

GDK 412+181.1:176.1 *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle(497.4)(045)=163.6

Nekateri ukrepi za omejevanje širjenja visokega pajesena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) in smernice za gozdnogojitveno ukrepanje ob vdoru potencialno invazivnih tujerodnih drevesnih vrst v ohranjene gozdove v Sloveniji

Control treatments for tree of heaven (Ailanthus altissima (Mill.) Swingle) and silvicultural guidelines for potentially invasive alien tree species within managed forests of Slovenia

Dušan ROŽENBERGAR¹, Tom NAGEL², Blaž URBAS³, Lena MARION⁴, Robert BRUS⁵

Izvleček:

Roženbergar, D., Nagel, T., Urbas, B., Marion, L., Brus, R.: Nekateri ukrepi za omejevanje širjenja visokega pajesena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) in smernice za gozdnogojitveno ukrepanje ob vdoru potencialno invazivnih tujerodnih drevesnih vrst v ohranjene gozdove v Sloveniji; Gozdarski vestnik, 75/2017, št. 1. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 29. Prevod Tom Nagel, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Visoki pajesen je ena bolj razširjenih tujerodnih drevesnih vrst v Sloveniji. Najpogosteje se razrašča zunaj gozda, včasih pa ga najdemo tudi v gozdnem prostoru. V naših gozdovih je kemično zatiranje prepovedano, zato smo preizkusili tri vrste mehanskega zatiranja te vrste. Najuspešnejša metoda je bila puljenje celotnih osebkov, najmanj pa lomljenje enoletnih poganjkov. Mehansko zatiranje je najučinkovitejše, če ga kombiniramo z drugimi ukrepi, kot so: malopovršinsko pomlajevanje, skrb za polnilno plast, uporaba gozdnogojitvenih sistemov, ki pospešujejo vrstno in strukturno pestrost sestojev ter pospeševanje in sajenje hitrorastočih, rastišču primernih domorodnih vrst.

Gljučne besede: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, tehnike odstranjevanja visokega pajesena, gojenje gozdov, invazivne tujerodne drevesne vrste, smernice za gošpodarjenje z gozdovi

Abstract:

Roženbergar, D., Nagel, T., Urbas, B., Marion, L., Brus, R.: Control treatments for tree of heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) and silvicultural guidelines for potentially invasive alien tree species within managed forests of Slovenia; Gozdarski vestnik, (Professional Journal of Forestry), 75/2017, vol 1. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 29. Translated by Tom Nagel, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The tree of heaven is one of the most widespread non-native tree species in Slovenia. In most areas, its spread occurs in non-forested areas, yet recent observations indicate it is becoming more common within some forest ecosystems as well. Because chemical treatment is banned in Slovenia, this study tested the effectiveness of three mechanical control treatments. Breakage of annual and biennial shoots was not successful; the best treatment was total removal by pulling seedlings and saplings. Mechanical control of invasive tree species is more effective if combined with other management approaches, such as practicing silviculture that promotes vertically diverse stands of native tree and shrub species, particularly small-scale silviculture that maintains a subcanopy layer.

Key words: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, tree of heaven control techniques, silviculture, invasive non-native tree species, forest management guidelines

¹ Doc. dr. D.R., UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, Večna pot 83, Ljubljana, Slovenija. dusan.rozenbergar@bf.uni-lj.si

² Doc. dr. T.N., UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, Večna pot 83, Ljubljana, Slovenija. tom.nagel@bf.uni-lj.si

³ B. U., Zgornja Draga 21, 1294 Višnja Gora, Slovenija. urbasblaz@gmail.com

⁴ Dr. L.M., Tisa, d.o.o., Cesta v Prod 84, 1000 Ljubljana, Slovenija. lena.marion@tisa.si

⁵ Prof. dr. R. B., UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, Večna pot 83, Ljubljana, Slovenija. robert.brus@bf.uni-lj.si

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Invazivne tujerodne drevesne vrste so težava v svetovnem merilu in čeprav jih je manj kot invazivnih zeliščnih vrst, lahko zelo spremenijo strukturo in delovanje gozdnih ekosistemov (Richardson in sod., 2014; Richardson in Rejmánek, 2011). V Evropi so na seznamu »100 najhujših invazivnih vrst« štiri drevesne vrste (DAISIE, 2008), med njimi je tudi visoki pajesen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle). Razširjenost visokega pajesena je dobro dokumentirana na ravni Evrope (Sheppard in sod., 2006; DAISIE, 2008), delno pa tudi v Sloveniji (Brus in Dakskobler, 2001; Ivajnsič in sod., 2012; Kutnar in Pisek, 2013; Jogan, 2013; Brus in sod., 2016).

Potencialno invazivne tujerodne vrste dobro uspevajo v razmerah po večjih ujmah. Takrat so razmere za take vrste ugodne: aktivirajo se tla, več je svetlobe in toplote, manj je konkurence domorodnih drevesnih vrst. Največkrat izražena skrb glede invazivnih vrst je njihov vpliv na vrstno sestavo zaradi izrinjanja domorodnih vrst, pa tudi vpliv na strukturo gozdov. Invazivne vrste velikokrat tvorijo enovrstne goste sestoje in na tak način omejuje pomlajevanje domorodnih vrst. Vir semena invazivnih vrst so dostikrat urbana območja, kjer se pojavljajo kot okrasne rastline ali pa so se razrasle same na nevdrževanih mestnih površinah. Invazivnost visokega pajesena in robinije je bila potrjena v panjevskih gozdnih severne Italije (Radtke in sod., 2013). Glavni razlog za vdor vrste so bile redne sečnje (proizvodna doba od 30 do 40 let) v panjevskih gozdnih, ki onemogočajo konkurenco domorodnih vrst. Visoki pajesen se je pojavil z večjim zastiranjem v višinskih razredih nad enim metrom, verjetno zaradi hitrejše rasti v primerjavi z domorodnimi vrstami. V raziskavi sta se prisotnost in delež visokega pajesena in robinije povečevala z manjšanjem starosti sestoj, z manjšanjem razdalje do vrzeli in s povečevanjem števila njihovih semenskih dreves. Semenska drevesa nimajo vedno značilnega vpliva na širjenje vrste, še posebno, če leta močno vegetativno odganja iz korenin ali panjev, kar je bilo potrjeno za visoki pajesen (Kowarik,

1995; Knapp in Canham, 2000). Po avtorjevem mnenju bi manj svetlobe in sprememba sistema gospodarjenja v nepanjevskega omejila invazivnost visokega pajesena (Radtke in sod., 2013).

Glavne prednosti, ki jih ima visoki pajesen pred domorodnimi vrstami, so hiter odziv na večje spremembe v sestojni klimi, intenzivna višinska rast, intenzivno vegetativno pomlajevanje ter hitra in obilna proizvodnja semena, ki je kaljivo še dve do tri leta potem, ko pade na tla (Kowarik in Säumel, 2007). Ko se vrsta uveljavi, tvori goste čiste sestoje, ki povsem prekrijejo tla, kar ima več negativnih učinkov na strukturo, delovanje, pa tudi biotsko pestrost ekosistemov (Kowarik in Säumel, 2007; Zelnik, 2012). Visoki pajesen po uveljavitvi spreminja tla z izločanjem alelopatskih snovi (Firestone in Firestone, 2015), kar neugodno vpliva na konkurenčnost domorodnih vrst (Kowarik in Säumel, 2007). Sekundarni metabolit, ki ga izloča, se imenuje ailanton. Negativni učinek se odraža na rastlinah, žuželkah, glivah, praživalih, virusih in celo rakavih celicah (Heisey, 1997). Heisey (1997) je največjo koncentracijo ailantona ugotovil v notranjem delu skorje debla, v skorji vej in korenin, srednje količine v listih (več v mladih, v katerih se z leti koncentracije manjšajo) in najmanj v zunanem delu debelne skorje in lesu. Avtor predlaga uporabo ailantona kot herbicida, saj se hitreje razgradi kot umetni in manj škodljivo vpliva na druge organizme. V njegovem poskusu je majhna količina (0,5 kg/ha) povzročila popolno odmrtno večine rastlin. Ailanton je uporaben tudi kot odvrčalo rastlinojedcev, ki jim ne ugaja njegov vonj (Heisey, 1997).

1.1 Nekateri načini zatiranja visokega pajesena

1.1 Tree of heaven control treatments

1.1.1 Preventivno ukrepanje

1.1.1 Preventive measures

Če želimo zaustaviti ali preprečiti širjenje visokega pajesena, je eden od načinov preventivnega delovanja prenehanje sajenja za okrasno drevo. Druga možnost je sodelovanje in izobraževanje širše javnosti. S primernimi načini lahko javnost

pa tudi lastniki parcel učinkovito pomagajo pri ugotavljanju lokacij in preprečevanju širjenja invazivnih vrst.

1.1.2 Mehansko zatiranje

1.1.2 Mechanical treatment

Kadar kemično zatiranje ni dovoljeno, je mehansko odstranjevanje edini način neposrednega zatiranja. Med metode mehanskega zatiranja štejeemo več načinov.

Puljenje osebkov: Pri tem načinu izpulimo celoten osebek s čim večjim deležem koreninskega sistema. Da je puljenje čim učinkovitejše, pulimo po dežju. Metoda je učinkovita predvsem v gozdu, kjer so tla rahla. Puliti je mogoče le mlajše osebke, saj visoki pajesen hitro zraste do velikosti, pri kateri ročno puljenje ni več mogoče. S to metodo tudi ugodno vplivamo na obstanek in razvoj drugih vrst, ki so v okolici (Swearingen, 2009). V urbanem prostoru je metoda puljenja pogosto neučinkovita zaradi zelo zbitih tal.

