

OŠTEĆENOST ŠUMSKIH EKOSUSTAVA REPUBLIKE HRVATSKE

IZVJEŠĆE ZA 2022. GODINU



Nacionalni koordinacijski centar za procjenu i motrenje utjecaja atmosferskog onečišćenja i drugih čimbenika na šumske ekosustave



Hrvatski šumarski institut

ICP Forests
HR
HRVATSKI ŠUMARSKI INSTITUT

Autori:

dr. sc. Nenad Potočić
dr. sc. Ivan Seletković
dr. sc. Tamara Jakovljević
dr.sc. Hrvoje Marjanović
dr. sc. Krunoslav Indir
Nikola Zorić, mag. ing. silv.
Mia Marušić, mag. ing. silv.
Robert Bogdanić, mag. ing. silv.

Jastrebarsko, siječanj 2023.

SADRŽAJ

1. Uvod	4
2. Rezultati motrenja na točkama Razine 1	4
2.1. Oštećenost stabala u Republici Hrvatskoj 2022. godine.....	4
2.1.1. Prikaz osutosti stabala u Republici Hrvatskoj – sve vrste	5
2.1.2. Prikaz osutosti stabala u Republici Hrvatskoj – listače	6
2.1.3. Prikaz osutosti stabala u Republici Hrvatskoj – četinjače	7
2.1.4. Prikaz osutosti značajnijih vrsta šumskog drveća u Republici Hrvatskoj	8
2.1.5. Prikaz šteta od biotičkih i abiotičkih čimbenika	15
2.2. Kontrolna procjena.....	18
3. Rezultati motrenja na plohama Razine 2	18
3.1. Opći podaci o plohama.....	18
3.2. Stanje osutosti krošanja	25
3.3. Kemizam biljnog materijala.....	29
3.4. Rast i prirast stabala	33
3.5. Atmosferska taloženja	43
3.6. Fenologija	48
3.7. Otopina tla.....	50
3.8. Meteorološka mjerenja	53
3.9. Otpad sa stabala	61
3.10. Štete od biotičkih čimbenika	64
3.11. Utjecaj prizemnog ozona na vegetaciju	66
3.12. Pasivno mjerenje koncentracija ozona	67
4. Literatura	70
5. Prilozi	71

1. Uvod

S obzirom na stav da je najvažniji uzročnik propadanja 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 Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, skraćeno ICP Forests). S vremenom se došlo do zaključka da i drugi čimbenici stresa mogu imati jednako značajan utjecaj na propadanje šuma, pa je glavni zadatak programa postao prikupljanje podataka o stanju šuma i njihovoj reakciji na čimbenike stresa na regionalnoj, nacionalnoj i internacionalnoj razini. Hrvatska sudjeluje u programu ICP Forests od 1987. godine, a motrenja se obavljaju prema ICP Forests Manual (PCC 2010) i i Pravilniku o načinu motrenja oštećenosti šumskih ekosustava („Narodne novine“ broj 54/2019).

2. Rezultati motrenja na točkama Razine 1

2.1. Oštećenost stabala u Republici Hrvatskoj 2022. godine

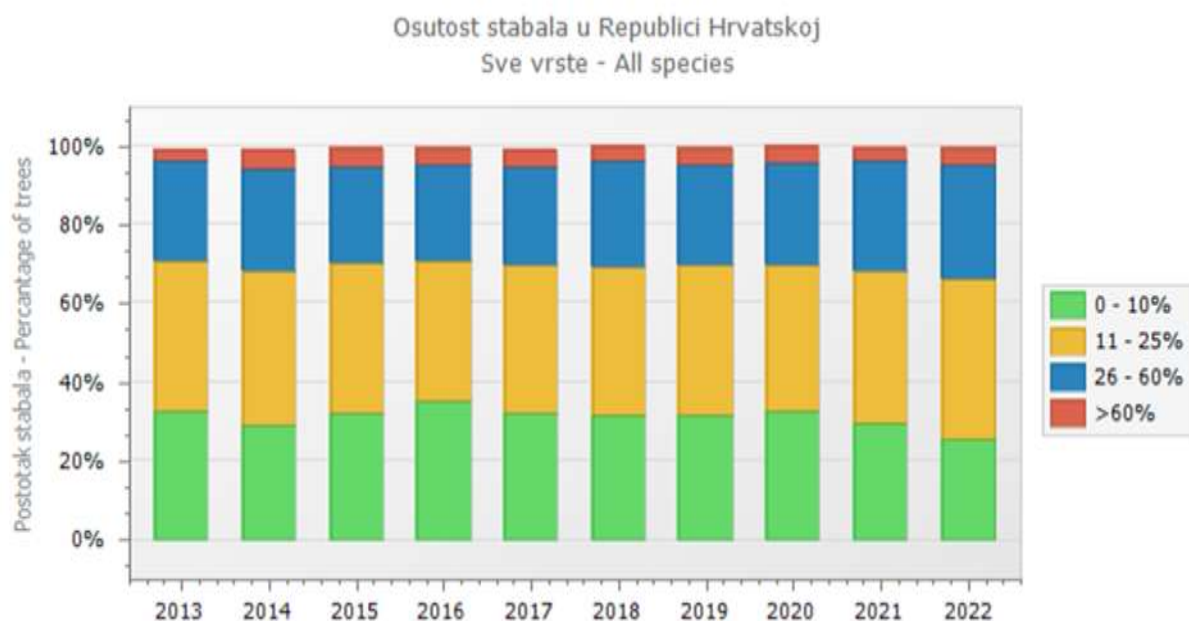
U 2022. godini u Hrvatskoj je po tridesetdugi put provedena godišnja procjena oštećenosti šuma na bioindikacijskim točkama. Procjena je obavljena na 97 bioindikacijskih točaka, a procjenom je obuhvaćeno ukupno 2328 stabala različitih vrsta drveća, od čega 1966 stabala listača i 362 stabala četinjača.

2.1.1. Prikaz osutosti stabala u Republici Hrvatskoj – sve vrste

Tablica 2.1.1.1. Osutost stabala - sve vrste

Oštećenost stabala - sve vrste

Godina	0	1	2	3 + 4	Broj stabala N	Značajno osuto
	% po stupnju osutosti					%
	0 - 10%	11 - 25%	26 - 60%	> 60%		
2013	32.86	38.02	25.32	3.81	2520	29.13
2014	29.17	39.36	25.57	5.91	2472	31.47
2015	31.97	38.29	24.56	5.18	2280	29.74
2016	35.48	35.56	24.07	4.88	2376	28.96
2017	32.03	37.84	24.96	5.18	2376	30.13
2018	31.78	37.46	26.89	3.87	2376	30.77
2019	31.92	37.76	25.39	4.94	2328	30.33
2020	32.65	37.24	25.68	4.42	2352	30.10
2021	29.78	38.42	28.25	3.55	2280	31.80
2022	25.56	40.46	29.38	4.60	2328	33.98



Slika 2.1.1.1. Osutost stabala - sve vrste

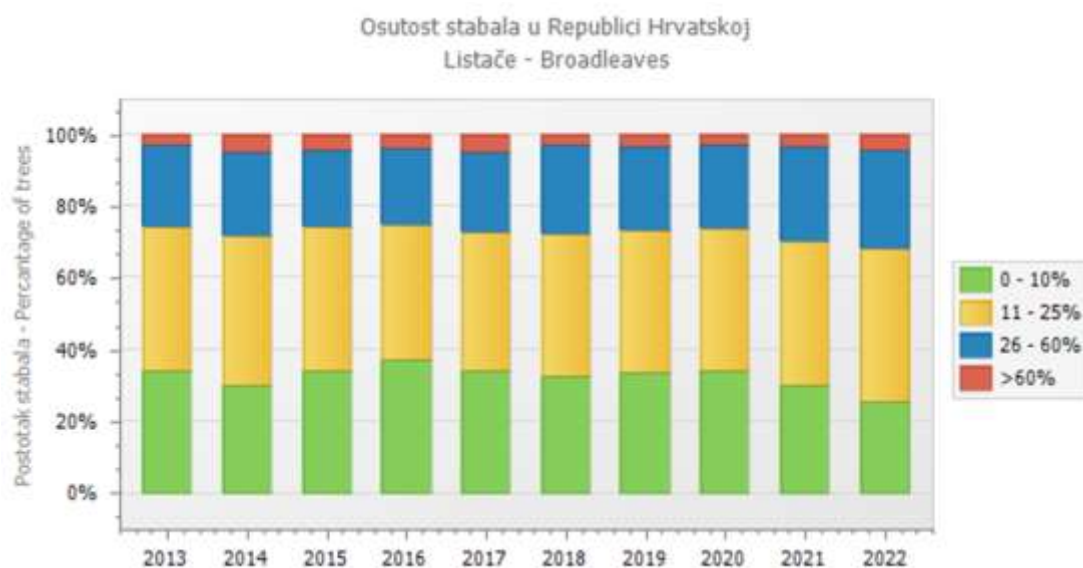
U procjeni stanja oštećenosti šumskih ekosustava provedenoj 2022. godine, utvrđeno je povećanje značajne osutosti kako za sve vrste (s 31,80 na 33,98 %), tako i za listače (s 29,63 na 31,89 %) u odnosu na 2021. godinu. Najveći broj stabala i dalje se nalazi u klasama osutosti 0 i 1, dakle u klasama bez osutosti ili male osutosti.

2.1.2. Prikaz osutosti stabala u Republici Hrvatskoj – listače

Tablica 2.1.2.1. Osutost stabala – listače

Oštećenost stabala - Listače

Godina	0	1	2	3 + 4	Broj stabala	Značajno osuto
	% po stupnju osutosti					
	0 - 10%	11 - 25%	26 - 60%	> 60%	N	%
2013	34.19	40.14	22.90	2.76	2135	25.67
2014	30.27	41.62	23.18	4.93	2088	28.11
2015	34.00	40.66	21.10	4.25	1953	25.35
2016	37.41	37.31	21.55	3.73	2037	25.28
2017	34.38	38.55	22.31	4.77	2013	27.07
2018	32.77	39.37	25.22	2.63	2014	27.86
2019	33.97	39.65	22.96	3.42	1990	26.38
2020	34.22	39.45	23.37	2.96	1990	26.33
2021	30.09	40.28	26.46	3.17	1954	29.63
2022	25.64	42.47	27.77	4.12	1966	31.89



Slika 2.1.2.1. Osutost stabala – listače

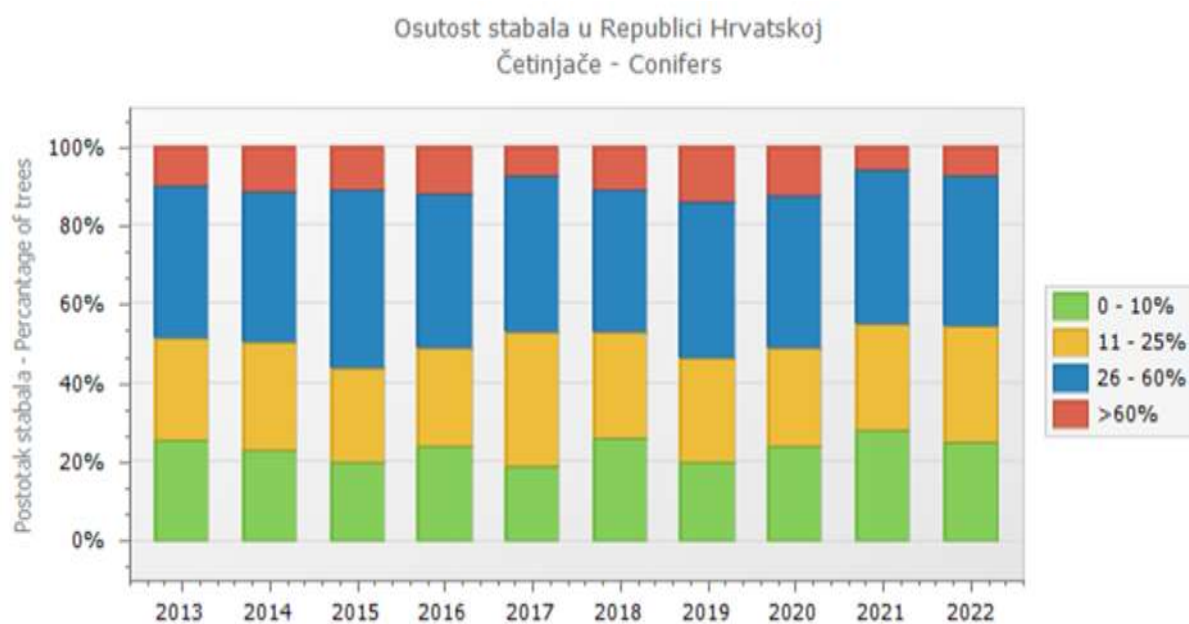
2.1.3. Prikaz osutosti stabala u Republici Hrvatskoj – četinjače

