

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

Denis ŽITNIK

**POŠKODBE MLADIH SADIK NAVADNEGA
DIVJEGA KOSTANJA (*Aesculus hippocastanum* L.)
ZARADI SONČEVEGA OŽIGA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

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

Denis ŽITNIK

**POŠKODBE MLADIH SADIK NAVADNEGA DIVJEGA KOSTANJA
(*Aesculus hippocastanum* L.) ZARADI SONČEVEGA OŽIGA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SUNSCORCH INJURIES ON YOUNG HORSE CHESTNUT
(*Aesculus hippocastanum* L.) TREES**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo v okviru Delovne skupine za kemijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 21. 9. 2009 sprejela temo. Za mentorja diplomskega dela je bil imenovan prof. dr. Primož Oven, za recenzenta pa doc. dr. Robert Brus.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Denis Žitnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 422.2:176.1 <i>Aesculus hippocastanum</i> L(043.2)=163.6
KG	sončev ožig/navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)/poškodbe dreves/drevo/skorja/les/simptomi
KK	
AV	ŽITNIK, Denis
SA	OVEN, Primož
KT	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2010
IN	POŠKODBE MLADIH SADIK NAVADNEGA DIVJEGA KOSTANJA (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) ZARADI SONČVEGA OŽIGA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 55 str., 3 pregl., 43 sl., 3 pril., 33 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	

Pri pregledu zdravstvenega stanja drevoreda navadnih divjih kostanjev (*Aesculus hippocastanum* L.) na Cesti v mestni log v Mestni občini Ljubljana smo opazili številne neprerasle poškodbe na deblih dreves zaradi sončevega ožiga. Za potrebe nadaljnjih raziskav je bilo meseca aprila 2009 iz drevoreda odstranjenih sedem dreves. Drevesa so bila podrobno preiskana, nato pa smo jih razžagali na kolute iz katerih smo pridobili posamezne vzorce za naše raziskave. Vlažnost lesa smo določili gravimetrično. Vitalnost parenhimskih celic smo dokazovali z jodovico. S pomočjo sistema za analizo slike smo na kolutih izvedli meritve površin živih oz. mrtvih tkiv. Raziskava je pokazala, da je v drevoredu zaradi sončevega ožiga poškodovanih 97 % dreves. Ugotovljeno je bilo, da se pri tovrstnih poškodbah na deblu drevesa pojavljata dva tipa poškodb. Prvi tip poškodbe predstavlja odprte (neprerasle) rane na deblu, zaradi katerih je les neizogibno podvržen razkroju. Pri drugem tipu poškodbe pa se neprerasle rane pojavljajo v kombinaciji s poškodbami skorje. Poškodbe skorje je mogoče razdeliti na nekaj značilnih morfoloških tipov, ki najverjetneje predstavljajo tudi razvojne faze poškodbe skorje. Obseg poškodovanosti se stopnjuje od krošnje proti bazi drevesa. Delež mrtvega lesa na prečnem prerezu debla je znašal tudi do 60 %. Zaznali smo izjemno visoko variabilnost vlažnosti lesa pri poškodovanih tkivih.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	GTh
DC	FDC 422.2:176.1 <i>Aesculus hippocastanum</i> L(043.2)=163.6
CX	sunscorch/horse chestnut (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)/tree injuries/tree/bark/wood/symptoms
CC	
AU	ŽITNIK, Denis
AA	OVEN, Primož (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forstry and renewable forest resources
PY	2010
TI	SUNSCORCH INJURIES ON YOUNG HORSE CHESTNUT (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) TREES
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	XI, 55p., 3 tab., 43 fig., 3 ann., 33 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	

When examining the health state of young horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) trees in Cesta v Mestni log street, Municipality of Ljubljana, open sunscorch wounds along the trunks were observed above the ground. In April, 2009 seven trees were cut and the detailed research on the symptoms was carried out to establish the intensity and importance of specific injuries to the trees. Computer asisted image analysis was used for tree cross section area measurements of infected and non-infected wood tissues in stem disks. Moisture content of infected and non-infected wood tissues was also measured. According to our observations 97 % of trees in Cesta v Mestni log is affected by sunscorch. Analysis revealed that two typical forms of wounds develop along the tree trunks. The first form develops when bark and cambium dies and flakes away from wood so open wounds develop. The second form develops when the bark is still attached to the wood but is more or less damaged (cracked). Several different morphological types of bark develop on trunk which probably represents different development stages of bark injuries. Injuries are less common in the crown area but enchase going down the trunk. Infected discolored wood represents as high as 60 % of the cross section area. Extremely high variability is shown in moisture content of infected wood tissues.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
SEZNAM PRILOG	XI
1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 OPIS NAVADNEGA DIVJEGA KOSTANJA (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	2
2.2 RASTNE RAZMERE V MESTU	5
2.3 ABIOTSKI STRESNI DEAVNIKI V MESTNEM OKOLJU	6
2.4 POŠKODBE ZARADI SONČEVEGA OŽIGA	7
2.5 MEHANSKA POŠKODOVANOST MESTNEGA DREVJA	10
2.6 ODZIV DREVJA NA MEHANSKA POŠKODOVANJA	10
3 MATERIAL IN METODE	13
3.1 RAZISKOVALNO OBMOČJE	13
3.2 POPIS STANJA DREVES	15
3.3 IZBOR DREVES IN POSEK	15
3.4 OBDELAVA MATERIALA IN PRIPRAVA ZA NADALJNE RAZISKAVE ...	15
3.4.1 Ugotavljanje vizualnih znakov poškodb zaradi sončevega ožiga na posameznih drevesih	16
3.4.2 Razrez dreves	16
3.5 DOLOČITEV VLAŽNOSTI LESA V SVEŽEM LESU	19
3.6 UGOTAVLJANJE VITALNOSTI PARENHIMSKIH CELIC Z JODOVICO ...	20
3.7 DOLOČITEV DELEŽA ŽIVIH IN MRTVIH TKIV S POMOČJO ANALIZE SLIKE	22
3.7.1 Analiza slike	22
3.7.2 Uporabljena strojna in programska oprema	22
3.7.3 Priprava objekta za analizo slike	23
3.7.4 Izvedba meritev ter metodologija izračuna površin mrtvega in zdravega lesa	23
3.8 UGOTAVLJANJE OBSEGA DISKOLORACIJE V VZDOLŽNI SMERI	26
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	27
4.1 REZULTATI POPISA STANJA DREVES NA TERENU	27
4.1.1 Poškodovanost dreves v drevoredu zaradi sončevega ožiga	28
4.2 BIOMETRIČNE KARAKTERISTIKE PREISKOVANIH (POSEKANIH) DREVES	29
4.3 MAKROSKOPSKI OPIS POŠKODB	30
4.4 PORAZDELITEV VLAŽNOSTI LESA V DEBLIH POSEKANIH DIVJIH KOSTANJEV	35
4.4.1 Višinska (vertikalna) porazdelitev vlažnosti v lesu preiskanih divjih kostanjev	35
4.4.1.1 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 1	35
4.4.1.2 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 2	36

4.4.1.3	Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 3.....	37
4.4.1.4	Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 4.....	37
4.4.1.5	Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 5.....	38
4.4.1.6	Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 6.....	39
4.4.1.7	Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 7.....	39
4.4.2	Vlažnosti zdravih in poškodovanih tkiv	41
4.5	OBSEG DISKOLORACIJE NA PREČNEM PREREZU DEBLA	42
4.5.1	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 1	44
4.5.2	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 2	44
4.5.3	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 3	45
4.5.4	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 4	46
4.5.5	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 5	46
4.5.6	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 6	47
4.5.7	Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 7	47
4.6	PRIPOROČILA ZA ZAŠČITO DREVES PRED SONČEVIM OŽIGOM.....	48
5	SKLEPI	49
6	POVZETEK.....	51
7	VIRI.....	53
	ZAHVALA	56
	PRILOGE.....	57

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz rezultatov izmerjenih površin.....	26
Preglednica 2: Biometrične karakteristike preiskanih dreves.....	30
Preglednica 3: Obseg poškodb in diskoloracij po posameznih drevesih.....	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); močno razpokana skorja kot posledica močnega segrevanja debla.	8
Slika 2: Cesta v Mestni log.	13
Slika 3: Lokacija raziskovalnega območja navadnih divjih kostanjev.	14
Slika 4: Raziskovalno območje - Cesta v Mestni log, Mestna občina Ljubljana.	14
Slika 5: Posekani divji kostanji pred razrezom in lepo vidne sekundarne spremembe lesa na čelih debel.	16
Slika 6: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); vsako drevo smo razdelili na sektorje.	17
Slika 7: Iz vsakega sektorja smo izrezali vsaj 4 kolute za nadaljnje preiskave.	18
Slika 8: Zaradi eliptične oblike debel, smo meritve premerov opravili na dveh mestih.	18
Slika 9: Iz koluta pridobljen radialni vzorec (napolitanka), ki smo ga razdelili še na dva ali tri dele.	19
Slika 10: Za pridobitev vlažnosti smo vzorce tehtali z laboratorijsko tehtnico.	20
Slika 11: Shema nanosa jodovice pri različnih tipih vzorcev: a – z odprto poškodbo; b – z diskoloracijo v osrednjem delu debla.	21
Slika 12: Jodovica je uporabna samo nekaj tednov, zato jo običajno pripravimo v manjših količinah. Hranimo jo v temnem prostoru.	21
Slika 13: Kolut navadnega divjega kostanja (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); določitev deleža zdravih in mrtvih tkiv s pomočjo programa CartaLinx. a - Usklajevanje meritev na zaslonu s standardnim merskim sistemom. b – Zabeležena vrednost dolžine 1 cm . c – Zabeležena vrednost površine poligona.	24
Slika 14: Usklajevanje meritev na zaslonu s standardnim merskim sistemom v programu Digimizer.	25
Slika 15: Kolut navadnega divjega kostanja (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); določitev deleža mrtvega lesa s pomočjo programa Digimizer.	25
Slika 16: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); prečno in vzdolžno razžagani sektorji debla.	26

Slika 17: Prizadeta drevesa navadnega divjega kostanja (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.).....	27
Slika 18: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov v drevoredu.....	28
Slika 19: Neprerasle poškodbe na deblu navadnega divjega kostanja (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) napovedujejo slabo prihodnost za drevo.	29
Slika 20: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); drevo št. 1 (a), št. 6 (c) in št. 7 (b). Neprerasle rane na deblu predstavljajo celotno poškodbo.....	31
Slika 21: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); a - nabrekle in tangencialno podaljšane lenticеле na sončni strani debla so začetni znak prizadetosti dreves s sončnim ožigom. b - tipična zgradba skorje na senčni strani debla ne izkazuje takšnih simptomov.	32
Slika 22: Navadni divji kostanja (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); morfološke spremembe na površini skorje zaradi sončevega ožiga. a – Prva faza poškodovanosti; del debla tik pod krošnjo: povečane in tangencialno podaljšane lenticеле prehajajo v tangencialne razpoke; b – Druga faza poškodovanosti; skorja poka tangencialno in vzdolžno; c –Tretja faza poškodovanosti; močno razpokana skorja, ki prične odstopati – pojavljajo se razpoke, ki segajo do lesa; d – Četrta faza poškodovanosti; odprta rana in poranitveni les, ki poskuša prerasti poškodbo.....	33
Slika 23: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.): Prečni prerez debla, ki je poškodovano zaradi sončevega ožiga. Diskoloriran les je od domnevno neprizadetega tkiva ločen z reakcijskimi conami (RC). Vidni sta dve plasti poranitvenega lesa (PL). PL 1 je odmrl, PL 2 pa poskuša prerasti poškodbo. Površina eksponiranega lesa, ki je nastal pred poškodbo in površina ranitvenega lesa sta močno razpokani in predstavljata ugodno okolje za kolonizacijo z glivami.	33
Slika 24: Pogled v notranjost debla pri različnih razvojnih fazah poškodovanja skorje (slika se navezuje na sliko 22). Zunanji izgled poškodbe nakazuje, v kakšen obsegu še širita diskoloracija in razkroj v notranjosti debla.	34
Slika 25: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 1: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	36
Slika 26: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 2: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	36
Slika 27: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 3: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	37
Slika 28: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 4: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	38

Slika 29: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 5: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	38
Slika 30: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 6: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	39
Slika 31: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 7: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.	40
Slika 32: Povprečna vlažnost lesa v preiskanih drevesih.	40
Slika 33: Vlažnost zdravega in poškodovanega lesa ter standardni odklon pri preiskanih navadnih divjih kostanjih (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.).....	42
Slika 34: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.): test z jodovico – mrtve parenhimske celice v diskoloriranih tkivih niso reagirale z jodovico in se zato niso obarvale.	42
Slika 35: Kolut navadnega divjega kostanja (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); najmlajša reakcijska cona razmejuje zdravo beljavo in diskoloriran les.	44
Slika 36: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 1: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	44
Slika 37: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 2: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	45
Slika 38: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 3: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	45
Slika 39: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 4: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	46
Slika 40: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 5: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	46
Slika 41: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 6: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	47
Slika 42: Navadni divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) št. 7: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.	47
Slika 43: Povprečni delež mrtvega lesa ter njegov standardni odklon za posamezno drevo.	48

SEZNAM PRILOG

Priloga A: vlažnost lesa po posameznih vzorcih.

Priloga B: površina zdravega in mrtvega lesa ter delež mrtvega lesa.

Priloga C: vlažnost zdravih in poškodovanih tkiv po posameznih drevesih.

1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA

Drevo v mestnem okolju sanja o gozdu. Ljudje, ki živijo v mestih, pa sanjajo o naravi. Tako je mestno drevo postalo še zadnji odposlanec gozda, ki v mestu predstavlja zadnjo vez človeka z naravo.

Razmere za rast dreves v mestu so precej slabše kot v njihovem naravnem okolju. Zato ni prav nič čudno, da se drevesa v mestih ne počutijo najbolje. O tem priča tudi dejstvo, da je povprečna življenjska doba novo zasajenih mestnih dreves 10 – 15 let. V teh ekstremnih razmerah so drevesa nenehno izpostavljena številnim abiotским in biotskim dejavnikom, ki škodljivo vplivajo na njihovo rast in razvoj ter zmanjšujejo njihove možnosti za preživetje. Eden izmed dejavnikov, ki kvarno vplivajo na razvoj in vitalnost drevja je tudi prekomerna sončna pripeka, katera povzroča sončev ožig. Takšne poškodbe lahko v mestu predstavljajo resen varnostni problem, poleg tega, pa takšne poškodbe povečujejo mortaliteto novo posajenih mladih dreves, kar predstavlja pomembno ekonomsko postavko pri gospodarjenju z drevjem v mestnem okolju.

V diplomskem delu želimo raziskati posledice zelo pogoste poškodovanosti sadik navadnih divjih kostanjev (*Aesculus hippocastanum* L.) zaradi sončevega ožiga. Raziskati želimo mehanizme nastanka, t.i. etiologijo poškodb in ugotoviti, kakšne so posledice poškodb za drevo. Zato bomo pri izbranih divjih kostanjih, ki so bili poškodovani zaradi sončevega ožiga, raziskali vlažnost lesa v drevesih, določili vitalnost parenhimskih celic beljave, izmerili obseg diskoloracije v vzdolžni smeri ter deleže mrtvih in živih tkiv na prečnih prerezih ter pojasnili mehanizem kompartmentalizacije pri takem tipu poškodb. Izoblikovali bomo tudi priporočila za zaščito mestnih dreves pred tovrstnimi poškodbami.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 OPIS NAVADNEGA DIVJEGA KOSTANJA (*Aesculus hippocastanum* L.)

Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) je drevo, ki je v preteklosti pomembno sooblikovalo naša mesta in tudi manjša naselja. Sadili so ga ob mestne ulice, na mestne trge, tržnice, v grajske parke, ob cerkve, mestne vpadnice, obcestne drevorede tudi izven naselij, na gostilniške vrtove in kot hišno drevo. Kostanjevi drevoredi in promenade so najpogostejši slogovni element zdraviliških parkov pri nas. Ob koncu devetnajstega in na začetku dvajsetega stoletja je bil divji kostanj najbolj priljubljeno okrasno drevo. V časih, ko je bilo ob cestah pa tudi v odprtem prostoru naselij na voljo veliko več prostora kot danes, ni bilo težko zagotoviti temu mogočnemu drevesu dovolj ravnega prostora. Zato so drevesa dobro rasla in se razvijala. Sadili so jih za okras in za senco (Kravanja, 2000).

Nekateri drevoredi divjega kostanja so zaradi pomena, ki ga imajo kot mestotvorna prvina in hkrati kot naravna dediščina zakonsko zavarovani kot spomenik oblikovane narave, zavarovana so tudi nekatera posamezna drevesa (Kravanja, 2000).

Njegova prvotna domovina so severna Grčija in Albanija ter del Makedonije in del Bolgarije (Brus, 1994). V druge dele Evrope se je začel širiti, prek Dunaja, ob koncu 16. stoletja. Botanik Clasius, ki je deloval tudi pri nas, je dobil seme iz Carigrada leta 1576 (Šiftar, 1995). Seme s teh dreves se je v sedemnajstem stoletju razširilo po vsej celini do Skandinavije. Navadni divji kostanj je terciarni relikv (Brus, 2005), torej ostanek nekdanje terciarne flore. Že pred ledenimi dobami je bil razširjen po vsej Evropi, po ledenih dobah pa se najverjetneje zaradi težkega semena, ni uspel naravno naseliti na nekdanja rastišča (Brus, 1994).

Navadni divji kostanj je naše največje opazno cvetoče drevo. V višino zraste do 30 m. Ima površinski in dobro razvit koreninski sistem (Brus, 2005). Za dobro rast potrebuje drevo humozna, globoka, odcedna, vendar dovolj vlažna tla. V mladosti raste hitro, značilno podolgovato okroglo krošnjo pa razvije le, če je posajen na samem. Divji kostanj ima

značilno deblo. Sprva je gladko, pozneje pa luskasto. Lubje je pri mlajših drevesih gladko in svetlorjavo, kasneje postane sivordeče. Lubje je hrapavo in razpokano. Natrgano je na majhne krpe, ki se jih ne da odluščiti (Lukšič, 2009). Dobro prenaša zasenčenje, sušo in nizke temperature (Brus, 2005).

Zaradi izjemne lepote ga najpogosteje uporabljajo v okrasne namene. Drevo ni privlačno samo v času cvetenja, temveč je atraktivno vse leto. V brezlistnem stanju zbujajo pozornost močne veje z debelimi smolnatimi brsti. Pomladno bujna rast je prav presenetljiva, 90 % letnega prirasta poganjka zraste v desetih do štirinajstih dneh, bujno cvetje in veliki listi, ki tvorijo gosto senco, so poleti zelo zaželeni lastnosti. Posebno privlačni so plodovi, in to zaradi velikosti, lepe gladke semenske lupine v svetleče se rjavi barvi in svetlejše lise, ki predstavljajo popek. Mnogim rodovom predvsem mestnih otrok je bila to priljubljena igrača, ki ostane za vedno v spominu in je morda eden izmed emotivnih razlogov, zakaj je javnost tako občutljiva, ko se podirajo kostanji. Drevo je majhen biotop, ki nudi zavetje in hrano številnim žuželkam in pajkom, poleg tega pa je primerno mesto za gnezdenje ptic (Šiftar, 1995).

Divji kostanj ima tudi vrsto slabih lastnosti, ki jih je potrebno upoštevati, ko se sadi. Je občutljiv na povišano žarčenje, visoke temperature in stisnjena tla (Šiftar, 1995). Ob cestah ga še posebej prizadene zimsko posipavanje cest s soljo (Oven, 2000). V starosti se pogosto polomijo debele veje, kar ogroža promet. V septembru so nevarni odpadli plodovi, v novembru pa odpadlo listje, ki ga je prav veliko. Velikokrat pomrznejo mladi poganjki po poznem mrazu. Zanj je značilna alelopatija (Šiftar, 1995).

