prepustiti naravnemu razvoju, so: i) zastopanost stoječih odmrlih dreves ali ostankov dreves, ii) znaki prisotnosti ogroženih in redkih gozdnih živali (dupline, prostori za počivanje, brlogi), iii) zastopanost redkih ali zelo sencozažrtih rastlinskih vrst, iv) elementi v gozdnem prostoru, ki so redki in bi jih s sečnjo lahko poškodovali (velika stara drevesa, vodni viri, arheološke lokacije ...) in v) predeli blizu prometnic, kjer potrebujemo zaščitni pas vegetacije. Pomembno je, da take dele sestoja umestimo v gozd tako, da ne ovirajo sečnje in spravila v preostalem delu gozda in da jih ob izvedbi del ne poškodujemo. V večini primerov je to na mestih, kjer ni gozdnih prometnic in blizu transportne meje (Brodie in Harrington, 2020).

Ustvarjanje sestojnih vrzeli različnih velikosti naj bi posnemalo naravne ujme, ki so v gozdovih v določenih intervalih in obsegu vedno prisotne. Odstranijo eno drevo ali skupine različnega števila dreves. Tako dosežejo učinke redčenja in lahko pospešijo določeno vrsto, drevesa spodnjih sestojnih položajev ali podmladek (Carey, 2003). Skozi vrzeli pogosto poteka vlačenje ali pa jih uporabljajo kot začasna skladišča hlodovine. Zato je pomembno, da dele vrzeli ali elemente, ki jih želijo ohraniti, dobro označijo, da ne nastanejo poškodbe (Brodie in Harrington, 2020).

Ena od težav, ki se pojavljajo pri realizaciji RSG, je, kako ukrepe razporediti po površini, da bodo primerno zastopane vse strukturne oblike. Velika pestrost v jakosti ukrepanja lahko povzroča težave praktikom na terenu. Ti sicer izvajajo različne oblike redčenja, vendar vsa pospešujejo homogenizacijo sestoja (O'Hara in sod., 2012a). Pri izvedbi si lahko pomagamo z načrtom in shematsko karto, ki lokacijsko opredeli določen način ukrepanja (slika 4).



Slika 4: Primer shematske karte za izvedbo RSG (A) in stanje po izvedbi (na drugi lokaciji) (B). Mreža na karti prikazuje 10 m razdalje. Črne točke in rdeči trikotniki predstavljajo stoječa odmrla ali prelomljena drevesa, sive površine so obstoječe sestojne vrzeli, zeleno so označene površine, ki jih prepustimo naravnemu razvoju, rumeno pa površine, kjer bodo ustvarili nove vrzeli (prirejeno po Brodie in Harrington, 2020).

5 IZBIRA NAČINA IN PROGRAMA REDČENJ

V srednji Evropi je veliko različnih načinov nege gozdov. Dolgoročnih raziskav o uporabi različnih načinov redčenja je malo, izsledki obstoječih raziskav pa niso vedno enoznačni. Hitre spremembe naravnih in socio-ekonomskih razmer terjajo prilagajanje načina gospodarjenja. V takšnih razmerah je smiselno uporabljati različna gozdnogojitvena orodja z zavedanjem, da ima vsako svoje prednosti glede na rastiščne, sestojne in družbeno-ekonomske razmere.

Glavne pomanjkljivosti tradicionalne nege obsegajo homogeniziranje sestoja in zaustavljanje samodiferenciacije, nazadovanje kolektivne stabilnosti in velik ekonomski vložek (Ammann, 2013). Kritiki redčenja ciljnih dreves izpostavljajo nevarnost zmanjševanja volumenskega in vrednostnega priraščanja, če izbiramo premalo vitalna drevesa na sicer optimalnih razdaljah. Poleg tega so v naravi drevesa redko pravilno geometrično razporejena, njihove krošnje niso na enakih višinah in se pogosto dopolnjujejo (Bastien in Otto, 1998). Redčenje ciljnih dreves lahko vodi v skrajno racionalizacijo, kjer tekmece pri prvem posegu izbira in poseka upravljavec stroja za sečnjo, kar lahko vodi v izbiro napačnih ciljnih dreves in tekmecev. Takšen način nege nas lahko zapelje v premočno ukrepanje, ki vodi v silaško razrast izbrancev v mladem gozdu ali razvoj epikormskih poganjkov pri odrasčajočih drevesih. Kritiki redčenja skupin izpostavljajo potrebo po zagotavljanju vsaj najmanjših razdalj med izbranci, sicer nazadujeta kakovost sortimentov in priraščanje. Preveč utesnjene krošnje naj bi vplivale na asimetričnost rasti in s tem na nepravilno obliko debla ter slabše tehnične lastnosti sortimentov (Spellmann in Nagel, 1996).

