

Grad Zagreb
Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo

MONITORING ŠUMA GRADA ZAGREBA



Dr.sc. Boris Vrbek
Dr.sc. Dijana Vuletić
Dr.sc. Dinka Matošević
Dr.sc. Nenad Potočić
Dr.sc. Ivan Seletković
Mr.sc. Vladimir Novotny
Mr.sc. Elvis Paladinić

ŠUMARSKI INSTITUT, JASTREBARSKO

2008.

SADRŽAJ

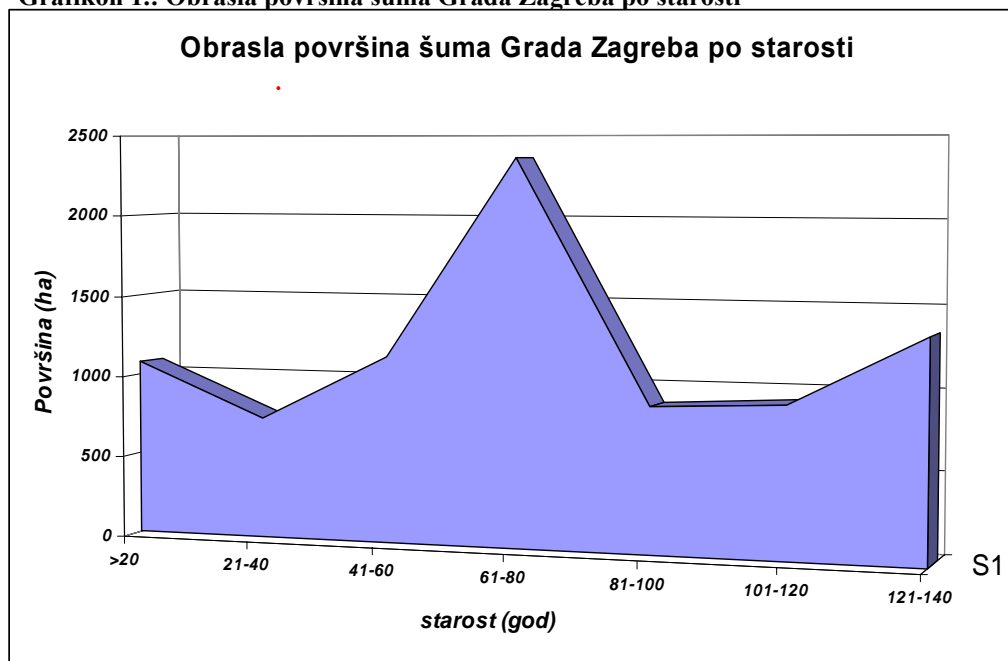
OPĆI PODACI	3
1. UVOD	4
2. TRAJNE PLOHE	5
3. PRAĆENJE TALOŽNIH TVARI	24
4. PRAĆENJA OŠTEĆENOSTI KROŠANJA (ICP)	35
5. SPOSOBNOST SPREMANJA UGLJIKA	38
6. PRAĆENJE ZDRAVSTVENOG STANJA	61
7. ZAKLJUČCI	103
8. LITERATURA	105

OPĆI PODACI

Državne šume na području Grada Zagreba obuhvaćene ovim projektom podijeljene su prema namjeni na gospodarske šume, zaštitne šume i šume s posebnom namjenom. Pokrivaju ukupnu površinu od 8.656,00 hektara, s time da obrasla površina iznosi 8.482,00 hektara sa ukupnom drvnom zalihom od 1.991.394,00 m³, i godišnjim prirastom od 48.766,00 m³. Ovim šumama gospodare šumarije Remetinec, Dugo Selo i Zagreb. U šumariji Remetinec zauzimaju dijelove gospodarskih jedinica "Vukomeričke gorice-Horvati" i "Obreški lug". U šumariji Dugo Selo se protežu kroz dijelove tri gospodarske jedinice, a to su "Zelinske šume", "Črnovščak" i "Duboki jarak". Šumarija Zagreb gospodari šumama Grada Zagreba na području četiri gospodarske jedinice i to "Sljeme-Medvedgradske šume", "Limbuš-Sava", "Bistranska gora" i "Markuševačka gora". U ukupnu površinu šuma Grada Zagreba ulazi i površina gospodarske jedinice "Park šume Grada Zagreba", koja zbog svoje specifičnosti nije pokrivena ovim projektom.

Sveukupna obrasla površina raspoređena prema starosti šumskih sastojina prikazana je na grafikonu 1. gdje najveću površinu zauzimaju šume starosti od 60 do 80 godina.

Grafikon 1.: Obrasla površina šuma Grada Zagreba po starosti



Na istraživanom području nalazimo 40 vrsta drveća što ukazuje na izuzetan značaj ovih šumskih zajednica po pitanju biološke raznolikosti i ukazuje na njihovu stabilnost.

Prema učešću u drvnj zalihi i godišnjem prirastu drvne mase najzastupljenije su obična bukva, hrast kitnjak, hrast lužnjak, obični grab i pitomi kesten. Značajno učešće također imaju i slijedeće vrste: gorski javor, bagrem, crna joha, borovac, smreka, crni bor, bijeli bor, jela, lipa, trešnja, crna topola, europski ariš, euroamerička topola, obični jasen, američki jasen, cer, gorski brijest, klen, crni jasen. Vrste kao crni grab, obična vrba, mlječ, medunac, poljski jasen, domaće topole, duglazija, brekinja, obična breza, nizinski brijest, crni orah i voćkarice imaju najmanje učešće u šumama Grada Zagreba, ali svojom prisutnošću značajno doprinose spomenutoj biološkoj raznolikosti ovih šumskih sastojina.

1. UVOD

Konačno izvješće odnosi se na istraživački period od trećeg tromjesečja 2006. do kraja 2008. godine a sadržava opis obavljenih radova i radnji po navedenom projektu u cilju utvrđivanja zdravstvenog stanja šuma Grada Zagreba te uspostave ekološkog monitoringa.

O izvedenim radovima podnosi se detaljno izvješće sa dobivenim rezultatima i preporukama za daljnje praćenje.

Ciljevi ovog projekta bili su uvođenje praćenja taložnih tvari iz atmosfere, utvrđivanje zdravstvenog stanja šuma na području grada Zagreba, praćenje i dijagnoza štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika, prognoza pojave i šteta od štetnih čimbenika, predlaganje mjera zaštite, procjena oštećenosti po metodi "ICP Forest" i utvrđivanje sadržaja ugljika, te njegovog tijeka i spremanja.

Zdravstveno stanje šuma jedan je od bitnih čimbenika stabilnosti šumskog ekosustava, a procjenjuje se metodama dijagnoze i prognoze štetnih čimbenika (biotičkih i abiotičkih) i metodom trajnog praćenja u okviru ICP međunarodnog programa za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume. Dijagnostno prognoznim metodama utvrđuju se prisutni štetni biotički i abiotički čimbenici u šumama na području Grada Zagreba te intenziteti njihovih napada i štete koje čine. Spomenutim metodama se pregledava cijelo područje šuma prema definiranim transektima a na temelju utvrđenog se predlažu i zaštitne mjere.

Tomu komplementaran podatak je stanje tla za čije utvrđivanje je uspostavljeno pedološko praćenje depozicija putem učestalog uzorkovanja tla i tekućina u tlu koje se sakupljaju pomoću instrumenata postavljenih na osnovanim trajnim ploham. Trajne plohe osim za pozicioniranje instrumenata služe i za snimanje stanja stabilnosti šumskih ekosustava na istraživanom području, tako je postavljeno 5 trajnih pokusnih ploha koje su na terenu označene te je na njima obavljena detaljna izmjera svih strukturnih elemenata šume. Plohe su osnovane na području najvažnijih šumskih zajednica. Procjena oštećenosti krošanja po ICP metodologiji svojom metodom je vezana za određeno manje područje odnosno u ovom projektu za trajne plohe.

Podaci sa trajnih ploha poslužili su i za utvrđivanje sadržaja ugljika te procjene sposobnosti ovih sastojina za njegovo spremanje. Obzirom na ulogu šuma u smanjenju štetnih efekata stakleničkih plinova sadržaj ugljika u odabranim šumskim sastojinama je za to važan podatak. Pri izračunu sadržaja ugljika ali i simuliranju različitih mogućih scenarija korišten je COFIX model.

Ukupnost svih rezultata čini podlogu koja omogućava kvalitetan nastavak uspostavljenog monitoringa šuma grada Zagreba. Trajno praćenje – monitoring također podrazumijeva sustavno sakupljanje, spremanje i analizu podataka o šumskim ekosustavima. Jedino tako ustrojeno praćenje svih elemenata stabilnosti i zdravstvenog stanja šuma može osigurati potrebne informacije te omogućiti pravovremen odgovor na novonastale uvjete rasta i razvoja ovih sastojina.

2. TRAJNE PLOHE

U vremenu trajanja projekta, obzirom na zadane ciljeve, a u svrhu uspostave trajnog ekološkog monitoringa za područje Grada Zagreba, postavljeno je pet (5) trajnih pokusnih ploha. Na plohama je obavljena obilježba, te izmjera svih potrebnih sastojinskih elemenata. Plohe su opremljene instrumentima za praćenje kvalitete oborina i otopine tla.

Opis ploha

Ploha broj 1 osnovana je u Gospodarskoj jedinici "Sljeme-Medvedgradske šume", na površini od 1 hektara, u odsjeku 6b. Ploha je postavljena u Panonskoj bukovo-jelovoj šumi ili u Ekološko gospodarskom tipu II-C-10. Ploha zauzima južnu ekspoziciju i nalazi se na nadmorskoj visini od 920 m.

Prilikom opisa ove zajednice važno je naglasiti da se one nalaze pod utjecajem dviju klimatskih zona: panonske s istoka, s velikim amplitudama srednjih godišnjih temperatura zraka i malim količinama oborina, te alpske klime manjih temperaturnih amplituda i većih količina oborina. Areal bukovo-jelovih šuma nije cjelovit, već je disjunktan, a rasprostrire se na Macelju, Trakošćanu, Strahinjčici, Ravnoj gori, Ivančici, Medvednici i Papuku. Na Medvednici kao matični supstrat ove zajednice prevladavaju silikatne stijene (škriljevci i graniti). Panonske bukovo jelove šume pridolaze na nadmorskim visinama od 200 do 1000 metara, na svim postojećim ekspozicijama i nagibima terena.

Florni sastav bukovo-jelovih šuma odlikuje se velikom raznolikošću biljnih vrsta, među kojima prevladavaju mezofilne biljke u svim slojevima (drveća, grmlja i prizemnog rašća), koji su međusobno jasno visinski izraženi. Edifikatorske vrste, koje određuju izgled zajednice, jesu bukva i jela. U sloju grmlja karakteristične su vrste lovorasti i obični likovac te planinski brijest, a u prizemnom rašću razne paprati (*Athyrium filix femina*, *Dryopteris filix mas*, *Dryopteris montana*, *Polystichum lobatum*), vlasulja (*Festuca drymeia*), srebrenka (*Lunaria rediviva*), režuhe (*Cardamine enneaphylos*, *C. Bulbifera*, *C. Savensis*) i druge.

Ploha je iskolčena busolom i mjeracom vrpcom po geodetskim principima. Oblik plohe je 100x100 metara. Granice su označene žutom bojom, a u uglovima plohe nalaze se zabijeni kolci označeni žutom bojom. Unutar ove plohe iskolčene su dvije podplohe. Prva veličine 30x30 metara, a druga veličine 60x60 metara.

Na plohi je izmjereno i obilježeno svako stablo. Dendrometrijski podatci koji su mjereni na terenu upisani su u bazu podataka i obrađeni matematičko-statističkim metodama.

U tablici 1. prikazana je raspodjela broja stabala (N), distribucija temeljnice (G) i distribucija volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Tablica 1. Raspodjela broja stabala (N), temeljnice (G) i volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi 1 ZGM pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Ploha broj 1 ZGM

Objekat:Projekt Grada Zagreba

Uprava šuma: Zagreb

Šumarija:Zagreb

G.J.: Sljeme-Medvedgradske šume

Površina: 1 ha

Starost: prebor

Oblik plohe: 100 x 100 m

Odjel: 6

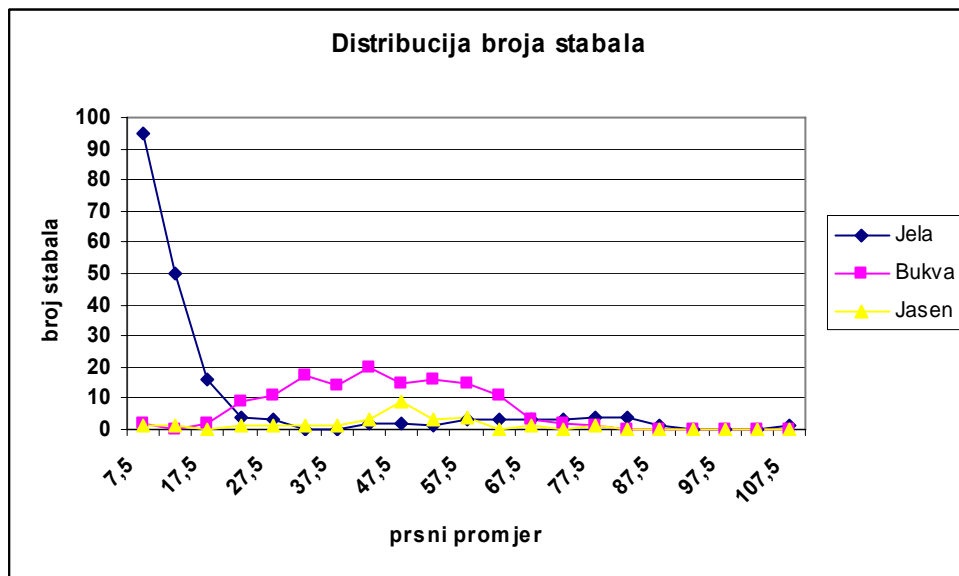
Odsjek: b

f:

1

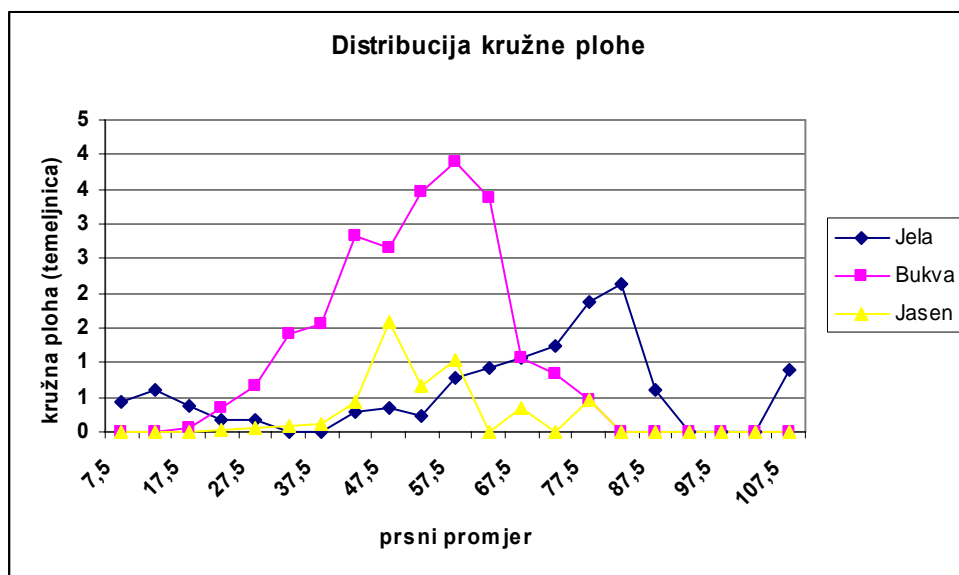
ds	N/ha				G/ha					V/ha				
	Jela	Bukva	Jasen	SUMA	Jela	Bukva	Jasen	SUMA	Jela	Bukva	Jasen	SUMA		
	n	n	n	n	m ²	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³		
7,5	95	2	1	98	0,42	0,01		0,43	0,10		0,02	0,12		
12,5	50		1	51	0,61		0,01	0,63	3,20		0,10	3,30		
17,5	16	2		18	0,38	0,05		0,43	3,14	0,16		3,29		
22,5	4	9	1	14	0,16	0,36	0,04	0,56	1,66	2,12	0,40	4,19		
27,5	3	11	1	15	0,18	0,65	0,06	0,89	2,18	5,51	0,63	8,32		
32,5		17	1	18		1,41	0,08	1,49		15,03	0,92	15,94		
37,5		14	1	15		1,55	0,11	1,66		19,50	1,26	20,76		
42,5	2	20	3	25	0,28	2,84	0,43	3,55	4,38	40,62	4,95	49,95		
47,5	2	15	9	26	0,35	2,66	1,59	4,61	5,50	42,08	18,89	66,47		
52,5	1	16	3	20	0,22	3,46	0,65	4,33	3,59	59,50	7,81	70,90		
57,5	3	15	4	22	0,78	3,90	1,04	5,71	13,21	71,60	12,64	97,45		
62,5	3	11		14	0,92	3,37		4,30	15,90	65,63		81,53		
67,5	3	3	1	7	1,07	1,07	0,36	2,50	18,82	21,91	4,44	45,17		
72,5	3	2		5	1,24	0,83		2,06	22,26	17,56		39,82		
77,5	4	1	1	6	1,89	0,47	0,47	2,83	32,99	10,40	5,94	49,33		
82,5	4			4	2,14			2,14	38,55			38,55		
87,5	1			1	0,60			0,60	10,96			10,96		
92,5														
97,5														
102,5														
107,5	1			1	0,91			0,91	17,32			17,32		
112,5														
117,5														
122,5														
SUMA	195	138	27	360	12,16	22,62	4,84	39,62	193,75	371,61	58,00	623,36		
Omjer	54,2	38,3	7,5	100,0	30,7	57,1	12,2	100,0	31,1	59,6	9,3	100,0		

Na grafikonu 1. prikazana je raspodjela broja stabala po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve tri vrste drveća izmjerene na plohi 1 ZGM.



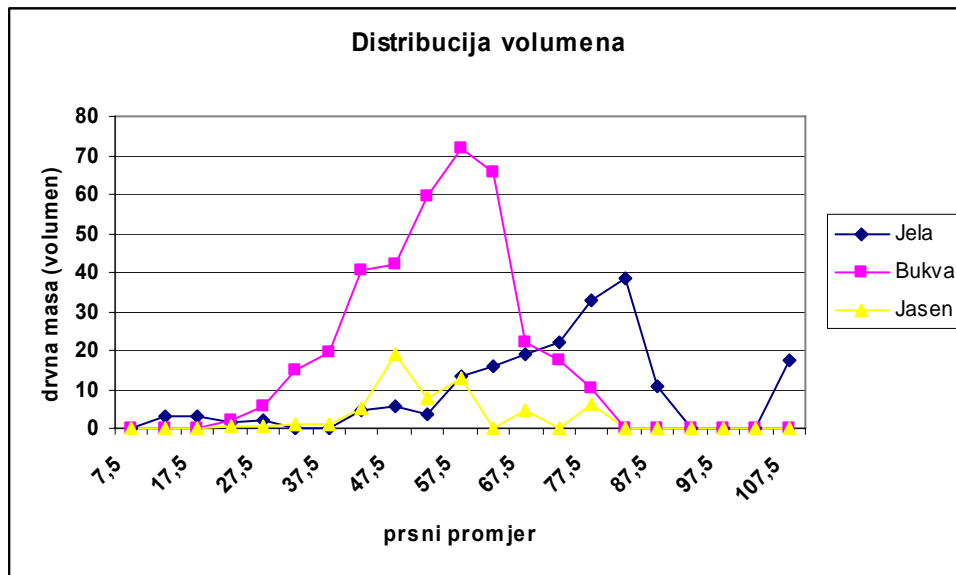
Grafikon 1. Distribucija broja stabala jele, bukve i jasena na plohi 1 ZGM

Na grafikonu 2. prikazana je distribucija kružne plohe (temeljnice) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve tri vrste drveća izmjerene na plohi 1 ZGM.



Grafikon 2. Distribucija kružne plohe (temeljnice) jele, bukve i jasena na plohi 1 ZGM

Na grafikonu 3. prikazana je distribucija drvene mase (volumena) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve tri vrste drveća izmjerene na plohi 1 ZGM.



Grafikon 3. Distribucija drvene mase (volumena) jele, bukve i jasena na plohi 1 ZGM

Ploha broj 2 osnovana je u Gospodarskoj jedinici "Sljeme-Medvedgradske šume", na površini od 0,25 hektara, u odsjeku 9h. Ploha je postavljena u šumi bukve s lazarkinjom ili u Ekološko gospodarskom tipu II-D-10. Ploha zauzima jugoistočnu ekspoziciju i nalazi se na nadmorskoj visini od 775 m.

Na plohi se nalazi čista bukova sastojina sa nešto malo jele. Sastojina je uglavnom jednolične strukture, srednje gusta do gusta. Prevladavaju srednje debela do krupna stabla. Pomladak je na većem djelu površine slab. Stara su stabla dobrih visina, dosta dugih pravih debala i srednje razvijenih krošanja. Geološku podlogu u ovom tipu predstavljaju romboidne i oligomiocenske naslage, a to su tinjčasti sitnozrni pijesci, slabo vezani pijesci, glineni i pjeskoviti lapori, pješčenjaci i tufovi, manjim dijelom metamorfne i eruptivne stijene, vapnenci i dolomiti u izmjeni, uslojeni vapnenci, vapnenci s ulošcima dolomita, trijaski dolomiti, filiti i druge silikatne stijene. Tlo je distrično smeđe – kiselo smeđe. Dubina je veća od 70 cm. Tlo je slabo zasićeno bazama i siromašno fosforom. Kiselost je od 4,9 do 6,5 pH. Postotak humusa je od 2,2 do 9,2 % u A-horizontu. Najpovoljniji sastojinski oblik je jednodobna mješovita jednolična sjemenjača normalnog stanja, raznih stadija. Optimalan omjer smjese je 80 % bukve i 20 % kitnjaka.

Ploha je iskolčena s busolom i mjeračem vrpcom po geodetskom principu. Oblik plohe je 50x50 metara. Granice su označene žutom bojom, a u uglovima plohe nalaze se zabijeni kolci označeni žutom bojom.

Na plohi je izmjereno i obilježeno svako stablo. Dendrometrijski podaci koji su mjereni na terenu upisani su u bazu podataka i obrađeni matematičko-statističkim metodama.

U tablici 2. prikazana je distribucija broja stabala (N), distribucija temeljnice (G) i distribucija volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Tablica 2.: distribucija broja stabala (N), temeljnice (G) i volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi 2 ZGM pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Ploha broj 2 ZGM

Objekat:Projekt Grada Zagreba

Uprava šuma: Zagreb

Šumarija:Zagreb

G.J.: Sljeme-Medvedgradske šume

Površina: 0,25 ha

Starost: 139 godina

Oblik plohe: 50 x 50 m

Odjel: 9

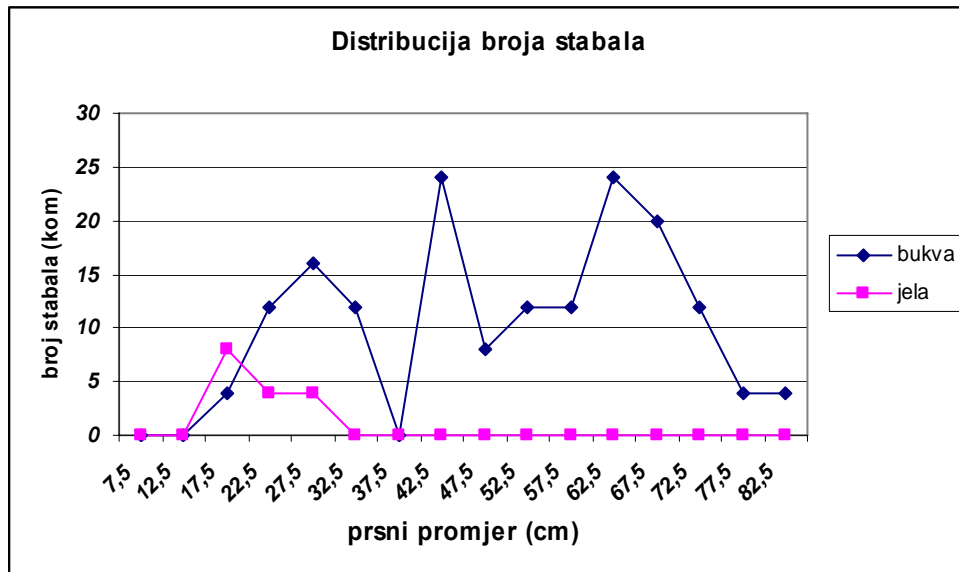
Odsjek: h

f:

4

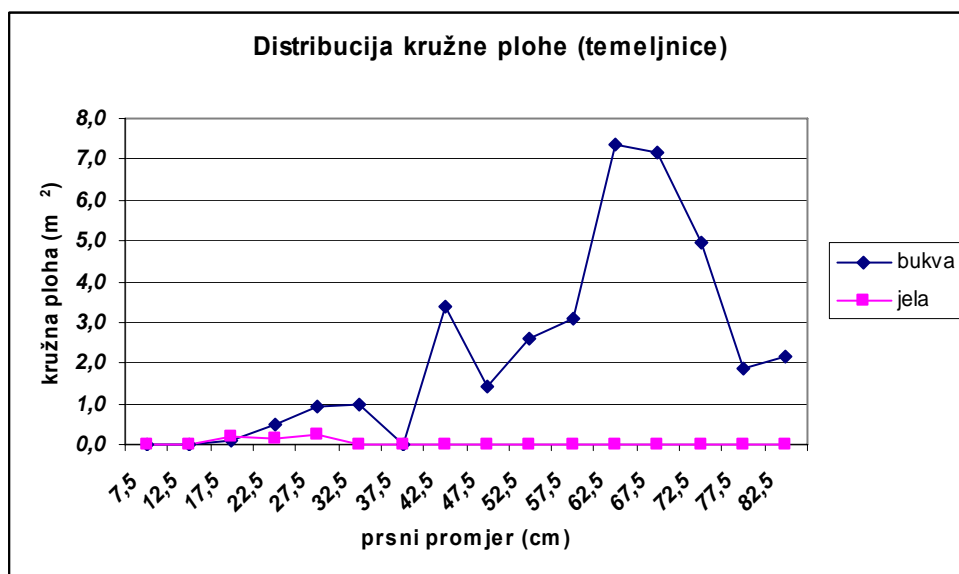
ds	N/ha				G/ha				V/ha			
	Bukva	Jela		SUMA	Bukva	Jela		SUMA	Bukva	Jela		SUMA
	n	n		n	m ²	m ²		m ²	m ³	m ³		m ³
7,5												
12,5												
17,5	4	8		12	0,10	0,19		0,29	0,81	1,69		2,50
22,5	12	4		16	0,48	0,16		0,64	52,96	1,62		54,58
27,5	16	4		20	0,95	0,24		1,19	11,26	2,66		13,93
32,5	12			12	1,00			1,00	12,89			12,89
37,5												
42,5	24			24	3,40			3,40	49,61			49,61
47,5	8			8	1,42			1,42	21,51			21,51
52,5	12			12	2,60			2,60	40,75			40,75
57,5	12			12	3,12			3,12	45,86			45,86
62,5	24			24	7,36			7,36	121,49			121,49
67,5	20			20	7,16			7,16	120,46			120,46
72,5	12			12	4,95			4,95	84,78			84,78
77,5	4			4	1,89			1,89	32,78			32,78
82,5	4			4	2,14			2,14	37,62			37,62
87,5												
92,5												
97,5												
102,5												
107,5												
112,5												
117,5												
122,5												
SUMA	164	16		180	36,55	0,59		37,14	632,78	5,98		638,76
Omjer	91,1	8,9		100,0	98,4	1,6		100,0	99,1	0,9		100,0

Na grafikonu 4. prikazana je distribucija broja stabala po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 2 ZGM.



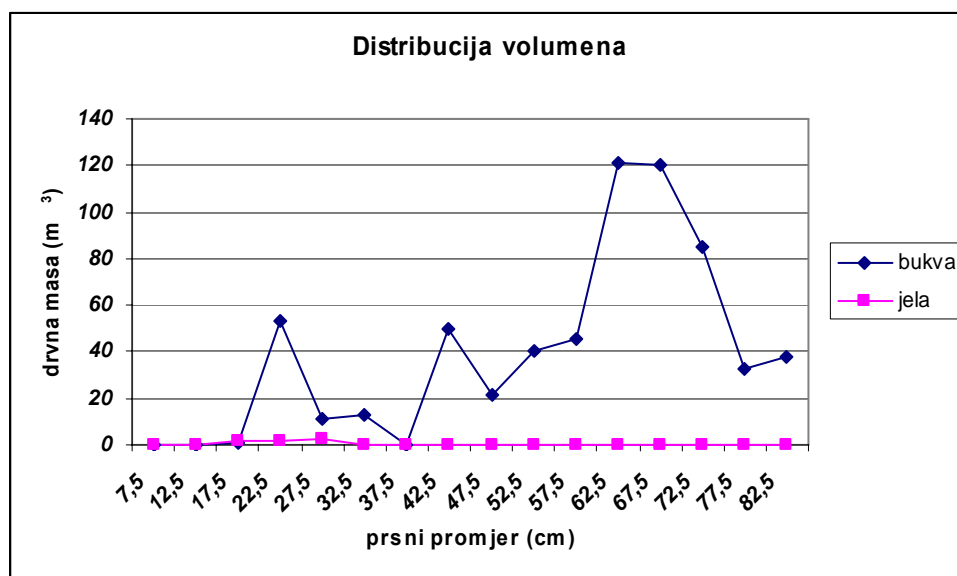
Grafikon 4. Distribucija broja stabala bukve i jele na plohi 2 ZGM

Na grafikonu 5. prikazana je distribucija kružne plohe (temeljnice) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 2 ZGM.



Grafikon 5. Distribucija kružne plohe (temeljnice) bukve i jele na plohi 2 ZGM

Na grafikonu 6. prikazana je distribucija drvene mase (volumena) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 2 ZGM.



Grafikon 6. Distribucija drvene mase (volumena) bukve i jele na plohi 2 ZGM

Ploha broj 3 osnovana je u Gospodarskoj jedinici "Sljeme-Medvedgradske šume", na površini od 0,20 hektara, u odsjeku 3b. Ploha je postavljena u šumi bukve s lazarkinjom ili u Ekološko gospodarskom tipu II-D-10. Ploha zauzima istočnu ekspoziciju i nalazi se na nadmorskoj visini od 385 m.

Na plohi se nalazi čista bukova sastojina sa pojedinačnim kitnjakom. Iako je većina stabala nastala iz sjemena, pridolaze pojedinačno i stabla nastala iz panja. Ploha je uglavnom jednolične strukture, srednje gusta do gusta. Prevladavaju srednje debela stabla. Pomladak je na većem djelu površine slab. Stabla su osrednjih do dobrih visina, dosta dugih pravih debala i srednje razvijenih krošanja. Geološku podlogu u ovom tipu predstavljaju romboidne i oligomiocenske naslage a to su tinjčasti sitnozrni pijesci, slabo vezani pijesci, glineni i pjeskoviti lapori, pješćenjaci i tufovi, manjim dijelom metamorfne i eruptivne stijene, vapnenci i dolomiti u izmjeni, uslojeni vapnenci, vapnenci s ulošcima dolomita, trijaski dolomiti, filiti i druge silikatne stijene. Tlo je distrično smeđe – kiselo smeđe. Dubina je veća od 70 cm. Tlo je slabo zasićeno bazama i siromašno fosforom. Kiselost je od 4,9 do 6,5 pH. Postotak humusa je od 2,2 do 9,2 % u A-horizontu. Najpovoljniji sastojinski oblik je jednodobna mješovita jednolična sjemenjač normalnog stanja, raznih stadija. Optimalan omjer smjese je 80 % bukve i 20 % kitnjaka.

Ploha je iskolčena s busolom i mjeraćom vrpcom po geodetskom principu. Oblik plohe je 50x40 metara. Granice su označene žutom bojom, a u uglovima plohe nalaze se zabijeni kolci označeni žutom bojom.

Na plohi je izmjereno i obilježeno svako stablo. Dendrometrijski podaci koji su mjereni na terenu upisani su u bazu podataka i obrađeni matematičko-statističkim metodama.

U tablici 3. prikazana je distribucija broja stabala (N), distribucija temeljnice (G) i distribucija volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Tablica 3.: distribucija broja stabala (N), temeljnice (G) i volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi 3 ZGM pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Ploha broj 3 ZGM

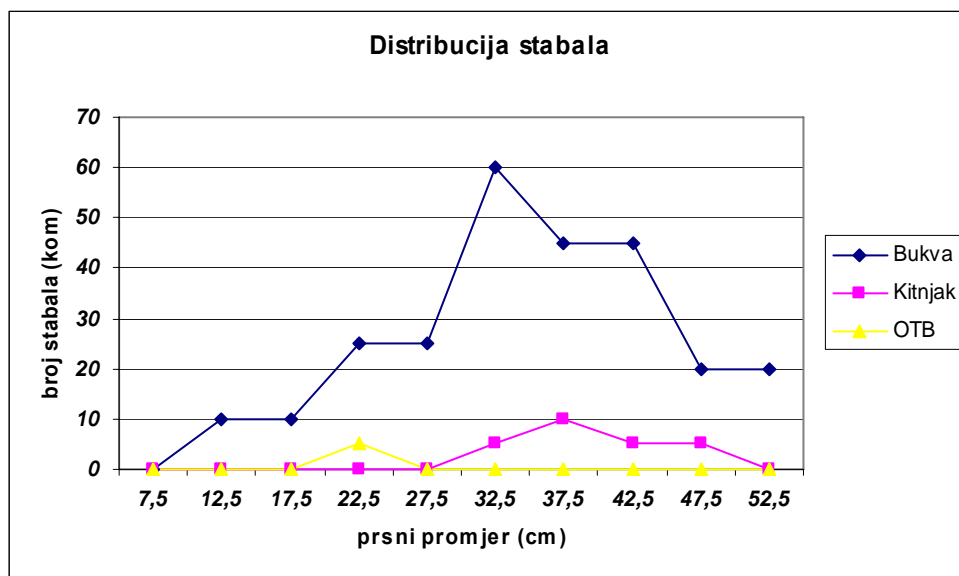
Objekat:Projekt Grada Zagreba
 Uprava šuma: Zagreb
 Šumarija:Zagreb
 G.J.: Sljeme-Medvedgradske šume
 Površina: 0.20 ha

Starost: 119 godina
 Oblik plohe: 50 x 40 n
 Odjel: 3
 Odsjek: b
 f:

5

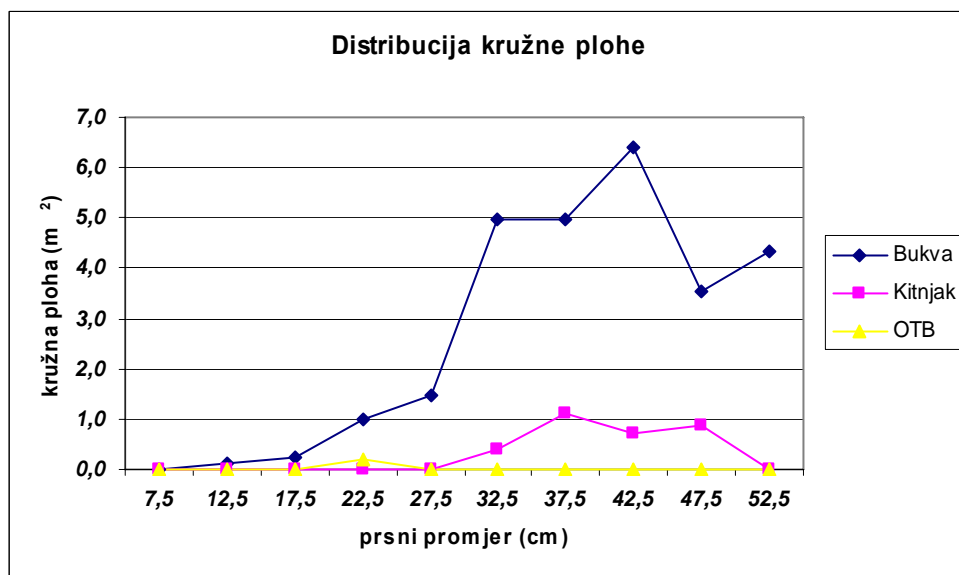
ds	N/ha					G/ha					V/ha					
	Bukva	Kitnjak	OTB	0,0	SUMA	Hrast	Kitnjak	OTB		SUMA	Bukva	Kitnjak	OTB	0,0	SUMA	
	n	n	n		n	m ²	m ²	m ²		m ²	m ³	m ³	m ³		m ³	
7,5																
12,5	10				10	0,12				0,12	0,86					0,86
17,5	10				10	0,24				0,24	2,27					2,27
22,5	25		5		30	0,99		0,20		1,19	10,93		2,01			12,93
27,5	25				25	1,48				1,48	18,03					18,03
32,5	60	5			65	4,98	0,41			5,39	64,74	4,76				69,50
37,5	45	10			55	4,97	1,10			6,07	68,04	13,18				81,22
42,5	45	5			50	6,38	0,71			7,09	90,99	8,74				99,73
47,5	20	5			25	3,54	0,89			4,43	52,12	11,19				63,31
52,5	20				20	4,33				4,33	65,32	0,00				65,32
57,5																
62,5																
67,5																
72,5																
77,5																
82,5																
87,5																
92,5																
97,5																
102,5																
107,5																
112,5																
117,5																
122,5																
SUMA	260	25	5		290	27,05	3,11	0,20		30,36	373,29	37,86	2,01			413,16
Omjer	89,7	8,6	1,7		100,0	89,1	10,3	0,7		100,0	90,4	9,2	0,5			100,0

Na grafikonu 7. prikazana je distribucija broja stabala po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 2 ZGM.



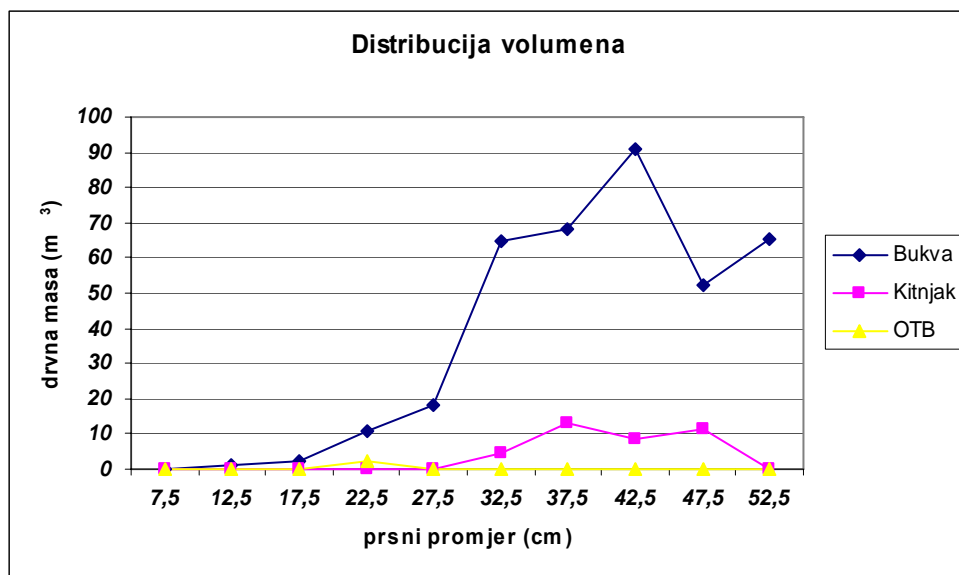
Grafikon 7. Distribucija broja stabala bukve, kitnjaka i OTB na plohi 3 ZGM

Na grafikonu 8. prikazana je distribucija kružne plohe (temeljnice) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 3 ZGM.