Tako kot povsod po Evropi, so tudi divji kostanji v Sloveniji prizadeti z listno sušico (*Guignardia aesculi* (Peck) Stew.) in listnim zavrtačem (*Cammeraria ohridella* Descha & Dimić) navadnega divjega kostanja. Omenjena škodljivca povzročata prezgodnje odpadanje listov, kar prizadene predvsem okrasno funkcijo divjih kostanjev (Oven in Zupančič, 2001). Takšno drevje izgubi eno izmed svojih pglavitnih funkcij v urbanem prostoru, ki je čiščenje zraka (Milevoj, 2000).

Listna sušica divjega kostanja povzroča nepravilne, večinoma več kvadratnih centimetrov velike rdeče rjave pege, ki so večinoma omejene z dvema listnima žilama. Pege se navadno širijo od roba proti sredini lista, kar pa ni pravilo (Celar, 2000). Ob najhujšem napadu listje vene, se zvije v obliki vrečke navzgor, se posuši in prezgodaj odpade (Maček, 2008). V ugodnih razmerah za razvoj in širjenje bolezni (vlažno vreme) je že avgusta večina listja suhega (Celar, 2000). Zaradi prezgodnjega odpadanja listov les ne dozori, drevje je bolj izpostavljeno pozebi in izgublja odpornost na še druge stresne dejavnike v okolju (Milevoj, 2000). Na starejših drevesih je ta bolezen, razen v zelo vlažnih letih, bolj estetskega pomena, v drevesnicah pa lahko povzroči precejšnjo gospodarsko škodo (Celar, 2000). Zunanja bolezenska znamenja lahko zamenjamo s poškodbami, ki jih povzročajo industrijske ekshalacije, suša, preobilica soli, pomanjkanje hranil, okužbe s talnimi glivami in nekateri škodljivci (predvsem kostanjev listni zavrtač in pršice). Da gre za listno sušico divjega kostanja, lahko ugotovimo samo z mikroskopskim pregledom (Celar, 2000). V drevesnici in pri mladem drevju je mogoče zatiranje z fungicidi, v parkih in drevoredih pa nekoliko pripomore k omejitvi bolezni odstranjevanje in sežiganje okuženega listja, v katerem prezimuje gliva (Maček, 2008).

Listnega zavrtača navadnega divjega kostanja so odkrili leta 1984 v Makedoniji, od koder se je hitro razširil po državah srednje in južne Evrope in seveda ni obšel Slovenije. Žuželka je bila pri nas prvič ugotovljena leta 1994, v letu 1998 pa razširjena po vsej državi. Biologijo listnega zavrtača navadnega divjega kostanja so večkrat opisali domači in tuji specialisti (Jurc, 1997). Približno 5 mm dolg metuljček se zadržuje na deblih divjega kostanja, kjer se tudi pari. Samice izležejo jajčeca na liste, ličinke pa se nato zavrtajo v list. Hranijo se s palisadnim parenhimom, zaradi česar povzročajo razločno vidne izjednine. Na enem listu je bilo ugotovljenih tudi do 100 izjednin (Milevoj in Kravanja, 1999). Z napredovanjem rastne sezone se izjednine povečujejo in množijo, kar povzroča zgodnje sušenje in predčasno defoliacijo. V naših razmerah se razvijejo vsaj tri generacije na sezono. Zadnja generacija insektov prezimi v odpadlem listju, prvi insekti pa so vidni že v aprilu (Oven, 2001a). Po najnovejših raziskavah kostanjev listni zavrtač ne predstavlja resne nevarnosti za preživetje drevesa (Milevoj 2004). Škodljivega učinka zavrtača na debelinsko rast drevesa ni bilo mogoče dokazati (Oven in Levanič, 2001). Zelo verjetno je,

da bo insekt za vedno ostal življenjski sopotnik drevesa. Z mehanskimi (čiščenje, zbiranje ter kompostiranje odpadlega listja), biokemičnimi (insekticidi, feromonske vabe) ter biološkimi (naravni sovražniki) sredstvi bo najverjetneje mogoče bolj ali manj uspešno zmanjšati in nadzorovati njegovo populacijo (Milevoj, 2004). Škodi, ki jo zavrtač povzroči, se lahko izognemo s preventivnim sajenjem drugih, bolj odpornih vrst iz rodu *Aesculus*. Na vrsti *A. chinensis*, ki je tudi endemična vrsta, žuželka *C. ohridella* ne razvije odraslih osebkov. Na endemičnih vrstah kostanja *A. indica*, *A. californica* in na hibridu *A. x carnea* pa samičke kostanjevega zavrtača odložijo jajčeca in izlegle gosenice se z listi sprva hranijo, vendar poginejo že v svojem prvem ali drugem razvojnem stadiju (Pivk, 2005).

Poleg zgoraj omenjenih povzročiteljev poškodb je bilo v preteklosti pri nas na navadnem divjem kostanju možno zaslediti tudi druge povzročitelje poškodb: npr. mraznica (*Armillaria mellea* [Vahl: Fr.] Kummer) (Jurc in Ogris, 2008), pepelovka divjega kostanja (*Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam) (Hauptman in Jurc, 2008).

Na nove lokacije in v nove drevorede divjih kostanjev praktično ne sadimo več. Razlogov je več, pomanjkanje razpoložljivega prostora je najpogostejši in tudi edini res tehten razlog. Nad njimi tudi niso navdušene komunalne službe zaradi številnih plodov, ki smetijo tla pod njimi. Zdravstvene težave, ki so se pojavile v zadnjih letih, glivične bolezni in škodljivci, še dodatno večjajo pomisleke pri izbiri te drevesne vrste za nove nasade (Kravanja, 2000). Kljub upravičenim pomislekom bi bila velika škoda, če bi to edinstveno drevo, navadni divji kostanj, povsem izločili iz javnega zelenja.

2.2 RASTNE RAZMERE V MESTU

Drevesa v mestih živijo v neugodnih in utesnjenih razmerah (Oven, 2004), drugačnih od okolice. Takšne ekstremne razmere so glavno dejstvo, ki se ga je potrebno zavedati pri sajenju izbrane vrste v mesto. Nekatere vrste drevnine so v preteklosti prav dobro uspevale v mestih, vendar so bile takrat razmere za rast drugačne kot danes. Z leti se je zazidava v

naseljih zgostila, prostih površin je vedno manj. Nekdaj proste površine pod drevesnimi krošnjami so tlakovali ali asfaltirali, ceste, ob katerih rastejo drevesa so širili. Včasih so bili obcestni drevoredi posajeni v dobro, hranilno zemljo, pognojeno s konjskim gnojem, kar se je odražalo na vitalnosti in rastnosti dreves (Šiftar, 1995). Danes namesto konjskega gnoja pritekajo h koreninam skupaj z vodo naftni derivati. Izostanek hranil, škodljive snovi v tleh in zraku, zbita tla, mehanske poškodbe korenin in debla so glavni razlogi za slabo rast in propadanje nekoč zdravih dreves. Pogosto se z nestrokovno in večinoma nepotrebno rezjo posega tudi v drevesne krošnje. Veliko dreves je zaradi vseh naštetih težav propadlo, preživela imajo klavrn videz, le redki primerki so se ohranili v vsej svoji mogočnosti in vitalnosti (Kravanja, 2000). Vse pogostejše so tudi bolezni, ki so nevarnejše že tako oslabelem drevesom.

2.3 ABIOTSKI STRESNI DEJAVNIKI V MESTNEM OKOLJU

Stres je vsaka vrednost kateregakoli okoljskega dejavnika, ki je izven optimuma (Batič, 2007: 6). V okolju je stres sicer normalen pojav, vendar pa se v mestih pojavlja v večjih količinah oziroma z večjo intenziteto, kar pa je predvsem odvisno od pojavljanja stresa v različnih kombinacijah (Vehovec, 2007). Pojav stresa je lahko različen glede na dejavnik, ki stres povzroča. Tako velja, da je temperatura zraka lahko stresna že v nekaj minutah, medtem ko voda v tleh šele po nekaj tednih ali pomanjkanje hranil v tleh po nekaj mesecih (Bukovnik, 2005).

Na rast in zdravje mestnega drevja neugodno vplivajo številni abiotški dejavniki. Larcher (2003), deli abiotske stresne dejavnike po izvoru v naslednje skupine:

- temperatura: vročina, mraz;
- voda: suša, kratkotrajne poplave, nizka zračna vlažnost;
- radiacija: sončna osvetljenost, UV sevanje;
- plini: pomanjkanje kisika;
- minerali: zasoljevanje, visok pH, neravnovesje;

Vse rastline niso enako občutljive na stresne dejavnike okolja – imajo torej različno toleranco za stres (Bukovnik, 2005). Enako bi lahko trdili za drevesa, saj imajo nekatere drevesne vrste boljšo sposobnost, da se obranijo negativnih vplivov posameznim dejavnikom okolja kot druge.

Za urbano okolje so z ekološkega vidika primerne drevesne vrste, ki dobro prenašajo sušne razmere in neposredno osončenje. To pomeni, da morajo imeti na razpolago ustrezne mehanizme za omejevanje prekomerne izgube vode, za odboj sončnih žarkov in zmanjševanje prekomernega ogrevanja. Listi naj bi bili tako zavarovani z odložninami voskov, na spodnji strani dlakavi, nazobljeni in z gladko zgornjo površino. Za mestno okolje so primerne vrste z globokim koreninskim sistemom. Nobena vrsta seveda ne izpolnjuje vseh kriterijev. Med tiste, ki so dobro prilagojene ekološkim razmeram v urbanem okolju, sodijo *Platanus x hispanica*, *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Sophora japonica* in tudi *Gleditsia triacanthos* (Oven in Zupančič, 2001). Potrebno pa je dodati, da je pri izbiri urbane drevnine poleg ekoloških kriterijev potrebno upoštevati še celo paleto ostalih dejavnikov, kot so npr. arhitektura krošnje, podvrženost odlomom, značilnosti koreninskega sistema, odpadanje sadežev, prisotnost dolgih trnov, pogostost bolezni in škodljivcev, kompartmentalizacijski potencial, itd.

2.4 POŠKODBE ZARADI SONČVEGA OŽIGA

Sončev ožig je dokaj pogost pojav abiotskega poškodovanja drevesa, ki pa zaenkrat ni bil deležen posebne pozornosti. V znanstveni ali strokovni literaturi namreč še nismo uspeli zaslediti prispevka, ki bi podrobno pojasnil mehanizme nastanka poškodb in kakšne so posledice tovrstnih poškodb za drevo. Predvidevamo, da gre pri tovrstnih poškodovanjih za kombinacijo večih abiotskih dejavnikov, ki kvarno vplivajo na drevo in imajo za drevo lahko tudi usodne posledice. Največkrat sta glavna povzročitelja poškodb sončna pripeka in pomanjkanje vode.

Sončni žarki morejo povzročiti poškodbe na drevju, bodisi zaradi zvišanja temperatur čez mejo, ki jo rastlinske celice še prenesejo (leži med 45 in 55 °C) ali zaradi močnih temperaturnih nihanj, ki povzročijo škodljive spremembe pri oskrbi z vodo (Maček, 2008).

Poškodbe nastanejo zaradi močnega segrevanja drevesne skorje, ki ga ob vročih poletnih dneh povzroča sončno sevanje. Celice skorje in kambija odmrejo, razpokajo ter odpadejo, poškodovana mesta se izsušujejo, izpostavljen les pa po navadi kolonizirajo glive razkrojevalke lesa. Poškodbe najbolj prizadenejo drevesne vrste s tanko skorjo (bukev, javor, divji kostanj, itd.), medtem ko so drevesne vrste z debelo skorjo (hrast, brest, bor, itd.) občutljive le v mladosti (Butin, 1995). Prav ironično je, da je med najpogostejše poškodovanimi drevesnimi vrstami prav navadni divji kostanj. Drevesna skorja navadnega divjega kostanja namreč vsebuje snov aesculin (Brus, 2005), ki ima sposobnost odbijanja sončnih žarkov in jo včasih uporabljajo kot eno izmed sestavin v kremah za sončenje. Samo drevo pa je pogosto zaradi sončne pripeke prizadeto do te mere, da odmre.



Slika 1: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); močno razpokana skorja kot posledica močnega segrevanja debla.

Raziskava na javorjih v Zagrebu (Diminić in Majdak, 2004) je pokazala, da se poškodbe zaradi sončevega ožiga nahajajo na jugozahodni oz. južni strani debla, saj je prav ta del debla najdlje in najmočnejše izpostavljen sončnemu sevanju. Prav tako so ugotovili, da so poškodbe na drevesih odvisne tudi od položaja drevoreda v prostoru in položaja samih dreves v drevoredu. Pokazalo se je namreč, da največ poškodb nastane v drevoredih, ki potekajo v smeri vzhod – zahod, in sicer na drevesih na severni strani ulice. Glavni

dejavnik, ki povzroča dodatno segrevanje skorje teh dreves, naj bi bila po mnenju zagrebških raziskovalcev vročina, ki jo reflektira močno segreta asfaltirana površina prometnega dela ulice.

Nekateri avtorji so mnenja, da je težko ovrednotiti pomembnost posameznih dejavnikov, ki povzročajo tovrstne poškodbe. Sinclair zagovarja dejstvo, da so drevesa, ki so poleti prekomerno izpostavljena sončnemu sevanju, pozimi prizadeta zaradi zmrzali (Sinclair, 1987). Tako naj bi poleti vročina, pozimi pa mraz škodljivo vplivala na drevo in pripeljala do tovrstnih poškodb.

Poškodbe zaradi ožiga lubja se v *gozdnih ekosistemih* pojavljajo na deblih in debelejših vejah drevja, kadar so izpostavljeni neposredni sončni pripeki. Najbolj so prizadeta drevesa na gozdnem robu in taka, ki so bila zaradi ujme oziroma poseka dreves v okolici, nenadoma izpostavljena sončni pripeki. Maček (2008) predlaga, da se ožigu izognemo na ta način, da na južni in zahodni gozdni rob sadimo odporne drevesne vrste (z debelim in hrapavim lubjem), ali pa da izpostavljena drevesa zaščitimo z visokim grmovjem.

Sončna pripeka utegne povzročiti v *drevesnicah* poškodbe komaj vzniklih kalčkov (Maček, 2008). Ti se na dotikališču z vročimi tlemi tako segrejejo, da padejo po tleh in se posušijo. Najmanj primerna tla za sajenje so temna tla (humusna in šotna), saj je segretje kalčkov na takih tleh najmočnejše. Pregretje preprečimo z ustreznim zasenčitvenim zaščitnim materialom, temna tla pa lahko posipljemo z žagovino.

V tuji literaturi se za opis tovrstnih poškodb skrivata dve gesli, ki ju tuji raziskovalci strogo ločijo: *sunscorch* in *sunscald*. Pojem *sunscorch* bi lahko prevedli v sončev ožig in njegova definicija dejansko sovпада z opisom, ki smo ga za sončni ožig navedli v tem podpoglavju. *Sunscald* pa je zimska različica sončnega ožiga, ki je zelo podobna poletni različici, vendar ni identična, saj se mehanizmi nastanka poškodb pri obeh različicah močno razlikujejo. Poškodba pri zimski različici nastane zaradi hitrega temperaturnega nihanja v zimskem času, ko sonce podnevi močno segreje skorjo na jugozahodni strani debla, nato pa ob sončnem zahodu temperatura segretega dela debla naglo pade, kar povzroči odmiranje skorje in kambija.

2.5 MEHANSKA POŠKODOVANOST MESTNEGA DREVJA

V mestnem okolju se neugodnim stresnim dejavnikom, ki prvenstveno povzročajo usihanje vitalnosti dreves, pridružujejo tudi mehanske poškodbe. Posebno pozornost si zaslužijo zaradi varnostnega vidika. V mnogih primerih so odlomi posledica nezaželenih rastnih posebnosti drevesa, kot je npr. vrasla skorja. Najpogosteje pa so odlomi posledica obsežnih razkrojnih procesov v drevesnih tkivih, predvsem v lesu. Ne gre namreč pozabiti, da ima samo zdrav les poleg prevajalne in skladiščne (samo beljava), tudi oporno funkcijo. Razkroj je povezan z mehanskimi poškodbami, ki so pravzaprav stalnica v življenju urbanega drevja, saj jih od nekdaj povzročajo različni dejavniki žive in nežive narave (divjad, veter, sneg, strela, itd.), predvsem pa človek (Oven, 2001b).

Pri mladem drevju na zelenicah je zaskrbljujoča visoka stopnja poškodovanosti korenčnika in debla, ki je posledica malomarnosti pri košnji. Pri starejšem drevju se pri istem opravi vsako leto znova poškodujejo tudi debelejše korenine. Največ poškodb na deblu je posledica trkov vozil in vandalizma ter gradbenih del. Gradnja prometnic, pločnikov, vodovoda in parkirišč je najpogostejši vzrok za usodno poškodovanje koreninskega sistema drevesa. Glavni vir mehanskih poškodb v krošnji so obžaganje in odlomi vej v neurjih (Oven, 2001b).

Kadar opisujemo urbano drevje praktično ne najdemo drevesa brez poškodbe. To dejstvo, je potrdila tudi arboristična raziskava 612 dreves v Mestni občini Ljubljana (Oven, 2001b), ki je pokazala, da je imelo vseh 612 preiskanih dreves vsaj eno vidno poškodbo.

2.6 ODZIV DREVJA NA MEHANSKA POŠKODOVANJA

Drevo je največja dolgoživa lesnata trajnica, ki se ne premika in ni sposobna celjenja ran (Oven, 2000). Mehanske poškodbe se torej ne zacelijo, temveč jih nova tkiva, ki jih prispeva kambij, bolj ali manj uspešno prerastejo.

Mehanska poškodba je prva faza v zaporedju kompleksnih procesov, ki se pričnejo z abiotskimi spremembami in končajo z biotskim razkrojem v živem drevesu (Oven, 1998). Zaščita, ki jo drevesu nudi sklenjen periderm se tako prekine, z vodo nasičena tkiva –

skorja, kambij, les – pa pridejo v stik z atmosfero. Zaradi vdora zraka in izsuševanja začnejo poškodovana tkiva odmirati in se razbarvajo (diskolorirajo). Na poškodovana tkiva se naselijo patogeni organizmi, ki prej ali slej povzročijo razkrojne procese v živem drevesu.

Drevo je sposobno omejevati poškodbe, da se le te ne širijo v zdrav les, z aktivnimi in pasivnimi obrambnimi mehanizmi. Pasivni obrambni mehanizmi (npr. zaščitni les) v drevesu obstajajo že pred poškodovanjem, aktivni pa se sprožijo po poškodovanju. Omenjeni obrambni mehanizmi po poškodovanju delujejo istočasno.

Znanih je več teoretskih modelov, ki poskušajo pojasniti odziv drevesa na poškodovanje (Oven, 1998). Eden izmed njih je model omejitve razkroja v drevesu CODIT (Compartmentalization Of Decay In Trees) (Shigo in Marx, 1977; Oven, 2001b). Ta teorija predpostavlja, da se živa beljava aktivno odzove na poškodovanje in kolonizacijo s formiranjem fizičnih in kemičnih barier (Shigo in Marx, 1977; Torelli, 2001). Model je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu je pojasnjeno časovno zaporedje sprememb v tkivu po poškodovanju, v drugem delu pa model v drevesu predpostavlja ovire (bariere), ki naj bi omejile širjenje razkrojnih procesov in njihov razvoj (Shigo in Marx, 1977; Oven, 2001b).

Časovni del modela CODIT

Časovni del modela CODIT predvideva tri zaporedne faze, ki sledijo mehanski poškodbi. Prva faza vključuje procese, ki so povezani z neposrednim odzivom drevesnih tkiv na poškodovanje, to so abiotske spremembe, izsuševanje in vdor kisika v prevodne elemente.

V drugi fazi nastopi kolonizacija poškodovanega zaščitnega lesa (diskoloracija, jedrovina) in beljave s pionirskimi bakterijami, kar se kaže v občutljivi reakciji lesnega tkiva na patogene organizme. Pri listavcih nastanejo na meji med nepoškodovano beljavo in okuženim diskoloriranim lesom značilne, tudi s prostim očesom vidne reakcijske cone, ki imajo zaščitni značaj.