Tablica 2.1.3.1. Osutost stabala – četinjače

Osutost stabala - Četinjače

Godina	0	1	2	3 + 4	Broj stabala	Značajno osuto
	% po stupnju osutosti					
	0 - 10%	11 - 25%	26 - 60%	> 60%	N	%
2013	25.45	26.23	38.70	9.61	385	48.31
2014	23.18	27.08	38.54	11.20	384	49.74
2015	19.88	24.16	45.26	10.70	327	55.96
2016	23.89	25.07	39.23	11.80	339	51.03
2017	19.01	33.88	39.67	7.44	363	47.11
2018	26.24	26.80	36.19	10.77	362	46.96
2019	19.82	26.63	39.64	13.91	338	53.55
2020	24.03	25.14	38.40	12.43	362	50.83
2021	27.91	27.30	38.96	5.83	326	44.79
2022	25.14	29.56	38.12	7.18	362	45.30

Kod četinjača je u 2022. godini utvrđeno malo povećanje postotka značajno osutih stabala u odnosu na 2021. godinu (s 44,79 % na 45,30 %). Najveći broj stabala četinjača nalazi se i dalje u klasi osutosti 2 (26-60 % osutosti).



Slika 2.1.3.1. Osutost stabala – četinjače

2.1.4. Prikaz osutosti značajnijih vrsta šumskog drveća u Republici Hrvatskoj

Tablica 2.1.4.1. Osutost obične bukve po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	34.10	48.69	15.41	1.80	17.21
2014	30.32	44.22	16.25	9.21	25.46
2015	37.26	42.29	15.77	4.68	20.45
2016	36.85	41.86	16.82	4.47	21.29
2017	43.63	40.82	11.80	3.75	15.54
2018	35.78	46.51	15.56	2.15	17.71
2019	34.36	47.74	15.37	2.53	17.90
2020	38.74	43.24	15.50	2.52	18.02
2021	37.57	45.80	14.13	2.50	16.64
2022	24.40	48.24	24.21	3.14	27.36

Tablica 2.1.4.2. Osutost poljskog jasena po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	18.06	58.33	22.22	1.39	23.61
2014	14.55	36.36	45.45	3.64	49.09
2015	15.28	22.22	50.00	12.50	62.50
2016	9.72	16.67	62.50	11.11	73.61
2017	4.17	20.83	61.11	13.89	75.00
2018	4.35	28.99	53.62	13.04	66.67
2019	19.40	22.39	43.28	14.93	58.21
2020	5.88	38.24	41.18	14.71	55.88
2021	4.29	38.57	42.86	14.29	57.14
2022	2.90	39.13	40.58	17.39	57.97

Tablica 2.1.4.3. Osutost hrasta kitnjaka po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	18.59	41.21	37.19	3.02	40.20
2014	4.15	53.37	38.34	4.15	42.49
2015	9.84	55.44	31.09	3.63	34.72
2016	22.80	45.60	30.05	1.55	31.61
2017	9.84	55.44	31.61	3.11	34.72
2018	18.27	40.61	38.58	2.54	41.12
2019	10.55	43.72	41.21	4.52	45.73
2020	6.53	39.20	51.26	3.02	54.27
2021	5.61	37.24	52.04	5.10	57.14
2022	13.33	42.05	41.54	3.08	44.62

Tablica 2.1.4.4. Osutost hrasta medunca po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	22.61	38.70	33.48	5.22	38.70
2014	24.02	41.05	31.44	3.49	34.93
2015	23.81	39.15	26.98	10.05	37.04
2016	30.54	38.92	24.63	5.91	30.54
2017	8.07	46.19	31.84	13.90	45.74
2018	17.56	50.24	29.76	2.44	32.20
2019	34.76	34.76	25.24	5.24	30.48
2020	31.82	43.18	21.82	3.18	25.00
2021	17.41	48.76	32.34	1.49	33.83
2022	25.35	47.47	20.74	6.45	27.19

Tablica 2.1.4.5. Osutost hrasta lužnjaka po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	39.78	29.68	27.74	2.80	30.54
2014	35.81	34.50	26.64	3.06	29.69
2015	43.39	35.02	19.82	1.76	21.59
2016	45.27	31.89	20.78	2.06	22.84
2017	44.59	27.71	24.46	3.25	27.71
2018	34.91	30.17	31.25	3.66	34.91
2019	34.69	32.65	29.48	3.17	32.65
2020	32.76	37.50	26.72	3.02	29.74
2021	31.32	34.13	30.89	3.67	34.56
2022	28.39	35.48	33.12	3.01	36.13

Tablica 2.1.4.6. Osutost obične jele po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	16.51	23.85	45.87	13.76	59.63
2014	18.35	19.27	42.20	20.18	62.39
2015	16.51	23.85	50.46	9.17	59.63
2016	7.37	28.42	57.89	6.32	64.21
2017	15.89	33.64	44.86	5.61	50.47
2018	13.08	37.38	46.73	2.80	49.53
2019	6.32	34.74	55.79	3.16	58.95
2020	16.82	29.91	50.47	2.80	53.27
2021	16.82	38.32	41.12	3.74	44.86
2022	17.76	39.25	39.25	3.74	42.99

Tablica 2.1.4.7. Osutost alepskog bora po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	37.11	27.04	30.19	5.66	35.85
2014	31.45	26.42	37.74	4.40	42.14
2015	27.97	26.27	36.44	9.32	45.76
2016	48.59	20.42	16.20	14.79	30.99
2017	23.94	39.44	30.99	5.63	36.62
2018	47.55	17.48	17.48	17.48	34.97
2019	39.86	18.18	19.58	22.38	41.96
2020	38.46	18.88	20.28	22.38	42.66
2021	45.45	25.87	25.17	3.50	28.67
2022	45.45	27.97	23.08	3.50	26.57

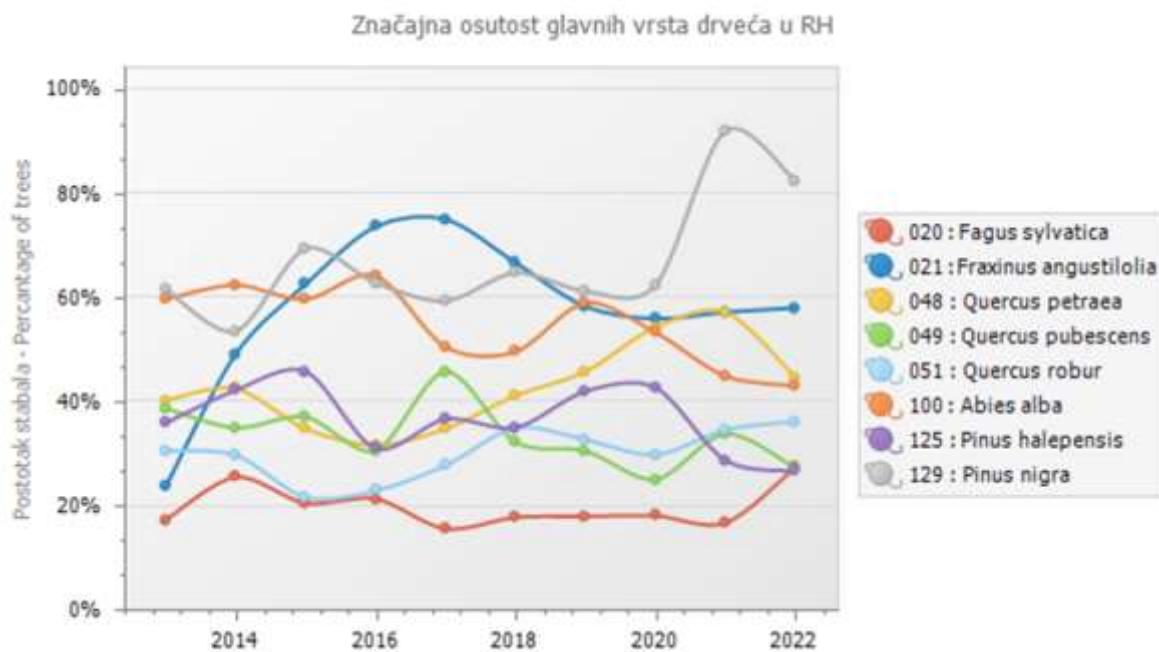
Tablica 2.1.4.8. Osutost crnog bora po klasama osutosti u razdoblju od 2013. do 2022. godine

Godina	Kategorije osutosti, %				Značajno osuto
	0	1	2	3 + 4	2 + 3 + 4
2013	10.47	27.91	48.84	12.79	61.63
2014	8.14	38.37	38.37	15.12	53.49
2015	5.33	25.33	52.00	17.33	69.33
2016	4.65	32.56	48.84	13.95	62.79
2017	10.47	30.23	45.35	13.95	59.30
2018	4.71	30.59	51.76	12.94	64.71
2019	4.71	34.12	47.06	14.12	61.18
2020	7.06	30.59	50.59	11.76	62.35
2021	0.00	8.00	74.00	18.00	92.00
2022	1.18	16.47	63.53	18.82	82.35