Grafikon 8. Distribucija kružne plohe (temeljnice) bukve, kitnjaka i OTB na plohi 3 ZGM

Na grafikonu 9. prikazana je distribucija drvene mase (volumena) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 3 ZGM.



Grafikon 9. Distribucija drvene mase (volumena) bukve, kitnjaka i OTB na plohi 3 ZGM

Ploha broj 4 osnovana je u Gospodarskoj jedinici "Obreški lug", na površini od 0,25 hektara, u odsjeku 14b. Ploha je postavljena u šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba ili u Ekološko gospodarskom tipu II-G-10. Ploha se nalazi na nadmorskoj visini od 135 m. n.m.

Uz glavnu vrstu, hrast, osim graba u podstojnoj etaži obilno pridolazi i lijeska. Ploha se nalazi u nizi koja prelazi u vlažno suhu gredu. Sastojina na plohi je gusta s gušćim i rjeđim grupama stabala. Stabla hrasta lužnjaka na plohi su srednje debela, dobrih visina, dužih ravnih debala manjih vitalnih krošanja. U fitogeografskoj raščlanjenosti šumske vegetacije Hrvatske ova šumska zajednica nadovezuje se na poplavne i vlažne šumske zajednice hrasta lužnjaka. U ovoj šumi tlo nije izvrgnuto poplavi, ali je zimi zasićeno vodom. Ovaj tip sastojine uzrastao je na pseudoglejnom, odnosno podzolastom, slabo kiselom do neutralnom tlu. U Posavini te šume nalaze vrlo povoljne uvjete pa su ondje i dosta raširene. To su tipične nizinske šume i lugovi. Njihova je vrijednost vrlo velika u produkciji vrijednoga građevnog materijala. U posljednje vrijeme te sastojine doživjele su krupne promjene. Njihova površina dosta je smanjena.

Ploha je iskolčena s busolom i mjeracom vrpcom po geodetskom principu. Oblik plohe je 50x50 metara. Granice su označene žutom bojom, a u uglovima plohe nalaze se zabijeni kolci označeni žutom bojom.

Na plohi je izmjereno i obilježeno svako stablo. Dendrometrijski podaci koji su mjereni na terenu upisani su u bazu podataka i obrađeni matematičko-statističkim metodama.

U tablici 4. prikazana je distribucija broja stabala (N), distribucija temeljnice (G) i distribucija volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Tablica 4. Raspodjela broja stabala (N), temeljnice (G) i volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi 4 ZGM pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Ploha broj 4 ZGM

Objekat:Projekt Grada Zagreba

Uprava šuma: Zagreb

Šumarija: Remetinec

G.J.: Obreški lug

Površina: 0.25 ha

Starost: 77 godina

Oblik plohe: 50 x 50 m

Odjel: 14

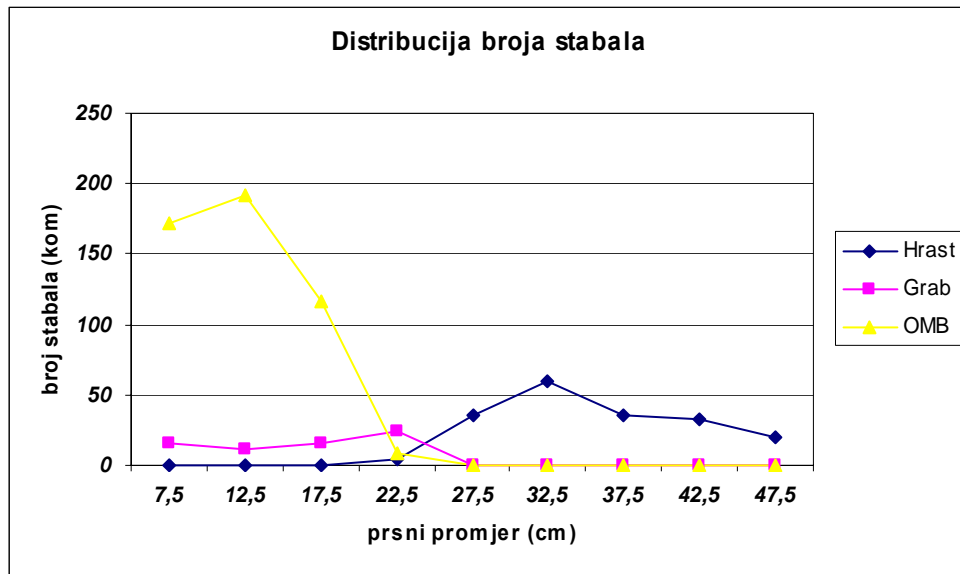
Odsjek: b

f:

4

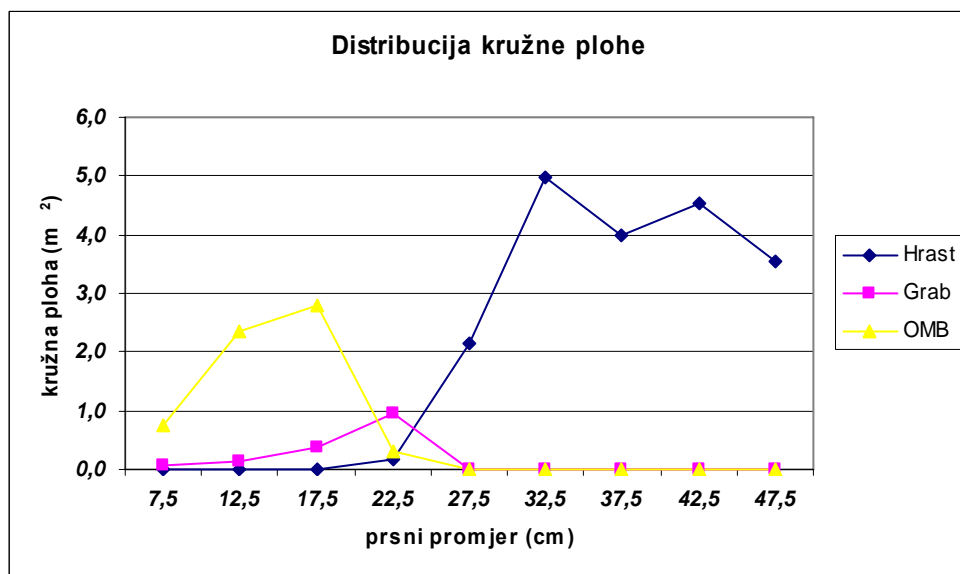
ds	N/ha					G/ha					V/ha				
	Hrast	Grab	OMB	0,0	SUMA	Hrast	Grab	OMB		SUMA	Hrast	Grab	OMB	0,0	SUMA
	n	n	n		n	m ²	m ²	m ²		m ²	m ³	m ³	m ³		m ³
7,5		16	172		188		0,07	0,76		0,83		0,21	3,27		3,48
12,5		12	192		204		0,15	2,36		2,50		0,98	13,82		14,81
17,5		16	116		132		0,38	2,79		3,17		3,25	19,02		22,27
22,5	4	24	8		36	0,16	0,95	0,32		1,43	1,72	8,86	2,34		12,92
27,5	36				36	2,14				2,14	21,78				21,78
32,5	60				60	4,98				4,98	60,12				60,12
37,5	36				36	3,98				3,98	49,82				49,82
42,5	32				32	4,54				4,54	58,53				58,53
47,5	20				20	3,54				3,54	46,78				46,78
52,5															
57,5															
62,5															
67,5															
72,5															
77,5															
82,5															
87,5															
92,5															
97,5															
102,5															
107,5															
112,5															
117,5															
122,5															
SUMA	188	68	488		744	19,33	1,56	6,22		27,12	238,75	13,30	38,46		290,51
Omjer	25,3	9,1	65,6		100,0	71,3	5,7	23,0		100,0	82,2	4,6	13,2		100,0

Na grafikonu 10. prikazana je distribucija broja stabala po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 4 ZGM.



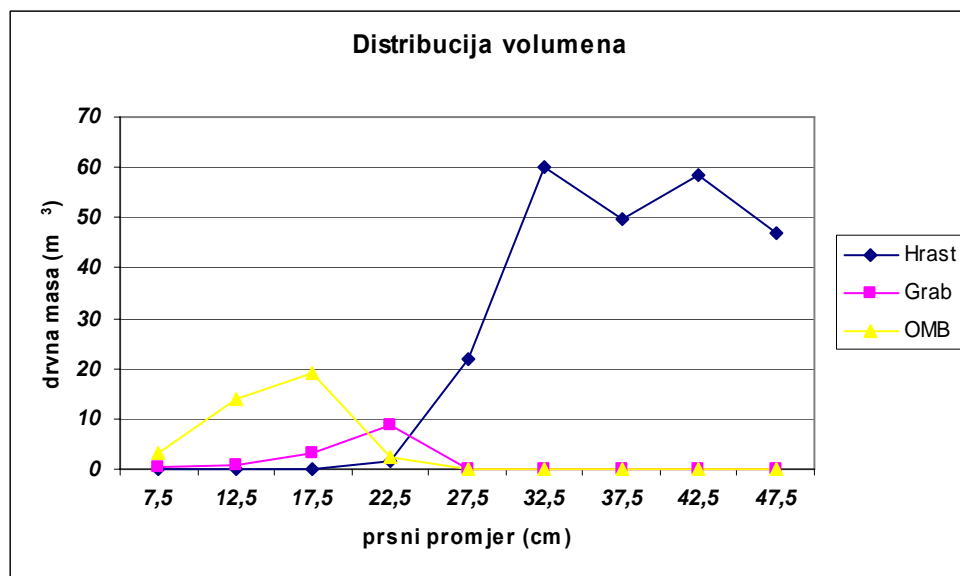
Grafikon 10. Distribucija broja stabala hrasta lužnjaka, običnoga graba i OMB na plohi 4 ZGM

Na grafikonu 11. prikazana je distribucija kružne plohe (temeljnice) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 4 ZGM.



Grafikon 11. Distribucija kružne plohe (temeljnice) lužnjaka, običnoga graba i OMB na plohi 4 ZGM

Na grafikonu 12. prikazana je distribucija drvene mase (volumena) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 4 ZGM.



Grafikon 12. Distribucija drvene mase (volumena) lužnjaka, običnoga graba i OMB na plohi 4 ZGM

Ploha broj 5 osnovana je u Gospodarskoj jedinici "Duboki jarak", na površini od 0,25 hektara, u odsjeku 4a. Ploha je postavljena u šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba ili u Ekološko gospodarskom tipu II-G-10. Ploha se nalazi na nadmorskoj visini od 117 m.

Ploha je postavljena u dvoslojnoj sastojini lužnjaka i graba iz sjemena. Gornju etažu čini hrast raspoređen srednje gusto do rjeđe s ponekom gušćom grupom. Sklop gornje etaže je potpun do mjestimično nepotpun. Donju etažu čini grab koji izgledom spada u tanji letvik, ali mjestimično ima i debljih stabala običnoga graba. Ta etaža je većinom gusta.

Hrast je izgledom srednje debel s nešto tanjih i debljih stabala, dobrih visina, srednje dugih i dosta ravnih debala. Krošnje su nešto jače razvijene.

Sastojina je uglavnom vitalna i zdrava, ali pojedinačno ima stabala manje reducirane lisne površine. Tlo je prekriveno listincem.

U fitogeografskoj raščlanjenosti šumske vegetacije hrvatske ova šumska zajednica nadovezuje se na poplavne i vlažne šumske zajednice hrasta lužnjaka. U ovoj šumi tlo nije izvrgnuto poplavi, ali je zimi zasićeno vodom. Po sastavu se razlikuje od lužnjakove šume s velikom žutilovkom. Razvija se na ocjeditim terenima koji su dovoljno svježi. Dolazi na povišicama (gredama) na pseudoglejnom, podzolastom tlu koje je slabo kiselo do neutralno.

Ove šumske zajednice predstavljaju najviše uzdignute lužnjakove šume naših nizinskih krajeva. Sastojine ove zajednice razvijene su u području Panonske nizine, a svoje optimalno stanište imaju u Posavini i Podravini. Na području Posavine ova zajednica zauzima 35% cjelokupne površine pod šumom, što ujedno predstavlja najveći postotak zastupljenosti jedne fitocenoze na tom području.

Karakteristika ove šumske zajednice je obični grab koji je najbolji indikator za stanje stagnantne i podzemne vode. Grab kao vrsta podnosi kratkotrajne poplave, ali stagnantnu

vodu i visoku razinu podzemne vode ne podnosi. Javlja se samo do srednjeg vodostaja podzemne vode od 2-3 m, što je slučaj na gredama.

Osnovni edifikator ove zajednice je hrast lužnjak, a subedifikator je obični grab. Ove dvije vrste se u ovoj zajednici pojavljuju u svim slojevima u obliku ponika, pomlatka, podstojne etaže i najvišeg sloja drveća. Pokusna ploha iskolčena je busolom i mjeracom vrpcom po geodetskom principu. Oblik plohe je 50x50 metara. Granice su označene žutom bojom, a u uglovima plohe nalaze se zabijeni kolci označeni žutom bojom. Na plohi je izmjereno i obilježeno svako stablo. Dendrometrijski podaci koji su mjereni na terenu upisani su u bazu podataka i obrađeni matematičko-statističkim metodama.

U tablici 5. prikazana je distribucija broja stabala (N), distribucija temeljnice (G) i distribucija volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Tablica 5. Raspodjela broja stabala (N), temeljnice (G) i volumena (V), po debljinskim stupnjevima na hektaru za svaku vrstu drveća na plohi 5 ZGM pojedinačno i ukupno za cijelu plohu.

Ploha broj 5 ZGM

Objekat:Projekt Grada Zagreba

Uprava šuma: Zagreb

Šumarija:Dugo Selo

G.J.: Duboki jarak

Površina: 0.25 ha

Starost: 115 godina

Oblik plohe: 50 x 50 m

Odjel: 4

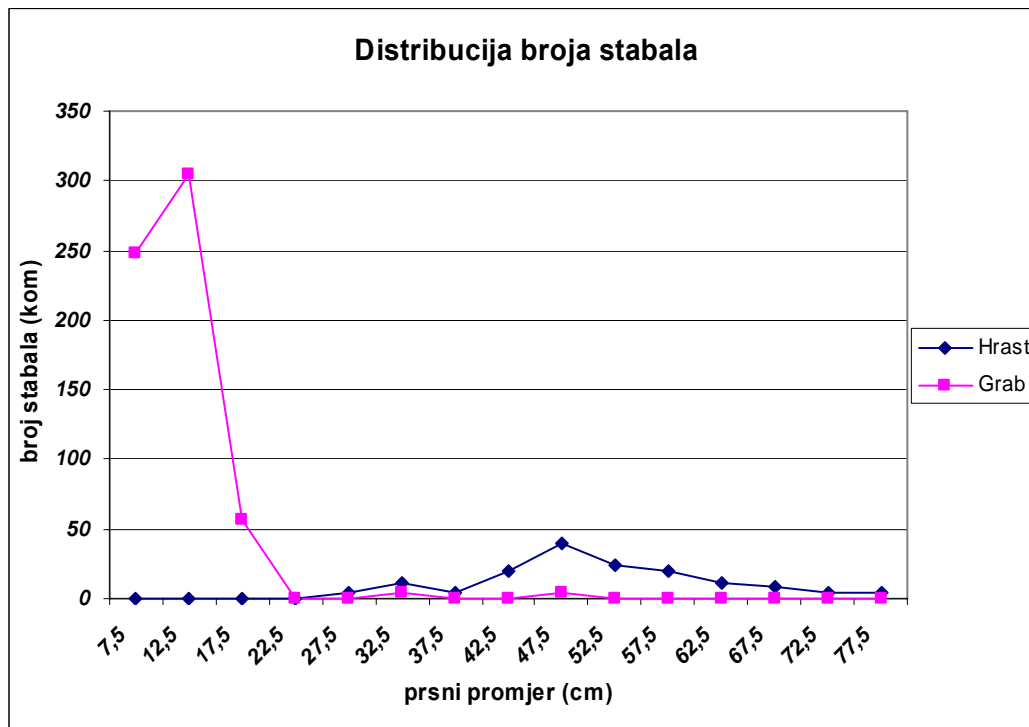
Odsjek: a

f:

4

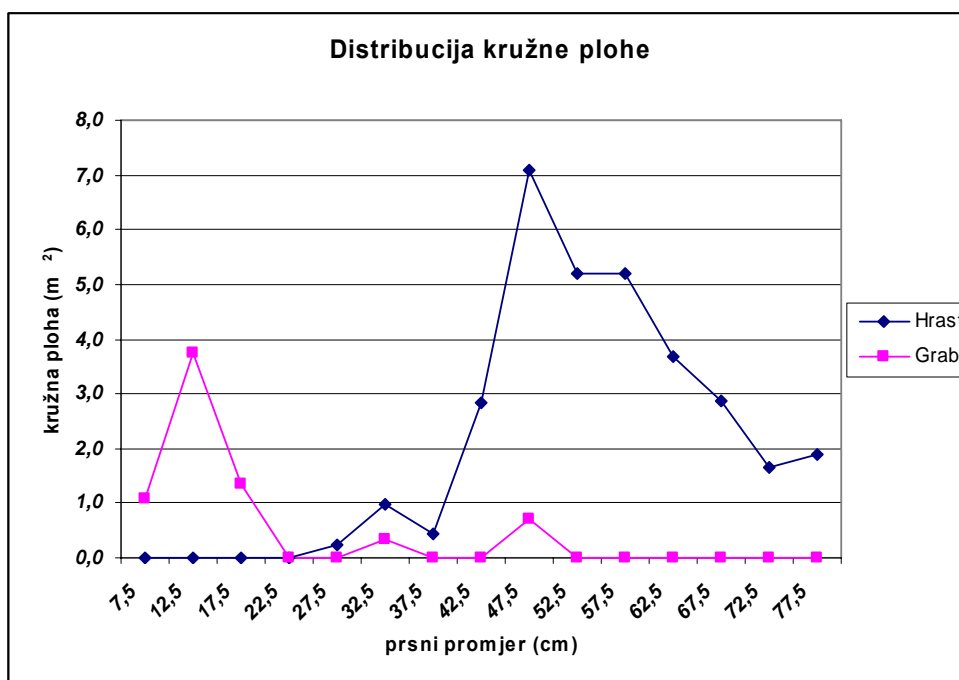
ds	N/ha					G/ha					V/ha				
	Hrast n	Grab n	OTB n	##	SUMA n	Hrast m ²	Grab m ²	OTB m ²		SUMA m ²	Hrast m ³	Grab m ³	OTB m ³	0,0	SUMA m ³
7,5		248			248		1,10			1,10		2,2			2,2
12,5		304			304		3,73			3,73		22,2			22,2
17,5		56			56		1,35			1,35		10,8			10,8
22,5															
27,5	4				4	0,24				0,24	3,0				3,0
32,5	12	4			16	1,00	0,33			1,33	13,2	3,5			16,7
37,5	4				4	0,44				0,44	6,2				6,2
42,5	20				20	2,84				2,84	41,2				41,2
47,5	40	4			44	7,09	0,71			7,80	106,3	8,1			114,5
52,5	24				24	5,20				5,20	80,1				80,1
57,5	20				20	5,19				5,19	81,9				81,9
62,5	12				12	3,68				3,68	59,2				59,2
67,5	8				8	2,86				2,86	46,8				46,8
72,5	4				4	1,65				1,65	27,4				27,4
77,5	4				4	1,89				1,89	31,7				31,7
82,5															
87,5															
92,5															
97,5															
102,5															
107,5															
112,5															
117,5															
122,5															
SUMA	152	616			768	32,07	7,21			39,29	497,0	46,8			543,8
Omjer	19,8	80,2			100,0	81,6	18,4			100,0	91,4	8,6			100,0

Na grafikonu 13. prikazana je distribucija broja stabala po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za obje vrste drveća izmjerene na plohi 5 ZGM.



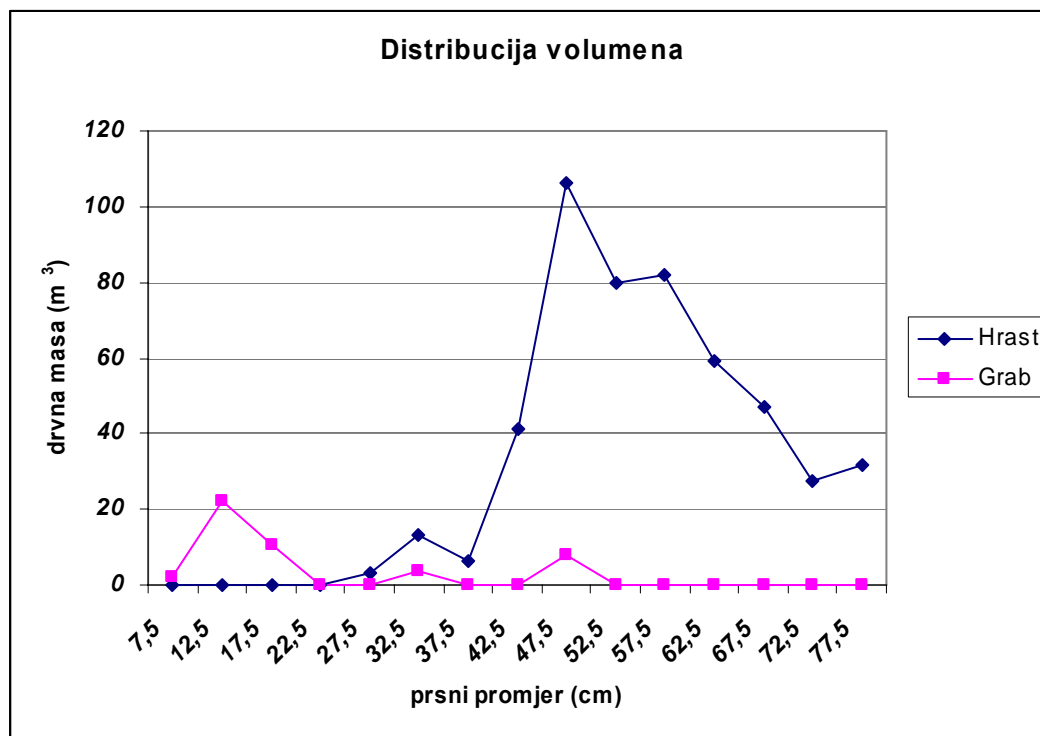
Grafikon 13. Distribucija broja stabala hrasta lužnjaka i običnoga graba na plohi 5 ZGM

Na grafikonu 14. prikazana je distribucija kružne plohe (temeljnice) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za vrste drveća izmjerene na plohi 5 ZGM.



Grafikon 14. Distribucija kružne plohe (temeljnice) hrasta lužnjaka i običnoga graba na plohi 5 ZGM

Na grafikonu 15. prikazana je distribucija drvene mase (volumena) po hektaru u odnosu na debljinske stupnjeve za sve vrste drveća izmjerene na plohi 5 ZGM.



Grafikon 15. Distribucija drvene mase (volumena) hrasta lužnjaka i običnoga graba na plohi 5 ZGM

Obradom terenskih podataka unesenih u bazu, za svih pet postavljenih pokusnih ploha u sklopu ovoga projekta izračunata je distribucija prsnih promjera, odnosno broja stabala po hektaru za svaku vrstu drveća i ukupno na plohi, distribucija kružnih ploha (temeljnica) po hektaru za svaku vrstu drveća i ukupno kao i distribucije volumena (drvene mase) po hektaru za svaku vrstu drveća i ukupno (Tablice 6-10). Omjeri smjese obračunati su prema broju stabala, temeljnici i volumenu na svakoj istraživanoj pokusnoj plohi.

Analizom distribucija prsnih promjera, temeljnica i volumena za sve strukturne veličine pripadajućih vrsta drveća na pokusnim plohama, prikazane po jedinici površine, određene su srednje vrijednosti (\bar{x}), standardne devijacije (s_x), standardne pogreške ($s_{\bar{x}}$), koeficijenti varijacije ($C.V.$), koeficijenti spljoštenosti (β_2) i koeficijenti skošenosti (β_1) za svaku pokusnu plohu.

Temeljem do sada prikupljenih podataka te uspostavljenog praćenja prepoznata je potreba nastavka suradnje na sličnim projektima kontinuiranog praćenja svih strukturnih elemenata šuma te štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika.

U narednom 3-5 godišnjem periodu bilo bi potrebno postaviti još nekoliko trajnih pokusnih ploha u gospodarskim jedinicama na području grada Zagreba i to u specifičnim šumskim zajednicama koje nisu mogle biti obuhvaćene ovim prvim istraživanjima radi vremenskog ograničenja. Tako bi se istraživanja i praćenja ovog tipa sa istim ili nešto obuhvatnijim

ciljevima proširilo na sve karakteristične sastojine zastupljene u šumama na području Grada Zagreba.

Trajnim praćenjem svih elementa stabilnosti i zdravstvenog stanja sastojina zasigurno bi se osigurali dobri temelji za bolju prevenciju i zaštitu šuma na području Grada Zagreba, a time utjecalo na kvalitetu života u našem gradu.

Tablica 6. Biometrijska analiza podataka prsnih promjera, kružnih ploha i volumena na plohi broj 1.

**Biometrijska analiza prsnih promjera
po vrstama drveća na plohi broj 1**

<i>Obična jela</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
18,65	21,17	1,52	113,47	2,25	3,95
<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
43,55	13,86	1,18	31,83	-0,08	-0,41
<i>Obični jasen</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
45,46	15,08	2,90	33,17	-0,72	1,35

**Biometrijska analiza kružnih ploha (temeljnica)
po vrstama drveća na plohi broj 1**

<i>Obična jela</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,06	0,14	0,01	231,11	2,98	9,20
<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,16	0,10	0,01	58,28	0,63	-0,03
<i>Obični jasen</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,18	0,10	0,02	55,48	0,71	1,99

**Biometrijska analiza volumena (drvne mase)
po vrstama drveća na plohi broj 1**

<i>Obična jela</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,97	2,46	0,18	252,99	3,14	10,64
<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
1,74	1,11	0,09	63,62	0,72	0,14
<i>Obični jasen</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
1,92	1,15	0,22	59,99	0,91	2,35

Tablica 7. Biometrijska analiza podataka prsnih promjera, kružnih ploha i volumena na plohi broj 2.

**Biometrijska analiza prsnih promjera
po vrstama drveća na plohi broj 2**

<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
50,11	17,86	2,79	35,64	-0,22	-1,11
<i>Obična jela</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
22,88	5,19	2,59	22,67	0,73	-1,86

**Biometrijska analiza kružnih ploha (temeljnica)
po vrstama drveća na plohi broj 2**

<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
0,22	0,14	0,02	61,92	0,26	-0,93
<i>Obična jela</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
0,04	0,02	0,01	45,55	0,92	-0,92

**Biometrijska analiza volumena (drvne mase)
po vrstama drveća na plohi broj 2**

<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
4,38	3,00	0,47	68,41	0,35	-0,84
<i>Obična jela</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
0,37	0,20	0,10	53,71	0,96	-0,70

Tablica 8. Biometrijska analiza podataka prsnih promjera, kružnih ploha i volumena na plohi broj 3.

**Biometrijska analiza prsnih promjera
po vrstama drveća na plohi broj 3**

<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
35,00	10,07	1,40	28,78	-0,25	-0,31
<i>Hrast kitnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
39,50	5,70	2,55	14,43	0,40	-0,18

**Biometrijska analiza kružnih ploha (temeljnica)
po vrstama drveća na plohi broj 3**

<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
0,10	0,05	0,01	52,28	0,42	-0,40
<i>Hrast kitnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
0,12	0,04	0,02	28,94	0,65	0,02

**Biometrijska analiza volumena (drvne mase)
po vrstama drveća na plohi broj 3**

<i>Obična bukva</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
1,82	1,10	0,15	60,63	0,57	-0,30
<i>Hrast kitnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s \bar{x}$	C.V.	β_1	β_2
1,27	0,41	0,18	32,36	0,69	0,06

Tablica 9. Biometrijska analiza negrupiranih podataka prsnih promjera, kružnih ploha i volumena na plohi broj 4.

**Biometrijska analiza prsnih promjera
po vrstama drveća na plohi broj 4**

<i>Hrast lužnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
35,59	6,64	0,97	18,66	0,29	-0,81
<i>Obični grab</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
16,03	6,06	1,47	37,83	-0,31	-1,49
<i>Ostala meka bjelogorica</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
12,09	4,04	0,37	33,45	0,34	-0,89

**Biometrijska analiza kružnih ploha (temeljnica)
po vrstama drveća na plohi broj 4**

<i>Hrast lužnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,10	0,04	0,01	37,18	0,58	-0,64
<i>Obični grab</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,02	0,01	0,00	63,81	0,00	-1,68
<i>Ostala meka bjelogorica</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,01	0,01	0,00	64,39	0,85	0,25

**Biometrijska analiza volumena (drvne mase)
po vrstama drveća na plohi broj 4**

<i>Hrast lužnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
1,77	0,78	0,11	44,15	0,65	-0,57
<i>Obični grab</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,18	0,13	0,03	73,78	0,09	-1,72
<i>Ostala meka bjelogorica</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,10	0,08	0,01	82,52	1,52	3,45

Tablica 10. Biometrijska analiza podataka prsnih promjera, kružnih ploha i volumena na plohi broj 5.

**Biometrijska analiza prsnih promjera
po vrstama drveća na plohi broj 5**

<i>Hrast lužnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
50,51	10,90	1,77	21,57	0,14	0,03
<i>Obični grab</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
11,09	4,05	0,33	36,54	5,23	38,16

**Biometrijska analiza kružnih ploha (temeljnica)
po vrstama drveća na plohi broj 5**

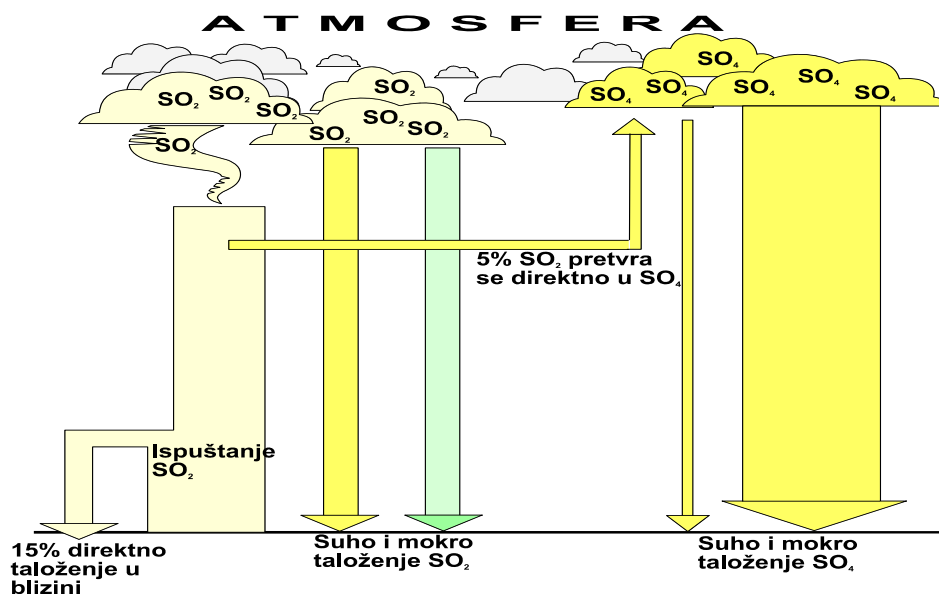
<i>Hrast lužnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,21	0,09	0,01	42,29	0,74	0,58
<i>Obični grab</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,01	0,01	0,00	131,85	8,41	79,73

**Biometrijska analiza volumena (drvne mase)
po vrstama drveća na plohi broj 5**

<i>Hrast lužnjak</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
4,06	1,95	0,32	48,08	0,84	0,74
<i>Obični grab</i>					
\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2
0,07	0,15	0,01	206,23	8,97	88,18

3. PRAĆENJE TALOŽNIH TVARI

U urbanim i industrijskim područjima atmosferu onečišćuju plinovi, pare i prašine koje se otpuštaju u zrak iz raznih izvora onečišćenja, iz uređaja za sagorijevanje goriva, npr. razna ložišta, kao i ispušni plinovi automobila. Plinovi, pare i prašina koji se ispuštaju sadržavaju razne spojeve koji mogu biti manje ili više toksični te djeluju na šumske ekosustave. U atmosferu dospijevaju produkti sagorijevanja fosilnih goriva, kao što su oksidi dušika, policiklički aromatski ugljikovodici, teški metali te sumporni dioksid koji nastaje oksidacijom sumpora sadržanog u gorivu. Plinovite i krute tvari koje se ispuštaju u atmosferu vraćaju se na površinu zemlje u svom izvornom ili promijenjenom obliku i to sedimentacijom ili ispiranjem kišom. Kisela taloženja uglavnom su posljedica emisije sumpornog dioksida i dušičnih oksida koji se u atmosferi djelomično oksidiraju u sumpornu i dušičnu kiselinu i sa sedimentima talože na biljke i tlo. Kisele kiše također oštećuju materijale i izazivaju koroziju, a taloženjem na tlo i njegovim zakiseljavanjem mogu pogodovati mobilizaciji teških metala, koji se resorbiraju od biljaka i lancem ishrane dolaze u ljudski organizam. Kada kažemo kako je zrak oko nas onečišćen? Prema Sienfeldu (1986) onečišćenje se može jednostavno definirati kao atmosfersko stanje u kojem su tvari u koncentracijama višim od normalnih vrijednosti i te povišene vrijednosti utječu na ljude, životinje, vegetaciju i tlo. Ravnoteža sumpora prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Model balansa sumpora u atmosferi (oksidacija SO_2 u SO_4)

Direktno se taloži 15% SO_2 u blizini izvora onečišćenja, dok se 85% pretvara u SO_4 u atmosferi (oksidacija SO_2 u SO_4).

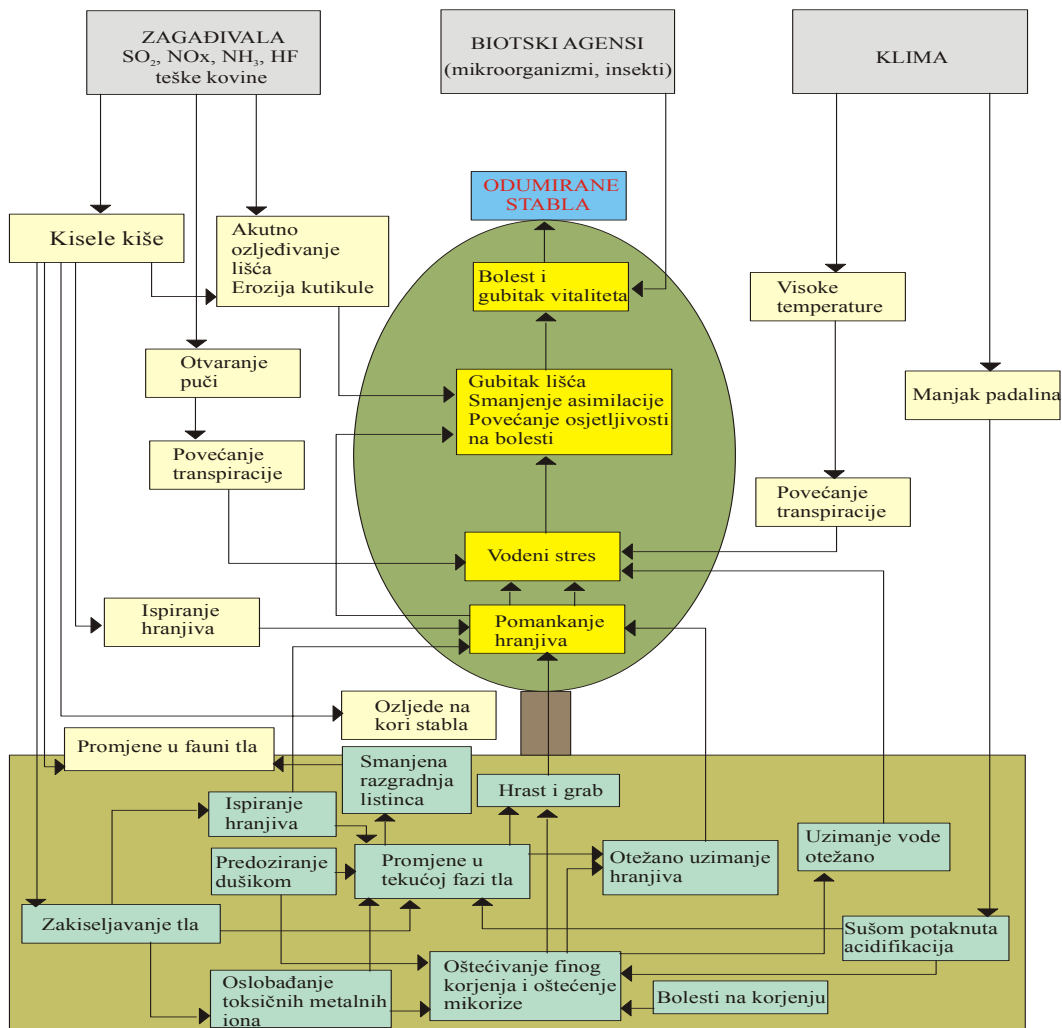
Poznato je kako tvari iz atmosfere dospijevaju na površinu zemlje (vegetaciju, tlo, jezera) suhim i mokrim taloženjem. Mokro taloženje je kad element padalina (kapi kiše, kristali, pahuljice snijega, susnježica, solika i dr.) pri padanju iz oblaka pakupe i ujedno otope čestice ili tvari na koje nailaze na svom putu prema tlu. Padaline ispiru atmosferu (sloj u kojem nastaje i egzistira oblak te prostor kroz koji prolaze oblačni elementi na putu do tla). Već unutar oblaka počinje kemijsko otapanje te daljnje mehaničko ispiranje. Do suhog taloženja tvari pretežno dolazi usljed djelovanja sile teže. Suho taloženje je dulji proces i nije

ovisno o padalinama. Sulfati i nitrati smanjuju pH padalina. Čista voda, u ravnoteži s atmosferskim CO₂ (do 0,03%) ima pH 5,6. Po jedinstvenom dogovoru sve padaline koje imaju vrijednosti manje od 5,6 nazivaju se kiselim padalinama.