V zadnji, tretji fazi razvojnih procesov, ki so posledica poškodovanja, pa nastopi razkroj lesa. V tej fazi les izgubi oporno funkcijo. Proces v drevesu se lahko ustavi v katerikoli

zgoraj opisani fazi, odvisno od njegove zmožnosti omejitve učinkov poškodb (Oven, 2001).

Prostorski del modela CODIT

Prostorski del model CODIT predpostavlja 4 stene, ki omejuje širjenje in razvoj razkrojnih procesov v drevesu; tri v lesu, ki je nastal pred poškodbo, četrta (stena 4 ali barierna cona) pa razmejuje les, nastal pred ranitvijo od lesa, nastalega po njej (Shigo in Marx, 1977; Oven in sod., 2004). Steni 2 in 3 sta del normalne zgardbe lesa, steni 1 in 4 pa nastaneta po poškodbi (Shigo, 1986; Oven, 2001b).

Steno 1, ki omejuje širjenje učinkov poškodb v vzdolžni (aksialni) smeri, predstavljajo razne okluzije (zapore) v aksialnih elementih (to so tile pri listavcih, depoziti gume, kopičenje dodatnih pomožnih snovi in pri iglavcih zasmoljevanje traheid). Učinkovitost stene 1 je odvisna od anatomskih posebnosti lesa in sposobnosti drevesne vrste za tvorbo okluzij. Je najšibkejša stena od vseh. Stena 2, ki je rezultat normalne kambijeve aktivnosti, je povsem fizična in jo tvori gostejši kasni les. Omejuje širjenje v radialni smeri. Radialno usmerjene parenhimske celice trakov predstavljajo praviloma zelo močno steno 3, ki omejuje širjenje v tangencialni smeri. Steno 4, ključen element CODIT-a, imenovano tudi barierna cona, tvori kambij po ranitvi. Zanj je značilen povečan delež parenhima, z nizko vsebnostjo lignina in vsaj pri nekaterih vrstah s suberiziranimi celičnimi stenami (Torelli in sod., 1990). Je najučinkovitejša in najtrajnejša omejitvena stena. Histokemične raziskave so potrdile prisotnost izvlečkov v steni 4, ki zavirajo rast gliv, razkrojevalk lesa (Oven, 2001b).

Model reakcijskih con

Kot alternativa statičnemu modelu CODIT, je Shain leta 1979 izoblikoval model reakcijskih con (Oven, 2001b). Model reakcijskih con domneva, da se žive parenhimske celice lesa aktivno odzovejo na patogeni organizem s tvorbo dinamičnih obrambnih reakcijskih con (Merela in sod., 2005). To so več milimetrov debele, temneje obarvane plasti lesa (Oven in sod., 2004), ki nastanejo na mestu interakcije živih tkiv drevesa s patogenim organizmom (Oven, 2001b). Dinamični karakter reakcijskih con naj bi se kazal v zveznem pomikanju reakcijske cone v smeri proti periferiji debla (Merela in sod., 2005)

oziroma pomikanju reakcijske cone skladno z napredovanjem okužbe v zdravo beljavo (Oven in sod., 2004). Kasnejše raziskave so pokazale, da reakcijske cone pravzaprav ustrezajo statičnemu karakterju sten 1, 2 in 3 modelnega koncepta CODIT (Pearce, 1990; Merela in sod., 2005).

3 MATERIAL IN METODE

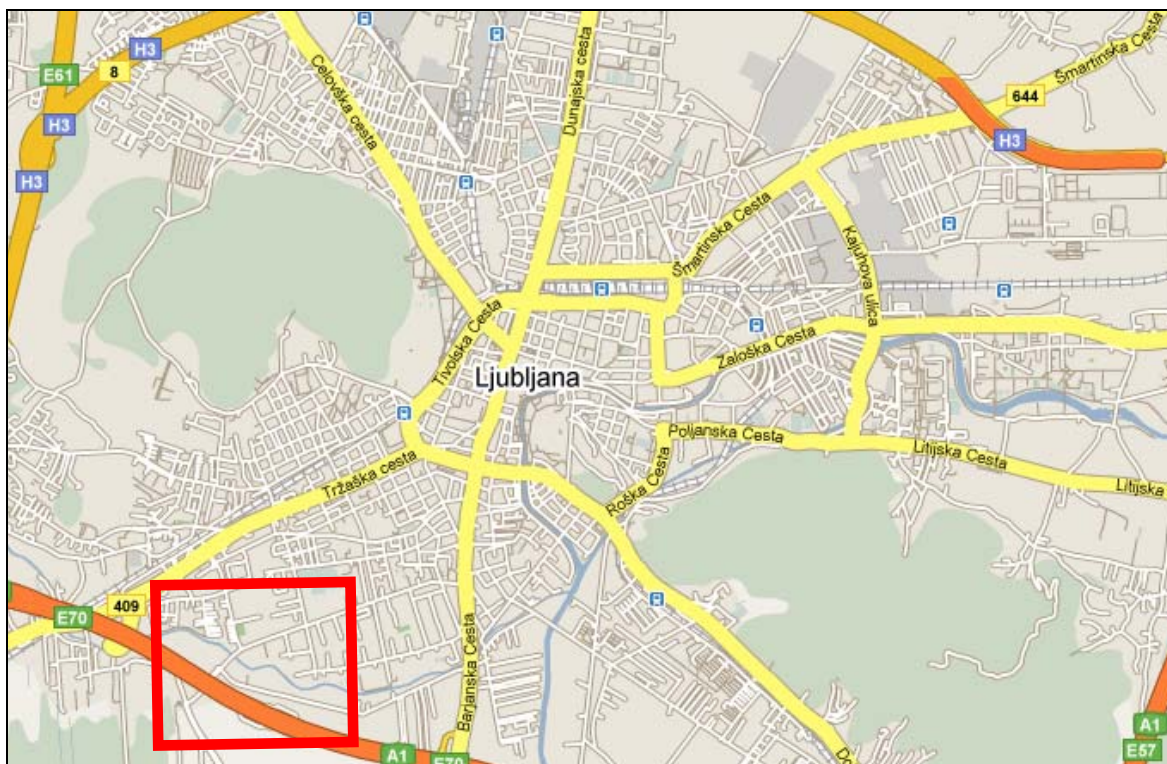
3.1 RAZISKOVALNO OBMOČJE

Raziskava je bila opravljena na območju Mestnega Loga v Mestni Občini Ljubljana (MOL), kjer smo podrobno pregledali drevesa navadnega divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.). Drevesa rastejo linijsko v obliki drevoreda na severni in južni strani Ceste v Mestni log, in sicer od križišča Ceste v Mestni log in Koprskе ulice, preko južne ljubljanske obvoznice, vse do križišča Ceste v Mestni log in Ceste dveh cesarjev.

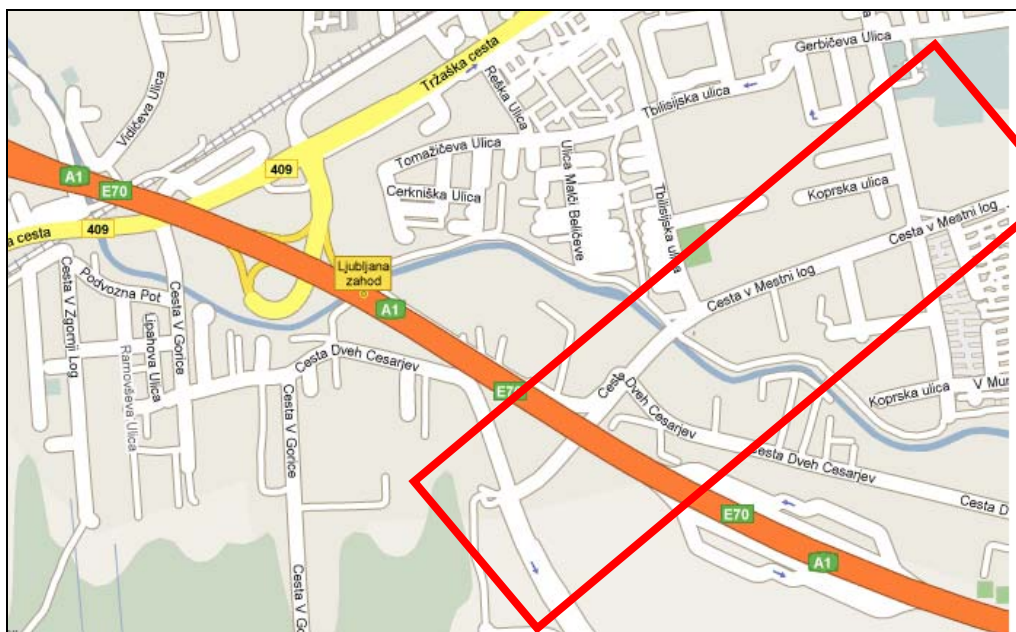
Drevored poteka v smeri severovzhod – jugozahod. Drevored sestavljajo izključno drevesa navadnega divjega kostanja. Drevesa rastejo na ozki zelenici širine 2 m med cesto in pločnikom. Razdalja med posameznimi drevesi je približno 10 m. Na posameznih odsekih drevoreda se v bližnji okolici preiskovanih dreves nahajajo tudi posamezna druga drevesa. Vzporedno s preiskovanim drevoredom se ob zgradbi Pošte Slovenije na severni strani ceste nahaja drevored srebrnih javorjev (*Acer saccharinum* L.), na južni strani ceste pa posamezna drevesa vrbe (*Salix* sp.).



Slika 2: Cesta v Mestni log.



Slika 3: Lokacija raziskovalnega območja navadnih divjih kostanjev.



Slika 4: Raziskovalno območje - Cesta v Mestni log, Mestna občina Ljubljana.

3.2 POPIS STANJA DREVES

Popis dreves je bil izveden dne 2. 9. 2009. Na raziskovalnem območju smo prešteli vsa drevesa. Vsako drevo smo temeljito pregledali in zabeležili vse vidne poškodbe zaradi sončevega ožiga. Poškodbe zaradi sončevega ožiga se manifestirajo predvsem na deblu drevesa, zato se velika večina zbranih informacij nanaša na deblo. Na deblu smo merili skupno dolžino poškodbe (rane), ugotovili njen tip (neprerasla, prerasla) in položaj na deblu ter zabeležili morebitno prisotnost trosnjakov gliv razkrojevalk. Za potrebe izračuna deleža poškodovanosti debela smo izmerili tudi dolžino debela. Za dolžino debela smo vzeli razdaljo med tlemi in začetkom prvih živih vej oziroma krošnje.

Vsakemu izmed dreves smo s pomočjo gozdarskega π -metra izmerili prsni premer. S pomočjo višinomera SUUNTO smo posameznim izbranim drevesom (najvišji, najnižji) izmerili višino, za ostala drevesa, pa smo na podlagi meritve izbranih dreves, podali le oceno višine ter jih rangirali v višinske razrede na 0,5 m natančno.

3.3 IZBOR DREVES IN POSEK

Na podlagi dovoljenja za posek dreves s strani MOL, so v podjetju Tisa d. o. o. dne 8. 4. 2009 posekali izbrana drevesa. Za potrebe nadaljnjih raziskav tovrstnih poškodovanj je bilo iz drevoreda odstranjenih sedem prizadetih dreves. Vsa drevesa so bila odrezana 1 centimeter nad tlemi. Za lažjo identifikacijo posekanih dreves smo vsa posekana drevesa predhodno fotografirali in jim dodelili identifikacijsko številko. Ker gre za majhna drevesa, so bila kar cela prepeljana na Oddelek za lesarstvo.

3.4 OBDELAVA MATERIALA IN PRIPRAVA ZA NADALJNE RAZISKAVE

Razrez in obdelavo pridobljenega materiala smo dne 9. 4. 2009 izvedli v mizarski delavnici Oddelka za lesarstvo. Najprej smo drevesa informativno stehali na osebni elektronski tehtnici. Tehtanje je potekalo tako, da smo stehali osebo, ki je v rokah držala posamezno drevo, nato pa smo maso osebe odšteli. Drevesom smo nato izmerili dolžino na

tak način, da smo jih v horizontalnem (ležečem) položaju izmerili od začetka debla pa do vrha krošnje na 1 cm natančno.



Slika 5: Posekani divji kostanji pred razrezom in lepo vidne sekundarne spremembe lesa na čelih debel.

3.4.1 Ugotavljanje vizualnih znakov poškodb zaradi sončevega ožiga na posameznih drevesih

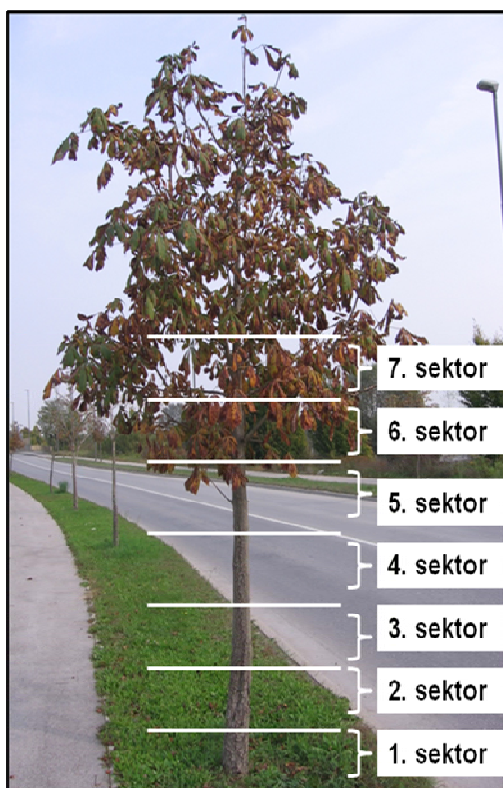
V nadaljevanju smo vsako drevo temeljito pregledali in določili tip poškodbe (neprerasla, prerasla) ter na deblu izmerili dolžino poškodbe. Neprerasle poškodbe oz. odprte poškodbe so tiste, pri katerih je skorja odstopila od lesa, odpadla in tako izpostavila les atmosferskim vplivom. Pri preraslih poškodbah oz. zaprtih poškodbah pa bodisi skorja še ni odstopila bodisi pa je ranitveni les odprto poškodbo uspel prerasti. Poleg vidnih poškodb smo na deblu določili tudi mesta, kjer so poškodbe še v začetnem stadiju razvoja in tudi to izmerili. Pozorni smo bili predvsem na razširjene oziroma povečane lenticle in pa razpoke. Po opravljenem pregledu smo drevesa razžagali.

3.4.2 Razrez dreves

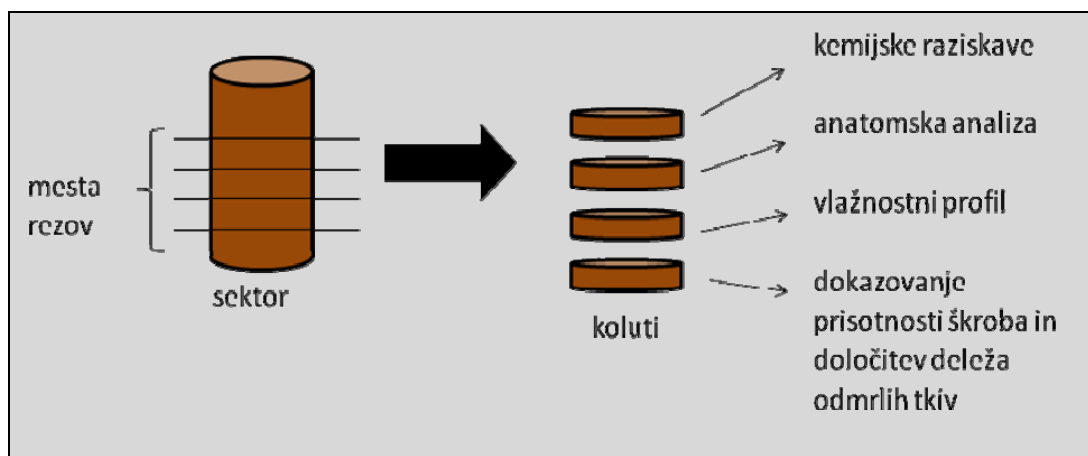
Drevesom smo odstranili vse veje in si na deblu s kredo označili mesta glavnih rezov. Zaradi različnih oblik in pa dimenzij poškodb oziroma ran, enotna obravnava vseh dreves

ni bila mogoča. Vsako drevo je bilo torej obravnavano individualno, in sicer tako, da so bila mesta rezov izbrana predvsem upoštevajoč dimenzijo in pa obliko poškodbe. Nekatera debela smo morali zaradi njihove dolžine razpoloviti, da smo jih kasneje lahko varno obdelali v mizarski delavnici.

Vsako deblo smo torej razdelili na sektorje (slika 6). Število sektorjev se zaradi prej omenjenih razlogov razlikuje od drevesa do drevesa. Kljub temu smo se trudili, da bi posamezni sektorji izhajali iz približno enake višine na deblu in bili enakih dolžin pri vseh drevesih. Iz vsakega sektorja smo nato izžagali vsaj štiri kolute. Vsak kolut je v obliki dvoštevilkne šifre dobil svojo oznako. Prva številka predstavlja številko drevesa, druga številka pa številko sektorja, iz katerega je bil izžagan kolut (npr. šifra 21 pomeni drevo številka 2, sektor 1). Če je bilo iz posameznega sektorja izžaganih več kolotov, je vsak naslednji kolut dobil dodatno oznako v obliki številke v oklepaju (npr. če imamo več kolotov s šifro 21, ima prvi kolut oznako 21, naslednji kolut oznako 21(1), naslednji kolut oznako 21(2), itd.).

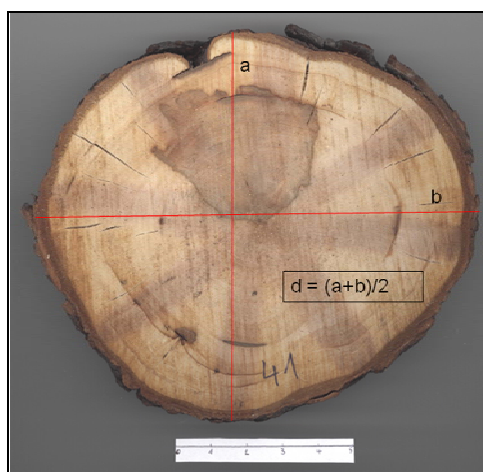


Slika 6: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); vsako drevo smo razdelili na sektorje.



Slika 7: Iz vsakega sektorja smo izrezali vsaj 4 kolute za nadaljnje preiskave.

Vsakemu izmed kolotov smo informativno izmerili premer. Meritve premerov smo opravili na dveh mestih, kot kaže slika 8 in izračunali povprečje.



Slika 8: Zaradi eliptične oblike debel, smo meritve premerov opravili na dveh mestih.

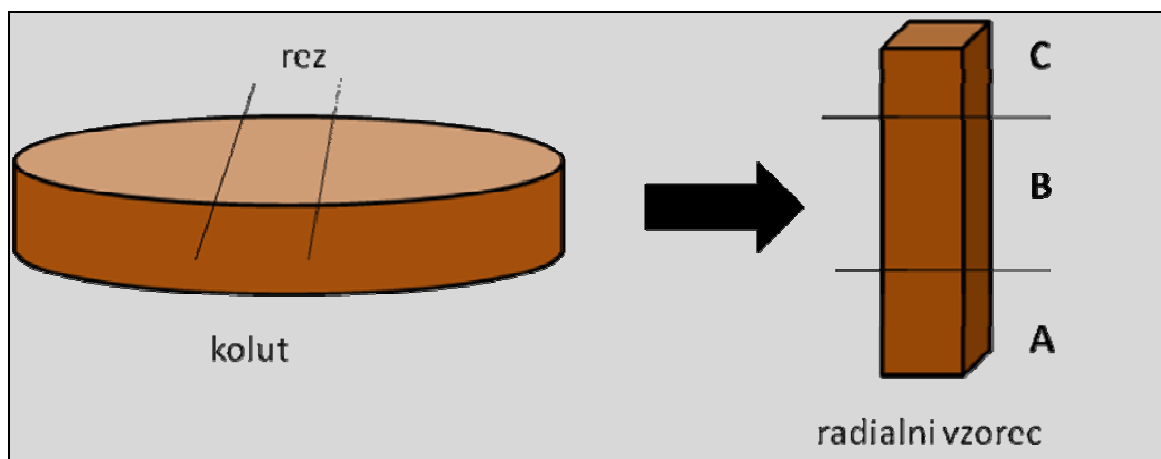
Dva koluta (prvi in drugi) sta bila namenjena preiskavam, ki niso bile del pričujoče diplomske naloge, tretji kolut smo uporabili za izdelavo vlažnostnega profila, četrtega pa za ugotavljanje vitalnosti parenhimskih celic z jodovico ter nato določitev deleža mrtvih oziroma živih tkiv.

