

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE  
VIRE

Jerneja ROPRET

**VODNI POTENCIAL V VETROLOMU PRIZADETE  
NAVADNE SMREKE (*Picea abies* (Karst.)) NA  
JELOVICI 2006**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Jerneja ROPRET

**VODNI POTENCIAL V VETROLOMU PRIZADETE NAVADNE  
SMREKE (*Picea abies* (Karst.)) NA JELOVICI 2006**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**WATER POTENTIAL OF NORWAY SPRUCE (*Picea abies* (Karst.)),  
HARMED IN 2006 JELOVICA WINDTHROW**

GRADUATION THESIS  
Professional Study programmes

Ljubljana, 2016

Ropret J. Vodni potencial v vetrolohu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija gozdarstva na Univerzi v Ljubljani, Biotehniški fakulteti, na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Majo Jurc, za somentorja doc. dr. Matjaža Čatra.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jerneja Ropret

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK GDK 161.13+416.5:423.3(497.6Jelovica)"2016"(043.2)=163.6
- KG
- AV ROPRET, Jerneja
- SA JURC, Maja (mentor)/ ČATER, Matjaž (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- LI 2016
- IN VODNI POTENCIAL V VETROLOMU PRIZADETE NAVADNE SMREKE (*Picea abies* (Karst.)) NA JELOVICI 2006
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 38 str., 3 pregl., 9 sl., 51 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Slovenski gozdovi so vse bolj izpostavljeni naravnim nesrečam, ki jih lahko posredno povežemo s številnimi podnebnimi spremembami. Največkrat so to naravne ujme, kot so vetrolomi, snegolomi, žledolomi in plazovi. Konec junija 2006 je Jelovico prizadel orkanski vetrolom in pustil bolj ali manj trajne posledice na blejskem gozdno-gospodarskem območju. Po dogodku smo izvedli raziskavo ugotavljanja vodnih razmer prizadetih smrek in pomen vodnega potenciala smreke pri naselitvi podlubnikov. Vzorčenje podlubnikov je potekalo na več krajih istega objekta (izvajanje ponovitev meritev). Merjenja so bila izvedena s pomočjo tlačne (Scholandrove) komore za določanje ksilemskega potenciala drevesa, na treh različnih primerih dreves, glede na poškodbe, ki jih je povzročil veter. Meritve vodnega potenciala so bile opravljene na drevesih navadne smreke – *Picea abies* (Karst.) (podrtem drevju z delujočim koreninskim sistemom, podrtem drevju s prekinjeno povezavo med deblom in koreninskim sistemom ter na stoječem, vitalnem drevju brez poškodb) v treh zaporednih obdobjih (6. 9., 28. 9. in 16. 10. 2006). Razlike med skupinami dreves smo potrdili z analizo variance. Po sistematični mreži so bile postavljene tudi pasti znamke Theysohn za podlubnike. Ugotovili smo, da sta bila zmanjšanje vrednosti jutranjega vodnega potenciala in večanje vodnega stresa skladna s pričakovanji in največja v skupini dreves s poškodovanimi koreninami. Opazili smo večanje stresa in zmanjševanje vrednosti v skupini podrhtih dreves z nepoškodovanimi koreninami. Z raziskavo nismo potrdili neposredne zveze med sušnim stresom iglavcev in namnožitvijo podlubnikov, najverjetneje zaradi hitre sanacije in nizkih temperatur po ujmi.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC FDC 161.13+416.5:423.3(497.6Jelovica)"2016"(043.2)=163.6
- CX
- AU ROPRET, Jerneja
- AA JURC, Maja (supervisor)/ČATER, Matjaž (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
- PY 2016
- TI WATER POTENTIAL OF NORWAY SPRUCE (*Picea abies* (Karst.)), HARMED IN 2006 JELOVICA WINDTHROW
- DT Graduation thesis (Professional Study programmes)
- NO IX, 38 p., 3 tab., 9 fig., 51 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB During past few years Slovenian forests were increasingly exposed to several natural disasters (wind breakages, rain breakages, windthrows), which could be directly linked with a number of climate changes, appearing worldwide. At the end of June 2006, Jelovica was affected by hurricane windthrow, that caused severe damage on Bled's forest management area. In the damaged area a study was performed. Pre-dawn water potential of Norway spruce was measured after the damage event in different categories of damaged trees by the Scholander pressure chamber. Three categories of Norway Spruce trees were involved: completely damaged trees, damaged trees with functional root system and also vital, undamaged trees. Water potential measurements were carried out during three consecutive dates (6.9., 28.9. in 16.10.2006). With analysis of variance, differences between groups were confirmed. With the help of systematic network, traps Theysohn for the bark beetles were settled. With decline of the pre-dawn water potential value, also increased degree of water stress was confirmed, which was highest in the group of trees with damaged root system. Research did not confirm direct connection between drought stress in conifers and number of bark beetles; most probable reason for such conditions was effective and expedite sanitation and lower air temperatures after the storm event.

## KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	III
	KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
	KAZALO VSEBINE.....	V
	KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
	KAZALO SLIK.....	VIII
<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PREGLED LITERATURE .....</b>	<b>3</b>
2.1	VPLIV ŠKODLJIVIH DEJAVNIKOV ŽIVE IN NEŽIVE NARAVE NA GOZD TER UKREPI.....	3
2.2	NARAVNE UJME V SLOVENSKIH GOZDOVIH.....	6
<b>2.2.1</b>	<b>Vpliv vetra na gozd.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Poškodbe, ki jih povzroča veter.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Nezadostna oskrba debla z vodo .....</b>	<b>9</b>
2.2.3.1	Sušni stres in rastline.....	9
2.2.3.2	Sušni stres in žuželke .....	10
<b>2.2.4</b>	<b>Vetrolom na Jelovici leta 2006.....</b>	<b>12</b>
2.3	PODLUBNIKI.....	13
<b>2.3.1</b>	<b>Delitev podlubnikov.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Podlubniki in prizadeto drevje .....</b>	<b>16</b>
2.4	UGOTAVLJANJE PRESKRBE Z VODO .....	17
<b>3</b>	<b>METODE DELA .....</b>	<b>19</b>
3.1	NAMEN IN CILJI NALOGE .....	19
3.2	METODE DELA.....	19
<b>3.2.1</b>	<b>Popis ulova osmerozobega in šestrozobega smrekovega lubadarja v Theysonovih pasteh .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Vodni potencial .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Opis merjenja.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Opis prizadetih površin.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Prisotnost podlubnikov na Jelovici po vetrolomu leta 2006 .....</b>	<b>23</b>
3.3	POPISI PODLUBNIKOV (PODATKI ZGS).....	24

<b>3.3.1</b>	<b>Popis podlubnikov na različnih območjih (21 a, 23 a, 31 a, 33 a, 35 a) v letih 2006 in 2007 .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI .....</b>	<b>27</b>
4.1	MERITVE VODNEGA POTENCIALA .....	27
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>SKLEPI .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>POVZETEK (SUMMARY).....</b>	<b>37</b>
7.1	POVZETEK .....	37
7.2	SUMMARY .....	38
<b>8</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>39</b>
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Popis podlubnikov leta 2006 .....	25
Preglednica 2: Popis podlubnikov 2007/1 .....	25
Preglednica 3: Popis podlubnikov leta 2007/2 .....	25



## KAZALO SLIK

Slika 1: Struktura sanitarnega poseka po vzrokih za obdobje 1994–2014 (v tisoč m <sup>3</sup> ) (ZGS, 2015).....	4
Slika 2: Posek zaradi smrekovih in jelovih podlubnikov po letih v obdobju 1995–2014 v Sloveniji (v m <sup>3</sup> ) (ZGS, 2015).....	5
Slika 3: Delež posekane smreke zaradi podlubnikov v odnosu na lesno zalogo smreke v obdobju 2004–2013 (ZGS, 2015).....	5
Slika 4: Vrste poškodb na drevju, ki jih povzročajo naravne ujme (po Žgajnarju 1991).....	8
Slika 5: Vetrolom na Jelovici 2006 (ZGS, 2006) .....	13
Slika 6: Lokacije raziskovalnih objektov, oddelki 37 A, 37 B, 38 B, 40 B, 43 B, 44 C ter postavitev pasti v oddelkih in odsekih, Jelovica, (ZGS, 2006) .....	20
Slika 7: Shematski prikaz merjenja vodnega potenciala (Čater, 1998).....	22
Slika 8: Rezultati merjenja vodnega potenciala vseh skupin po obdobjih (datumih) .....	28
Slika 9: Primerjava povprečnih vrednosti jutranjega vodnega potenciala vseh merjenih skupin .....	30

## 1 UVOD

Gozdni ekosistemi so izpostavljeni različnim motnjam, ki ne le omejujejo njegov obstoj, temveč ga lahko tudi ogrožajo. Slednje lahko definiramo kot »dogodek, ki povzroči značilno spremembo normalne zgradbe in/ali delovanje ekološkega sistema« (Anko, 1993).

Motnje so sestavni del naravnih procesov in jih zato ni mogoče preprečiti, lahko jih z ustreznimi ukrepi le omilimo.

Abiotske naravne motnje (npr. veter, sneg, žled, padavine) in biotske motnje (npr. gradacija podlubnikov), ki prizadenejo večje površine oziroma so večjih jakosti, opredeljujemo kot naravne motnje (Papež, 2005; Jakša in Kolšek, 2009). V gozdnogospodarskem območju Bled ujme v enem gospodarskem letu lahko uničijo vsaj 30.000 m<sup>3</sup> gozdnega drevja (Papler-Lampe, 2009).

Abiotski ekstremni dogodki so v večini primerov v neposredni povezavi z biotskimi motnjami. V mnogih primerih so npr. sušne razmere lahko ključne, ki sprožijo namnožitev podlubnikov v sestojih. Zmanjšana količina padavin vpliva na pojav sušnega stresa. Vodne izgube zaradi transpiracije so v tem primeru večje od količine vode, ki jo mora drevo nadomestiti s črpanjem iz tal. Številne drevesne vrste so se na takšen stres prilagodile na najrazličnejše načine. Obrambno-adaptivni mehanizem navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) se kaže predvsem v zapiranju listnih rež, s čimer se vodni potencial sicer ohrani nad kritično vrednostjo, ne vpliva pa na dolgoročno izmenjavo plinov med atmosfero in drevesom. Sušni stres naj tako sam po sebi ne bi povzročil večjih napadov podlubnikov, lahko pa bi vplival (zaradi svoje povezave z višjo temperaturo) na večjo aktivnost žuželk (Rothe in sod., 2002).

V sestojih po naravnih ujmah se pojavijo poškodbe, ki jih opazimo na deblih ali vejah, pojavijo se poškodbe tudi v območju rizosfere, ki jih ne vidimo. Te poškodbe, kot so trganje aktivnega sesalnega koreninskega prepleta, povzroča deficit v preskrbi drevesa z vodo in rudninskimi snovmi, po drugi strani pa onemogoča transport nastalih organskih

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

snovi v rizosfero. Motnje stoječega drevja zaradi ujm lahko pri rastlinah povzročajo sušni stres.

Namnožitve podlubnikov na smrekah in nekaterih iglavcih predstavljajo največjo motnjo v evropskem gozdnem prostoru, ki je v tesni odvisnosti od primanjkljaja poletnih padavin in povečanja temperatur (Baier in sod., 2007; Faccoli, 2009; Marini in sod., 2012, 2013). Stresne razmere spodbudijo naselitev gostitelja s škodljivimi herbivornimi žuželkami in lahko vodijo od posamičnih napadov do razsežnosti razvoja epidemij (Berryman in sod., 1989; Raffa in sod., 2008; Kausrud in sod., 2012).

V preteklosti je bil s pomočjo ugotavljanja vodne preskrbe iglavcev pojasnjen vpliv vodnega potenciala gostiteljskih dreves na mehanizme naselitve podlubnikov (Lorio in sod., 1995; Saracino in sod., 1997; Gaylord in sod., 2013).

V nalogi smo želeli ugotoviti vodni potencial navadne smreke, *Picea abies* (Karst.), ki je bila poškodovana v vetrolomu na Jelovici 2006. Izsledke meritev vodnega potenciala različno poškodovanih smrek smo uporabili v razlagi pomena vodnega stresa pri naselitvi škodljivih fitofagnih žuželk na gostiteljske rastline.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 VPLIV ŠKODLJIVIH DEJAVNIKOV ŽIVE IN NEŽIVE NARAVE NA GOZD TER UKREPI

Rezultat diagnostičnega in raziskovalnega dela strokovnjakov so informacije o zdravstvenem stanju naših gozdov (Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire BF) ter stalnega spremljanja zdravstvenega stanja v okviru gozdnogospodarskih območij (ZGS). Poznavanje najpomembnejših in najpogosteje tudi škodljivih dejavnikov biotskih (žuželke, bolezni – patogene glive, poškodbe zaradi divjadi, poškodbe zaradi dela v gozdu) in škodljivih abiotskih dejavnikov (veter, sneg, žled, plazovi ...) je pomembno tako kot tudi obseg poškodb v naših gozdovih, ki jih ti dejavniki povzročajo (Jurc M. in Jurc D., 2011).