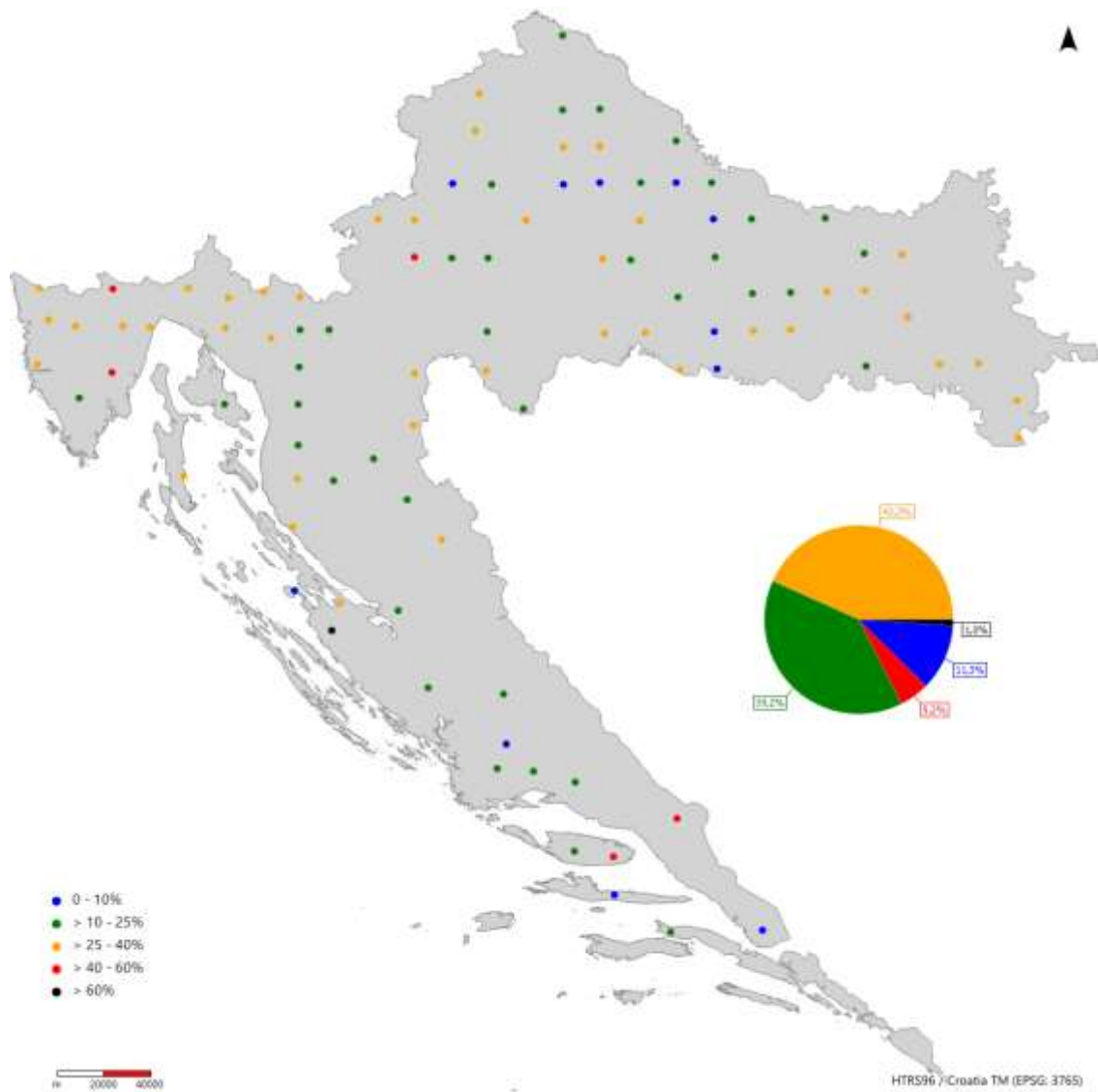
U Tablicama 2.1.4.1. do 2.1.4.8. dan je prikaz osutosti značajnijih vrsta šumskog drveća u Republici Hrvatskoj po klasama osutosti, prema procjeni za 2022. godinu i prethodnih 10 godina motrenja.

Najoštećenija listača i dalje je poljski jasen iako od 2018. godine pada broj značajno osutih stabala poljskog jasena. Međutim s obzirom na mali broj stabala u uzorku treba uzeti u obzir utjecaj zamjenskih stabala na ovaj rezultat. Značajna osutost

hrasta kitnjaka u padu je u odnosu na 2021. godinu. Osutost hrasta lužnjaka povećana je u odnosu na 2021. godinu dok je postotak značajno osutih stabala obične jele nešto manji, ali još uvijek relativno visok. Iako u padu u odnosu na 2021. godinu, crni bor je i dalje naša najoštećenija vrsta drveća.

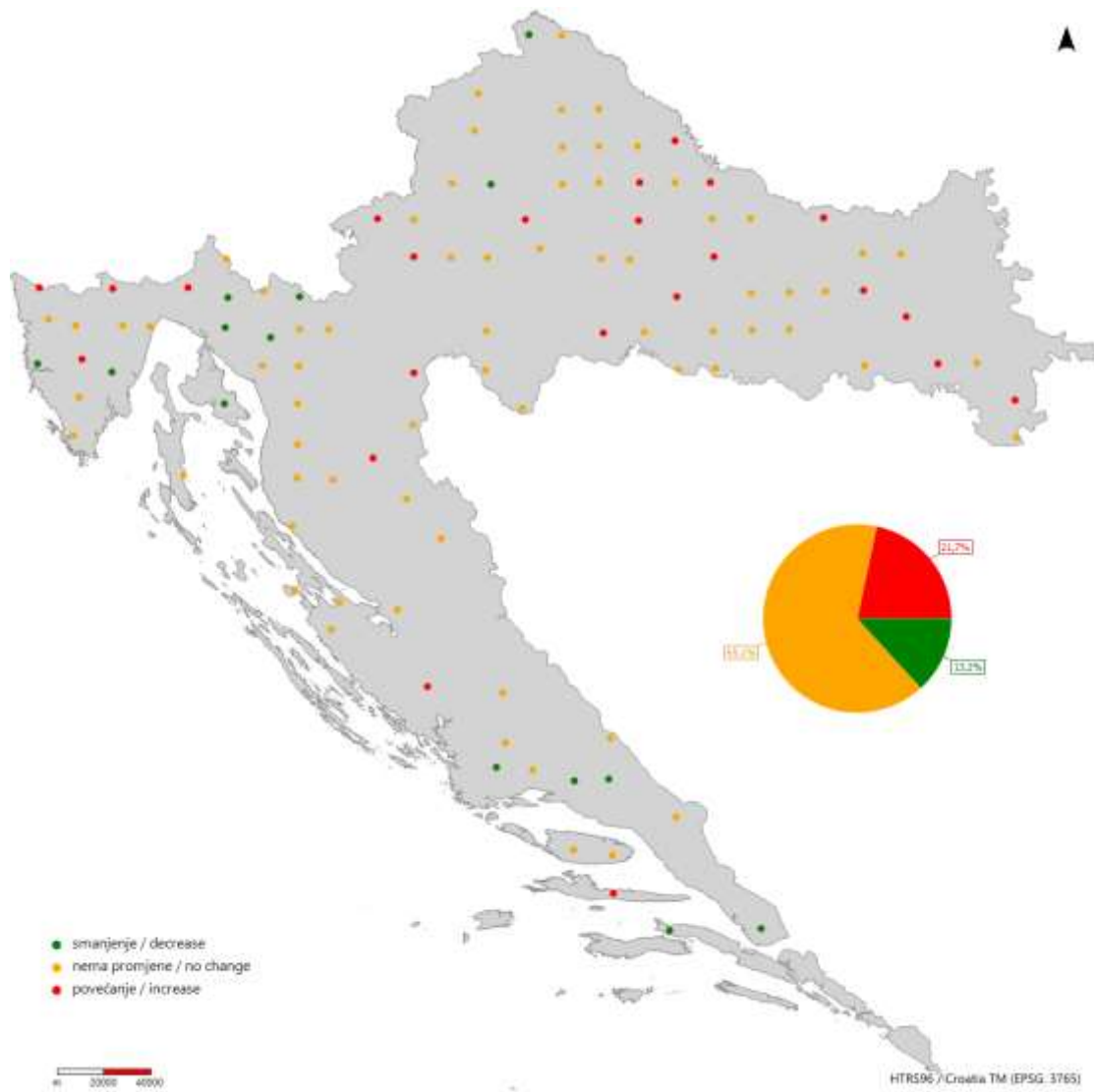


Slika 2.1.4.1. Prikaz kretanja značajne osutosti (<25% osutosti) krošanja nekih vrsta šumskog drveća u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2013. do 2022. godine



Slika 2.1.4.2. Prikaz srednje osutosti krošanja na bioindikacijskim točkama u 2022. godini

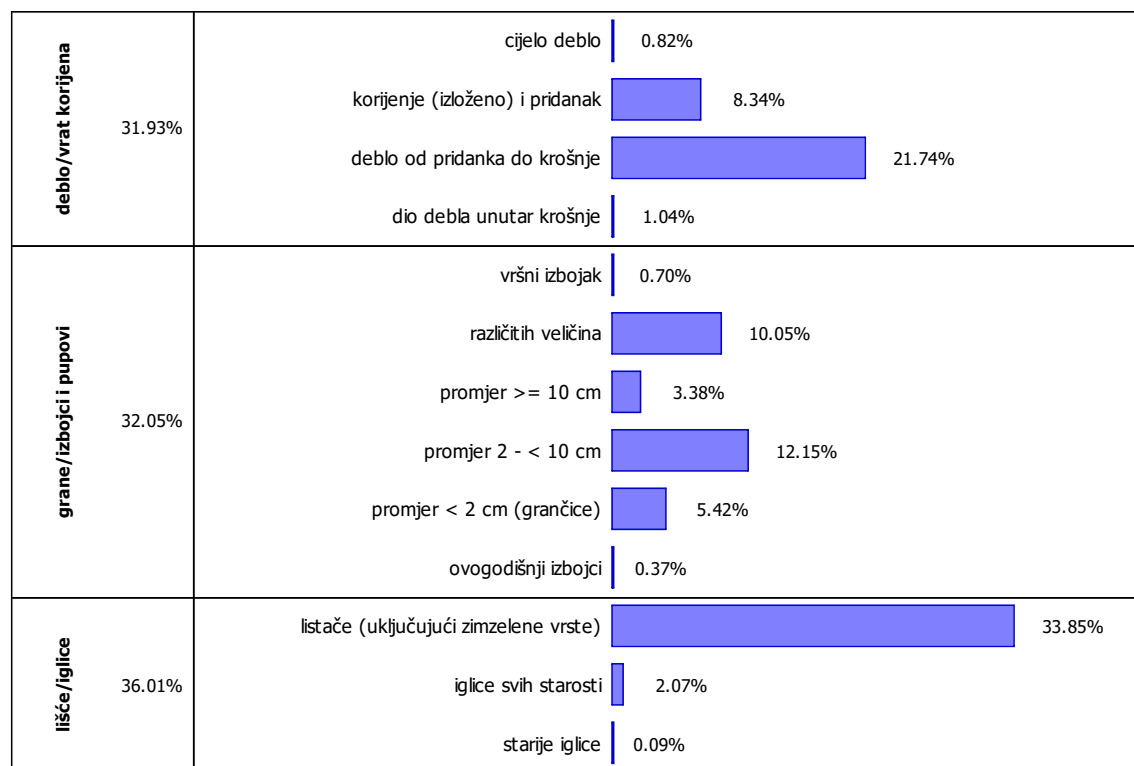
Kao što je iz Slike 2.1.4.2. vidljivo najveći broj točaka u 2022. godini ima srednju osutost između 10 i 25 %, nakon toga slijede točke čija se srednja osutost kreće u rasponu 25-40%, a zatim točke srednje osutosti do 10%.



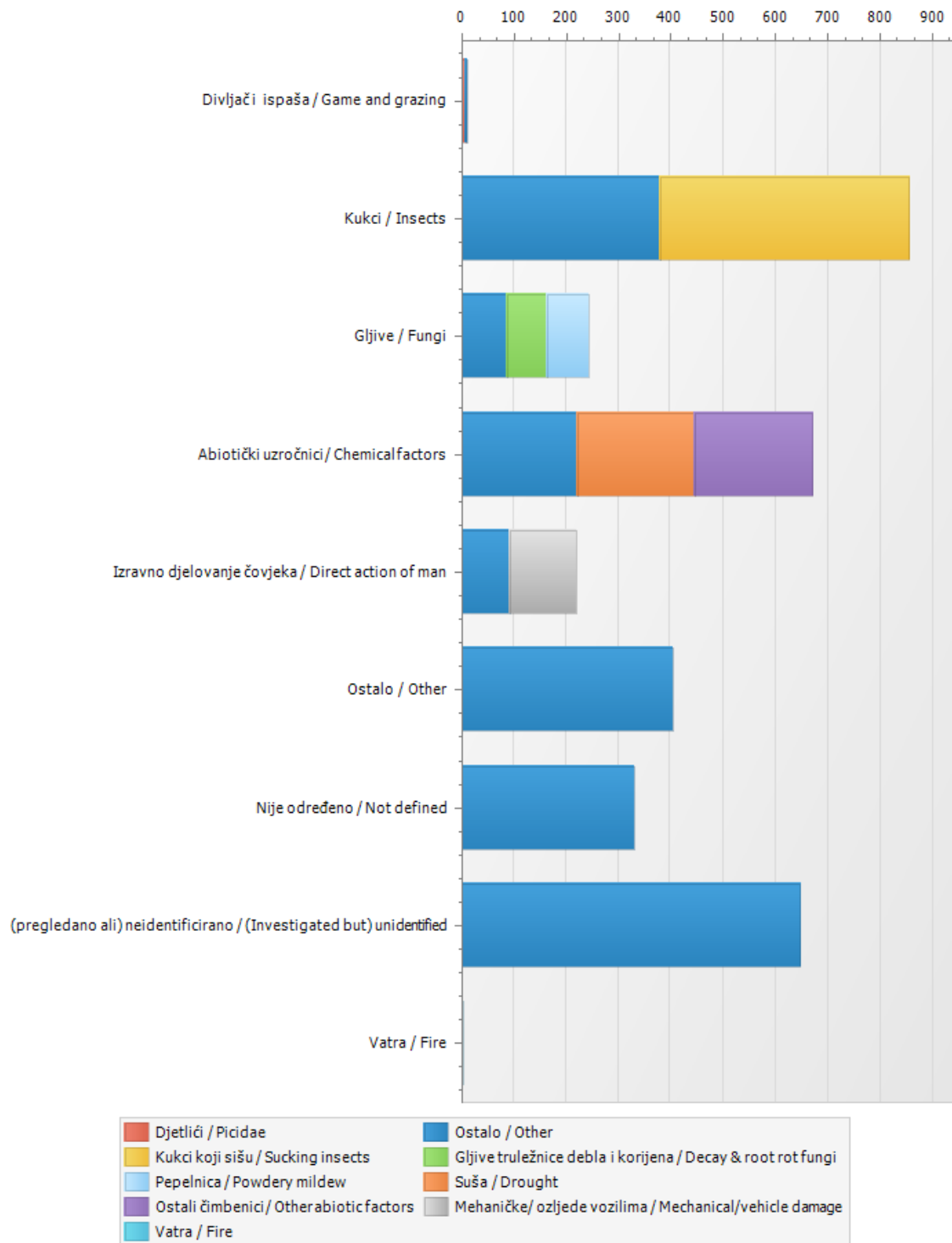
Slika 2.1.4.3. Prikaz trenda srednje osutosti krošanja na bioindikacijskim točkama za razdoblje od 2013. do 2022. godine