Prvi kolut iz vsakega sektorja je bil namenjen kemijskih raziskavam. Da bi koluti ostali kar se da sveži, smo jih zavili v prozorno folijo in shranili v zamrzovalnik.

Drugi kolut je bil namenjen anatomski analizi lesa. Na kolutu smo označili mesta rezov, iz katerih smo izžagali posamezne vzorce lesa. Vsak vzorec je dobil svojo oznako (a, b, c, ...). Kolut smo pred razrezom fotografirali, da smo kasneje lahko identificirali mesto vzorca na kolutu. Vzorce smo shranili v pvc vrečko in jih tako zavarovali pred izsušitvijo, po končanem delu pa smo jih shranili v 70 % alkoholu (etanol).

3.5 DOLOČITEV VLAŽNOSTI LESA V SVEŽEM LESU

Tretji kolut je bil namenjen izdelavi radialnega vzorca (napolitanke) za oceno vlažnosti lesa. Vlažnost lesa smo določili takoj po razrezu materiala gravimetrično, t.j. po postopku, ki je standardiziran v tradicionalni tehnologiji lesa. Iz koluta smo preko stržena izžagali radialne vzorce (slika 9) in jih nato razrezali na več delov, tako da je vsak košček vseboval samo zdravo ali samo odmrlo tkivo. Če je bil radialni vzorec iz več delov, je vsak del po vrsti dobil svojo oznako v obliki črke (a, b, c, ...). Črka a je bila vedno na nasprotni strani poškodbe. Vsak vzoreček smo takoj po razrezu tehtali (tehtnica Tehtnica Exacta) in tako pridobili maso vlažnega lesa (m_{vl}) z natančnostjo 0,001 g. Sledilo je sušenje svežih vzorčkov (laboratorijski sušilnik proizvajalca Kambič). Vzorce smo sušili do absolutnega suhega stanja oziroma do konstantne mase (masa se ne spremeni za več kot 0,1 % po merjenju v razmaku dveh ur). Po končanem sušenju smo vzorce ohladili v eksikatorju. Po hlajenju smo jih ponovno tehtali in dobili maso v absolutno suhem stanju (m_0) z natančnostjo 0,001 g.



Slika 9: Iz koluta pridobljen radialni vzorec (napolitanka), ki smo ga razdelili še na dva ali tri dele.



Slika 10: Za pridobitev vlažnosti smo vzorce tehtali z laboratorijsko tehtnico.

Vlažnost vzorčkov smo izračunali po enačbi:

$$u = \frac{(m_{vl} - m_0)}{m_0} \cdot 100 \dots [\%] \quad \dots (1)$$

Pri čemer je:

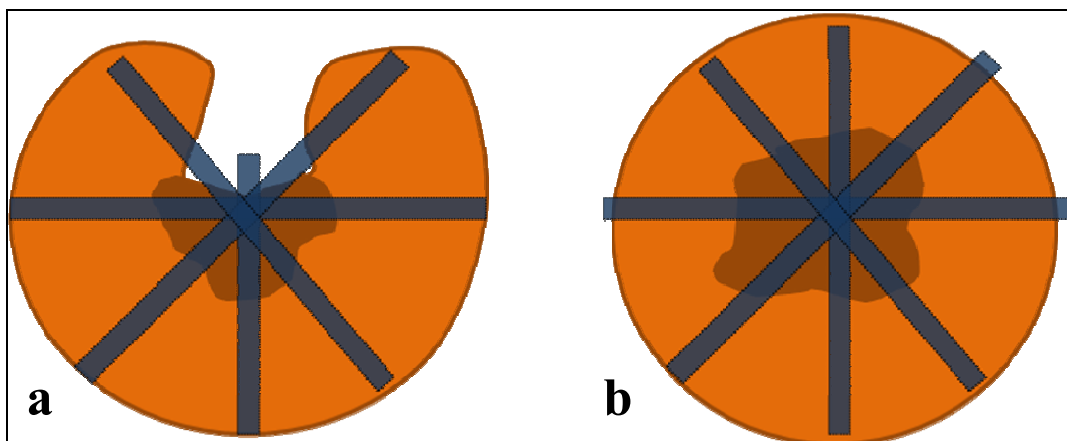
u = vlažnost lesa.....[%]

m_{vl} = masa vlažnega lesa.....[kg]

m_0 = masa absolutno suhega lesa.....[kg]

3.6 UGOTAVLJANJE VITALNOSTI PARENHIMSKIH CELIC Z JODOVICO

Četrty kolut je bil namenjen dokazovanju prisotnosti škroba. Prisotnost škroba smo dokazovali z jodovico (2 g joda J_2 , 3 g kalijevega jodida KJ, destilirana voda), ki škrob obarva temno modro oz. črno. Kot vemo, lahko le žive parenhimske celice prevajajo in skladiščijo ogljikove hidrate (škrob). V mrtvih parenhimskih celicah škroba torej ni. Odmiranje parenhimskih celic običajno spremlja tudi sprememba barve lesa oz. diskoloracija, vendar ne vedno. Z omenjenim testom smo želeli identificirati obseg živega oz. zaradi sončevega ožiga odmrlega dela lesa, saj smo domnevali, da je ta večji, kot kaže izgled prečnega prereza. Zato smo vsak kolut s pomočjo čopiča premazali z jodovico kot prikazuje slika 11 in počakali, da je jodovica reagirala s škrobom.



Slika 11: Shema nanosa jodovice pri različnih tipih vzorcev: a – z odprto poškodbo; b – z diskoloracijo v osrednjem delu debla.



Slika 12: Jodovica je uporabna samo nekaj tednov, zato jo običajno pripravimo v manjših količinah. Hranimo jo v temnem prostoru.

3.7 DOLOČITEV DELEŽA ŽIVIH IN MRTVIH TKIV S POMOČJO ANALIZE SLIKE

Za določitev deleža živih in mrtvih tkiv smo uporabili iste kolute kot za dokazovanje prisotnosti škroba.

3.7.1 Analiza slike

Analiza slike postaja v moderni znanosti vse pomembnejša. Z analizo slike spreminjamo slikovne informacije v numerične (Smolej, 1995, cit. po Levanič, 1999). Tipičen potek luščenja informacij iz slike se začne z zajemom slike, teče preko različnih obdelav slike in se konča v obliki numerične informacije v tabeli.

Vse več je raziskovalnih problemov, kjer je potrebno izmeriti večje število parametrov v sorazmerno kratkem času. Če se da analizirane predmete pretvoriti v digitalno obliko, se jih da tudi analizirati s pomočjo programov za analizo slike. V gozdarstvu in lesarstvu gre večinoma za dva tipa objektov – mikro- in makroobjekte. Med mikroobjekte spadajo mikroskopski preparati lesa, hif gliv, mikorize, koreninskih pletežev mladih drevesc, ipd. Med makroobjekte pa spadajo na primer slike osutosti drevja, slike branike, listi in iglice, ipd. V gozdarstvu poznamo sicer še t.i. nano raven, kamor spadajo satelitski in letalski posnetki (Levanič, 1999).

3.7.2 Uporabljena strojna in programska oprema

V raziskavi smo vse analize objektov opravili s programom CartaLinx 1.2, nekatere objekte pa smo zaradi preverbe natančnosti meritev analizirali tudi s programom Digimizer Image Analysis Software, ki je prosto dostopen preko interneta na naslovu: <http://www.digimizer.com>.

Program CartaLinx primarno ni namenjen tovrstnim analizam, kljub temu pa omogoča natančno pridobivanje zelenih numeričnih podatkov z objekta.

Za skeniranje kolotov smo uporabili skener HP Scanjet G4050 in program VueScan 8.5.

Obdelave slik so potekale na prenosnem računalniku Acer Aspire 5671 na katerem je tekel operacijski sistem Microsoft Windows XP. Uporabljali smo programski paket Microsoft Office 2007.

3.7.3 Priprava objekta za analizo slike

Sliko, katero želimo analizirati s pomočjo računalnika, moramo najprej prevesti v digitalno obliko in jo shraniti na računalniški medij. To smo storili tako, da smo kolute položili na skener in jih skupaj s 5 centimetrskim merilnim trakom preskenirali.

Vse slike so bile shranjene v JPEG formatu. Programski paket CartaLinx za svoje delovanje zahteva uporabo BMP formata, zato je bilo potrebno format JPEG prevesti v format BMP. To smo storili v CartaLinxu z ukazom »image conversions«.

Ko so bile slike shranjene v BMP formatu smo lahko pričeli z meritvami deleža mrtvih (odmrlih) oziroma živih (zdravih) tkiv ksilema. Na vsakem kolutu smo izrisali dva poligona: eden je zajemal mrtvi oziroma odmirajoči del tkiva, drugi pa še živi del tkiva. Mrtvi oziroma živi del tkiva smo dokazali z jodovico (glej poglavje 3.6). Nato smo z ukazom »build polygons« od računalnika zahtevali, da izračuna površino izrisanih poligonov.

Program CartaLinx izračuna površino v nam neznanih površinskih enotah (p.e.). Zato je na tem mestu potrebna razlaga, kako smo pridobili dejanske vrednosti površin odmirajočega in zdravega lesa. Kot je že bilo omenjeno, smo vsakega izmed kolotov poskenirali skupaj s 5 cm merilnim trakom. Merilni trak ima skalo s 1 cm razdelbo. Merilni trak nam je služil za umerjanje oziroma kalibracijo meritev. Z umerjanjem uskladimo meritve na zaslonu s standardnim merskim sistemom (milimetri ali centimetri).

3.7.4 Izvedba meritev ter metodologija izračuna površin mrtvega in zdravega lesa

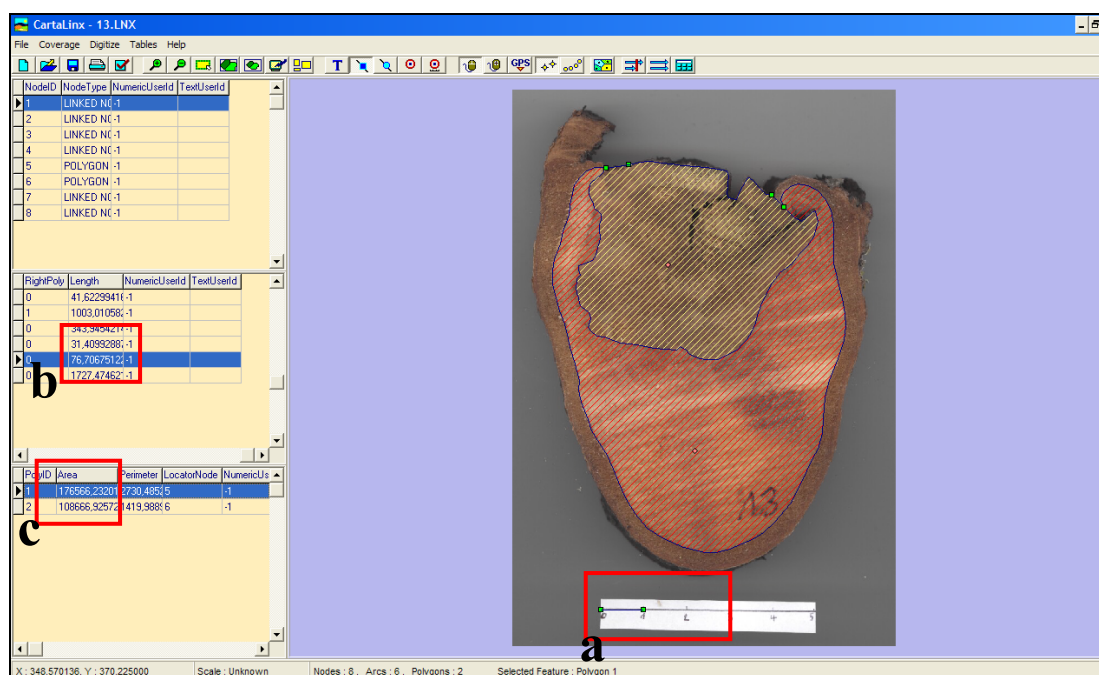
S pomočjo programa CartaLinx smo pridobili naslednje podatke:

- površina mrtvega lesa = 108666,9257 p.e.
- površina zdravega lesa = 176566,2320 p.e.

Na zaslonu oziroma sliki smo narisali črto preko merilnega traku, ki meri 1 cm (slika 13a). Računalnik je to centimetrsko vrednost zabeležil kot 76,7067 dolžinskih enot (slika 13b). Ker površino izražamo v kvadratnih centimetrih, smo vrednost 76,7067 kvadrirali in dobili

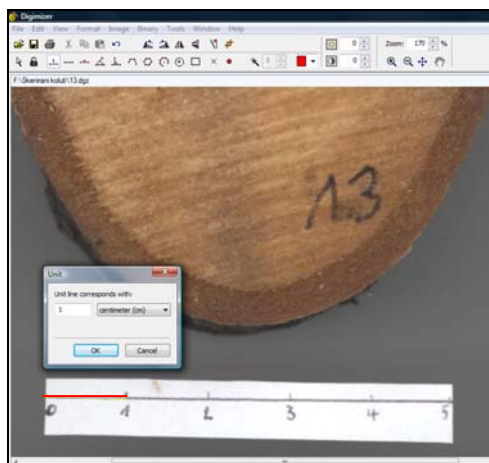
5883,9178 p.e. Sedaj vemo, da 5883,9178 p. e. na sliki predstavljajo točno 1 cm² in lahko izračunamo dejanske površine na sledeč način:

- dejanska površina mrtvega lesa = 108666,9257 p. e. / 5883,9178 p. e. = 18,4685 cm²
 - dejanska površina zdravega lesa = 176566,2320 p. e. / 5883,9178 p. e. = 30,0083 cm²
- (slika 13c)



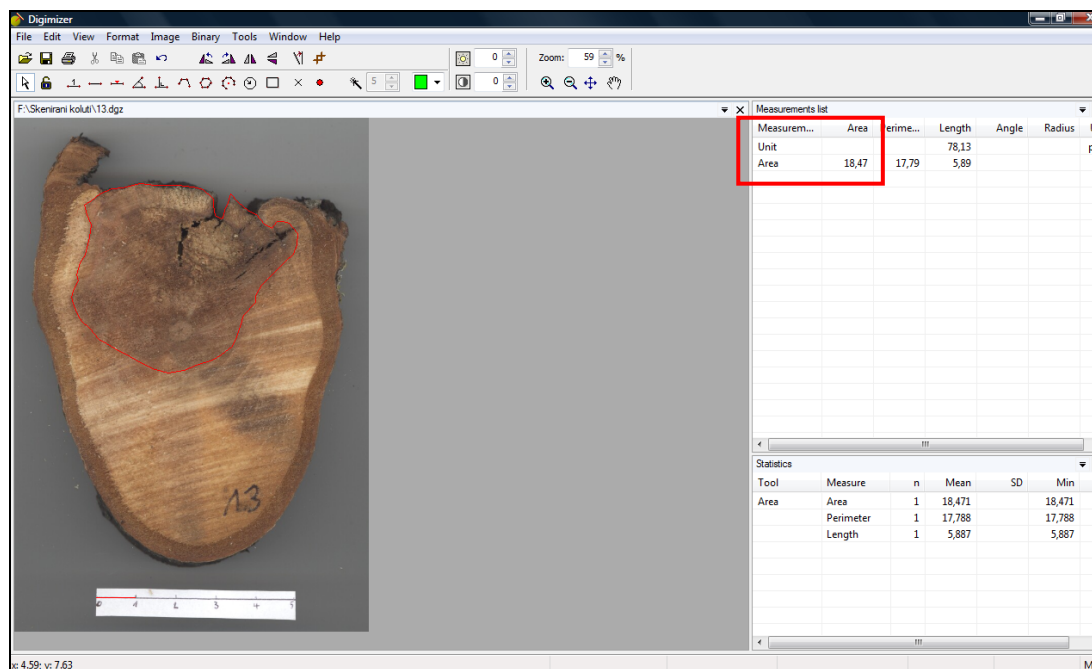
Slika 13: Kolot navadnega divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.); določitev deleža zdravih in mrtvih tkiv s pomočjo programa CartaLinx. a - Usklajevanje meritev na zaslonu s standardnim merskim sistemom. b – Zabeležena vrednost dolžine 1 cm . c – Zabeležena vrednost površine poligona.

Natančnost meritev v programu CartaLinx smo preverili s programom Digimizer. Izbrali smo si tri kolute in meritve izvedli na enak način kot v CartaLinxu. Umerjanje v programu Digimizer poteka tako, da na ekranu izmerimo znano dolžino, nato pa programu povemo, koliko je ta razdalja dejansko dolga (slika 14). Digimizer nato na podlagi izrisanih poligonov izračuna površino zdravega oziroma odmirajočega lesnega tkiva.



Slika 14: Usklajevanje meritev na zaslonu s standardnim merskim sistemom v programu Digimazer.

Ker smo s programom Digimazer pri vseh treh izbranih kolutih prišli do enakih rezultatov meritev (rezultat odstopa za največ 1 %) kot v CartaLinxu, smo prišli do zaključka, da so meritve v CartaLinxu točne in zato nadaljnja preverjanja natančnosti meritev v Digimazerju niso bila več potrebna.



Slika 15: Kolut navadnega divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.); določitev deleža mrtvega lesa s pomočjo programa Digimazer.

Preglednica 1: Prikaz rezultatov izmerjenih površin.

Kolut	Površina mrtvi les[cm ²]		
	CartaLinx	Digimizer	Napaka
11	35,109	35,402	1%
12	26,7916	27,06	1%
13	18,4685	18,471	0%

3.8 UGOTAVLJANJE OBSEGA DISKOLORACIJE V VZDOLŽNI SMERI

Z izjemo kolutov, smo preostale dele debla razžagali tudi vzdolžno radialno (slika 16). V vzdolžni smeri smo izmerili vse kolute in preostale dele debla, na katerih je bilo moč zaslediti diskoloracijo in na ta način pridobili podatke o obsegu diskoloracije v vzdolžni smeri. Tako smo poleg vizualne ocene poškodovanosti pridobili tudi informacije o tem, v kakšnem obsegu se diskoloracija v vzdolžni smeri širi v notranjosti debla.



Slika 16: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); prečno in vzdolžno razžagani sektorji debla.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

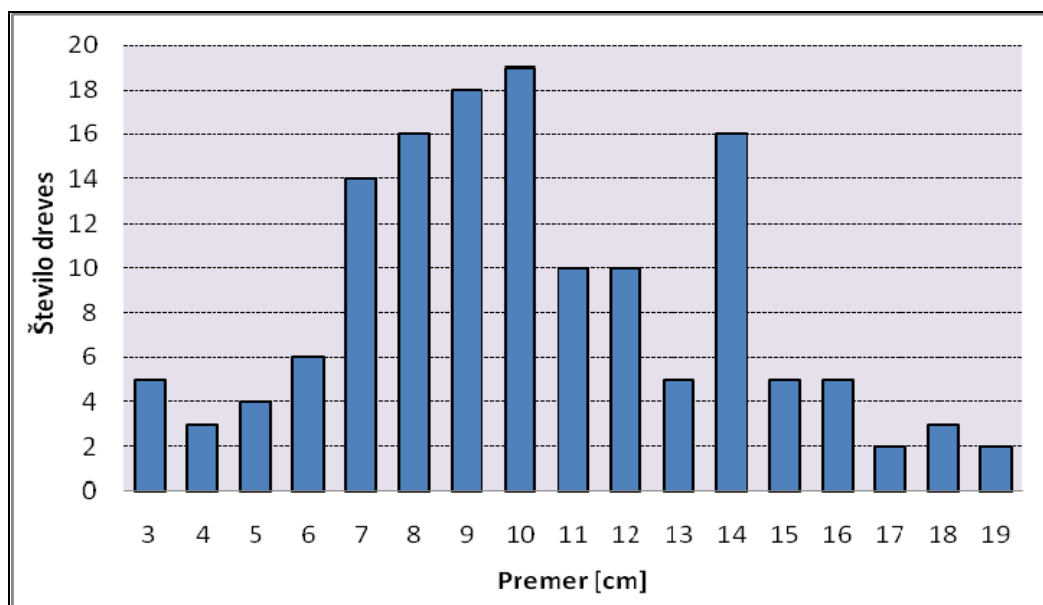
4.1 REZULTATI POPISA STANJA DREVES NA TERENU

Ob Cesti v mestni log raste 143 dreves, od tega sta 2 drevesi že odmrli. 70 dreves raste na severni strani ceste, 73 dreves pa na južni strani ceste.