Izkopavanje: Pri tej metodi tudi pulimo osebke, dodamo pa še izkopavanje koreninskega sistema. Metoda je v primerjavi s puljenjem precej dražja in zamudna. Težava nastane pri osebkih, ki odganjajo iz večjih korenin, saj je le-te težko odstraniti v celoti (Asaro in sod., 2009).

Odstranjevanje z rezanjem: Za ta namen lahko uporabimo nož, žago, motorno žago, škarje itn. Metodo opisujejo kot neučinkovito, ker zaradi močnega vegetativnega odganjanja pogosto zviša gostoto mladja visokega pajesena (Burch in Zadaker, 2003). Uporabna je predvsem za manjše površine. Rezanje ponavljamo več let, dokler se koreninski sistem ne izčrpa. Smiselno je rezanje zgodaj poleti, ko so v koreninah majhne rezerve hranilnih snovi. Avtorji navajajo, da je smotrno tudi podiranje večjih semenskih dreves, saj tako zelo zmanjšamo možnosti širjenja s semeni. Ta metoda je učinkovita predvsem v kombinaciji z drugimi, kot je ustvarjanje zastora nad pajesenom in uporaba herbicidov (Swearingen, 2009). V raziskavi na severovzhodu Španije (Constán-Nava in sod., 2010) so primerjali učinkovitost metode z enim rezanjem julija, dvema rezanjema julija in septembra, ter rezanjem z nanosom herbicida.

Slednja metoda se je pokazala kot zelo učinkovita, metodi samo z rezanjem pa ne, saj se število novih poganjkov skozi leta ni zmanjšalo. Pri metodi z rezanjem so se na leto manjšale višina, masa in listna površina novih poganjkov, in sicer bolj pri metodi z dvema rezanjema kot z enim, kar pomeni, da so se verjetno izčrpale koreninske rezerve.

Obročkanje: Obročkanje dreves, ki so prevelike za puljenje, je učinkovito, vendar pazimo, da ne obročkamo preveč. Če nad obročkanjem odmre del drevesa, se tako kot pri rezu pojavijo vegetativni poganjki. Zato obročkamo do največ $\frac{3}{4}$ oboda. Tako drevo ostane živo, vitalnost pa se zelo zmanjša in drevo postopoma odmira (Kowarik in Säumel, 2007)

1.1.3 Biološko zatiranje

1.1.3 Biological treatment

Tekmovalni pritisk drugih vrst: Visoki pajesen je zelo svetloljubna vrsta in ne prenese trajnega zasenčenja. Za širjenje potrebuje sestojne vrzeli in ni uspešen, ko ga preraste naravno rastje. Pospeševanje predvsem hitrorastočih domorodnih vrst lahko zato učinkovito omeji širjenje visokega pajesena (Asaro in sod., 2009).

Objedanje: Visoki pajesen je za rastlinojede prehransko manj zanimiv. Kot pomemben razlog za to dejstvo raziskovalci navajajo spojine v tkivih drevesa, kot so α -pineni, β -pineni in α -terpineni (Ding in sod., 2006). Bolj je priljubljen pri nekaterih vrstah polžev, npr. pri vrtniku (*Cepaea hortensis*). Večji rastlinojedi pajesen objedajo, vendar imajo raje domače vrste. Tudi glodavci se izogibajo semen pajesena (Kowarik in Säumel, 2007). Med žuželkami so v Evropi zabeležili dve, ki se hranita s pajesenom. To sta ameriški prelec (*Hyphantria cunea*), ki so ga evidentirali v Avstriji, in sviloprejka (*Samia cynthia*), ki se pojavlja tudi v Sloveniji. Nobena od obeh vrst ni pomembna za zatiranje visokega pajesena (Ding in sod., 2006). V kitajskem delu populacije visokega pajesena so našli dve vrsti rilčkarjev, in sicer *Eucryptorrhynchus brandti* in *Eucryptorrhynchus chinensis*, ki sta pospešili propad pajesena (Ding in sod., 2006). V okrožju Huaibei province Anhui je bilo 80 % dreves poškodovanih, 37 % pa jih je odmrlo.

Fitopatogeni organizmi: Na območjih zunaj naravne razširjenosti so na drevesih visokega pajesena našli 65 vrst gliv, na Kitajskem pa je dokumentiranih osemnajst vrst (Ding in sod., 2006). Vrsta, ki je potencialno uporabna za zatiranje visokega pajesena, je gliva *Verticillium albo-atrum*, ki so jo našli v odmrlih osebkih drevesa (Harris in sod., 2013). Izkazalo se je, da v umetno okuženih nasadih povzroča skoraj 100 % smrtnost. Zaenkrat ni mogoče napovedati, kako vpliva na druge rastline; zelo napada visoki pajesen in ga pusti v zelo slabem stanju.

1.1.4 Kemično zatiranje

1.1.4 Chemical treatment

V slovenskih gozdovih uporaba kemičnih sredstev ni dovoljena, saj negativno vpliva na delovanje ekosistema, zmanjšuje število vrst in populacije organizmov ter potencialno škoduje zdravju ljudi. Drugod po svetu, predvsem v ZDA, velja kemično zatiranje visokega pajesena za najučinkovitejšo metodo. Poznamo več metod uporabe kemičnih snovi (Swearingen, 2009).

Foliarni nanos: V tem primeru herbicid nanašajo na listje drevesa. To metodo priporočajo tam, kjer je dostopno vse listje drevesa in kjer ni neposredne nevarnosti za učinkovanje herbicida na drugih rastlinah. Uporabljajo herbicid triklopir, ki ni aktiven v zemlji in ima ozek spekter delovanja (Badalamenti in La Mantia, 2013).

Premaz debla: Ta metoda je enostavnejša; uporabljajo jo konec zime ali začetek pomladi, ko je okrog visokega pajesena malo vegetacije in ni olistana. Na deblo drevesa nanesejo herbicid v pasu okrog 30 cm. Metoda je uporabna predvsem za drevesa, katerih premer je manjši od 15 cm, delno pa deluje tudi do premera dreves 40 cm (Swearingen, 2009). V takih primerih priporočajo dodatno uporabo foliarnih herbicidov. Najučinkovitejši je herbicid triklopir, uporaben pa je tudi imazapir in kombinacija obeh.

Zasek in nanos: Metodo je primerno uporabiti poleti. S sekiro naredijo navzdol obrnjen rez v beljavo in nanesejo herbicid, pri tem pa pazijo, da herbicid ne kaplja z mesta nanosa. Za vsakih 2,5 cm premera drevesa naredijo eno zarezo. Na koncu

zarezam dodajo še eno. Za nanašanje je dovolj en delavec s sekiro in škropilnikom. Proizvajalci za tak način priporočajo glifosat (Swearingen, 2009).

Posek in premaz panjev: Metoda je uporabna tam, kjer želimo odstraniti drevo že v prvem letu, brez čakanja, da bi drevo odmrlo. Gre za preprost posek drevesa in nanos herbicida na panj. Nanesejo ga v roku 15 minut, dokler ima ostanek drevesa najmanj obrambe za preprečitev širjenja herbicida. Če naslednje leto ob pregledu ugotovijo, da poganjki vseeno vegetativno odganjajo, uporabijo še foliarne herbicide. Uporabljajo predvsem triklopir in glifosat (Swearingen, 2009).

Injiciranje v drevesna tkiva: Metoda deluje na enak način kot metoda zaseka in nanosa, le da je mogoče v drevo vnesti večjo količino herbicida, ki ga drevo po transportnih poteh raznese tudi do korenin, ki propadejo do take mere, da vegetativno ne odganjajo več. Metoda je primernejša za posamezna večja drevesa v urbanem prostoru, ki jih ne moremo izkopati, ni pa primerna za velike površine, kjer se visoki pajesen pomlajuje (Swearingen, 2009).

Različne metode za odstranjevanje visokega pajesena, ki jih navaja literatura, v večini primerov v Sloveniji še niso bile preizkušene in so tudi neustrezne. Zato je bil cilj naše raziskave ugotoviti, kakšen je učinek nekaterih mehanskih metod odstranjevanja v naših razmerah.

2 METODE 2 METHODS

Raziskavo smo izvedli v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib na vzhodnem robu Rožnika, ki spada v Gozdnogospodarsko območje Ljubljana, Gozdnogospodarsko enoto Ljubljana, revir Ljubljana, odsek 58553. Na Rožniku so poudarjene ekološke in socialne funkcije, lesnopridelovalna pa je manj pomembna. Tla so kislja, globoka, ilovnata, vlažna in globoko prekoreninjena. Pojavlja se združba *Blechno-Fagetum* v obliki, ki je značilna za hladna in vlažna pobočja. Nadmorska višina ploskev je od 320 do 340 m. Na delu površine, kjer je bil visoki pajesen bujno pomlajen (v večini primerov osebki mladja niso bili starejši od dveh let), smo izločili šest ploskev

velikosti 6 × 6 m s podobno višinsko strukturo in gostoto mladja pajesena (Preglednica 1)

Ploskve so bile vedno orientirane pravokotno na plastnice in so bile na območjih z različno odprtostjo sestoja in različnimi svetlobnimi razmerami pri tleh (Slika 1). Izhodišče vsake ploskve je bil njen jugozahodni vogal.