Zaradi verjetnega nadaljnega zaostrovanja ekonomskih razmer v gozdarstvu lahko pričakujemo postopno nazadovanje tradicionalne nege. Na skrajnostnih rastiščih, še posebno v visokogorju, v sestojih z izraženo skupinsko rastjo dreves ter v poškodovanih in nenegovanih sestojih jo lahko nadomesti nega šopov in skupin. Enako velja v primerih, ko so ekonomski vidiki gospodarjenja potisnjeni v ozadje, na primer v varovalnih,

primestnih in rekreacijskih gozdovih. V tujini je veliko zgledov dobrih praks v vseh omenjenih razmerah, ki potrjujejo prednosti nege šopov in skupin. Za situacijsko nego se je smiselno odločiti v sestojih, ki so bolj izpostavljeni naravnim ujmam, kjer so veliki zaostanki pri negi oziroma velike površine enomernih sestojev; na primer v gozdnih predelih, ki so jih zelo prizadele ujme.

Za omenjene načine nege se odločamo v primeru bolj ali manj enomernih sestojev. Kadar pa želimo spremeniti zgradbo gozda, se odločimo za enega izmed načinov premenilnega redčenja (Diaci, 2006). Številni strokovnjaki sonaravnega gospodarjenja v sklopu organizacije Pro Silva izpostavljajo, da je od omenjenih načinov nege redčenje skupin najprimernejše za premeno enomernih enovrstnih sestojev v raznomerne in mešane sestoje oziroma v trajni gozd, saj ustvarja največ strukturne raznolikosti s pospeševanjem skupin in oblikovanjem vrzeli različnih velikosti (Schölch, 2017). Več študij potrjuje boljšo odpornost raznomernih mešanih sestojev proti ujmam in hitrejšo okrevanje po njih. Zato je v številnih primerih najboljša odločitev za premenilno redčenje enomernih sestojev (Dvorak in sod., 2001; Lenk in Kenk, 2007).

Sodobno severnoameriško redčenje spremenljive gostote je podobno posredni premeni, kot jo razumemo v Evropi, saj vključuje različna redčenja in tudi obnovo. V obeh primerih je sicer ciljna predstava o malopovršinsko raznomernem in raznodobnem mešanem gozdu primerljiva. Redčenje spremenljive gostote je nastalo na podlagi primerjalnih študij habitatov pragozdov in gospodarskih gozdov, zato je večji poudarek na starorastnih značilnostih sestojev. Evropsko posredno premeno, ki je tudi razvojno bistveno starejša, so razvili s ciljem izboljšati odpornost in vrednost gozdov (Schütz, 2001), medtem ko naravovarstvene elemente uveljavljamo z dopolnilno nego, vendar je način primerljiv s severnoameriškim (Papež in sod., 1997; Diaci, 2021).

Možnost izbire med orodji nege se ne konča s predstavljenimi načini redčenja, ker jih je ob izvedbi nege, skladno z izhodišči sproščene tehnike gojenja gozdov, mogoče kombinirati tako po vsebini kot v prostoru. S situacijsko nego na primer lahko izberemo mrežo ciljnih dreves,

ki ne bodo na enakomernih razdaljah zaradi prilagajanja sestojnim posebnostim. Prav tako lahko z utemeljenim razlogom pri izbiralnem ali situacijskem redčenju izberemo in pospešujemo skupine dreves. Naslednji primer se nanaša na sestoje, ki jih je poškodovale žled in so izbranci v skupinah, vmes so prazne celice. V takem primeru je smiselno vpeljati redčenje skupin. V delu, ki je manj poškodovan, pa opravimo situacijsko nego, ker je kandidatov za izbranice manj. Način nege naj bo primerno prostorsko razmejen na terenu (npr. označitev ciljnih dreves ali posek konkurentov na višini 1 m) in v gozdnogojitvenem načrtu. Poleg načina nege, ki opredeljuje splošna izhodišča, gostoto in porazdelitev izbrancev, je treba določiti tudi program nege, ki obsega vse potrebne negovalne ukrepe (začetek redčenja, jakost, ponavljanje) za doseganje gozdnogojitvenih ciljev. Z izbranim načinom in programom nege je namreč pomembno vztrajati oziroma izbrati manj zahteven program, če predvidevamo težave pri izvedbi. Za pospeševanje česnje v bukovem sestoju se na primer odločimo le v sestojih z odlično zasnovo in na najboljših rastiščih, ki so dobro odprta s prometnicami.