Još je u prošlom stoljeću britanski kemičar Robert Agnus Smith utvrdio jako onečišćenje zraka u industrijskoj zoni Manchestera i pojavu sumporne kiseline u kišnici. On je prvi upotrijebio naziv "kisele kiše" koji se danas uglavnom upotrebljava u terminologiji kemije padalina kod klimatologa. U kemiji zraka govori se danas o 3000 do 5000 stranih tvari antropogenog podrijetla, a do danas nije potpuno poznato kako te tvari djeluju na šume i šumska staništa (Filipan i dr. 1996).

Ravnoteža u atmosferi koju stvaraju karbonati, hidrokarbonati i ugljični dioksid, uključujući i kapi vodene pare, ima graničnu vrijednost kod pH 5,6. Pa ipak, sama vrijednost pH padalina nije dovoljna pri analizi kemijskog stanja atmosfere. U pojedinim industrijskim područjima često se pojavljuje efekt neutralizacije, pa tako pH padalina može biti veći od 5,6. Kod takvih situacija ne znači kako ove padaline neće zakiseliti tlo. Iz ovog razloga, definiranje kiselih padalina treba pratiti preko određivanja niza kemijskih elemenata (tvari) u padalinama, kao što su hidrokarbonati, sulfati, nitrati, amonijak, klorid i teške metale (olovo, cink, kadmij, bakar, mangan, živa, željezo). Na Slici 2. prikazan je princip suhog i mokrog taloženja

Efektivno ispiranje tvari iz atmosfere u šumske ekosustave (mokro taloženje) prisutno je na području Hrvatske od 100 do 130 dana godišnje. Ukupno taloženje predstavlja zbroj suhoga i mokroga taloženja. Suho taloženje može iznositi i do 50% ukupnog taloženja, ovisno o meteorološkim uvjetima.



Slika 2. Transport i taloženje tvari iz atmosfere prema Schäferu i dr. (1988)

Prvi ozbiljniji znakovi posljedica zakiseljavanja kiselim kišama primijećeni su u Skandinaviji kada su iz pojedinih jezera nestale neke vrste riba ili su u najgorem slučaju sve vrste iščezle. To je bilo 50-tih godina dvadesetog stoljeća. Tek nakon 1960. godine znanstvenici su bili sposobni odrediti uzroke zakiseljavanja i povezati efekte zakiseljavanja u svakom specifičnom slučaju (Hannenber 1993). Danas su tisuće jezera i rijeka u Skandinaviji zakiseljeni, kao i podzemne vode koje služe za piće. U ranim sedamdesetim godinama prošlog stoljeća intenzivno se proučavao problem zakiseljavanja rijeka i jezera (Likens i Borman 1974). Među prvima su Ulrich i dr. (1979, 1980), Ulrich i Summer (1991) ukazali kako je zakiseljavanje šumskog tla kiselim kišama potencijalna opasnost za oštećenje nekog šumskog ekosustava.

Prema Levačiću (1997) formiranje kemijskog sastava prirodnih voda počinje već u atmosferi, kada kapi vode otapaju plinove i krute čestice koje se nalaze u atmosferi. Najprije su to O₂, N₂ i CO₂ te SO₂ i SO₃, a poslije električnih pražnjenja u atmosferi i NO_x. Zahvaljujući velikoj sposobnosti otapanja, voda na površini ili prolazom kroz tlo razlaže i otapa različite sastojke. Već prije novog doba postojala je spoznaja kako voda prolazi kroz slojeve tla i na svom putu otapa minerale.

Najčešći način opterećenja tla kao dijela šumskog ekosustava odražava se na njegovom zakiseljavanju. To je najčešći slučaj, a i najlakše se može provjeriti. Kod istraživanja utjecaja taložnih tvari na naše šumske ekosustave poseban je problem činjenica što se procjenjuje kako u atmosferi našeg kontinenta ima puno stranih tvari antropogenog podrijetla (aerosoli, prašine, plinovi) Komlenović i dr. (1991). Kako ti sastojci djeluju na biljke još uvijek je malo poznato, ali se zna kakve učinke imaju na površine krošanja i asimilacijski aparat nekog šumskog ekosustava (De Vries i dr. 1994, 2000; Gračan 2000; Tikvić i dr. 1997; Komlenović i dr. 1992). Sposobnost drveća za primanje taložnih tvari iz atmosfere u novijoj su literaturi proučavali Smith i Dochinger (1976), Hill, (1971), Keller (1978), Waren (1973) Williams (1990). U svim navedenim radovima razmatrano je kako je vegetacija opskrbljena glavnim filtrom za preuzimanje taloženja iz atmosfere i ima značajnu funkciju za protok tvari iz atmosfere u biosferu (Smith 1990).

Neprekidno zakiseljavanje povlači za sobom niz sekundarnih posljedica, kao što je rastvorljivost teških toksičnih metala, hranjivih materija te njihov prijelaz u tekuću fazu (otopinu tla) koja dalje odlazi u podzemne vode. Na taj se način smanjuje resurs pitke vode, što dovodi do drugih popratnih pojava. Prema Brechtelu i dr. (1991) u onim slučajevima gdje je značaj šume za kvalitetno snabdijevanje vodom prioritetno za neko područje, treba dobro razmisliti i odvagati trebaju posve ili u kolikoj mjeri zanemariti iskorištavanje drveta kao glavnog šumskog prinosa ili proizvoda sa šumskih staništa. U tom je slučaju nužno u određenim klimatskim uvjetima i područjima poznati kvalitetu i količinu voda koje se kreću kroz pojedine šumske ekosustave prema podzemnim vodama koje se u većini slučajeva upotrebljavaju za vodoopskrbu. Ovi su problemi dosta istraživani - Brechtel (1970, 1975), Lehnardt i dr. (1983). Rezultati istraživanja pokazali su kako količina vode koja dođe do podzemnih voda pod različitim šumskim sastojinama ovisi o vrsti drveća, starosti i načinu gospodarenja. Isto se tako zagađivala, koja dolaze taloženjem iz atmosfere, kumulativno nakupljaju i tim se njihovo opterećenje stalno povećava te usljed toga može dovesti u pitanje i zaštitnu funkciju šume, naročito kada se radi o snabdijevanju vodom. Vidljivi morfološki znaci oštećenja šumskog ekosustava upozoravaju nas kako nešto nije u redu u samom tlu. Posebno je to važno kada su u pitanju tla koja imaju niži puferni kapacitet (tla na kiselim matičnim supstratima npr.) Ulrich (1981, 1982, 1983). Osim na tla, zagađivala ili "polutanti" kako ih mnogi često zovu, djeluju i na genetičku građu pojedinih vrsta drveća (Gračan 1990) pa su očuvanje i konzervacija genofonda jedan od važnih zadataka u šumarskoj struci, a usljed zagađivanja moglo bi dovesti do mnogih drugih ekoloških problema u našima šumama.

Prvi nalazi kod nas o zakiseljavanju i unosu zračnih polutanata u naše šumske ekosustave bili su objavljeni s područja Gorskog kotara gdje su se iznijeli prvi dokazi o jakom imisijskom opterećenju bukovih i bukovo-jelovih šuma u jugozapadnoj Hrvatskoj (Glavač i dr. 1985). Tom prilikom primijenila se metoda mikrostaništa gdje je na malom prostoru od velike količine slivene vode po stablu oblikovano mikrostanište u pridanku te kao takvo može služiti kao indikator za ocjenjivanje veličine unosa polutanata i senzitivnosti tla na utjecaj kiselina, akumulacije teških metala i drugih manje ili više štetnih spojeva.

Nakon prvih radova Glavača i drugih autora, važno je spomenuti kako se ta metoda počela primjenjivati na mnogim šumskim zajednicama te se dobio sveukupni uvid i na neki način "katastar" acidifikacije i akumulacije teških metala u našim šumskim ekosustavima. Neke teorije propadanja šumskog drveća povezane su sa zakiseljavanjem tala te ispiranjem

hranjiva iz njih, što se odražava i na sadržaj hranjiva u lišću i iglicama drveća (magnezij, kalcij) i ispiranju bazičnih kationa iz tla. Velike koncentracije elemenata u lišću i iglicama (sumpor, olovo, molibden, kadmij) ili pomanjkanje nekih hranjiva (magnezij) pokazatelji su prisutnosti onečišćenoga zraka u nekom šumskom ekosustavu.

Veliki broj autora smatra acidifikaciju šumskih tala izravno povezanu sa sniženjem pH-vrijednosti te porastom koncentracije Al^{3+} u otopini tla najodgovornijim čimbenikom za oštećenje i sušenje šuma u mnogim područjima. Prema Komlenoviću i dr. (1997) unos dušika u šumske sastojine u novije vrijeme, kada se smanjuje emisija sumpora, dovodi do poremetnje u prehrani šumskog drveća. Suvišak dušika stimulira rast lisne mase i usporava procese odrvenjavanja te nepovoljno utječe na razvoj korijenskog sustava i mikorize. To dovodi do poremetnji u prehrani te smanjenja otpornosti biljaka prema suši i niskim temperaturama. (Komlenović 1983).

Pretpostavljene klimatske promjene mogle bi kao posljedicu imati promjene u cijelom nizu ekoloških, tipoloških i proizvodnih značajki šuma u Republici Hrvatskoj, koje bi se, teorijski gledano, mogle očitovati u:

1. promjeni zastupljenosti sada prisutnih tipova šuma,
2. nestajanju nekih tipova šuma,
3. pojavi tipova šuma kojih sada na teritoriju države nema,
4. promjeni gustoća populacija pojedinih vrsta drveća,
5. promjeni omjera smjese u šumskim sastojinama,
6. promjeni proizvodnosti šumskih ekosustava,
7. promjeni ekološke stabilnosti i zdravstvenog stanja šuma i
8. promjeni ukupne ekonomske vrijednosti šuma (uključujući kako proizvodne, tako i općekorisne funkcije).

Tlo šumskih ekosustava, zbog ekstremnih klimatskih i reljefnih značajki te zbog svojih unutarnjih svojstava ima specifični status u odnosu na tla drugih ekosustava. Dosadašnja istraživanja upućuju na specifičnu redistribuciju štetnih tvari koja je karakteristična za tla šumskih ekosustava. To se odnosi prvenstveno na aero onečišćenje osobito u goskim područjima te na onečišćenje iz poplavnih voda u nizinskim područjima. Nadalje klimatske promjene i hidrotehnički zahvati u području velikih rijeka uzrok su promjena vodnih režima koje se manifestiraju fiziološkim slabljenjem drveća i učestalijim sušenjem drveća u starijim sastojinama osobito hrasta lužnjaka.

U prirodnim su vodama glavni ioni; kao anioni su kloridi, sulfati, hidrogen karbonati, a od kationa natrij, kalcij, magnezij i posebno važni vodikovi H^+ -ioni kojih nema puno u vodi, ali je njihova prisutnost od vrlo velikog značenja. U malim koncentracijama kao anioni se nalaze još ostali halogenidni ioni, fosfati, nitrati i nitriti, hidrogensulfid i drugi, a kao kationi željezo, mangan, amonij-ion (Levačić 1997).

Kloridi (Cl^-) se nalaze većinom u prirodnim vodama. Koncentracija im dosta varira u odnosu na porijeklo vode te geografsku širinu. Prirodna koncentracija klorida u padalinama iznosi oko 1 mgL^{-1} . Glavni izvor klorida su otopljene soli koje se nalaze u raznim sedimentima, more i slana morska prašina, produkti razlaganja nekih minerala koji sadrže klor, disperzirani kloridi u magmatskim stijenama i produkti vulkanizma. Ako su u zraku prisutne čestice s kloridima, onda uslijed djelovanja sumporne kiseline (koja je posljedica emisije sumpornog dioksida) dolazi do stvaranja solne kiseline. Kloridi mogu dospjeti u

atmosferu i nekim drugim procesima (u industriji-elektroliza), procesima u kojima se koristi klor, kod posipavanja prometnica solju, spaljivanjem organskih polimera, preko raznih kemikalija koje sadrže klor (npr. kemikalije koje se koriste u poljodjelstvu). Blizu prometnica i većih gradova veliki izvor klorida dolazi iz ispušnih plinova automobila, a isto se tako oslobađaju i sagorijevanjem ugljena (ugljen sadrži 0,4% klora).

Sulfat-ioni (SO_4^{2-}) su, uz kloride, glavni anioni morske vode i jako mineraliziranih kopnenih voda. Koncentracija sulfata u prirodnim i slatkim vodama varira od 0,2 do 100 mgL^{-1} . Glavni izvor sulfata u vodama su sedimentne stijene koje sadrže gips, oksidacijski procesi sumpora, sulfidnih minerala i sumporovodika te raspadanje organskih tvari. U hidrogeokemijskom ciklusu sulfat nije jako stabilan, jer se u redukcijskoj sredini lako reducira do sulfida koji opet u odgovarajućoj sredini lako oksidira do sumpora i sulfata. Taloženje sulfata uglavnom je vezano uz sagorijevanje fosilnih goriva, pri čemu se otpušta sumporni dioksid (SO_2). Izvori SO_2 su termoelektrane i toplane, industrija i kućna ložišta. Sulfat nastaje u atmosferi kao sekundarni produkt iz sumpornog dioksida tijekom nekoliko sati do nekoliko dana.

Karbonati (CO_3^{2-}) i hidrogenkarbonati (HCO_3^-) nalaze su u prirodnim vodama usljed otapanja CO_2 iz atmosfere, otapanja karbonata iz tla i karbonatnih stijena te otapanja CO_2 koji dolazi iz dubljih slojeva zemljine kore. Odnosi nedisocirane karbonatne kiseline H_2CO_3 , karbonat-iona CO_3^{2-} i hidrogenkarbonat-iona HCO_3^- određeni su veličinom pH i sukladni su karbonatnoj ravnoteži u prirodnim vodama.

Spojevi dušika u prirodnim vodama prisutni su kao amonijak NH_3 , amonij-ion NH_4^+ , nitrit NO_2^- , nitrat NO_3^- , a ovisi o pH i redoks uvjetima. Dušični spojevi dolaze i kao mnogobrojni prirodni organski spojevi koji sadrže dušik. U vodu oni dolaze kao produkt raspadanja organizama, unošenjem padalina te tehnološkim i komunalnim otpadnim vodama, ali najviše iz prirodnih i umjetnih gnojiva. Biljke ne mogu koristiti sav dušik iz umjetnih gnojiva (od 30 do 70%), nego se on ispire i odlazi dalje u podzemne vode. U čistim prirodnim vodama dušika ima ispod 10 mgL^{-1} (u obliku NO_3^-), a veće koncentracije već predstavljaju onečišćenje. Taloženje nitrata veće je uz prometnice gdje je veći protok motornih vozila. Isto se tako nitrati oslobađaju raznim industrijskim procesima, iz gnojiva i kemikalija za tretiranje biljaka. Kao i sulfati, nitrati nastaju u atmosferi sekundarnim reakcijama iz dušičnih oksida tijekom nekoliko sati i dana. Dušični oksidi ključni su plinovi u nastajanju tzv. "fotokemijskog smoga", za koji su karakteristične i visoke koncentracije anorganskih nitrata. Amonijski oblik dušika otpušta se u atmosferu najvećim dijelom iz prirodnih izvora, osobito hidrolizom ureje iz životinjskog urina. Također se otpušta kod procesa sagorijevanja goriva iz frakcije dušika te iz industrijskih procesa koji upotrebljavaju NH_4 . U atmosferi se najčešće nalazi u obliku iona amonijeva sulfata koji suhom ili mokrom depozicijom dospijeva na površine krošanja i dalje na tlo.

Ioni alkalnih metala Na^+ i K^+ ioni nalaze se u svim prirodnim vodama. Natrijev ion je u puno većim koncentracijama nego kalijev ion. Glavni izvor Na^+ - iona su naslage NaCl u sedimentima morskog i kontinentalno-aridnog porijekla. Važno je izluživanje pri razlaganju alumosilikatnih stijena, kao i ionska izmjena, pri čemu Ca^{2+} -ioni zamjenjuju Na^+ ione u alumosilikatima koji su prirodni ionski izmjenjivači. Manji sadržaj kalija u vodi objašnjava se njegovom jačom adsorpcijom mineralima, tla kao i njegovom ekstrakcijom biljkama, za koje je kalij jedno od glavnih hranjiva.

Ioni zemnoalkalnih metala Ca^{2+} i Mg^{2+} nalaze se u gotovo svim prirodnim vodama, a pri tome je kalcij među najrasprostranjenijim kationima u prirodnim vodama. Topljivost kalcijevih i magnezijevih karbonata zavisi o količini otopljenog CO_2 . Tu je bitna tzv. karbonatna ravnoteža. U malo mineraliziranim vodama prevladava kalcij-ion nad magnezij-ionom, osim u području s ultrabazičnim stijenama. U jako mineraliziranim vodama prevladava magnezij-ion. Glavni izvor Ca^{2+} -iona su karbonatne stijene te gips u sedimentnim stijenama i plagioklasi iz eruptivnih stijena. Glavni izvor Mg^{2+} -iona su magnezijски silikati i dolomiti. Kalcij kao netoksični element pokazatelj je opterećenosti zraka prašinom prirodnog ili antropogenog porijekla. Kalcij je sastavni dio tla, građevinskih materijala, nalazi se u pepelu kod sagorijevanja ugljena itd.

Vodikovi ioni (H^+) te hidroksid ioni (OH^-) uvijek su prisutni u vodi. Oni određuju njen pH. Oba iona u prirodnim vodama reagiraju s prisutnim ionima suprotnog naboja pa je njihova količina u vodi uvjetovana količinom i vrstom ostalih iona. Odgovarajući kemijski procesi H^+ i OH^- -iona s prisutnim različitim ionima i tvarima imaju veliko značenje u ukupnom kemizmu prirodnih voda. Prisutnost raznih kiselina ili lužina u vodi mijenja koncentraciju vodikovih iona, mijenja pH pa bez obzira na njihovu općenito malu koncentraciju, reakcija neke vode ili otopine često je presudna za kemijska i ostala svojstva.

Padaline ispiru tvari u tlo i dalje kroz profil tla. One se zadržavaju ili nakupljaju te odlaze dalje u podzemne vode, rijeke, mora. Osjetljivost nekog šumskog ekosustava ovisi o pufernoj moći tla na kojem taj ekosustav egzistira. Za šumsku zajednicu hrasta lužnjaka i običnoga graba na plohama 4 i 5 glavni predstavnik tala je pseudoglej nizinski (dystric, Albeluvisol, gleyic) (Slika 3 i 4).



Slika 3. i 4. Pseudoglej nizinski u šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba na plohi 4 u Obreškome lugu šumarija Remetinec

Na plohama br. 1, i 2, 3 glavni tip tla je kiselo smeđe tlo na zelenim škriljevcima (dystric, Cambisol, skeletic)



Slika 5. i 6. Ploha 1 na Medvednici



Slika 7. Ploha 3 na Medvednici



Slika 8. Ploha 2 na Medvednici

Tablica 11. Popis ploha na području grada Zagreba

Ploha br.	Lokacija	Nadm. visina	Inklinac.	Ekspozic.	Vegetacija	GPS koordinate	
						E	N
1	Medvednica	920	18	SE	Bukva i jela	5574585	5084558
2	Medvednica	775	12	SE	Bukva i jela	5574721	5083348
3	Medvednica	384	10	SE	Bukva	5576142	5082043
4	Obreški lug	134	-	-	Hrast i grab	5574919	5062191
5	Duboki jarak	117			Hrast i grab	5593305	5075295

Cilj istraživanja je metodom bulkova i kišomjera mjerenje količine kationa i aniona koji su prispjeli padalinama ispod krošanja drveća. Takvom pristupu istraživanjima želi se utvrditi:

-količinu istraživanih kemijskih elemenata u kg ha^{-1} koji se talože u važnijim šumskim ekosustavima grada Zagreba (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , H^+)

-osnovna kemijska i fizikalna svojstva tla istraživanoga područja kao i tipove tala koji su zastupljeni na pokusnim plohama

Metode rada

GPS-om (Garmin Etrex Summit) su izmjerene koordinate, a nadmorske visine očitane s topografskih karata 1: 25.000. Na svakoj je plohi napravljena izmjera svih stabala, a na podplohama je svako stablo, uz oznaku prsne visine, dobilo svoj broj.

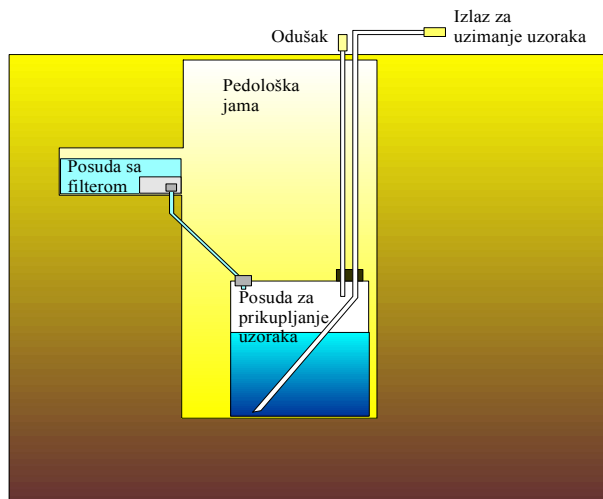
Plohe su također opremljene lijevcima (bulkovima) za uzorkovanje i mjerenje padalina (taloženje suhe i mokre depozicije). Na svakoj se plohi postavljalo do 5 bulkova ispod krošanja stabala, u dijagonalnom poretku.

Takav broj kišomjera i lijevaka treba kako bi se u ljetno vrijeme uzorak mogao sakupiti ako ima malo padalina, a kišomjeri ispod krošanja izmjeriti prosječnu količinu padalina u šumskoj sastojini. Poznato je kako prokapavanje kroz krošnju drveća nije svugdje jednakog intenziteta, a kako bi se izbjegla velika varijabilnost treba veći broj mjernih instrumenata. (Slika 9).



Slika 9. Bulk za mjerenje količine padalina i uzorkovanje na plohi

Kretanje vode kroz tlo, kao i procjeđivanje kroz određeni volumen tla, istražuje se lizimetrima. Njima se može mjeriti kvaliteta otopine tla, kao i tvari koje dolaze u tlo padalinama te se ispiru dalje u podzemne vode ili odlaze bočno po nepropusnom horizontu tla. Riječ lizimetar izvedena je iz grčkih riječi “lisis”, što znači otapanje i “metrom”, što znači mjerenje. Ovaj je naziv primjenjiv na svaki uređaj koji se koristi za proučavanje količine i kvalitete vode u tlu, koja prolazi kroz solum tla ili se pak bočno kreće po nekom nagibu. Lizimetri su u početku bili korišteni s ciljem mjerenja komponenata vodne bilance tla- evapotranspiracije, promjena zaliha fiziološki aktivne vode, kao i određivanja viškova vode u tlu-otjecanja u podzemne vode, a krajem prošlog stoljeća i u novije vrijeme sve se više koriste i za proučavanje kemijskog sastava perkolata u profilu tla. Na svim plohama ugraditi će se lizimetri na dubini od 30 cm za ocjenu kvalitete procjernih voda u šumskim ekosustavima.



Slika 10. Shema protočnog lizimetra za sakupljanje procjedne vode



Slika 11. Lizimetar ispod humusnog horizonta na 30 cm dubine

Tekućina koja se procjeđuje kroz tlo sakuplja se na dnu u plastične posude u obliku pravokutnika (dimenzije 46,5 X 23,5 cm, s visinama stranica 10 cm) te odvodi u posudu ispod sakupljača (kanistar od 25 do 30 l). Iz posude se kod uzorkovanja tekućina crpi posebnom crpkom i sprema u PVC-bočice za analize. Površina sakupljača kod ovakvog tipa lizimetra iznosi 1093 cm². Sakupljač je napunjen 96% čistim kvarcnim pijeskom i zajedno s posebnim filterima odvaja perkolat od čestica tla.

Svi se instrumenti prije postavljanja na plohe ispiru 10% dušičnom kiselinom te nekoliko puta redestiliranom vodom. Uzorkovanje tekućina obavljano je u nejednakim razmacima jednom do dva puta mjesečno što je ovisilo o količini padalina u ljetnom periodu. Uzorci su uzimani u ispirane PVC-reagens bočice te isti dan odaslati u laboratorij na analizu ili su se čuvali na tamnom (4 °C u hladnjaku). U tako čuvanim uzorcima kationi i anioni stabilni su nekoliko mjeseci.

Kiselost i vodljivost tekućine mjere se odmah nakon uzorkovanja. Za analizu kationa i aniona uzimali su se kompozitni uzorci. Na svakom bulku uzeto je po 2 dcl tekućine, pomiješano te je nakon toga takav pomiješani uzorak uzet u posebnu bočicu za analizu iona, a za analizu teških metala postupak je ponovljen, a uzorak uzet u zasebnu bočicu.

Uzorci prikazani u tablici 12 u postupku su obrade. Analize kationa i aniona pokazati će distribuciju suhe i mokre depozicije na području Medvednice i šire. Za potpuni monitoring potrebno je još opremiti jednu plohu i sve plohe lizimetrima.

U uzorcima tekućina sakupljenih tijekom 2008. godine određivale su se taložne tvari: Cl⁻, SO₄²⁻-S, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, Na⁺, K⁺, Ca²⁺ i Mg²⁺. Također se određivala kiselost (pH) i vodljivost u mS. Prosječna količina tvari nađena u kišomjerima pod zastorom krošnja u šumskim satojinama na pet ploha prikazana je u tablici 12. Također je u nekoliko navrata uzorkovan i analiziran snijeg kao i otopina tla sakupljena lizimetrima na području Medvednice (Tablica 13).

Uslijed samih položaja ploha i vrste tala na njima mogu se pojaviti razlike, a isto tako kratko vrijeme mjerenja može utjecati na rezultate. Ovi prvi rezultati uopće u lizimetrijskim istraživanjima na području šuma grada Zagreba upućuju nas kako je potrebno program

motrenja taložnih tvari i otopine tla usmjeriti na trogodišnji period kako bi rezultati mjerenja bili što pouzdaniji. Na taj način bi utvrdili koliko je taloženje na području grada u šumskim ekosustavima.

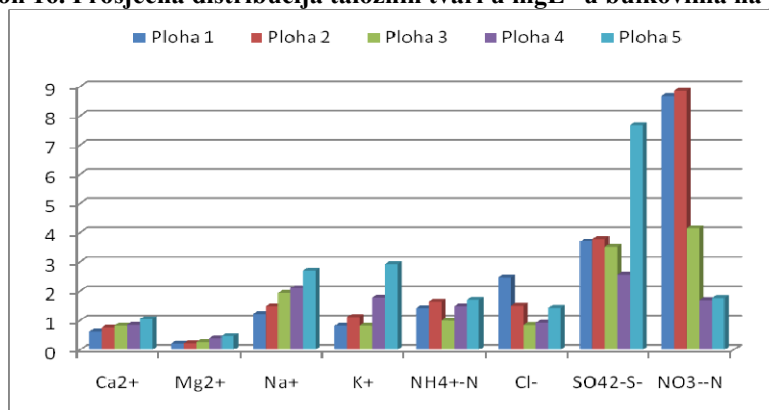
Tablica 12. Rezultati analize taložnih tvari u mg L⁻¹ uzorka iz bulkova na pokusnim plohama

Ploha	n	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NO ₃ ⁻ -N	pH	Vodljivost
		mg L ⁻¹									mS
1	11	0,63	0,21	1,22	0,82	1,410	2,46	3,70	8,67	6,32	107,98
2	11	0,76	0,22	1,47	1,12	1,65	1,49	3,79	8,84	6,27	139,50
3	11	0,82	0,26	1,94	0,82	0,99	0,84	3,51	4,14	6,26	89,14
4	10	0,85	0,38	2,10	1,78	1,47	0,92	2,55	1,70	6,34	116,54
5	8	1,04	0,46	2,71	2,92	1,710	1,42	7,67	1,77	6,69	90,70

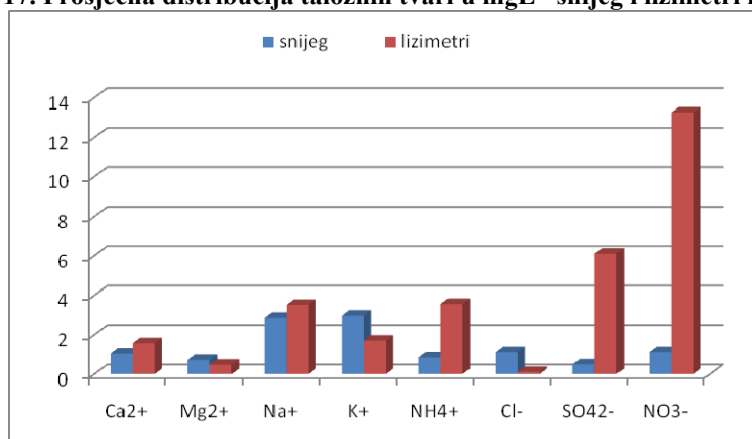
Tablica 13. Rezultati analize taložnih tvari u mg L⁻¹ uzorka snijega i lizimetara na pokusnim plohama

Ploha	n	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NO ₃ ⁻ -N	pH	Vodljivost
		mg L ⁻¹									mS
snijeg	4	1,04	0,72	2,87	2,98	0,840	1,11	0,49	1,11	6,59	8,30
lizimetri	7	1,57	0,47	3,53	1,70	3,57	0,11	6,1	13,26	5,98	57,83

Grafikon 16. Prosječna distribucija taložnih tvari u mg L⁻¹ u bulkovima na plohama



Grafikon 17. Prosječna distribucija taložnih tvari u mg L⁻¹ snijeg i lizimetri na plohama



Iz tablica 12 i 13 kao i iz grafikona 16 i 17 uočljivo je kako postoje razlike u taloženju kationa i aniona iz atmosfere na pojedinim plohama. Također su razlike u otopini tla koja je uzorkovana putem lizimetara. Na plohama Medvednice (osobito na plohi br. 1 gdje je

postavljena većina lizimetara) te vrijednosti su gotovo redovito veće. Kako je tlo kiselo na tom području, za pretpostaviti je da će u budućnosti doći do pada puferne sposobnosti tala na tom području i zakiseljenja potočnih voda a isto tako i podzemnih voda. Za daljnja istraživanja područja Medvednice trebalo bi postaviti još tri plohe a isto tako još tri plohe u nizinskim šumama oko Zagreba.

4. PRAĆENJA OŠTEĆENOSTI KROŠANJA (ICP)

S obzirom na stav da je najvažniji uzročnik sušenja šuma zračno onečišćenje, 1985. godine je u okviru konvencije UN i Europske komisije o prekograničnom onečišćenju (CLRTAP) osnovan Međunarodni program za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, skraćeno ICP Forests). Razvojem spoznaja o oštećenosti šuma došlo se do zaključka da uz zračno onečišćenje i drugi čimbenici stresa mogu imati jednako značajan utjecaj na propadanje šuma. Danas se smatra da je propadanje šuma uzrokovano nizom stresnih čimbenika čije je djelovanje prostorno i vremenski različito, te se propadanje šuma ne može pripisati jedinstvenom, zajedničkom čimbeniku stresa.

Monitoring, kao tip istraživanja, najbolje odgovara postavljenoj zadaći dobivanja podataka o stanju šumskih ekosustava. Prednost monitoringa (trajnog praćenja) je u dobivanju vremenskog niza podataka koji omogućuje ispravnije zaključivanje o stanju pojava koje, u ovome slučaju, variraju na godišnjoj razini.

Materijali i metode istraživanja

Za procjenu oštećenosti krošanja u ovome istraživanju korištene su metode programa ICP-Forests (PCC 1988). Osnovne značajke metode su sljedeće:

1. Parametri procjene oštećenosti su osutost (defolijacija) i gubitak boje (diskoloracija) asimilacijskih organa. Procjena se obavlja u koracima od 5 %, a kasnije se rezultati grupiraju u klase. **Značajno oštećenim stablom smatra se stablo osutosti iznad 25 %.**
2. Procjena se obavlja na predominantnim, dominantnim i kodominantnim stablima (Kraftove klase 1, 2 i 3), dakle nadstojnim stablima
3. Za procjenu u obzir se uzima samo osvijetljeni dio krošnje.
4. Postotak osutosti procjenjuje se na osnovi usporedbe konkretnog stabla s foto-priručnikom te zamišljenim lokalnim referentnim stablom, koje je definirano kao "najbolje stablo s potpunom krošnjom koje može uspjevati na određenom lokalitetu" (PCC 1988).
5. svakoj točki pridružuju se najvažniji podaci o sastojini (starost, nadmorska visina, ekspozicija, inklinacija itd.)
6. Procjenu obavljaju dva promatrača, uz korištenje dvogleda.

Vođeni ovim principima, organizirali smo plohe po ugledu na plohe Razine 1 bioindikacijske mreže za procjenu oštećenosti šuma u Hrvatskoj. Korišten je križni sistem s 24 stabla na plohi: kroz zamišljenu središnju točku svake plohe povučena su dva međusobno okomita lanca dužine 25 metara, na čijim je krajevima obilježeno šest najbližih stabala.

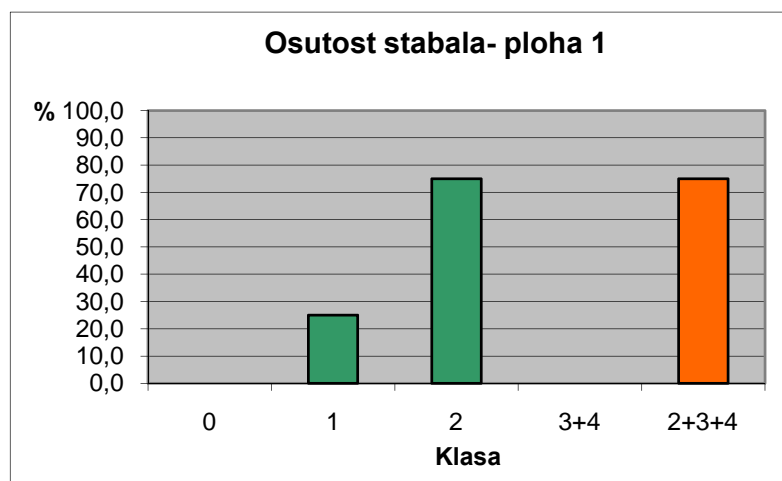
Pokusne plohe su odabrane u bukovim sastojinama GJ Sljeme - Medvedgradske šume, odjeli 2b, 6b i 9h.

Rezultati procjene obrađeni su uz pomoć programa Borland Paradox 7.0 i pohranjeni u bazi podataka Šumarskog instituta, Jastrebarsko.

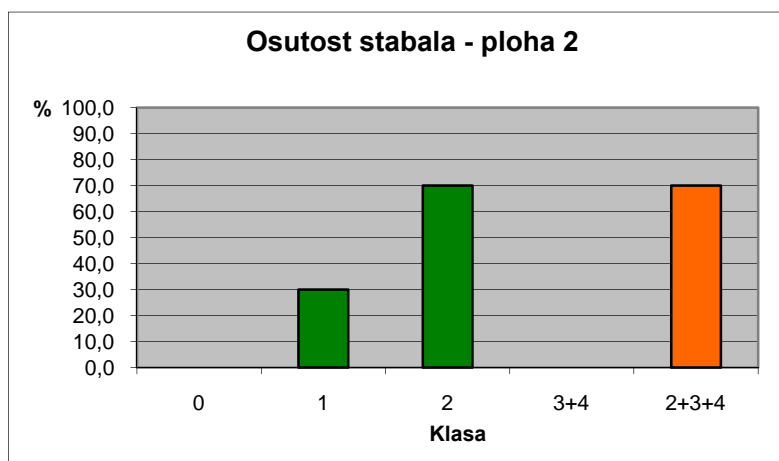
Rezultati istraživanja

Rezultati procjene oštećenosti krošanja prikazani u Grafikonima 18. do 22. pokazuju kako je stanje obične bukve relativno loše, što vidimo iz velikog udjela značajno oštećenih stabala (klasa 2+3+4), kao i male zastupljenosti stabala u klasi 0 (zdrava stabla, osutost 0-10%).

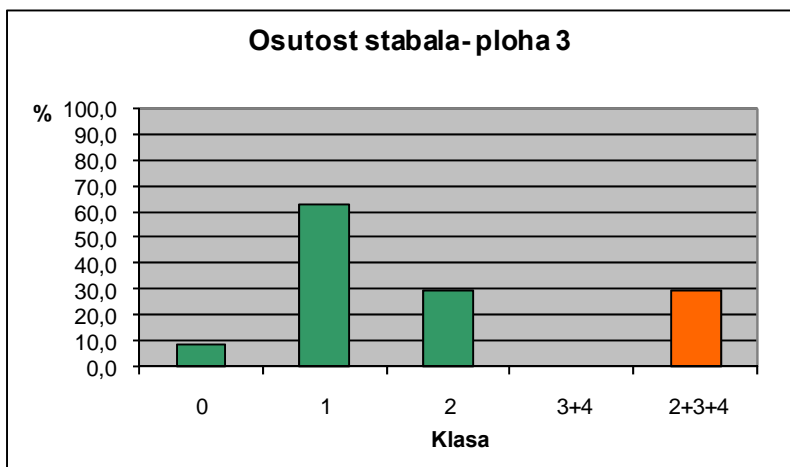
Grafikon 18. Oštećenost obične bukve na plohi 1.



Grafikon 19. Oštećenost obične bukve na plohi 2.

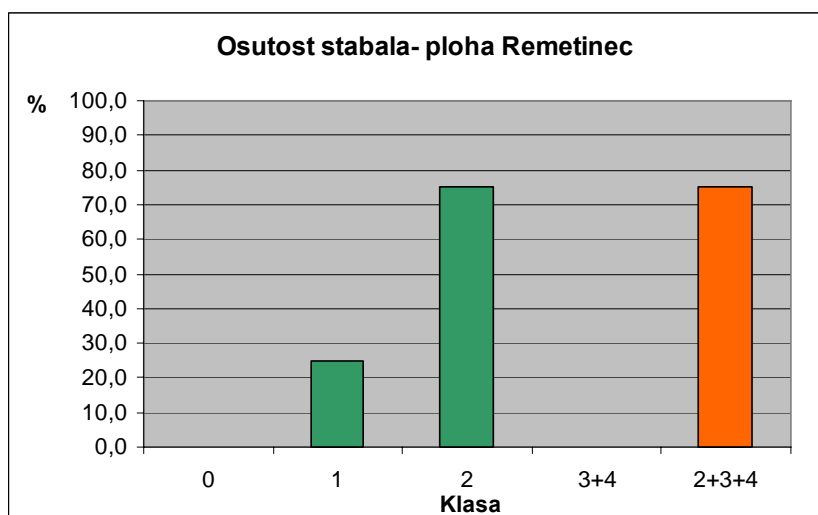


Grafikon 20. Oštećenost obične bukve na plohi 3.