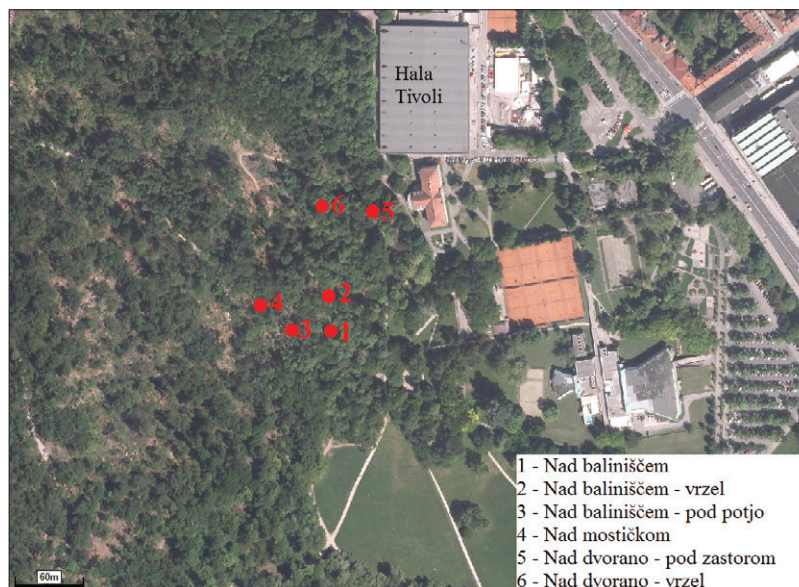
Na ploskvah smo:

- 1) prešteli vse osebke mladja drevesnih in grmovnih vrst, višje od 20 cm, jim določili vrsto in jih uvrstili v enega od višinskih razredov (do 50 cm, 50 do 100 cm, 100 do -200 cm in več kot 200 cm),
- 2) na 10 % natančno ocenili zastiranje v zgornji plasti (vizualna ocena deležev na podlagi pogleda na ploskev od zgoraj (tloris)) za:
 - a) zelišča (zelnate rastline, trave in travam podobne rastline (graminoidi), praprotnice in vse vrste grmovnic rodu *Rubus*),
 - b) grmovne vrste skupaj, razen vrst rodu *Rubus*,
 - c) vse drevesne vrste razen visokega pajesena,
 - d) visoki pajesen,
- 3) popisali panje ter stoječe in ležeče osebke odraslih dreves visokega pajesena v neposredni okolici.

Preglednica 1: Splošni podatki o raziskovalnih ploskvah

Table 1: Measurement dates and basic characteristics of the research plots

Št. ploskve	Ime ploskve	Datum meritve 2015	Datum meritve 2016	Nagib (°)	Ekspozicija (°)
1	Nad baliniščem	1. 6.	4. 7.	17	155
2	Nad baliniščem – vrzel	2. 6.	4. 7.	20	150
3	Nad baliniščem – pod potjo	2. 6.	4. 7.	16	161
4	Nad mostičkom	3. 6.	4. 7.	19	83
5	Nad dvorano – pod zastorom	3. 6.	4. 7.	17	45
6	Nad dvorano – vrzel	4. 6.	4. 7.	15	82



Slika 1: Lokacije raziskovalnih ploskev (DOF; GURS, 2015)

Figure 1: Locations of research plots (DOF; GURS, 2015)

Vsako ploskev velikosti 6 × 6 m smo razdelili na štiri podploskve z velikostjo 3 × 3. Za vsako podploskev smo z žrebom določili ukrep. Izbirali smo med štirimi ukrepi: 1) puljenje (PU) – pulili smo v času po padavinah, da bi zagotovili odstranitev čim večjega dela koreninskega sistema; 2) lomljenje enoletnih poganjkov (primarne rasti) ali lomljenje zgoraj (LZ) – lomili smo poganjke, ki so nastali v letu lomljenja na spodnjem delu prirastka, kjer je že nastala delna olesenitev, tako da je del skorje še ostal po lomljenju in je poganjek obvisel na drevescu; 3) lomljenje dveletnih poganjkov (sekundarne rasti) ali lomljenje spodaj (LS) – lomili smo poganjke, ki so nastali eno leto pred letom lomljenja (že olesneli) nekje na sredini lanskega prirastka na tak način, da so polomljeni deli obviseli na rastlini; in 4) kontrola (K) – na tej ploskvi nismo ukrepali.

Ko smo določili ukrep, smo na ploskvah hkrati s puljenjem izvajali tudi štetje, da niso nastajale poškodbe mladja zaradi hoje po ploskvi. Ploskve smo trajno označili z železnimi količki na vsakem oglišču (velja za ploskev 6 × 6 m). Meritve smo izvajali v letu 2015 in jih ponovili v letu 2016.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

V letu 2015 je gostota visokega pajesena dosegla vrednost okoli 107000 osebkov na hektar, kar je predstavljalo okoli 71 % skupnega števila (Preglednica 2).

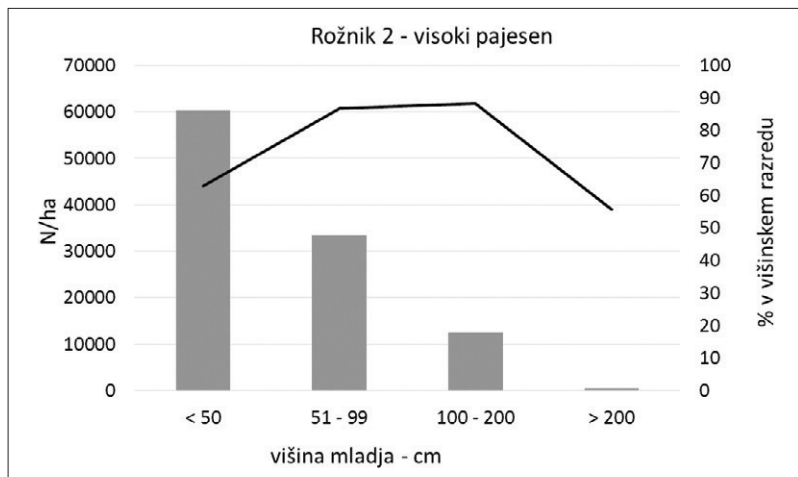
Gostote so bile velike, ker smo mladje analizirali takoj po odpiranju sestoja, pa tudi raziskovalne ploskve so bile zaradi narave tega dela raziskave skoncentrirane na ožje območje okoli semenskih dreves.

Rezultati analize odstotnih deležev kažejo, da je visoki pajesen lahko zelo številčen v zgodnji fazi razvoja mladja, vendar je njegov številčni delež v spodnjem višinskem razredu razmeroma majhen, če ga primerjamo z deležem, ki ga ima v višinah od 50 cm do 200 cm (Slika 2). Rezultati nakazujejo veliko konkurenčnost visokega pajesena po prvi fazi osvajanja prostora. V začetni fazi mu konkurirajo zelišča in domorodna drevesna in grmovna vegetacija, nekaj let kasneje pa zaradi hitre višinske rasti postane konkurenčnejši, saj zasede zgornje socialne položaje. Če želimo omejiti

Preglednica 2: Število osebkov mladja na ploskev (36 m²) in na ha vključno z deleži po drevesnih vrstah v letih 2015 in 2016

Table 2: Density (per plot and per ha) and species composition of tree regeneration in years 2015 and 2016

Leto	2015			2016			
	Vrsta	n/ploskev	n/ha	%	n/ploskev	n/ha	%
Visoki pajesen (<i>Ailanthus altissima</i>)		383,8	106620	71,4	101,3	28148	46,6
Gorski javor (<i>Acer pseudoplatanus</i>)		109,5	30417	20,4	78,2	21713	35,9
Graden (<i>Quercus petraea</i>)		11,5	6111	4,1	2,5	8287	13,7
Beli gaber (<i>Carpinus betulus</i>)		2,5	3194	2,1	2,8	694	1,1
Lipa (<i>Tilia platyphyllos</i>)		0,5	694	0,5	0,3	787	1,3
Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i>)		0,3	417	0,3	0,0	602	1
Divja češnja (<i>Prunus avium</i>)		0,3	139	0,1	0,0	93	0,2
Pravi kostanj (<i>Castanea sativa</i>)		1,5	93	0,1	2,2	0	0
Veliki jesen (<i>Fraxinus excelsior</i>)		22,0	93	0,1	29,8	0	0
Navadna breza (<i>Betula pendula</i>)		0,3	93	0,1	0,0	0	0
Skupaj		532,3	147870	100	217,2	60324	100



Slika 2: Gostota mladja (N/ha; leva os y; stolpci) in delež visokega pajesena v posameznem višinskem razredu (%; desna os y; črta)

Figure 2: Regeneration density (N/ha; left y axis; columns) and proportion (%; right y axis; line) of tree of heaven according to height class

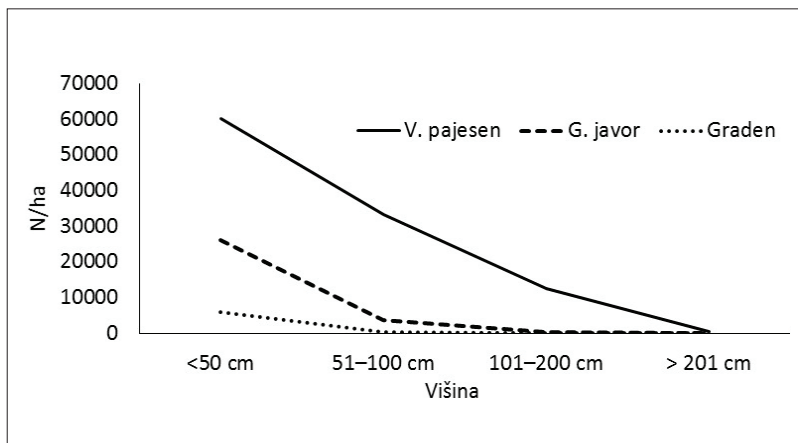
njegovo širjenje, je pomembno, da ukrepamo z neposrednimi ukrepi v mladju ravno v obdobju, preden postane dominanten v zgornji plasti mladja (Slika 3). Pri ukrepanju pazimo na domorodno vegetacijo, ji dajemo prednost in tako povečamo njeno konkurenčnost vsaj za nekaj časa.