Poleg izpopolnjevanja načina redčenj so v določenih razmerah možnosti racionalizacije nege tudi na področju strokovno usmerjenega uvajanja strojne sečnje, kot je primer projekt Smallwood (<http://www.smallwood.eu/>), v katerem sodeluje Gozdarski inštitut Slovenije. Naše izkušnje s strojno sečnjo kažejo, da so v primeru dobrega sodelovanja med gojitelji in izvajalci solidni rezultati (Černe, 2016; Golobič, 2019). Zagotoviti pa bo treba več gozdnogojitvenega znanja pri upravljavcih strojev (Judnič, 2006; Povhe, 2021). V zahodni Evropi izvajajo v nasadih tudi sistematična oziroma linijska redčenja s strojno sečnjo. Drevesa posekajo po vnaprej določenem sistemu, na primer vsako 5. ali 6. vrsto nasada brez upoštevanja prednosti posameznih dreves. Takih načinov nismo podrobno predstavljali, ker so v nasprotju z naravnimi procesi in vse bolj deležni kritike tudi tamkajšnjih gojiteljev (Kerr in Haufe, 2011).

Zaradi okoljskih in družbenih sprememb je gojenje gozdov, kot ga poznamo dandanes, na preizkušnji. Zelo verjetno se bodo razmere še zaostrovale, odločitve o negi gozdov pa so poleg

tega izrazito dolgoročne. Za stabilne gozdove prihodnosti bo treba premišljeno uporabljati obstoječe negovalne modele, jih kombinirati z novjšimi in razvijati povsem nove. Slednje bo terjalo zastavitev poskusov v naravi, s katerimi nepristransko in utemeljeno medsebojno primerjamo različne načine nege. To je nenazadnje temeljna naloga raziskovalnih institucij in gozdarske operative, ki bo spodbudila tudi tesnejše sodelovanje.

6 ZAHVALA

Prispevek je nastal v sklopu projekta CRP V4-2025 Naravna obnova in nega gozdov, ogoledih po velikopovršinskih ujmah: usklajevanje ekoloških, ekonomskih in gozdarsko-političnih vidikov, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Agencija RS za raziskovalno dejavnost. Za sodelovanje pri poskusih z redčenji se zahvaljujemo strokovnjakom Zavoda za gozdove Slovenije, družbi Slovenski državni gozdovi, Gozdnemu gospodarstvu Novo mesto, Ljubljanski nadškofiji, Pahernikovi ustanovi in številnim drugim lastnikom gozdov.

7 VIRI

- Abetz P. 1975. Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung von Fichtenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift, 30: 666-667.
- Ammann P. 2012. Jungwaldpflegekonzepte mit biologischer Rationalisierung. Zürcher Wald, (2): 12-15.
- Ammann P. 2013. Erfolg der Jungwaldpflege im Schweizer Mittelland? Analyse und Folgerungen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 164: 262-270.
- Ammann P. 2004. Untersuchung der natürlichen Entwicklungsdynamik in Jungwaldbeständen. Biologische Rationalisierung der waldbaulichen Produktion bei Fichte, Esche, Bergahorn und Buche. Disertacija, ETH Zürich, Nr. 15761.
- Ammann P. 2005. Biologische Rationalisierung. Teil 1: Einleitung und ökonomische Grundlagen. Wald und Holz, 86: 42-45.
- Arnič D. 2016. Racionalizacija prvega redčenja v gorskih bukovih gozdovih na Menini. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 56 s.
- Arnič D., Krč J., Diaci J. 2018. Primerjava izbiralnega redčenja in situacijskega redčenja v bukovih letvenjakih na Menini. Gozdarski Vestnik, 76: 72-82.