Slika 17: Prizadeta drevesa navadnega divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.).

Povprečni premer dreves v drevoredu v prsni višini znaša 10 cm. Največji izmerjen premer v prsni višini je znašal 19 cm, najmanjši pa 3 cm. Povprečna višina divjih kostanjev je 4,5 m. Najnižje izmerjeno drevo je bilo visoko 2 m, najvišje drevo pa ne presega višine 10 m. Iz podatkov o premerih in višinah gre jasno razbrati, da gre za mlada drevesa. Biometrične karakteristike posameznega drevesa, zlasti višina in premer, so nujni oporni podatki pri oceni varnosti za okolico.



Slika 18: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov v drevoredu.

4.1.1 Poškodovanost dreves v drevoredu zaradi sončevega ožiga

Preiskava 143 dreves je pokazala, da je poškodovanih 139 dreves (97 % vseh dreves). Pri 4 drevesih v času popisa poškodb nismo zaznali. Povprečna dolžina poškodb je znašala 133 cm, kar v povprečju pomeni 69 % celotne dolžine debla. 98 dreves (69 % vseh dreves) ima poškodbo daljšo kot je $\frac{1}{2}$ dolžine debla, 45 dreves (31 % vseh dreves) pa ima poškodbo krajšo kot znaša $\frac{1}{2}$ dolžine debla.

Zabeležili smo 64 dreves (45 % vseh dreves) z nepreraslo poškodbo. Povprečna dolžina neprerasle poškodbe je znašala 76 cm. Število dreves, na katerih smo opazili trosnjake glive pahljačice (*Schizophyllum commune* Fr.) je 27 (19 % vseh dreves), od katerih ima 26 dreves zabeležen neprerasel tip poškodbe.

Že bežni pogled na oslabljen drevesa priča o njihovem izredno slabem zdravstvenem stanju. Drevesa so hudo poškodovana, saj je na veliki površini debla skorja že popolnoma odmrla, poškodovanost pa ponekod obsega več kot polovico obsega debla, kar otežuje normalno rast in razvoj, saj se tik pod skorjo nahaja glavno prevodno tkivo. Poškodbe nemalokrat segajo od začetka debla pa vse do višine 2 metrov in do prvih vej. Zaradi obsežnosti poškodb je že prišlo do odmiranja lesa od oboda proti notranjosti debla, kar bi

lahko v prihodnosti privedlo do mehanske nestabilnosti dreves, najverjetneje pa do odmrtnosti drevesa. Dober pokazatelj poškodb so tudi številne kolonije glive pahljačice.



Slika 19: Neprerasle poškodbe na deblu navadnega divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.) napovedujejo slabo prihodnost za drevo.

4.2 BIOMETRIČNE KARAKTERISTIKE PREISKOVANIH (POSEKANIH) DREVES

Ker so bila drevesa posekana že pred popisom drevoreda in jih v popisu nismo upoštevali, nekatere biometrične karakteristike posekanih dreves podajamo v tem podpoglavju.

Povprečna masa preiskanih dreves je bila 15,3 kg. Največja zabeležena masa znaša dobrih 25 kg, najmanjša pa točno 9 kg. Povprečna višina sedmih posekanih dreves znaša 370 cm. Največja izmerjena višina je bila 490 cm, najmanjša pa 306 cm.

Premere dreves navajamo po posameznih sektorjih. Ker sektorji pri preiskovanih drevesih ne izhajajo iz enake višine debla, so vrednosti premerov v preglednici informativne (preglednica 2).

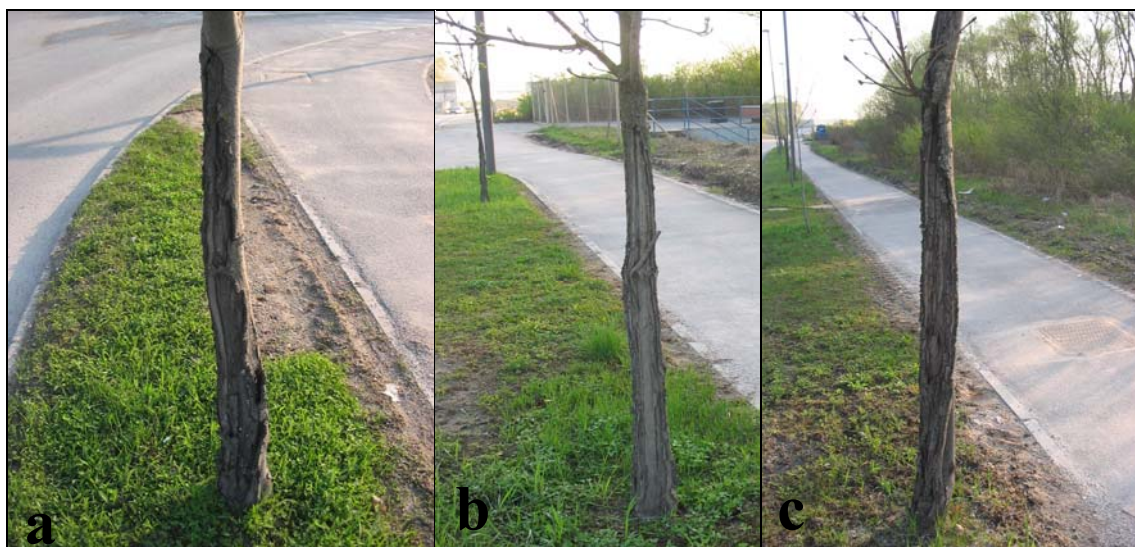
Preglednica 2: Biometrične karakteristike preiskanih dreves.

Številka drevesa	masa [kg]	višina [cm]	premer [cm]	premer [cm]	premer [cm]	premer [cm]	premer [cm]	premer [cm]
			1. sektor	2. sektor	3. sektor	4. sektor	5. sektor	6. sektor
1	19,6	381	11,4	9,5	8,6	6,1	5,7	/
2	9,0	306	8,0	6,6	5,1	4,5	3,5	/
3	11,6	330	12,1	8,4	6,5	5,7	4,7	/
4	14,4	353	11,8	9,2	7,6	6,7	6,2	5,0
5	13,6	352	9,7	8,4	7,4	6,6	6,3	5,5
6	25,1	490	13,8	11,0	9,9	9,3	7,7	5,6
7	13,5	380	10,7	8,3	7,3	4,8	/	/

4.3 MAKROSKOPSKI OPIS POŠKODB

Poškodbe zaradi sončevega ožiga največkrat zasledimo na deblu drevesa. Poškodbe se pojavljajo tudi v krošnji, vendar so manj pogoste in tudi manj obsežne, saj listi s svojo listno površino ščitijo veje pred sončno pripeko. Izjeme so povešave sorte. Poškodbe, nastale na deblu, so morfološko zelo pestre, saj je v večini primerov mogoče na istem deblu opaziti različne stopnje poškodovanosti skorje in lesa.

V naši raziskavi smo opazili 2 tipa poškodbe, ki nastaneta na deblu drevesa. Pri prvem tipu na deblu nastanejo neprerasle rane, ki nemalokrat segajo od tal, pa vse do krošnje oz. prvih vej. Skorja je pri takšni obliki poškodbe odmrla in odpadla, les pa je izpostavljen atmosferskim pogojem in biotskim dejavnikom. Na robovih poškodb se razvije dobro viden obroč poranitvenega lesa, s katerim se prične proces preraščanja poškodbe. Če poranitveni les od robov poškodbe raste preko razkritega lesa proti središču poškodbe, se lahko poškodba preraste. To se zaradi ponavljajočih poškodb zaradi ožiga skorje nikoli ne zgodi. Pri nepreraslih poškodbah je na površini debela mogoče prepoznati več plasti poranitvenega lesa, pri čemer mlajše plasti segajo preko starejših (slika 23).

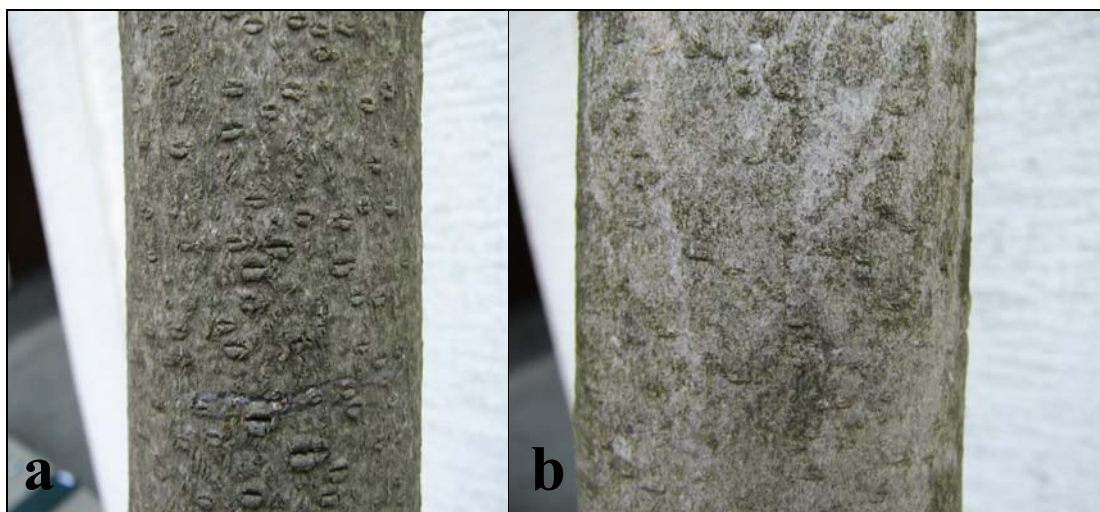


Slika 20: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); drevo št. 1 (a), št. 6 (c) in št. 7 (b). Neprerasle rane na deblu predstavljajo celotno poškodbo.

Takšno obliko poškodbe smo zabeležili pri drevesih št. 1, 6 in 7. Neprerasla rana je izpostavila les atmosferskim vplivom, zaradi česar so se v drevesu pričeli odvijati razkrojni procesi. To potrjujejo tudi številne kolonije gliv razkrojevalk, ki smo jih našli na izpostavljenih delih debla. Zanimivo je, da je izmerjena dolžina diskoloracije lesa v vzdolžni smeri zelo podobna dolžini neprerasle rane oz. dolžini celotne poškodbe (preglednica 3). Pri drevesu št. 1 je ta vrednost odstopala le za 3 cm, pri drevesu št. 7 pa za 6 cm. Pri drevesu št. 6 je bila izmerjena dolžina neprerasle poškodbe 273 cm, dolžina diskoloracije v vzdolžni smeri pa preko 260 cm. Ti podatki nam omogočajo, da lahko že ob kratkem terenskem ogledu poškodovanih dreves ocenimo, kako obsežne so poškodbe v notranjosti debla. Prav te informacije pa so izjemno pomembne pri oceni varnostnega stanja drevesa, saj razkrajajoč les v notranjosti debla izgubi svojo oporno funkcijo in takšno drevo postane nevarno za okolico.

Pri drugem tipu poškodbe zaradi sončevega ožiga pa se neprerasle poškodbe debla pojavljajo v kombinaciji s poškodbo skorje. Skorja je bolj ali manj razpokana. Razpoke skorje na deblu so manj izrazite v bližini krošnje, razpokanost pa se povečuje proti bazi drevesa. Poškodbe skorje zaradi sončevega ožiga je mogoče razdeliti na nekaj značilnih morfoloških tipov, ki najverjetneje predstavljajo tudi razvojne faze poškodbe skorje.

Domnevamo, da se prva faza poškodbe skorje prične v lenticelah. Lenticela je specializiran del periderma, ki omogoča izmenjavo plinov. Lenticele najverjetneje zaradi prekomernega segrevanja nabrekajo in se tangencialno podaljšujejo, kar povzroči, da na skorji pričnejo nastajati majhne razpoke v tangencialni smeri. Nabrekle lenticele in razpoke niso značilne za normalno zgradbo skorje te drevesne vrste, kar potrjujejo tudi naša opažanja. Povečane lenticele in razpoke smo zasledili le na južni oz. jugozahodni (sončni) strani debla, medtem ko takšnih pojavov na nasprotni (senčni) strani debla nismo zasledili (slika 21). Takšne razpoke se največkrat pričnejo pojavljati tik pod začetkom prvih živih vej oz. krošnje.



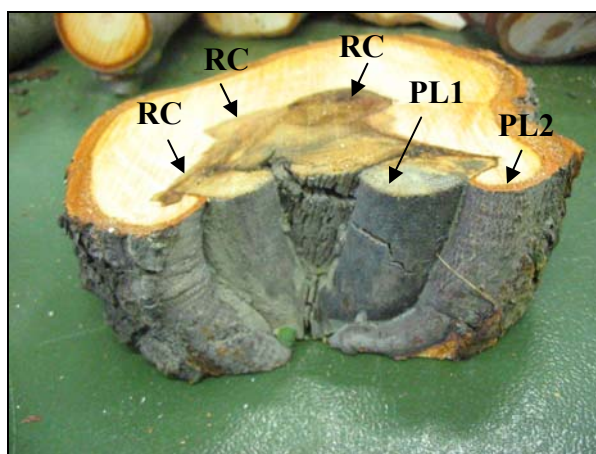
Slika 21: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); a - nabrekle in tangencialno podaljšane lenticele na sončni strani debla so začetni znak prizadetosti dreves s sončevim ožigom. b - tipična zgradba skorje na senčni strani debla ne izkazuje takšnih simptomov.

Razpoke so sprva plitve in kratke, nato pa se poglobijo in povečajo. V drugi fazi začne skorja luskasto odstopati od lesa, vendar ne odpade. Pri tem poleg tangencialnih razpok pričnejo nastajati tudi vzdolžne razpoke. Proti bazi drevesa skorja postaja vse bolj razbrazdana, saj so natezne napetosti na površini skorje zaradi novo nastajajočega lesa vse večje. Poranitveni les lahko rano preraste, ali pa tudi ne. Na posameznih drevesih lahko zasledimo več plasti poranitvenega lesa, kar kaže na možnost večkratnega poškodovanje lesnega tkiva zaradi sončevega ožiga (slika 23).

Tretjo fazo predstavljajo posamezne razpoke, ki segajo do lesa. Razpoke so sprva zelo ozke in usmerjene vzdolžno. Ko odmrejo tudi tkiva med posameznimi razpokami, pride do ekspozicije večjega dela lesa debla, kar predstavlja zadnjo razvojno fazo poškodbe.



Slika 22: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); morfološke spremembe na površini skorje zaradi sončevega ožiga. a – Prva faza poškodovanosti; del debla tik pod krošnjo: povečane in tangencialno podaljšane lenticele prehajajo v tangencialne razpoke; b – Druga faza poškodovanosti; skorja poka tangencialno in vzdolžno; c – Tretja faza poškodovanosti; močno razpokana skorja, ki prične odstopati – pojavljajo se razpoke, ki segajo do lesa; d – Četrta faza poškodovanosti; odprta rana in poranitveni les, ki poskuša prerasti poškodbo.



Slika 23: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.): Prečni prerez debla, ki je poškodovano zaradi sončevega ožiga. Diskoloriran les je od domnevno neprisadetega tkiva ločen z reakcijskimi conami (RC). Vidni sta dve plasti poranitvenega lesa (PL). PL 1 je odmrl, PL 2 pa poskuša prerasti poškodbo. Površina eksponiranega lesa, ki je nastal pred poškodbo in površina ranitvenega lesa sta močno razpokani in predstavljata ugodno okolje za kolonizacijo z glivami.



Slika 24: pogled v notranjost debla pri različnih razvojnih fazah poškodovanja skorje (slika se navezuje na sliko 22). Zunanji izgled poškodbe nakazuje, v kakšen obsegu še širita diskoloracija in razkroj v notranjosti debla.

Takšno obliko poškodovanosti smo zabeležili pri drevesih št. 2, 3, 4 in 5. V nasprotju s skupino dreves, kjer neprerasla rana predstavlja celotno poškodbo, smo pri skupini dreves z drugim tipom poškodbe ugotovili, da dolžina diskoloracije v vzdolžni smeri ne sovпада z dolžino neprerasle rane. Pri drevesu št. 2 znaša dolžina odprte rane 94 cm, diskoloracija v vzdolžni smeri pa meri 137, torej se vrednosti razlikujeta za 43 cm. Pri drevesu št. 3 je ta razlika 20 cm, pri drevesu št. 4 90 cm, pri drevesu št. 5 pa 51 cm. Veliko bolj sta si podobni vrednosti dolžine diskoloracije v vzdolžni smeri in pa dolžine celotne poškodbe. Te vrednosti se razlikujejo za 9, 22, 10 oz. 47 cm.

Preglednica 3: Obseg poškodb in diskoloracij po posameznih drevesih.

Številka drevesa	Poškodbe [cm]		Predel na deblu z	Obseg diskoloracije
	Neprerasla	Celotna	povečanimi lenticelami [cm]	v vzdolžni smeri [cm]
1	134	134	134 - 184	137
2	94	128	128 - 153	137
3	46	88	88 - 131	66
4	34	134	134 - 151	124
5	39	137	137 - 154	90
6	273	273	273 - 309	> 260
7	154	154	/	160

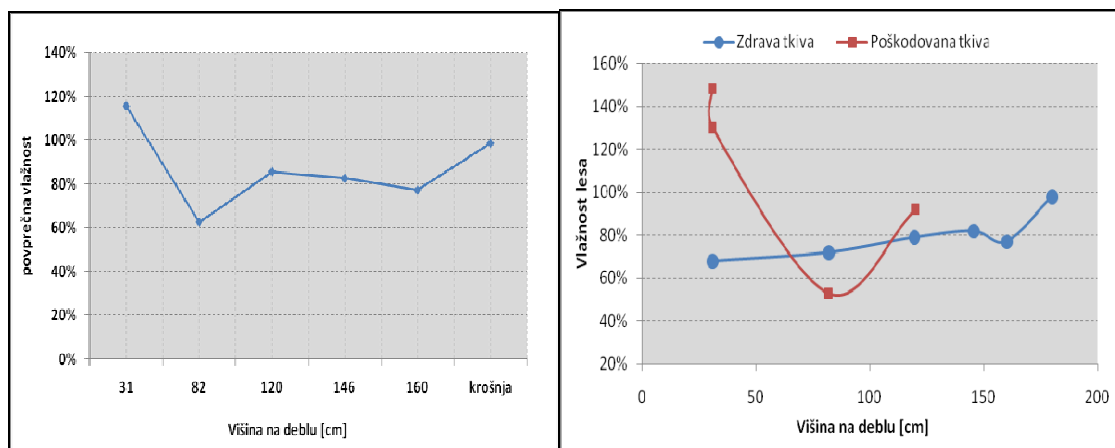
4.4 PORAZDELITEV VLAŽNOSTI LESA V DEBLIH POSEKANIH DIVJIH KOSTANJEV

4.4.1 Višinska (vertikalna) porazdelitev vlažnosti v lesu preiskanih divjih kostanjev

4.4.1.1 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 1

Povprečna vlažnost lesa pri drevesu št. 1 je znašala 87 % (slika 32). Najvišja zabeležena povprečna vlažnost je bila zabeležena pri vzorcu 11, ki je bil odvzet na višini debla 31 cm, merjeno od tal. Ta je znašala 116 %. Nato je povprečna vlažnost padla na 63 %, kar je bila najnižja zabeležena vrednost, nato pa postopoma naraščala do vrednosti 98 % v krošnji (slika 25).