Z analizo višinske strukture mladja v letu 2015 smo ugotovili, da sta z visokim pajesenom v najmanjšem višinskem razredu do 50 cm višine razmeroma uspešno tekmovala gorski javor z gostoto okoli 30000 osebkov na ha in graden z gostoto okoli 6000 osebkov na ha (Slika 4).

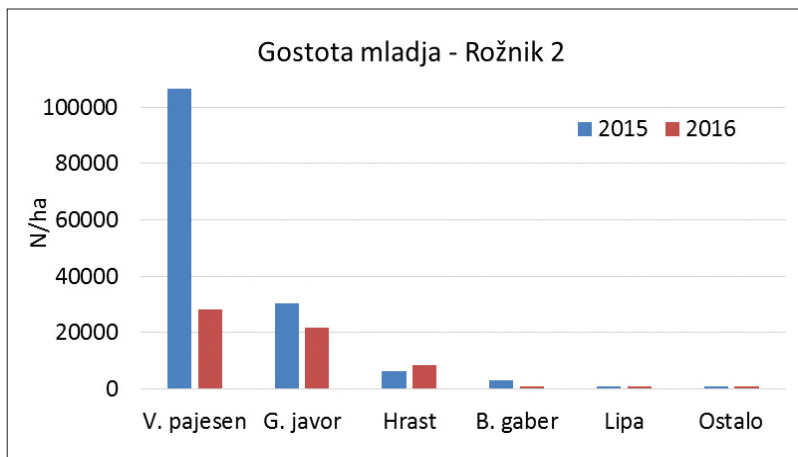


Slika 3: Ponekod visoki pajesen povsem dominira v zgornji plasti mladja. Na sliki je mladje na raziskovalnem objektu tri leta po sečnji in nasenitvi visokega pajesena. (Foto: D. Roženbergar)

Figure 3: Domination of tree of heaven in upper regeneration layer three years after the removal of mother trees (photo: D. Roženbergar)



Slika 4: Višinska struktura mladja visokega pajesena, gorskega javorja in gradna v letu 2015
 Figure 4: Height distribution of tree of heaven, sycamore maple and sessile oak in 2015



Slika 5: Spremembe v gostotah mladja za najpogostejše drevesne vrste v letih 2015 in 2016
 Figure 5: Regeneration densities in years 2015 and 2016 for the dominant tree species

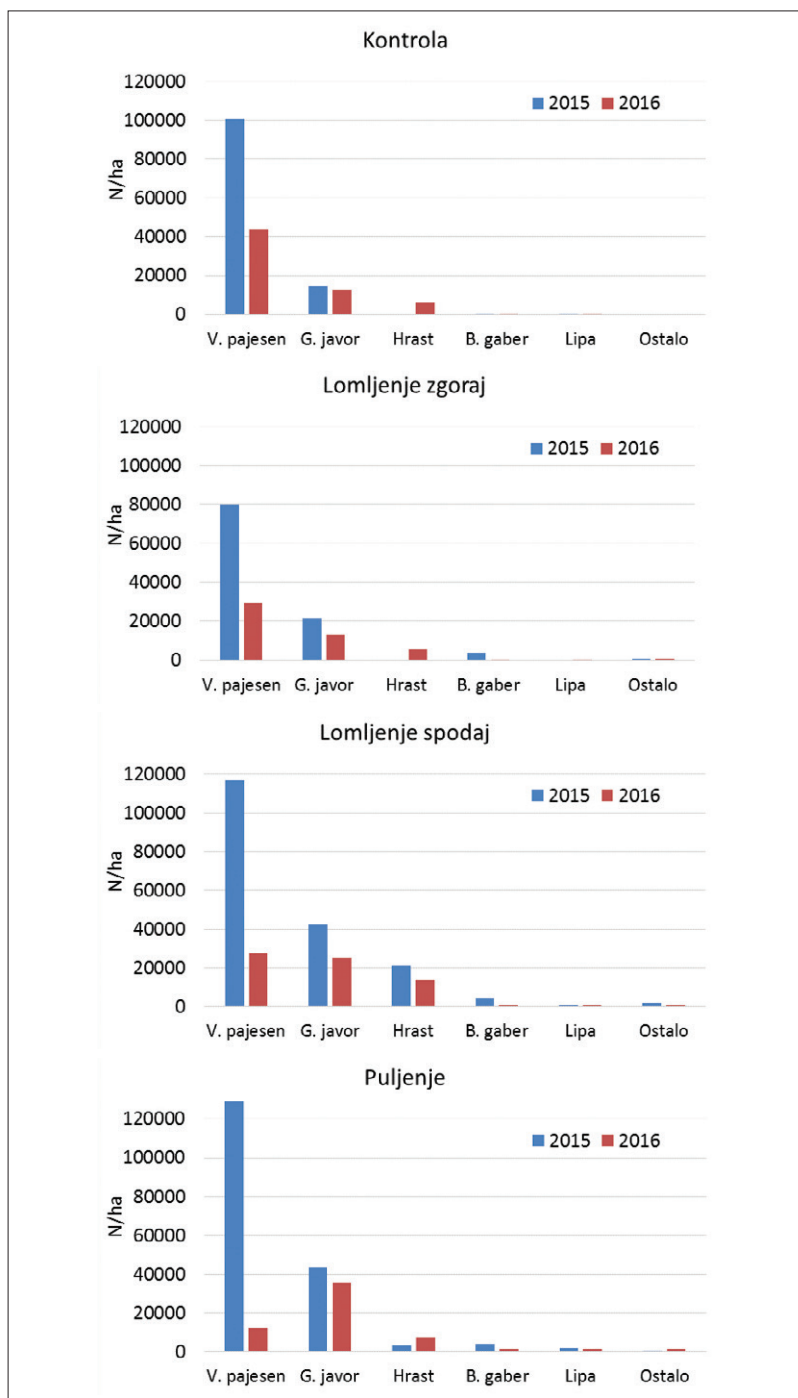
Po ponovitvi meritev na istih ploskvah v letu 2016 smo ugotovili zmanjšanje gostot in deleža visokega pajesena v mladju, ki se je s 70 % zmanjšal na 47 % (Preglednica 2). Delež gorskega javorja in gradna (na nekaterih slikah označen kot hrast) sta se povečala (Preglednica 2), gostote pa so ostale pri podobnih vrednostih (Slika 5).

Razmeroma velike spremembe skupnih gostot visokega pajesena so delno posledica odstranjevanja, delno pa velike konkurence in naravnega izločanja.

Ker smo želeli ugotoviti, kako posamezni načini odstranjevanja (štirje ukrepi: kontrola – K,

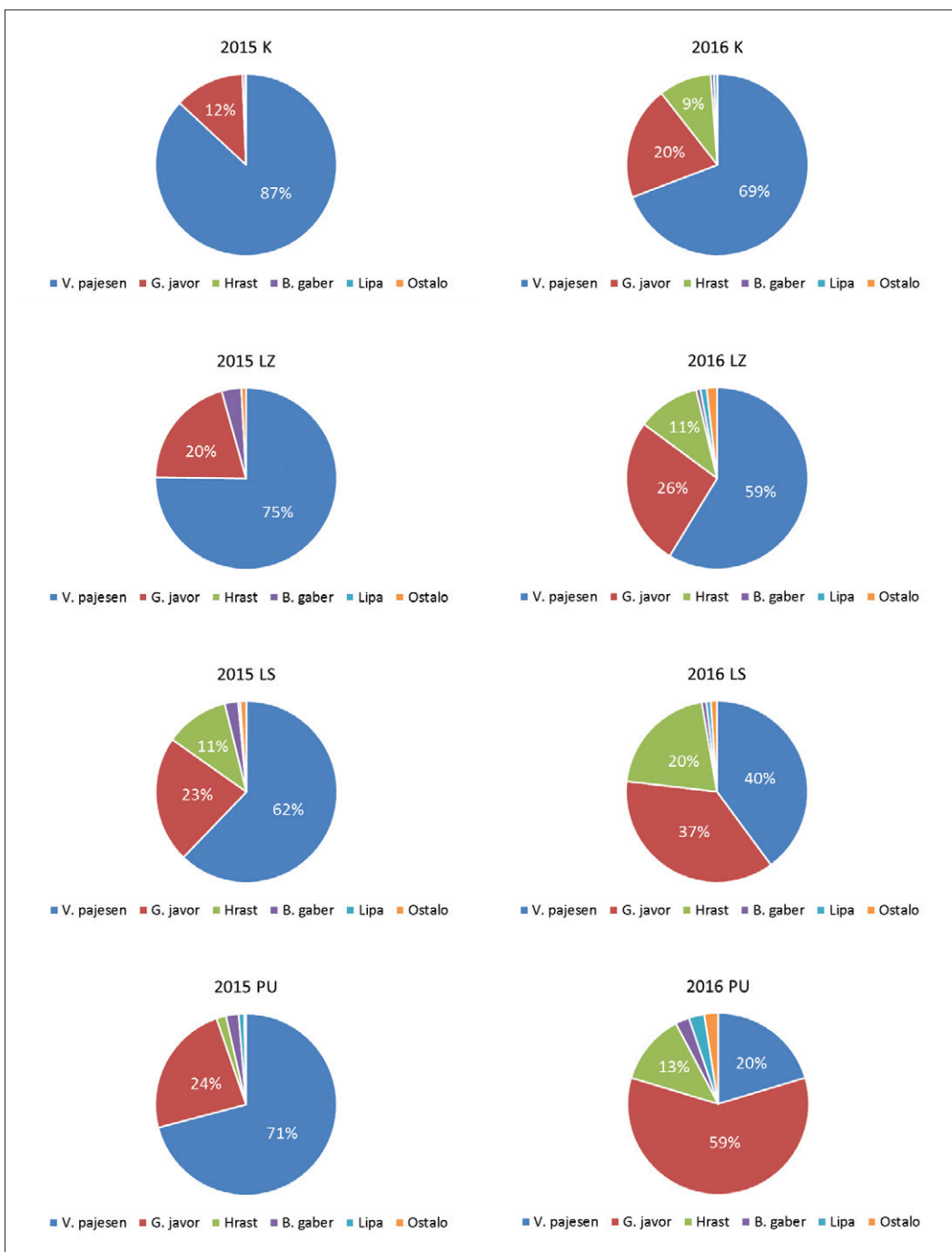
lomljenje zgoraj – LZ, lomljenje spodaj – LS in puljenje – PU) vplivajo na gostote mladja, smo analizirali spremembe za vsak ukrep posebej. Gostote visokega pajesena so se zmanjšale za vse štiri ukrepe. Najmanjše razlike smo zabeležili na kontrolnih ploskvah (2015 – 100926 na ha; 2016 – 43704 na ha), potem pa so si sledile ploskve z ukrepi lomljenje zgoraj (2015 – 80000 na ha; 2016 – 29259 na ha), lomljenje spodaj (2015 – 116481 na ha; 2016 – 27407 na ha) in puljenje (2015 – 129074 na ha; 2016 – 12222 na ha) (Slika 6).