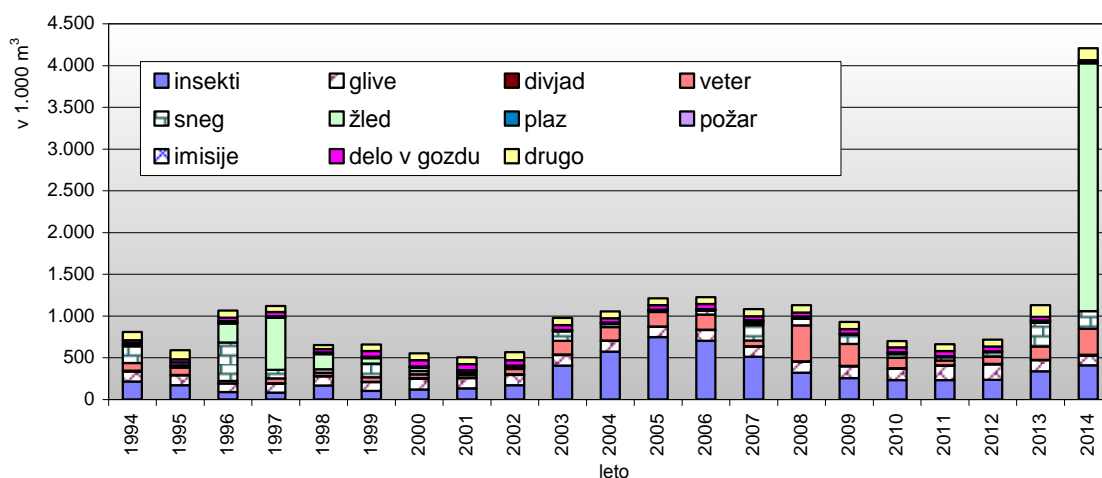
V gozdovih se letno opravlja tudi sanitarni posek drevja, v sklop katerega spada posek bolnega, poškodovanega ali sušečega se drevja, ki se odstranjuje iz sestoja za izboljšanje zdravstvenega stanja sestoja. Takšno drevje so dejavniki žive in nežive narave poškodovali v takšni meri, da le-te nimajo gojitvene perspektive. Sanitarnemu poseku je odrejeno tudi oslabele drevje, ki ga je iz sanitarno-varstvenih razlogov najustrezneje izločiti iz sestoja, da se prepreči namnožitev potencialno nevarnih in škodljivih organizmov (Jurc M. in Jurc D. 2011).

Glede na vremenska dogajanja v zadnjih desetletjih se zaradi spreminjajočih klimatskih razmer spreminjajo gozdovi tudi po vrstni sestavi, tako v rastlinskem kot tudi v živalskem delu. Odpira se prostor novim, tudi invazivnim vrstam (Strategija obnove ..., 2015).

Spremenjene vremenske razmere najbolj ogrožajo vrste z ožjo ekološko amplitudo, ki so praviloma klimaksne drevesne vrste. Dodatno je zaradi poškodovanosti gozdov prizadeta tudi gozdna mikroklima. V razvoju gozda prihodnosti bodo v ospredju vrste s širšo ekološko amplitudo, rastiščno manj zahtevne, s krajšo življenjsko dobo, z visoko invazivno sposobnostjo – z obilnim vsakoletnim semenjenjem iz vrst vetrocvetk in s sposobnostjo vegetativnega razmnoževanja. Na območjih največje poškodovanosti gozda (večje odprte

površine gozda) takšen pionirski gozd lahko pomembno prispeva k oblikovanju ugodne gozdne klime za napredni razvoj gozda (Strategija obnove ..., 2015).

Sanitarni posek je dober pokazatelj vremenskih dogajanj zadnjih dveh desetletij. Vse ujme velikih razsežnosti lahko razlagamo z zgoraj navedenimi spremenjenimi klimatskimi razmerami in dogajaji. Večjo poškodovanost so utrpeli gozdovi s spremenjeno drevesno sestavo s slabšo prilagojenostjo rastiščem (Slika 1).



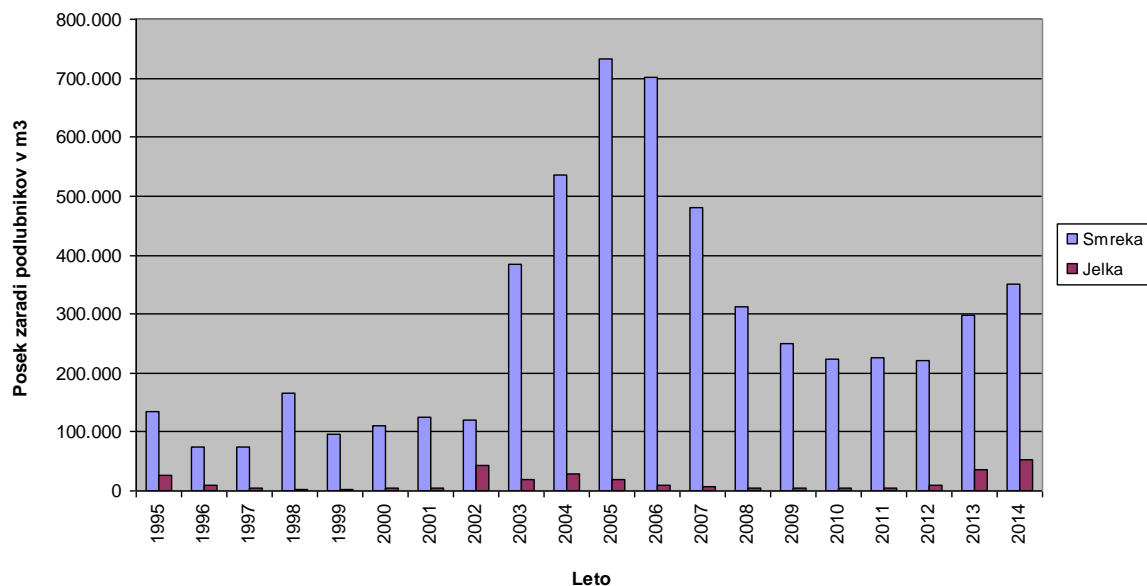
Slika 1: Struktura sanitarnega poseka po vzrokih za obdobje 1994–2014 (v tisoč m<sup>3</sup>) (Strategija obnove ..., 2015)

Med vsemi drevesnimi vrstami je bila zaradi naravnih ujm in škodljivih organizmov najbolj poškodovana smreka. Gradacija podlubnikov največjih razsežnosti v trajanju 6 do 7 let je nastopila po doslej znani najhujši suši v letu 2003. V letu 2013 beležimo začetek nove gradacije, ki je posledica poškodovanosti gozdov zaradi žleda in izjemno ugodnih vremenskih razmer za razvoj podlubnikov v letu 2015 (Strategija obnove ..., 2015) (Slika 1).

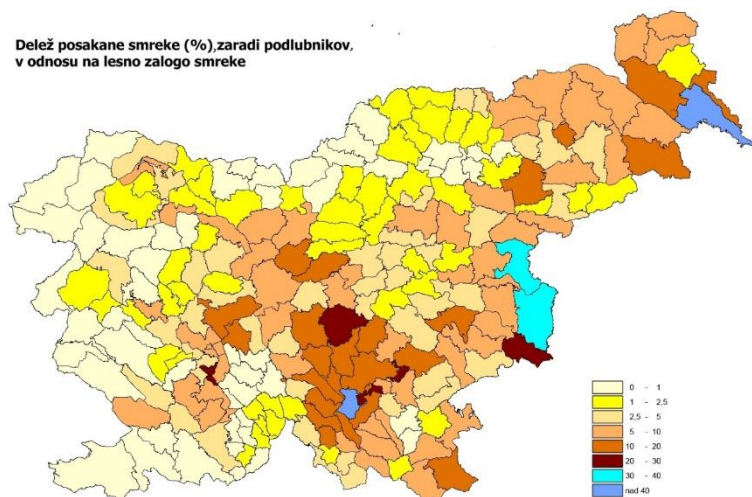
Najmočneje so bili poškodovani gozdovi s pospeševano in prevladujočo navadno smreko na neustreznih rastiščih nižinskega pasu in na prisojnih legah rastišč na karbonatni podlagi.

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

Območja primernosti rastišč za smreko nakazuje karta deleža posekane smreke na lesno zalogo zaradi podlubnikov v desetletju 2004–2013 (Slika 2, Slika 3) (Strategija obnove ..., 2015).



Slika 2: Posek zaradi smrekovih in jelovih podlubnikov po letih v obdobju 1995–2014 v Sloveniji (v m<sup>3</sup>) (Strategija obnove ..., 2015)



Slika 3: Delež posekane smreke zaradi podlubnikov v odnosu na lesno zalogo smreke v obdobju 2004–2013 (Strategija obnove ..., 2015)

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

V obdobju od leta 2003 do 2015 je bilo v Sloveniji zaradi podlubnikov posekano 8 % lesne zaloge smreke. Torej gre za opozorilo, da bo treba s smreko v prihodnje gospodariti zelo preudarno (Strategija obnove ..., 2015).

## 2.2 NARAVNE UJME V SLOVENSKIH GOZDOVIH

Gozdovi so bili in bodo izpostavljeni različnim motnjam, med katerimi se v sedanjem času povečuje predvsem delež naravnih ujm: vetrolomov, snegolomov, žledolomov, plazovi.

Lega Slovenije na zmernih zemljepisnih širinah je razlog prevladujočih zahodnih vetrov. Zavetrna lega pod Alpami in kotlinsko-dinarsko površje povzročata slabo prevetrenost Slovenije.

Krajevni vetrovi, ki nastanejo ob nevihtah, so tako posledica reliefnih značilnosti. Prostorsko omejeni vetrovi lahko dosežajo hitrosti do 40 m/s, iz nevihtnega oblaka pa se izjemoma lahko razvije tudi trombasti zračni vrtinec (majhen tornado), ki dosega moč orkana (Jakša in Kolšek, 2009).

### 2.2.1 Vpliv vetra na gozd

Vplivi vetra na gozd so raznovrstni (Jakša in Kolšek, 2009):

- zelo močni vetrovi povzročajo mehanske poškodbe drevja;
- stalni zmerni vetrovi vplivajo na morfološke značilnosti drevja (pospešujejo evapotranspiracijo in izsušujejo tla in rastline, zmanjšujejo organsko produkcijo, odnašajo ali nanašajo fine talne delce, raznašajo pelodni prah ter sodelujejo pri daljinskem prenosu onesnaženja ozračja).

Pregled celostnega vpliva (fiziološkega in mehanskega) vetra na gozd je povzet po avtorjih Papež in sod. (1996):

- Veter uravnava evaporacijo in transpiracijo z listne površine ter najbolj vpliva na vodni režim rastlin. Pri tem hladi liste, ali pa jih izsušuje. Izguba vode v rastlini

narašča z zviševanjem hitrosti vetra s potenco  $1/2$ , to je s kvadratnim koren timer (Kotar, 2005). Izsuševanje rastline kot posledica vetra lahko pripelje celo do vodnega stresa rastline.

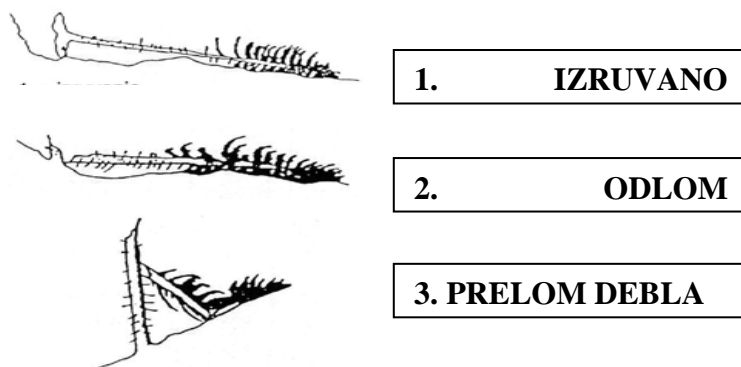
- Veter pri manjših hitrostih, to je do 4 m/s, premeša zrak in s tem dviga ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) iz nižjih talnih plasti do listov. Tako se lahko trenutno poveča fotosinteza.
- Ko listje in manjše veje trepetajo v lahmem vetru, se poveča osvetlitev notranjosti krošnje, gozdnih tal in gozda kot celote.
- Stalni veter v odvisnosti od jakosti vpliva na obliko in velikost krošnje, lahko tudi debela, ki se razvijajo na zavetrni strani enostransko, debela so pogosto krivenčasta.
- Zaradi nihanja, ki ga povzroča pogost in močan veter, razvije drevo kratko in koničasto (malolesno) deblo slabe kakovosti. To je mehanska prilagoditev, ki zagotavlja večjo stojnost.
- Veter ruva in lomi drevje. Pojav je lahko posamičen ali pa obsežen, površinski.
- Veter na izpostavljenih grebenih in vrhovih pozimi odnaša sneg. Na takšnih izpostavljenih krajih drevje ne uspeva, zato veter znižuje zgornjo drevesno mejo.
- Veter je za mnoge drevesne vrste nujno potreben, saj prenaša pelod in seme ter tako omogoča razmnoževanje drevja.
- Veter odnaša rastlinski opad in druge delce z izpostavljenih leg in vse to odlaga v zavetrnih legah.