Vlažnost zdravih tkiv z naraščanjem višine enakomerno narašča, medtem ko pri poškodovanih tkivih sprva visoka vlažnost 148 % naglo pade na 53 %, nato pa spet naraste na 92 %. Zelo verjetno se na višini debla med 31 in 82 cm pojavi izrazito izsušena cona poškodovanega lesa (sušina), zato tudi tak padec vlažnosti na tem delu debla. Visoka vlažnost poškodovanega tkiva pri 31 cm je najverjetneje posledica sekundarnega navlaževanja lesnega tkiva, ki je del diskoloracijskega procesa.

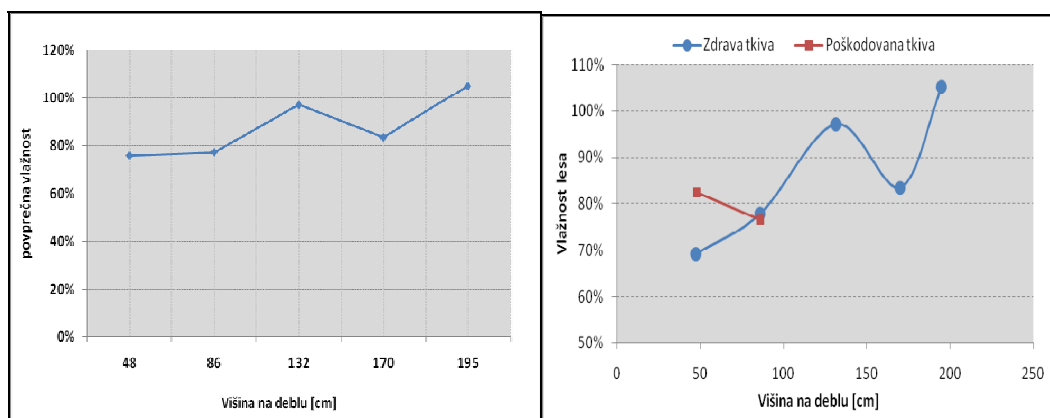


Slika 25: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 1: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

4.4.1.2 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 2

Povprečna vlažnost pri drevesu št. 2 je znašala 88 % (slika 32). Povprečna vlažnost je vseskozi naraščala z višino debla, le na višini 132 - 170 cm smo zabeležili njen padec. Najnižja izmerjena vrednost je bila na višini 48 cm, in sicer 76 %, najvišjo vrednost, pa smo zabeležili na višini 195 cm – 105 % (slika 26).

Pri drevesu št. 2 poškodovana tkiva bistveno ne vplivajo na potek krivulje povprečne vlažnosti, saj smo poškodovana tkiva zaznali le do višine približno 130 cm. Poškodovana tkiva so imela v tem primeru nižjo vlažnost (77 – 82 %), kot je znašala povprečna vlažnost drevesa, kar lahko nakazuje prekomerno izsuševanje lesnega tkiva kot posledica poškodovanosti.

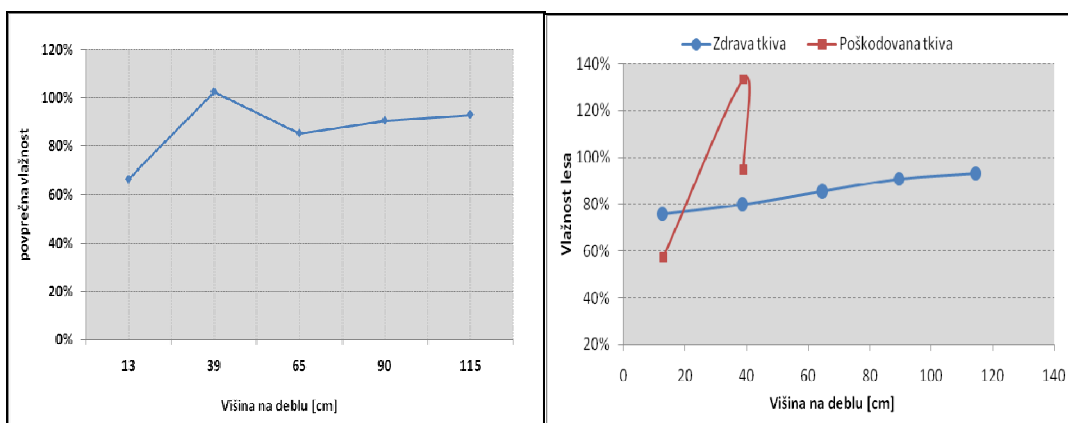


Slika 26: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 2: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

4.4.1.3 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 3

Povprečna vlažnost pri drevesu št. 3 je znašala 88 % (slika 32). Najnižjo vrednost povprečne vlažnosti smo zabeležili na višini 13 cm – 67 %. Nato je vlažnost takoj narasla in dosegla najvišjo vrednost pri višini 39 cm – 103 %. Takoj za tem je bil na višini 65 cm zabeležen še en padec vlažnosti na 85 % in nato rahlo povečanje vlažnosti na 115 cm višine na 93 % (slika 27).

Vlažnost zdravih tkiv je enakomerno naraščala z višino. Pri poškodovanih tkivih smo na relativno kratkem odseku zabeležili dva ekstrema. Na višini 13 cm je bila vlažnost poškodovanih tkiv le 58 %, nato pa je vlažnost na samo 26 cm višine narasla na 133 %.

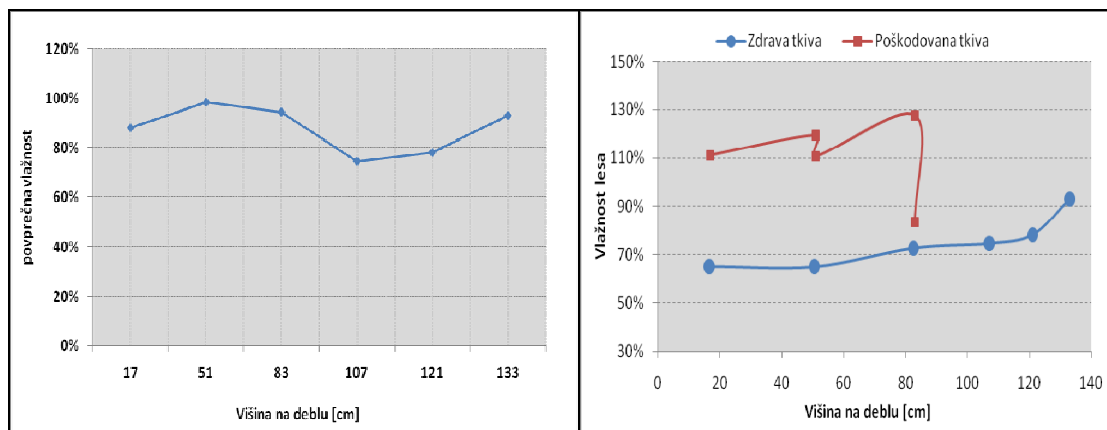


Slika 27: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 3: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

4.4.1.4 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 4

Povprečna vlažnost pri drevesu št. 4 znaša 88 % (slika 32). Povprečna vlažnost na višini 17 cm znaša 88 %, nato pa naraste do najvišje zabeležene vrednosti 98 % na višini 51 cm. Nato sledi padec povprečne vlažnosti, ki doseže minimum 75 % na višini 107 cm. Zadnja zabeležena vrednost na višini 133 cm znaša 93 % (slika 28).

Vlažnost zdravih tkiv narašča z višino. Pri poškodovanih tkivih smo zabeležili vrednosti, ki presegajo povprečno vlažnost. Vlažnost poškodovanih tkiv se giblje med 110 in 130 % in rahlo narašča do višine 83 cm, kjer nato pade na 83 %.

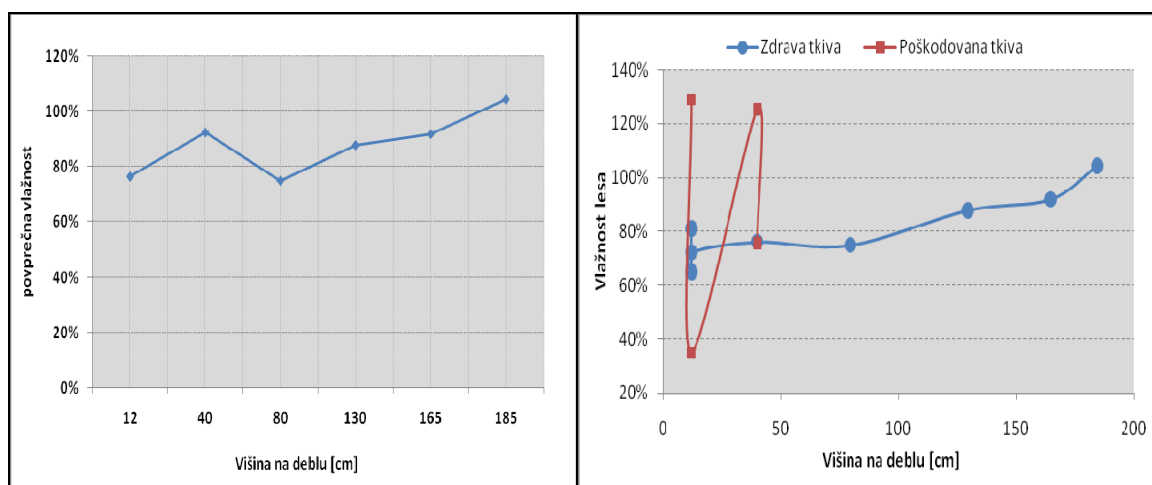


Slika 28: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 4: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

4.4.1.5 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 5

Povprečna vlažnost pri drevesu št. 5 znaša 88 % (slika 32). Pri drevesu št. 5 se kaže naraščajoči trend povprečne vlažnosti. Edini zabeležen padec vrednosti je na višini 40 – 80 cm, ko povprečna vlažnost doseže minimalno vrednost 75 %. Nato vrednost narašča in doseže maksimalno vrednost 104 % na višini 185 cm (slika 29).

Pri drevesu št. 5 smo opazili pojav, ko se vlažnost poškodovanih tkiv na enaki višini debla močno razlikuje. Vlažnost tkiva je odvisna predvsem od tega, ali se tkivo nahaja na izpostavljenem delu ali v notranjosti debla, pa tudi od prisotnosti sekundarnih sprememb. Vlažnost zdravih tkiv podobno kot pri ostalih drevesih z višino narašča.

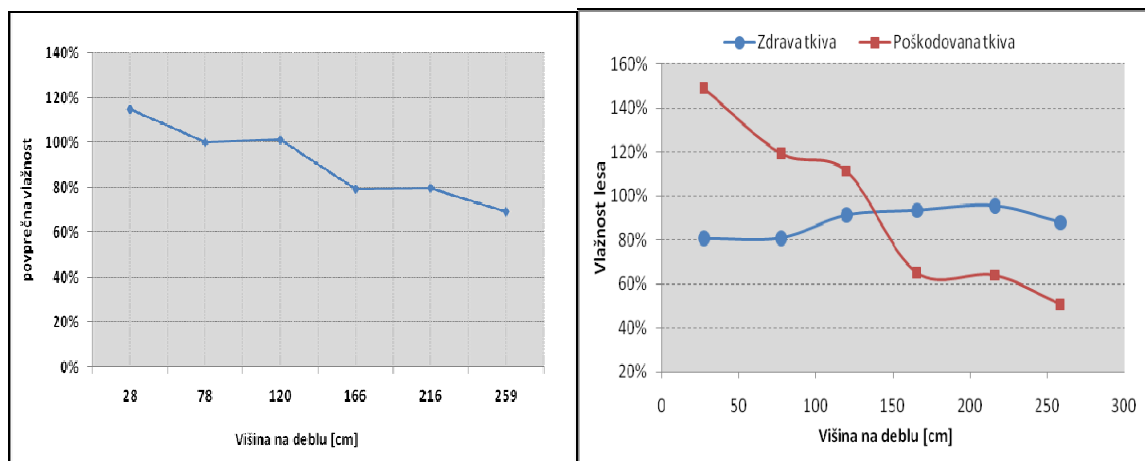


Slika 29: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 5: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

4.4.1.6 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 6

Pri drevesu št. 6 smo zabeležili najvišjo povprečno vlažnost izmed vseh dreves, in sicer 91 % (slika 32). Za razliko od ostalih dreves, kjer je povprečna vlažnost v določenem momentu pričela naraščati in naraščala tudi v prehodu v krošnjo, smo pri drevesu št. 6 zabeležili izrazito padajoč trend povprečne vlažnosti. Najvišjo vrednost smo zabeležili pri 28 cm višine – 115 %, nato pa je vrednost vseskozi padala in na višini 259 cm dosegla najnižjo izmerjeno vrednost 69 % (slika 30).

Če je bila pri ostalih drevesih krivulja povprečne vlažnosti zelo podobna krivulji vlažnosti zdravih tkiv, je pri drevesu št. 6 ravno obratno in krivulja povprečne vlažnosti sovпада s krivuljo vlažnosti poškodovanih tkiv. Medtem ko vlažnost zdravih tkiv z višino rahlo narašča, vlažnost poškodovanih tkiv z višino očitno pada. Sprva vlažnost poškodovanih tkiv presega 110 %, nato pa na višini med 120 in 160 cm vlažnost pade na 65 % in doseže minimum 51 % pri višini 259 cm. Pri drevesu št. 6 smo zabeležili poškodbe zaradi sončevega ožiga tudi v krošnji, kar bi lahko povzročilo izsuševanje tkiv na tem predelu.



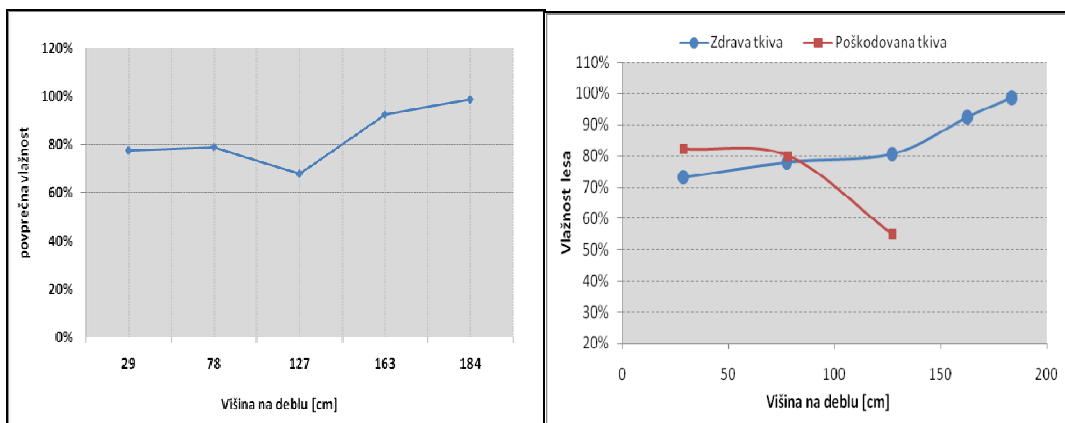
Slika 30: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 6: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

4.4.1.7 Vlažnost lesa pri navadnem divjem kostanju št. 7

Povprečna vlažnost pri drevesu št. 7 je bila najnižja izmed vseh dreves – 83 % (slika 32). Vrednost povprečne vlažnosti je bila dokaj konstantna do višine 78 cm, ko je pričela padati

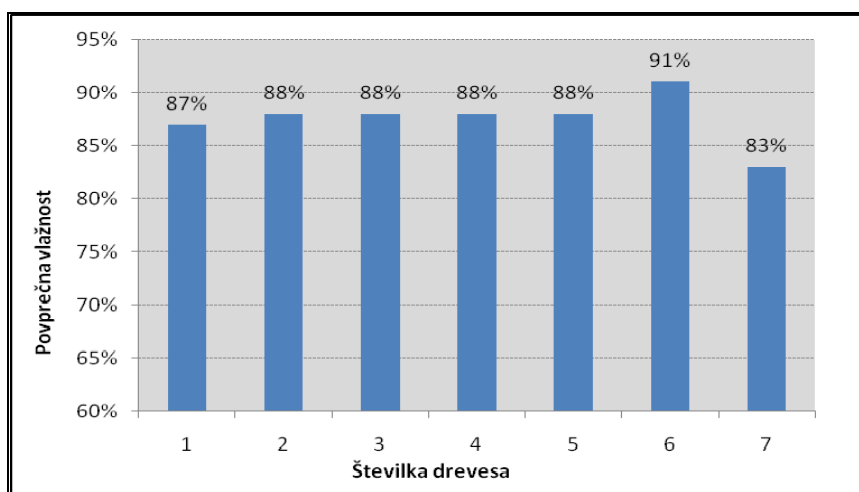
in dosegla najnižjo vrednost pri 127 cm – 68 %. Nato je povprečna vlažnost postopoma naraščala in na višini 184 dosegla najvišjo vrednost 99 % (slika 31).

Vlažnost zdravih tkiv z višino narašča. Poškodovana tkiva imajo nižjo vlažnost (55 - 82 %) od povprečne vlažnosti. Vlažnost poškodovanih tkiv z višino pada.



Slika 31: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 7: višinska porazdelitev povprečne vlažnosti lesa ter vlažnost zdravih in poškodovanih ksilemskih tkiv.

Preiskava višinske porazdelitve povprečne vlažnosti lesnih tkiv je pokazala, da vlažnost zdravih tkiv narašča z višino debla. Za difuzno porozne vrste, med katere uvrščamo tudi divji kostanj, je značilno, da sposobnost prevajanja vode, in s tem tudi vlažnost tkiva, postopno upada od periferije proti notranjosti debla. Torej vodo prevajajo predvsem mlajša ksilemska tkiva. Ker se delež mladih tkiv z višino drevesa povečuje, se s tem povečuje tudi delež tkiv, ki prevajajo vodo in zato tudi vlažnost tkiv z višino narašča.



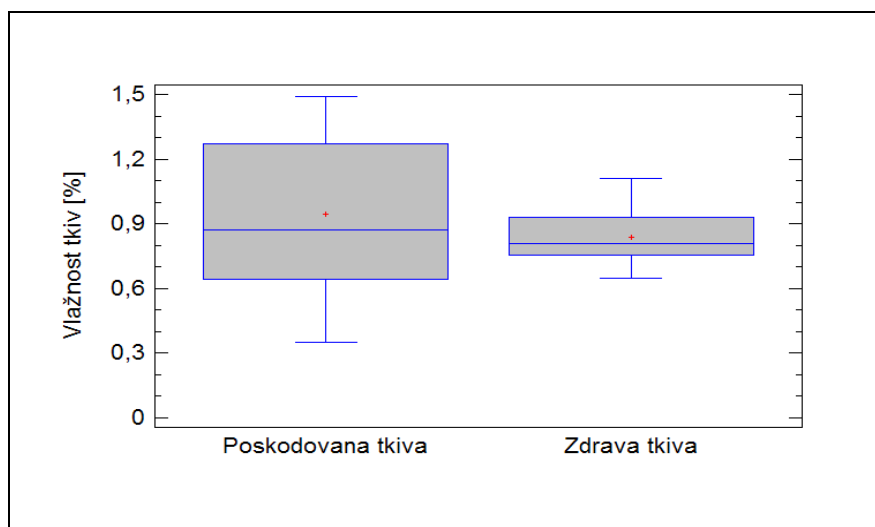
Slika 32: Povprečna vlažnost lesa v preiskanih drevesih.

4.4.2 Vlažnosti zdravih in poškodovanih tkiv

Vlažnost zdravih in poškodovanih tkiv (priloga C) smo ugotavljali po posameznih vzorcih. Vzorci so bili na podlagi njihove vitalnosti razdeljeni na več delov. Kot smo že omenili, je vzorec dobil oznako »a« na delu, ki je bil najbolj oddaljen od poškodbe, nato pa so si oznake sledile sistematično v smeri poškodbe. Najbolj vitalni deli vzorca so bili na nasprotni stani poškodbe in takšna tkiva so dobila oznako »zdrava tkiva« oz. »1«. Na teh tkivih ni bilo zaslediti nikakršnih vidnih sekundarnih sprememb, les je imel tipično svetlo, rumenkasto belo do rahlo rdečkasto rjavo barvo.