Razlike med ukrepi so opazne tudi, če jih prikazujemo v odstotnih deležih, ki bolj kot gostote



Slika 6: Spremembe v gostotah mladja za najpogostejše drevesne vrste v letih 2015 in 2016 glede na način odstranjevanja visokega pajesena

Figure 6: Regeneration densities in years 2015 and 2016 for the dominant tree species according to tree of heaven control treatment



Slika 7: Odstotni deleži (%) najpogostejših drevesnih vrst v mladju pred ukrepanjem (2015) in eno leto potem (2016) glede na ukrep (K – kontrola, LZ – lomljenje zgoraj, LS – lomljenje spodaj in PU – puljenje) *Figure 7: Species composition of tree regeneration before (2015) and after (2016) the treatment according to treatment type (K – control, LZ – breakage of present year shoots, LS – breakage of previous year shoots, PU – total removal of a plant with pulling)*

prikazujejo potenciale določenih drevesnih vrst za nadaljnji razvoj. V letu 2016 je bil delež visokega pajesena v celotnem naboru drevesnih vrst v mladju za ukrep K 69 %, za ukrep LZ 59 %, za ukrep LS 40 % in za ukrep PU 20 % (Slika 7).

Rezultati iz kontrolnih ploskev kažejo, da se gostote visokega pajesena lahko znatno zmanjšajo že eno leto po kalitvi semena (Slika 6). Na kontrolnih ploskvah se je delež visokega pajesena zmanjšal za 18 %. Pomemben dejavnik pri zmanjšanju je konkurenca znotraj vrste, saj visoki pajesen zelo intenzivno prirašča v višino, dominantni osebk pa zelo zastirajo tudi nižje plasti mladja iste vrste. Na zmanjšanje deleža visokega pajesena vpliva tudi pritisk domačih vrst, ki so v določenih razmerah z manj svetlobe bolj konkurenčne. Na kontrolnih ploskvah sta se povečala deleža gorskega javorja in hrasta. Pomemben dejavnik pri izločanju visokega pajesena je tudi zeliščna in grmovna vegetacija. V povprečju, preko vseh ploskev, se je delež površine, zastrte z zelišči (glej definicijo zelišč v metodah), značilno povečal za malo manj kot trikrat, na vrednost 84,3 % (Preglednica 3), kar kaže na hiter odziv in konkurenčnost zelišč v dobrih rastiščnih razmerah. Delež površine, zastrte z mladjem drugih vrst in visokega pajesena, se je značilno zmanjšal (Preglednica 3).

Analiza sprememb višinske strukture mladja glavnih drevesnih vrst lahko pokaže trende razvoja posamezne drevesne vrste v mladju in omogoča sklepanje o potencialih posameznih vrst za prerašanje v višje višinske razrede.

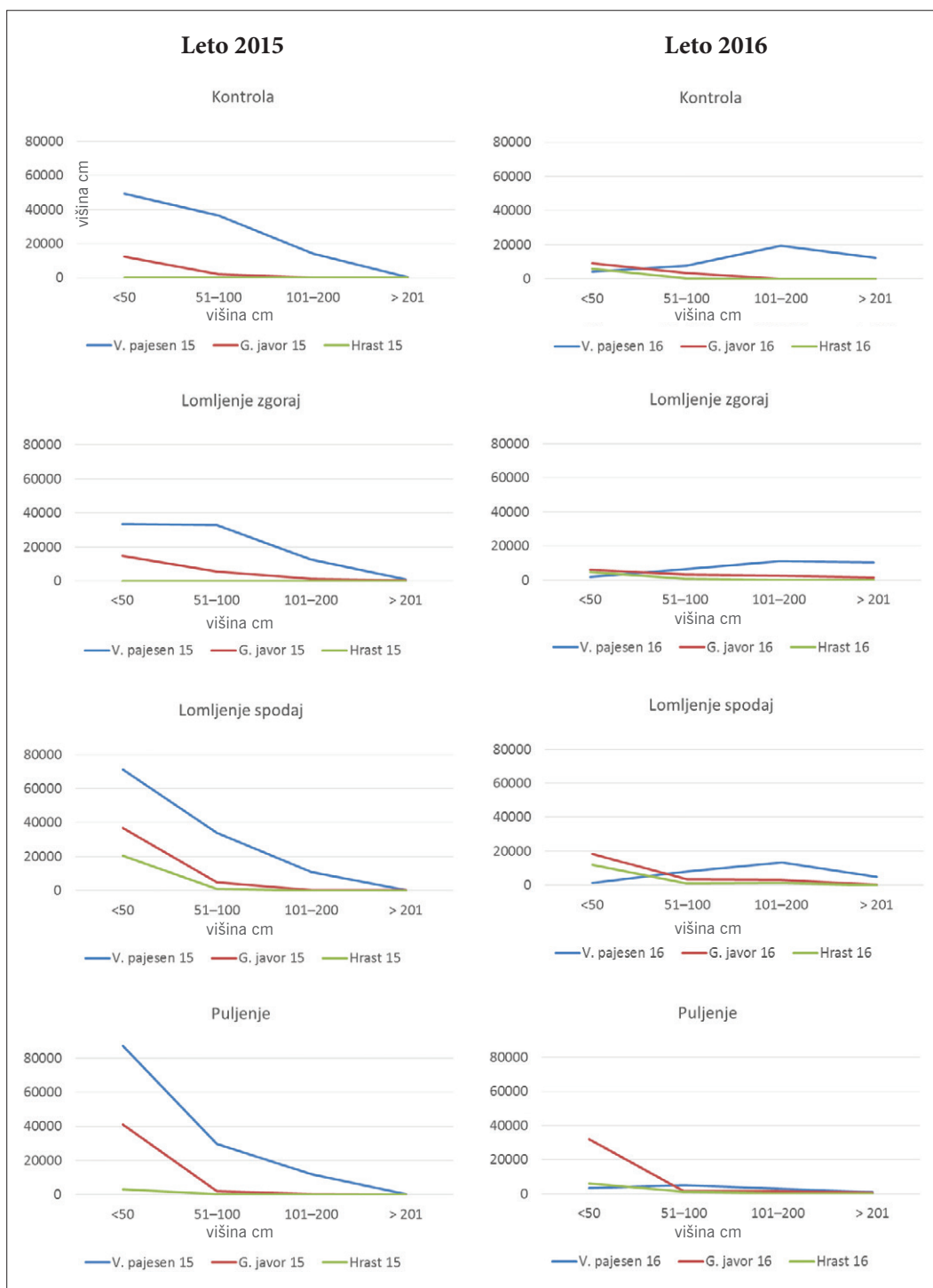
Na kontrolnih ploskvah, kjer ni bilo ukrepanja, je pajesen v letu 2016 dominiral v zgornjih plasteh mladja do višin 2 m (Slika 8). Podoben, vendar manj izrazit trend smo opazili tudi za ukrepa LZ in LS, kjer je pajesen kljub ukrepanju prehajal v zgornje plasti mladja.