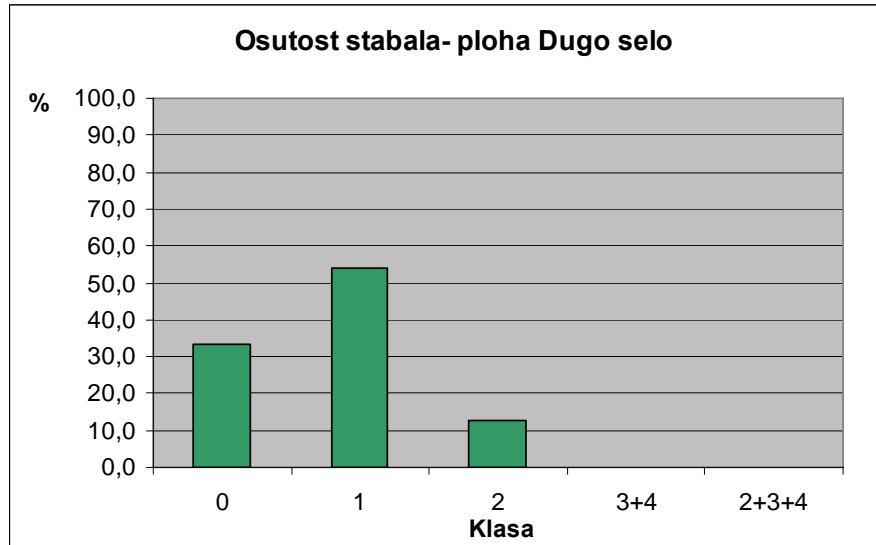
U usporedbi s prosjekom za Hrvatsku gdje se postotak značajno oštećenih stabala kreće se od 10-12% ovakva oštećenost bukve vrlo je velika. Ipak, povoljna je činjenica kako na niti jednoj istraživanoj plohi nisu zabilježena stabla u klasi 3 + 4 (osutost stabala iznad 60 %).

Grafikon 21. Oštećenost hrasta na plohi 4.



Ploha sa izrazito visokim postotkom značajno oštećenih stabala (75%) i što je zabrinjavajuće sa niti jednim stablom u klasi 0 (osutost 0-10%). Također treba napomenuti da se na plohi nisu zabilježena stabla sa osutošću većom od 60 %.

Grafikon 22. Oštećenost hrasta na plohi 5.



Za razliku od plohe Remetinec, stabla na ovoj plohi izuzetno su vitalna . Najveći broj stabala zabilježen je u klasi 1 (osutost 11-25%), a značajna oštećenost iznosi svega 12,5 %. Niti na ovoj plohi nisu utvrđena stabla sa osutošću većom od 60 %.

5. SPOSOBNOS SPREMANJA UGLJIKA

Procjena kapaciteta šuma Grada Zagreba na pohranu atmosferskog ugljika je učinjena za pet ploha postavljenih za potrebe ovog Projekta.

Zašto je to bitno poznavati? Živimo u vremenu kada su klimatske promjene vrlo izražene i njihovo djelovanje na život na Zemlji je vrlo intenzivno, pozamašnih razmjera sa progresivnim. U tom pogledu prvenstveno se misli na "učinak staklenika", koji se postupno pojačava stalnim rastom koncentracija tzv. stakleničkih plinova u zraku. Izravna posljedica toga je globalno zatopljenje odnosno povećanje prosječne temperature zraka.

Ugljični dioksid (CO₂) je staklenički plin koga u Zemljinoj atmosferi ima 0,0384 % (volumnog udjela) ili 384 ppm, mjereno u studenom 2007. CO₂ je važan plin u atmosferi jer upija određene valne duljine IC zračenja, ali je i glavni krivac za intenziviranje učinka staklenika unazad 60-tak godina. Sredinom prošlog stoljeća se u svijetu intenzivno počinju koristiti fosilna goriva, prirodni plin i nafta. Sagorijevanjem fosilnih goriva, ogoljivanjem velikih šumskih kompleksa, proizvodnjom cementa oslobađaju se velike količine pohranjenog C-a u zrak u obliku CO₂. Za primjer, 1 litra prosječnog benzina sadrži 0,64 kg C-a, a 1 litra diesel goriva 0,73 kg C-a. Količine CO₂ koje dopijevaju u zrak kao proizvod određenih prirodnih/ životnih procesa (disanje organizama, raspadanje i sagorijevanje organske tvari, vulkanska aktivnost) čine veliku većinu emitiranog CO₂ u atmosferu, ali čovjek je svojim djelovanjem narušio ravnotežu između izvora emisije i spremnika/ ponora C-a. Dogovorom je CO₂ uzet kao referentna vrijednost utjecaja nekog plina na učinak staklenika. Plin metan npr. ima 21 puta veći staklenički potencijal od CO₂.

Značajan prirodan način uklanjanja CO₂ iz atmosfere predstavljaju biljke svojim rastom i razvojem. Tu se prvenstveno podrazumijevaju višegodišnje odnosno drvenaste biljke.

One, kao što je opće poznato, u procesu fotosinteze apsorbiraju ugljični dioksid (CO₂) iz zraka koji im je potreban za stvaranje asimilata u lisnoj masi. Na taj način biljke, poglavito šumsko drveće, ugrađujući atmosferski C u biomasu, značajno doprinose smanjenju koncentracije CO₂, te ih se u tom smislu naziva ponorima ugljika (eng. *Carbon sink/ pool*). Ta uloga šume počela se intenzivno istraživati u posljednjih 20 godina, te je utvrđeno kako su šumski ekosustavi po svom kapacitetu najveći spremnici ugljika od svih znanih terestrijalnih ekosustava. Jedino oceani i duboka mora imaju znatno veći kapacitet spremanja C-a od šuma zbog svoje veličine (zauzimaju obujam od 1.386×10⁹ km³, a prosječna dubina oceana je 3.8 km). U njima se CO₂ iz zraka otapa i disocira na karbonatne i bikarbonatne ione te biva pohranjen na neodređeno vrijeme.

Navedena uloga šuma dobila je politički i strateški značaj kada je u lipnju 1992. u Rio de Janeiru sastavljena i potpisana Okvirna Konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime. U njoj se u jednom članku navodi da zemlje potpisnice Konvencije između ostalog, trebaju promicati održivo gospodarenje uključujući i biomasu, šume itd. Potom slijedi glasoviti Kyotski protokol (dalje: Protokol). U njemu su ugrađene odredbe koje šumske ekosustave odnosno šumarski sektor, tretiraju ravnopravno s ostalim gospodarskim sektorima u pogledu praćenja i izvještavanja o emisijama stakleničkih plinova za zemlje potpisnice Protokola, ali omogućavaju i prihodovanje emisijskih kredita ugljika kojima će se trgovati na budućem svjetskom tržištu. Svaka zemlja potpisnica Protokola može odabrati za sektor šumarstvo izvještavanje o emisijama na način da odabere praćenje jedne ili više priznatih radnji iz djelokruga šumarstva (način gospodarenja šumama, aktivnosti obnove, pošumljavanja i krčenja šuma) ukoliko procijeni da će imati koristi od toga. Za odabrane aktivnosti zemlja potpisnica prati i izvještava o neto promjenama u koncentraciji stakleničkih plinova na godišnjoj razini po IPCC metodologiji, s tim da se učinci tih aktivnosti mogu priznati zemlji u odnosu na stanje u referentnoj 1990 (Prijedlog Nacionalne Strategije za provedbu Okvirne konvencije Ujedinjenih Naroda o promjeni klime [UNFCCC] i Kyotskog Protokola u Republici Hrvatskoj s planom djelovanja, 2007). Učinci tih aktivnosti postaju pravomoćni i mogu se iskoristiti u prvom obvezujućem razdoblju Protokola (2008. do 2012.).

Republika Hrvatska je ratificirala Protokol 2007., te od sektora šumarstva temeljem aktivnosti gospodarenja šumama može prihodovati onoliko jedinica kredita u vrijednosti do najviše 0,972 mil. tona CO₂, kolika je propisana kvota za Hrvatsku po Protokolu u razdoblju 2008.-2012. Tomu u prilog ide i činjenica da su šume u Hrvatskoj gospodarene po načelu potrajnosti. Prihodovane bi kredite ugljika mogla ili prodati na tržištu ili pohraniti u banku za kasnije.

Procjena zaliha ugljika u šumskim sastojinama na odabranim plohama

Kako bi procijenili postojeće zalihe ugljika pohranjenog u šumskoj biomasu odabranih sastojina, morali smo odabrati jedan simulator. On će temeljem potrebnih podataka dati postojeći iznos tražene procjene te dati kratkoročnu procjenu za narednih 10 godina šumskog gospodarenja.

U prijedlogu Projekta naveden je program-simulator BIOME-BGC koji se trebao koristiti za navedene potrebe. Međutim tijekom provedbe Projekta došlo se do zaključka kako

je za procjenu spremanja ugljika u šumskoj biomasi za svrhu Projekta podobniji drugi simulator naziva CO2Fix.

Osnova prednost CO2Fix simulatora nad BIOME-BGC je ta što je prvi isključivo pisan za šumske ekosustave uključujući u izračun spektar različitih varijabli specifičnih za gospodarenje šumama, dok je drugi simulator pisan za biljne zajednice na višoj taksonomskoj razini (biomi) iako se koristi i za šumske ekosustave. Druga značajna prednost CO2Fix simulatora je ta što su ulazi i rezultati u potpunosti usklađeni s terminologijom ponora ugljika prema "*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*" (2003).

Naime, Međuvladino tijelo Ujedinjenih naroda za klimatske promjene (IPCC) donijelo je 2003. godine "Mjere dobre prakse za procjenu i izvještavanje u području korištenja zemljišta, promjene korištenja zemljišta te šumarstva (LULUCF)" prema kojima se izvještava za pet ponora atmosforskog ugljika u sastojini. To su nadzemna biomasa, podzemna biomasa, mrtvo drvo, šumska stelja i organska tvar u tlu. Taj pristup izračunu emisija i apsorpcije ugljika favoriziran je od zemalja Europske Unije jer je metodološki izvediv, transparentan, precizan i usporediv, te je od tada u uporabi za izvještavanje. BIOME-BGC simulator nije u potpunosti u skladu s podjelom na ponore ugljika prema IPCC mjerama iz 2003., te se za pojedine ponore treba se posrednim načinom izračunavati emisija odnosno apsorpcija.

Inače, BIOME-BGC je opći procesni model ekosustava koji simulira biogeokemijske i hidrološke procese kroz raznovrsne biome. Tako je u jednom svom segmentu dosta zahtjevan (specijaliziran) što se tiče ulaznih podataka koji određuju ekofiziološke i hidrološke procese, a s druge strane, kao što je spomenuto, ne uzima u obzir parametre specifične za različito gospodarenje šumskim ekosustavima.

Općenito o CO2Fix simulatoru (v3.1)

CO2Fix v3.1 (autori: Mohren, Nabuurs i dr.) je model odnosno simulator pomoću kojeg se mogu procijeniti promjene u zalihama ugljika te tokovi ugljika u šumskom ekosustavu u određenom vremenskom razdoblju. Relativno je jednostavan za korištenje, te kalkulacije/ procjene količina ugljika iskazuje za biomasu drveća, tlo i glavne šumske proizvode; bilo da se radi o gospodarskim šumama bilo o plantažama i/ili šumskim kulturama (Schelhaas et.al. 2004). Njime se mogu simulirati financijski troškovi i prihodi te iznosi kredita ugljika (*Carbon credits*) koje se može prihodovati obzirom na moguće izračune po priznatim mehanizmima Kyotskog protokola.

Simulator pripada grupaciji modela pod nazivom *Carbon Accounting models*. Sastoji se od šest modula (modularna struktura). CO2Fix prije upotrebe potrebno je instalirati na računalo, te je tada samostan program za razliku od druge grupacije njemu srodnih modela koji su izrađeni u Microsoft Excel programu (naziv: *Excel spreadsheet* modeli).

Prednost CO2Fix simulatora sa stanovišta korisnika je preglednost sučelja i jednostavnost primjene. Sljedeće što treba istaknuti je sveobuhvatnost primjene simulatora koji se može koristiti za simulacije čistih i mješovitih sastojina, jednodobnih i prebornih (obzirom na način gospodarenja), te prirodnih i umjetno podignutih (kulture, plantaže).

Ostala bitna svojstva simulatora su:

1. Zadovoljavajuća razina obuhvata ulaznih parametara kako bi se dobili kvalitetni rezultati;

2. Simulacija bilance ugljika za svih pet ponora (*Carbon pools*) u šumskim ekosustavima;
3. Razina simulacije je sastojina odnosno suvisla skupina stabala/ vrsta drveća za koju se smatra da je izložena sličnim uvjetima rasta (kompeticija, ophodnja, iskorištavanje) - eng. termin *Cohort model*;
4. Prostorna rezolucija iznosi 1 ha, a vremenski korak simulacije je 1 god.

Ulazni podaci

Osnovni parametri jesu su oni koji pobliže označavaju simuliranu sastojinu. To su broj godina simulacije/ ophodnje, vrste drveća koje čine sastojinu i pripadnost skupini listača odnosno četinjača. Potrebno je odabrati jedan od dva pristupa modeliranja rasta pojedinih vrsta drveća. Prva mogućnost određuje rast stabla kao funkciju starosti stabla ili sastojine, a druga kao funkciju nadzemne biomase.

Pošto se simulacije bilance ugljika u odabranim šumskim plohama temelje na pristupu modeliranja rasta drveća kao funkcije starosti, tada je podatak o tečajnom godišnjem volumnom prirastu, može se reći temeljni podatak simulacije. Njime se simulira promjena drvene biomase i sadržaja ugljika u deblovini kroz vrijeme, koja izravno utječe na procjenu biomase ostalih dijelova stabla (korjenovog sustava, grana, lisne mase). Ti dijelovi biomase stabla određuju se kao relativan odnos prema biomasi deblovine.

Od ostalih podataka potrebno je unijeti temeljnu gustoću deblovine za svaku vrstu drveća. Ako simulacija ne kreće od početka osnivanja sastojine, što je slučaj za svaku odabranu plohu, treba odrediti već prisutnu količinu ugljika u sastojini. Potrebno je za svaki dio stabla (lisna masa, grane, korijenje) odrediti godišnju stopu odumiranja i prelaska u šumsku stelju.

Nadalje, po potrebi odrediti unutarvrstu i međuvrstu kompeticiju stabala, mortalitet bilo prirodni bilo da je posljedica aktivnosti iskorištavanja šuma. Sljedeća važna stavka simulacije gospodarskih šuma je simuliranje proreda po broju i intenzitetu zahvata te vremenu izvođenja. Potom slijedi simuliranje oplodnih sječa kada se radi o jednodobnom gospodarenju. U tom segmentu treba se odrediti raspodjela posječene biomase u kategorije pilanskih trupaca iz deblovine te iz mase grana, biomasa za ogrjev te izradu papira iz deblovine i grana, te raspodjela drvnog ostatka.

Za gospodarske šume treba odrediti strukturu glavnih šumskih proizvoda, raspodjelu po proizvodnim linijama, životni vijek i sudbinu svakog proizvoda po isteku, te proces recikliranja pojedinih proizvoda.

Kako bi procijenili kapacitet šumskog tla za organski ugljik, treba unijeti meteorološke veličine za područje te poznavati vrijednosti godišnjeg unosa ugljika u tlo iz pojedinih dijelova stabala.

Ploha 1

Ploha je sastavni dio bukovo-jelove sastojine preborne strukture. Temeljem toga planirana je simulacija u vremenu trajanja jedne ophodnjice od 10 godina s početnim stanjem u godini izmjere plohe od strane Šumarskog instituta (2007).

Dendrometrijski podaci o plohi preuzeti su od Vladimira Novotny-ja koji je vodio izmjeru ove i ostale četiri plohe. Podaci tečajnog godišnjeg volumnog prirasta deblovine, nužni za simulaciju i ostalih dijelova šumske biomase, preuzeti su iz O-3 obrasca odsjeka važeće osnove gospodarenja gospodarskom jedinicom.

Svakoj mjerenoj vrsti drveća izračunata je nadzemna biomasa temeljem podataka izmjerene drvene zalihe krupnog drva (ha^{-1}), gustoće drva u apsolutno suhom stanju ($\text{t}\cdot\text{m}^{-3}$) i faktora ukupne nadzemne biomase tzv. BEF (eng. *Biomass Expansion Factor*). Potonji su preuzeti iz IPCC metodologije (2003). Nadalje, procjena biomase korijena stabala dobivena je množenjem nadzemne biomase stabala s R/S kvocijentom (eng. *Root-to-Shoot ratio*) preuzetim od Benndorf (2007) pošto u Hrvatskoj još nisu sustavno provedena istraživanja takvog tipa za autohtone vrste drveća.

Prisutna biomasa granjevine na plohi procjenjivana je pomoću sortimentnih tablica poduzeća Hrvatske šume d.o.o., koje u redovnom poslovanju koriste kao temelj za planiranje poslovanja i radova iskorištavanja šuma. Za navedenu svrhu one su prilagođene temeljem proučene literature (Paladinić 2005; Prka 2001; Vondra 1991, 1995; Vuletić 1996, 1999) i iskustvenog znanja.

Nadalje je izračunata procjena lisne mase na plohi za svaku vrstu drveća, koristeći prikladne modele iz strane literature (Zianis et al, 2005).

Kako bi simulacija bila što vjerodostojnija, uvidom u O-3 obrazac odsjeka važeće osnove gospodarenja (HŠ, 1998) napravljena je projekcija uzgojnih radova u narednoj ophodnjici. Što se tiče jele, simulirano je vađenje približno 15% postojeće biomase u glavnom prihodu, te zbog prisutnog sušenja stabala simulirana je sječa sušaca od približno 16% stojeće biomase, raspoređeno u tri vremenski odvojena zahvata.

Za bukvu je u glavnom prihodu simulirano iskorištavanje 25% biomase, te još dodatnih 3% raspodijeljeno u dva navrata za sanitarnu te sječu sušaca. Za jasen je simulacijom uklonjeno 14% stojeće biomase u glavnom prihodu, te dodatnih 5% u dva zahvata čime je simulirano uklanjanje sanitara i sječa sušaca.

Što se tiče simulacije iskorištenja proizvedene drvene mase deblovine, granjevine te drvnog ostatka u kategorije pilanske oblovine, celuloznog i ogrjevnog drva, tražene vrijednosti (omjeri) dobiveni su kombinacijom stvarnih vrijednosti proizvodnje HŠ-a u zadanim zajednicama te vrijednosti iz sortimentnih tablica za tražene vrste obzirom na tip doznake (redovna, sanitarna). Drvni ostatak deblovine i granjevine oborenih stabala bukve i jasena u sastojini, u 95%-tnom iznosu predviđen je za ogrjevno drvo kojim se potencijalno snabdijeva okolno stanovništvo.

Simulirano je smanjenje pohranjenog ugljika u sastojini nakon simuliranih uzgojnih zahvata na način da je u simulatoru uključena opcija iskorištavanja šumskih drvnih sortimenata iz sastojine što je preslika stvarnih radova u gospodarskim šumama. Inače, modul 'Šumski proizvodi' u simulaciji služi za određivanje omjera raspodjele izrađene drvene biomase po kategorijama drvnih proizvoda, gubitaka nastalih u pilanskim procesima, određivanja životnog vijeka pojedinim drvnim proizvodima (pilansko drvo, drvene ploče, celuloza), te za simulaciju recikliranja glavnih i sporednih proizvoda. Takva razrada nije predviđena Projektom te nije dalje obrađivana.

Rezultati procjene CO2Fix simulatora

Kao što je prethodno spomenuto, svi rezultati procjene prikazuju se na godišnjoj razini. Rezultati za plohu 1 dani su izdvojeno po vrstama drveća te naposljetku zbirno za sve vrste.

Procjena zaliha ugljika pohranjenog u jelovim stablima u prvoj i posljednjoj godini simulacije prikazana je u tablici 14.

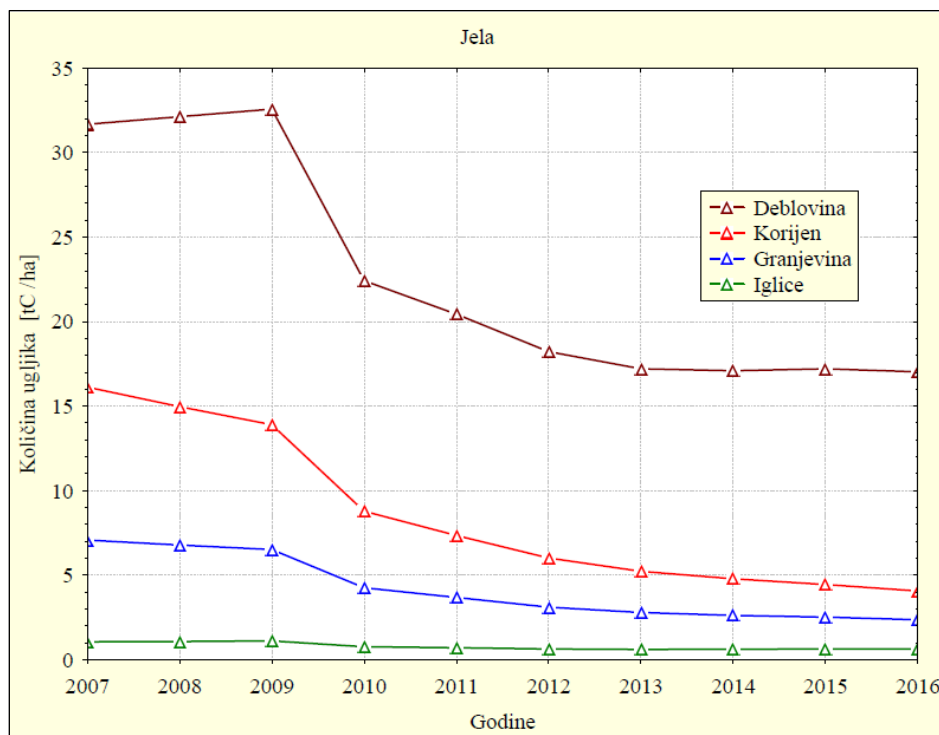
Tablica 14. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama jelovih stabala na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2007.		2016.		2016. – 2007.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	31,68	116,16	17,03	62,44	-14,65	-53,72
Granjevina	7,07	25,92	2,36	8,65	-4,71	-17,27
Korijen	16,12	59,11	4,06	14,89	-12,06	-44,22
Iglice	1,05	3,85	0,62	2,27	-0,43	-1,58
Ukupno	55,92	205,04	24,07	88,26	-31,85	-116,78

Tablica prikazuje procijenjene vrijednosti izražene u tonama ugljika po ha (tC ha⁻¹), te u jedinici ekvivalentne emisije CO₂ kojom se iskazuje procjena količine atmosferskog CO₂ ugrađenog u biomasu drveća, a koristi se i za usporedbu s ostalim stakleničkim plinovima na temelju njihovog stakleničkog potencijala (IPCC, 2003).

Najveća količina ugljika pohranjena je u deblovini, što je istovjetno s činjenicom da drveni obujam debla čini najveći dio obujma nadzemnog dijela stabla, a naročito je izraženo kod većine vrsta četinjača. Nadalje, znatno manji sadržaj ugljika procijenjen je u biomasi korijena, dok grane sadrže prosječno 11 % od ukupnog ugljika u stablu, što odražava morfološke karakteristike jele (grane su u prosjeku tanje od 7 cm te su malo zastupljene u ukupnoj biomasi stabla). Biomasa iglica jele je najmanja sastavnica biomase stabla pa je i količina ugljika u njima najmanja. Negativne vrijednosti razlike količine ugljika u biomasi stabala između zadnje i prve godine simulacije ukazuju kako se simuliranim uzgojnim zahvatima u sastojini smanjila drvena biomasa odnosno dio pohranjenog ugljika 'premješten' je iz biomase dubećih stabala u šumske drvene sortimente, a dio u mrtvu biomasu i tlo.

Rezultati simulacije 10-godišnjeg razdoblja po pojedinim sastavnicama jelovih stabala prikazani su grafikonom 23. Očiti pad pohranjenog ugljika u svim sastavnicama stabla nakon 2009. godine posljedica je simuliranja aktivnosti sječe i izrade sortimenata iz glavnog prihoda u odsjeku. Padajući trend se nastavlja i u idućim godinama što je potkrijepljeno smanjenom drvnom zalihom zbog narednih sječa jelovih sušaca koji se u određenom postotku javljaju gotovo svake godine.



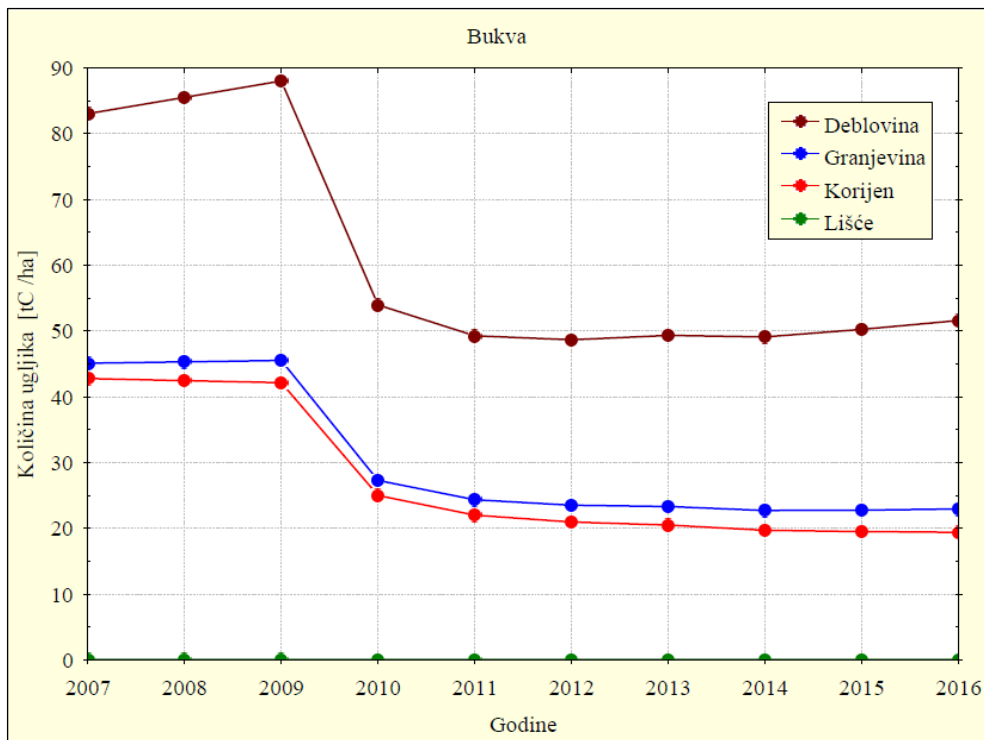
Grafikon 23. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama jelovih stabala.

U tablici 15 su procijenjene količine ugljika pohranjenog u bukovim stablima na početku i kraju simuliranog razdoblja.

Tablica 15. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama bukovih stabala na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2007.		2016.		2016. – 2007.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	83,04	304,48	51,61	189,24	-31,43	-115,24
Granjevina	45,09	165,33	22,93	84,08	-22,16	-81,25
Korijen	42,77	156,82	19,39	71,10	-23,38	-85,73
Lišće	0,05	0,18	0,04	0,15	-0,01	-0,04
Ukupno	170,95	626,82	93,97	344,56	-76,98	-282,26

Iz tablice je vidljivo kako je ponovo najviše ugljika po jedinici površine u biomasi debla, a odnos biomase debla bukve i jele istovjetan je omjeru smjese tih vrsta (60:31).



Grafikon 24. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama bukovih stabala.

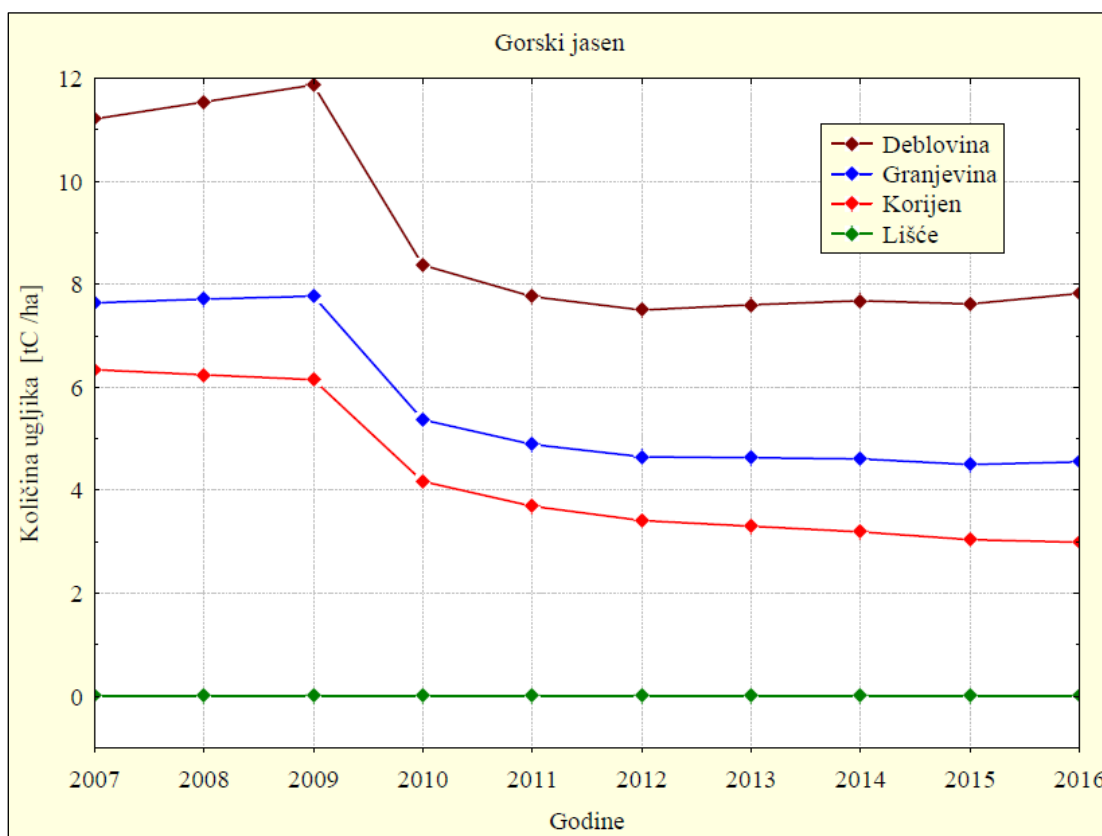
Morfologija vrsta listača pa tako i bukve je takva da krošnja odraslih (zrelih) stabala nosi veliku količinu biomase. Obzirom na činjenicu da se na plohi nalazi više od 50% bukovih stabala koja su deblja od 40 cm, velika je količina biomase koncentrirana u granama 'snažnih' krošanja. Lisna masa zbog male količine prema ukupnoj biomasi stabla sadrži najmanje ugljika te relativno brzo postaje izvor emisija CO₂, jer kontinentalne listače na kraju vegetacijske sezone odbacuju sav list. List u šumskoj stelji podliježe procesu truljenja te se CO₂ postupno oslobađa u zrak. Negativni predznak razlike količine ugljika između zadnje i prve godine simulacije posljedica je smanjenje drvene biomase sastojine zbog simuliranih uzgojnih zahvata.

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama bukovih stabala prikazani su grafikonom 24. Kao i kod jele, pad pohranjenog ugljika u svim sastavnicama stabla događa se nakon simuliranih uzgojnih aktivnosti 2009. godine.

Procjena ugljika pohranjenog u stablima jasena prikazana je u tablici 15. Relativno male količine ugljika posljedica su male drvene zalihe jasena na plohi. Najviše je ugljika po jedinici površine pohranjeno u biomasi debla, manje u granjevini te još manje korijenu što je u skladu s morfologijom stabala gorskog jasena. Količina ugljika u lišću je mala zbog male biomase i jer lišće nakon svake vegetacije otpadanjem postaje dio mrtve tvari šumske stelje. Negativna razlika količine ugljika između zadnje i prve godine simulacije istog je karaktera kao u prethodnim slučajevima.

Tablica 16. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala gorskog jasena na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2007.		2016.		2016. – 2007.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	11,21	41,10	7,82	28,67	-3,39	-12,43
Granjevina	7,64	28,01	4,55	16,68	-3,09	-11,33
Korijen	6,34	23,25	2,99	10,96	-3,35	-12,28
Lišće	0,01	0,04	0,01	0,04	0,00	0,00
Ukupno	25,20	92,40	15,37	56,36	-9,83	-36,04



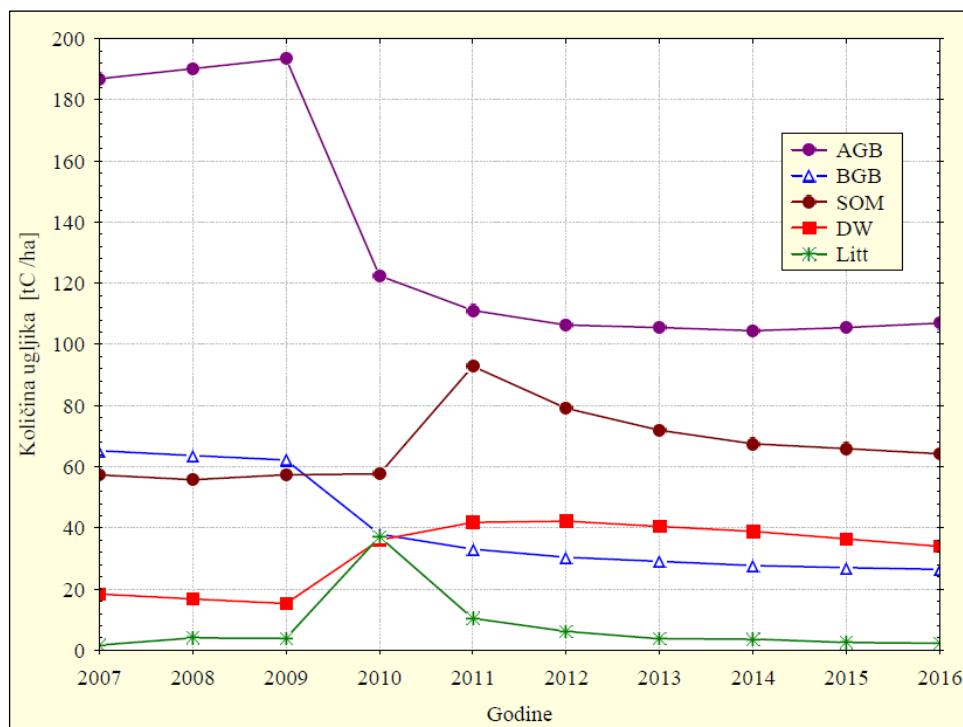
Grafikon 25. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabla jasena

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama stabala jasena prikazani su grafikonom 25. Padajući trend ugljika pohranjenog u drvenastoj biomasi pokusne plohe nakon 2009. godine također je posljedica simuliranih uzgojnih zahvata.

Naposljetku su prikazani rezultati simulacije (grafikon 26) po kategorijama pet ponora atmosferskog ugljika na plohi prema IPCC klasifikaciji. To su nadzemna drvena biomasa, podzemna drvena biomasa (korijenski sustav), mrtvo drvo, šumska stelja i organska tvar tla. Rezultate procjene ugljika u tlu treba promatrati kao grubu, nedovoljno pouzdanu procjenu, ali potrebnu za stvaranje cjelovite slike o ugljiku u sastojini. Razlog tomu je nedovoljno poznavanje kemijskog sastava tla na način kako to zahtijeva simulator. Procjena organskog ugljika u tlu provedena je pomoću Yasso modela koristeći najvećim dijelom meteorološke podatke najbliže meteorološke postaje Puntijarka za razdoblje zadnjih 10 godina, a na grafikonu je predstavljena je smeđom SOM krivuljom.

Najveće količine ugljika na grafikonu 4 prikazuje krivulja nadzemne drvene biomase (eng. skraćenica AGB). Ona obuhvaća lisnu biomasu te biomasu debla i grana. Nagli pad te krivulje zbirna je posljedica simuliranih uzgojnih zahvata u glavnom priходу 2009. godine. Nakon te godine dio ugljika iz drvenaste biomase prelazi u šumsku stelju (drveni ostatak nakon sječe i izrade sortimenata), a već godinu poslije veći dio prelazi iz stelje u organsku tvar tla.

Sadržaj ugljika na kraju simulacije ima sljedeće iznose: 107,00 tC ha⁻¹ u nadzemnoj biomasi dubećih stabala, 26,44 tC ha⁻¹ korjenovom sustavu stabala te 64,20 tC ha⁻¹ procijenjenog organskog ugljika u tlu.



Grafikon 26. Prikaz rezultata simulacije u pet ponora ugljika u sastojini prema IPCC metodologiji [AGB - nadzemna drvena biomasa; BGB - podzemna drvena biomasa; DW – mrtvo drvo; Litt – šumska stelja; SOM – organska tvar tla]

Ploha 2

Ploha je sastavni dio čiste bukove sastojine jednodobne strukture. Temeljem toga planirana je simulacija za razdoblje gospodarenja sastojinom u sljedećih 10 godina, s početnim stanjem u godini izmjere plohe (2007).

Za tečajni godišnji volumni prirast deblovine korišteni su podaci prirasta iz važeće osnove gospodarenja za 9h odsjek (HŠ, 1998).

Postupci izračuna odnosno pridobivanja podataka potrebnih za CO2Fix simulator te rezultata, istovjetni su onima opisanim u plohi 1. Potrebno je istaknuti da je uvidom u dosadašnja razduženja etata u odsjeku ustanovljeno, kako je početkom 2007. godine proveden drugi naplodni sjek. Temeljem toga simulacija je koncipirana tako da obuhvati dovršni sjek koji se u zreloj bukovoj sastojini provodi sedam godina nakon naplodnog sjeka (Bukva u Hrvatskoj, 2001). Tako se u 144. godini starosti sastojine simulira uklanjanje zrelih bukovih stabala pod čijim zastorom krošanja već postoji razrastao bukov pomladak. U toj se godini uklanja i 50% biomase jele koja je u odsjeku zastupljena sa oko 4% od ukupne drvene zalihe.

Rezultati procjene CO2Fix simulatora

Procjena količine ugljika pohranjenog u bukovim stablima na početku i kraju simulacije prikazana je u tablici 17. Najviše ugljika po jedinici površine pohranjeno je u biomasi debla, dok približno podjednaku količinu ugljika sadrže biomasa granjevine i korijena.