2.1.5. Prikaz šteta od biotičkih i abiotičkih čimbenika

U 2021. godini po sedmi je puta na točkama Razine 1 (biondikacijske točke) provedeno motrenje šteta od biotičkih i abiotičkih čimbenika.



Slika 2.1.5.1. Prikaz šteta od abiotičkih i biotičkih čimbenika prema zahvaćenom dijelu stabla



Slika 2.1.5.2. Prikaz šteta prema grupi čimbenika. Prikazani su samo čimbenici čiji udio unutar grupe iznosi više od 30%

100 Divljač i ispaša / Game and grazing		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
143	Djetlići / Picidae	9	81.82	0.27
999	Ostalo / Other	2	18.18	0.06
<i>Ukupno:</i>		11	100.00	0.33
200 Kukci / Insects		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
250	Kukci koji sišu / Sucking insects	475	55.56	14.05
999	Ostalo / Other	380	44.44	11.24
<i>Ukupno:</i>		855	100.00	25.29
300 Gljive / Fungi		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
304	Gjive truležnice debla i korijena / Decay & root rot fungi	79	32.38	2.34
307	Pepelnica / Powdery mildew	79	32.38	2.34
999	Ostalo / Other	86	35.25	2.54
<i>Ukupno:</i>		244	100.00	7.22
400 Abiotički uzročnici / Chemical factors		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
422	Suša / Drought	224	33.43	6.63
490	Ostali čimbenici / Other abiotic factors	224	33.43	6.63
999	Ostalo / Other	222	33.13	6.57
<i>Ukupno:</i>		670	100.00	19.82
500 Izravno djelovanje čovjeka / Direct action of man		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
550	Mehaničke/ ozljede vozilima / Mechanical/vehicle damage	126	57.80	3.73
999	Ostalo / Other	92	42.20	2.72
<i>Ukupno:</i>		218	100.00	6.45
600 Vatra / Fire		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
600	Vatra / Fire	3	100.00	0.09
<i>Ukupno:</i>		3	100.00	0.09
800 Ostalo / Other		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
999	Ostalo / Other	405	100.00	11.98
<i>Ukupno:</i>		405	100.00	11.98
998 Nije određeno / Not defined		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
999	Ostalo / Other	329	100.00	9.73
<i>Ukupno:</i>		329	100.00	9.73
999 (pregledano ali) neidentificirano / (Investigated but) unidentified		<i>n</i>	<i>udio u grupi(%)</i>	<i>ukupan udio(%)</i>
999	Ostalo / Other	646	100.00	19.11
<i>Ukupno:</i>		646	100.00	19.11
<i>Sveukupno:</i>		3381	-	100.00

Tablica 2.1.5.1. Prikaz šteta prema grupi čimbenika

Najveći broj šteta utvrđen je na lišću/iglicama (36,01 %) zatim na granama/izbojcima/pupovima (32,05 % svih utvrđenih šteta) te naposljetku na deblu i pridanku 31,93%. Najveći dio šteta uzrokuju kukci (25,29 % svih šteta), posebno kukci koji sišu (14,05% svih šteta). Slijede abiotički uzročnici šteta s 19,82 %. Štete od gljiva sudjeluju s 7,22 % u ukupnom broju šteta, a izravno djelovanje čovjeka 6,45 %. Najveći dio šteta zapada u kategoriju zahvaćenosti 1 (0-10%).

2.2. Kontrolna procjena

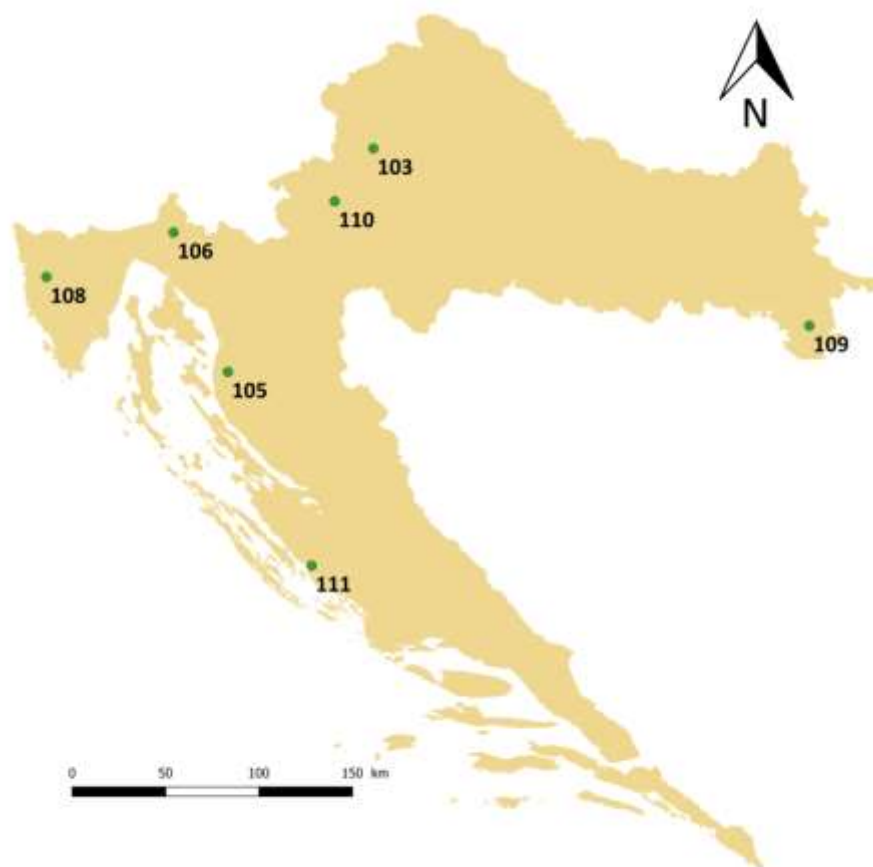
Na osnovi Pravilnika o načinu motrenja oštećenosti šumskih ekosustava, Nacionalni centar obavio je u 2022. godini kontrolnu procjenu oštećenosti krošanja na 10 točaka bioindikacijske mreže, kojom prilikom je obavljena procjena osutosti i utjecaja biotičkih i abiotičkih čimbenika. Prilikom kontrolne procjene nisu utvrđena veća odstupanja u kriteriju procjene osutosti, a procjenitelji su upućeni na neke detalje ispravnog korištenja kodnog sustava za unos biotičkih i abiotičkih čimbenika šteta.

3. Rezultati motrenja na plohama Razine 2

3.1. Opći podaci o plohama

Tablica 3.1.1. Opći podaci o plohama Razine 2

redni broj	ploha	zemljopisna širina	zemljopisna dužina	Naziv plohe	Lokalitet
1	103	+455403	+155722	Sljeme	Šumarija Zagreb, GJ Sljeme-Medvedgradske šume 6b
2	105	+444859	+145852	Zavižan	NP Sjeverni Velebit
3	106	+452853	+143529	Lividraga	Šumarija Gerovo, GJ Lividraga, odjel 72
4	108	+451459	+134354	Poreč	Šumarija Poreč, GJ Dubrava 57f
5	109	+450122	+185538	Vrbanja	Šumarija Vrbanja, GJ Vrbanjske šume 107b
6	110	+453842	+154134	Jastrebarski lugovi	Šumarija Jastrebarsko, GJ Jastrebarski lugovi 8b
7	111	+435323	+153347	Vrana	Šumarija Biograd, GJ Biograd 46a



Slika 3.1.1. Zemljopisni položaj ploha Razine 2

Ploha 103 površine je 1 ha, i također je jedna je od 100 trajnih ploha Republike Hrvatske „Čovjek i biosfera”. Nalazi se u sastojini bukve i jele, šumska zajednica je Abieti-Fagetum „pannonicum”. Trenutačno se sastojina nalazi u postupku saniranja šteta nastalih zbog ledoloma u siječnju 2014. godine. Sklop je nepotpun. Tlo je distrični kambisol na podlozi škrljavaca. Ploha ima južnu ekspoziciju i smještena je na nadmorskoj visini 980 m, nagib je umjeren. Drvna zaliha je 553 m³/ha. Na plohi se provode istraživanja stanja oštećenosti krošanja, kemizma biljnog materijala, depozicije, rasta i prirasta, fenologije, sastava otopine tla, šteta od biotičkih čimbenika i praćenje bioraznolikosti.

Ploha 105 površine je 1 ha, smještena je unutar područja Nacionalnog parka Sjeverni Velebit. Ploha se nalazi u pretplaninskoj bukovoj šumi s primjesom obične smreke. Sklop je nepotpun. Ploha ima sjeverozapadnu ekspoziciju, nadmorska visina je 1300-1350 m, nagib je umjeren. Na plohi se provode istraživanja stanja oštećenosti krošanja, praćenje šteta od biotičkih čimbenika i kemizma biljnog materijala te bioraznolikosti.

Ploha 106 površine je 1 ha. Nalazi se u sastojini bukve i jele, šumska zajednica je *Abieti-Fagetum „dinaricum”*. Raznodobna sjemenjača bukve i jele sa stablimičnim učešćem javora i smreke, preborne distribucije stabala. Sastojina je lijepog izgleda i dobrog zdravstvenog stanja, dobro pomlađena običnom bukvom raznih razvojnih stadija. Tlo je smeđe tlo na vapnencu i dolomitu, u podlozi je morenski nanos. Nadmorska visina je 940-950 m, ekspozicija jugoistočna, nagib vrlo blag. Sklop je potpun. Drvna zaliha je 711 m³/ha. Na plohi se provode istraživanja stanja oštećenosti krošanja, kemizma biljnog materijala, depozicije, rasta i prirasta, šteta od biotičkih čimbenika i praćenje bioraznolikosti.