### **2.2.2 Poškodbe, ki jih povzroča veter**

Vrste poškodb, ki jih povzroča veter na drevesu, so odvisne od številnih dejavnikov: hitrost vetra, oblika terena, tipa in stanja tal (tu pomembnejšo vlogo odigrajo povezava z vodo, drevesna vrsta, razvojna faza, oblika krošnje ter sestoj in zarasti).

Vrste poškodb, ki jih veter povzroča na drevesu, so: (1) izruvanje: drevo je podrto skupaj s koreninami; (2) odlom drevesa: v višini panja ali do višine 2 m od tal; (3) prelom debla: nad višino 2 m nad tlemi (Jakša in Kolšek, 2009) (Slika 4).





Slika 4: Vrste poškodb na drevju, ki jih povzročajo naravne ujme (Žgajnar, 1991)

Veter na sestoj deluje frontalno ali vrtinčasto. Frontalni udari viharjih vetrov so za gozd bolj nevarni, saj s čelnim udarom v širšem ali ožjem pasu podrejo drevje v smeri pihanja. Drevje se lahko podira v pasovih, dolgih nekaj 100 m ali celo km. Frontalni vetrovi pogosto podirajo drevje na ostrih gozdnih robovih, gozdnih cestah, presekah in drugih linijskih objektih v gozdu (Jakša in Kolšek, 2009).

Vrtinčasti viharji vetrovi so odvisni od konfiguracije terena. Pogosteje nastajajo v vrtačah, kotanjah, lahko pa tudi sredi sestoja. Vrtinčasti vetrovi so torej prostorsko omejeni in podirajo drevje v različne smeri v smeri vrtenja zračnih mas (Zupančič, 1969).

Veter lahko torej povzroči ruvanje, lomljenje ali prelom dreves. Ali je drevo prizadeto z ruvanjem, lomljenjem ali prelomom, pa ni odvisno zgolj od vrste vetra, ki neposredno prizadene drevo, ampak tudi od številnih drugih dejavnikov, ki so vezani tako na drevo samo, drevesno vrsto kot tudi na njegovo okolico:

- možnost izruvanja narašča z razmočenostjo zemljine, v kateri drevo korenini;
- kadar je zemljišče suho ali zmrznjeno, narašča verjetnost preloma drevesa;
- okuženost drevja s patogenimi glivami (predvsem tistimi, ki povzročajo trohnenje korenin in pritalnih delov debla) vpliva na večjo verjetnost preloma drevesa;
- občutljivejše so vrste, ki imajo plitev koreninski sistem (smreka, duglazija in zeleni bor) ali veliko krošnjo (bukev).

### 2.2.3 Nezdostna oskrba debla z vodo

Eden izmed učinkov poškodovanosti dreves v naravnih ujmah je nezadostna oskrba debla z vodo.

Podnebne spremembe se kažejo tudi v pogostejšem pojavljanju ujm. Večje ujme tako povzročajo neposredno in posredno škodo v gozdovih. Neposredno škodo povzročajo vetrolomi, snegolomi, žledolomi in zemeljski usadi z ruvanjem, lomljenjem dreves in tudi z destabilizacijo koreninskega sistema ter trganjem koreninskih laskov (Jurc, 2007b). Poškodbe v območju rizosfere, kot so trganje aktivnega sesalnega koreninskega prepleta, povzročata deficit v preskrbi drevesa z vodo in rudninskimi snovmi, po drugi strani pa onemogoča transport nastalih organskih snovi v rizosfero. Poškodovanost in motnje stoječega drevja zaradi ujm lahko povzročajo pri rastlinah sušni stres.

Povečevanje temperatur v okolju vpliva na pojav suše. Suša vpliva na rastline in njihove porabnike ter na odnose med njimi. Številne raziskave so pokazale, da sušni stres vpliva na pospešitev namnožitve fitofagnih žuželk ter okužbe gostiteljev s patogenimi organizmi (Jurc, 2007a).

#### 2.2.3.1 Sušni stres in rastline

Suša vpliva na številne procese v rastlini. Njen učinek pa je odvisen od intenzitete in časa izpostavljenosti rastline suši ter starosti rastline.

Pojasnjevanje učinkov sušnega stresa je zapleteno, ker sušni stres sestavljajo vodni, temperaturni in prehranski stres (Rouault in sod., 2006). Na molekularnem nivoju vpliva na ekspresijo genov in spremembo genoma. Dokazano je npr., da vodni stres spreminja vzorec sinteze beljakovin (pri ječmenu) ter njihovo kvantitativno in kvalitativno sintezo (pri koruzi) (Jurc, 2007a) Visoke temperature motijo normalne modele sinteze beljakovin in peljejo k sintezi novih beljakovin (Jurc, 2007a).

Na celični ravni sušni stres povzroči zmanjšanje rasti (zaradi redukcije delitve celic ali zmanjšane rasti celic), posledice so tanjše celične stene, večja gostota ličja in prevodnih elementov ter večja koncentracija sekundarnih metabolitov (terpeni, alkaloidi, voski), kar posledično vpliva na nivo fotosinteze.

Mnoge rastline zmanjšujejo osmotski potencial s kopičenjem osmolitov, kot so anorganski ioni, aminokisliline, sladkorni alkoholi in organske kisline. Spreminja se vnos mineralnih hranil iz tal zaradi povečevanja temperatur in manjšanja vlažnosti tal, redukcije rasti in spremembe v koreninah (večja suberizacija). V sušnih razmerah rastline z globokimi koreninami črpajo vodo iz globljih plasti, ki so revnejše z mineralnimi hranili (omejujoč dejavnik v tem primeru za rastlino so hranila), rastline s plitvimi koreninami pa vnašajo prevelike količine hranil (omejujoč dejavnik v tem primeru je voda). Sušni stres povzroči povečanje koncentracij dušikovih spojin, kar se odraža v slabljenju koreninskega sistema in starejših nadzemnih delov rastlin ter pospeševanju rasti mlajših nadzemnih delov rastlin. Na splošno se ob stresu v rastlini poveča koncentracija sladkorjev, sladkornih alkoholov, upade pa koncentracija ogljikovodikov, predvsem škroba (Jurc, 2007a).

Koncentracije alelokemičnih snovi – sekundarnih produktov metabolizma rastlin, ki stimulirajo ali inhibirajo druge organizme – ter hlapnih »stresnih« metabolitov (kot so npr. terpeni, etilen, etanol, etan, acetaldehidi idr.) se v rastlini v zmerni suši povečujejo. Te snovi sestavljajo naravno obrambo rastlin proti parazitom in patogenom. Močan sušni stres pri iglavcih povzroči manjšo proizvodnjo smol ter spremembe v sestavu smolnih kislin in monoterpenskih frakcij. Zaradi tega se prizadeti iglavci, ki se v normalnih razmerah na poškodbe ali okužbe odzivajo s smoljenjem, v sušnih razmerah več ne smolijo (Jurc, 2007a).

#### 2.2.3.2 Sušni stres in žuželke

Žuželke so zaradi velike vrstne in funkcionalne raznolikosti ter prilagoditvenih sposobnosti prevladujoča živalska skupina terestričnih ekosistemov Zemlje.

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

Za gozdne ekosisteme so posebej pomembni predstavniki Phytophaga, ki vplivajo na razmerja med številnimi procesi v kroženju hranil ter v biogeokemičnih ciklih, na pretok energije ter na konkurenčne odnose med rastlinami.

Pri vplivu suše na fiziologijo in bionomijo žuželk govorimo o več glavnih mehanizmih. V sušnih razmerah so običajno večje zračne temperature in tudi večje temperature rastlin gostiteljic žuželk (Jurc, 2007b).

Sušni stres s svojimi termodinamskimi parametri vpliva tudi na funkcionalnost žuželk:

- suša zagotavlja žuželkam kot eksotermnim organizmom ustrežnejše temperaturno okolje za razvoj. Aktivnost proteaz v srednjem želodcu vrste košeninarja (*Typula abdominalis*) se tako poveča za 7 do 10-krat pri povečanju temperature za 10 °C (v območju 4–37 °C) (Jurc, 2007b);
- kemoreceptorji fitofagnih žuželk so občutljivi za vodo v rastlinah, aminokisliline, sladkorje, soli oziroma alelokemične snovi, ki se v suši akumulirajo v rastlinah. Gosenice metulja *Choristoneura fumiferana*, na primer najraje obžirajo iglice, v katerih je koncentracija saharoze od 0,01–0,05 M, ki se pojavi v prizadetih gostiteljih. Koncentracija saharoze v neprizadetih iglicah je običajno od 0,004 M do 0,011 M. Sušni stres tako praviloma pospešuje obžiranje gostiteljev (Jurc, 2007a);
- večja proizvodnja etilena, etana, acetaldehida in etanola, ki sledi sušnemu stresu, poveča sposobnost žuželk, da najdejo gostitelja in da ga napadejo. Etanol je atraktant za več vrst žuželk, ki naseljujejo skorjo in les. V zmerno prizadetih rastlinah se raven alelokemičnih snovi v listih povečuje, naravna obramba rastlin ni motena, kar je lahko pogubno za žuželke. V močno prizadetih rastlinah se emisija večine za žuželke toksičnih terpenov zmanjšuje zaradi zapiranja listnih rež, kar povzroči večjo ranljivost gostiteljev. Menijo, da sušni stres zmanjšuje relativno koncentracijo terpenov v rastlinah in jih spreminja iz repelentov v atraktante. Taka drevesa postanejo privlačnejša za floemofage in proti njim imajo tudi manj naravnih obrambnih snovi (Larsson, 1989).

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

Suša optimizira pogoje za razvoj nekaterih mutualističnih simbiontov žuželk (ekso- in endosimbionti) ter razvoj asociacijskih gliv žuželk, kar vpliva na tri trofične odnose žuželka/asociacijska gliva/gostiteljsko drevo (Lieutier, 2004).

Najpomembnejše vrste žuželk, ki povzročajo sušenje drevja v naših gozdovih, so hroščki iz poddružine podlubnikov (Curculionidae, Scolytinae). Živijo večinoma na iglavcih in se najpogosteje prehranjujejo z živim delom drevesa: (1) fleofagne vrste: prehranjevanje z živim delom skorje ali lesa tik pod skorjo; (2) ksilomicetofagne vrste: prehranjevanje z lesom, hifami ter trosi gliv v deblih (Jurc, 2007a). Podlubniki izbirajo večinoma drevesa, okužena s koreninskimi glivami, tista, ki so jih je prizadeli sneg, veter ali suša, in drevesa, ki rastejo na neustreznih rastiščih.

#### **2.2.4 Vetrolom na Jelovici leta 2006**

Konec junija 2006 je Jelovico prizadel orkanski vetrolom, ki je v komaj desetih minutah na ozko omejenem območju podrl 160 ha smrekovega debeljaka. Podrta lesna masa je bila ocenjena na 850.000 m<sup>3</sup>. Veter je podrl tri velike sklenjene površine debeljakov med 1000 in 1400 m nadmorske višine v dolžini okoli 5 km in širini 700 m (Papler-Lampe, 2009).

Vetrolom je tako povzročil popolno neprehodnost prizadetih površin. Na osnovi preleta z letalom je bil izdelan grafični prikaz na gozdnogospodarskih kartah v merilu 1 : 10.000 (7. julij 2006), iz katerega je bilo razvidno, da je veter podrl tri obsežne gozdne ploskve (35 ha, 50 ha in 75 ha).

Lastniki prizadetih gozdov ali najeti izvajalci so v tednu med 3. in 7. julijem očistili nekatere ceste in zagotovili prevoznost. S pomočjo slednjega je ZGS (Zavod za gozdove Slovenije) lahko evidentiral izdelane količine. Na cestah, kjer se je začelo s pospravilom v vetrolomu poškodovanega drevja, so bili nameščeni znaki za prepovedan prevoz in opozorila o delu v gozdu.

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

Na bohinjškem delu Jelovice je bil uveden začasen režim prometa na območjih v bližini polomij. ZGS je označil drevje za posek, kjer so bili poškodovani šopi in posamezna drevesa. S pomočjo aerosposnetkov (posebej naročeno helikoptersko snemanje) in podatkov vzorčnih ploskev so bile ugotovljene točne lokacije in najboljša možna ocena količine ter debelinska struktura poškodovanega lesa (Slika 5).



Slika 5: Vetrolom na Jelovici 2006 (Sanacijski načrt ..., 2006)

### 2.3 PODLUBNIKI

Podlubnike uvrščamo v družino rilčkarjev (Curculionidae) in poddružino podlubnikov (Scolytinae). So rjavo obarvani hrošči (0,5–12 mm), ki večino svojega življenja preživijo pod skorjo (pod skorjo, v ličju ali v lesu) (Jurc M. in Jurc D., 2011). Njihovo prehranjevanje in razvoj je vezan na drevesne in grmovne vrste, naseljujejo pa tudi ovijalke.

Namnožitve podlubnikov povzročajo pomembne gospodarske škode (napadejo tudi zdrava drevesa). V stabilnih gozdovih pa poskrbijo za potek naravne selekcije, saj iz sestoj izločajo bolne in oslabele osebke.