Prehajanja ni bilo na ploskvah z ukrepom PU, ki je bil pri preprečevanju razvoja visokega pajesena najuspešnejši (Slika 8). V spodnjih višinskih razredih do višine 1 m so se gostote visokega pajesena v vseh primerih zelo zmanjšale, gostote gorskega javorja in gradna pa so ostale na podobnih vrednostih kot leto prej (Slika 8). Rezultat nakazuje večjo sposobnost domorodnih vrst pri vztrajanju v spodnji plasti kljub slabšim svetlobnim razmeram, na drugi strani pa velike potrebe visokega pajesena po svetlobi, saj je ne glede na ukrep skoraj povsem izginil iz spodnjih plasti mladja. Manjšo uspešnost vsaj semenskega dela pomlajevanja visokega pajesena v spodnjih plasteh mladja lahko deloma pripišemo tudi odsotnosti novega semena, saj so bila semenska drevesa te vrste odstranjena.

Preglednica 3: Rezultati testa razlik za odvisne vzorce za primerjavo deležev zastiranja površine podploskev (%) zelišč, mladja in visokega pajesena v letih 2015 in 2016

Table 3: Results for dependent samples test comparing the percent cover (%) of ground vegetation, tree regeneration and the tree of heaven in years 2015 and 2016

	Zelišča	Mladje	Visoki pajesen
Aritmetična sredina 2015 (%)	32,5	19,2	45
Aritmetična sredina 2016 (%)	84,3	4,2	11,5
Standardni odklon 2015 (%)	13,1	6,1	9,3
Standardni odklon 2016 (%)	4,3	4,4	6,1
Število ploskev (N)	24	24	24
t	-19,5513	8,7332	23,8934
Stopinje prostosti (df)	23	23	23
Statistična značilnost (p)	0,0000	0,0000	0,0000



Slika 8: Višinska struktura (N/ha) za tri najpogostejše drevesne vrste v mladju v letih 2015 in 2016 glede na ukrep
 Figure 8: Height distribution of the dominant tree species according to treatment and year

4 ZAKLJUČKI IN SMERNICE ZA GOZDNOGOJITVENO UKREPANJE

4 CONCLUSIONS AND GUIDELINES FOR SILVICULTURAL TREATMENT

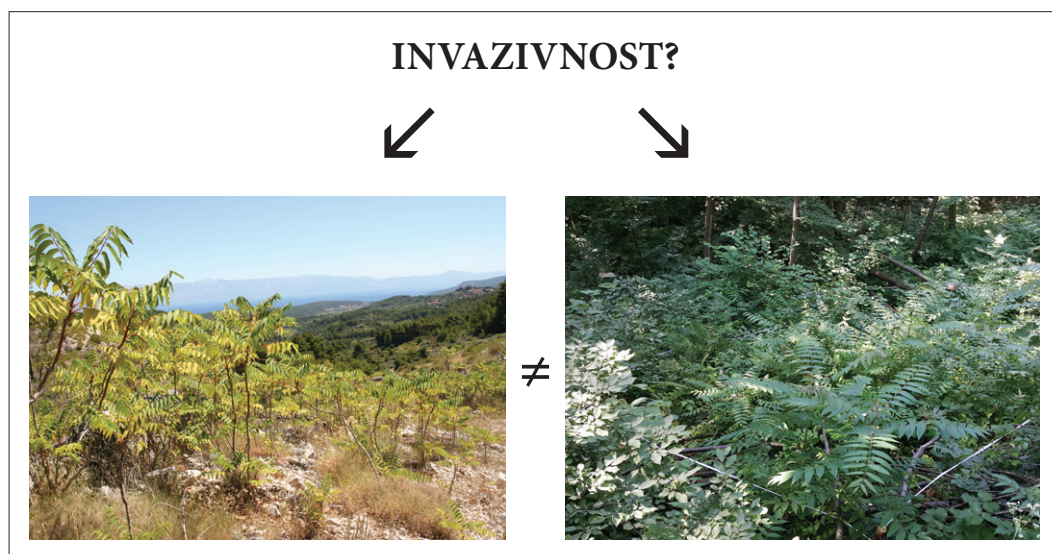
Širjenje neke drevesne vrste v prostoru je poleg temeljnih ekoloških značilnosti zelo odvisno od načinov pomlajevanja te vrste. Uspešnost pomlajevanja pravzaprav definira invazivnost vrste. Če je vrsta pri pomlajevanju uspešna, je tudi njena invazivnost večja. Na uspešnost pomlajevanja poleg lastnosti vrste ključno vplivajo ekološke razmere, v katerih se mladje razvija, zato invazivni potencial neke vrste ni enak na degradiranih rastiščih v primerjavi z ohranjenimi gozdovi (Slika 9). Ker se invazivni potencial pa tudi vloge posameznih drevesnih vrst razlikujejo, je pomembno, da razlikujemo tudi ukrepe, s katerimi poskušamo uravnavati njihov razvoj.

Invazivnost visokega pajesena na spremenjenih in degradiranih rastiščih je bila potrjena (Trifiló, 2004). V takih primerih je treba ugotoviti, kakšne pozitivne in negativne spremembe v okolju

vrsta povzroča in na podlagi tega presoditi, ali je potrebno in smiselno s primernimi ukrepi zmanjšati njen vpliv.

Namen naše raziskave je bil s pomočjo analize pomlajevanja ugotoviti, kako invaziven je visoki pajesen v ohranjenih gospodarskih gozdovih in kakšne so možnosti te vrste za širjenje v prihodnosti.

Če želimo oceniti, kakšna je potencialna invazivnost visokega pajesena v ohranjenih gozdovih, kjer poteka normalno gospodarjenje, moramo dobro poznati njegove temeljne ekološke potrebe. Visoki pajesen je vrsta zgodnjih sukcesijskih stadijev, kratkoživa in svetloljubna, kar do neke mere pojasnjuje njeno prisotnost na degradiranih rastiščih. Visoki pajesen zelo odganja iz panja in korenin, kar mu omogoča nenehno prisotnost na območju, kjer se uveljavi. Seme visokega pajesena je razmeroma lahko in se lahko prenaša tudi na večje razdalje, hkrati pa je tudi zelo kaljivo, kar mu omogoča širjenje z lokacij ob prometnicah v notranjost gozda, če v bližini nastane odpiranje sestoja.



Slika 9: Invazivni potencial in vloge tujerodnih drevesnih vrst niso povsod enake in so odvisne od ekosistema, v katerega se naselijo. Na sliki je pomlajevanje visokega pajesena na degradiranih (levo, foto: R. Brus) in ohranjenih rastiščih (desno, foto: D. Roženbergar).

Figure 9: Invasive potential of non-native tree species differs according to the ecosystem they are invading. Photos show regeneration of tree of heaven on degraded (left, photo: R. Brus) and semi-natural forest sites (right, photo: D. Roženbergar)

Glede na našo raziskavo, ki smo jo izvedli na bukovich rastiščih, je invazivnost visokega pajesena v ohranjenih gozdovih razmeroma omejena, kar so ugotovili tudi nekateri drugi raziskovalci (Feret, 1985). Njegov razvoj pa tudi razvoj drugih invazivnih tujerodnih vrst lahko precej učinkovito usmerjamo s primernimi gozdnogojitvenimi ukrepi, ki so v veliki meri že del obstoječega gospodarjenja.

1. Malopovršinsko obnavljanje in pomlajevanje pod zastorom. Tak način pomlajevanja ustvarja razmere, v katerih so domorodne vrste bolj konkurenčne.
2. Podaljševanje proizvodnih dob za odrasla drevesa invazivne tujerodne vrste. Glede na literaturo in naša opažanja se rastna moč visokega pajesena zmanjša v drugi polovici njegovega življenjskega obdobja. Zato je smotrno starejša drevesa obeh vrst puščati v sestoji, kjer je to mogoče. Na tak način ohranjamo sklep krošenj, hkrati pa imajo zaradi kratkoživosti in manjše rasti visokega pajesena domorodne vrste dolgoročno več možnosti, da prevzamejo zgornje socialne položaje v sestoji. Puščanje odraslih dreves sicer pomeni nenehno nastajanje semena, ki pa se ne razvije v mladje, če so svetlobne razmere neugodne. Ni povsem jasno, kakšno vlogo imajo ženska drevesa pri visokem pajesenu. Nekateri izkušnje iz tujine kažejo, da njihova sečnja in s tem prekinjeno nastajanje semena omeji širjenje te vrste, moški osebki pa še vedno zasenčujejo tla. Po drugi strani pa sečnja lahko sproži močnejše vegetativno razmnoževanje. V primeru sečnje na našem raziskovalnem objektu je po sečnji ženskih osebkov in v kombinaciji z žledolomom nastalo močno odganjanje iz korenin posekanih dreves in širjenje visokega pajesena.
3. Skrb za polnilno plast. V sestojih, ki so potencialno ogroženi zaradi vdora tujerodnih vrst, je smotrno aktivno delovanje glede vzdrževanja pa tudi osnovanja polnilne plasti. Polnilna plast onemogoča semensko pomlajevanje invazivne vrste, obenem pa veča odpornost sestojev proti invaziji tujerodnih vrst v primeru poškodb glavnega sestoja zaradi ujm.

4. Vertikalno strukturirani sestoji in prebiralno gospodarjenje. Zaradi podobnih razlogov kot pri polnilni plasti so gozdovi, v katerih uporabljamo malopovršinske gojitvene zvrsti, bolj odporni proti invaziji tujerodnih vrst. Negovalno prebiralno gospodarjenje je mogoče le v določenih razmerah in ga ne moremo uporabljati povsod. Mogoče so prilagoditve prevladujočega skupinsko postopnega gospodarjenja z uporabo sproščene tehnike gojenja gozdov in trajnega gozda z večjo vertikalno strukturiranostjo sestojev, kjer to omogočajo rastiščne in sestojne razmere.