Tablica 17. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama bukovih stabala na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2007.		2016.		2016. – 2007.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	137,90	505,63	5,85	21,45	-132,05	-484,18
Granjevina	76,96	282,19	3,69	13,53	-73,27	-268,66
Korijen	72,74	266,71	3,56	13,05	-69,18	-253,66
Lišće	1,48	5,43	0,71	2,60	-0,77	-2,82
Ukupno	289,08	1059,96	13,81	50,64	-275,27	-1009,32

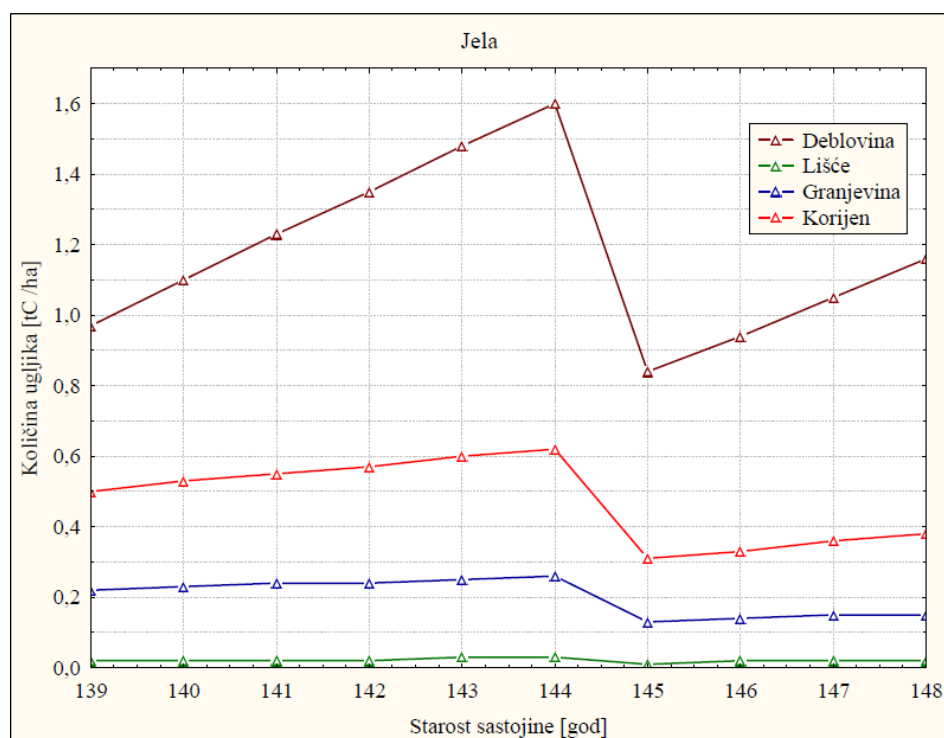
Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama bukovih stabala prikazani su grafikonom 26. Razlog pada zaliha ugljika na minimalne vrijednosti po svim sastavnicama stabla nakon 144. godine starosti sastojine, isključivo je simulacija provedbe dovršnog sjeka.

Procjena ugljika pohranjenog u jelovim stablima prikazana je u tablici 17. Najveća količina ugljika redovito je pohranjena u deblovini. Od sastavnica stabla, korijen je drugi po količini vezanog ugljika, a grane treće po redu s količinom ugljika manjom od polovine sadržane u granama. Relativno mala količina ugljika u biomasi jele posljedica je male drvene zalihe jele na plohi.

Tablica 18. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama jelovih stabala na početku i na kraju simulacije.

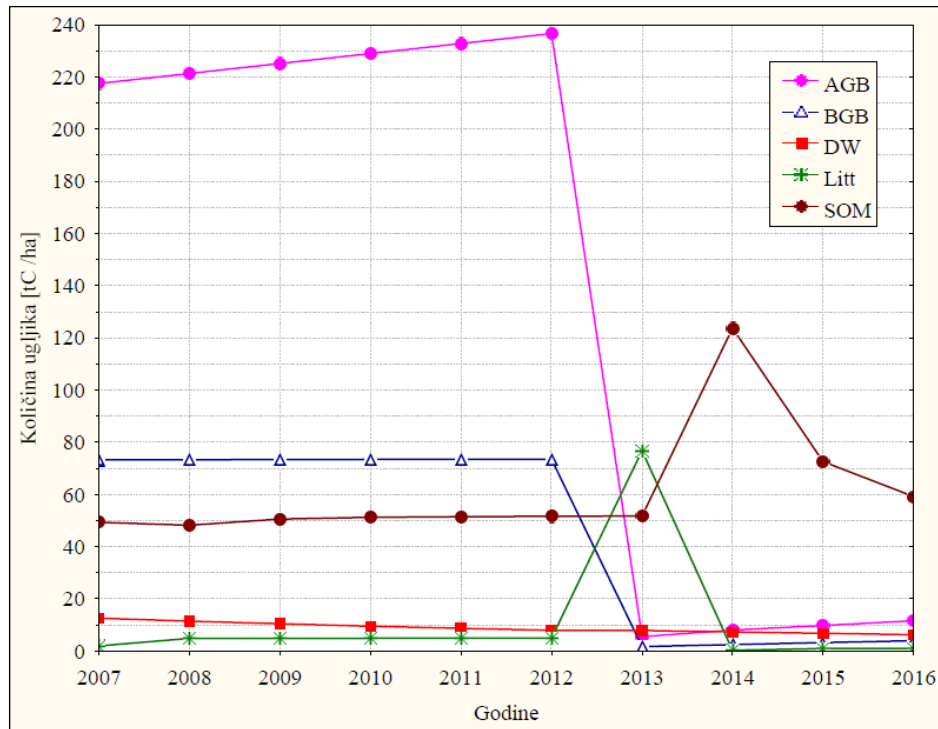
Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2007.		2016.		2016. – 2007.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	0,97	3,56	1,16	4,25	0,19	0,70
Granjevina	0,22	0,81	0,15	0,55	-0,07	-0,26
Korijen	0,50	1,83	0,38	1,39	-0,12	-0,44
Lišće	0,02	0,07	0,02	0,07	0,00	0,00
Ukupno	1,71	6,27	1,71	6,27	0,00	0,00

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama jelovih stabala prikazani su grafikonom 27. Pad zaliha ugljika za pola nakon 144. godine starosti (2012.), kao u prethodnim slučajevima, posljedica je simulacije dovršnog sjeka kojim je prepolovljena drvena zaliha jele.



Grafikon 27. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama jelovih stabala.

Grafički prikaz rezultata simulacije po kategorijama ponora atmosferskog ugljika na plohi, predstavljen je grafikonom 28. Procjena ugljika u tlu najslabija je karika u cijeloj simulaciji iz već navedenog razloga. Procijenjeni organski ugljik u tlu predstavljen je smeđom krivuljom (SOM), a za njegovu simulaciju uz ostalo korišteni su meteorološki podaci najbliže meteorološke postaje Puntijarka za razdoblje zadnjih 10 godina.



Grafikon 28. Prikaz rezultata simulacije spremanja ugljika u pet različitim ponora prema IPCC metodologiji [AGB - nadzemna drvena biomasa; BGB - podzemna drvena biomasa; DW – mrtvo drvo; Litt – šumska stelja; SOM – organska tvar tla]

Najveće količine ugljika na grafikonu 7 prikazuje krivulja nadzemne drvene biomase (AGB) jer obuhvaća lisnu te biomasu debla i grana. Nagli pad te krivulje zbirna je posljedica simuliranih uzgojnih zahvata dovršnoga sjeka.

Sadržaj ugljika na kraju simulacije ima sljedeće iznose: 11,60 tC ha⁻¹ u nadzemnoj biomasi dubećih stabala, 3,90 tC ha⁻¹ korjenovom sustavu stabala te 59,20 tC ha⁻¹ procijenjenog organskog ugljika u tlu.

Ploha 3

Ploha je sastavni dio brdske bukove šume jednodobne strukture. Temeljem toga provedena je simulacija za razdoblje gospodarenja sastojinom u sljedećih 10 godina, s početnim stanjem drvene zalihe u godini izmjere plohe (2008).

Za tečajni godišnji volumni prirast deblovine korišteni su podaci iz važeće osnove gospodarenja za 3b odsjek (HŠ, 1998). Postupci izračuna odnosno pridobivanja podataka potrebnih za CO2Fix simulator te rezultata, istovjetni su onima opisanim u plohi 1. Uvidom u

etat odsjeka za sljedeće desetgodišnje gospodarsko razdoblje planirano je smanjiti drvenu zalihi bukve za približno 30 %, odnosno provesti pripremni sjek u odsjeku. Nadalje, od drugih je vrsta planirano izvaditi približno 70 % drvene zalihe ostale tvrde bjelogorice (dalje u tekstu: OTB), a kitnjak sačuvati te ga ne vaditi. Temeljem navedenih činjenica simulacija je postavljena tako da se u godini pripremnog sjeka (2011.) simulira sječa 27% drvene zalihe (nadalje: d.z.) bukve (25 % + 2 % AD stabla) te 28 % d.z. OTB-a. U narednoj godini simulirano je vađenje dodatnih 5 % d.z. bukve, 3 % d.z. hrasta kitnjaka te 1 % d.z. OTB-a zbog vjerojatne pojave sušaca, vjetroizvala, vjetroлома, snjegoloma kao izravnih posljedica otvaranja sastojine pripremnim sjekom.

Rezultati procjene CO2Fix simulatora

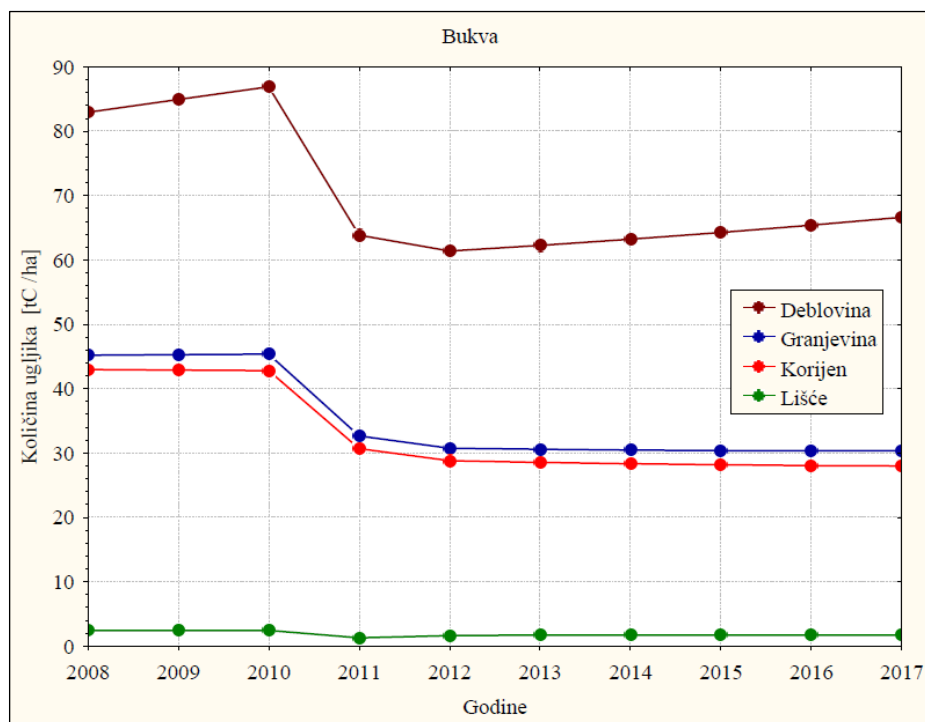
Procjena količine ugljika pohranjenog u bukovim stablima na početku i na kraju simulacije prikazana je u tablici 19. Najviše ugljika po jedinici površine pohranjeno je naravno u biomasi debla, dok približno podjednaku količinu ugljika sadrže biomasa granjevine i korijena. Lisna masa sadrži najmanje pohranjenog ugljika u odnosu na ostale sastavnice stabla. Negativna razlika količine ugljika između zadnje i prve godine simulacije, kao kod prethodnih ploha, posljedica je simuliranih uzgojnih zahvata (pripremni sjek).

Tablica 19. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama bukovih stabala na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	82,94	304,11	66,62	244,27	-16,32	-59,84
Granjevina	45,19	165,70	30,36	111,32	-14,83	-54,38
Korijen	42,97	157,56	27,98	102,59	-14,99	-54,96
Lišće	2,43	8,91	1,73	6,34	-0,70	-2,57
Ukupno	173,53	636,28	126,69	464,53	-46,84	-171,75

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama bukovih stabala prikazani su grafikonom 29. Nagli pad zaliha ugljika po svim sastavnicama stabla u 2011. godini te manji pad u idućoj godini isključivo je posljedica simulacije uzgojnih zahvata.

Procjena ugljika pohranjenog u stablima hrasta kitnjaka prikazana je u tablici 19. Odnos količine ugljika po sastavnicama stabla podjednak je kao u prethodnim plohama. Relativno mali sadržaj ugljika po ha u stablima kitnjaka odraz je male d.z. (38 m³ha⁻¹). Razlika između zadnje i prve godine simulacije negativnog je predznaka zbog smanjene d.z. simuliranjem uzgojnih zahvata, dok je u slučaju lišća toliko mala da je predstavljena nulom.

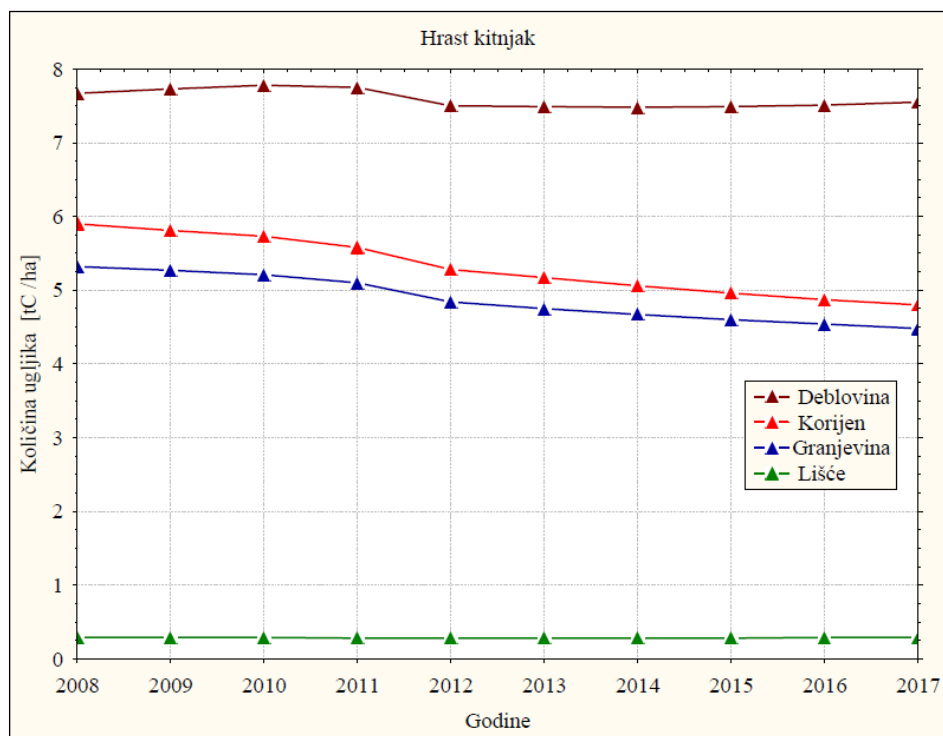


Grafikon 29. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama bukovih stabala

Tablica 20. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala hrasta kitnjaka na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	7,67	28,12	7,55	27,68	-0,12	-0,44
Granjevina	5,32	19,51	4,48	16,43	-0,84	-3,08
Korijen	5,90	21,63	4,80	17,60	-1,10	-4,03
Lišće	0,29	1,06	0,29	1,06	0,00	0,00
Ukupno	19,18	70,33	17,12	62,77	-2,06	-7,55

Procjena količine ugljika u pojedinim sastavnicama stabala kitnjaka prikazana je grafikonom 30.



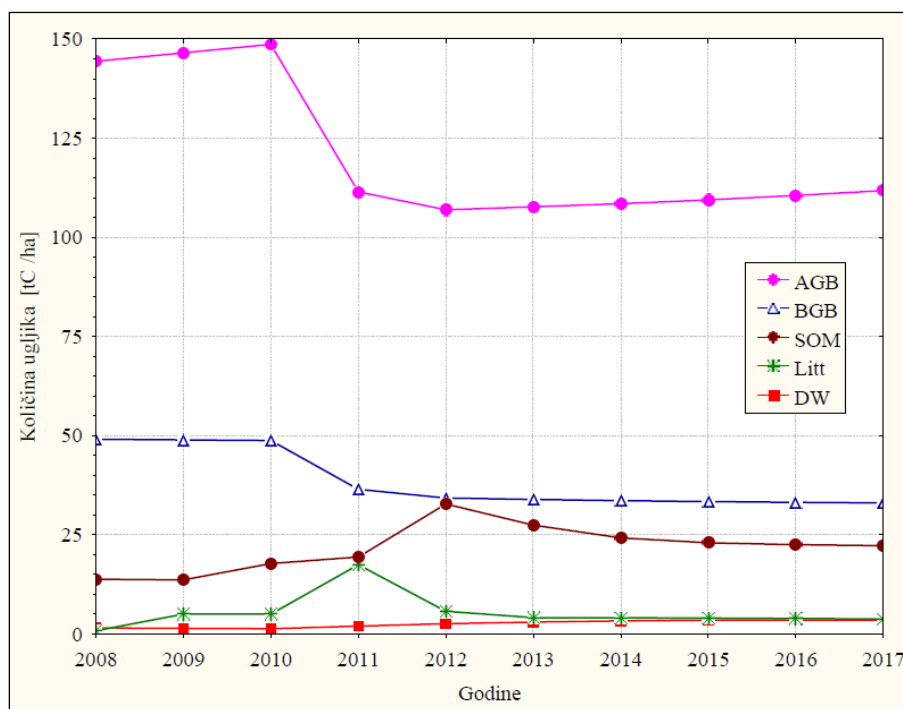
Grafikon 30. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabala kitnjaka

Tablični i grafički prikaz rezultata simulacije za OTB nije dan zbog relativno malih količina pohranjenog ugljika u biomasi stabala što je odraz vrlo male d.z. OTB-a ($2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Procjena pohranjenog ugljika na početku simulacije iznosila je $0,75 \text{ tC ha}^{-1}$ u stablima, a na kraju $1,03 \text{ tC ha}^{-1}$.

Grafički prikaz rezultata simulacije po kategorijama ponora atmosferskog ugljika na plohi, predstavljen je grafikonom 30. Za simulaciju organskog ugljika (SOM krivulja), a uz ostalo korišteni su meteorološki podaci najbliže meteorološke postaje Rim-Zagreb za razdoblje zadnjih 10 godina.

Najveće količine ugljika na grafikonu 10 prikazuje krivulja nadzemne drvene biomase (AGB). Nagli pad te krivulje zbirna je posljedica simuliranih uzgojnih zahvata.

Sadržaj ugljika na kraju simulacije ima sljedeće iznose: $111,81 \text{ tC ha}^{-1}$ u nadzemnoj biomasi dubećih stabala, $33,01 \text{ tC ha}^{-1}$ korjenovom sustavu stabala te $22,26 \text{ tC ha}^{-1}$ procijenjenog organskog ugljika u tlu.



Grafikon 31. Prikaz rezultata simulacije spremanja ugljika u pet različitih ponora prema IPCC metodologiji [AGB - nadzemna drvena biomasa; BGB - podzemna drvena biomasa; DW – mrtvo drvo; Litt – šumska stelja; SOM – organska tvar tla]

Ploha 4

Ploha je sastavni dio šume hrasta lužnjaka i običnoga graba. Provedena je simulacija za razdoblje gospodarenja sastojinom u sljedećih 10 godina, s početnim stanjem drvene zalihe u godini izmjere plohe (2008).

Tečajni godišnji volumni prirast deblovine preuzet je iz važeće osnove gospodarenja za odsjek 14b u kojem je postavljena ploha (HŠ, 2000).

Postupci izračuna odnosno pridobivanja podataka potrebnih za simulator te rezultata, istovjetni su onima prethodno opisanim. Uvidom u etat odsjeka za naredno desetgodišnje gospodarsko razdoblje (nakon 01.I.2010.) planirano je provesti uzgojni zahvat prorede u odsjeku. Proredom bi se smanjila d.z. lužnjaka za približno 6,7 %, graba za približno 15 % te ostale meke bjelogorice (nadalje: OMB) za oko 50 %. Godine 2002. zabilježen je slučajni prihod u vidu sušaca lužnjaka koji je iznosio oko 1,1 % tadašnje d.z.

Temeljem navedenih činjenica simulacija je postavljena na sljedeći način: u 2011. simulirano je uklanjanje sušaca lužnjaka s plohe u količini od 1,5 % d.z. Početkom 2015. simulirana je proreda sa sljedećim intenzitetima: 6,5 % d.z. lužnjaka, 15 % graba te 50 % OMB-a.

Rezultati procjene CO2Fix simulatora

Procjena ugljika pohranjenog u stablima lužnjaka u prvoj i zadnjoj godini simulacije prikazana je u tablici 21. Odnos količine ugljika po sastavnicama stabla podjednak je kao u prethodnim plohama. Razlika između zadnje i prve godine simulacije pozitivne je orijentacije zbog malog intenziteta simulirane prorede (2015.) nakon kojeg se d.z. do kraja razdoblja

povećala iznad razine koja je bila krajem 2014. Jedino se biomasa lišća smanjila u odnosu na prvu godinu simulacije.

Tablica 21. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala hrasta lužnjaka na početku i na kraju simulacije.

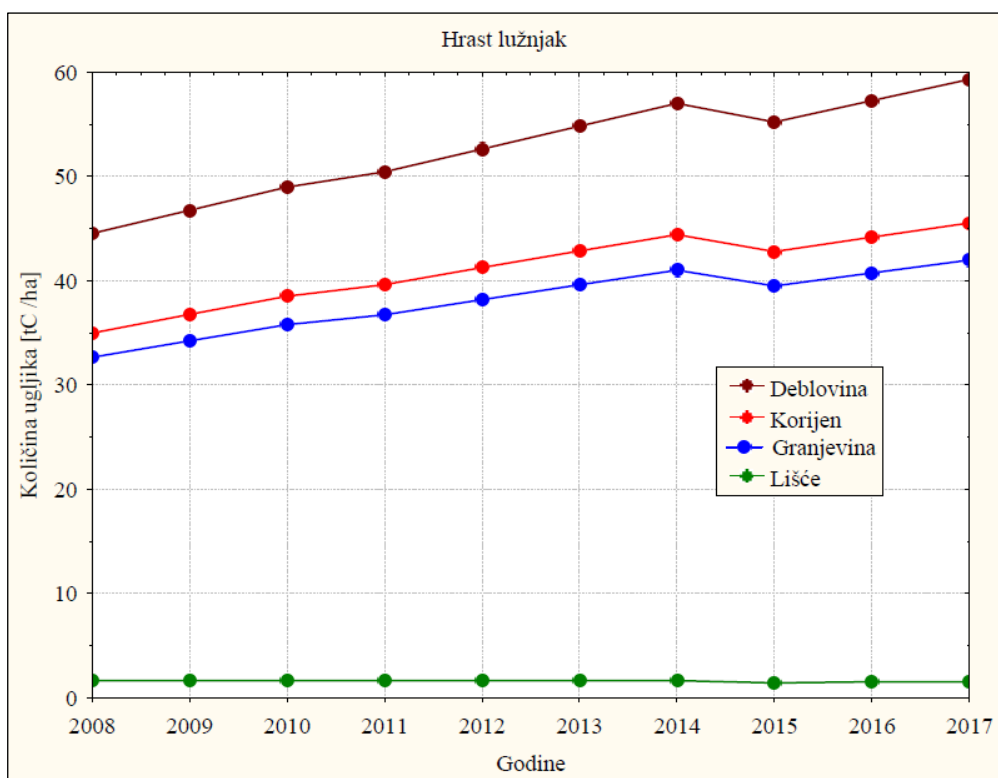
Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	44,53	163,28	59,32	217,51	14,79	54,23
Granjevina	32,66	119,75	41,99	153,96	9,33	34,21
Korijen	34,97	128,22	45,54	166,98	10,57	38,76
Lišće	1,66	6,09	1,53	5,61	-0,13	-0,48
Ukupno	113,82	417,34	148,38	544,06	34,56	126,72

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama stabala lužnjaka prikazani su grafikonom 32.

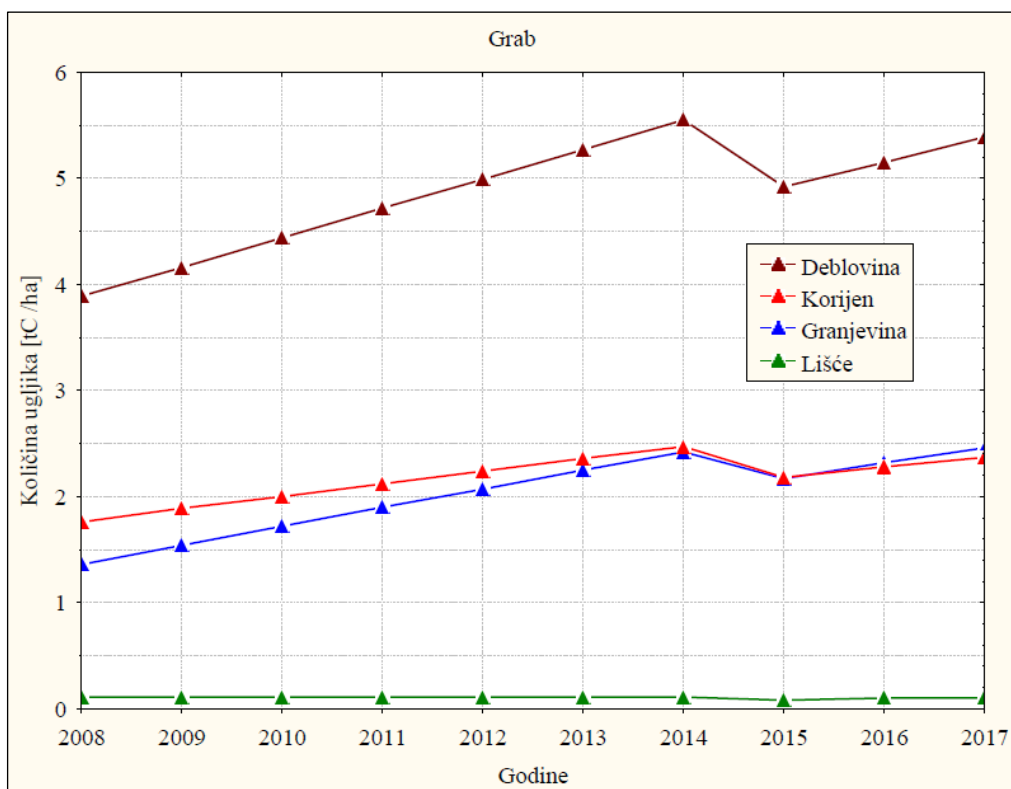
Procjena ugljika pohranjenog u stablima graba u prvoj i zadnjoj godini simulacije prikazana je u tablici 22. Relativno mali sadržaj ugljika u stablima odraz je male d.z. (13,3 m³ha⁻¹). Odnos količine ugljika po sastavnicama stabla podjednak je kao u prethodnim plohama. Pozitivna razlika između zadnje i prve godine simulacije je zbog malog intenziteta simulirane prorede. Biomasa lišća pa tako i sadržaj ugljika u njemu su se smanjili do kraja simulacije. Procjena količine ugljika u pojedinim sastavnicama stabala graba prikazana je grafikonom 32.

Tablica 22. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala graba na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	3,89	14,26	5,39	19,76	1,50	5,50
Granjevina	1,36	4,99	2,46	9,02	1,10	4,03
Korijen	1,76	6,45	2,37	8,69	0,61	2,24
Lišće	0,11	0,40	0,10	0,37	-0,01	-0,04
Ukupno	7,12	26,11	10,32	37,84	3,20	11,73



Grafikon 32. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabala lužnjaka.



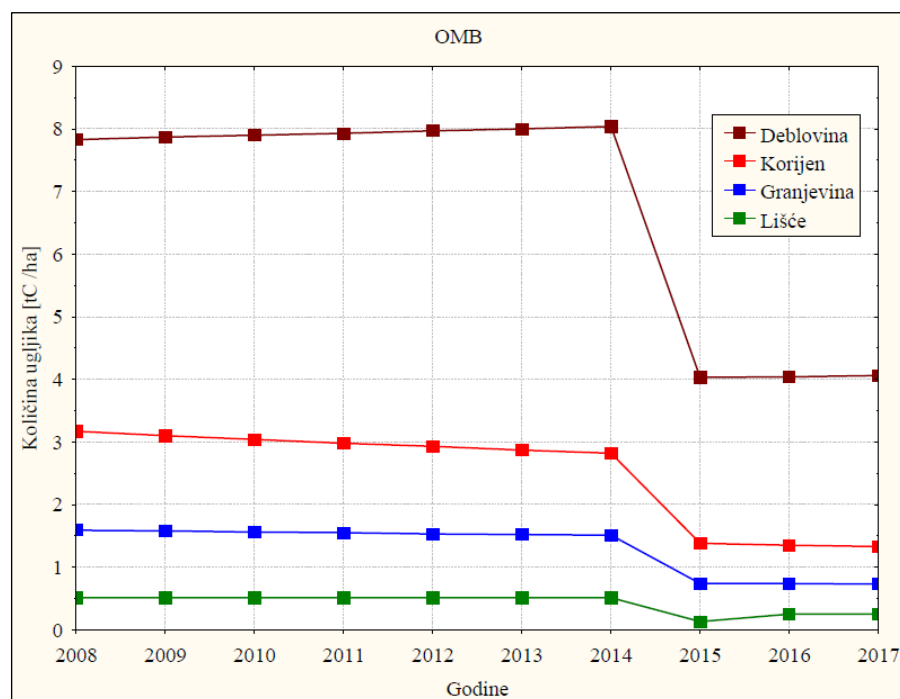
Grafikon 33. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabala graba.

Procjena ugljika pohranjenog u stablima OMB-a (lipe uglavnom) u prvoj i zadnjoj godini simulacije prikazana je u tablici 23. Relativno manji sadržaj ugljika u stablima odraz je male d.z. ($38,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$). Odnos količine ugljika po sastavnicama stabla podjednak je kao u prethodnim plohama. Negativne razlike između zadnje i prve godine simulacije jesu zbog simulirane prorede 50 % -tnog intenziteta.

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama stabala OMB-a prikazani su grafikonom 34.

Tablica 23. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala OMB-a na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	7,83	28,71	4,06	14,89	-3,77	-13,82
Granjevina	1,59	5,83	0,73	2,68	-0,86	-3,15
Korijen	3,17	11,62	1,33	4,88	-1,84	-6,75
Lišće	0,51	1,87	0,25	0,92	-0,26	-0,95
Ukupno	13,10	48,03	6,37	23,36	-6,73	-24,68

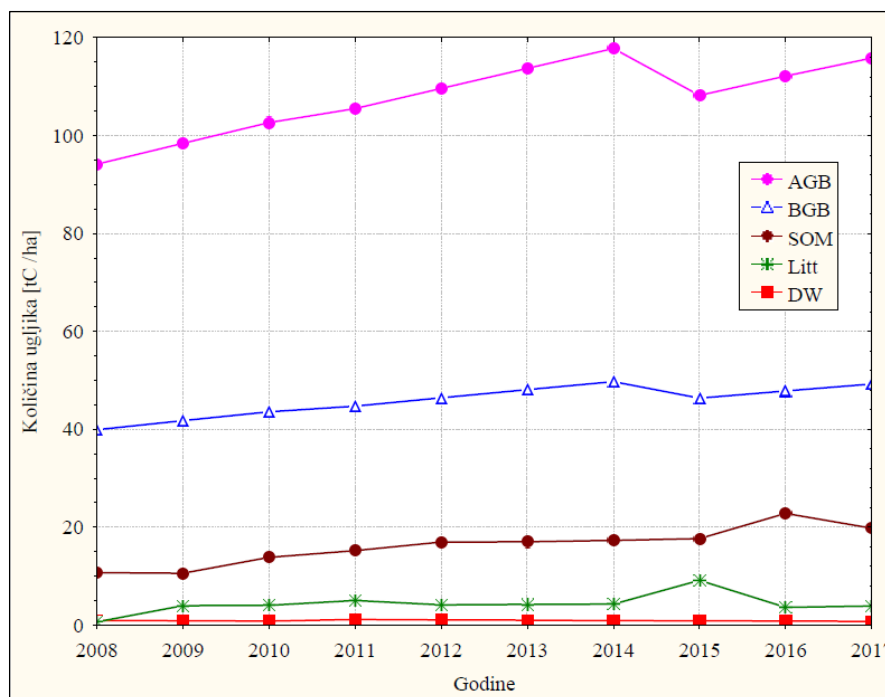


Grafikon 34. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabala OMB-a.

Na grafikonu 35 prikazani su rezultati simulacije po kategorijama ponora atmosferskog ugljika u istraživanoj sastojini. Odnos količine ugljika po kategorijama ponora te prijelaz ugljika iz jedne u drugu kategoriju nakon simuliranih uzgojnih zahvata, podjednaki su kao u prethodnim plohama. Za simulaciju organskog ugljika (SOM krivulja), a uz ostalo

korišteni su meteorološki podaci s meteorološke postaje Oborovo za razdoblje zadnjih 10 godina.

Sadržaj ugljika na kraju simulacije ima sljedeće iznose: 119,36 tC ha⁻¹ u nadzemnoj biomasi dubećih stabala, 50,58 tC ha⁻¹ korjenovom sustavu stabala te 19,07 tC ha⁻¹ procijenjenog organskog ugljika u tlu.



Grafikon 35. Prikaz rezultata simulacije spremanja ugljika u pet različitih ponora prema IPCC metodologiji [AGB - nadzemna drvena biomasa; BGB - podzemna drvena biomasa; DW – mrtvo drvo; Litt – šumska stelja; SOM – organska tvar tla]

Ploha 5

Ploha je sastavni dio šume hrasta lužnjaka s običnim grabom. Provedena je simulacija za razdoblje gospodarenja sastojinom u narednih 10 godina, s početnim stanjem drvne zalihe u godini izmjere plohe (2008).

Tečajni godišnji volumni prirast deblovine preuzet je iz važeće osnove gospodarenja za odsjek 4a u kojem je postavljena ploha (HŠ, 1999).

Postupci izračuna odnosno pridobivanja podataka potrebnih za simulator te rezultata, istovjetni su onima prethodno opisanim. Uvidom u etat odsjeka za naredno desetgodišnje gospodarske razdoblje (nakon 01.I.2009.) planirano je provesti uzgojni zahvat prorede u odsjeku. Preredom bi se smanjila d.z.lužnjaka za približno 5 % te graba za približno 40%. Međutim u tekućem gospodarskom razdoblju izvađena je znatno veća d.z. lužnjaka nego je bilo planirano, među kojom je bilo 5 % d.z. sušaca lužnjaka i 1,2 % d.z. graba.

Temeljem navedenog simulacija je postavljena na sljedeći način: početkom 2013. godine simulirana je proreda sa sljedećim intenzitetima: 35 % d.z. graba, 6,2 % d.z. lužnjaka. U 2015. simulirano je uklanjanje sušaca graba u količini od 1,2 % d.z., te lužnjaka 2,8 % d.z.

Rezultati procjene CO2Fix simulatora

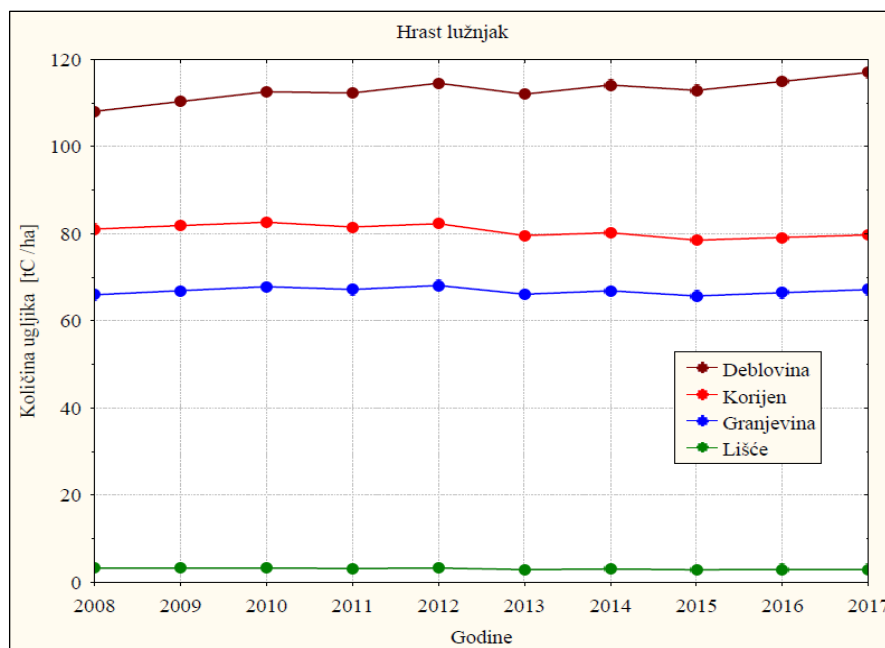
Procjena ugljika pohranjenog u stablima lužnjaka u prvoj i zadnjoj godini simulacije prikazana je u tablici 24.

Tablica 24. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala hrasta lužnjaka na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	108,09	396,33	117,02	429,07	8,93	32,74
Granjevina	65,98	241,93	67,18	246,33	1,20	4,40
Korijen	81,07	297,26	79,72	292,31	-1,35	-4,95
Lišće	3,24	11,88	2,95	10,82	-0,29	-1,06
Ukupno	258,38	947,39	266,87	978,52	8,49	31,13

Odnos količine ugljika po sastavnicama stabla podjednak je kao u prethodnim plohama. Pozitivna razlika između zadnje i prve godine simulacije za deblovinu i granjevinu je zbog malog intenziteta simulirane prorede te dobrog godišnjeg volumnog prirasta od 7,26 m³ha⁻¹, nakon kojeg se d.z. do kraja simulacije povećala iznad razine u 2015. Lišće i korijen sadrže nešto manje ugljika u odnosu na prvu godinu simulacije, lišće jer se smanjio broj stabala, a korijen zbog manjeg broja stabala u sastojini te slabijeg prirasta korijena zrelih stabala naspram volumnog prirasta debla.

Rezultati simulacije po pojedinim sastavnicama stabala lužnjaka prikazani su grafikonom 36.

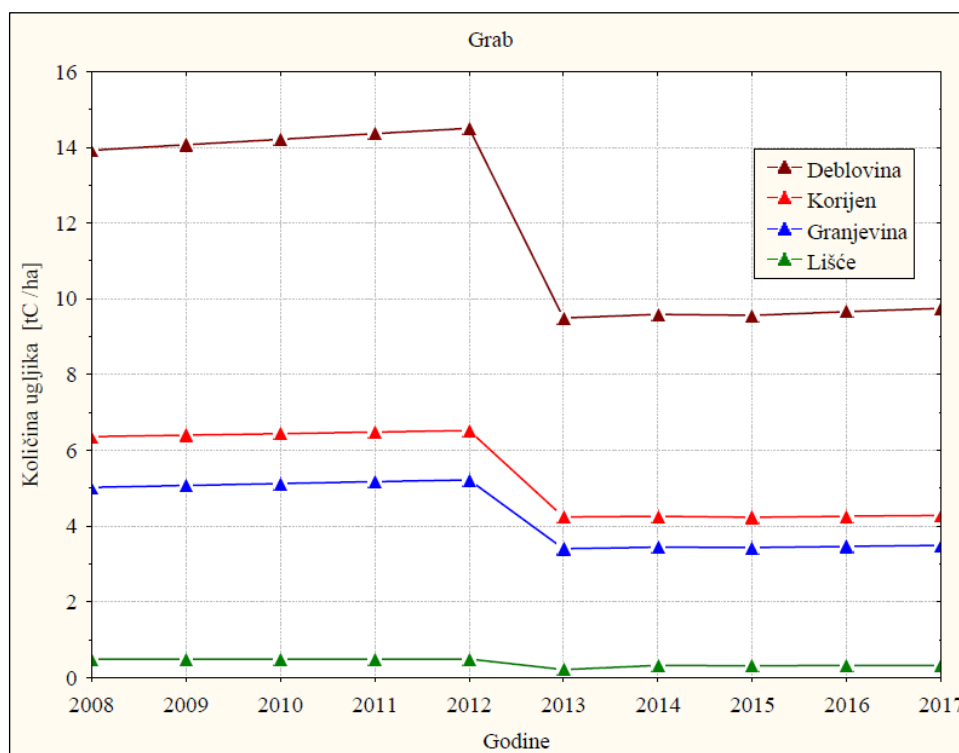


Grafikon 36. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabala lužnjaka.