Ploha 108 površine je 0,5 ha. Mlada, gotovo čista panjača hrasta medunca s primjesom crnog jasena, bjelograbića i maklena, fitocenoza mješovita šuma medunca i bijelog graba, EGT III-K-10a, dobre kakvoće i većim dijelom potpunog sklopa. Sastojina je neujednačena; niži, južni dijelovi odsjeka koji su zaravnjeni, najbolje su kakvoće. Na grebenu sastojina je lošija. Drvna zaliha iznosi 182 m³/ha. Tlo je smeđe tlo na vapnencu i dolomitu. Ekspozicija je jugoistočna, nagib blag, nadmoska visina 220-240 m. Na plohi se provode istraživanja stanja oštećenosti krošanja, kemizma biljnog materijala, praćenje depozicije, fenologije, šteta od biotičkih čimbenika, praćenje bioraznolikosti i sastava otopine tla.

Ploha 109 površine je 1 ha. Sjemenjača hrasta lužnjaka potpunog sklopa, obrasla grmljem 0,4 do 0,5, stablimične strukture, dvoetažna, dobrog do vrlo dobrog izgleda i dobre kakvoće te donekle narušenog zdravstvenog stanja. Pripada šumskoj zajednici *Carpino betuli –Quercetum roboris typicum*, EGT II-G-10. Starost sastojine je 97 godina, nadmorska visina je 81-82 m, tip tla je hipoglej karbonatni. Drvna zaliha je 507 m³/ha. Na plohi se provode istraživanja stanja oštećenosti krošanja, šteta od biotičkih čimbenika kemizma biljnog materijala, rasta i prirasta, fenologije i praćenje depozicije i bioraznolikosti.

Ploha 110 površine je 1 ha. Stara čista sastojina lužnjaka iz sjemena, dobre kakvoće i s obzirom na starost, dobrog zdravstvenog stanja. U sastojini je velik udio običnog graba u podstojnoj etaži, dok je sloj grmlja slabo razvijen. Tlo je pseudoglej-glej. Nadmorska visina plohe je 119 m, teren je ravan. Drvna zaliha iznosi 498 m³/ha. Na plohi se provode

istraživanja stanja oštećenosti krošanja, štete od biotičkih čimbenika, kemizma biljnog materijala, količine i kemijskog sastava otpada sa stabala, fenologije, praćenje meteoroloških podataka (unutar i izvan sastojine), praćenje bioraznolikosti, depozicije i sastava otopine tla, i praćenje meteoroloških parametara unutar sastojine.

Ploha 111 površine je 0,25 ha. Kultura alepskog bora dobre kakvoće i dobrog zdravstvenog stanja. Sloj grmlja slabo je razvijen te se vrlo rijetko javlja pokoji grm šmrike. Tlo uglavnom pokriva travnata vegetacija. Nadmorska visina plohe je 20 m, teren je ravan. Drvna zaliha iznosi 109 m³/ha. Na plohi se provode istraživanja osutosti krošanja, šteta od biotičkih čimbenika, kemizma biljnog materijala, praćenje bioraznolikosti, procjena vidljivih oštećenja vegetacije od ozona i pasivno mjerenje koncentracija ozona.



Slika 3.1.1. Ploha intenzivnog motrenja broj 111 (Vransko jezero)



Slika 3.1.2. Ploha intenzivnog motrenja broj 109 (Vrbanja)



Slika 3.1.3. Ploha intenzivnog motrenja broj 110 (Jastrebarski lugovi)



Slika 3.1.4. Ploha intenzivnog motrenja broj 103 (Sljeme)



Slika 3.1.5. Ploha intenzivnog motrenja broj 108 (Poreč)



Slika 3.1.6. Ploha intenzivnog motrenja broj 106 (Lividraga)



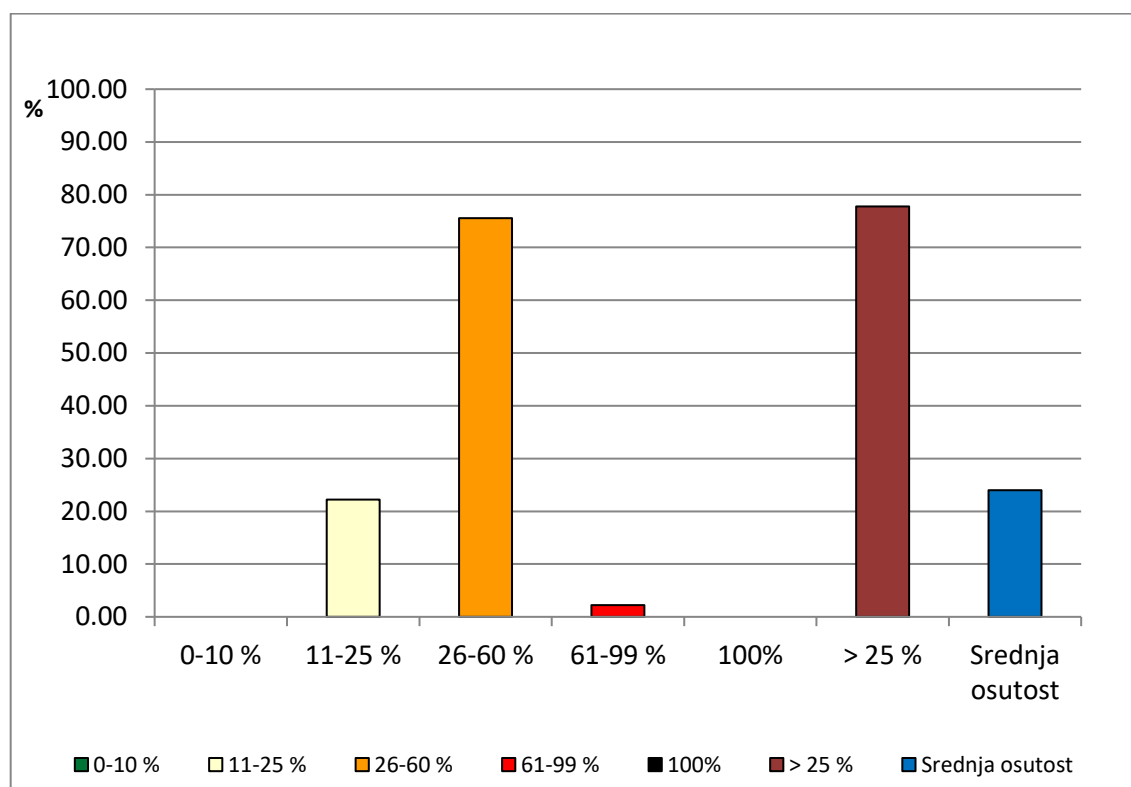
Slika 3.1.7. Ploha intenzivnog motrenja broj 105 (Zavižan)

3.2. Stanje osutosti krošanja

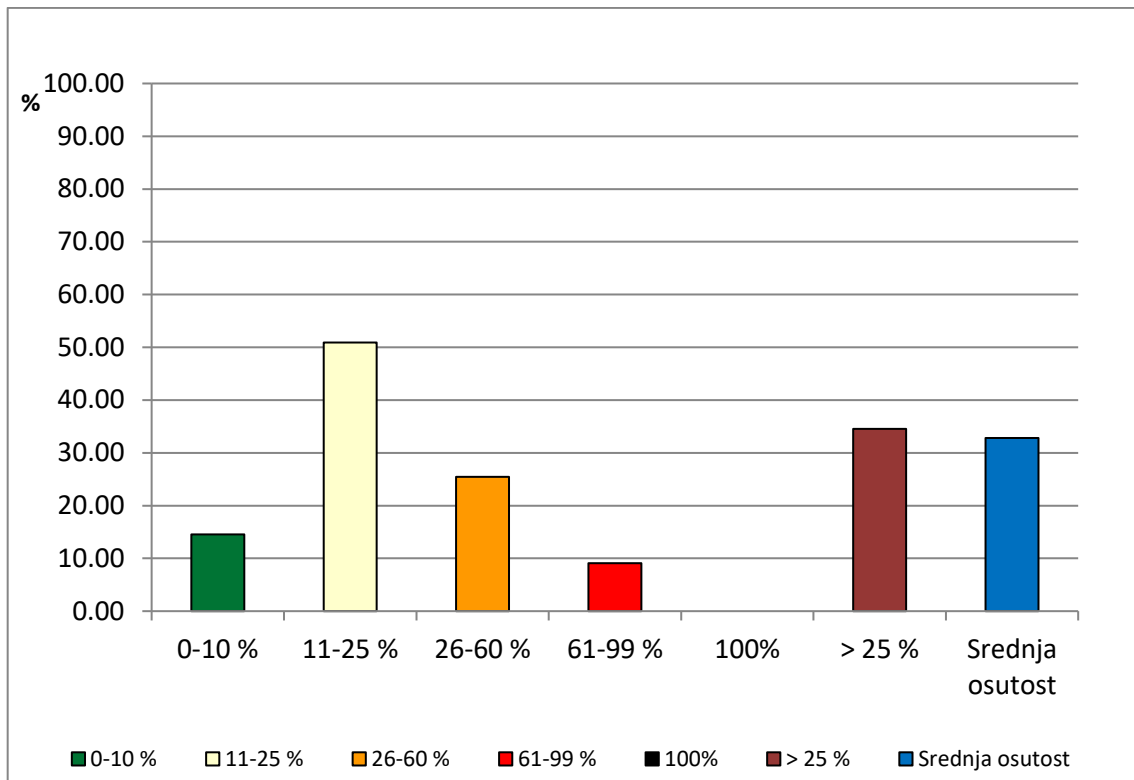
Procjena osutosti krošanja u 2022. je godini obavljena na svih sedam ploha intenzivnog motrenja prema Tablici 3.2.1.

Tablica 3.2.1. Plohe intenzivnog motrenja na kojima je procijenjena osutost krošanja

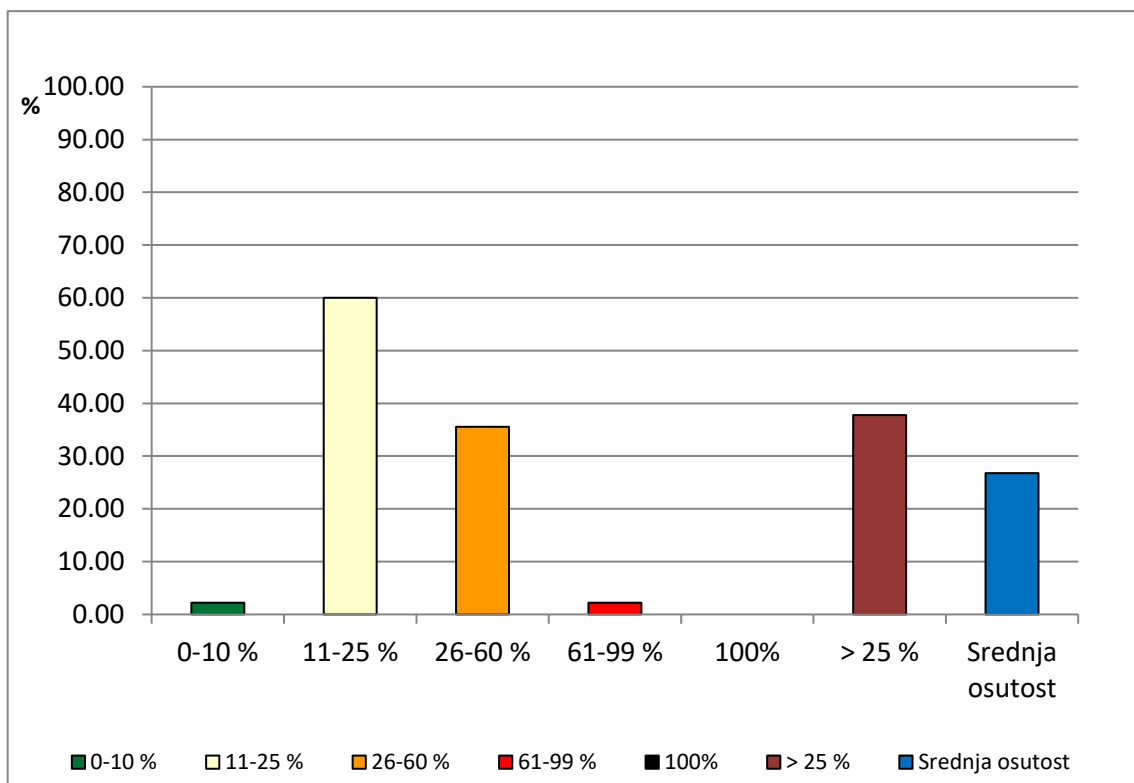
ploha	datum	zemljopisna širina	zemljopisna duljina	nadmorska visina
103	020818	+455403	+155722	20
105	100918	+444859	+145852	31
106	090818	+452853	+143529	19
108	260718	+451459	+134354	5
109	240718	+450122	+185538	3
110	200718	+453842	+154134	3
111	040918	+435323	+153347	1