Čprav je visoki pajesen v evropskem in slovenskem prostoru prisoten že več kot dvesto let, vrsta ni velikopovršinsko vdiralna v ohranjene gozdove. Kljub temu je pomembno, da razvijamo preproste in čim cenejše načine preprečevanja njegovega širjenja v gozd oziroma ukrepanja v primerih, ko vdora že nastane. Stanje v okolju se namreč spreminja, pa tudi vrste se prilagajajo. Naša raziskava na Rožniku kaže, da so manjše zaplate odraslega gozda, ki jih prizadenejo ujme večjih razsežnosti, ugodno okolje za širjenje invazivnih tujerodnih vrst. Kombinacija žledoloma leta 2014 in sanitarnih sečenj zaradi podlubnikov na večjih površinah poškodovanih gozdov v Sloveniji ustvarja idealne razmere za pomlajevanje invazivnih tujerodnih vrst. Ko se v takih razmerah v mladju začne pojavljati katera od invazivnih vrst, je potrebno prilagojeno ukrepanje.

1. Pospeševanje vseh domorodnih grmovnih in drevesnih vrst. Glede na naše raziskave so tudi v primeru, ko se invazivna tujerodna vrsta zaradi zunanjih dejavnikov množično pojavlja v mladju, vedno prisotne tudi domorodne grmovne in drevesne vrste, ki jih lahko s pospeševanjem s pridom uporabimo za zaviranje širjenja invazivne vrste.
2. Pravočasno ukrepanje. Glede na rezultate naše raziskave so ukrepi učinkoviti le, če so izvedeni razmeroma hitro po naselitvi tujerodnih vrst v plast mladja, saj se zaradi njihove hitre višinske rasti hitro zmanjšujejo možnosti vplivanja na njihov razvoj z oblikovanjem okolja.

3. Sajenje domorodnih hitrorastočih drevesnih (grmovnih) vrst. Kjer ni naravnega pomladka domorodnih vrst, si lahko pomagamo s sajenjem. Vrste, ki jih sadimo, naj bodo prilagojene rastišču in hitrorastoče. Kombiniramo jih lahko s točkovnim sajenjem bolj sencodržnih vrst, kot so bukev, jelka in smreka. Namen teh vrst je zastiranje spodnjih plasti mladja in onemogočanje ponovnega pomlajevanja invazivne vrste, hkrati pa so lahko dober temelj za osnovanje bodočega sestoja. Pomembno je, da sajene sadike redno sproščamo konkurence invazivnih vrst, kot je navedeno prej.

V literaturi je precej konkretnih napotkov za zatiranje invazivnih vrst in različne tehnike odstranjevanja ali drugih ukrepov so dobro razvite v različnih delih sveta. V nadaljevanju navajamo nekaj možnosti neposrednega zatiranja, ki pa v večini primerov niso izvedljive ali smiselne na večjih območjih. Lahko pa so uporabne pri točkovnem zatiranju na mestih, kjer je odstranjevanje pomembno zaradi varstvenih ali estetskih vidikov. Neposredno zatiranje je poleg tega vedno zelo drag način ukrepanja. Visoki pajesen uspešno zatirajo s pomočjo herbicidov, ki so pri nas v gozdu prepovedani in jih ne priporočamo, saj negativno učinkujejo na okolje in ljudi. Ena od možnosti zatiranja je tudi biološko zatiranje s pomočjo gliv, ki pa je še v preizkusni fazi (Harris in sod., 2013).

V vseh primerih je za točkovno omejevanje širjenja visokega pajesena na mestih, kjer je površinsko zelo zastopan v mladju, najboljša kombinacija neposrednega odstranjevanja in senčenja tal, na katerih raste. Na podlagi literature in lastne raziskave odstranjevanja visokega pajesena navajamo nekatere ukrepe.

1. Za omejevanje proizvodnje semena visokega pajesena (Landenberger in sod., 2007) poiščemo drevesa ženskega spola in jih odstranimo. Slednji napotek velja le za posamezna drevesa ali že odprte sestoje, ko z odstranjevanjem odraslih dreves bistveno ne povečujemo sestojnih vrzeli.
2. Osebkje mladja visokega pajesena odstranjujemo s puljenjem in ne z rezanjem ali neposredno obžetvijo. Če je mogoče, pulimo

po dežju, da odstranimo kar največji delež korenin mladih osebkov.

3. Delno učinkovit način za omejevanje rasti je tudi lomljenje enoletnih poganjkov, ki sicer v redkih primerih rastlino uniči, zavira pa višinsko rast osebkja, pri čemer je reakcija osebkja manj intenzivna, kot če odstranimo osebek z lomljenjem ali rezom nižje.
4. Odstranjevanje ponovimo enkrat na leto zgodaj poleti, ko je v koreninah najmanj rezervnih hranil.
5. V primeru večjih osebkov (višje od 1 do 2 m) puljenje ni več učinkovito. V takem primeru je mogoče delno obročkanje (odstranjevanje skorje in dela beljave na $\frac{3}{4}$ oboda drevesa) osebkov.

V našem okolju poleg visokega pajesena tudi druge tujerodne invazivne vrste kažejo veliko obnovitveno sposobnost in potencial za širjenje v naravno okolje. Glede na raziskave se bodo verjetno še naprej širile v slovenske gozdove. Glavni dejavniki, ki lahko pospešijo njihovo invazijo tudi v bolj ohranjene gozdove, so: a) vrste so konkurenčnejše od domorodnih vrst v bolj suhem in toplejšem podnebju; b) zaradi sprememb podnebja bodo bodoče motnje v gozdnih ekosistemih pogostejše in večjih intenzivnosti; c) povsod prisotne in stabilne populacije invazivnih tujerodnih vrst, kot sta robinija in visoki pajesen ob prometnicah, vodnih poteh in na gozdnem robu, so stalen vir semena; d) povečevanje relativnega deleža gozdnega roba v primerjavi z matico gozda. Omenjeni dejavniki lahko povzročijo val invazije tujerodnih invazivnih vrst, ki je mogoč tudi po dolgotrajnem stadiju relativnega mirovanja obeh vrst pri osvajanju prostora. Ker so take hitre invazije po dolgotrajnih obdobjih mirovanja znane iz drugih delov sveta (Crooks in sod., 1999), je pomembno, da vzpostavimo sistem nadzora invazivnih vrst, ki bi upravljalcem omogočal hitro zaznavanje povečevanja njihovega deleža, analizo stanja in definiranja morebitne potrebe po omejevanju ali odstranjevanju.

Ponekod bo intenzivno odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst gotovo smiselno, vendar so to dragi in časovno zahtevni ukrepi, ki niso vedno učinkoviti. Sprijazniti se bomo morali, da

so nekatere invazivne tujerodne vrste postale del našega naravnega okolja, zato bo verjetno smrtno še večkrat pretehtati, kakšne pozitivne (Hu, 1979) ali negativne učinke imajo v posameznih območjih slovenskih gozdov in pri različnih uporabnikih prostora (Knüsel in sod., 2015). V omenjenem primeru gre za preliminarno in prostorsko omejeno raziskavo na podgorskih bukovich rastiščih. Zato je smiselna razširitev raziskav ekologije pomlajevanja na rastišča, kjer je kljub ohranjenosti večja verjetnost pojavljanja invazivnih tujerodnih vrst, kot so npr. gozdovi puhastega hrasta in gradna, hrastovo gradnovi gozdovi, termofilni bukovi gozdovi, predvsem pa obrečni gozdovi.

Iz analiz in raziskav mladja težko sodimo, kakšni bodo razvoj, rast in pomen invazivnih vrst v analiziranih sestojih v prihodnje. Če bo v sestojih dovolj svetlobe, potem bodo tudi v starejših razvojnih fazah zasedale dominantne socialne položaje, če bo svetlobe manj, pa domnevno ne. V začetku razvoja invazivnih tujerodnih vrst je intenzivna višinska rast lahko posledica vegetativnega izvora, kasneje pa postane pomembnejši dejavnik omejevanja svetloba, kar potrjujejo tudi naše raziskave. Višinska rast teh vrst se kasneje umiri, potrebe po svetlobi pa povečajo, kar je lahko priložnost za bolj prilagojene domače vrste. To je ključni trenutek v razvoju sestoja, ki zelo definira njegovo končno strukturo in vrstno sestavo. Zato je pomembno, da razširimo raziskave invazivnosti in ekologije invazivnih tujerodnih vrst tudi v faze, v katerih nastaja prehajanje sestoja v zgornje drevesne plasti.