Poškodovana tkiva so dobila oznako »2« in so se že na videz razlikovala od zdravih tkiv. Pri poškodovanih tkivih je bilo moč zaznati rdečkasto rjavo diskoloracijo. Skorja na izpostavljenih delih je odpadla in razkrila lesno tkivo, ki je potemnelo in se vidno izsušilo. Vidne so bile tudi številne temno obarvane reakcijske cone.

Povprečna vlažnost zdravih tkiv je znašala 84 %. Minimalna vlažnost zdravih tkiv je znašala 65 %, maksimalna pa 111 %. Minimalno vrednost smo zabeležili v spodnjem delu debla, medtem ko smo maksimalno vrednost zabeležili v krošnji. Za razliko od zdravih tkiv, je bila variabilnost pri poškodovanih tkivih izjemno visoka (slika 33). Povprečna vlažnost poškodovanih tkiv je znašala 95 %, minimalno vrednost smo zabeležili pri 35 %, maksimalna vlažnost pa je znašala 149 %. Velik razpon vlažnosti poškodovanih tkiv je predvsem posledica različnih razvojnih faz diskoloracije. Na prečnem prerezu debla je mogoče opaziti spremenjena tkiva, ki imajo bodisi povišano ali pa znižano vlažnost. Razvidno je, da se diskoloracija in razkroj širita iz stržena proti periferiji, kjer jih od zdrave beljave loči reakcijska cona. Naše meritve kažejo, da ima zdrava beljava povprečno vlažnost, nato pa vlažnost na območju reakcijske cone naraste, v razkrojenem lesu, ki sledi, pa vlažnost močno upade.



Slika 33: Vlažnost zdravega in poškodovanega lesa ter standardni odklon pri preiskanih navadnih divjih kostanjih (*Aesculus hippocastanum* L.).

4.5 OBSEG DISKOLORACIJE NA PREČNEM PREREZU DEBLA

Obseg diskoloracije na prečnem prerezu debla smo merili s pomočjo računalniške aplikacije za analizo slike. Diskoloracija je bila jasno vidna in se je barvno ločila od zdravega lesa. Da bi lahko potrdili, da so neobarvana tkiva dejansko še živa, smo izvedli test z jodovico. Naši rezultati kažejo, da so samo diskolorirana tkiva odmrła, saj reakcija s škrobom v diskoloriranih tkivih ni potekla. Svetel del lesa izkazuje pozitivno reakcijo z jodovico, kar dokazuje, da so parenhimske celice v tem delu lesa še vedno fiziološko aktivne (slika 34).



Slika 34: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.): test z jodovico – mrtve parenhimske celice v diskoloriranih tkivih niso reagirale z jodovico in se zato niso obarvale.

Prekomerno segrevanje skorje in posredno tudi vaskularnega kambija povzroči, da le ta odmre. Skorja, ki prekriva poškodovani del sprva ne odpade. V notranjosti debla pride kot posledica poškodbe do pretrganja vodnih stolpcev v ksilemu. Mehurčki zraka skozi piknje vdrejo v ksilemske elemente, v katerih je voda pod tenzijo, kar povzroči prekinitev kohezije vodnih molekul (kavitacijo) in umik vode v obe smeri. Tak ksilemski element postane nefunkcionalen. Rezultat kavitacije je izsuševanje lesa. Lokalni nastanek til in gumoznih depozitov, ki blokirajo prevodne elemente in jih s tem zaščitijo pred dodatnim izsuševanjem in vdorom patogenih organizmov, je predvsem travmatskega značaja in je prva komponenta kompartmentalizacijskega procesa. Takšne okluzije v aksialnih elementih bi lahko interpretirali kot steno 1 modelnega koncepta CODIT, ki poskuša pojasniti proces omejitve razkroja v drevesu.

Kljub vsem zaščitnim mehanizmom, vdor kisika na območju poškodbe sproži oksidacijske procese, kar ima za posledico razvoj rjavkasto – rdeče obarvane diskoloracije. Tako spremenjen les ima najverjetneje zaščitno funkcijo, zato se je zanj uveljavil izraz zaščitni les (Oven, 2001).

Slej ko prej poškodovani zaščitni les in beljavo kolonizirajo pionirski patogeni organizmi, ki razgradijo zaščitne fenolne komponente in sčasoma pričnejo razgrajevati les.

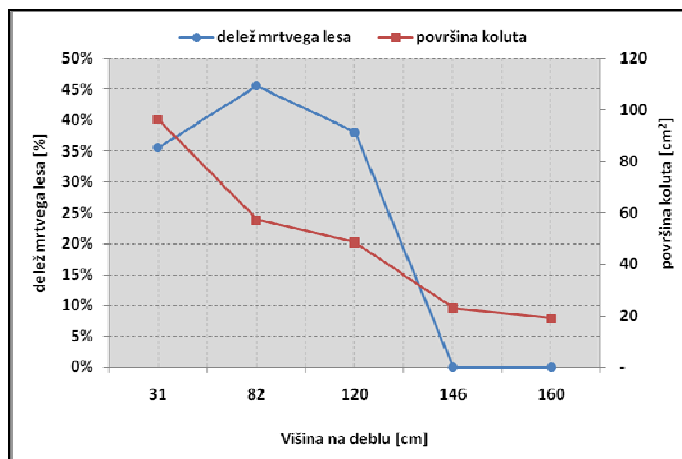
Na meji med nepoškodovano beljavo in diskoloriranim lesom se na prečnem prerezu pojavi, tudi s prostim očesom dobro vidna, več milimetrov temno obarvano cona, ki se jasno loči od diskoloriranega lesa. Takšen pas, z raznimi depoziti zapolnjenih celic, imenujemo reakcijska cona (Merela in sod., 2005). Reakcijske cone se ves čas pojavljajo na mestu interakcije živih celic lesa in patogenega organizma. Kadar okužba napreduje v zdravo beljavo, se v območju interakcij z njo dinamično pomikajo tudi reakcijske cone.



Slika 35: Kolot navadnega divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.); najmlajša reakcijska cona razmejuje zdravo beljavo in diskoloriran les.

4.5.1 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 1

Povprečni delež mrtvega lesa pri drevesu št. 1 znaša 29 %. Delež mrtvega lesa sprva narašča in doseže maksimalno vrednost 46 % pri 82 cm višine debla. Nato delež mrtvega lesa hitro upada in doseže vrednost 0 % pri višini 146 cm.

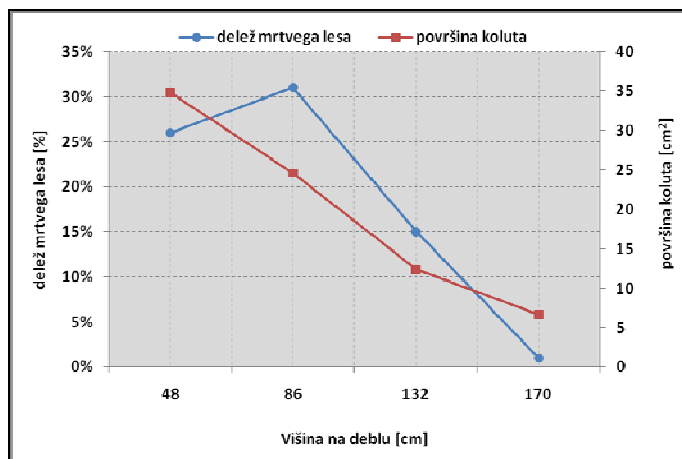


Slika 36: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 1: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

4.5.2 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 2

Povprečni delež mrtvega lesa pri drevesu št. 2 znaša 22 %. Tako kot pri drevesu št. 1 tudi pri drevesu št. 2 delež mrtvega lesa sprva narašča. Najvišja zabeležena vrednost znaša 31

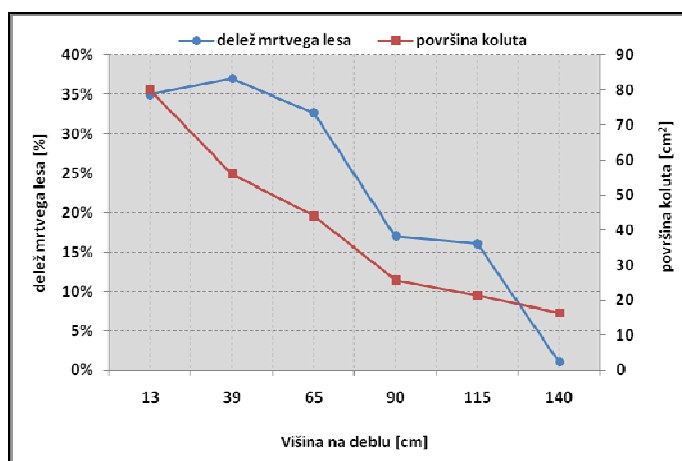
%, nato pa delež mrtvega lesa upada in pri višini 170 cm doseže najnižjo izmerjeno vrednost 1 %.



Slika 37: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 2: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

4.5.3 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 3

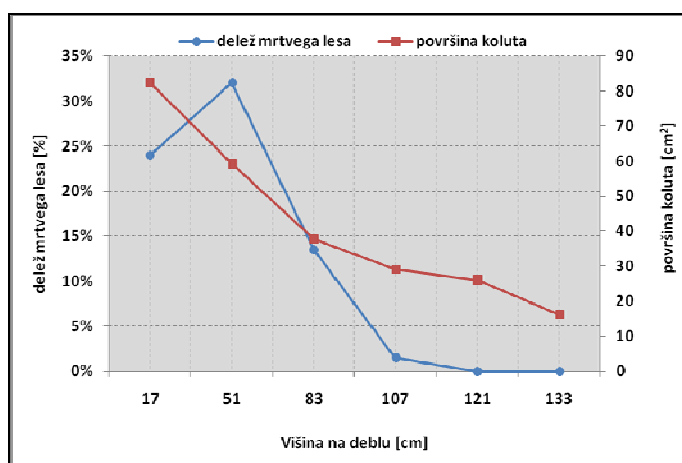
Povprečni delež mrtvega lesa pri drevesu št. 3 znaša 27 %. Delež mrtvega lesa sprva rahlo naraste in na višini 39 cm doseže najvišjo izmerjeno vrednost 37 %. Nato prične delež mrtvega lesa padati in na višini 115 cm znaša 16 %, na višini 140 cm pa le še 1 %.



Slika 38: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 3: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

4.5.4 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 4

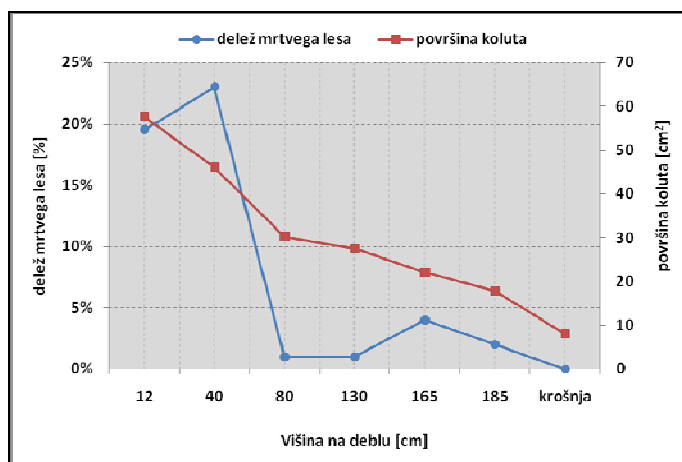
Povprečni delež mrtvega lesa pri drevesu št. 4 znaša 13 %. Najvišji delež mrtvega lesa je bilo za zaznati v spodnjih sektorjih drevesnega debla – in sicer na višini 17 – 83 cm. Najvišja zabeležena vrednost je bila 32 % na višini 51 cm. Na višini 107 cm delež mrtvega lesa znaša samo še 2 %, nato pa upade na 0 %.



Slika 39: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 4: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

4.5.5 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 5

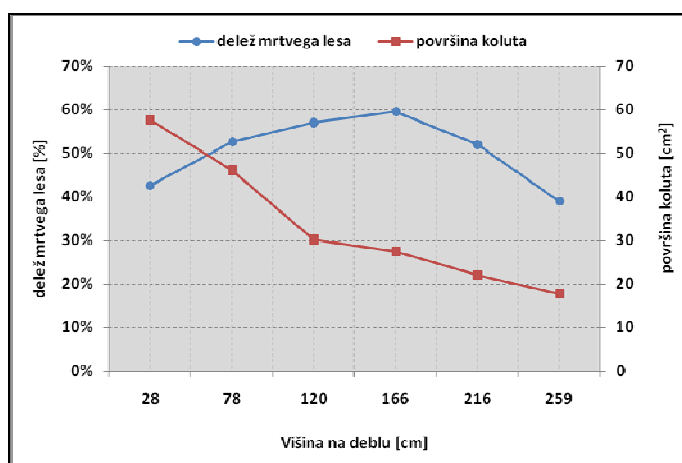
Povprečni delež mrtvega lesa pri drevesu št. 5 znaša 8 %, kar je bila najnižja zabeležena vrednost med vsemi drevesi. Delež mrtvega lesa znaša pri 12 cm višine 20 %, na 40 cm višine 23 %, nato pa delež sunkovito upade in do začetka krošnje ne preseže več vrednosti 4 %.



Slika 40: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 5: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

4.5.6 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 6

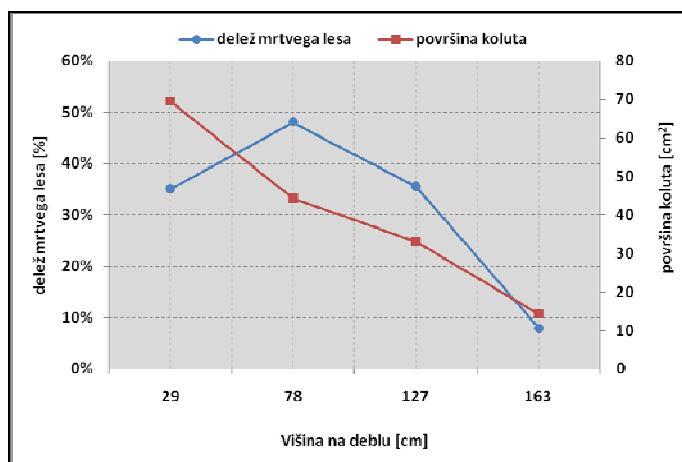
Povprečni delež mrtvega lesa pri drevesu št. 6 znaša 50 %, kar je bila najvišja zabeležena vrednost med vsemi drevesi (slika 43). Pri 28 cm višine znaša delež mrtvega lesa 43 %, nato pa delež narašča in pri višini 166 cm doseže maksimalno vrednost 60 %. Pri zadnji zabeleženi meritvi na višini 259 cm je delež mrtvega lesa znašal še krepkih 39 %.



Slika 41: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 6: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

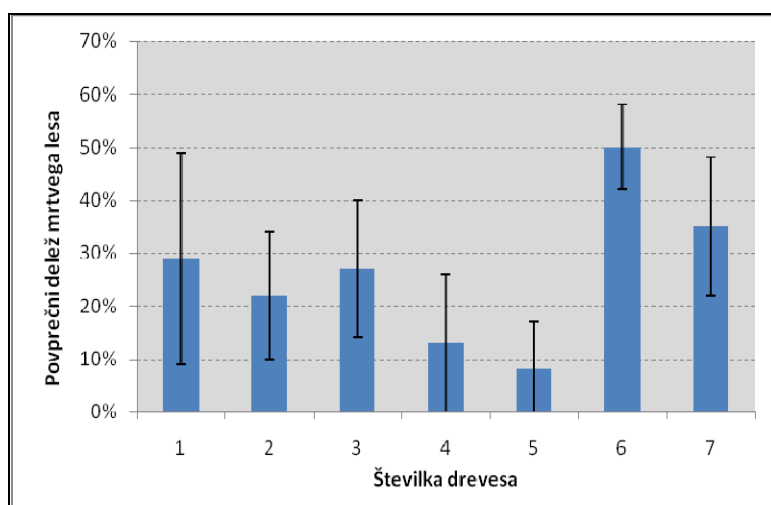
4.5.7 Deleži mrtvega lesa pri navadnem divjem kostanju št. 7

Povprečni delež mrtvega lesa je pri drevesu št. 7 znašal 35 %, kar je druga najvišja zabeležena vrednost izmed vseh dreves (slika 43). Delež mrtvega lesa je najvišji na višini debla med 29 in 127 cm. Maksimalno vrednost doseže pri višini debla 78 cm. Delež nato upade in doseže najnižjo izmerjeno vrednost 8% pri višini 163 cm.



Slika 42: Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) št. 7: delež mrtvega lesa in skupna površina koluta.

Najvišje zabeležene vrednosti mrtvega lesa so bile izmerjene pri navadnem divjem kostanju št. 1, 5 in 6. Zanimivo je, da smo prav ta drevesa uvrstili v razred dreves z nepreraslim tipom poškodbe. Torej lahko zaključimo, da imajo najvišje zabeležene vrednosti mrtvega lesa prav divji kostanji, ki imajo neprerasel tip poškodbe. V preiskanem drevoredu je bilo takšnih dreves 45 % vseh dreves. Tako poškodovana drevesa zagotovo nimajo možnosti za preživetje, vendar kljub vsemu še vedno funkcionirajo. Večina drevesnih vrst ima mnogo več prevodnih tkiv, kot bi bilo to sicer potrebno za njihovo preživetje (Kozłowski in Kramer, 1991). Morebitna poškodovanja perifernih tkiv lahko povzročijo precejšnje zmanjšanje deleža prevodnih tkiv na prečnem preseku debla, vendar prav »zaloga«
perifernih tkiv drevesu omogoča normalno življenje po poškodovanju. Koliko časa bodo drevesa še funkcionirala je težko napovedati, vendar nekaj je zagotovo jasno – drevesa bodo odmrla.



Slika 43: Povprečni delež mrtvega lesa ter njegov standardni odklon za posamezno drevo.

4.6 PRIPOROČILA ZA ZAŠČITO DREVES PRED SONČEVIM OŽIGOM

Poškodbam zaradi sončevega ožiga se je mogoče uspešno izogniti. Predvsem je pomembna izbira primernih drevesnih vrst, katere so bolj tolerantne do visokih temperatur. Kakovostni in odporni sadilni material je potrebno zagotoviti s primerno vzgojo mladih sadik v drevesnicah. Sadnja dreves mora biti izvedena kvalitetno, brez večjih poškodb debla in koreninskega sistema, saj si takšna drevesa po sadnji hitreje opomorejo in so bolj

odporna proti škodljivim dejavnikom. Po sadnji je potrebno mlada debla dreves s tanko in gladko skorjo tudi fizično zaščititi. Zagovarjamo uporabo naravnih zaščitnih materialov kot so juta, papir in trstičje. Deblo ohlapno ovijemo v enem sloju tako, da zaščita sega približno 30 cm pod krošnjo. Zaradi debelinske rasti drevesa se bo zaščita, zlasti juta v drugem letu praviloma raztrgala in odpadla. Poleg fizičnih zaščitnih sredstev se uporablja tudi številne premaze. Stara receptura za zaščito skorje pred pokanjem pravi: 2 kg žganega apna zmešamo z 10 litri vode in s tem premažemo debla dreves.

5 SKLEPI

V drevoredu smo preiskali 143 dreves. Pri 139 drevesih (97 % vseh dreves) smo zaznali poškodbe, ki jih najverjetneje povzroča sončev ožig. Povprečna dolžina poškodbe je znašala kar 69 % celotne dolžine debla, kar nakazuje na obsežnost poškodovanja in resnost problema. Ker so poškodbe prisotne pretežno na južni oz. jugozahodni strani debla, je zelo verjetno, da so poškodbe posledica sončevega ožiga.