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

Podružina podlubnikov (Scolytinae) obsega približno 6000 vrst, razširjenih po vsem svetu. V Sloveniji je tako prisotnih več kot 90 vrst (Jurc, 2007b).

Na podlagi različnih kriterijev (število odmrlega drevja, m<sup>3</sup> izgubljenega lesa, finančna ocena degradacije lesa idr.) je bilo določenih deset najbolj škodljivih vrst v Evropi, od katerih sta najpomembnejši vrsti v Sloveniji *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) in *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761) (Jurc M. in Jurc D., 2011).

### 2.3.1 Delitev podlubnikov

Zunanji in morfološki kriterij:

#### I. Beljavarji

Njihova glavna značilnost je vodoraven potek pokrovk. Prva dva sternita zadka sta bolj vodoravna, med tem ko se ostali sterniti poševno dvigajo k analnemu segmentu. Glava je vidna od zgoraj. Najpogostejši vrsti sta veliki brestov beljavar (*Scolytus scolytus* (Fabricius, 1775)) in mali brestov beljavar (*Scolytus multistriatus* (Marsham, 1802)).

#### II. Ličarji

Pokrovke se na koncu spuščajo v loku proti zadnjemu sternitu, med tem ko sterniti zadka potekajo ravno. Zgolj pri nekaterih vrstah se le-te lahko proti koncu zadka dvignejo v blagem loku. Glava je sklonjena ter od zgoraj vidna. Najbolj znani vrsti sta: mali borov strženar (*Tomicus minor* (Hartig, 1834)) in veliki borov strženar (*Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758)).

#### III. Lubadarji

Njihova značilnost so večinoma prisekane pokrovke, ki se strmo spuščajo k zadnjemu sternitu, ki imajo izrazit končnik z zobčki na obronku (spolni dimorfizem). Glava je kratka in rahlo podaljšana v rilček, ki ga od zgoraj (pri večini vrst) ne vidimo. Naši najpomembnejši vrsti sta osmerozobi smrekov lubadar (*I. typographus*) in šesterezobi smrekov lubadar (*P. chalcographus*).

Delitev glede na način prehranjevanja na gostitelju:

I. Floemofagi

Živijo v predelu ličja in kambija. Hranijo se tako z živim kot odmrlim tkivom, nekatere vrste celo z micelijem in trosi gliv. Materinski hodniki, rovi ličink ter bubilnice so v ličju in plitvo v beljavi (Jurc, 2007b).

II. Ksilomicetofagi

Te vrste se hranijo z micelijem ter trosi ambrozijskih gliv, ki preraščajo njihove hodnike, ki prodirajo v les tudi do 12 cm globoko. Trose v zarodne hodnike prinesejo samice, klica pa se tam razvija le, če je les dovolj vlažen (Kreševič, 2005).

Glede na vitalnost gostitelja, na katerih se pojavljajo so podlubniki lahko (Jurc, 2007b):

I. primarni podlubniki.

Napadejo na videz zdrava drevesa le pri večjih gostotah populacije. Z množičnim napadom zelo oslabijo, tako da poznejši osebki že lahko zalegajo;

II. sekundarni podlubniki.

Večina vrst spada v to skupino. Naseljujejo oslabele osebke in sveže posekana drevesa. Primarni postanejo takrat, ko velikost populacije preseže latentno stanje;

III. terciarni podlubniki.

Njihova značilnost je, da po določenem času naseljujejo odmrta, podrta in posekana drevesa.

Biotski, abiotski in antropogeni dejavniki pa predstavljajo dejavnike, ki vplivajo na naselitev podlubnikom.

Mednje spadajo (Jurc, 2007b; Prah, 2009):

- sušna in vroča poletja;
- ujme (snegolomi, žledolomi, viharji);
- poškodbe zaradi požarov;
- mehanske poškodbe pri spravilu lesa;
- poškodbe zaradi strele;



- onesnaženost rastišča in širšega okolja;
- poškodbe skorje zaradi divjadi;
- odmiranje korenin;
- opuščanje beljenje hlodov in panjev;
- nepravočasen odvoz neobeljenega lesa iz gozda;
- opuščanje gozdnega reda.

### 2.3.2 Podlubniki in prizadeto drevje

Vse vrste podlubnikov so nagnjene k zbiranju in žretju v večjih skupinah, kar posledično povzroča hitro odmiranje gostitelja. Večinoma izbirajo drevesa, okužena s koreninskimi glivami (*Heterobasidion* spp.), tista, ki so jih prizadeli sneg, veter ali suša in drevesa, ki rastejo na neustreznih rastiščih (Jurc M. in Jurc D., 2011).

Ponavljajoče se stresne razmere (zmrzali, suše ...) slabijo gostitelja ter reducirajo naravne sovražnike podlubnikov. Slednje se odraža v namnožitvah podlubnikov, ki nastajajo kot posledica sovpadanja ustreznih ekoloških in tofičnih razmer ter vitalne populacije podlubnikov.

V naravi lahko hitro prepoznamo znake napada podlubnikov. Prvi tipični simptomi napada floeofagnih in ksilomicetofagnih podlubnikov na živa drevesa so majhni – okrogle vhodne odprtine na lubju, deblu in vejah. Sočasno se pojavi črvina, ki se nabira na skorji, lišajih, zlasti na koreninskem vratu. Pri iglavcih se ob vhodni odprtini nabirajo kapljice smole (pri napadu osmerozobega smrekovega lubadarja se na smreki najprej pojavijo kapljice smole na deblu pod obršo) (Jurc, 2007a in 2007b).

Najpogostejše vrste podlubnikov na navadni smreki pri nas so osmerozobi smrekov lubadar (*I. typographus*) in šesterezobi smrekov lubadar (*P. chalcographus*). Velikost populacij podlubnikov niha, hkrati pa velja poudariti, da se npr. srednjeevropske vrste podlubnikov na smreki namnožijo vsakih 4–5 let (Jurc, 2007a). V ustreznih vremenskih

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

razmerah (večje temperature, manj padavin) ter obilnem trofičnem materialu so gradiacije pogostejše.

## 2.4 UGOTAVLJANJE PRESKRBE Z VODO

### **Vodne razmere v rastlini**

Razpoložljivost vode v rastlinskih tkivih je ključna za ohranjanje večine življenjskih procesov drevja in vseh zelenih rastlin (Kozłowski, 1979). Fiziološki procesi v smrekah (*Picea abies* (L.) Karst.) se značilno spremenijo, če se razpoložljivost vode zmanjša in jutranji vodni potencial (PWP) posledično upade pod vrednosti med  $-1$  in  $-2$  MPa; do popolne zavore fizioloških procesov pride pri vrednostih med  $-3$  in  $-5$  MPa (Day in Butson, 1989).

Zaradi upada vrednosti vodnega potenciala se zmanjša tlak v celicah in tkivih (turgor), zato nekateri avtorji ločijo več stopenj stresa: minimalni stres pri vrednostih PWP pod  $-1,0$  MPa; zmerni stres pri vrednostih PWP med  $-1,0$  in  $-1,9$  MPa in izraziti stres pri vrednostih PWP med  $-1,6$  in  $-3,0$  MPa (Lu in sod., 1995).

Namnožitve podlubnikov na smrekah in iglavcih (v Evropi je najpomembnejši podlubnik *I. typographus*) predstavljajo največjo motnjo v evropskem prostoru, ki je v tesni odvisnosti od primanjkljaja poletnih padavin in povečanja temperatur (Baier in sod., 2007; Faccoli, 2009; Marini in sod., 2012, 2013). Stresne razmere spodbudijo naselitev gostitelja in lahko vodijo od posamičnih napadov do razsežnosti razvoja epidemij (Berryman in sod., 2007; Raffa in sod., 2008; Kausrud in sod., 2012).

Številne raziskave so potrdile povezavo med namnožitvijo podlubnikov in manjšimi (bolj negativnimi) vrednostmi jutranjega vodnega potenciala vejic ali iglic kot znak naraščajočih sušnih razmer iglavcev (Sellin, 1997) ali celo vzrokom za njihovo propadanje (Breshears in sod., 2009).

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

Pri napadu iglavcev so prve ovire, na katere naletijo podlubniki, periderm (Rosner in Führer, 2002) in specifični obrambni mehanizmi zaradi obstoječih smolnih kanalov ali celic (Franceschi in sod., 2005). Epitelske celice okrog smolnih kanalov ustvarjajo terpenoidne smole, ki zaprejo oz. prekrijejo rane ter preprečijo nadaljnji vdor živih organizmov (Lieutier, 2004).

Čeprav so obrambni mehanizmi drevesnih vrst odvisni od genetske variabilnosti in starosti dreves, se njihova sposobnost kljubovanja podlubnikom izrazito zmanjša v razmerah okoljskega stresa – npr. sušnih razmer, ko je preskrba z vodo zmanjšana zaradi padavinskega primanjkljaja. Izguba vode zaradi transpiracije je večja, kot jo omogoča talna preskrba (Breda in sod., 2006; Gartner in sod., 2009).

Medtem ko je bila povečana mortaliteta zaradi naselitve podlubnikov dokazana zaradi naraščajočih sušnih razmer v nasadih bora (Lorio in sod., 1995; Saracino in sod., 1997; Gaylord in sod., 2013), pa povezava v smrekovih sestojih ni bila povsem pojasnjena (Lieutier, 2004).

### 3 METODE DELA

#### 3.1 NAMEN IN CILJI NALOGE

V preteklosti je bil s pomočjo ugotavljanja vodne preskrbe iglavcev pojasnjen vpliv vodnega potenciala gostiteljskih dreves na mehanizme naselitve podlubnikov (Lorio in sod., 1995; Saracino in sod., 1997; Gaylord in sod., 2013). Predstavljamo primer ugotavljanja vodnih razmer v vetrolomu prizadete navadne smreke na območju Jelovice z analizo pomena vodnega potenciala smreke pri naselitvi podlubnikov.

Cilji diplomske naloge so bili:

- izmeriti razpoložljivost vode smrekovih dreves po vetrolomu na Jelovici leta 2006 na: podrtem drevju z delujočim koreninskim sistemom (1), podrtem drevju s prekinjeno povezavo med deblom in koreninskim sistemom (2) ter na stoječem, vitalnem drevju brez poškodb (3);
- ugotoviti velikost populacije smrekovih podlubnikov v območju vetroloma in delež naseljenih podlubnikov v smrekovih deblih po vetrolomu na Jelovici leta 2006;
- poiskati povezave med podlubniki in preskrbo vode v drevesih (vodni potencial).

#### 3.2 METODE DELA

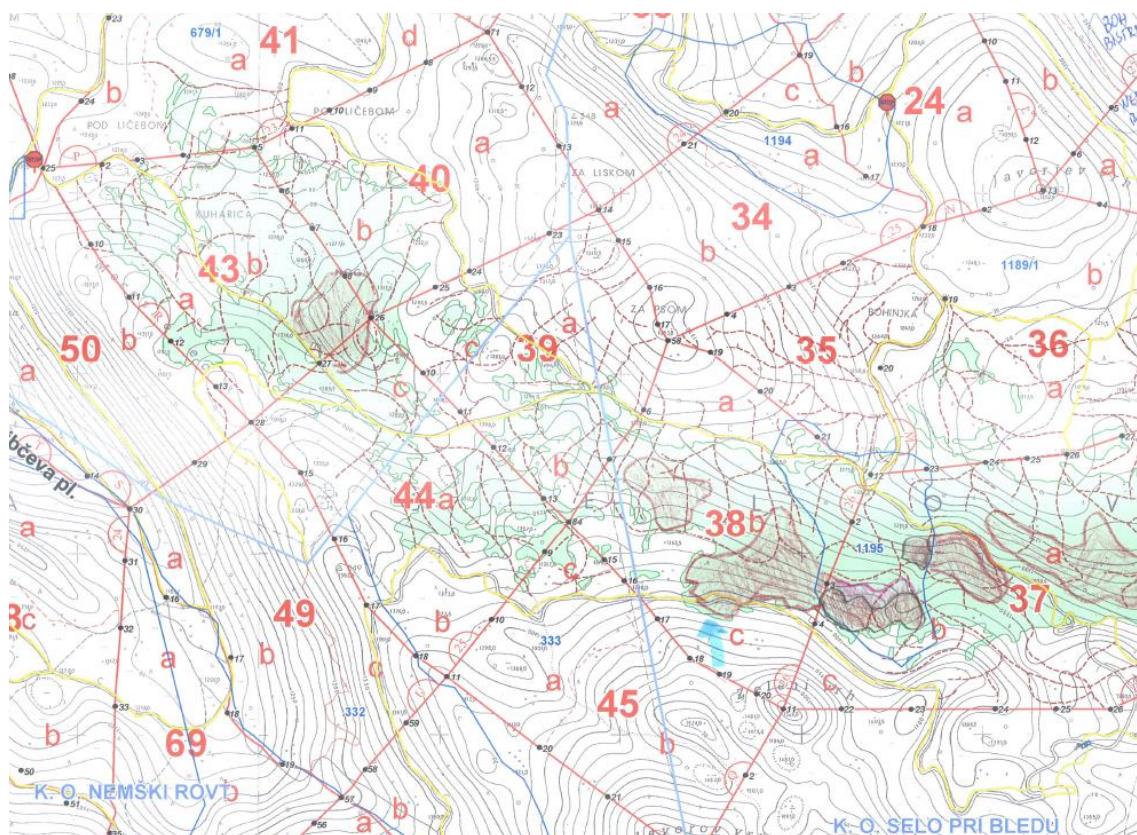
##### 3.2.1 Popis ulova osmerozobega in šesterezobega smrekovega lubadarja v Theysonovih pasteh

Izbrali smo območji gozdnogospodarske enote Jelovica in gozdnogospodarske enote Železniki, ki segata od Ledin na vzhodu do Ribčeve planote na zahodu in predstavljata gozdno krajino. Raziskovalno območje smo pregledovali od avgusta 2006 do septembra 2006 in ugotavljali velikost populacij smrekovih podlubnikov (*I. typographus* – osmerozobi smrekov lubadar in *P. chalcographus* – šesterezobi smrekov lubadar) v pasteh znamke Theysohn s feromonskimi pripravki (Pheroprax®-namenjena lovljenju osmerozobega smrekovega lubadarja in Chalcoprax® - namenjena lovljenju šesterezobega

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
 Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

smrekovega lubhadarja). Raziskovalni objekti so se nahajali v zasebnih gozdovih, GGE Jelovica. Vzorčenje je potekalo na več krajih istega objekta (izvajanje ponovitev meritev).