5 POVZETEK

Številčnost invazivnih tujerodnih drevesnih vrst v Sloveniji se povečuje in ker imajo lahko na gozdne ekosisteme več negativnih učinkov, je pomembno, da poznamo njihovo ekologijo v našem okolju in razvijemo strategijo ukrepanja za zmanjševanje njihovega vpliva v prihodnosti. Med vrstami, katerih številčnost in območja pojavljanja se v zadnjem času povečujeta, je tudi visoki pajesen. Po ujmah v zadnjih nekaj letih so se v znatnem delu slovenskih gozdov ekološke razmere zelo

spremenile na tak način, da ustrezajo ravnim lastnostim, ki jih ima visoki pajesen: intenzivna višinska rast v razmerah velike osvetljenosti, obsežno vegetativno pomlajevanje ter hitra in obilna proizvodnja semena. Ker je pri nas uporaba kemičnih sredstev prepovedana, smo v naši raziskavi želeli ugotoviti, kako učinkovite so nekatere metode mehanskega odstranjevanja visokega pajesena. Raziskavo smo izvedli v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib na vzhodnem robu Rožnika, ki spada v Gozdnogospodarsko območje Ljubljana. Postavili smo šest ploskev velikosti 6×6 m in jih razdelili na štiri podploskve velikosti 3×3 m. Na vsaki od podploskev smo izvedli enega od štirih ukrepov: kontrola – brez ukrepanja, lomljenje enoletnih poganjkov, lomljenje dveletnih poganjkov in puljenje. Ugotovili smo, da je najmanj učinkovito lomljenje enoletnih poganjkov, saj drevo nov vrh ponovno odžene v istem letu. Nekoliko učinkovitejše je bilo lomljenje dveletnih poganjkov, najbolj pa je delež visokega pajesena v mladju zmanjšalo puljenje. Mehansko odstranjevanje tujerodnih invazivnih vrst je lahko učinkovito samo v posameznih primerih in je neprimerno za uporabo na večjih površinah. Njegova učinkovitost se lahko poveča, če ga kombiniramo z gozdnogojitvenimi ukrepi, kot so: i) malopovršinsko obnavljanje in pomlajevanje pod zastorom, ii) podaljševanje proizvodnih dob za odrasla drevesa invazivne tujerodne vrste, iii) vzdrževanje polnilne plasti, iv) oblikovanje vertikalno strukturiranih sestojev in prebiralno gospodarjenje, v) pospeševanje vseh domorodnih grmovnih in drevesnih vrst, vi) ukrepanje takoj po invaziji in vii) sajenje domorodnih hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst.

5 SUMMARY

The abundance of invasive alien tree species is increasing in Slovenia. Given their potential negative influence on forest ecosystems, it is critical to better understand their ecology in order to develop a strategy for controlling their populations in the future. Tree of heaven, in particular, is among the most widespread and invasive

alien tree species in Slovenia. Following a series of large and intense disturbances in recent years, a significant portion of forest area in Slovenia may now have conditions that are well suited to the biological characteristics of tree of heaven, promoting further spread. These characteristics include rapid height growth under conditions of high light, strong vegetative regeneration, as well as rapid and abundant production of seeds. Because the use of chemical agents in the forest is prohibited in Slovenia, the goal of this study was to determine the effectiveness of different methods of mechanical removal. We used the Rožnik landscape park in Ljubljana, where abundant tree of heaven regeneration has been observed in recent years, as a case study. We set up 6 experimental plots (6 × 6 m), and divided each into four subplots (3 × 3 m). Within each subplot, we applied one of the four following treatments: control – no treatment; breaking of annual shoots; breaking biennial shoots; and pulling out the entire plant. After one growing season, the least effective treatment was breaking the one-year shoots because the tree grows a new leader shoot the same year. Breaking the biennial shoots was slightly more effective. The most effective treatment was the complete removal by pulling, which decreased the relative abundance of tree of heaven in the regeneration layer. However, while mechanical removal of alien tree species may be effective in individual cases, it is likely unsuitable on larger areas, and is only possible when individuals are in the seedling and sapling stage. The effectiveness of mechanical removal can be enhanced when combined with silvicultural measures, such as: i) creation of small-scale canopy openings and regeneration under the canopy, ii) avoidance of cutting adult invasive trees, iii) maintaining the subcanopy layer of native tree species in forests, iv) creation of vertically structured stands, v) promotion of all native shrub and tree species, even species that are not commercially important, vi) rapid treatment immediately after invasion, and vii) when necessary, planting of fast-growing native tree and shrub species.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek je nastal v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta (CRP V4-1431) z naslovom Načrtovanje in gozdnogojitveno ukrepanje v razmerah navzočnosti tujerodnih invazivnih drevesnih vrst, ki sta ga financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) in Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO). Vsem sodelavcem z Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) se zahvaljujemo za informacije in pomoč pri izbiri terenskih objektov. Zahvaljujemo se ZGS OE Ljubljana, Zavodu republike Slovenije za varstvo narave OE Ljubljana in Mestni občini Ljubljana za pozitivno mnenje glede izvedbe raziskave. Zahvaljujemo se recenzentom za natančen pregled članka in tehtne pripombe.

7 VIRI

7 REFERENCES

- Asaro, C., Becker, C., Creighton, J. 2009. Control and Utilization of Tree-of-Heaven: A Guide for Virginia Landowners. Virginia Department of Forestry: 15 str.
- Badalamenti, E., La Mantia, T. 2013. Stem-injection of herbicide for control of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle: a practical source of power for drilling holes in stems. *iForest* 6: 123–126.
- Brus, R., Dakskobler, I. 2001. Visoki pajesen. *Proteus*, 63, 5: 224–228.
- Brus, R., Arnšek, T., Gajšek, D., 2016. Pomlajevanje in širjenje velikega pajesena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) na Goriškem. *Gozdarski vestnik*, 73, 3: 115–125.
- Burch, P. L., Zedaker, S. M. 2003. Removing the invasive tree *Ailanthus altissima* and restoring natural cover. *Journal of Arboriculture*, 29, 1: 18–24.
- Constán-Nava, S., Bonet, A., Pastor, E., Lledó, M. J. 2010. Long-term control of the invasive tree *Ailanthus altissima*: Insights from Mediterranean protected forests. *Forest Ecology and Management*, 260: 1058–1064.
- Crooks, J. A., Soulé, M. E., Sandlund, O.T. 1999. Lag times in population explosions of invasive species: causes and implications. *Invasive species and biodiversity management*: 103–125.
- DAISIE European Invasive Alien Species Gateway, 2008. *Ailanthus altissima*. Dostopno na: <http://www.europealiens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=16970> (11. 10. 2016).

- Ding, J.Q., Wu, Y., Zheng, H., Fu, W.D., Reardon, R., Liu, M. 2006. Assessing potential biological control of the invasive plant, tree-of-heaven, *Ailanthus altissima*. *Biocontrol Science and Technology*, 16: 547–566.
- Feret, P. 1985. *Ailanthus*: variation, cultivation, and frustration. *Journal of Arboriculture* 11, 12: 361–368.
- Firestone, S. S., Firestone, J. 2015. Allelopathic potential of invasive species is determined by plant and soil community context. *Plant Ecology*, 216: 491–502.
- Haisey, R. M. 1997. Allelopathy and the secret life of *Ailanthus altissima*. *Arnoldia*, 57, 3: 28–36.
- Harris, P. T., Cannon, G. H., Smith, N. E., Muth, N. Z. 2013. Assessment of plant community restoration following Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima*) control by *Verticillium albo-atrum*. *Biological Invasions*, 15: 1887–1893.
- Hu, S. Y. 1979. *Ailanthus*. *Arnoldia*, 39, 2: 29–50.
- Ivajnsič, D., Cousins, S.A., Kaligarič, M. 2012. Colonization by *Robinia pseudoacacia* of various soil and habitat types outside woodlands in a traditional Central-European agricultural landscape. *Polish Journal of Ecology*, 60: 301–309.
- Jogan, N. 2013. Veliki pajesen – huda nadloga predvsem za Primorsko. *Kras*, 126–127: 32–33.
- Knapp, L. B., Canham, C. D. 2000. Invasion of an old-growth forest in New York by *Ailanthus altissima*: sapling growth and recruitment in canopy gaps. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 127: 307–315.
- Knüsel, S., Conedera, M., Rigling, A., Fonti, P., Wunder, J. 2015. A tree-ring perspective on the invasion of *Ailanthus altissima* in protection forests. *Forest Ecology and Management*, 354: 334–343.
- Kowarik, I. 1995. Clonal growth in *Ailanthus altissima* on a natural site in West Virginia. *Journal of Vegetation Science*, 6: 853–856.
- Kowarik, I., Säumel, I. 2007. Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8: 207–237.
- Kutnar, L., Pisek, R. 2013. Tujerodne in invazivne drevesne vrste v gozdovih Slovenije. Non-native and invasive tree species in the Slovenian forests. *Gozdarski vestnik*, 71: 402–417.
- Landenberger, R. E., Kota, N. L., McGraw, J. B. 2007. Seed dispersal of the non-native invasive tree *Ailanthus altissima* into contrasting environments. *Plant Ecology*, 192, 1: 55–70.
- Radtke, A., Ambraß, S., Zerbe, S., Tonon, G., Fontana, V., Ammer, C. 2013. Traditional coppice forest management drives the invasion of *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* into deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, 291: 308–317.
- Richardson, D. M., Hui, C., Nuñez, M. A., Pauchard, A. 2014. Tree invasions: patterns, processes, challenges and opportunities. *Biol. Invasions*, 16: 473–481.
- Richardson, D. M., Rejmánek, M., 2011. Trees and shrubs as invasive alien species - a global review. *Diversity and Distributions*, 17: 788–809.
- Sheppard, A.W., Shaw, R.H., Sforza, R., 2006. Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed Res.*, 46: 93–117.
- Swearingen, J. 2009. Fact sheet: Tree of Heaven. Weeds Gone Wild: Alien Plant Invaders of Natural Areas. Plant Conservation Alliance's Alien Plant Working Group: 5 str.
- Trifiló, P., Raimondo F., Nardini, A., Lo Gullo, M. A., Salleo, S. 2004. Drought resistance of *Ailanthus altissima*: root hydraulics and water relations. *Tree Physiology*, 24: 107–114.
- Zelnik, I. 2012. Razširjenost tujerodnih invazivnih vrst rastlin v različnih habitatih. *Neobiota Slovenije*. Končno poročilo projekta. Ljubljana, 55–69.