- Arnič D., Krč J., Diaci J. 2021. Modeling of time consumption for selective and situational precommercial thinning in mountain beech forest stands. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 14: 137.
- Bastien Y., Otto, H.-J. 1998. La théorie des groupes: application aux éclaircies de futaie régulière. *Revue Forestière Française*, 50: 251-262.
- Brodie L.C., Harrington C.A. 2020. Guide to variable-density thinning using skips and gaps. Gen Tech Rep PNW-GTR-989 Portland US Dep. Agric. For. Serv. Pac. Northwest Res. Stn. 37: 989.
- Burschel P., Huss J. 1987. Grundriss des Waldbaus: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Busse J. 1935. Gruppendurchforstung. *Forstliche Wochenschrift „Silva“*, 19: 145-147.
- Callaway R.M., 1995. Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61: 306-349.
- Carey A. 2003. Biocomplexity and restoration of biodiversity in temperate coniferous forest: inducing spatial heterogeneity with variable-density thinning. *Forestry*, 76: 127-136.
- Černe M. 2016. Primernost dveh tehnologij sečnje in spravila v pomlajenih sestoju jelovo-bukovih rastišč na visokem krasu. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 91 s.
- Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 348 s.
- Diaci J. 2021. Gozdna ekologija in nega. Univerzitetni učbenik. Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 434 s.
- Diaci J. 2004. Nazadovanje nege gozdov v Sloveniji: vzroki, posledice, protiukrepi. *Gozdarski vestnik*, 62: 76-84.
- Donoso P.J., Puettmann K.J., D'Amato A.W., Ponce D.B., Salas-Eljatib C., Ojeda P.F. 2020. Short-term effects of variable-density thinning on regeneration in hardwood-dominated temperate rainforests. *Forest. Ecology and Management.*, 464, 118058: 1-9.
- Dvorak L., Bachmann P., Mandallaz D., 2001. Sturmschäden in ungleichförmigen Beständen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 152: 445-452.
- Golobič D., 2019. Vpliv dveh tehnologij sečnje in spravila na pomlajevanje raznomernih jelovo-bukovih sestojev. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo.
- Judnič M. 2006. Gojitveni vidiki uporabe strojne sečnje za redčenje sestojev s prevladujočimi listavci. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 53 s.
- Kato F. 1972. Die qualitative Gruppendurchforstung der Buche als Problem der entscheidungsorientierten forstlichen Betriebswirtschaftslehre. *Der Forst- und Holzwirt*, 72-76.
- Kato F. Mülder D. 1993. Qualitative Gruppen-durchforstung der Buche. Wertentwicklung nach 25 Jahren. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 163: 197-203.
- Kerr G., Haufe J. 2011. Thinning practice: a silvicultural guide. *Forestry Commission*, 54 s.
- Korošec Ž. 2020. Primerjava izbiralnega in situacijskega redčenja smrekovega drogovnjaka na Senožetih. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 39 s.
- Krajčič D., I. Kolar. 2000. Vpliv spremenjenega načina nege letenjak na zmanjševanje stroškov. *Gozdarski vestnik*, 58(2): 75-84.
- Kuoch R. 1972. Zur Struktur und Behandlung von subalpinen Fichtenwäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 123: 77-89.
- Laznik L. 2011. Učinki različnih načinov redčenja v gorskem bukovem gozdu na Mežakli: diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Gozdarstvo, samozaložba, 67 s.
- Lendvai S., Diaci J., Roženberger D. 2020. Response of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) to selective thinning of various intensities: a half-century study in northeastern Slovenia. *Šumarski list*, 144: 36-378.
- Lenk E., Kenk G. 2007. Sortenproduktion und Risiken Schwarzwälder Plenterwälder. *Allgemeine Forstzeitung/Der Wald*, 62: 136-139.
- Mayer H., Ott E. 1991. Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Mencinger V. 2017. Učinki različnih načinov izbiralnega redčenja na odziv izbranih dreves v smrekovo-bukovih sestoju na Mežakli. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Gozdarstvo, Ljubljana, 64 s.
- Mlinšek D. 1968. Sproščena tehnika gojenja gozdov na osnovi nege. Poslovno združenje gozdnogospodarskih organizacij, Ljubljana.
- O'Hara K.L., Leonard L.P., Keyes C.R. 2012a. Variable-density thinning in coast redwood: a comparison of marking strategies to attain stand variability, V: Standiford, Richard B.; Weller, Theodore J.; Piirto, Douglas D.; Stuart, John D., Tech. Coords. *Proceedings of Coast Redwood Forests in a Changing California: A Symposium for Scientists and Managers*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-238. Albany, CA, Pacific Southwest Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture: 525-526.