Raziskovalni objekti so se nahajali v gospodarskih razredih: 37 A, 37 B, 38 B, 40 B, 40 C, 43 B, 44 C. Značilnost teh gospodarskih razredov so gozdovi na apnencih in plitvih žepastih tleh. V gozdovih so prevladovali čisti smrekovi sestoji s kakovostno smreko na rastišču (Slika 6).



Slika 6: Lokacije raziskovalnih objektov, oddelki 37 A, 37 B, 38 B, 40 B, 43 B, 44 C ter postavitev pasti v oddelkih in odsekih, Jelovica (Sanacijski načrt ..., 2006)

Konec maja 2006 so bile na obrobju po sistematični mreži postavljene Theysohnove pasti z atraktanti Pheroprax® in Chalcoprax® za monitoring gostote populacije vrste *Ips typographus*. Meseca junija 2006 je področje 120 hektarov Jelovice prizadel orkanski veter, ki je posledično povzročil vetrolom. Na oddelkih, kjer so bile postavljene pasti, se je tako v času ugotavljanja števila podlubnikov v pasteh izvajala sanacija, zaradi česar je bila

onemogočena kontrola pasti na lokacijah, kjer so bile opravljene meritve vodnega potenciala.

### 3.2.2 Vodni potencial

Vodne razmere v rastlinah merimo s stanjem vodnega potenciala ( $\Psi$ ), ki je merilo proste, razpoložljive energije vode za opravljanje dela. Voda potuje spontano iz predelov manjšega, bolj pozitivnega, proti predelom večjega, bolj negativnega vodnega potenciala (tenzije). Pri potovanju vzdolž potencialnega gradienta voda sprošča prosto energijo, da lahko pretok opravi določeno delo. Potencial ima enake dimenzije kot pritisk.

Skupni (totalni) vodni potencial rastline je tako osrednji parameter, ki opisuje razmere med stanjem vode v okolju in rastlino z opredelitvijo energetskega stanja vode v kontinuumu tla-rastlina-atmosfera. Ksilemski vodni potencial je eden najbolj neposrednih kazalcev dostopnosti in oskrbljenosti rastline z vodo (Hsiao, 1973). Posebno informativen je pred svitom, saj je tedaj odvisen predvsem od vodnega potenciala tal. Kot kazalec termodinamičnega stanja vode v rastlini njegova vrednost s sušo upade, postane bolj negativna in vpliva na številne fiziološke procese v rastlini, povezane z vodo. Merjenje negativnega pritiska (tenzije) v ksilemu s tlačno bombo je standardna metoda za določanje vodnega statusa rastlin.

Meritve vodnega potenciala smo opravili s tlačno bombo (Plant Moisture Vessel SKPM 1400, Skye, Velika Britanija) z dvema ponovitvama. Predvidevali smo, da naj bi med različnimi kategorijami – skupinami dreves – obstajale razlike v preskrbi z vodo z delujočim koreninskim sistemom (1), podrtem drevju s prekinjeno povezavo med deblom in koreninskim sistemom (2) ter na stoječem, vitalnem drevju brez poškodb (3).

### 3.2.3 Opis merjenja

Na vsakem objektu smo vzorčili tri različne tipe dreves:

- drevesa, ki so po vetrolomu ležala na tleh in so še imela korenine;

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

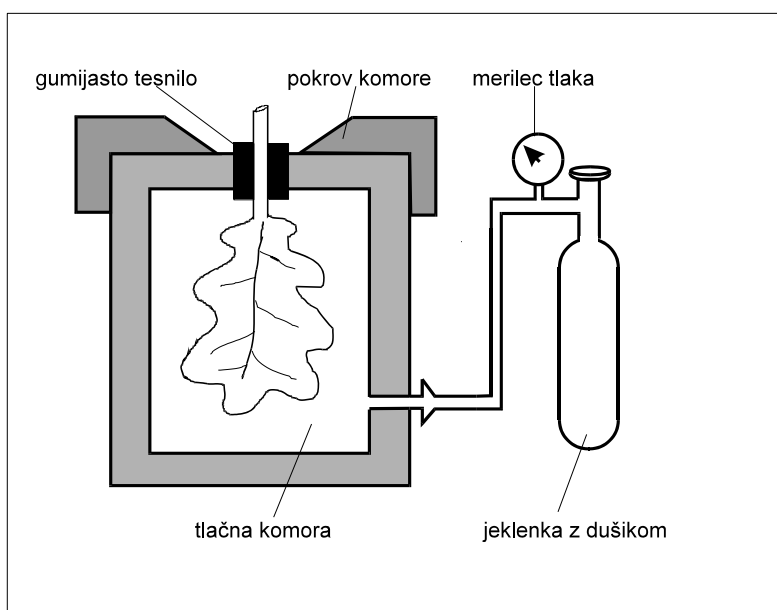
- drevesa, ki so bila nepodrtá z razpolovljenim (neizruvanim) koreninskim sistemom;
- nepodrtá drevesa (vitalna drevesa), ki jih vetrolom ni poškodoval.

Zaradi natančnejšega vzorčenja smo za vsako kategorijo dreves izbrali po najmanj štiri drevesa in vsaki določili premer debla v prsni višini, višino drevesa in višino krošnje.

Meritve jutranjega in opoldanskega vodnega potenciala smo izvedli na zgornji tretjini krošnje na treh različnih vejah in treh različnih lokacijah vsake veje. Merjenje smo vršili s pomočjo tlačne (Scholandrove) komore za določanje ksilemskega potenciala rastline/drevesa, ki je odraz vodne preskrbe.

#### Merjenje s tlačno komoro:

- list ali vejico odrežemo; vpliv na izenačitev tenzije v ksilemu povzroči, da se vodni stolpec umakne v notranjost lista;
- list zapremo in zatesnimo v tlačni komori: povečamo tlak, dokler se na odrezanem delu ne prikaže kapljica, ki označuje vrednost potrebnega pritiska, da se tenzija izenači. Absolutna vrednost tlaka, potrebnega za izenačitev, ustreza tenziji, potencialu podtlaka, v kislemu preden smo list ali vejico odrezali (Slika 7).



Slika 7: Shematski prikaz merjenja vodnega potenciala (Čater, 1998)

Večje vrednosti potrebnega pritiska za izenačitev vodnega stolpca označujejo večjo stopnjo sušnega stresa v drevesu/rastlini.

### **3.2.4 Opis prizadetih površin**

Prizadete površine so poseljevali izključno skoraj čisti smrekovi debeljaki in pomlajenci, kar je bil tudi eden izmed glavnih razlogov, da so bili izruvani in polomljeni skoraj izključno iglavci (smreka, 95 %). Posamično rasle bukve in macesni so vetrolom preživel. Izjema so bila drevesa, ki so jih podrle padajoče smreke.

Povprečna lesna zaloga polomljenih sestojev je znašala 530 m<sup>3</sup>/ha. Veter je podrl tri velike sklenjene površine debeljakov na nadmorski višini med 1000 in 1400 m v dolžini okoli 5 km in širini 700 m. Prizaneseno ni bilo niti manjšim šopom drevja.

Skupna površina polomij na Kranjski strani je znašala 35 ha (državno ozemlje – 10 ha, privatno ozemlje – 25 ha) na Blejski strani pa 125 ha (državno ozemlje – 95 ha in Nadškofijsko ozemlje – 30 ha). Ploskovna polomija je torej skupaj obsegala 160 ha površine – 105 ha državnih in 55 ha privatnih gozdov) (Zavod za gozdove Slovenije, 2006).

### **3.2.5 Prisotnost podlubnikov na Jelovici po vetrolomu leta 2006**

Podlubniki v Jelovških gozdovih do vetroloma niso bili prepoznani kot pomemben povzročitelj motenj. Domnevajo, da je v 80. letih je prišlo do novodobnih vplivov onesnaženega zraka, ki je prizadel predvsem stare smrekove debeljake na grebenskih legah. Tako oslabele in osute sestoje je redno napadal osmerozobi smrekov lubadar (Sanacijski načrt ..., 2006).

V sklopu raziskave merjenja vodnega potenciala v krajšem času po vetrolomu ni bilo ugotovljeno veliko število podlubnikov. Na območni enoti Bled ZGS je bil hitro pripravljen sanacijski, varstveni in gozdno-gojitveni načrt. V okviru varstvenega načrta je bil poseben poudarek na varstvu bližnjih neprizadetih sestojev smreke pred smrekovimi



Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

podlubniki (*I. typographus* in *P. chalcographus*). Podlubnikov je bilo malo predvsem deloma tudi zaradi visoke nadmorske višine in osojne lege, kjer smo vzorčili.

### 3.3 POPISI PODLUBNIKOV (PODATKI ZGS)

V okviru varstvenega načrta prizadetega območja je bil poseben poudarek na varstvu bližnjih neprizadetih sestojev smreke pred smrekovimi podlubniki (*I. typographus*) in (*P. chalcographus*). Prikazujemo podatke, ki se nanašajo na velikosti populacij smrekovih podlubnikov, ki so bili nabrani v letu 2006 in 2007 v neposredni bližini v vetrolomu prizadetega območja.

V spodnjih preglednicah (Preglednica 1, Preglednica 2, Preglednica 3) so predstavljeni popisi podlubnikov na različnih lokacijah v različnih mesecih in letih, ki so bili ujeti v Theysohnove pasti z atraktanti Pheroprax®-privabljanje osmerozobega smrekovega lubadarja in Chalcoprax® - privabljanje šesterozobega smrekovega lubadarja.

#### **3.3.1 Popis podlubnikov na različnih območjih (21 a, 23 a, 31 a, 33 a, 35 a) v letih 2006 in 2007**

V Preglednici 1 izstopa mesec julij (19. 7. 2006), saj je bilo takrat v povprečju nabrano največje število podlubnikov: Javorjev vrh (P: 100 osebkov, C: 2500 osebkov), Podrtija (P: 500 osebkov, C: 4500 osebkov), Praprotnica (P: 1000 podlubnikov, C: 6000 osebkov), Za Lisko (P: 2300 osebkov, C: 4000 osebkov), Palikovec (P: 600 osebkov, C: 3800 osebkov). Pri vseh mesecih leta 2006 (junij, julij, avgust, september) je opaziti tudi velik številčni odklon podlubnikov, ujetih z atraktantom Pheroprax®, v primerjavi s tistimi, ki so bili ujeti z atraktantom Chalcoprax®. Najmanjše število podlubnikov je bilo leta 2006 v povprečju nabrano meseca septembra (29. 9. 2006): Javorjev vrh (P: 100 osebkov, C: 800 osebkov), Podrtija (P: 50 osebkov, C: 1000 osebkov), Praprotnica (P: 30 osebkov, C: 600 osebkov), Za Lisko (P: 200 osebkov, C: 1000 osebkov), Palikovec (P: 70 osebkov, C: 900 osebkov).

Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

Preglednica 1: Popis podlubnikov leta 2006

<b>2006</b>	<b>21 A</b>		<b>23 A</b>		<b>31 A</b>		<b>33 A</b>		<b>35 A</b>	
<b>Parcelna št.</b>	<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>	
<b>Krajevno ime</b>	<b>Javorjev vrh</b>		<b>Podrtija</b>		<b>Praprotnica</b>		<b>Za Lisko</b>		<b>Palikovec</b>	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
30.6.	50	200	100	1700		200	20	100	90	100
19.7.	100	2500	500	4500	1000	6000	2300	4000	600	3800
31.8.	400	1800	200	4000	100	1260	70	2300	1300	500
29.9.	100	800	50	1000	30	600	200	1000	70	900

**Opomba:** (1) Število podlubnikov (osmerozobih smrekovih lubadarjev), ujetih z atraktantom Pheroprax® = P; (2) Število podlubnikov (šesterezobih smrekovih lubadarjev), ujetih z atraktantom Chalcoprax® = C

V Preglednicah 2 in 3 izstopata meseca julij 2007 (17. 7. 2007) in september 2007 (25. 9. 2007). V juliju 2007 je bilo v povprečju zabeleženo največje število podlubnikov, medtem ko se je v mesecu septembru 2007 njihovo število občutno zmanjšalo.