Procjena ugljika pohranjenog u stablima graba u prvoj i zadnjoj godini simulacije prikazana je u tablici 24. Relativno mali sadržaj ugljika u stablima u usporedbi s lužnjakom, odraz je male d.z. ($48 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$). Odnos količine ugljika po sastavnicama stabla podjednak je kao u prethodnim plohama. Negativna razlika između zadnje i prve godine simulacije posljedica je simulirane prorede kojom je smanjena d.z. za 35 %. Biomasa lišća odnosno sadržaj ugljika u njemu, smanjili su se do kraja simulacije zbog smanjenog broja stabala u sastojini nakon prorede. Procjena količine ugljika u pojedinim sastavnicama stabala graba prikazana je grafikonom 37.

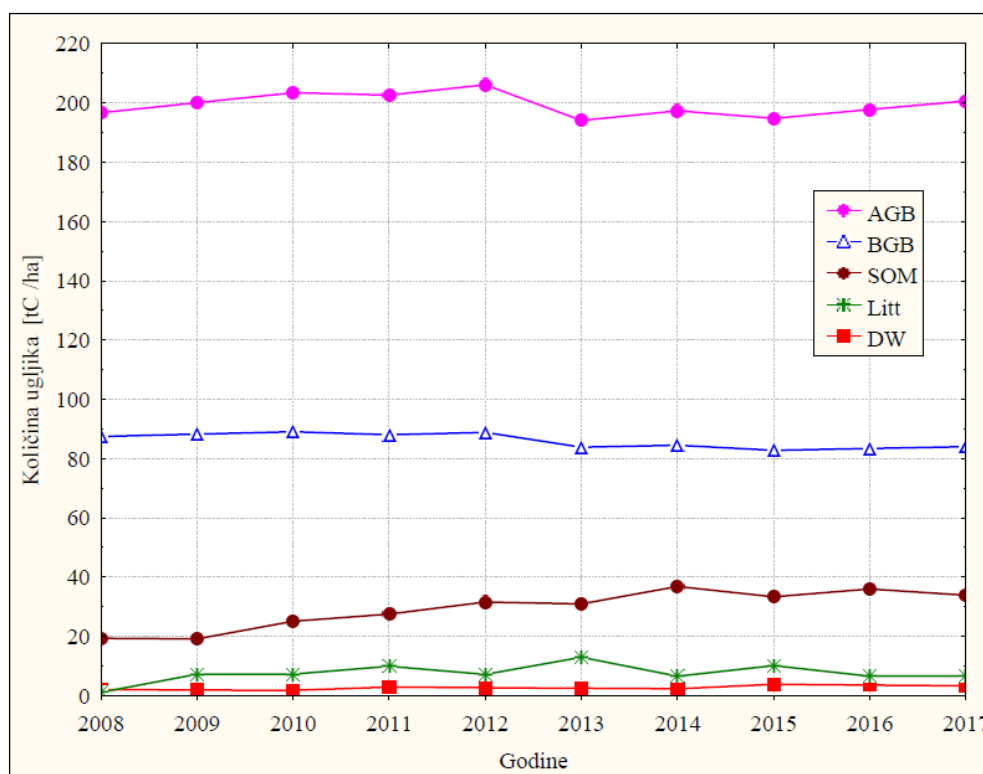
Tablica 25. Procijenjene količine ugljika po pojedinim sastavnicama stabala graba na početku i na kraju simulacije.

Dijelovi stabla	Količina ugljika				Razlika	
	2008.		2017.		2017. – 2008.	
	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tC ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Deblovina	13,92	51,04	9,75	35,75	-4,17	-15,29
Granjevina	5,02	18,41	3,49	12,80	-1,53	-5,61
Korijen	6,36	23,32	4,28	15,69	-2,08	-7,63
Lišće	0,49	1,80	0,32	1,17	-0,17	-0,62
Ukupno	25,79	94,56	17,84	65,41	-7,95	-29,15



Grafikon 37. Prikaz rezultata simulacije zaliha ugljika po pojedinim sastavnicama stabala graba

Na grafikonu 38 prikazani su rezultati simulacije po kategorijama ponora atmosfere ugljika u istraživanoj sastojini.



Grafikon 38. Prikaz rezultata simulacije spremanja ugljika u pet različitih ponora prema IPCC metodologiji [AGB - nadzemna drvena biomasa; BGB - podzemna drvena biomasa; DW – mrtvo drvo; Litt – šumska stelja; SOM – organska tvar tla]

Odnos količine ugljika po kategorijama ponora te prijelaz ugljika iz jedne u drugu kategoriju nakon simuliranih uzgojnih zahvata, podjednaki su kao u prethodnim ploham. Za simulaciju organskog ugljika (SOM krivulja), a uz ostalo korišteni su meteorološki podaci s meteorološke postaje Oborovo za razdoblje zadnjih 10 godina.

Sadržaj ugljika na kraju simulacije ima sljedeće iznose: 200,71 tC ha⁻¹ u nadzemnoj biomasi dubećih stabala, 84,00 tC ha⁻¹ korjenovom sustavu stabala te 33,84 tC ha⁻¹ procijenjenog organskog ugljika u tlu.

6. PRAĆENJE ZDRAVSTVENOG STANJA

Zdravstveno stanje neke šume, pa tako i šuma na području grada Zagreba ovisi o više čimbenika. Najznačajniji štetni čimbenici su biljne bolesti, štetni kukci, ostali štetni biotički čimbenici, korovi, divljač, glodavci, imele) i štetni abiotički čimbenici (mraz, vjetrolomi i snjegolomi, vjetroizvale i suša). Svi oni zajedno djeluju i utječu na zdravstveno stanje stabala i šume u cjelini. Svi ti čimbenici djeluju zajedno te oslabljuju stabla koja postaju podložna napadu biljnih bolesti i štetnika. Teško je točno odrediti jačinu utjecaja samo jednog štetnog

čimbenika na pojedine vrste urbanog zelenila. Urbano drveće i grmlje raste u znatno nepovoljnijim stanišnim uvjetima od istih vrsta koje rastu u prirodnim sastojinama. U sloju pedosfere zbiva se niz nepovoljnih procesa. Tlo je zbijeno, vrlo često popločeno čime je spriječena normalna izmjena tekućina i plinova. Često kopanje kanala i ostali mehanički radovi oštećuju korijenje drveća i narušava se vitalnost i mehanička stabilnost stabala. Na deblu često dolazi do ozljeđivanja, zbog vandalizma, prometnih nesreća ili drugih utjecaja čovjeka. Fitotoksične tvari kao što su životinjska mokraća, sol za posipavanje cesta, otpadno ulje iz automobila i ispušni plinovi također štetno djeluju i preko lišća i putem korijenja. Klimatski uvjeti su u gradskoj sredini nepovoljniji nego u šumskim sastojinama. Zrak je suši s manje zračne vlage, temperature su više i insolacija je jača. Oborine često ne dođu do korijenja zbog popločene zemlje. Populacije štetnih kukaca, zbog slabije prisutnosti prirodnih neprijatelja, imaju bolje mogućnosti eksplozije.

Prema STROUTSU i WINTERU (2000) mogu se taksativno navesti sljedeći štetni biotički i abiotički čimbenici:

1. Biotički čimbenici

- Sisavci – grizu i skidaju koru s debla, odgrizaju grančice i vršne pupove. Čovjek izaziva direktne štete kemijskim sredstvima, mehaničkim oštećivanjima i lošim uzgojnim postupcima (loše obrezivanje). Urin pasa može u prizemnom sloju izazvati značajnija oštećenja.
- Kukci defolijatori - hrane se lišćem, korijenjem, potkornjaci žive ispod kore, napadaju plodove, pupove, izbojke, izazivaju rast abnormalnih tvorevina na granama i listovima, svojom brojnošću postaju molestanti.
- Kukci koji sišu i grinje - hrane se tekućim sokovima iz floema i ostalih mekih tkiva biljke. Oštećena tkiva postaju diskolorirana, abnormalnih izraslina te dolazi do nepravilnosti u rastu. Fiziološki oslabljuju stabla. Mnogi su i molestanti posebno uši koje izlučuju velike količine ljepljive medne rose.
- Nematode - uglavnom se hrane staničnim sokovima, a rezultat njihovog napada je smanjena vitalnost i abnormalnosti u rastu. Mogu izazvati i začepljenje provodnog sustava i time direktno uzrokovati ugibanje biljke.
- Gljive - mogu napasti listove ili iglice, ili napadaju deblo pa se radi o gljivama truležnicama. Mogu uzrokovati i začepljenje provodnog tkiva te tako dovode do venuća i ugibanja stabla.
- Bakterije - koje se razmnožavaju i kreću provodnim biljnim tkivom i uzrokuju njegovo začepljenje ili uzrokuju rast abnormalnih tvorevina na biljci.
- Spiroplazme, mikoplazme i fitoplazme - kao i bakterije, jednostanični organizmi koji mogu uzrokovati neke bolesti biljaka.
- Virusi
- Više biljke kao poluparaziti – imele

2. Abiotički čimbenici

- Suša
- Proljetni mrazovi i niske zimske temperature
- Visoke ljetne temperature

- Snijeg i led
- Štetne kemikalije – ulja, sol za posipavanje, štetni plinovi
- Mehanička oštećenja – radovi na infrastrukturi, prometne nesreće
- Prašina
- Gubici zbog presadnje, nekompatibilnost cijepa i podloge
- Nedostaci hranjiva
- Kombinacija čimbenika – trenutačni i jaki stres zbog jednog od štetnih čimbenika (npr. defolijacija) ili kronični i trajni stres (npr. nedostatak hranjiva ili loši stanišni uvjeti) utječu na sposobnost stabla da podnese daljnji stres okoline koji na njega utječe. Ukoliko se takve stresne situacije nastavljaju ti se čimbenici kumuliraju i stablo postaje sve slabije i slabije te postaje neotporno i na slabije patogene te konačno ugiba od interakcije različitih čimbenika.
- Degradacija u sloju pedosfere – tvrda i zbijena podloga urbanih sredina sprječava normalnu ravnotežu vode i plinova u pedosferi. Podzemna voda često nije dostupna korjenovom sustavu zbog raznih građevinskih radova u zoni korijenja, a narušen je i kapilarni uspon vode.
- Antropogeni utjecaj – prejako obrezivanje, vandalizam.

Važno je naglasiti da se utvrđivanje zdravstvenog stanja neke šume provodi na cijelom području, a ne samo na pojedinim, strogo utvrđenim točkama mjerenja kao što je to definirano kod drugih znanosti (npr. pedologija). Neke vrste kukaca sklone su stvaranju vrlo lokalnih i gustih populacija što znači da u nekoj šumi određena vrsta kukaca može učiniti npr. golobrst samo na uskom lokalitetu od npr. nekoliko stabala, a da je u ostalom dijelu šume taj kukac prisutan u znatno manjem intenzitetu. Pregledom cjelokupnog područja dobije se bolji uvid u zdravstveno stanje čime se daje bolja dijagnoza i prognoza budućih šteta. Svi prikupljeni podaci tijekom trajanja ovog istraživanja obradit će se, napraviti će se njihova selekcija i na temelju toga će se napraviti registar oštećenosti šuma na području Zagreba.

Ciljevi studije utvrđivanja zdravstvenog stanja šuma grada Zagreba su sljedeći:

1. Utvrđivanje zdravstvenog stanja šuma na području grada Zagreba
2. Praćenje štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika
3. Dijagnoza štetnih čimbenika
4. Prognoza pojave šteta
5. Predlaganje mjera zaštite

Metode praćenja štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika

Štetni biotički i abiotički čimbenici u šumama grada Zagreba praćeni su standardnim metodama dijagnoze i prognoze biljnih bolesti i štetnika u šumarstvu. Prognostičke metode su sljedeće:

Prognoza populacije ranih defolijatora u hrastovim šumama metodom hrastovih grana.

Prognoza se temelji na analizi uzoraka hrastovih grana (HRAŠOVEC, HARAPIN 1999). Na njima se u laboratorijskim uvjetima prati listanje i razvoj ranih defolijatora

(mrazovci, hrastov savijač, kukavičji suznik). Na temelju brojnosti štetnika u uzorku postavlja se prognoza. Potrebno je napomenuti da je ova prognoza orijentaciona te je za točno stanje na terenu, tijekom defolijacije i potrebu primjene zaštitnih sredstava potrebno redovito pratiti stanje na terenu tijekom listanja.

Prognoza populacije gubara metodom brojanja jajnih legala. Ovo je standardna metoda prognoze populacije gubara, a temelji se na utvrđivanju broja jajnih legala po hektaru metodom transekta (SPAIĆ 1977). Na temelju broja jajnih legala po hektaru i svrstavanja u određene kategorije (I, II i III) određuje se opasnost od defolijacije i potreba za primjenom mjera suzbijanja.

Prognoza populacije mrazovaca metodom ljepljivih prstenova. Ovo je standardna metoda određivanja gustoće populacije mrazovaca, a temelji se na broju ženki mrazovaca po centimetru opsega stabla u prsnoj visini (SPAIĆ 1977). Na temelju kritičnog broja određuju su se sastojine u kojima će biti potrebno detaljno pratiti tijekom defolijacije i primijeniti mjere zaštite.

Metode dijagnoze i monitoringa

Monitoring smrekovih potkornjaka feromonskim klopkama

Gustoća populacije smrekovih potkornjaka prati se upotrebom feromonskih klopki. Ovim se načinom iz godine u godinu prati razina populacije smrekovih potkornjaka. Ukoliko se u klopci primjeti povećani ulov potkornjaka to je pokazatelj da je u sastojini došlo do povećanje gustoće populacije potkornjaka i postoji povećana opasnost od šteta na stablima. Tada je potrebno primijeniti dodatne mjere monitoringa na terenu i po potrebi mjere suzbijanja.

Monitoring pojave hrastove pepelnice

Napad hrastove pepelnice ne može se spriječiti odn. ne postoje fungicidi koji djeluju preventivno nego se samo kurativna sredstva mogu primijeniti dovoljno rano kako bi se spriječile jače zaraze i veće štete na lisnoj površini. Napad pepelnice se procjenjuje na temelju prekrivenosti površine lista micelijem (LIOVIĆ, ŽUPANIĆ 2006).

Dijagnostičke metode su sljedeće:

Pregled biljaka i sastojina standardnom VTA metodom

VTA (Visual Technical Assessment) je metoda kod koje se vizualnim pregledom i analizom utvrđenih karakterističnih simptoma za pojedinu biljnu bolest, štetnika, drugog biotičkog ili abiotičkog čimbenika uvrđuje zdravstveno stanje stabala. Ova metoda se standardno koristi kod procjene zdravstvenog stanja stabla i sastojina.

Područje grada Zagreba pregledavano je tijekom vegetacijskog perioda barem jedan puta tjedno, a po potrebi i češće, ovisno o biologiji i intenzitetu pojave biljnih bolesti i štetnika.

Uzimanje i analiza uzoraka

Nakon što je terenskim obilaskom utvrđen štetni čimbenik u šumama Zagreba, uzeti su uzorci i dostavljeni u entomološki i fitopatološki laboratorij Šumarskog instituta, Jastrebarsko. Uzorci su analizirani kako bi se točno utvrdio i evidentirao štetni čimbenik.

Dijagnoza štete

Terenskim obilascima je utvrđen i intenzitet štete na stablima koje je uzrokovao određeni štetni čimbenik. U detaljnoj analizi štetnih čimbenika koja se nalazi u ovom Izvješću, uz svakog pojedinačnog štetnog čimbenika naveden je i intenzitet kojim se on tijekom 2007. i 2008. godine javio u šumama na području grada Zagreba i štete koje je činio.

Predlaganje i primjena mjera zaštite šuma

Rezultati analize uzoraka hrastovih grana na kojima se prati gustoća populacije ranih defolijatora pokazali su da se povećana gustoća populacije hrastovog savijača i mrazovaca može očekivati na području gospodarskih jedinica Sljeme-Medvedgrad, Park šume grada Zagreba i Limbuš Sava. To se pokazalo točnim te je odlučeno da će se lokaliteti gdje je intenzitet defolijacije iznosio preko 50% lisne mase tretirati insekticidima. 21. 4. 2007. godine tretirane šume na području grada Zagreba (lokaliteti: Zelena magistrala, i rubni dijelovi hrastovih šuma Parka prirode Medvednica, dio šuma u blizini Zaprešića i na Žitnjaku te park šume Cmrok, Orlovac, Tuškanac, Zelengaj) Tretiranje je obavljeno u ranim jutarnjim satima, biološkim insekticidom Foray 48 B (uz prethodnu najavu putem sredstava javnog informiranja zbog obavijesti građana i pčelara) na ukupnoj površini od 347,64 ha.

Tijekom 2008. godine na području šuma grada Zagreba nije bilo šteta od ranih defolijatora, oni su bili samo sporadično prisutni u šumama.

Područje grada Zagreba obuhvaća gospodarske šume, park šume, parkove, drvorede i soliterna stabla.

Pojam štetnosti u urbanom staništu složeniji je od istog pojma u šumskom staništu zbog različite razine tolerancije ljudi prema štetniku. Čak i slabi intenzitet pojave kukaca koji nisu štetni niti za ljude niti za biljke izaziva zabrinutost i privlači pažnju javnosti urbanog područja. Šumski štetnici kod jakog intenziteta napada uzrokuju štete na stablima, a kod slabijeg intenziteta ponekad ostaju nezamijećeni. Slabi intenzitet napada određene vrste štetnika u urbanom području estetski narušava izgled stabla (uši su s donje strane lista ili na vrhovima izbojaka često jedva primjetne, ali izlučivanjem medne rose biljku pokrivaju ljepljivim naslagama). ANDROIĆ (1970) navodi da potrebu suzbijanja štetnika ne uvjetuju samo ekonomski čimbenici u užem smislu nego za to postoje i drugi opravdani razlozi npr. u parkovima, drvoredima, park šumama.

Prema rezultatima istraživanja štetnici u urbanom području mogu se prema štetnosti podijeliti na:

- Štetnike koji izazivaju značajne štete (npr. defolijacijom) i mogu uzrokovati ugibanje stabala. Uz ovaj vid štetnosti ujedno se mogu svrstati u kategoriju molestanta jer svojom masovnom pojavom smetaju ljudima (npr. mase pagusjenica crne jasenove ose listarice, mase leptirića kestenovog moljca minera i imaga platanine stjenice koji ulaze u oči, usta, stanove i smetaju prolaznicima).
- Štetnike koji na stablima ne izazivaju značajne štete, nego ih samo fiziološki oslabljuju. Njihova primarna štetnost u urbanom prostoru jest da su molestanti. U ovu se grupu prvenstveno mogu svrstati uši. Uši svojim obilnim izlučivanjem medne rose zagađuju automobile, pločnike, stolove, stolice i klupe.
- Štetnike koji nemaju veće značenje (npr. neke vrste grinja čije se šiške mogu čak smatrati dekorativnima).

Štetnici nađeni ovim istraživanjem na području grada Zagreba mogu se prema mjestu dolaženja grupirati:

1. Tipični šumski štetnici koji su prisutni u šumama i fragmentima šuma u samom gradu. Ti su štetnici tijekom istraživanja bili prisutni samo u većim kompleksima šuma, a samo rijetko i pojedinačno na soliternim stablima.
2. Štetnici koji su prisutni samo u drvodredima i nisu u šumama. Tu svakako treba spomenuti crnu jasenovu osu listaricu koja nije nađena niti na jednom jasenu u šumama na području grada. Primijećeno je jače sušenje smreka i prisutnost smrekovih potkornjaka na smrekama koje su posađene kao soliterna stabla, na osami i na izloženim položajima u odnosu na manje skupine smrekovih stabala npr. u park šumi Maksimir.
3. Štetnici prisutni i u šumskim kompleksima i u drvodredima. U ovu skupinu se od značajnijih štetnika mogu ubrojiti kestenov moljac miner, platanina mrežasta stjenica, uši na različitim vrstama listopadnog drveća. Divlji kesten i platana rjeđe se i mogu naći u park šumama i fragmentima šuma na području grada. Na stablima u šumama (npr. u Tuškancu, Maksimiru) nađeni su kestenov moljac miner, platanina stjenica, a uši su na listopadnim vrstama drveća bile prisutne i u drvodredima i u šumama. Grinje su bile prisutne na promatranim stablima bez obzira na mjesto dolaženja.

Tijekom ovog istraživanja uočeno je da su štete koje mogu činiti pronađeni i determinirani kukci višestruke. One se mogu grubo podijeliti u nekoliko sljedećih kategorija:

1. defolijacija
2. sisanje sokova
3. fiziološko slabljenje stabala
4. bušenje hodnika pod korom i u drvu
5. narušavanje estetskog izgleda i utjecaj na pravilni rast biljke
6. molestanti

Štetni biotički i abiotički čimbenici prisutni u šumama na području grada Zagreba tijekom 2007. godine

1. Biljne bolesti

Tijekom 2007. godine u šumama na području grada Zagreba bile su prisutne sljedeće biljne bolesti koje su navedene prema domaćinima:

Pitomi kesten

Rak kore pitomog kestena (*Cryphonectria parasitica*) je naznačajniji štetni čimbenik koji ugrožava zdravlje pitomog kestena. Na području grada Zagreba, u sastojinama u kojima ima pitomog kestena postavljene su trajne plohe zbog praćenja zdravstvenog stanja pitomog kestena. Prema rezultatima s tih trajnih ploha (NOVAK-AGBABA 2006) oko 76 % stabala ima simptome raka kestenove kore, a na plohama ima 18 % suhih stabala te svega 5 % zdravih stabala. Podaci sa ovih trajnih ploha reprezentiraju stvarno stanje u kestenovim sastojinama na području Zagreba pa se stoga može zaključiti da je pitomi kesten vrlo lošeg zdravstvenog stanja. Nažalost ne postoje učinkovite mjere zaštite protiv raka kestenove kore.

Hrast lužnjak i kitnjak

Hrastova pepelnica (*Microsphaera alphitoides*) je najrasprostranjenija i najučestalija bolest naših hrastovih šuma. Gljiva napada sve vrste hrastova, a kod nas su na prvom mjestu hrast lužnjak i kitnjak. Pepelnica stvara pepeljastu prevlaku na listu i lako se prepoznaje. U normalnim uvjetima pepelnica ne čini znatnu štetu starim hrastovim sastojinama, ona se redovito nalazi na listovima hrastova takvih sastojina. Šteta nastaje najviše na biljkama koje su izložene suncu, a to su: biljke u rasadnicima, čiste sječine, progale i rubovi sastojina. Pepelnica se javlja i u starijim sastojinama, ali je u njima napad slabijeg intenziteta i ne pravi značajniju štetu.



Slika 1. jak napad hrastove pepelnice

Sasvim je druga situacija kada hrast strada od golobrsta ranih defolijatora (savijača, mrazovaca, ose listarice) i gubara. Tada vrlo često novi list bude zaražen pepelnicom, jer u to vrijeme vladaju optimalni uvjeti za njen razvoj. Obično je bolest tako jaka da se mladi list, koji je odmah zaražen, ne stigne razviti već ga pepelnica uništi i on brzo otpadne. Isto se dogodi i s trećim listom, pa je vrlo često izgubljena cijela vegetacijska godina za napadnutu sastojinu.

Kod hrastovog pomlatka, pepelnica smanjuje visinski prirast i utječe na vitalitet mladih biljaka.

Na području grada Zagreba tijekom 2007. godine pepelnica je zabilježena je skoro u svim hrastovim sastojinama, u starim sastojinama napadnuti su bili samo pojedinačni listovi i to smanjenje asimilacijske površine nije utjecalo na vitalitet stabala. Na pomlatku i u mlađim sastojinama pepelnica je također bila prisutna, ali na niti jednom lokalitetu intenzitet napada nije bio toliko jak da je bilo potrebno primijeniti mjere zaštite.

Gljive truležnice su gljive koje rastu na živom ili mrtvom drvu. U stabilnom šumskom ekosustavu, koji nije opterećen proizvodnjom kvalitetne drvne mase, ove gljive imaju svoje mjesto u procesu kruženja tvari u prirodi i prirodnoj selekciji jačih stabala. One razgrađuju odumrle biljne organe te naseljavaju oštećena i oslabljena stabla koja svojim djelovanjem izlučuju iz sastojina. Razgradnjom drvne tvari, zajedno s drugim mikroorganizmima u površinskom sloju tla poboljšavaju strukturu i kvalitetu humusno-akumulativnih slojeva tla. Gljive truležnice, općenito gledano, vrlo su važan čimbenik u procesu kruženja tvari u prirodi jer imaju sposobnost razgradnje drvne tvari na jednostavne spojeve. Štete od gljiva truležnica nastaju na starijim stablima i na oborenim tehničkim dijelovima stabala. Trulež u živim stablima je neizlječiva bolest, zaraza s vremenom postaje sve veća, a ne postoji siguran način da se iz žive biljke ukloni gljiva truležnica.

U sastojinama hrasta lužnjaka i kitnjaka na području grada Zagreba nađeno je 9 vrsta gljiva truležnica koje napadaju dubeća stabla. Ove su gljive uglavnom napadale starija, fiziološki već oslabljena stabla i preko rana na deblu ušle su u stablo. U onim šumama na području grada koje se koriste za rekreativnu namjenu (Maksimir, ostale park šume na području grada) stabla koje su napale gljive truležnice mogu predstavljati opasnost za građane jer kod vjetrova ili kiše može doći do odlamanja dijelova stabla. U većini slučajeva ove se gljive mogu smatrati značajnim članom šumskog ekosustava jer pridonose biodiverzitetu i sudjeluju u lancu razgradnje tvari. U gospodarskim šumama na području grada Zagreba gljive truležnice zabilježene su na pojedinačnim stablima i nisu imale štetni utjecaj na zdravstveno stanje hrastovih stabala.

U šumama grada Zagreba nađene su sljedeće vrste gljiva truležnica:

Bijela rupičarka (*Ganoderma applanatum*) je gljiva truležnica koja izaziva bijelu trulež na stablima. U deblu ulazi preko ozljeda, a stablo je podložno lomovima. Napada listače, a na području grada Zagreba najčešće je nalažena na stablima lužnjaka i kitnjaka.

Sjajna rupičarka (*Ganoderma lucidum*) je gljiva truležnica koja stvara crvenosmeđa plodišta u pridanku stabla. Kod napadnutih stabala povećana je opasnost od loma, a bila je česta na hrastovima na istraživanom području.

Guba na hrastu (*Phellinus robustus*) je gljiva truležnica koja uzrokuje i odumiranje dijelova krošnje. Uzrokuje bijelu trulež unutar debla (bjeljika i srž). Ova je vrsta bila česta u lužnjakovim i kitnjakovim šumama na području grada, posebno na starijim stablima.

Baršunasta guba (*Inonotus hispidus*) je gljiva truležnica koja uzrokuje intenzivnu bijelu trulež srži te kod napadnutih stabala postoji velika opasnost od lomova. Zabilježena je na starijim stablima lužnjaka, posebno na području parka Maksimir.

Žuti kruh (*Laetiporus sulphureus*) je gljiva truležnica koja uzrokuje smeđu trulež tj. brzo raspadanje srži stabla. Kod napadnutih stabala postoji velika opasnost od lomova. Zabilježena je na srednjedobnim i starijim stablima hrasta na području parka Maksimir.

Vukovo meso (*Fistulina hepatica*) je gljiva truležnica koja ima tamnocrvena, mesnata plodna tijela. Plodišta se nalaze u donjim dijelovima napadnutog stabla, a srž takvog stabla postaje crveno do tamnosmeđe boje. Ova vrsta ne ubija stablo izravno, ali često nastaju lomovi.

Zečarka (*Grifola frondosa*) je gljiva truležnica koja stvara plodišta pri samom pridanku stabla, a napadnuta stabla podložna su lomovima.

Hrastova labirintica (*Daedalea quercina*) je gljiva truležnica koja uzrokuje smeđu trulež srži. Ona je parazit rana, a plodna tijela razvijaju se po cijelom deblu. Smanjuje stabilnost stabla i povećava opasnost od loma.

Armillaria spp. je skupina gljiva nađena u šumama gdje su zastupljeni hrast lužnjak, kitnjak i lipa. Gljive ovoga roda su po patogenosti parazitske i saprofitske. Mogu uzrokovati ugibanje mladih stabala četinjača i sušenje starijih stabala. Uzrokuju i trulež korijena i središnjeg dijela baze starih stabala. U šumama grada Zagreba, posebno u park šumi Maksimir primijećenoje prisustvo gljiva iz roda *Armillaria*, na starim panjevima, trulim deblima, ali one su prirodni članovi šumskih ekosustava i sudjeluju u procesu razgradnje tvari. Niti u jednoj sastojini nisu zamijećene značajnije štete od ovog roda gljiva.

Bukva

Bukova guba (*Fomes fomentarius*) je najpoznatija i najuočljivija guba u šumama listača. Ona je slabi parazit rana na starim oštećenim i mladim potisnutim deblima, osobito na bukvi. Može se naći i na drugim vrstama listača. Na području Zagreba često je nađena na starijim bukovim stablima, ali ne ugrožava njihovo zdravstveno stanje.

Rak bukve (*Nectria ditissima*) stvara hipertrofije i rak rane na mladim bukvama. Napadnuto mlado deblo i grane se deformiraju, često su zavinute i na jednoj strani zadebljaju. Posljedica napada je najčešće smanjenje prirasta, a rjeđe ugibanje cijelog stabla. To je najopasnija gljiva za mlađa bukova stabla u dobi do 30 godina. Rak bukve je na istraživanom području nađen na pojedinačnim stablima i ne ugrožava zdravstveno stanje bukve.

Antraknoza bukova lišća (*Apiognomonium errabunda*) uzrokuje pjegavost duž žila lišća. Napadi su beznačajni i javljaju se na pojedinačnim listovima te nemaju utjecaj na zdravstveno stanje bukovih stabala.

Crvenorubna guba (*Fomitopsis pinicola*) je parazit rana i saprofit na četinjačama i listačama. U drvu uzrokuje smeđu trulež, a na bukvi često raste zajedno s bukovom gubom na istom odumrlom stablu. Njezina pojava nije utjecala na zdravstveno stanje bukovih stabala istraživanog područja.

Borovi

Na grupama i pojedinačnim stablima crnoga i običnoga bora koji su nađeni u šumama na području grada Zagreba nađene su sljedeće biljne bolesti:

Osipanje starijih borovih iglica (*Lophodermium pinastri*). Ova gljiva napada isključivo oslabljenje i starije iglice borova i uvijek je prisutna na starijim stablima, ali bez štetnih posljedica. Najveća šteta može nastati kod jakog napada soliternih i ukrasnih stabala čija se krošnja tada znatno prorjeđuje i time se smanjuje ukrasna vrijednost stabala. Na području grada je samo na pojedinačnim stablima primijećen napad ove gljive srednjeg intenziteta, ali to nije značajnije utjecalo na zdravstveno stanje napadnutih stabala.

Crvena pjegavost borovih iglica (*Mycosphaerella pini*) uzrokuje pojavu klorotičnih pjega na iglicama bora koje s vremenom posmeđe i oblikuju crvenosmeđi prsten. U međuvremenu odumre gornja polovica iglice, a ponekad i cijela iglica. Ukoliko dođe do jačeg napada, osipaju se iglice bez obzira na starost stabla što utječe na visinski i debljinski prirast stabla, a kod ukrasnih biljaka na izgled stabla. Na području Zagreba ova je gljivična bolest nađena samo sporadično na borovim stablima i nije utjecala na njihovo zdravstveno stanje.

Truležnica korjena i debla četinjača (*Phaeolus schweinitzii*) je gljiva truležnica koja napada četinjače, najčešće borove. Stvara klobučasta narančastožuta plodišta u pridanku debla. Trulež brzo napreduje po stablu i ono postaje lomljivo. Ova gljiva je zabilježena pojedinačno na stablima crnoga bora na području Zagreba.

Jela

Vještičja metla i rak jele (*Melampsorella caryophyllacearum*) pristuna je u svim jelovim šumama na jelama bilo koje dobi. Javlja se sporadično na pojedinačnim stablima. Gljiva uzrokuje rast grmolikih, vrlo gustih okomitih formacija na granama jele («vještičje metle»). U početku su to grmići, a u starosti mogu biti visine do 1 m. Na izbojcima tih grmova razvijaju se kratke, klorotične iglice što se jasno razlikuje od tamnozeleno krošnje jele. Šteta na starijim stablima nije velika, ako rak okruži debla mladih stabala može doći do ugibanja. Rak jele je na jelama u šumama na području Zagreba nađen pojedinačno na starijim stablima i nije utjecao na zdravstveno stanje tih stabala.

2. Štetni kukci

U šumama, park šumama, parkovima i drvoredima grada Zagreba trijemkom 2007. i 2008. godine nađeni su sljedeći štetni kukci:

PHYLUS CORYLI L. (HEMIPTERA, MIRIDAE)

Domaćin: lijeska i njezini kultivari

Štetnost: Ova je stjenica štetnik lijeske. Ubodima i sisanjem izaziva deformaciju listova i vršnih izbojaka, na mjestima uboda i sisanja lisna ploha je nekrotizirana i oštećena. Na listu se mogu naći do 6 mm duga smeđa imaga i svijetle ličinke. Nađena je na lijeskama na cijelom području istraživanja. Štete su dosta lako prepoznatljive jer su simptomi napada izgriženi i izbodeni listovi. Štete su posebno lako vidljive kada se lišće pogleda odozdo prema svjetlu.

CORYTHUCA CILIATA (SAY) – MREŽASTA PLATANINA STJENICA (HEMIPTERA, TINGIDAE)

Domaćin: *Platanus* sp.

Štetnost: Mrežasta platanina stjenica je značajan štetnik platane na području grada Zagreba.

Zaražena su bila sva promatrana stabla platana, većim ili manjim intenzitetom. Intenzitet napada razlikovao se od lokaliteta do lokaliteta, stabla na nekim lokalitetima imala su u kolovozu potpuno blijedožute listove, a neka su imala samo zone bez klorofila. Zapaženo je da je na mlađim stablima platana intenzitet napada bio nešto slabiji u odnosu na stara i velika stabla. Stabla napadnuta jačim intenzitetom počela su gubiti lišće krajem kolovoza.

Nije primijećena razlika u intenzitetu napada između drvoreda u samom centru grada Zagreba i stablima koja se nalaze u park šumama.



Slika 2: Imago mrežaste platanine stjenice

Platane se smatraju i «zaštitnim» znakom zelenila grada Zagreba zbog starih stabala platana na Zrinjevcu, a česte su i u novoposađenim drvoredima te se u toj činjenici očituje njihova važnost za urbano zelenilo grada Zagreba. Zbog jačine napada ove stjenice, platanama je već u srpnju i kolovozu narušena funkcija ukrasnog gradskog zelenila.

Tijekom istraživanog razdoblja zamijećena je još jedna važno obilježje platanine mrežaste stjenice – njezin karakter molestanta



Slika 3: List platane koji je napala platanina mrežasta stjenica



Slika 4: Simptomi napada platanine mrežaste stjenice

PYRRHOCORIS APTERUS L. – VATRENA STJENICA (HEMIPTERA, PYRRHOCORIDAE)

Domaćin: lipe

Štetnost: Vatrene stjenice je jedna od najčešćih stjenica u šumama, a posebno u parkovima. Masovno se nalazi na lipovim stablima u drvodredima gdje se vrlo često javlja u tolikom broju da cijela debla budu prekrivena stjenicama. U Zagrebu je nađena na lipovim stablima gdje se tijekom jeseni i zime zadržava u velikim skupinama na južnim dijelovima debla. Hrani se mrtvom organskom tvari i sjemenom lipe i crnog sljeza iz kojeg siše sokove. Ova vrsta stjenica je nađena skoro uz svako lipovo stablo na području grada Zagreba, a zbog svoje crvene boje i zadržavanja u velikim skupinama na donjim dijelovima debla lako je uočljiva. Iako vatrene stjenice ne čini nikakve vidljive štete na stablima, svakako se treba spomenuti zbog redovite prisutnosti i masovnosti pojave na istraživanom području.



Slika 5: Vatrene stjenice

OXYCARENUS LAVATERAE FABR. – CRNA LIPOVA STJENICA (HEMIPTERA, LYGAEIDAE)

Domaćin: lipa

Štetnost: Uz vatrenu stjenicu, ova se stjenica također masovno javljala u drvodredima na lipovim stablima tijekom ovog istraživanja. Pojava je na nekim lokalitetima bila toliko masovna da su debla i deblje grane bile potpuno prekrivene slojem srebrnaste boje. Crna lipova stjenica je i štetnik crnog sljeza. Na nekim stablima je gustoća jedinki bila toliko da je stablo u potpunosti bilo prekriveno nekoliko milimetara debelim slojem stjenica te je imalo srebrnkasti odsjaj zbog prozirnog polupokrilja ove stjenice.



Slika 6: Crna lipova stjenica

PSYLLOPSIS FRAXINI L. (HEMIPTERA, PSYLLIDAE)

Domaćin: *Fraxinus excelsior* L. – obični jasen

Štetnost: Ova vrsta nađena je u drvodredima običnog jasena istraživanih područja. Napadnuti listovi su lako uočljivi jer imaju uvinut rub palistića koji mijenja boju od žućkaste do prošarano crvene. Ti uvinuti dijelovi listova su tijekom vegetacije postajali žuti, crveni i konačno smeđi te su posebno uočljivi bili tijekom ljeta pa sve do opadanja lišća. Ukoliko se javi većim intenzitetom može utjecati na izgled, posebno mladih, stabala. Na istraživanom području ova vrsta lisne buhe nije činila značajnije štete i bila je prisutna samo pojedinačno na listovima jasena.



Slika 7: List koji je napala jasenova lisna buha

Nadporodica: Aphidoidea – lisne uši

Štete koje nanose lisne uši su dvojake: izravne i neizravne.

Izravne štete sastoje se u sisanju biljnih sokova što oduzima biljci hranjiva. Uši mogu sisati na različitim dijelovima biljke, a uglavnom sam ih pronalazila na listovima i izbojcima. Posljedice napada lisnih ušiju jesu deformacije (kovrčanje lišća npr. na jasenu), sušenje na mjestu sisanja zbog deklorofilacije, nekrotiziranje lišća, uvijanje izbojaka.