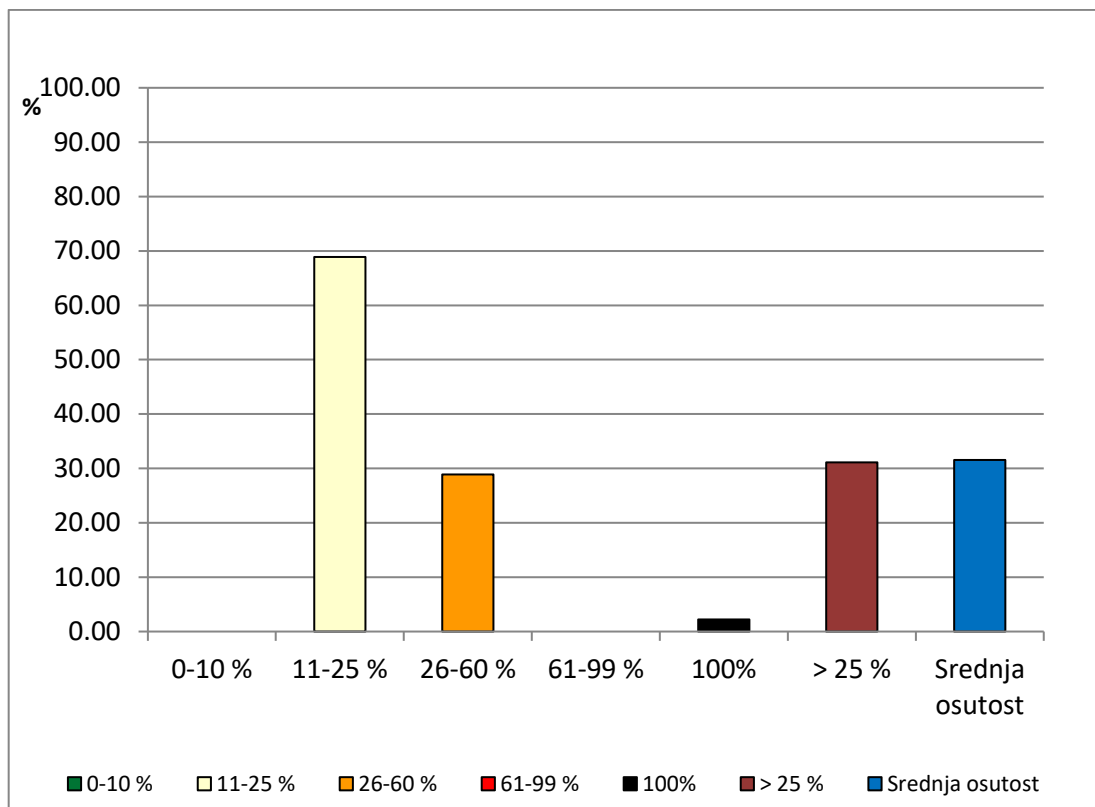
Slika 3.2.1. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 103 (Sljeme)



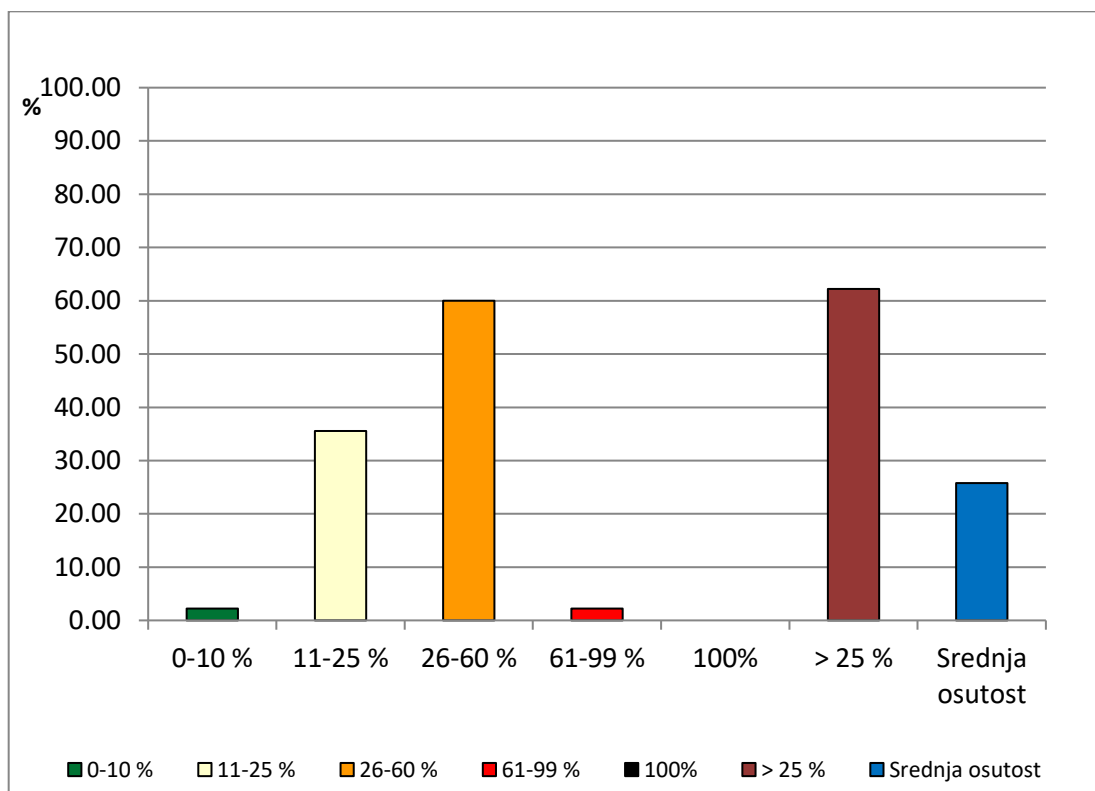
Slika 3.2.2. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 105 (Zavižan)



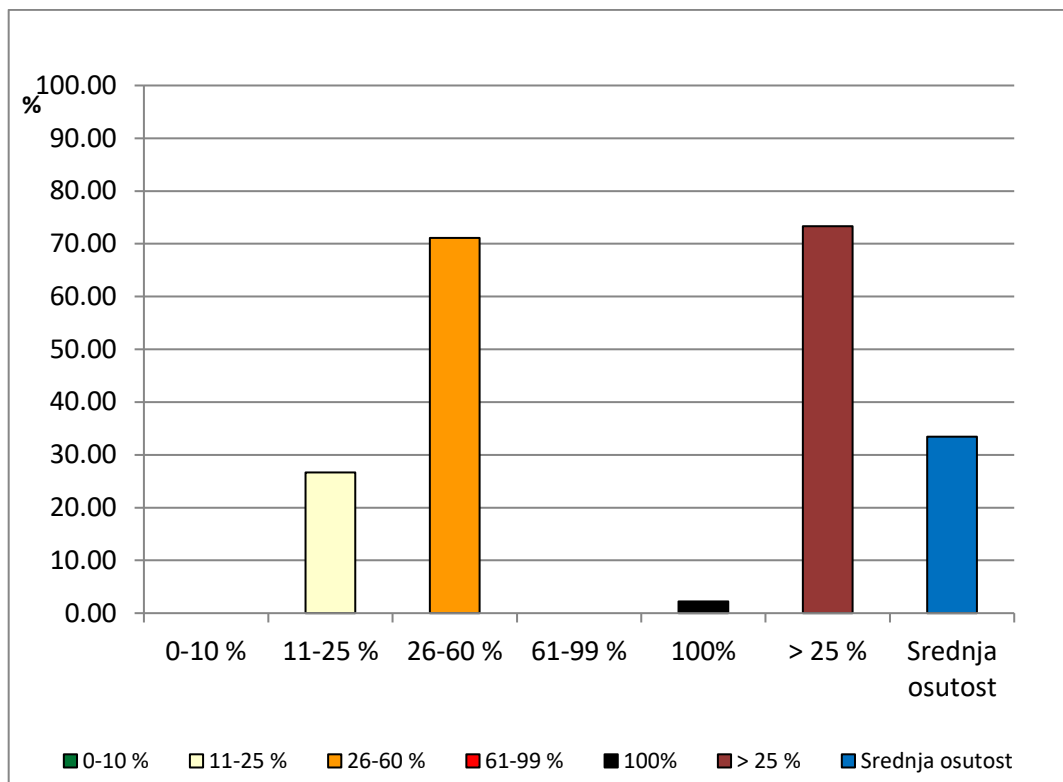
Slika 3.2.3. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 106 (Lividraga)



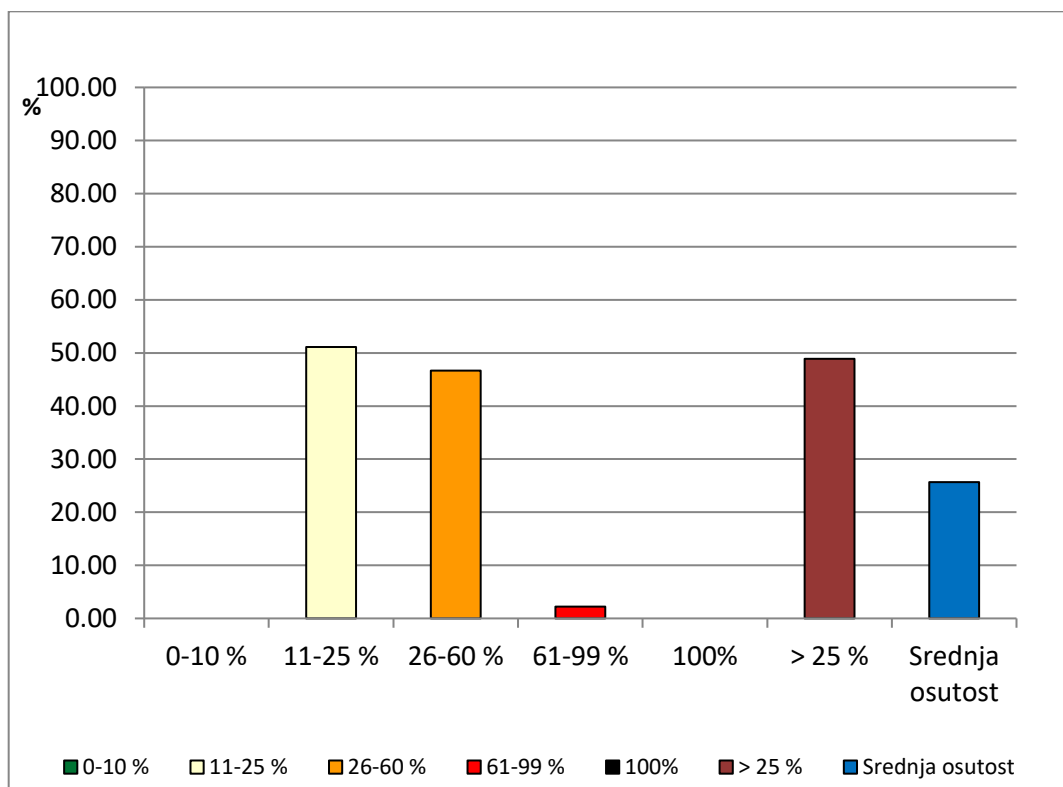
Slika 3.2.4. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 108 (Poreč)



Slika 3.2.5. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 109 (Vrbanja)



Slika 3.2.6. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 110 (J. lugovi)