Preglednica 2: Popis podlubnikov 2007/1

<b>2007</b>	<b>21 A</b>		<b>23 A</b>		<b>31 A</b>		<b>33 A</b>		<b>35 A</b>	
<b>Parcelna št.</b>	<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>	
<b>Krajevno ime</b>	<b>Javorjev vrh</b>		<b>Podrtija</b>		<b>Praprotnica</b>		<b>Za Lisko</b>		<b>Palikovec</b>	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
16.6.	1000	3000	500	2500	800	2000	300	1200	400	800
17.7.	1200	4000	600	3000	3500	6000	1200	7000	800	2600
18.8.	600	2300	300	2400	1200	4000	500	2200	500	1000
25.9.	300	800	100	400	300	800	100	300	150	400

**Opomba:** (1) Število podlubnikov (osmerozobih smrekovih lubadarjev), ujetih z atraktantom Pheroprax® = P; (2) Število podlubnikov (šesterezobih smrekovih lubadarjev), ujetih z atraktantom Chalcoprax = C

V vseh pasteh in popisih je bilo število osebkov šesterezobega smrekovega lubadarja v primerjavi z osmerozobim smrekovim lubadarjem vedno večje (Preglednica 2 in Preglednica 3).

Preglednica 3: Popis podlubnikov leta 2007/2

<b>2007</b>	<b>37 A</b>		<b>37 B</b>		<b>38 B</b>	
<b>Parcelna št.</b>	<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1195</b>	
<b>Krajevno ime</b>	<b>Zg. Bol</b>		<b>Zg. Bol</b>		<b>Palikovec</b>	
	P	C	P	C	P	C
16.6.	2000	3500	1500	3000	1600	3000
17.7.	1200	7000	1800	8000	1600	6800
18.8.	700	1800	400	2000	1800	4000

se nadaljuje

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

nadaljevanje preglednice 3

<b>2007</b>	<b>37 A</b>		<b>37 B</b>		<b>38 B</b>	
<b>Parcela št.</b>	<b>1189/1</b>		<b>1189/1</b>		<b>1195</b>	
<b>Krajeno ime</b>	<b>Zg. Bol</b>		<b>Zg. Bol</b>		<b>Palikovec</b>	
	P	C	P	C	P	C
25.9.	200	1000	400	1500	600	1800

**Opomba:** (1) Število podlubnikov (osmerozobih smrekovih lubadarjev), ujetih z atraktantom Pheroprax® = P; (2) Število podlubnikov (šesterozobih smrekovih lubadarjev), ujetih z atraktantom Chalcoprax® = C

V vseh pasteh in popisih je bilo število osebkov šesterozobega smrekovega lubadarja v primerjavi z osmerozobim smrekovim lubadarjem vedno večje (Preglednica 2 in Preglednica 3).

## 4 REZULTATI

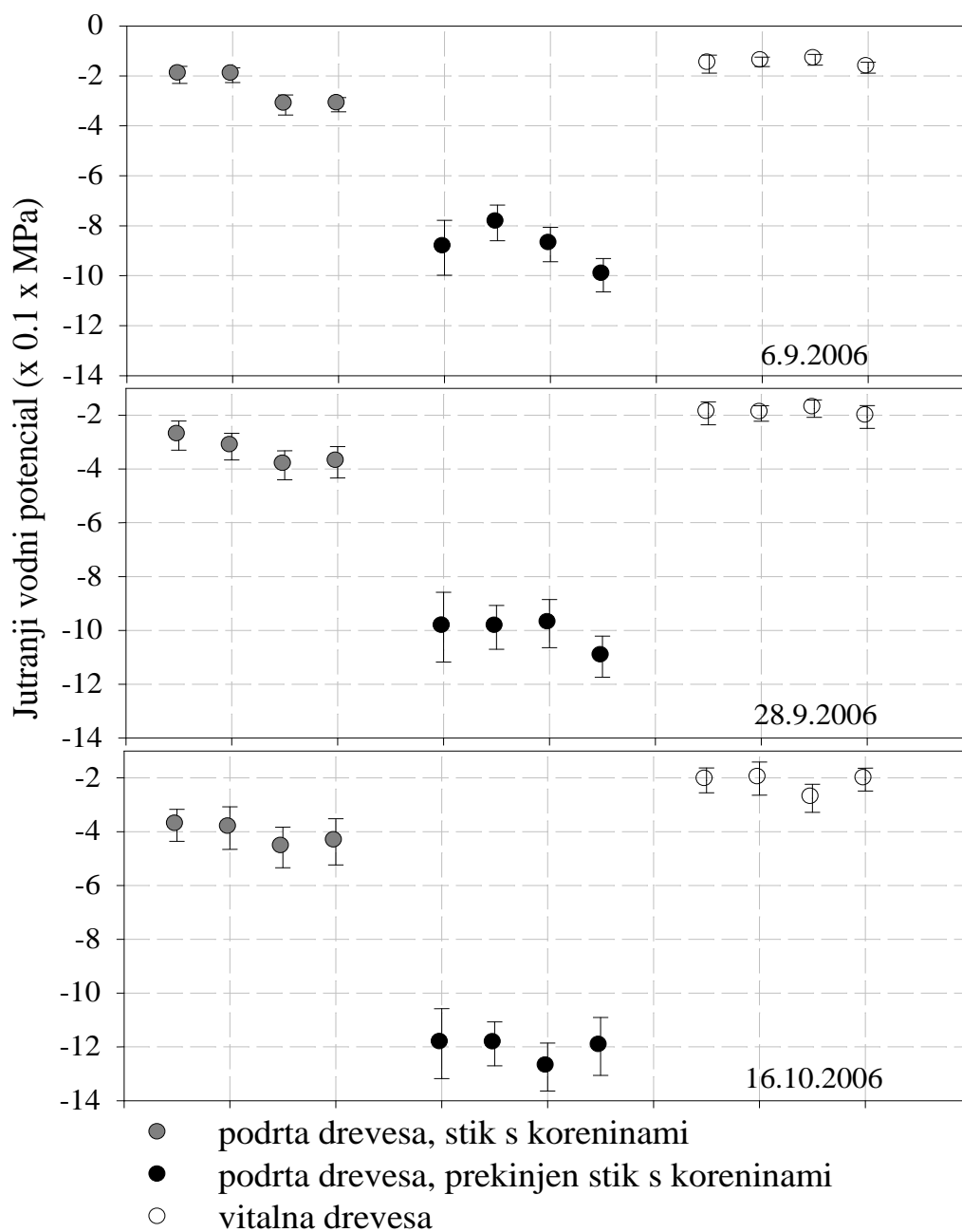
### 4.1 MERITVE VODNEGA POTENCIALA

Z meritvami smo potrdili različno preskrbo z vodo v prevodnih sistemih navadne smreke, in sicer: (1) v drevesih, ki so po vetrolomu ležala na tleh in so še imela korenine, (2) v drevesih, ki so bila poškodovana, vendar je koreninski sistem še deloval in (3) v nepodrtih – vitalnih drevesih. To so prvi tovrstni rezultati v gozdarski praksi v Sloveniji; vodni potencial podrtih dreves s poškodovanimi koreninami je bil najmanjši (med  $-0,8$  in  $-1,0$  MPa<sup>1</sup> ob začetnem snemanju) in se je v času merjenja povečeval (med  $-1,0$  in  $-1,3$ MPa), medtem ko vrednosti vodnega potenciala poškodovanih dreves z ohranjenimi, delujočimi koreninami niso bile značilno različne od vitalnih dreves (med  $-0,2$  in  $-0,4$  MPa ob začetnem snemanju in med  $-0,2$  in  $-0,5$  MPa ob končnem snemanju).

---

<sup>1</sup> Mpa-mega pascal (enota za merjenje tlaka)

Rezultate več zaporednih meritev prikazuje naslednja slika (Slika 8):



Slika 8: Rezultati merjenja vodnega potenciala vseh skupin po obdobjih (datumih)

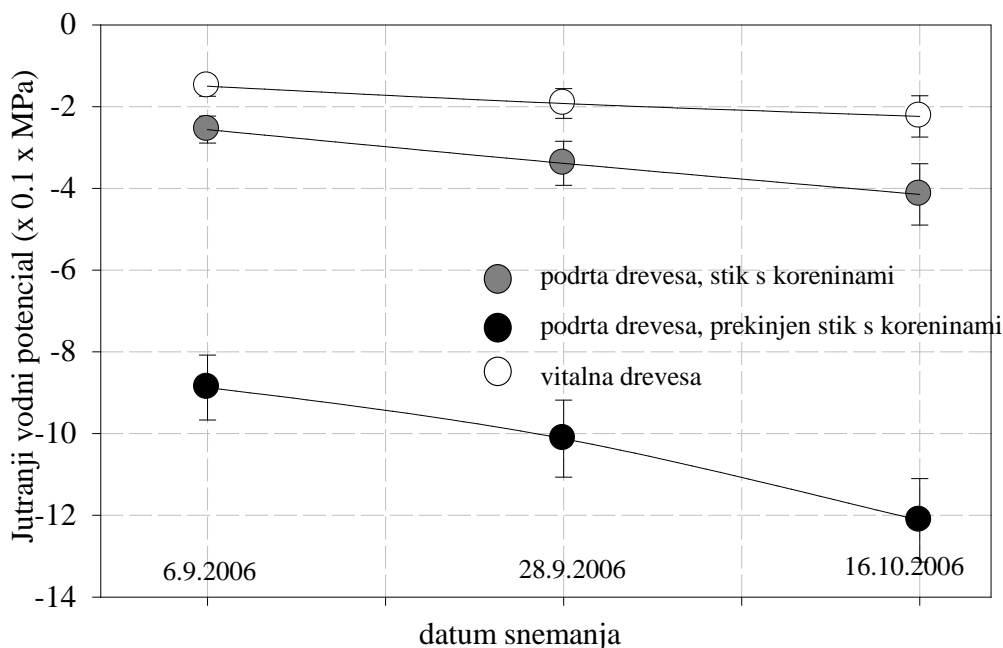
Razlike med skupinami dreves smo ugotovili z analizo variance. Med seboj smo primerjali tri skupine, in sicer: podrta drevesa z vzpostavljenim koreninskim stikom (1), podrta drevesa s prekinjenimi koreninami (2) in vitalna drevesa (3). Na vseh smo opravili meritve vodnega potenciala v treh zaporednih obdobjih.

Razlike znotraj posameznih skupin so bile dokazano manjše od razlik varianc med preizkušenimi skupinami. Najbolj negativne vrednosti, izmerjene na skupini podrtih dreves, ki so imele prekinjen stik s koreninami, so bile statistično zelo značilno različne (\*\*\*,  $p \leq 0,001$ ) od obeh drugih skupin (vitalnih dreves in podrtih dreves, ki so še imele stik s koreninami). Med slednjima skupinama (vitalna drevesa in podrta drevesa, še delujoče korenine in stik) razlike niso bile značilne, vendar so bile vrednosti vitalne skupine manj negativne od skupine podrtih dreves.

V drugem obdobju so se razmerja skupin glede meritev vodnega potenciala ohranila, potrdili smo veliko značilnost razlik med skupino podrtih dreves, ki ni imela stika s koreninami in ostalima dvema skupinama (\*\*\*,  $p \leq 0,001$ ), hkrati pa smo potrdili tudi veliko značilnost razlik med skupinama vitalnih dreves in podrtih dreves, katerih stik korenin ni bil prekinjen (\*\*\*,  $p \leq 0,001$ ). Bolj negativne vrednosti smo izmerili na skupini podrtih dreves.

V tretjem meritvenem obdobju smo ugotovili bolj negativne vrednosti vodnega potenciala obeh prizadetih skupin dreves glede na prejšnje meritveno obdobje, posebno v skupini podrtih dreves brez stika s koreninami. Vrednosti vitalnih dreves od prejšnjih meritev niso značilno odstopale.

Upad vrednosti jutranjega vodnega potenciala in povečevanje vodnega stresa je bilo po pričakovanju največje v skupini dreves s poškodovanimi koreninami, opazno pa je tudi povečevanje stresa in zmanjševanje vrednosti v skupini podrtih dreves z nepoškodovanimi koreninami (Slika 9).



Slika 9: Primerjava povprečnih vrednosti jutranjega vodnega potenciala vseh merjenih skupin

Populacije podlubnikov se v letu 2006 niso povečale kot posledica sanacijskih del na območju vetroloma, ki so bila opravljena hitro. Robna drevesa vetroloma pa so se izkazala kot manj vitalna, saj so imela potrgan koreninski sistem, poleg tega pa so bile korenine in debla hkrati izpostavljena sončni pripeki.

V letih 2007 in 2008 sta Jelovico prizadela močna snegoloma, ki sta razpršeno podirala drevesa po vsej površini. Ker so bile poškodbe tako razpršene, je trajalo nekaj let, da so vse pospravili. Sklepamo, da je gradacija podlubnikov na Jelovici v letih 2009–2011 rezultat snegolomov v letih 2007 in 2008. Snegoloma sta povzročila neposredno interakcijo z robno cono vetroloma.