Neizravne štete nastaju kao posljedica lučenja medne rose i prenošenja virusnih bolesti. Osim što smanjuju estetsku vrijednost ukrasnih biljaka, u gradskim sredinama je jedna od najznačajnijih šteta koje čine lisne uši izlučivanje medne rose. Medna rosa je izlučina uši koja se sastoji pretežno iz ugljikohidrata iz biljnog soka kojeg lisne uši sišu u velikim količinama. Svakog dana uši posišu višestruko veću količinu soka od vlastite težine kako bi došle do dovoljnih količina određenih aminokiselina potrebnih za razvoj (MACELJSKI 1999). Kapljice medne rose koje izlučuju uši pokrivaju biljne dijelove, naročito lišće te ih čine ljepljivim. Uši koje obilno luče mednu rosu zagađuju samu biljku, kolnike, nogostupe, parkirane automobile. To je slučaj s javorovom lisnom uši *Drepanosiphum platanoidis* Schrank uši koja izlučuje izuzetno puno medne rose, a napada javor mliječ (*Acer platanoides* L.) koji je posađen u mnogim drvodredima grada Zagreba.

Na biljne dijelove onečišćene mednom rosom naseljuju se saprofitske gljivice tzv. gljive čađavice. One uzrokuju potamnjenje napadnutih biljnih dijelova te smanjenje asimilacije. Lišće mnogo brže stari, skraćuje se vegetacija i smanjuje se prirast biljke. Posebno utječe na estetski izgled biljke. Na ostale površine ljepljive od medne rose (automobile, stolove i stolice u ugostiteljskim objektima, nogostupe itd.) lijepi se nečistoća.

EUCALLIPTERUS TILIAE L. (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: lipe

Štetnost: Iako napadi i velike kolonije ovih ušiju relativno malo oštećuju lipova stabla (vjerojatno samo fiziološki) najznačajniji štetni učinak, posebno u urbanim područjima je obilno izlučivanje medne rose. Medna rosa pada na automobile, vrtni namještaj, pločnike i druge biljke ispod lipovih stabala. Na te ljepljive površine naseljavaju se gljive čađavice i lijepi se nečistoća. Budući da su lipe jedno od najčešće sađenih stabala u gradskim područjima ova uš se može smatrati značajnim molestantom. Ova je vrsta nađena na skoro svim lipama na području grada Zagreba. Lako je prepoznati njihovu prisutnost po sjajnom i ljepljivom lišću. Tijekom vegetacije lišće lipe je poprimilo smeđecrnu boju zbog gljiva čađavica koje su se tu naselile. Posebno su loše izgledale lipe uz glavne prometnice zbog velike količine nalijepljene prašine. Ova vrsta uši rasprostranjena na cijelom području grada Zagreba jer su skoro sve lipe imale na listovima manje ili veće količine medne rose.

PHYLLAPHIS FAGI L. (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: *Fagus sylvatica* L. – obična bukva i njezini kultivari

Štetnost: Ova vrsta lisnih ušiju također izlučuje mednu rosu pa je lišće ljepljivo te se na njega naseljavaju gljive čađavice. Sisanje ušiju uzrokuje sušenje mladih vrhova izbojaka. Napadnuti listovi se suše i uvijaju prema dolje s obje strane glavne žile i prerano otpadaju. Napad ove uši narušava ukrasni izgled biljke, medna rosa koja pada s listova onečišćuje automobile i pločnike, sušenjem i preranim otpadanjem listova smanjuje se asimilacijska površina i narušava vitalitet biljaka. Ova uš je lako prepoznatljiva kao bijele, mekane nakupine s donje strane bukovog lišća.



Slika 8: *Phyllaphis fagi*

EUCERAPHIS BETULAE KOCH (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: obična breza

Štetnost: Tijekom proljeća, ljeta pa sve do rane jeseni na brezama na cijelom području istraživanja redovito je utvrđena prisutnost ove vrste ušiju. Nije uzrokovala deformaciju listova, listovi su bili prekriveni ušima s donje strane i ljepljivi od medne rose. Kasnije, tijekom ljeta, napadnuti listovi postali su tamni zbog naseljavanja gljiva čađavica. Najznačajnija šteta koju ova uš uzrokuje je obilno lučenje medne rose koja zagađuje sve što se nalazi ispod stabala te narušava ukrasni izgled biljaka. Prisutnost uši se vrlo lako utvrđuje po sjajnim i ljepljivim listovima, a ako se malo bolje pogleda najčešće su mladi i mekani vrhovi izbojaka potpuno prekriveni beskrilnim jedinkama. Tijekom ljeta brezovo lišće poprima prljavosivu boju zbog gljiva čađavica. Prisutnost ove vrste ušiju može se lako utvrditi i po parkiranim automobilima ispod brezovih stabala koji budu prekriveni ljepljivim slojem medne rose.

DREPANOSIPHUM PLATANOIDIS SCHRANK – JAVOROVA LISNA UŠ (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćini: javor mliječ, gorski javor

Štetnost: Ova je uš tijekom istraživanja bila najčešći štetnik javora. Javori su vrlo često sađena vrsta u drvodredima u samom centru grada Zagreba. Ova vrsta uši smanjuje fiziološku otpornost biljaka uslijed sisanja sokova te je dosta neugodni molestator. Uš je obilno lučila mednu rosu pa su i sama biljka i okolni predmeti bili prekriveni ljepljivim naslagama. Javorova lisna uš spada u one vrste ušiju koje tako obilno luče mednu rosu da ona kaplje s listova. Kolnici, nogostupi, ograde, okolno nisko grmlje i drugo bilje te predmeti, a najčešće su to automobili i stolovi i stolice ugostiteljskih objekata poprimaju ljepljiv i prljav izgled. Zbog ljepljive prevlake na listu dolazi do smanjenja asimilacijske površine te se na takav naseljavaju gljive čađavice koje još dodatno smanjuju asimilacijsku površinu i otežavaju transpiraciju lišća. Lišće poprima sivocrnu boju što još više narušava estetski izgled stabala.

MYZUS CERASI (FABRICIUS) – CRNA TREŠNJINA UŠ (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: *Prunus* spp.

Štetnost: Ovo je vrlo česti štetnik na vrstama iz roda *Prunus* (*Prunus padus* L., *Prunus avium* L.) te ukrasnih kultivara koji su česti u urbanim prostorima. Uzrokuje njihovo jako kovrčanje listova. Štete mogu biti velike. Luči obilje medne rose koju naseljuju gljive čađavice pa se smanjuje asimilacija i transpiracija. Nađen je na divljim trešnjama koje rastu u park šumama (Maksimir, Tuškanac, Zelengaj) na području Zagreba te na ukrasnim vrstama trešnje koje se uzgajaju zbog cvjetova. Neka stabla ukrasnih trešanja imala su vrh svakog izbojka napadnuta ovim ušima. Vrhovi su bili deformirani, listovi zakovrčani i ljepljivi od medne rose, a donji listovi su također bili ljepljivi.



Slika 9: Listovi zakovrčani zbog napada uši *Myzus cerasi*

ERIOSOMA ULMI L. (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: *Ulmus spp.*

Štetnost: Ova vrsta stvara šiške na brijestovom lišću i to tako da postrani rub lista savine prema dolje. Deformirani dio postaje žuto ili bijelo zelene boje. Unutra se nalaze mase ušiju prekrivene bijelim voskom. Kod jačeg napada listovi mogu biti jako uvinuti te su te šiške dobro vidljive. No napad ove uši ne nanosi veće štete brijestovim stablima pogotovo ako se radi o soliternim stablima. Opasnija je ljetna generacija koja se razvija na korijenu biljaka roda *Ribes* pogotovo na biljkama posađenim u kontejnerima. Nađena je na mladim brijestovima u šumama Tuškanca i Cmroka tijekom svibnja i lipnja, a intenzitet napada nije bio jak.

PROCIPHILUS FRAXINI HARTIG (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: obični jasen

Štetnost: Ova je vrsta na istraživanom području nađena na skoro svim stablima jasena. Gnijezda koja koverčanjem lišća stvara ova vrsta ušiju narušava estetski izgled stabala, a kod jakog napada dolazi i do gubitka u prirastu i smetnje u rastu. Te tvorevine narušavaju izgled stabala te ga fiziološki oslabljuju. Na nekim je jasenima bilo i preko 20 takvih gnijezda. Uz crnu jasenovu osu listaricu i uš *Prociphilus bumeliae* ovo je najprisutniji štetnik jasena na području grada Zagreba.



Slika 10: Uši *Prociphilus spp.* unutar gnijezda



Slika 11: Gnijezda koja su nastala zbog napada uši *Prociphilus spp.*

PROCIPHILUS BUMELIAE SCHRANK (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: obični jasen

Štetnost: Ovo je uz crnu jasenovu osu listaricu i uš *Prociphilus fraxini* najprisutniji štetnik jasena na području grada Zagreba. Gnijezda zakovrčanog lišća su vrlo lako uočljiva. Intenzitet napada varirao je od stabla do stabla, a bilo je stabala sa 20 i više gnijezda. Treba napomenuti da je teško točno razlučiti jednu od druge vrste uši na istome stablu bez specijalističke determinacije jer i jedna i druga vrsta stvaraju gnijezda pa ne mogu niti točno tvrditi koji je bio postotak zastupljenosti vrste *Prociphilus fraxini*, a koji postotak zastupljenosti vrste *Prociphilus bumeliae*.



Slika 12: Deformacije listova i izbojka uzrokovane napadom uši *Prociphilus* spp.)

ADELGES LARICIS VALLOT (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćini: *Picea abies* (L.) H. Karst – obična smreka, *Larix decidua* Mill. – europski ariš

Štetnost: Ljetna generacija uši na arišu je lako vidljiva jer je prekrivena bijelim voskom i obilno izlučuje mednu rosu koja prekriva iglice te se na to naseljavaju gljive čađavice i prašina, posebno u gradskom području. Tada iglice poprimaju prljavosivu boju i time se smanjuje asimilacija. Kod jakog napada iglice izgledaju plavosive boje te može doći do preranog opadanja iglica i odumiranja izbojaka. Šiške na smreci su sitne i nemaju nekog većeg utjecaja na zdravstveno stanje smreke. Uši ove vrste nađene su na arišima na području grada Zagreba, a napadnute iglice bile su pune sitnih bijelih uši prekrivenih bijelom voštanom prevlakom, izbojci su bili ljepljivi od medne rose, a tijekom ljeta su poprimili sivosmeđu prljavu boju. Ovu se vrstu treba evidentirati, ali se ne može smatrati značajnim štetnikom jer ariši nisu bili na istraživanom području zastupljeni u velikom broju.



Slika 13: Uši *Adelges laricis* na izbojku ariša

ADELGES ABIETIS L. (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: obična smreka

Štetnost: Ova je vrsta uši šiškarića bila često prisutna na smrekama na području grada Zagreba. Budući da je sklona stvaranju lokalnih gustih populacija neke su smreke bile jače, a neke slabije napadnute. Kod jačeg intenziteta napada može uzrokovati deformacije izbojaka, iako šiška ne okružuje cijeli izbojak pa ne dolazi do zaustavljanja rasta. Ukoliko je napad jak kod mladih stabala dolazi do gubitka pravilnog i ukrasnog habitusa.



Slika 14: Šiške na smreci uzrokovane napadom uši *Adelges abietis*

ADELGES VIRIDIS RATZEBURG (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

Domaćin: *Picea spp.*

Štetnost: Ova je vrsta vrlo česti štetnik vrsta iz roda *Picea* i stvara šiške nalik ananasi koje su slične onima koje stvara vrsta *A. abietis* ali su jače izdužene i potpuno okružuju izbojak koji zbog toga prestaje rasti. Kod jakog napada, posebno na mlada stabla, narušavaju estetski izgled, a najviše štete mogu nanijeti na plantažama božićnih drveća. Šiške se mogu razvijati i na vršnim izbojcima te se gubi karakteristični oblik četinjače.

TOMOSTETHUS NIGRITUS FABR. – CRNA JASENOVA OSA LISTARICA (HYMENOPTERA, TENTHREDINIDAE)

Domaćin: obični jasen

Štetnost: Crna jasenova osa listarica je monofagni štetnik jasena koji ima jednu generaciju godišnje. Napada vrste *F. excelsior* i *F. angustifolia*, dok *F. pennsylvanica* i *F. ornus* ne napada. Nakon izlaska iz jaja ličinke se počinju hraniti. Najprije na listu izgrizaju sitne rupice veličine glave pribadače, a nakon trećeg larvalnog stadija počinju žderati od ruba lista i to cijelu plojku palistića. Na stablu ostaju samo nepojedene deblje žile lista. Ovo je najznačajniji štetnik jasena na području grada Zagreba. Masovno se javio od 1997. do 2003. godine u drvoredima jasena na području grada (posebno Aleja B. Magovca i Jarun). Tijekom 2007. godine nije zabilježena masovna pojava i značajnije štete, ali je ovaj štetnik stalno prisutan u pojedinim drvoredima jasena na području grada Zagreba. Nije nađen na stablima jasena na Medvednici.



Slika 15: Pagusjenice crne jasenove ose listarice



Slika 16: Potpuno obršteni list jasena, ostale su samo glavne žile lista

NEUROTERUS QUERCUSBACCARUM L. (HYMENOPTERA, CYNIPIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp.

Štetnost: Ova vrsta šiški se može masovno javiti na listovima hrasta, s donje strane lista ih može biti i preko stotinu. Kod jakog napada s gornje strane lista dolazi do diskoloracije. Smatra se da, iako vrlo brojne, napad ove ose šiškarice nema utjecaja na fiziološku kondiciju stabla. Prisutnost ove ose šiškarice zabilježen je u svim šumama i na soliternim stablima hrasta lužnjaka u gradu Zagrebu, a uzrokovale su samo blagu diskoloraciju gornje strane lista.

NEUROTERUS NUMISMALIS OLIV. (HYMENOPTERA, CYNIPIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp.

Štetnost: Šiške izazivaju očitu diskoloriranost gornje strane lista te se time smanjuje asimilacija. Nađene su na hrastovima u svim šumama i soliternim stablima na području grada Zagreba, vrlo često se na istom listu nalaze šiške vrste *Neuroterus numismalis* i *Neuroterus quercusbaccarum*. Kod jakog napada listovi poprimaju nezdravu, klorotičnu boju te se «savijaju» od velike količine šiški s donje strane. Ove dvije opisane vrste osa šiškarica su redovita pojava na hrastu na području grada Zagreba, ali u istraživanom razdoblju nije zabilježena masovnu pojavu niti jedne od ove dvije navedene vrste osa šiškarica. Redovito su na listovima hrastova, posebno u park šumama, bile prisutne obje opisane vrste osa šiškarica.



Slika 17: Šiške vrste *Neuroterus numismalis*

ANDRICUS FECUNDATOR HART. (HYMENOPTERA, CYNIPIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp.

Štetnost: Ova osa šiškarica napada hrastove pupove te time sprečava razvoj izbojaka. Šiške ove vrste nađene su na stablima hrasta lužnjaka u parku Maksimir. Kod jakog napada ova bi vrsta mogla biti značajna za soliterna ukrasna stabla hrastova posebno kultivara *Q. robur* 'Fastigiata' jer bi moglo doći do sprečavanja rasta izbojaka i gubitka željene piramidalne forme.

CYNIPS QUERCUSFOLII L. (HYMENOPTERA, CYNIPIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp.

Štetnost: Ova vrsta ose šiškarice vrlo je česta u hrastovim šumama i na soliternim stablima hrasta na području cijelog grada Zagreba. Iako na istom listu može biti i nekoliko većih šiški, one ne uzrokuju deformaciju lista niti diskoloraciju s gornje strane pa nemaju nekog značajnijeg štetnog utjecaja na stablo. Može se reći da, kad šiške pocrvene, izgledaju zanimljivo i dekorativno na zelenom lišću.

ANDRICUS QUERCUSCALICIS BURGSD. (HYMENOPTERA, CYNIPIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp.

Štetnost: Masovni napad ove ose šiškarice može u pojedinim godinama potpuno uništiti urod žira, no nema utjecaja na rast i vitalitet stabla. U urbanom području grada Zagreba ova je osa šiškarica prisutna na skoro svim lokalitetima na kojima se javlja hrast lužnjak, posebno u parku Maksimir, Cmroku, Tuškancu, Zelengaju, ali se ne može smatrati važnim štetnikom jer se niti jedan hrast urbanog područja ne uzgaja zbog uroda žira. Štete može činiti u godinama uroda žira u gospodarskim šumama hrasta.



Slika 18: Žir obavijen šiškom vrste *Andricus quercuscalicis*

MELOLONTHA MELOLONTHA L. – OBIČNI HRUŠT (COLEOPTERA, SCARABEIDE)

Domaćini: *Quercus* spp., *Tilia* spp., *Carpinus* spp i druge vrste listača

Štetnost: Obični hrušt je štetnik na klijancima i mladim biljkama na korijenju, na svim vrstama drveća, a preferira četinjače, ali na većim stablima, pogotovo na velikim parkovnim stablima ne može izazvati značajne štete. Kod dugotrajnih napada može uništiti i stadij letvenjaka. Tijekom istraživanja nisu zabilježene veće štete od ove vrste kornjaša. Imaga su pronađena samo pojedinačno. Ovaj bi štetnik mogao, kod masovne pojave, izazvati štete oštećivanjem listova na ukrasnim vrstama listopadnog drveća.

**AMPHIMALLON SOLSTITIALIS L. – LIPANJSKI ILI MALI LJETNI HRUŠT
(COLEOPTERA, SCARABEIDE)**

Domaćini: *Quercus* spp., *Tilia* spp., *Carpinus* spp i druge vrste listača

Štetnost: Mali ljetni hrušt preferira lagana, pjeskovita i suha tla, a posebno livade i travnjake pa je čest u gradovima i ne smatra se pravim šumskim štetnikom. Iako se smatra da ova vrsta kornjaša ne izaziva velike štete kao obični hrušt, na istraživanom području nađen je češće i u većoj brojnosti od običnog hrušta. Imaga su nađena u svibnju i lipnju na listopadnim vrstama drveća. Imaga su na listovima izgrizala nepravilne rupe, ali brojnost populacije nije bila takva da bi štete bile zamjetne.



Slika 19: mali ljetni hrušt (*Amphimallon solstitialis*)

PHYLLOBIUS ARGENTATUS L. (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE)

Domaćini: *Tilia* spp., *Betula* spp., *Corylus* spp., *Alnus* spp., *Fagus* spp., *Quercus* spp.

Štetnost: Imaga izgrizaju lišće te, kod velike gustoće populacije, mogu izazvati značajnije štete pa i golobrst (ALFORD 1995). Najveća šteta događa od travnja do srpnja, pogotovo na mladom lišću. Ova vrsta pipe nađena je području istraživanja na vrstama *Tilia tomentosa* Moench i lijesci na kojima je izgrizala lišće, no intenzitet štete nije bio velik. Grizotine idu od ruba lista i dosta su lako prepoznatljive. Ukoliko se dobro pogleda među lišće uvijek se mogu naći imaga koja su tu sakrivena.

**STEREONYCHUS FRAXINI DEG. – JASENOVA PIPA (COLEOPTERA,
CURCULIONIDAE)**

Domaćini: obični jasen, poljski jasen

Štetnost: Jasenova pipa je štetnik jasena u prirodnim jasenovim sastojinama koji može uzrokovati značajna oštećenja. Ličinke oštećuju lišće, a kornjaši oštećuju i lišće i pupove, kao mladi kornjaši nakon izlaska iz kokona i kao odrasli kornjaši prilikom kopulacije i odlaganja jaja. Na području Zagreba jasenova pipa nađena je samo pojedinačno na stablima i to vrlo slabog intenziteta napada



Slika 20: Ličinke jasenove pipe (*Stereonychus fraxini*) i oštećenja na listu

**RHYNCHAENUS FAGI L. – BUKOVA SKOČIPIPA (COLEOPTERA,
CURCULIONIDAE)**

Domaćin: obična bukva

Štetnost: Bukova skočipipa je stalno prisutna u bukovim šumama na području Zagreba. Imaga oštećuju list i rade karakteristične rupice na listu, a ličinke miniraju list. Kod jakog napada oštećenja su slična oštećenjima od kasnog mraza. Kod jakog napada lišće otpada već u lipnju i srpnju zbog šteta koje čine mladi kornjaši koji žderu i peteljke listova. Mogu oštećivati i peteljke plodova što uzrokuje prerano otpadanje ploda. Kod jakog napada mogu uzrokovati značajne gubitke u prirastu i gubitke u urodu. U šumama bukve na području grada Zagreba intenzitet štete od bukove skočipipe varirao je od 1 do 25 % oštećene lisne mase. Takav intenzitet štete ne utječe na zdravstveno stanje bukovih stabala



Slika 21: Oštećenja od bukove skočipipe (*Rhynchaenus fagi*)

**IPS TYPOGRAPHUS L. – SMREKOV PISAR ILI SMREKOV OSMEROZUBI
POTKORNJAK (COLEOPTERA, SCOLYTIDAE)**

Domaćin: smreka

Štetnost: Ovo je najopasniji štetnik smreke. To je sekundarni štetnik koji napada fiziološki oslabljena stabla iako kod jakog napada može napasti i zdrava stabla. Smreka se na području grada Zagreba može naći kao soliterna stabala te u sastojinama na području Medvednice. U urbanom prostoru grada Zagreba smreka se sadi kao ukrasno stablo, to su uglavnom kultivari vrsta *Picea abies*, *P. omorika* i *P. glauca*. U privatnim vrtovima se može naći dosta pojedinačnih stabala obične smreke. Zabilježeno je dosta suhих smrekovih stabala kojima se odlupljivala kora te su se ispod kore mogli dobro vidjeti hodnici karakteristični za vrstu *Ips typographus*. Smrekova stabla u privatnim vrtovima sadena su na različitim tipovima tala koja, u mnogim slučajevima, nisu optimalna za smreku te je i to preduvjet za fiziološko slabljenje stabala i napad potkornjaka. U Zagrebu su ionako rijetki primjerci starih smreka koje su dobrog zdravstvenog stanja i lijepog izgleda.

Na Medvednici je smrekov potkornjak prisutan, ali gustoća populacije je bila takva da nije činio štete.

**PITYOKTEINES CURVIDENS GERM. – JELOV KRIVOZUBI POTKORNJAK
(COLEOPTERA, SCOLITIDAE)**

Domaćin: obična jela

Štetnost: Ovaj jelov potkornjak napada stare jele s debljom korom i to u donjim dijelovima stabala. Prenamnoženje potkornjaka slijedi nakon fiziološkog stresa prouzrokovanog sušom ili nagomilavanjem veće količine neokoranog materijala nakon izvala ili lomova. Velika gustoća populacije i jak napad jelovog potkornjaka može uzrokovati sušenje jela na većim površinama. Na Medvednici su nađena stabla sa simptomima napada jelovog krivozubog potkornjaka, no intenzitet štete je bio samo sporadičan.

CERAMBYX CERDO L. – VELIKA HRASTOVA STRIZIBUBA (COLEOPTERA, CERAMBYCIDAE)

Domaćin: hrast

Štetnost: Hrastova strizibuba je primarni štetnik hrastova u hrastovim šumama. Ona je u prvom redu tehnički štetnik jer uništava drvo koje kasnije nije za upotrebu. Štete od hrastove strizibube nađene su na hrastovima u parku Maksimir te u drugim park šumama i fragmentima šuma na području grada Zagreba, i na stablima u sastojini i na stablima koja stoje kao soliterna stabla na livadama. Ona svojim napadom rijetko dovodi do naglog ugibanja stabla, stara stabla mogu biti napadnuta hrastovom strizibubom i štete mogu biti vidljive izvana, ali će stabla i dalje biti zelena.



Slika 22: Oštećenja na hrastu od velike hrastove strizibube

TISCHERIA EKEBLADELLA BJERK. – HRASTOV MINER (LEPIDOPTERA, TISCHERIIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp., pitomi kesten

Štetnost: Hrastov miner je značajan štetnik na hrastovom pomlatku, posebno u rasadnicima. Na istraživanom području je nađen na pomlatku hrasta lužnjaka te pojedinačno na listovima odraslih stabala hrasta. Intenzitet napada je varirao od 1-2 do 5 mina po listovima te nije utjecao na zdravstveno stanje hrastovog pomlatka niti odraslih stabala.



Slika 23: štete na hrastovom listu uzrokovane hrastovim minerom (*Tischeria ekebladella*)

**CAMERARIA OHRIDELLA DESCHKA & DIMIĆ – KESTENOV MOLJAC MINER
(LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE)**

Domaćin: divlji kesten

Štetnost: Kestenov moljac miner je najznačajniji štetnik stabala divljeg kestena. Ličinke stvaraju mine s gornje strane listova, to su diskolorirana mjesta na listu u kojima je izjeden parenhim lista. Time se smanjuje asimilacijska površina. Još od unašanja kesenovog moljca minera u Hrvatsku (od 1995. godine) ne smanjuje se intetnzitet njegovog napada. On je iz godine u godinu jak i uzrokuje preranu defolijaciju kestenovih stabala. Osim što mine smanjuju asiimilacijsku površinu listova, uzrokuju i smanjenje estetske funkcije kestenovih stabala koje su jedno od čestih i cijenjenih ukrasnih stabala urbanog područja. Kestenov moljac miner nađen je na svim stablima divljeg kestena na području grada Zagreba, i u drvodredima i na stablima unutar kompleksa šuma (Maksimir, park šuma Orlovac, Zelengaj i Tuškanac).



Slika 24: Jak napad kestenovog moljca minera,



Slika 25: Uvijanje i sušenje lišća divljeg kestena zbog napada kestenovog moljca minera

**PARECTOPA ROBINIELLA CLEMENS – BAGREMOV MOLJAC MINER
(LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE)**

Domaćin: *Robinia pseudoacacia* L. – obični bagrem

Štetnost: Ovaj se miner smatra jednim od najznačajnijih bagremovih štetnika posebno u onim zemljama gdje bagrem ima značajnu ulogu kao šumska vrsta (npr. Mađarska). Napad ovog moljca smanjuje asimilacijsku površinu i uzrokuje defolijaciju do koje, kod jakog napada, dolazi već u rano ljeto. Kod bagremova koji se uzgajaju u ukrasne svrhe narušava estetsku vrijednost. Bagremov moljac miner je na istraživanom području nađen na bagremima u parku Maksimir i to na mlađim stablima. Uglavnom se mogu naći stabla u park šumama (Maksimir) i fragmentima šuma na području grada (Zelengaj, Tuškanac) tako da napad ovog minera nije imao štetnog utjecaja na zdravstveno stanje stabala.



Slika 26: Mine na bagremovom listu uzrokovane napadom bagremovog moljca minera (*Parectopa robiniella*)

**PHYLLONORYCTER ROBINIELLA CLEM. – MOLJAC VREĆASTIH MINA BAGREMA
(LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE)**

Domaćin: *Robinia pseudoacacia* L. – obični bagrem

Štetnost: Ovo je, uz vrstu *P. robiniella*, najznačajnijih štetnik bagrema koji pri jakom napadu može uzrokovati defolijaciju. Prisutan je u svim šumama gdje ima bagrema u šumama gdje je bagrem prisutan. Na istoj biljci često su nađena oba bagremova minera. Štete nisu bile značajne, lokalno je zabilježen jači napad, ali samo na pojedinačnim listovima..



Slika 27: Jak napad moljca vrećastih mina bagrema (*Phyllonorycter robiniella*)

**PHYLLONORYCTER PLATANI STAUDINGER – PLATANIN MOLJAC MINER
(LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE)**

Domaćin: *Platanus* spp.

Štetnost: Ova vrsta stvara mine s donje strane lista platane. Kod slabijeg napada i samo pojedinačnih mina na listu štete nisu vidljive s gornje strane lista. Kod jakog napada listovi s gornje strane posmeđe i uvijaju se, a s donje strane su potpuno prekriveni minama.

Na istraživanom području nađena su stabla s različitim intenzitetom napada plataninog moljca минера. Neka su stabla na listovima imala jednu do dvije mine, a na nekim stablima ih je bilo i preko 20 pa su se spojile jedna u drugu te je cijela donja strana lista bila smeđa..



Slika 28: Mine na listovima platane uzrokovane napadom plataninog moljca минера (*Phyllonorycter platani*)

Kod stabala s jakim intenzitetom napada u krošnji su bili vidljivi smeđi listovi koji su se počeli od ruba uvijati. Kod jakog napada ovoga štetnika dolazi do smanjenja asimilacijske površine i preranog gubitka listova.

**COLEOPHORA LARICELLA HÜBNER – ARIŠEV TULJČAR (LEPIDOPTERA,
COLEOPHORIDAE)**

Domaćini: *Larix decidua* – ariš

Štetnost: Arišev moljac tuljčar ima veće značenje u šumarstvu i poznat je kao najznačajniji štetnik ariša, no čest je štetnik i na arišima koji se uzgajaju u ukrasne svrhe. Nađen je na skoro svim stablima ariša na području grada Zagreba. Napadnute iglice su bijele i iznutra izjedene te im se vrhovi lome. Na području grada Zagreba zabilježeni su samo pojedinačni napadi na stablima ariša, a intenzitet napada nije prelazio 30 %.

**ARGYRESTHIA FUNDELLA F. R. – JELIN MOLJAC IGLIČAR (LEPIDOPTERA,
YPONOMEUTIDAE)**

Domaćin: obična jela

Štetnost: Jelin moljac igličar je minar čije ličinke žive u iglici jele i izjedaju je iznutra. Izjedeni dio parenhima iglice posmeđi čime se smanjuje njegova sposobnost fotosinteze. Kod jakog intenziteta napada ovaj miner spada u značajne štetnike jele. Tijekom istraživanja jelin moljac

igličar nađen je samo sporadično i pojedinačno na iglicama jele na Medvednici i nije činio nikakve štete stablima.

TORTRIX VIRIDANA L. – HRASTOV SAVIJAČ (LEPIDOPTERA, TORTICIDAE)

Domaćini: *Quercus* spp., te ostalo listopadno drveće rodova *Carpinus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Fagus*, *Acer*, *Corylus*.

Štetnost: Hrastov savijač je jedan od najznačajnijih štetnika hrastovih šuma. Kod jakog napada može prouzročiti totalnu defolijaciju, napadnuti pupovi vrlo često uopće ne izlistaju, a lišće razvijeno iz nenapadnutih pupova pojedu gusjenice. Kod jakog napada ždere i ostale vrste listopadnog drveća prisutne u šumi. Na istraživanom području, hrastov savijač je nađen u svim šumama gdje je prisutan hrast lužnjak. Teško je bilo točno odrediti točan intenzitet napada hrastovog savijača u tim park šumama jer se redovito javljao zajedno sa mrazovcima i ostalim «ranim» defolijatorima koji brste mlado lišće.

Tijekom 2007. godine hrastov savijač je tretiran zajedno sa drugim defolijatorima (mrazovcima, hrastovom osom listaricom) na 347,64 ha. Lokaliteti tretiranja su bili g. j. Sljeme Medvedgradske šume (rubna područja parka prirode Medvednica, uz Zelenu magistralu), Limbuš Sava (Žitnjak) i Park šume grada Zagreba (Cmrok, Zelengaj, Tuškancu). Tretiranje je obavljeno zrakoplovom 21. 4. 2007. godine, a korišten je biološki insekticid Foray 48 B.

OPEROPHTERA BRUMATA L. – MALI MRAZOVAC (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: Mali mrazovac je značajan štetnik u listopadnim šumama. Zajedno s velikim mrazovcem, hrastovim savijačem, hrastovom osom listaricom i kukavičjim suznikom čini kompleks «ranih defolijatora» u našim najvrednijim hrastovim šumama. Kod njegovog jakog napada može doći do totalnog golobrsta. Mali mrazovac pojavio se, zajedno s ostalim ranim defolijatorima, u svim promatranim listopadnim šumama na području grada Zagreba i to dosta jakim intenzitetom. Pojedinačna stabla hrasta i graba te ostalih listopadnih vrsta (lipa, trešnja, bukva itd.) na Cmroku, u Tuškancu, Maksimiru, Zelengaju i ostalim kompleksima šume na području grada imala i do 50 % pobrštene lisne mase.



Slika 29: Gusjenice mrazovaca na listu graba,

Tijekom 2007. godine mrazovci su tretirani zajedno sa drugim defolijatorima (hrastovim savijačem, hrastovom osom listaricom) na 347,64 ha. Lokaliteti tretiranja su bili g. j. Sljeme

Medvedgradske šume (rubna područja parka prirode Medvednica, uz Zelenu magistralu), Limbuš Sava (Žitnjak) i Park šume grada Zagreba (Cmrok, Zelengaj, Tuškanac). Tretiranje je obavljeno zrakoplovom 21. 4. 2007. godine, a korišten je biološki insekticid Foray 48 B.

ERANNIS DEFOLIARIA CL. – VELIKI MRAZOVAC (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: Veliki mrazovac je, uz malog mrazovca, najznačajniji defolijator listopadnih šuma. Kompleks «ranih defolijatora» objašnjen je kod malog mrazovca. Važno je napomenuti da kompleks ranih defolijatora, uz hrastovog savijača, hrastovu osu listaricu čine veliki i mali mrazovac te još određeni broj vrsta iz porodice Geometridae.

Tijekom 2007. godine mrazovci su tretirani zajedno sa drugim defolijatorima (hrastovim savijačem, hrastovom osom listaricom) na 347,64 ha. Lokaliteti tretiranja su bili g. j. Sljeme Medvedgradske šume (rubna područja parka prirode Medvednica, uz Zelenu magistralu), Limbuš Sava (Žitnjak) i Park šume grada Zagreba (Cmrok, Zelengaj, Tuškanac). Tretiranje je obavljeno zrakoplovom 21. 4. 2007. godine, a korišten je biološki insekticid Foray 48 B.

EUPROCTYS CHRISORHOEA L. – ZLATOKRAJ (LEPIDOPTERA, LYMANTRIIDAE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: SCHWENKE (1978) navodi da je zlatokraj štetnik parkova i drvoređa, iako je on u Hrvatskoj šumski štetnik. Na istraživanom području nađen je između Velike Gorice i Zagreba gdje je napao ukrasna stabla hrasta lužnjaka (*Quercus robur* 'Fastigiata') koja su posađena pojedinačno i u manjim grupama. Zlatokraj može dovesti do golobrsta stabala, a njegov značaj kao urbanog štetnika pojačava se činjenicom da može izazvati svrbež kože kod ljudi zbog gusjeničinih dlaka.

Osim na pojedinačnim stablima zlatokraj nije zabilježen na području Zagreba.



Slika 30: Gusjenica zlatokraja (*Euproctys chrisorhoea*)

LYMANTRIA DISPAR L. – GUBAR (LEPIDOPTERA, LYMANTRIIDAE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: Gubar je jedan od najznačajnijih šumskih štetnika koji kod masovne pojave može uzrokovati golobrst na velikim šumskim površinama. Odlaze jaja na koru debla u karakterističnim jajnim leglima. Broj jaja ovisi o tome da li gubar u pro- ili retrogradaciji. U progradaciji je broj jaja u jajnom leglu velik, u retrogradaciji je malen. Prezimljavaju jaja, a izlazak gusjenica se događa istovremeno s listanjem drveća. Gusjenice prvih par dana miruju na jajnom leglu, a onda kreću u potragu za hranom. Nakon brštenja od oko 8 tjedana gusjenice se kukulje, najčešće polovicom lipnja te nakon 10 dana izlaze leptiri.

Prognoza populacije gubara radi se metodom brojanja jajnih legala na dijagonalnom transektu kroz odjel gospodarske jedinice. Prema dobivenom broju jajnih legala po hektaru i uspoređivanjem s kritičnim brojem određuju se površine u kojima će biti potrebno poduzeti mjere zaštite. Tijekom jeseni 2006. pregledane su i sastojine na području grada Zagreba i utvrđen je broj jajnih legala gubara po hektaru. Prognoza populacije je pokazala da se niti u jednoj gospodarskoj jedinici na području grada Zagreba ne očekuje jači napad gubara i da neće biti potrebne mjere zaštite. Na području g. j. Park šume grada Zagreba jajna legla gubara nađena su na 49 ha s proječnom vrijednošću od 24 jajna legla po hektaru (kritični broj je više od 1300 jajnih legala/ha, Sljeme Medvedgraske šume je bilo 175 jajnih legala/ha na 215 hektara, Limbuš Sava 93 jajna legla/hektaru na 62 ha i Markuševačka gora 55 jajnih legala/ha na 60 ha. Prognoza se tijekom proljeća pokazala točnom i niti na jednom od navedenih lokaliteta nije primijećen pojačana gustoća populacije i štete od gubarevih gusjenica.

ORTHOSIA STABILIS DENIS & SCHIFFERMÜLLER (LEPIDOPTERA, NOCTUIDE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: Ova je vrsta bila redovito prisutna tijekom razdoblja istraživanja na lipovim stablima u mješovitim listopadnim park šumama na području grada. Štete koje je počinila nisu bile velike samo su pojedinačni listovi bili lokalno pojedeni. Ova vrsta čini kompleks ranih defolijatora hrastovih šuma.

AMPHIPYRA PYRAMIDEA L. (LEPIDOPTERA, NOCTUIDE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: Ova se vrsta vrlo često može naći u parkovima i na rubovima šuma na listopadnom drveću. Na istraživanom području je nađena na nekoliko lokaliteta (Cmrok, Tuškanac, Maksimir) na lipi i na hrastu u podstojnoj etaži. Pronađene su samo pojedinačne gusjenice, a na listu su izgrizle nepravilne, velike grizotine koje kreću od ruba lista.



Slika 31: Gusjenica vrste *Amphipyra pyramidea*

COSMIA TRAPESINA L. (LEPIDOPTERA, NOCTUIDE)

Domaćini: listopadne vrste drveća

Štetnost: Ova vrsta može se i masovno javiti te izazvati značajnije brštenje lista, no kod nas do sada nisu zamijećene takvi intenziteti pojave ove vrste sovice. Tijekom istraživanja nađena je na hrastu, lipi i grabu u park šumama (Cmrok, Maksimir, Tuškanac). Budući da se na stablima nalazila zajedno sa hrastovim savijačem i mrazovcima teško je odrediti točan intenzitet štete koje je počinila ova vrsta. Može se svrstati u grupu «ranih defolijatora» u listopadnim šumama.

MIKIOLA FAGI (HARTIG) (DIPTERA, CECIDIOMYIIDAE)

Domaćin: obična bukva

Štetnost: Ova je vrsta vrlo rasprostranjena i bila je prisutna na cijelom području istraživanja. Lako je prepoznatljiva zbog vrlo karakterističnih šiški. U nekim godinama može doći do masovne pojave kad velika količina šiški na listu smanjuje asimilacijsku površinu. Kod jakog napada može doći do ugibanja mladih biljaka (SCHWENKE, 1982). Usprkos načinu života, uočena gustoća populacije ne predstavlja nikakvu objektivnu štetu na bukvama u Zagrebu ako se u obzir uzme uzrast stabala na kojima je nađena – starija stabla u park šumama i sastojinama.



Slika 32: Šiške na bukovom listu koje stvara *Mikiola fagi*

ACERIA FRAXINIVORA NAL. (ACARINA, ERIOPHYIDAE)

Tijekom istraživanja zabilježeni su predstavnici dviju porodica fitofagnih grinja:

Eriophyidae – šiškogrinje koje na biljnim dijelovima (pupovima, listovima) stvaraju karakteristične šiške i Tetranychidae – po štetnosti bitna porodica fitofagnih grinja. Neke vrste ove porodice mogu izazvati značajnije štete.