Raziskava je pokazala, da se pri tovrstni poškodovanosti drevja pojavljata dva tipa poškodbe na deblu. Pri prvem tipu poškodbe lahko na deblu zasledimo neprerasle rane. Skorja na tem delu debla odpade, les pa je izpostavljen atmosferskim vplivom zaradi česar se v drevesu pričnejo odvijati razkrojni procesi. To nam potrjujejo številne kolonije gliv razkrojevalk na izpostavljenem delu debla. Pri drugem tipu poškodbe pa se neprerasle rane pojavljajo v kombinaciji s poškodbami skorje. Poškodbe skorje zaradi sončevega ožiga je mogoče razdeliti na nekaj značilnih morfoloških tipov, ki najverjetneje predstavljajo tudi razvojne faze poškodbe skorje.

Prva faza poškodbe skorje se najverjetneje prične v lenticelah. Lenticele nabrekajo in se tangencialno podaljšujejo, kar povzroči, da v skorji nastanejo majhne razpoke. V drugi fazi začne skorja luskasto odstopati od lesa, vendar ne odpade. Pri tem poleg tangencialnih razpok pričnejo nastajati tudi vzdolžne razpoke. Tretjo fazo predstavljajo posamezne razpoke, ki segajo do lesa. Razpoke so sprva zelo ozke in usmerjene vzdolžno. Ko odmrejo

tudi tkiva med posameznimi razpokami, pride do ekspozicije večjega dela lesa debla, kar predstavlja zadnjo razvojno fazo poškodbe.

Drevesa se specifično odzovejo na poškodbe. Na vzdolžnih in prečnih prerezih debel lahko opazimo obsežne pojave diskoloracije, katere bolj ali manj uspešno omejujejo reakcijske in barierne cone. V deblu drevesa se zaradi diskoloracijskih in razkrojnih procesov spremenijo vlažnostne razmere, delež odmrlega lesa pa občutno naraste.

Vrednosti povprečne vlažnosti lesa v drevesu so znašale od 83 % do 91 %. Vlažnost zdravih tkiv narašča z višino debla, medtem ko vlažnost poškodovanih tkiv z višino drevesa izjemno variira in je odvisna predvsem od razvojnega stadija poškodbe.

Tudi radialna porazdelitev vlažnosti je pokazala izjemno variabilnost med poškodovanimi tkivi. Na območju diskoloracije smo zasledili zelo različne vrednosti vlažnosti, ki bodisi pozitivno ali pa negativno odstopajo od povprečne vlažnosti lesa. Najvišjo vlažnost smo zabeležili na območju reakcijskih con, najnižjo vlažnost pa takoj za reakcijskimi conami v smeri od stržena proti periferiji.

Test z jodovico je pokazal, da so diskolorirana tkiva dejansko odmrła, saj reakcija s škrobom ni potekla. S testom smo tudi dokazali prisotnost živih parenhimskih celic v neobarvanih tkivih, kar dokazuje, da te celice še vedno opravljajo svojo funkcijo prevajanja in skladiščenja hrane. Žive parenhimske celice v neobarvanih tkivih so dokaz, da so poškodbe učinkovito kompartmentirane in da se okužba ne širi v zdrava tkiva.

Povprečni delež mrtvega lesa v deblu z višino upada. Drevesa so bila najbolj poškodovana v spodnjem delu debla, zato smo na teh mestih zabeležili največ mrtvega lesa. Največji delež mrtvega lesa smo izmerili pri navadnih divjih kostanjih z nepreraslim tipom poškodbe in so znašali 29 %, 50 % in 35 % prečnega prereza debla.

Obseg diskoloracije smo merili tudi v vzdolžni smeri. Podatki kažejo, da je izmerjena dolžina diskoloracije v vzdolžni smeri zelo podobna dolžini neprerasle rane (divji kostanj št. 1, 6 in 7) oz. dolžini celotne poškodbe (divji kostanj št. 2, 3, 4 in 5).

6 POVZETEK

Drevesa v mestnem okolju rastejo v izrazito neugodnih razmerah. Nenehno so izpostavljena številnim dejavnikom žive in nežive narave, ki škodljivo vplivajo na njihovo rast in razvoj ter s tem zmanjšujejo njihove preživetvene zmožnosti. Eden izmed dejavnikov, ki negativno vplivajo na vitalnost urbanega drevja je tudi prekomerna sončna pripeka, katera na drevnini povzroča sončev ožig.

Raziskavo smo opravili na območju Mestnega loga v Mestni občini Ljubljana, kjer smo zasledili množičen pojav tovrstnih poškodovalj. V prvem delu naloge smo popisali vsa drevesa na raziskovalnem območju in jih temeljito preiskali in izmerili. Merili smo dolžino poškodbe na deblu, ugotovili njen tip, položaj na deblu ter beležili morebitno prisotnost trosnjakov gliv razkrojevalk.

V drugem delu naloge smo posekali 7 izbranih dreves ter jih podrobno preiskali. Vsako drevo oz. deblo smo razrezali na posamezne sektorje. Iz vsakega sektorja smo izžagali kolute iz katerih smo pridobili posamezne vzorce za nadaljnje raziskave. Vlažnost lesa smo določili gravimetrično. Vitalnost parenhimskih celic smo dokazovali z jodovico, katera ob pozitivni reakciji škrob obarva temno modro. Na istih vzorcih smo nato s pomočjo sistema za analizo slike izvedli meritve deleža živih oz. mrtvih tkiv. Preostali lesni material smo razžagali tudi vzdolžno radialno in v notranjosti debla izmerili obseg diskoloracije v vzdolžni smeri.

Rezultati popisa so pokazali izjemno slabo zdravstveno stanje dreves. V drevoredu raste 143 dreves, pri 97 % dreves pa smo zasledili poškodbe zaradi sončevega ožiga. Poškodbe se nahajajo na južni oz. jugozahodni strani debla in v povprečju predstavljale kar 69 % celotne dolžine debel. Skorja je na veliki površine debla že popolnoma odmrta, prisotne so številne kolonije glive pahljačice.

Zasledili smo dve tipični obliki poškodbe debla. Pri prvem tipu poškodbe na deblu nastanejo neprerasle rane, zaradi česar je les izpostavljen atmosferskim in biotskim dejavnikom, zaradi česar se v drevesu pričnejo odvijati razkrojni procesi. Pri drugem tipu poškodb pa se neprerasle rane pojavljajo v kombinaciji s poškodbami skorje. Poškodbe skorje zaradi sončevega ožiga je mogoče razdeliti nekaj značilnih morfoloških tipov, ki

najverjetneje tudi predstavljajo različne razvojne faze poškodbe skorje. Poškodbe se pričnejo v lenticelah, kar predstavlja prvo razvojno fazo. Lenticele nabrekajo in se tangencialno podaljšujejo, zaradi česar na skorji nastanejo drobne razpoke. V naslednji fazi začne skorja odstopati od lesa, pri tem pa poleg tangencialnih razpok na skorji pričnejo nastajati tudi vzdolžne razpoke. Tretjo fazo predstavljajo razpoke, ki segajo do lesa, pri čemer posamezni deli skorje odpadajo od lesa in takšna poškodba že prehaja v četrto fazo poškodbe skorje, katero predstavlja neprerasla rana.

Meritve vlažnosti lesa so pokazale, da je povprečna vlažnost zdravih tkiv 84 %, vlažnost zdravih tkiv pa z višino narašča, kar je posledica fiziološke funkcije lesa v drevesu. Za vlažnost poškodovanih tkiv je značilna izjemno visoka variabilnost vlažnosti lesa, kar je posledica številnih sekundarnih sprememb v razkrajajočem se tkivu. Razkroj se širi iz smeri stržena proti periferiji, kjer pa ga bolj ali manj uspešno omejujejo temno obarvane reakcijske cone. Naše meritve kažejo, da imajo tkiva na območju reakcijskih con povišano vlažnost, tkiva takoj za njimi pa imajo nižjo vlažnost v primerjavi z zdravimi tkivi.

Test z jodovico je pokazal, da so samo diskolorirana tkiva dejansko odmrla, saj reakcija s škrobom v diskoloriranih tkivih ni potekla. Svetel les izkazuje pozitivno reakcijo z jodovico, kar dokazuje, da so parenhimske celice v tem delu lesa še vedno fiziološko aktivne.

Delež mrtvega lesa pri preiskanih drevesih je znašal od 8 % do 50 %. Največje deleže mrtvega lesa smo izmerili pri drevesih, katera so imela prisotno obsežno nepreraslo poškodbo na deblu. Delež mrtvega lesa je z naraščajočo višino debla upadel, saj so bile poškodbe zaradi sončevega ožiga najbolj obsežne predvsem na spodnjem delu debla.

Poškodbe zaradi sončevega ožiga je možno tudi preprečiti oziroma omejiti. Najbolj primerne za zaščito debla so juta, papir in trstičje.

7 VIRI

- Batič F. 2007. Izbor rastlin za javne nasade na osnovi njihovih morfoloških in ekofizioloških lastnosti. V: Rastline v urbanem okolju, Ljubljana: zbornik izvlečkov, Oddelek za krajinsko arhitekturo: 5 – 8
- Brus R. 1994. Navadni divji kostanj. *Gea*, 4, 6: 54 – 55
- Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Bukovnik U. 2005. Stres in rastline. *Vrtnar*, 14, 5: 36
- Butin H. 1995. Tree diseases and disorders. Oxford, Oxford university press: 252 str.
- Celar F. 2000. Listna sušica divjega kostanja. V: Posvetovanje o varstvu divjega kostanja in platane v urbanem prostoru: izvlečki prispevkov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 9 – 10
- Diminić D., Majdak A. 2004. Suncožarne rane na deblima javora u zagrebačkim drvoredima. *Agronomski glasnik*, 66, 3/5: 327 – 338
- Hauptman T., Jurc D. 2008. Prvo poročilo o gabrovi pepelovki (*Erysiphe arcuata*) in novi podatki o treh invazivnih pepelovkah v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 66, 10: 332 – 348
- Jurc D., Ogris N. 2008. Mraznica (*Armillaria* sp.) ogroža drevored divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum*) pri gradu Brdo pri Kranju. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 5. str.
- Jurc M. 1997. Listna sušica (*Guignardia aesculi*/Peck/Stev.) in listni zavrtač divjega kostanja (*Cameraria ohridella* Descha et Dimić) ogrožata divji kostanj v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 55, 9, 428 – 434
- Kozłowski T., Kramer P. 1991. The physiological ecology of woody plants. San Diego, Academic Press: 657 str.

Kravanja N. 2000. Pomen divjega kostanja v urbanem prostoru. V: Posvetovanje o varstvu divjega kostanja in platane v urbanem prostoru: izvlečki prispevkov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 4 – 5

Larcher W. 2003. Physiological plant ecology – ecophysiology and stress physiology of functional groups. 4th edition. Berlin, Heidelberg, New York, Springer: 513 str.

Levanič T. 1999. Računalniško podprta analiza slike mikro- in makroobjektov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 141 – 167

Lukšič M. 2009. Pojavljanje kostanjevega listnega zavrtača (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) na divjem kostanju v okolici Novega Mesta: diplomsko delo. (UL, BF, Oddelek za agronomijo). Ljubljana, samozal.: 35 str.

Maček J. 2008. Gozdna fitopatologija. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Gozdarska založba: 448 str.

Merela in sod. 2005. Osnovna gostota, permeabilnost in zgradba reakcijskih con pri bukvi. Les, 57, 1/2: 11 – 16

Milevoj L., Kravanja N. 1999. Zdravstvena problematika drevja v urbanem okolju. Zbornik predavanj in referatov 4. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin v Portorožu od 3. do 4. marca. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 422 – 427

Milevoj L. 2000. Mehanično in biotično zatiranje bolezni in škodljivcev divjega kostanja in platane. V: Posvetovanje o varstvu divjega kostanja in platane v urbanem prostoru: izvlečki prispevkov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 25 – 26.

Milevoj L. 2004. Ali kostanjev listni zavrtač (*Cameraria ohridella* Descha & Dimić) ogroža kostanje. Sodobno kmetijstvo, 37, 6: 33 – 34

Oven P. 1998. Odziv drevesnih tkiv na poškodbe in infekcijo 1: živa skorja. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 55: 113 – 133

Oven P. 2000. Poškodbe mestnega drevja zaradi soli. Proteus, 63, 4: 177 – 179.

Oven P. 2001a. Je navadni divji kostanj ogrožena vrsta? Proteus, 63, 6: 273 – 275.

Oven P. 2001b. Mehanske poškodbe drevja. *Proteus*, 63, 8: 366 – 370.

Oven P., Levanič T. 2001. Jahrringanalytische und holzanatomische Untersuchungen an unterschiedlich belaubten Rosskatanien (*Aesculus hippocastanum* L.) in Ljubljana, der Hauptstadt Sloweniens. *Jahrbuch der Baumflege*: 34 – 39

Oven P., Zupančič M. 2001. Osnove sodobne arboristike: seminar za Zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 22 str.

Oven P., Zupančič M., Merela M., Torelli N. 2004. Zgradba reakcijskih con pri bukvi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 73: 51 – 62.

Pivk A. 2005. Spremljanje bionomije kostanjevega listnega zavrtača (*Cameraria ohridella*) na divjem kostanju (*Aesculus hippocastanum*) v parku Tivoli: diplomska naloga. (UL, BF, Oddelek za agronomijo). Ljubljana, samozal.: 48 str.

Sinclair W. 1987. Diseases of trees and shrubs. New York, Cornell University Press: 574 str.

Šiftar A. 1995. Divji kostanj ni samo privlačno drevo, temveč tudi zanimivo drevo. *Vrtnar*, 4,3: 18 – 19.

Torelli N., Oven P., Zupančič M. 1990. Nastanek in značilnosti barierne cone ter lesa nastalega po ranitvi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 36: 3 – 16

Torelli N. 2001. Odziv drevja na globoke in površinske poškodbe na primeru bukve (*Fagus sylvatica* L.) s poudarkom na nastanku in ekologiji ranitvenega lesa (»rdeče srce«). *Gozdarski vestnik*, 59, 2: 85 – 94.

Vehovec N. 2007. Ekofiziološka in morfološka uporabnost nekaterih vrst drevnine za mestne nasade: diplomska naloga. (UL, BF, Oddelek za krajinsko arhitekturo). Ljubljana, samozal.: 120 str.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Primožu Ovnu za samo idejo diplomske naloge, za njegov čas in trud, strokovne nasvete ter vzpodbudne besede. Zahvalo si zasluži tudi doc. dr. Robert Brus za hitro in korektno recenzijo diplomske naloge. Hvala tudi Maji Božič za hiter pregled naloge. Zahvaljujem se tudi Eriku Vidmarju ter delavcem podjetja Tisa d. o. o. za posek in prevoz dreves.

PRILOGE

Priloga A: vlažnost lesa po posameznih vzorcih.

Vzorec	m _{v1} [g]	m ₀ [g]	u [%]
11A	26,784	15,91	68%
11B	18,366	7,41	148%
11C	7,167	3,11	130%
12A	22,053	12,83	72%
12B	16,191	10,57	53%
13A	24,519	13,71	79%
13B	19,224	10,00	92%
14	29,271	16,04	82%
15	20,458	11,55	77%
16	31,043	15,64	98%
21A	17,340	10,25	69%
21B	10,822	5,93	82%
22A	13,460	7,57	78%
22B	9,944	5,63	77%
23	21,522	10,92	97%
24	13,612	7,42	83%
25	15,594	7,60	105%
31A	28,782	16,37	76%
31B	11,456	7,27	58%
32A	17,176	9,55	80%
32B	7,300	3,13	133%
32C	6,100	3,13	95%
33	21,071	11,36	85%
34	20,026	10,50	91%
35	11,974	6,20	93%
41A	21,145	12,79	65%
41B	23,510	11,14	111%
42A	19,206	11,63	65%
42B	16,812	7,66	119%
42C	9,940	4,72	111%
43A	17,671	10,23	73%
43B	13,882	6,10	128%
43C	6,619	3,61	83%

44	23,700	13,57	75%
45	24,743	13,88	78%
46	15,859	8,21	93%
51A	12,244	6,76	81%
51B	7,199	4,37	65%
51C	7,575	4,40	72%
51D	9,019	3,94	129%
51E	6,173	4,57	35%
52A	18,160	10,31	76%
52B	13,057	5,79	126%
52C	7,624	4,34	76%
53	24,310	13,90	75%
55	18,723	9,97	88%
56	19,895	10,37	92%
57	14,700	7,19	104%
61A	25,952	14,37	81%
61B	25,578	10,27	149%
62A	23,109	12,78	81%
62B	26,329	12,00	119%
63A	14,149	7,40	91%
63B	23,604	11,17	111%
64A	14,448	7,47	93%
64B	22,882	13,85	65%
65A	10,107	5,17	95%
65B	6,810	4,15	64%
66A	6,820	3,63	88%
66B	3,950	2,62	51%
71A	29,786	17,20	73%
71B	15,230	8,36	82%
72A	18,162	10,20	78%
72B	19,040	10,58	80%
73A	23,130	12,80	81%
73B	10,103	6,51	55%
74	25,797	13,40	93%

75	8,748	4,40	99%
----	-------	------	-----

Priloga B: površina zdravega in mrtvega lesa ter delež mrtvega lesa.

Kolut	površina zdravi les	površina mrtvi les	površina les skupaj	razmerje
	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	mrtvi/skupaj
11	57,0	35,1	92,1	38%
11(1)	67,7	32,7	100,4	33%
12	31,6	26,8	58,4	46%
12(1)	30,8	25,4	56,3	45%
13	30,0	18,5	48,5	38%
14	23,0	/	23,0	0%
15	19,0	/	19,0	0%
21	25,1	9,1	34,2	27%
21(1)	26,5	8,9	35,4	25%
22	17,4	7,9	25,3	31%
22(1)	16,6	7,3	23,9	31%
23	10,6	1,8	12,4	15%
24	6,6	0,1	6,7	1%
3	52,4	27,6	80,0	35%
31	37,7	24,4	62,1	39%
31(1)	32,4	17,6	50,0	35%
32	29,7	15,9	45,6	35%
32(1)	30,3	12,8	43,1	30%
32(2)	29,3	14,4	43,7	33%
33	21,5	4,3	25,9	17%
34	18,0	3,5	21,4	16%
35	16,4	0,1	16,5	1%
41	83,2	13,3	96,5	14%
41(1)	47,4	23,7	71,1	33%
41(2)	59,1	20,0	79,1	25%
42	40,5	18,7	59,2	32%
43	30,1	7,1	37,2	19%

Kolut	Površina zdravi les	Površina mrtvi les	Površina les skupaj	Mrtvi/skupaj
43(1)	35,0	3,2	38,3	8%
44	28,9	0,1	29,0	0%
44(1)	28,1	0,9	29,0	3%
45	26,1	/	26,1	0%
46	16,2	/	16,2	0%
51	41,2	12,4	53,6	23%
51(1)	52,1	9,7	61,7	16%
52	35,7	10,5	46,1	23%
53	31,9	0,4	32,2	1%
53(1)	27,8	0,4	28,2	1%
54	27,2	0,4	27,5	1%
55	21,5	1,7	23,2	7%
55(1)	20,6	0,2	20,9	1%
56	17,3	0,4	17,7	2%
57	8,0	/	8,0	0%
61	73,7	54,4	128,1	42%
61(1)	73,2	54,9	128,2	43%
62	38,6	41,6	80,2	52%
62(1)	39,7	45,0	84,6	53%
63	26,6	35,0	61,6	57%
63(1)	26,5	34,5	61,0	57%
64	23,1	33,5	56,6	59%
64(1)	22,3	33,1	55,4	60%
65	17,3	18,9	36,2	52%
66	11,5	7,3	18,9	39%
66(1)	11,5	7,4	19,0	39%
71	46,8	24,6	71,5	34%
71(1)	43,2	24,2	67,5	36%
72	22,7	20,9	43,6	48%

Kolut	Površina zdravi les	Površina mrtvi les	Površina les skupaj	Mrtvi/skupaj
72(1)	23,4	21,9	45,3	48%
73	21,0	12,2	33,2	37%
73(1)	21,8	11,2	32,9	34%
74	13,1	1,1	14,3	8%

Priloga C: Vlažnost zdravih in poškodovanih tkiv po posameznih drevesih.