- O'Hara K.L., Leonard L.P., Keyes C.R. 2012b. Variable-density thinning and a marking paradox: Comparing prescription protocols to attain stand variability in coast redwood. *Western Journal of Applied Forestry*, 27: 143-149.
- O'Hara K.L., Bončina A., Diaci J., Anič I., Boydak M., Curovic M., Govedar Z., Grigoriadis N., Ivojevic S., Keren S., Kola H., Kostov G., Medarević M., Metaj M., Nicolescu N.V., Raifailov G., Stancioiu P.T., Velkovski N. 2018. Culture and Silviculture: Origins and Evolution of Silviculture in Southeast Europe. *International Forestry Review*, 20: 130-143.
- Orešnik J. 2009. Primerjava različnih načinov redčenja na raziskovalnih ploskvah v Lučki Beli. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, samozaložba, 46 s.
- Papež J., Perušek M., Kos I. 1997. Biotska raznolikost gozdnate krajine z osnovami ekologije in delovanja ekosistema. *Gozdarska založba*, Ljubljana.
- Pavlin J. 2016. Učinki različnih načinov izbiralnega redčenja na razvoj mlajših bukovih sestojev na Medvedici. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Gozdarstvo, Ljubljana, 40 s.
- Povhe L. 2021. Poškodovanost sestojev listavcev pri redčenju s klasično in strojno sečnjo. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, 69 s.
- Pukkala T., Lähde E., Laiho O. 2011. Variable-density thinning in uneven-aged forest management - a case for Norway spruce in Finland. *Forestry*, 84: 557-565.
- Rittershofer F. 1999. *Waldpflege und Waldbau. Für Studium und Praxis*. Gisela Rittershofer Verlag, Freising.
- Roženberger D., Ficko A., Diaci J. 2008. Sodobno gojenje bukovih gozdov. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87: 77-87.
- Saje R. 2014. Analiza poškodovanosti gozdnih sestojev v gozdnogospodarski enoti Brezova Reber s poudarkom na snegolomu leta 2012. Magistrsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 62 s.
- Schädelin W. 1934. *Die Durchforstung als Auslese- und Veredlungsbetrieb höchster Wertleistung*. Haupt, Bern & Leipzig.
- Schölch M. 2017. »Gruppendurchforstung«, Freising, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, (osebni vir, junij 2017).
- Schütz J.-Ph. 1996. Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 147: 315-349.
- Schütz J.-Ph. 1999. Neue Waldbehandlungskonzepte in Zeiten der Mittelknappheit: Prinzipien einer biologisch rationellen und kostenbewussten Waldpflege. *Schweiz. Z. Forstwes.* 150: 451-459.
- Schütz J.-Ph. 2001. Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin.
- Schweier J., Frutig, F., Holm, S. 2021. JuWaPfl - Schätzung von Produktivität und Kosten der ersten Produktionsstufe. *Wald und Holz* 102: 8-9.
- Spellmann H., Nagel J. 1996. Aspects concerning the thinning of Norway spruce and beech. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 167: 6-15.
- Spiecker H. 2006. Minority tree species - a challenge for multi-purpose forestry. Diaci J. (ur.), *Nature-based forestry in Central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation*. Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete, Ljubljana.
- Spiecker M., Spiecker H. 1988. Erziehung von Kirschenwertholz. *AFZ-DerWald* 20: 562-565.
- Triplat M. 2010. Primerjava različnih načinov redčenja v bukovih drogovnjakih: diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, samozaložba, 49 s.
- Vrabič L. 2016. Normiranje gozdnih del pri izvedbi drugega redčenja v spremenjenih gorskih gozdovih na Pohorju. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 62 s.
- Wilhelm G.J., Rieger H. 2013. *Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Zeller E. 1977. *Pflege von Fichtenaufforstungen im Gebirge*. Bündnerwald 30, 197-202.
- Zeller E. 1993. *Rottenpflege. Ausformung und Benutzung von Baumkollektiven als Stabile Bestandeselemente*. Projekt Gebirgswaldpflege II., Maienfeld, 49 s.