Zbog svoje izuzetne moći razmnožavanja grinje mogu u kratkom vremenu dostići vrlo visoke razine populacije (SCHWENKE, 1972). Posebno treba istaći one grinje koje izazivaju deformacije lista i izbojaka na listopadnim vrstama te diskoloraciju i otpadanje iglica na četinjačama.

Domaćini: obični jasen

Štetnost: Ova je grinja vrlo česti štetnik jasena, a karakteristična je njezina upadljivost, posebno zimi kada na stablu nema listova.

Izaziva deformacije na cvjetovima i plodovima te kod jakog napada može doći do šteta zbog smanjenja uroda jasena ukoliko se jasen uzgaja za tu namjenu.

Šiške koje stvara ova grinja ostaju na stablu tijekom cijele godine. Na jednom stablu mogu biti vrlo brojne i vidljive, posebno na soliternim stablima.



Slika 33: Šiške koje stvara grinja *Aceria fraxinivora* na plodovima jasena

ERIOPHYES TILIAE LATEANNULATUS SCHULZE (ACARINA, ERIOPHYIDAE)

Domaćin: lipe

Štetnost: Ova vrsta grinja na malolisnoj lipi stvara male, do 5 mm velike, najprije zelene, a zatim crvene boje koje imaju oblik roga (na vrhu su zašiljene). Šiške se javljaju od proljeća do otpadanja lišća. Napadnuti listovi ponekad mogu potpuno biti prekriveni šiškama te su, zbog svoje crvene boje, one vrlo uočljive. Ovu vrstu grinja nađena je na listovima malolisne lipe i u drvodredima i u šumama. Iako su listovi bili na nekim stablima potpuno prekriveni šiškama, listovi nisu bili deformirani. Crvena boja šiški je lipama davala element dekorativnosti.



Slika 34: Šiške grinje *Eriophyes tiliae lateannulatus* na listu lipe

ERIOPHYES ULMI NALEPA (ACARINA, ERIOPHYIDAE)

Domaćin: brijest

Štetnost: Ova je vrsta nađena na brijestovima ponekad u vrlo velikom broju. Unatoč prilično jakom napadu nije primijećeno da je napad ove grinje utjecao na vitalitet brijestovih stabala.



Slika 35: Šiške grinje *Eriophyes ulmi* na listu brijesta

EOTETRANYCHUS TILIARUM HERMANN – LIPIN CRVENI PAUK (ACARINA, TETRANICHIDAE)

Domaćini: *Tilia* spp., *Acer* spp., *Aesculus* spp., *Alnus* spp., *Crataegus* spp., *Corylus* spp., *Fraxinus* spp., *Populus* spp., i *Salix* spp.

Štetnost: Ova vrsta grinja može izazvati značajnije štete na lipovim stablima. Neki je autori (SCHNEIDER et al. 2000) smatraju jednim od najvažnijih štetnika lipe u urbanom području. Izazivaju značajnu diskoloriranost listova i njihovo prerano otpadanje. Narušavaju izgled lipovih stabala, a time i cijelog drvoreda te, kod jakog napada, lipovi drvoredi već u kolovozu gube lišće. U ljetu lišće već poprima sivo-smeđu do brončanu boju, posebno u donjim dijelovima krošnje, a ta se diskoloriranost zatim širi prema gornjim dijelovima krošnje. Krajem kolovoza listovi gube zelenu boju, uvinuti su te su s naličja prepuni fine pređe, grinja, njihovih svlakova i ekskremenata i počinju otpadati.



Slika 36: Simptomi napada grinje *Eotetranychus tiliarum* na listovima lipe

EOTETRANYCHUS CARPINI OUDEMANS – GRABOVA GRINJA (ACARINA, TETRANICHIDAE)

Domaćini: obični grab, *Acer* spp., *Alnus* spp., *Corylus* spp., *Quercus* spp., *Salix* spp.

Štetnost: Napadnuti listovi su diskolorirani, šteta se obično najbolje vidi s donje strane lista, a kod jakog napada i gornja strana lista postaje žučkaste boje. Ne utječe znatno na rast, ali utječe na vizualni izgled biljke. Grab se u urbanom području sadi kao soliterno stablo i biljka za živice.

Osim opisanih štetnika nađenih ovim istraživanjem, još je nađeno i oko 90 vrsta lisnih minera, od toga je 37 vrsta novoutvrđeno u fauni Hrvatske (MATOŠEVIĆ 2007). Lisni mineri nađeni ovim istraživanjem nisu imali utjecaja na zdravstveno stanje šuma Zagreba.

Ostali štetni biotički čimbenici

Imele

Imele su se javile na jeli (*Viscum album*) i na lužnjaku i kitnjaku (*Loranthus europeus*), ali samo na pojedinačnim stablima i nisu utjecale na zdravstveno stanje svojih domaćina

Štetni abiotički čimbenici

Štetni abiotički čimbenici koji su utjecali na zdravstveno stanje stabala u šumama grada Zagreba su bili vjetroizvale, snjegolomi, sušenje šuma koji je kompleksni štetni čimbeni i klizišta. Intenzitet oštećenih stabala je bio mali, tj. uništena su samo pojedinačna stabla na nekim lokalitetima.

PRONAĐENI ŠTETNICI GRUPIRANI PREMA VRSTAMA DRVEĆA I PREMA DIJELU BILJKE KOJI NAPADAJU.

Vrsta drveća: jasen (*Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
list	<i>Tomostethus nigritus</i>	3	ličinka	travanj, svibanj
plodovi	<i>Aceria fraxinivora</i>	2	ličinka, imago	tijekom cijele godine
list	<i>Dasineura fraxini</i>	1	ličinka, imago	svibanj-rujan
list	<i>Stereonychus fraxini</i>	3	ličinka, imago	travanj, svibanj
list	<i>Prociphilus fraxini</i>	2	imago, ličinka	travanj-listopad
list	<i>Prociphilus bumeliae</i>	2	imago, ličinka	travanj-listopad

Vrsta drveća: obična breza (*Betula pendula*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
plodovi	<i>Kleidocerys resedae</i>	2	ličinka, imago	svibanj, lipanj, srpanj
list	<i>Barypeithes araneiformis</i>	1	imago	travanj-lipanj
list	<i>Euceraphis betulae</i>	3	ličinka, imago	travanj-listopad

Vrsta drveća: lijeska (*Corylus avellana*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
list	<i>Phylus coryli</i>	2	ličinka, imago	svibanj, lipanj
pupovi	<i>Phytoptus avellanae</i>	2	ličinka, imago	tijekom cijele godine

Vrsta drveća: platana (*Platanus spp.*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
list	<i>Corythuca ciliata</i>	3	ličinka, imago	travanj-listopad
list	<i>Phyllonorycter platani</i>	3	ličinka	lipanj-listopad

Vrsta drveća: lipa (*Tilia* spp.)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
deblo	<i>Pyrrhocoris apterus</i>	2	ličinka, imago	tijekom cijele godine
deblo	<i>Oxycarenus lavatae</i>	2	ličinka, imago	tijekom cijele godine
list	<i>Eriophyes leiosoma</i>	1	ličinka, imago	travanj-listopad
list	<i>Eriophyes tiliae</i>	1	ličinka, imago	travanj-listopad
list	<i>Eriophyes tiliae lateannulatus</i>	1	ličinka, imago	travanj-listopad
list	<i>Eotetranychus tiliarum</i>	3	ličinka, imago	travanj-listopad
list, izbojci	<i>Contarinia tiilarum</i>	1	ličinka, imago	svibanj-srpanj
list	<i>Phylobius argentatus</i>	2	imago	travanj-srpanj
list	<i>Orthosia stabilis</i>	2	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Amphipyra pyramidea</i>	2	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Cosmia trapesina</i>	1	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Eucallipterus tiliae</i>	3	ličinka, imago	travanj-listopad

Vrsta drveća: javori (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. campestre*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
list	<i>Artacris cephaloneus</i>	1	ličinka, imago	travanj-listopad
list	<i>Artacris macrorhynchus</i>	1	ličinka, imago	travanj-listopad
list	<i>Dasineura vitrina</i>	1	ličinka, imago	travanj-rujan
list	<i>Drepanosiphum platanoidis</i>	3	ličinka, imago	travanj-listopad

Vrsta drveća: divlji kesten (*Aesculus hippocastanum*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
list	<i>Cameraria ohridella</i>	3	ličinka	svibanj-listopad

Vrsta drveća: hrast (*Quercus robur*, *Q. petraea*)

NAPADNUTI DIO BILJKE	VRSTA ŠTETNIKA	ŠTETNOST (KATEGORIJA)	ŠTETNI STADIJ	VRIJEME POJAVE
list	<i>Melolontha melolontha</i>	2	imago	lipanj
list	<i>Amphimalon solstitialis</i>	2	imago	lipanj, srpanj
deblo	<i>Cerambix cerdo</i>	3	ličinka, imago	tijekom cijele godine
plod	<i>Cucurlio</i> spp.	2	ličinka	kolovoz-listopad
list	<i>Tischeria ekebladella</i>	2	ličinka	srpanj-listopad
list	<i>Tortrix viridana</i>	3	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Operophtera brumata</i>	3	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Erannis defoliaria</i>	3	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Euproctys chrissorhoea</i>	3	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Lymantria dispar</i>	3	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Orthosia stabilis</i>	2	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Amphipyra pyramidea</i>	2	ličinka	travanj, svibanj
list	<i>Cosmia trapesina</i>	1	ličinka	travanj, svibanj
list, cvijet	<i>Neuroterus quercusbaccarum</i>	1	imago (šiška)	lipanj-listopad
list	<i>Neuroterus numismalis</i>	1	imago (šiška)	srpanj-listopad
pupovi	<i>Andricus fecundator</i>	1	imago (šiška)	tijekom cijele godine
list	<i>Cynips quercusfolii</i>	1	imago (šiška)	srpanj-listopad
plod	<i>Andricus quercuscalicis</i>	1	imago (šiška)	kolovoz-listopad
pup	<i>Biorhiza pallida</i>	1	imago (šiška)	svibanj-listopad

Kategorije štetnosti:

1 – slabi intenzitet štete (do 30 %), štetnik je prisutan, ali stablu ne nanosi značajnije štete niti ga fiziološki oslabljuje,

2 – srednji intenzitet štete (do 60 %), može uništiti i do 50 % lisne mase, kategorija umjerenog molestanta

3 – izraziti štetnik, može izazvati potpunu defolijaciju, fiziološki oslabljuje stablo i može uzrokovati njegovo ugibanje, kategorija izrazitog molestant

PRILOG 2

PRONAĐENI ŠTETNICI GRUPIRANI PREMA MJESECU POJAVLJIVANJA I KATEGORIJI ŠTETNOSTI

Štetnost – kategorije:

O – nije štetan, ali se spominje zbog masovnosti pojave

1 – slabi intenzitet štete (do 30 %), štetnik je prisutan, ali stablu ne nanosi značajnije štete niti ga fiziološki oslabljuje,

2 – srednji intenzitet štete (do 60 %), može uništiti i do 50 % lisne mase, kategorija umjerenog molestanta

3 – izraziti štetnik, može izazvati potpunu defolijaciju, fiziološki oslabljuje stablo i može uzrokovati njegovo ugibanje, kategorija izrazitog molestanta

Napomena: kategorije štetnosti određene su prema značaju štetnika za drvenaste vrste bilja u urbanom području

Mjeseci

3 – ožujak

4 – travanj

5 – svibanj

6 – lipanj

7 – srpanj

8 – kolovoz

9 – rujan

10 – listopad

C – tijekom cijele godine

VRSTA ŠTETNIKA	VRSTA BILJKE	MJESEC POJAVLJIVANJA	ŠTETNOST
<i>Dendrotrips ornatus</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Kleidocerys resedae</i>	<i>Betula pendula</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Phylus coryli</i>	<i>Corylus avellana</i>	4, 5, 6	2
<i>Corythuca ciliata</i>	<i>Platanus</i> spp.	C	3
<i>Pyrrhocoris apterus</i>	<i>Tilia</i> spp.	C	0
<i>Oxycaraenus lavaterae</i>	<i>Tilia</i> spp.	C	0
<i>Aleurochiton complanatus</i>	<i>Acer platanoides</i>	5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Psylla buxi</i>	<i>Buxus sempervirens</i>	C	3
<i>Psyllopsis fraxini</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Eucallipterus tiliae</i>	<i>Tilia</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Euceraphis betulae</i>	<i>Betula pendula</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Drepanosiphum platanoidis</i>	<i>Acer platanoides</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3

<i>Pterocallis alni</i>	<i>Corylus avellana</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Aphis fabae</i>	širok raspon domačina	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Aphis hederæ</i>	<i>Hedera helix</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Aphis sambuci</i>	<i>Sambucus nigra</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Aphis catalpæ</i>	<i>Catalpa bignonioides</i>	5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Aphis maculatae</i>	<i>Populus</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Aphis craccivora</i>	<i>Hybiscus syriacus</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Aphis spiræcola</i>	širok raspon domačina	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Myzus cerasi</i>	<i>Prunus</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Macrosiphum pseudocoryli</i>	<i>Corylus avellana</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Peryphillus californiensis</i>	<i>Acer</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Eriosoma ulmi</i>	<i>Ulmus</i> spp.	5, 6, 7	1
<i>Prociphilus fraxini</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Prociphilus bumeliæ</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Pemphigus bursarius</i>	<i>Populus</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Pemphigus spyrothecæ</i>	<i>Populus</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Adelges laricis</i>	<i>Larix decidua</i> , <i>Picea</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Adelges abietis</i>	<i>Picea</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Adelges viridis</i>	<i>Picea</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Carulaspis juniperi</i>	različite vrste četinjača	C	2
<i>Unaspis euonymi</i>	<i>Euonymus japonica</i>	C	3
<i>Tomostethus nigritus</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	4, 5	3
<i>Neuroterus quercusbaccarum</i>	<i>Quercus</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Neuroterus numismalis</i>	<i>Quercus</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Andricus fecundator</i>	<i>Quercus</i> spp.	3, 4,	1
<i>Cynips quercusfolii</i>	<i>Quercus</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Andricus quercuscalicis</i>	<i>Quercus</i> spp.	7, 8, 9, 10	1
<i>Biorhiza pallida</i>	<i>Quercus</i> spp.	5, 6, 7, 8	1
<i>Melolontha melolontha</i>	listopadne vrste drveća	5, 6	1
<i>Amphimallon solstitialis</i>	listopadne vrste drveća	5, 6	2
<i>Melasoma populi</i>	<i>Populus</i> spp., <i>Salix</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9	2
<i>Phyllodecta vitellinae</i>	<i>Populus</i> spp., <i>Salix</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9	2
<i>Plagioderæ versicolora</i>	<i>Populus</i> spp., <i>Salix</i> sp	4, 5, 6, 7, 8, 9	2
<i>Phyllobius argentatus</i>	listopadne vrste drveća	4, 5, 6	2
<i>Barypeithes araneiformis</i>	<i>Betula pendula</i>	4, 5, 6	1
<i>Stereonychus fraxini</i>	<i>Fraxinus</i> spp.	4, 5	3
<i>Rhynchaenus fagi</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	4, 5, 6, 7	3
<i>Ips typographus</i>	<i>Picea</i> spp.	C	3
<i>Scolytus scolytus</i>	<i>Ulmus</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9	2
<i>Ceramix cerdo</i>	<i>Quercus</i> spp.	C	1
<i>Morimus funereus</i>	listopadne vrste drveća	C	1
<i>Cucurlio</i> spp.	plodovi listopadnih vrsta drveća	6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Tischeria ekebladella</i>	<i>Quercus</i> spp.	7, 8, 9, 10	1
<i>Paractopa robinella</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	5, 6, 7, 8, 9, 10	1

<i>Phyllonorycter robiniella</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Phyllonorycter platani</i>	<i>Platanus</i> spp.	6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Phyllonorycter leucographella</i>	<i>Pyracantha coccinea</i>	C	2
<i>Cameraria ohridella</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3
<i>Argyresthia thuiella</i>	<i>Thuja</i> spp.	C	3
<i>Scythropia crataegella</i>	<i>Crataegus</i> spp., <i>Cotoneaster</i> spp.	5, 6, 9, 10	2
<i>Coleophora laricella</i>	<i>Larix</i> spp.	4, 5	2
<i>Tortrix viridana</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	3
<i>Rhyacionia buoliana</i>	<i>Pinus</i> spp.	C	3
<i>Operophtera brumata</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	3
<i>Erannis defoliaria</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	3
<i>Dasychira pudibunda</i>	listopadne vrste drveća	7, 8, 9	2
<i>Euproctys chrissohroea</i>	listopadne vrste drveća	8, 9, 10, 3, 4	3
<i>Lymantria dispar</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	3
<i>Orthosia stabilis</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	2
<i>Amphipyra pyramidea</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	2
<i>Cosmia trapesina</i>	listopadne vrste drveća	4, 5	1
<i>Mikiola fagi</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Dasineura vitrina</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	6, 7, 8, 9	1
<i>Potania vesicator</i>	<i>Salix</i> spp.	6, 7, 8, 9	1
<i>Dasineura fraxini</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Contarinia tiliarum</i>	<i>Tilia</i> spp.	5, 6, 7	1
<i>Dasineura gleditschiae</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2
<i>Monarthopalpus buxi</i>	<i>Buxus sempervirens</i>	C	2
<i>Phytoptus avellanae</i>	<i>Corylus avellana</i>	3, 4, 9, 10,	2
<i>Artacris cephaloneus</i>	<i>Acer campestre</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Artacris macrorhynchus</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	4, 5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Aceria macrotricha</i>	<i>Carpinus betulus</i>	4, 5, 6	1
<i>Aceria ulmi</i>	<i>Ulmus</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Aceria fraxinivora</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	C	2
<i>Eriophyes triradiatus</i>	<i>Salix</i> spp.	C	2
<i>Eriophyes leiosoma</i>	<i>Tilia</i> spp.	4, 5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Eriophyes tiliae</i>	<i>Tilia</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Eriophyes tiliae lateannulatus</i>	<i>Tilia</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Aculops tetanothrix</i>	<i>Salix</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Eotetranychus tiliarum</i>	<i>Tilia</i> spp.	C	3
<i>Eotetranychus aesculi</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	5, 6, 7, 8, 9	1
<i>Eotetranychus carpini</i>	<i>Carpinus betulus</i>	5, 6, 7, 8, 9, 10	1
<i>Olygonychus ununguis</i>	<i>Picea</i> spp.	5, 6, 7, 8, 9, 10	3

7. ZAKLJUČAK

Monitoring, kao tip istraživanja, najbolje odgovara postavljenoj zadaći dobivanja podataka o stanju šumskih ekosustava. Prednost monitoringa (trajnog praćenja) je u dobivanju vremenskog niza podataka koji omogućuje ispravnije zaključivanje o stanju pojava koje, u ovome slučaju, variraju na godišnjoj razini.

Tijekom trajanja ovog projekta osnovano je, na terenu pozicionirano te potpuno obrađeno izmjerom, te konačno opremljeno opremom za praćenje 5 trajnih pokusnih ploha. Sve plohe su opisane te se njihov razmještaj može vidjeti na karti u prilogu. Najveći dio izmjera obavljen je na tim plohama te su drugi potrebni podaci uzeti iz postojećih, važećih Osnova gospodarenja šumama, dok je za procjenu zdravstvenog stanja korištena metoda transekta kojom se sustavno pregledava cijelo područje što je vezano za prirodu štetnika i drugih vrsta koje je ovom metodom potrebno evidentirati i pratiti.

Rezultati se iznose detaljno za pojedine plohe te sintetski gdje je god to bilo moguće. Uz snimanje stanja šuma u pogledu njihove ekološke i proizvodne stabilnosti i potrajnosti te ugroženosti od abiotskih i biotskih štetnika promatrala se posebno i uloga ovih šuma u smanjenju negativnih efekata stakleničkih plinova iz atmosfere odnosno sposobnost spremanja ugljika u drvenoj nadzemnoj i podzemnoj masi kao i šumskom tlu.

Rezultati taloženja iz atmosfere prikazani su u tablicama i grafikonima za godinu 2008 pošto se tijekom 2007 pristupilo opremanje ploha kišomjerima i bulkovima. Lizimetrima su plohe također opremljene i tek nakon prve godine stabilizacije tla moglo se uzorkovati na području zagrebačke Gore. Rezultati ukazuju na nejednolik raspored taložnih tvari (naročito sumpornih i dušičnih spojeva) a otopina tla ima tendenciju zakiseljavanja šumskih ekosustava što se tiče tla. Za sada to zakiseljavanje je prisutno u površinskim horizontima. Kako bi se utvrdio intenzitet prodora kiselina uslijed kiselih kiša potrebna su dodatna istraživanja postavljanjem lizimetara na različitim dubinama u tlu.

Trajne plohe će služiti za monitoring šumskih zajednica i njihovih strukturnih elemenata, promjena u tlu i sposobnosti spremanja ugljika, kao važnog stakleničkog plina. Za utvrđivanje zdravstvenog stanja plohe nisu dovoljan uzorak te se ovaj tip istraživanja obavlja na način da obuhvati cijelo područje pregledom koristeći transekte te obilaskom odabranog velikog broja stajališta. Na taj način se može doći do podataka o prisutnosti štetnika u šumskim zajednicama i pratiti njihov razvoj, te konačno donijeti zaključke o mogućim posljedicama na šumu, kao i potrebnim mjerama.

Za vrijeme trajanja ovog projekta utvrđeno je da su najznačajniji štetnici tijekom 2007. godine bili rani defolijatori pa je nakon detaljne prognoze njihove populacije i uvida u stanje na terenu odlučeno da će se lokaliteti gdje je intenzitet defolijacije iznosio preko 50% lisne mase tretirati insekticidima. 21. 4. 2007. godine tretirane šume na području grada Zagreba (lokaliteti: Zelena magistrala, i rubni dijelovi hrastovih šuma Parka prirode Medvednica, dio šuma u blizini Zaprešića i na Žitnjaku te park šume Cmrok, Orlovac, Tuškanac, Zelengaj)

Tijekom 2007. i 2008. godine biljne bolesti, ostali štetni kukci, drugi štetni biotički i abiotički čimbenici javili su se takvim intenzitetom koji nije stabilna i sastojinama naneo štete niti je ugrozio njihovo zdravstveno stanje. Svi pronađeni štetnici i bolesti redovito su prisutni u šumama, jačim ili slabijim intenzitetom.

Na temelju dobivenih rezultata pregleda zdravstvenog stanja šuma grada Zagreba kroz dvije uzastopne sezone može se zaključiti da je zdravstveno stanje šuma zadovoljavajuće.

Nastavak istraživanja

Podatke dobivene ovim istraživanjem bit će potrebno nadopunjavati kako bi se nakon nekoliko sezona praćenja mogao osnovati kvalitetni registar oštećenosti šuma na području grada Zagreba. Ovo se odnosi i na osnivanje dodatnih trajnih ploha kao i za sustavno praćenje štetnika na cijelom području grada. Tek nakon nekoliko sezona praćenja zdravstvenog stanja i bilježenja podataka može se dobiti uvidu trend kretanja populacija štetnika i intenziteta biljnih bolesti. Redovitim praćenjem mogu se i prognozirati napadi najznačajnijih šumskih štetnika (gubara, mrazovaca i ostalih ranih defolijatora) što uvelike pridonosi pravovremenom otkrivanju opasnosti koje prijete od prevelikih gustoća populacije takvih štetnika i pridonosi donošenju pravovremenih odluka o poduzimanju mjera zaštite šuma. Istovremeno se mogu pratiti eventualne posljedice prisustva ili jačih napada određenih štetnika na rast i razvoj sastojina za što su potrebne trajne pokusne plohe sa detaljnom izmjerom i podacima o osutosti krošanja.

Osnivanje baze podataka za praćenje stanja šuma na području grada Zagreba

Kako do sada učinjeno ne bi bilo izgubljeno i neiskorišteno na zadovoljavajući način predlaže se nastavak istraživanja u kojem razdoblju bi se dijelom osmišljena baza podataka dovršila te stavila u funkciju.

Tako osnovana baza prvenstveno bi služila za praćenje štetnih čimbenika u šumama grada Zagreba, ali sa podlogom svih strukturnih podataka za osnovane trajne plohe pružala bi ozbiljnu podlogu za donošenje odluka o eventualnim dodatnim potrebnim aktivnostima zaštite, očuvanja i unapređenja ovog važnog ekosustava.

Ovakvo programsko rješenje bilo bi namijenjeno prikupljanju podataka o stanju šuma i štetnim čimbenicima kao i obradu tih podataka. Slično programsko rješenje ali samo za štetnike već postoji u okviru Izvještajno prognoznih poslova u šumarstvu Republike Hrvatske te bi se omogućilo otvaranje novog posebnog ulaza za unos i pregled podataka na razini grada Zagreba. To je specijalizirana baza podataka namijenjena isključivo skladištenju i pretraživanju podataka dobivenih unosom u digitalne web obrasce. Struktura podataka odgovarala bi potrebama praćenja stanja i prognoze štetnih čimbenika u šumama grada Zagreba. Novi Zakon o biljnom zdravstvu stupio je na snagu 1.1.2006. godine. Njime se uređuje zdravstvena zaštita bilja, uključujući i biološku zaštitu bilja; mjere sprječavanja unošenja i širenja, te mjere suzbijanja štetnih organizama na bilju, biljnim proizvodima i drugim nadziranim predmetima; način prikupljanja i razmjene podataka i informacija te informacijski sustav; financiranje, naknade i odštete; ustroj i provedba zdravstvene zaštite bilja i inspeksijski nadzor. Pod odredbe ovog Zakona spadaju i šume na području grada Zagreba. U cilju bolje dostupnosti podataka korisnicima, ali i u cilju kvalitetnijeg načina prikupljanja i obrade podataka, predlaže se izrada web orijentiranog informacijskog sustava koji omogućava transparentno i nesmetano kolanje podataka u oba smjera. IPP-u ovaj portal omogućava kvalitetne ulazne podatke, bržu i bolju obradu podatka, a samim time i točniju

prognozu. S druge strane, krajnjim korisnicima su podaci dostupni svakog trenutka, dnevno obnovljeni i aktualni.

8. LITERATURA

- Alford, D., 1995: A Colour Atlas of Pests of Ornamental Trees, Shrubs and Flowers. Manson Publishing, London
- Benndorf, A. M., 2007: Net Changes of Carbon in the Biomass of Croatian Forests from 2008-2012. An assessment of the consequences on choosing the option forest management under article 3.4 of the Kyoto Protocol. Magistarski rad, str. 1.-71., Albert-Ludwigs-University, Freiburg.
- Dubravac, T., Čavlović, J., Roth, V., Vrbek, B., Novotny, V., Dekanić, S. 2007: The structure and possibility of natural regeneration in managed and non-managed beech and fir forests in Croatia. PERIODICUM BILOGORUM Vol. 109, No 1, 21-27.
- Grupa autora, 2003: Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Znanstvena monografija. Akademija šumarskih znanosti, pp 855, Zagreb.
- Hrašovec, B., Harapin, M. 1999: Dijagnozno-prognozne metode i gradacije značajnijih štetnih kukaca u šumama Hrvatske. Šumarski list 5-6.
- HŠ, Uprava šuma Zagreb, Odjel za uređivanje šuma, 1998: Osnova gospodarenja gospodarskom jedinicom "Sljeme-Medvedgradske šume". Vrijedi od 01.01.1998. do 31.12.2007.
- HŠ, Uprava šuma Zagreb, Odjel za uređivanje šuma, 1999: Osnova gospodarenja gospodarskom jedinicom "Duboki Jarak". Vrijedi od 01.01.1999. do 31.12.2008.
- HŠ, Uprava šuma Zagreb, Odjel za uređivanje šuma, 2000: Osnova gospodarenja gospodarskom jedinicom "Obreški Lug". Vrijedi od 01.01.2000. do 31.12.2009.
- IPCC, 2003: Good Practice Guidance on Land use, Land-use change and forestry; published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC; p. 4.30; pp. 3.168.
- Liović, B., Županić, M. 2006: Ispitivanje djelotvornosti fungicida za suzbijanje gljive *Microsphaera alphitoides* (Griff. et Maubl.) na hrastovom pomlatku. Rad. Šumar. inst. Izvanredno izdanje 9: 181-188.
- Maceljiski, M. 1999: Poljoprivredna entomologija. Zrinski Čakovec
- Marjanović, H., A. Benndorf, K. Indir, E. Paladinić, A. Peressotti, H. Schweiger i D. Vuletić. 2007: CO2 and forests in Croatia, In: A. Peressotti (Ed.), Local Strategies For Land Use Management According to Kyoto Protocol, p121.128, Forum Editrice Universitaria Udinese srl, Udine, Italy.
- Masera, O., J.F. Garza-Caligaris, M. Kanninen, T. Karjalainen, J. Liski, G.J. Nabuurs, A. Pussinen, & B.J. de Jong, 2003: Modelling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach. Ecological Modelling 164: 177-199.
- Matošević, D. 2007: Lisni mineri drvenastog bilja u Hrvatskoj i njihovi parazitoidi. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2007: Prijedlog nacionalne strategije za provedbu Okvirne konvencije Ujedinjenih Naroda o promjeni klime (UNFCCC) i Kyotskog protokola u Republici Hrvatskoj s planom djelovanja. Uredba o praćenju emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj. 2007. NN br. 1
- Novak Agbaba, S. 2006: Monitoring raka pitomog kestena na trajnim plohama. Rad. Šumar. inst. Izvanredno izdanje 9: 199-211, Jastrebarsko.
- Novotny, V., Benko, M., Vrbek, B. 1996: The development of structural elements of floodplain forests (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938) in Slavonia. ECOLOGY, 18 (1): 47-58, Bratislava.

- Novotny, V., 1998: Pomak osnovnih sastojinskih elemenata u vremenu između dviju izmjera u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić1959/Rauš 1969. (*Change/shift of basic stand elements in the period between two measurings in a community of Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić1959/Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 33 (1): 1-46, Jastrebarsko.
- Novotny, V., Benko, M., Dubravac, T. 1999: Razvoj elemenata strukture sastojine u vremenu i mogućnost praktične primjene dobivenih rezultata. (*The development of stand structure elements in time and the possibility of practical application of obtained results. Postersko izlaganje na međunarodnom simpoziju "Od teorije do prakse" - "From theory to practice – gaps and solutions in managerial economics and accounting in forestry*). Prag, Republika Češka.
- Novotny, V., Seletković, A., Dubravac, T. 2001: Stand structure as the main indicator in the elaboration of management plans. I. International Symposium "PRESENT AND NEW WAYS OF DEVELOPMENT OF FOREST MANAGEMENT" The problems of spatial arrangement of the forest and cutting control at the present time. Proceedings: 101-106. Zvolen, September 11-12.
- Benko, M., Novotny, V., Seletković, A. 2004: Elementi strukture trajnih pokusnih ploha Nacionalnog parka "Plitvička jezera". Plitvički bilten br. 6 str. 203-212.
- Novotny, V., Dubravac, T., Seletković, A., 2006: Istraživanje tijeka razvoja volumena mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex. Rauš 1969.) *Investigation of the Developmental Course of the Volume of Mixed Stands of Peduncled Oak and Common Hornbeam (Carpino betuli-Quercetum roboris Anić ex. Rauš 1969.)* Rad. Šumar. inst. Izvanredno izdanje 9: 249-262, Jastrebarsko.
- Novotny, V., Dubravac, T., Seletković, A., Indir, K. 2006: Istraživanje debljinske strukture sastojina hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex. Rauš 1969.) Rad. Šumar. inst. Izvanredno izdanje 9: 263-278, Jastrebarsko.
- Paladinić, E., 2005: Redizajniranje modela procjene drvnih sortimenata bukve iz prethodnog prihoda. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, str. 1-140 + IV, Zagreb.
- Paladinić, E., H. Marjanović, K. Indir, D. Vuletić, 2008: Procjena utjecaja sušnih razdoblja na pohranu atmosferskog ugljika u mladim sastojinama hrasta lužnjaka primjenom CO2Fix simulatora, u: Matić, S., I. Anić (ur.), Zbornik radova sa skupa "Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima", 24-25 IX 2008, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, u tisku.
- Potočić, N., Ćosić, T., Pilaš, I., Seletković, I., Vrbek, B; 2007: Dinamika dušika i fosfora u iglicama obične jele (*Abies alba* Mill.) različitog stupnja osutosti krošanja. Rad. Šum. Inst. Vol. 42 br. 2. 109-125.
- Prka, M., 2001: Udio i kakvoća šumskih sortimenata u oplodnim sječama bukovih sastojina Bjelovarske Bilogore. Magistarski rad, str. 1-104 + VII, Zagreb.
- Schelhaas, M.J., P.W. van Esch, T.A. Groen, B.H.J. de Jong, M. Kanninen, J. Liski, O. Masera, G.M.J. Mohren, G.J. Nabuurs, T. Palosuo, L. Pedroni, A. Vallejo, T. Vilén, 2004: CO2FIX V 3.1 - description of a model for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems and wood products. ALTERRA Report 1068. Wageningen, The Netherlands.
- Schneider, K., Balder H., Jäckel B., Pradel, B. 2000: Bionomics of *Eotetranychum tiliarum* as influenced by key factors. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Int. Symp. Plant Health in Urban Horticulture, Braunschweig, 102-108.
- Schwenke, W. 1974: Die Forstschädlinge Europas. 2. Band. Käfer. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Schwenke, W. 1982: Die Forstschädlinge Europas. 4. Band: Hautflügler und Zwielflügler. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Spaić, I. 1977: Gubar. u Upute za kontrolu nekih značajnih šumskih štetnika u dijagnostičko-prognostičke svrhe na području SR Hrvatske. Radovi. Šumarski institut Jastrebarsko br. 31.
- Strouts, R. G., Winter, T. G. 2000: Diagnosis of ill-health in trees. Forestry Commission
- Vondra, V., 1991: Istraživanje i primjena matematičkih modela za planiranje i kontrolu radova u šumarstvu. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-334 + XV, Zagreb.

- Vondra, V., 1995: Usporedne analize postojećih modela za procjenu očekivanih obujmova sortimenata sječivog etata u jednodobnim šumama u Hrvatskoj – dijagnostička studija. ZIŠ, Šumarski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–47, Zagreb.
- Vrbek, B. 2001: Tla šireg područja Jastrebarskog s pedološkom kartom. U Monografiji, Jastrebarsko 1249-1999, str. 11-22, Jastrebarsko.
- Vrbek, B. 2002: Utjecaj padalina na kemijski sastav tekuće faze tala šumske zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-quercetum roboris*, Anić 1956 ex. Rauš 1969) u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. str. 1-242, Zagreb
- Vrbek, B. 2003: Svojstva tala šume hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli.Quercetum roboris* Ht 1938) Pokupskog bazena, Česme i Repaša. Rad Šumar. Inst. 38(2) 177-194, Jastrebarsko.
- Vrbek, B. 2005: Utjecaj posolice na šumu i tlo otoka Korčule, Šumarski list br. 3-4 CXXIX 143-149, Zagreb
- Vrbek, B. 2005: Kvaliteta padalina i otopine tla nacionalnih parkova „Plitvička jezera“ Sjeverni Velebit“ i „Risnjak“. Rad. Šumar. inst. 40 (1): 19-30, Jastrebarsko.
- Vrbek, B., 2005: Lysimeter researches in peduncled oak forest of Northwest Croatia Bericht Über die 11. Lisimetertagung im dienste des Lysimetrie im wetzwerk der dynamik won Ökosystemem " am 5 und 6 April 2005. pp 225-228 Irdning.
- Vrbek, B., 2005: Lizimetrijska pedologija kao metoda istraživanja kvalitete procjednih voda šumskih tala Hrvatske. Šumarski list br. 7-8 CXXIX 3-14, Zagreb.
- Vrbek, B., Pilaš, I., Dubravac, T. 2005: Praćenje kvalitete vode u šumi hrasta lužnjaka i običnoga graba protočnim lizimetrima, Šumarski list, 129: Suplement, 165-185
- Vrbek, B., Vrbek, B., 2005: Lizimetrijska pedologija kao metoda istraživanja kvalitete procjednih voda šumskih tala Hrvatske Knjiga sažetaka, Stubičke toplice
- Vrbek, B., Pilaš, I., 2001: Praćenje utjecaja taložnih tvari na pokusnim plohama u Hrvatskoj (*Monitoring the impact of sedimentary material on trial plots in Croatia*). Science in sustainable management, scientific book, pp. 388-394. Zagreb
- Vrbek, B., Pilaš, I. 2001: Lizimetrijski monitoring u Nacionalnim parkovima u Hrvatskoj. Hrvatsko tloznanstveno društvo. Kongres Gospodarenje i zaštita tla za buduće generacije, Brijuni 3-7, srpanj 2001, Zbornik sažetaka, pp:65-66, Zagreb.
- Vrbek, B., Pilaš, I., Šojat, V., Magdić, N. 2002: Utjecaj kiselih kiša na šumu i tlo u Nacionalnom parku “Plitvička jezera”, I Hrvatska konferencija Ekoinžinjerstvo 2002, knjiga sažetaka, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa, Hrvatski inženjerski savez. Plitvička jezera.
- Vrbek, B., Benko, M., Vuletić, D., Littvay, T., Dubravac, T. 2005: Deposition monitoring in forest ecosystems in Croatia, Abstracts XXII IUFRO World Congress, 8-13 August 2005, Brisbane, Australia, pp 90.
- Vrbek, B., Pilaš, I. 2006: Atmospheric deposition and Soil Solution Monitoring in the national Parks of Croatia, World Congress of Soil Science July 9-15, Philadelphia, Abstracts pp 690.
- Vrbek, B., Pilaš, I., Potočić, N., Seletković, I., Pernek, M. 2006: Forest crown condition and monitoring deposited matter in Gorski Kotar area in Croatia. Lesn.Čas –Forestry Journal, 52(1-2): 127-135
- Vrbek, B., Pilaš, I., Potočić, N., Seletković, I. 2006: Istraživanja razina podzemnih voda, unosa teških metala i oštećenosti krošanja u šumskim ekosustavima Hrvatske. Rad. Šumar. Inst. Izvanredno izdanje 9, p. 159-180, Jastrebarsko.
- Vrbek B., Pilaš I. 2007: Heavy Metals in Soil solution of lowland Oak Forest in Croatia, in Biogeochemistry of trace elements: Environmental protection remediation and humn health, pp 15-16, Editors: Yongguan Zhu, Nicholas Lepp, Ravi Naidu, Tsinghua University press, Peking
- Vuletić, D., 1996: Ekonomski gubici na vrijednosti drva hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) kao posljedica ozljeđivanja stabla. Magistarski rad, str. 1-89 + VI, Zagreb.
- Vuletić, D., 1999: Prilog poznavanju sortimentne strukture hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u EGT-u II-G-11. Rad. Šumar.inst. 34(2): 5-20, Jastrebarsko, Zagreb.

Zianis, D., P. Muukkonen, R. Mäkipää, M. Mencuccini, 2005: Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. *Silva Fennica, Monographs 4.*, 63 p. The Finnish Society of Forest Science, The Finnish Forest Research Institute.