Slika 3.2.7. Osutost stabala na plohi intenzivnog motrenja br. 111 (Vransko jezero)

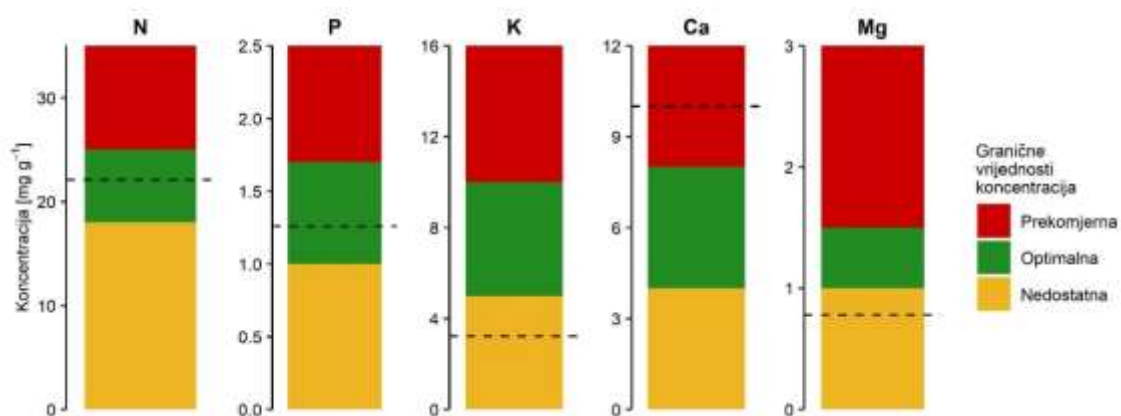
Iako razlike u srednjoj osutosti između pojedinih ploha nisu izražene, postotak stabala osutosti veće od 25% otkriva kako značajne razlike u osutosti između ploha ipak postoje: najveći postotak značajno osutih stabala u 2022. godini – 77,78 %, bilježimo na plohi 103 (Sljeme). Na plohi 103 (Sljeme) radi se o sastojini bukve i jele. Ploha s najmanjim postotkom značajno osutih stabala je Poreč (31,11 %).

3.3. Kemizam biljnog materijala

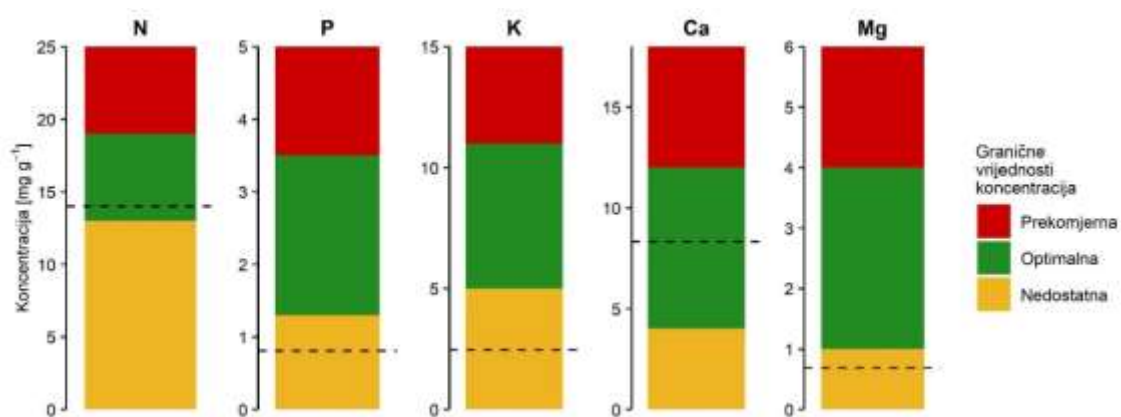
U 2022. godini uzorci biljnog materijala (lišće/iglice) uzorkovani su na svih sedam postojećih ploha intenzivnog motrenja (Razina 2) prema Tablici 3.3.1. Uzorci su uzeti lovačkom puškom sačmaricom s pet stabala po plohi i vrsti, pri čemu se vodilo računa da uzorci budu uzeti iz osvjetljenog dijela krošnje. Nakon uzorkovanja uzorci su pospremljeni u papirne vrećice i dostavljeni u laboratorij Hrvatskog šumarskog instituta na analizu. Nakon sušenja i usitnjavanja, u uzorcima je određena koncentracija dušika i ugljika na elementarnom analizatoru Leco CNS 2000, sumpora na elementarnom analizatoru Leco S Analyzer, a fosfora nakon mokrog spaljivanja na spektrofotometru Labomed UVS-2700. Koncentracije ostalih elemenata određene su na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru Perkin Elmer Aanalyst 700. Dobivene vrijednosti uspoređene su s klasama opskrbljenosti prema FFCC-u (PCC 2010).

Tablica 3.3.1. Plohe intenzivnog motrenja na kojima je uzorkovan biljni materijal

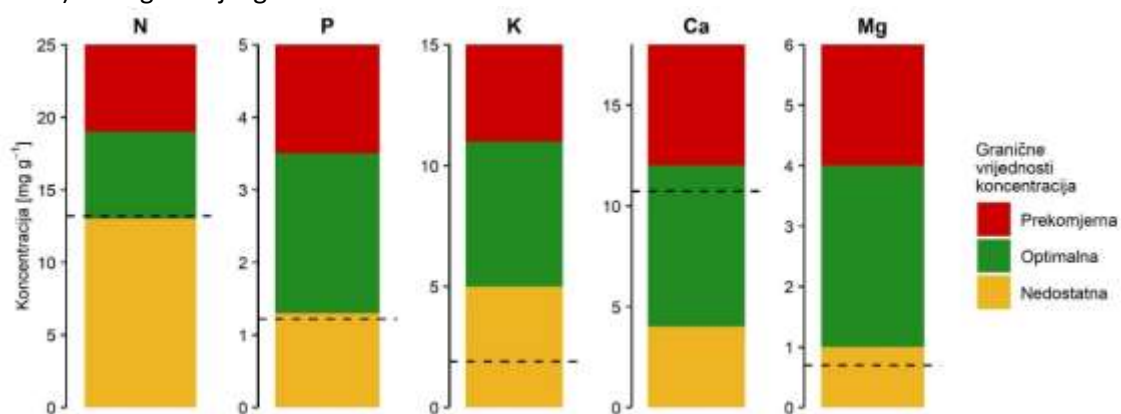
ploha	datum	zemljopisna širina	zemljopisna dužina	nadmorska visina
103	190718	+455403	+155722	20
105	050918	+444859	+145852	31
106	290918	+452853	+143529	19
108	050918	+451459	+134354	5
109	180718	+450122	+185538	3
110	200718	+453842	+154134	3
111	060918	+435323	+153347	1



Slika 3.3.1. Koncentracija biogenih elemenata u lišću **obične bukve** na plohi **103** (Sljeme)

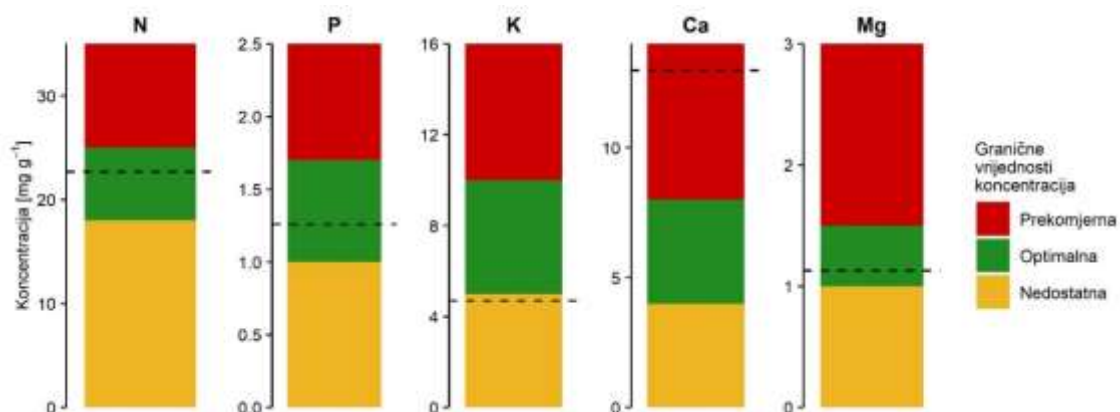


a) ovogodišnje iglice

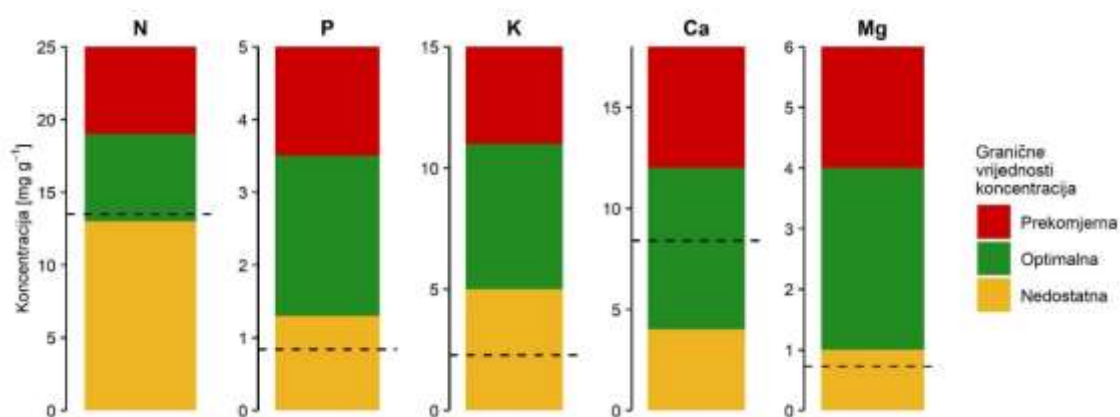


b) prošlogodišnje iglice

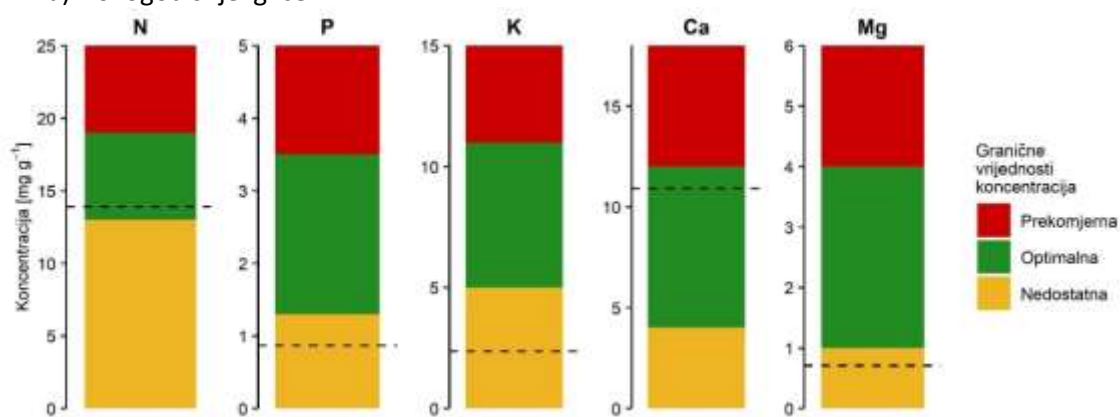
Slika 3.3.2. Koncentracija biogenih elemenata u iglicama **obične jele** na plohi **103** (Sljeme)



Slika 3.3.3. Koncentracija biogenih elemenata u lišću **obične bukve** na plohi 105 (Zavižan)