V vseh datumih merjenja vodnega potenciala smo ugotovili, da obstajajo med skupinami dreves značilne razlike v vrednostih jutranjega vodnega potenciala. Najnižje (najbolj negativne) so bile v obeh primerih vrednosti skupine dreves, katerih koreninski sistem je bil prekinjen, in so po pričakovanju imele najslabšo preskrbo z vodo.

Razlike med skupino ležečih dreves brez poškodovanega stika koreninskega sistema in med vitalno skupino dreves so bile sicer vidne, vendar niso bile statistično značilne.

Po pričakovanju je bila vrednost jutranjega vodnega potenciala skupine vitalnih dreves najmanj negativna, kar potrjuje našo domnevo o učinkovitosti oskrbe z vodo.

Vrednosti meritev jutranjega vodnega potenciala vitalnih dreves so bila v okviru vrednosti, ki jih navajajo avtorji kot ugodne glede vodne preskrbe.

V času meritev razmere na podrtiji niso bile sušne, zato pripisujemo bolj negativne vrednosti, izmerjene v skupini dreves s poškodovanimi koreninami, prekinjenim povezavam oskrbe z vodo.

Zanimivo je dejstvo, da so podrta drevesa vseeno ohranila sposobnost črpanja in prevajanja vode in se od stoječih, vitalnih dreves, niso bistveno razlikovala po vrednostih jutranjega vodnega potenciala. Med poškodovanimi skupinami dreves so se vrednosti izmerjenega vodnega potenciala v času povečevale, kar nakazuje na stopnjevanje sušnega stresa zaradi poškodb drevja in prekinjenih prevodnih poti. V primeru nepoškodovanih večjih korenin predvidevamo, da je prišlo do mehanskega delovanja vetra, zaradi česar je posledično prišlo do manj opaznih prekinitev najtanjših korenin, ki so v veliki meri prispevale k oskrbi drevesa z vodo.

Po vetroloму, ki se zgodil konec junija 2006 na območju Jelovice, so bili hitro pripravljene načrti sanacije, kot tudi sama sanacija območja s strani ZGS. V juliju so bile opravljene meritve vodnega potenciala treh kategorij poškodovanih dreves in ugotovljena je bila rahla motenost raziskovanih skupin dreves v preskrbi z vodo. Območje je bilo hitro sanirano, ves podrt material je bil odpeljan z območja. Velikost populacije podlubnikov je bila ugotovljena v letih 2006 in 2007 v območju GE Jelovica in GE Železniki, vendar povečane gostote populacije smrekovih podlubnikov delavci ZGS niso ugotovili.



## 5 RAZPRAVA

Sušne razmere so ključni dejavnik, ki sprožijo namnožitve podlubnikov (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) v sestojih iglavcev (Rouault in sod., 2006; Dobbertin in sod., 2007; Seidl in sod., 2011; Kaiser in sod., 2013; Williams in sod., 2013). Napadi osmerozobega smrekovega lubadarja (*I. typographus*), glavnega biotskega povzročitelja motenj v evro-azijskem prostoru, so dokazano povezani s primanjkljajem poletnih padavin in povečano temperaturo (Baier in sod., 2007; Faccoli, 2009). Okoljski stres tako posredno vpliva na povečano kolonizacijo in lahko povzroči razsežnosti epidemij (Berryman in sod., 1989; Raffa in sod., 2008).

Vodni potencial neprizadetih dreves je znašal v raziskavi Luja in sod. (1995) 0,4 MPa, sušnih pa več kot  $-1$  MPa. Izrazita suša je označila vrednosti manjše od  $-1,2$  MPa med zdravimi in  $-2,0$  MPa med prizadetimi osebki, kar se ujema z rezultati naših meritev.

Bale in sod. (2002) napoveduje povečano število napadov podlubnikov zaradi globalnega segrevanja. Napoveduje tudi genetsko prilagajanje žuželk sezonskim spremembam temperatur, ki so ga že potrdili (Balanyá in sod., 2006; Bradshaw in Holzapfel, 2006).

Med obdobji zmanjšane količine padavin nastopi v drevju sušni stres, ko so vodne izgube zaradi transpiracije večje od količine vode, ki jo drevo zmore nadomestiti s črpanjem iz tal (Breda in sod., 2006; Gartner in sod., 2009). Izrazitejši stres nastopi, ko drevo pozno popoldne ali preko noči ne more več nadomestiti vodnega primanjkljaja (Kozłowski in sod., 1991). Če se suša stopnjuje, se vodni potencial tal in hidravlična prevodnost manjšata ter posledično vplivata na manjši ksilemski vodni potencial. Ta povečuje tveganje za nastanek kavitacije – pretrganja vodnega stolpca v prevodnih elementih in embolije prevodnih tkiv (Tyree in Sperry, 1989).

Vrste, kot je smreka, se izogibajo zmanjševanju vodnega potenciala z zapiranjem listnih rež (Rothe in sod., 2002). Takšna strategija sicer ohrani vodni potencial nad kritično vrednostjo, vendar ne more dolgoročno vplivati na izmenjavo plinov med atmosfero in drevesom. Posledica je zmanjšana fotosinteza kljub enaki porabi asimilatov (Breda in sod.,

2006). Zaloge se počasi manjšajo in vplivajo na manjšo sintezo ogljikovih hidratov ter manjši nastanek obrambnih spojin zaradi dolgotrajne suše.

Stresni odzivi rastlin so glede tvorbe sekundarnih spojin (smol, eteričnih olj) različni in jih ne moremo poenotiti.

Terpeni so glavne sestavine smole, ki izrazito privabljajo podlubnike in jih v večjih koncentracijah celo zavrejo (Zhao in sod., 2011). Smola vsebuje spojino, iz katere izdelujejo feromone kljub toksičnosti, ki jo povzročajo v večjih koncentracijah (Erbilgin in sod., 2007). Povečana količina monoterpenov in spremembe sestave v skorji zaradi napada podlubnikov dokazano vplivajo na uspeh nadaljnje kolonizacije dreves gostiteljev (Schiebe in sod., 2012).

V raziskavi Nethererja in sod. (2014) je upad vodnega potenciala značilno zmanjšal obrambno sposobnost dreves na napade podlubnikov, z nadaljnjim zmanjševanjem pa so postala drevesa manj atraktivna.

Sušni stres sam po sebi ne povzroči večjih napadov podlubnikov, vendar je navadno povezan z večjo temperaturo in posledično večjo aktivnostjo žuželk.

Dosedanje raziskave niso neposredno povezale sušnega stresa iglavcev z namnožitvijo podlubnikov. Drevesa, ki nimajo zadostne preskrbe z vodo, težje kljubujejo namnožitvam, saj so njihovi naravni obrambni mehanizmi zaradi procesov, ki so povezani z vodo, zmanjšani. Veliko raziskav je povežalo namnožitve in napade podlubnikov ter jutranji vodni potencial – kazalnik vodnega stresa (Sellin, 1997). Breshears in sod. (2009) je povežal jutranji vodni potencial v borih (*Pinus edulis*), ki je bil pod ravno nične asimilacijske stopnje z napadi podlubnika (*Ips confusus* (LeConte)) in posledično povežano smrtnostjo dreves. Tudi raziskava Jactela in sod. (2012) je potrdila pozitivno korelacijo med poškodbami lesnatih organov zaradi sekundarnih dejavnikov in obsegom jutranjega vodnega potenciala, kjer je prišlo do 50-% izgube hidravlične prevodnosti.

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

Mehansko poškodovano drevje na drugi strani neposredno privablja žuželke zaradi izpostavljenosti drevesnega soka in boljšega dostopa ter prehranskih razmer žuželk v primerjavi s stoječim, zdravim drevjem.

Ekstremni klimatski dogodki (pojavi suše, vročinski valovi) lahko v prihodnje postanejo pogostejši in intenzivnejši (Stocker in sod., 2013), kar posledično povečuje tveganje in neželene posledice, povezane z namnožitvijo podlubnikov v gozdnih ekosistemih, prilagojenih na zmerno rastno podnebje.

## 6 SKLEPI

1. V Sloveniji so bile obsežne sanitarne sečnje zaradi smrekovih podlubnikov (večinoma zaradi *I. typographus*) izvedene v letih 1986/1987 in so se povečevale do leta 1999 ter v obdobju 2003/2008, po stoletni suši v Evropi leta 2003, ko je velikost populacije narasla v vseh predelih države. V letih 2003–2008 je sanitarni posek zaradi podlubnikov znašal 3.264.287 m<sup>3</sup>, celotni sanitarni posek v tem obdobju pa 5.701.483 m<sup>3</sup> (57 %). V letu 2013 se je populacija ponovno povečala, sanitarni posek zaradi podlubnikov je znašal 337.208 m<sup>3</sup>, oz. 43,1 % celotnega sanitarnega poseka. V letu 2014 je gozdove prizadel obsežen žledolom, ki je poškodoval več kot 50 % površine gozdov. V letu 2015 je bilo do sredine decembra za posek zaradi namnožitve podlubnikov označenih čez 2 milijona m<sup>3</sup> lesa, skoraj izključno smreke (2.034.000 m<sup>3</sup>), od tega je bilo posekanih 1,5 milijona m<sup>3</sup> dreves (podatki ZGS Bled). V letu 2016 lahko zaradi velike trofične kapacitete gozdov za podlubnike, ki je posledica žledoloma leta 2014, pričakujemo gradacije podlubnika *I. typographus* v različnih območjih Slovenije.

2. Konec junija 2006 je Jelovico prizadel orkanski vetrolom, ki je v komaj desetih minutah na ozko omejenem območju podrl 160 ha smrekovega debeljaka. Podrta lesna masa je bila ocenjena na 850.000 m<sup>3</sup>. Veter je podrl tri velike sklenjene površine debeljakov med 1000 in 1400 m nadmorske višine v dolžini okoli 5 km in širini 700 m. Zaradi velike trofične kapacitete območja smo pričakovali namnožitev osmerozobega smrekovega lubadarja (*Ips typographus*).

3. V začetku julija 2006 smo zastavili raziskavo na območju vetroloma, v kateri smo želeli ugotoviti povezanost vodnega potenciala gostiteljske rastline navadne smreke (*Picea abies*) ter naselitve smrekovih podlubnikov. Sanacija območja je potekala izredno hitro; uspeli smo izmeriti vodni potencial izbranih kategorij poškodovanih dreves. Do naselitve podlubnikov v podrta drevesa ni prišlo, ker so bila vsa drevesa v sanacijskih sečnjah pospravljena iz območja že v 30–40 dneh.

4. Ugotovili smo različno preskrbo z vodo v prevodnih sistemih navadne smreke, in sicer: (1) v drevesih, ki so po vetrolomu ležala na tleh in so še imela korenine, (2) v drevesih, ki

so bila poškodovana, vendar je koreninski sistem še deloval in (3) v nepodrtih – vitalnih drevesih. To so prvi tovrstni rezultati v gozdarski praksi v Sloveniji; vodni potencial podrtih dreves s poškodovanimi koreninami je bil najmanjši (med  $-0,8$  in  $-1,0$  MPa ob začetnem snemanju) in se je v času merjenja povečeval (med  $-1,0$  in  $-1,3$  MPa), medtem ko vrednosti vodnega potenciala poškodovanih dreves z ohranjenimi, delujočimi koreninami niso bile značilno različne od vitalnih dreves (med  $-0,2$  in  $-0,4$  MPa ob začetnem snemanju in med  $-0,2$  in  $-0,5$  MPa ob končnem snemanju).

5. Spremljanje velikosti populacije smrekovih podlubnikov (ZGS Bled) v letih 2006 in 2007 v GE Jelovica (območje vetroloma) in GE Železniki (območje neposredne bližine vetroloma iz leta 2006) je pokazalo, da do namnožitve smrekovih podlubnikov ni prišlo. Takšno stanje pripisujemo hitri sanaciji vetroloma v juliju, avgustu in septembru 2006, večjim nadmorskim legam območja vetroloma ter posledično počasnejšemu razvoju populacij podlubnikov.

## 7 POVZETEK (SUMMARY)

### 7.1 POVZETEK

Slovenski gozdovi so vse bolj izpostavljeni naravnim nesrečam kot so: vetrolom, snegolom, žledolom, plazovi. Razlog temu lahko pripišemo številnim podnebnim spremembam, ki so bolj ali manj prisotne čez vso zgodovino nastanka planeta Zemlje.

Konec junija 2006 je Jelovico prizadel orkanski vetrolom. Takoj za tem je bila izvedena raziskava z noraj katere smo: (1) ugotavljali vodne razmere (potencial) prizadetih smrek, (2) iskali povezavo med priotnim potencialom in količino naseljenih podlubnikov. Vzorčenje podlubnikov in prizadetih smrek je potekalo na večih krajih istega objekta (izvajanje ponovitev meritev).

Merjenje vodnega potenciala je bilo izvedeno s pomočjo tlačne (Scholandrove) komore za določanje ksilemskega potenciala rastline oziroma drevesa. Pri merjenju smo se osredotočili na tri različne tipe dreves, ki so bili predhodno opredeljeni / določeni, glede na poškodbe orkanskega vetra. Meritve vodnega potenciala so bile opravljene v treh zaporednih obdobjih. Razlike med skupinami dreves so bile ugotovljene z analizo variance.

Po sistematični mreži so bile postavljene tudi pasti (znamke Theysohn) za podlubnike.

Upad vrednosti jutranjega vodnega potenciala in povečevanje vodnega stresa sta bila največji v skupini dreves s poškodovanimi koreninami. Povečevanje stresa in zmanjševanje vrednosti pa je bilo zabeleženo tudi v skupini poodrtih dreves, z nepoškodovanimi koreninami.

V zvezi z napadom podlubnikov nam dosedanje raziskave niso pokazale neposredne povezave sušnega stresa iglavcev s prenamnožitvijo podlubnikov.

## 7.2 SUMMARY

Slovenian forests are in the last decades increasingly exposed to several natural disasters. The reason for this fact, could be attributed to a number of climate changes, which were and are, more or less present over the entire history of the planet Earth.

At the end of June 2006, Jelovica was affected by a hurricane breakage. Immediately after that a research was made that tried to figure out: (1) water potential in affected firs, (2) searched for a link between two facts: measured water potential in affected firs and increased number of bark beetles, that occupied firs. Sampling of the same object was made in multiple locations (measurements were repeated in the same time sequence).

Measurements of water potential were carried out with the help of pressure Scholander chamber. When measuring, we focused on three different types of trees, which were previously identified / specified, depending on the damage hurricane wind caused. Water potential measurements were carried out in three consecutive seasons. Differences between groups of trees were identified by analysis of variance.

After systematic network beetle traps (brand Theysohn) were settled.

Decline, in the value of morning water potential and increasing water stress, were the greatest in the group of trees with damaged roots. Increasing stress and falling value were recorded in the group of fallen trees with roots intact.

In connection with the attack of bark beetles so far studies have not shown a direct connectivity between drought stress and higher number of bark beetles.

## 8 VIRI

- Anko B. 1993. Vpliv motenj na gozdni ekosistem in na gospodarjenje z njim. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42: 85–109
- Baier P., Pennerstorfer J., Schopf A. 2007. PHENIPS – A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. Forest Ecology and Management, 249, 3: 171–186
- Balanyá J., Oller J. M., Huey R. B., Gilchrist G. W., Serra L. 2006. Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura*. Science, 313, 5794: 1773–1775
- Bale J. S., Masters G. J., Hodkinson I. D., Awmack C., Bezemer T. M., Brown V. K., Butterfield J., Buse A., Coulson J. C., Farrar J., Good J. E. G., Harrington R., Hatley S., Jones T. H., Lindroth R. L., Press M. C., Symrnioudis I., Watt A. D., Whittaker J. B. 2002. Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. Global Change Biology, 8, 1: 1–16
- Berryman A. A., Raffa K. F., Millstein J. A., Stenseth N. C. 1989. Interaction dynamics of bark beetle aggregation and conifer defense rates. Oikos, 56, 2: 256–263
- Bradshaw W. E., Holzapfel C. M. 2006. Evolutionary response to rapid climate change. Science, 312: 1477–1478
- Breda N., Huc R., Granier A., Dreyer E. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. Annals of Forest Science, 63, 6: 625–644
- Breshears D. D., Myers O. B., Meyer C. W., Barnes F. J., Zou C. B., Allen C. D., McDowell N. G., Pockman W. T., 2009. Tree die-off in response to global change-type drought: mortality insights from a decade of plant water potential measurements. Frontiers in Ecology and the Environment, 7, 4: 185–189
- Čater M. 1998. Nekateri ekofiziološki kazalci stresa pri dobu (*Quercus robur* L.) v severovzhodni Sloveniji (Murska šuma): magistrsko delo. Ljubljana, Čater M.: 89 str.
- Day R. J., Butson R. G. 1989. Seedling–water relationships after outplanting. V: Climate applications in forest renewal and forest production. MacIver D. C., Street R. B., Auclair A. N. (ur.). Quebec, Canadian Government Publishing Centre: 55–62



Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

- Dobbertin M., Wermelinger B., Bigler C., Bürgi M., Carron M., Forster B., Gimmi U., Rigling A. 2007. Linking increasing drought stress to Scots Pine mortality and bark beetle infestations. *The Scientific World Journal*, 7, S1: 231–239
- Erbilgin N., Krokene P., Kvamme T., Christiansen E. 2007. A host monoterpene influences *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) responses to its aggregation pheromone. *Agricultural and Forest Entomology*, 9, 2: 135–140
- Faccoli M. 2009. Effect of weather on *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) phenology, voltinism, and associated spruce mortality in the southeastern Alps. *Environmental Entomology*, 38, 2: 307–316
- Franceschi V. R., Krokene P., Christiansen E., Krekling T. 2005. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *New Phytologist*, 167, 2: 353–376
- Gartner K., Nadezhdina N., Englisch M., Čermak J., Leitgeb E. 2009. Sap flow of birch and Norway spruce during the European heat and drought in summer 2003. *Forest Ecology and Management*, 258, 5: 590–599
- Gaylord M. L., Kolb T. E., Pockman W. T., Plaut J. A., Yopez E. A., Macalady A. K., Pangle R. E., McDowell N. G. 2013. Drought predisposes pinyon–juniper woodlands to insect attacks and mortality. *New Phytologist*, 198, 2: 567–578.
- Hsiao T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual review of plant physiology*, 24: 519–570.
- Jactel H., Petit J., Desprez-Loustau M.L., Delzon S., Piou D., Battisti A., Koricheva J. 2012. Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 18, 1: 267–276
- Jakša J., Kolšek M. 2009. Naravne ujme v slovenskih gozdovih. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, 23: 72–81
- Jurc M. 2007. Fitofagne žuželke v spreminjajočih se okoljskih razmerah = Phytophagous insects in a changing environmental conditions. V: Podnebne spremembe: vpliv na gozd in gozdarstvo = Climate changes : impact on forest and forestry, (Studia forestalia Slovenica, št. 130). Jurc M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire = Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources Slovenia: 217–235.

- Ropret J. Vodni potencial v vetroloemu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016
- 
- Jurc M. 2007. Pravočasno moramo prepoznati negativne učinke in izkoristiti pozitivne.  
Delo, 49, 111 (17. 5. 2007): 17
- Jurc M., Jurc D. 2011. Zdravje gozda. V: Gospodarjenje z gozdom za lastnike gozdov.  
Medved M. in sod. (ur.). Ljubljana, Kmečki glas: 144–160.
- Kaiser K. E, McGlynn B. L., Emanuel R. E. 2013. Ecohydrology of an outbreak: mountain pine beetle impacts trees in drier landscape positions first. *Ecohydrology*, 6, 3: 444–454
- Kausrud K., Økland B., Skarpaas O., Gregoire J. C., Erbilgin N., Stenseth N. C. 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews*, 87, 1: 34–51
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah.  
Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 500 str.
- Kozłowski T. T. 1979. Tree growth and environmental stress. Washington, University of Washington Press.
- Kozłowski T. T., Kramer P. J., Pallardy S. G. 1991. The physiological ecology of woody plants. California, Academic Press: 657 str.
- Kreševič A. 2005. Pisani jesenov ličar (*Lepersinus varius* F.) ter njegov gospodarski pomen v Sloveniji: diplomska naloga. Ljubljana, Kreševič A.: 63 str.
- Larsson S. 1989. Stressful times for the plant stress: Insect performance Hypothesis. *Oikos*, 56, 2: 277-283
- Lieutier F. 2004. Host resistance to bark beetles and its variations. V: Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Lieutier F., Day K. R., Battisti A., Gregoire J. C., Evans H. F. (ur.). Dordrecht, Kluwer: 135–180.
- Lorio P. L., Stephen F. M., Paine T. D. 1995. Environment and ontogeny modify loblolly pine response to induced acute water deficits and bark beetle attack. *Forest Ecology and Management*, 73, 1-3: 97–110
- Lu P., Biron P., Bréda N., Granier A. 1995. Water relations of adult Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) under soil drought in the Vosges mountains: water potential, stomatal conductance and transpiration. *Annals of forest science*, 52, 2: 117–129
- Marini L., Lindelöw A., Jönsson A. M., Wulff S., Schroeder L. M. 2013. Population dynamics of the spruce bark beetle: a long-term study. *Oikos*, 122, 12: 1768–1776

Ropret J. Vodni potencial v vetroloму prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

- Marini M., Ayres M. P., Battisti A., Faccoli M. 2012. Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change*, 115, 2: 327–341
- Netherer S., Matthews B., Katzensteiner K., Blackwell E., Henschke P., Hietz P., Pennerstorfer J., Rosner S., Kikuta S., Schume H., Schopf A. 2014. Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytologist*, 205, 3: 1128–1141
- Papež J. 2005. Motnje in dinamične spremembe vegetacije v gozdni krajini. *Gospodarski vestnik*, 632, 2: 68–73
- Papež J., Perušek M., Kos I. 1996. Biotska raznolikost gozdne krajine. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.
- Papler-Lampe V. 2009. Snegolom, ki je januarja 2007 prizadel blejske gozdove. *Gozdarski vestnik*, 6, 5/6: 309–319
- Prah J. 2009. Lubadar je tudi prebivalec gozda: ukrepi za zgodnje odkrivanje in preprečevanje prerazmnožitve podlubnikov. *Glas dežele*, 5, 3: 12
- Raffa K. F., Aukema B. H., Bentz B. J., Carroll A. L., Hicke J. A., Turner M. G., Romme W. H. 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *BioScience*, 58, 6: 501–517
- Rosner S., Führer E. 2002. The significance of lenticels for successful *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae) invasion of Norway spruce trees (*Picea abies* (Pinaceae)). *Trees*, 16, 7: 497–503.
- Rothe M., Vogel M., Roloff A. 2002. Charakterisierung des Wasserhaushaltes der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) unter anhaltendem Trockenstress. *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*, 173: 29–36.
- Rouault G., Candau J., Lieutier F., Nageleisen L., Martin J., Warzee N. 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annals of Forest Science*, 63, 6: 613–624
- Sanacijski načrt-Vetrolom Jelovica. 2006. Bled, Zavod za gozdove Slovenije
- Saracino A., Moretti N., Borghetti M. 1997. Water stress and bark beetle attacks in *Pinus halepensis*. *Societa Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, 1: 53–56
- Schiebe C., Hammerbacher A., Birgersson G., Witzell J., Brodelius P. E., Gershenson J., Hansson B. Sl., Krokene P., Schlyter F. 2012. Inducibility of chemical defenses in

Ropret J. Vodni potencial v vetrolomu prizadete navadne smreke (*Picea abies* (Karst.)) na Jelovici 2006.  
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016

---

- Norway spruce bark is correlated with unsuccessful mass attacks by the spruce bark beetle. *Oecologia*, 170, 1: 183–198
- Seidl R., Schelhaas M. J., Lexer M. 2011. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17, 9: 2842–2852.
- Sellin A. 1997. Variation in shoot water status of *Picea abies* (L.) Karst. Trees with different life histories. *Forest Ecology and Management*, 97, 1: 53–62
- Stocker T. F., Qin D., Plattner G. K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. (eds.). 2013. *Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, New York, Cambridge University Press: 203 str.
- Strategija obnove gozda v Sloveniji – s poudarkom na obnovi gozda, poškodovanega od žleda in podlubnikov. 2015. Bled, Zavod za gozdove Slovenije
- Strategija obnove gozda v Sloveniji s poudarkom na obnovi gozda, poškodovanega od žleda in podlubnikov. 2015. Bled, Zavod za gozdove Slovenije.
- Tyree M. T., Sperry J. S. 1989. Vulnerability of xylem to cavitation and embolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40: 19–36
- Williams A. P., Allen C. D., Macalady A. K., Griffin D., Woodhouse C. A., Meko D. M., Swetnam T. W., Rauscher S. A., Seager R., Grissino-Mayer H. D., Dean J. S., Cook E. R., Gangodagamage C., Cai M., McDowell N. G. 2013. Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change*, 3: 292–297
- Zhao T., Krokene P., Hu J., Christiansen E., Björklund N., Langström B., Solheim H., Borg-Karlson A. K. 2011. Induced terpene accumulation in Norway spruce inhibits bark beetle colonization in a dose-dependent manner. *PLoS ONE*, 6: e26649
- Zupančič M. 1969. Vetrolomi in snegolomi v Sloveniji v povojni dobi. *Gozdarski vestnik*, 27, 9: 8–9.
- Žgajnar L. 1991. Poskus ovrednotenja škode zaradi vetroloma na podlagi količinskih in kakovostnih izgub lesne surovine. *Gozdarski vestnik*, 49, 5: 218–233

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Maji Jurc, somentorju doc. dr. Matjažu Čatru ter recenzentu prof. dr. Robertu Brusu za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala tudi ga. Vidi Papler-Lampe iz Zavoda za gozdove Bled, ter revirnim gozdarjem, ki so mi priskrbeli vse podatke, ki sem jih potrebovala glede moje diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi ga. Tatjani Stritar, za pomoč pri dokumentaciji.

Iskreno hvala Poloni Stenovec za pomoč ter vso podporo, ki sem jo bila deležna cel čas pisanja diplomske naloge.

Zahvaljujem se moji družini za vso podporo v času študija ter pri dokončanju moje diplomske naloge.

Hvala lepa in lep pozdrav

Jerneja Ropret