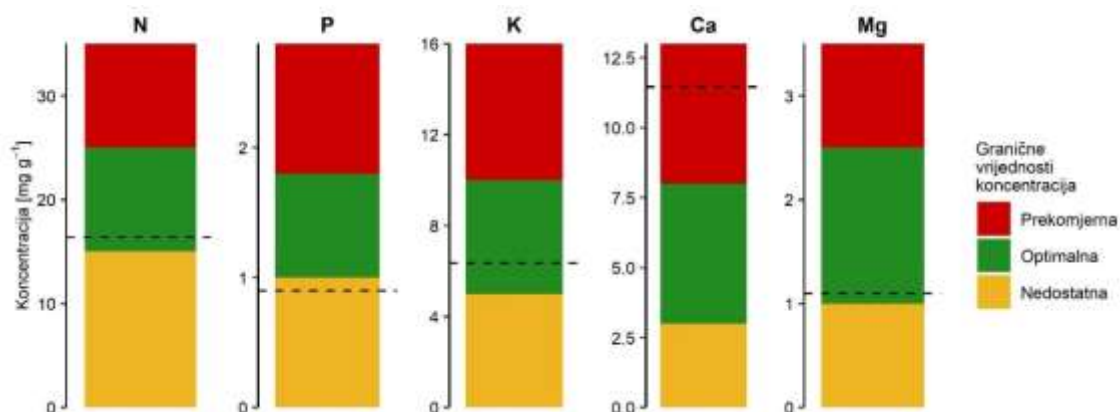


a) ovogodišnje iglice

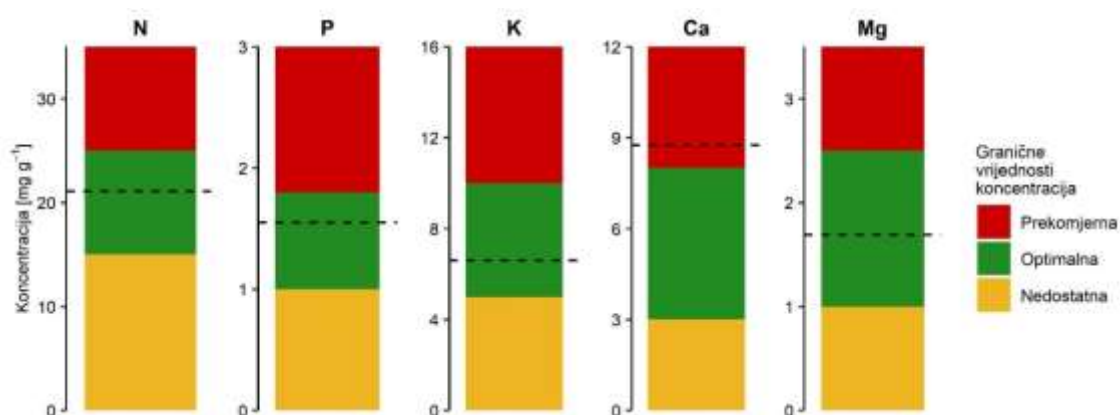


b) prošlogodišnje iglice

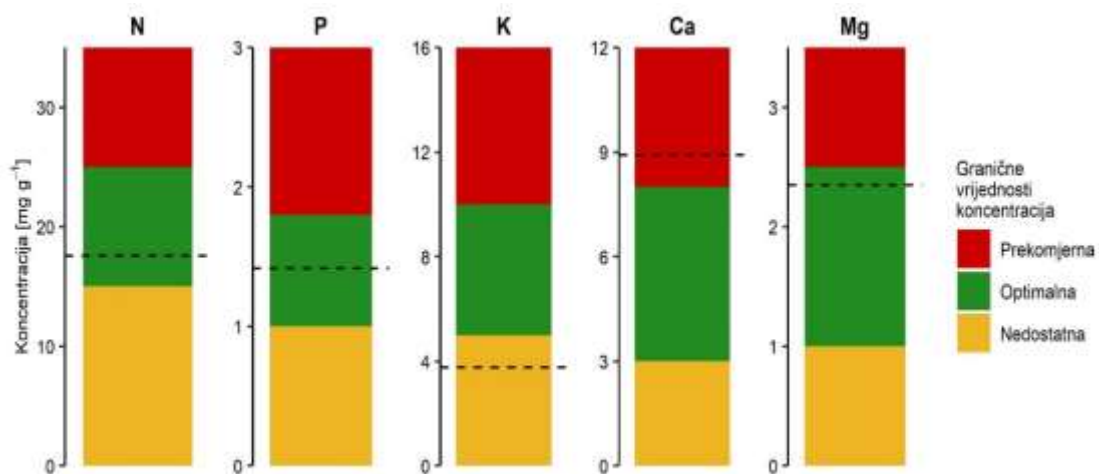
Slika 3.3.4. Koncentracija biogenih elemenata u iglicama **obične jele** na plohi 106 (Lividraga)



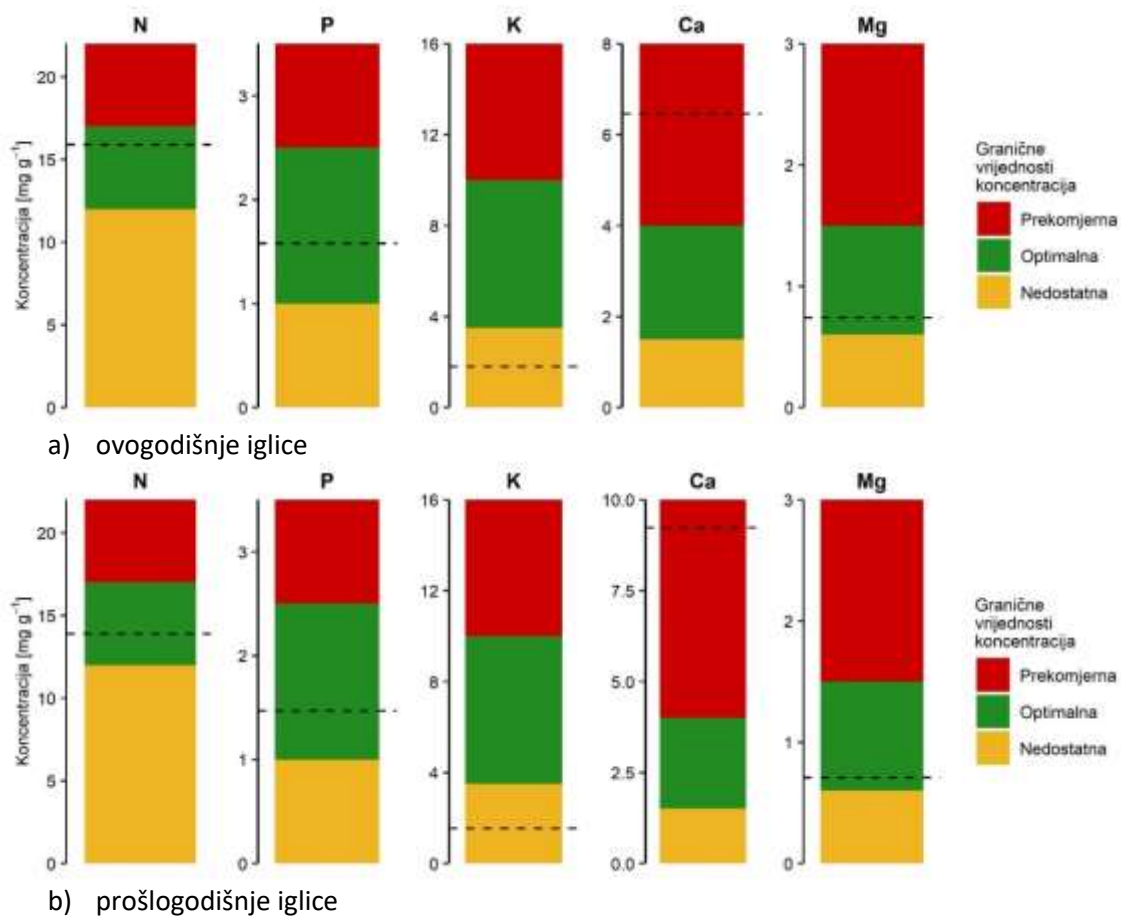
Slika 3.3.5. Koncentracija biogenih elemenata u lišću **hrasta medunca** na plohi **108** (Poreč)



Slika 3.3.6. Koncentracija biogenih elemenata u lišću **hrasta lužnjaka** na plohi **109** (Vrbanja)



Slika 3.3.7. Koncentracija biogenih elemenata u lišću **hrasta lužnjaka** na plohi **110** (Lugovi)

Slika 3.3.8. Koncentracija biogenih elemenata u iglicama **alepskog bora** na plohi **111** (Vrana)

3.4. Rast i prirast stabala

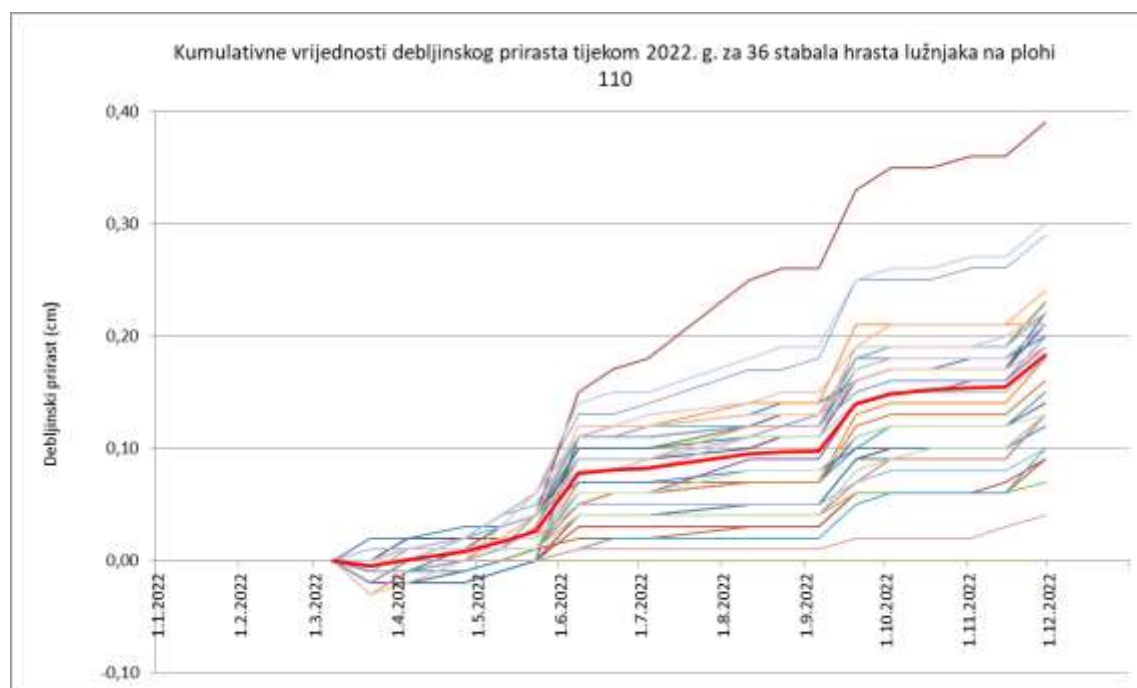
Radovi iz domene rasta i prirasta tijekom 2022. godine obavljani su na 5 Level II ploha. Na plohi Jastrebarski lugovi (110) jedanaestu godinu za redom nastavljeno je s praćenjem rasta stabala hrasta lužnjaka očitavanjima prsnog promjera s dendrometarskih traka. Na plohama Sljeme (103), Lividraga (106), Vrbanja (109) i Poreč (108) očitavanja dendrometarskih traka vršila su se dvaput mjesečno tijekom vegetacijskog razdoblja.

Na plohi Vrana (111) zbog nedostatka sredstava za odlaske na terensko prikupljanje podataka, nije vršeno očitavanje dendrometarskih traka.

Uredskim radom tijekom 2022. godine obrađivani su prikupljeni podaci s dendrometerskih traka iz 2022. g. te je izvršeno i slanje tih podataka u propisanim obrascima u europsku ICP bazu podataka.

Slijede tabelarni prikazi očitanih podataka s dendrometerskih traka i grafički prikazi debljinskog prirasta, za svih 5 ploha na kojima je bilo očitavanja debljinskog prirasta.

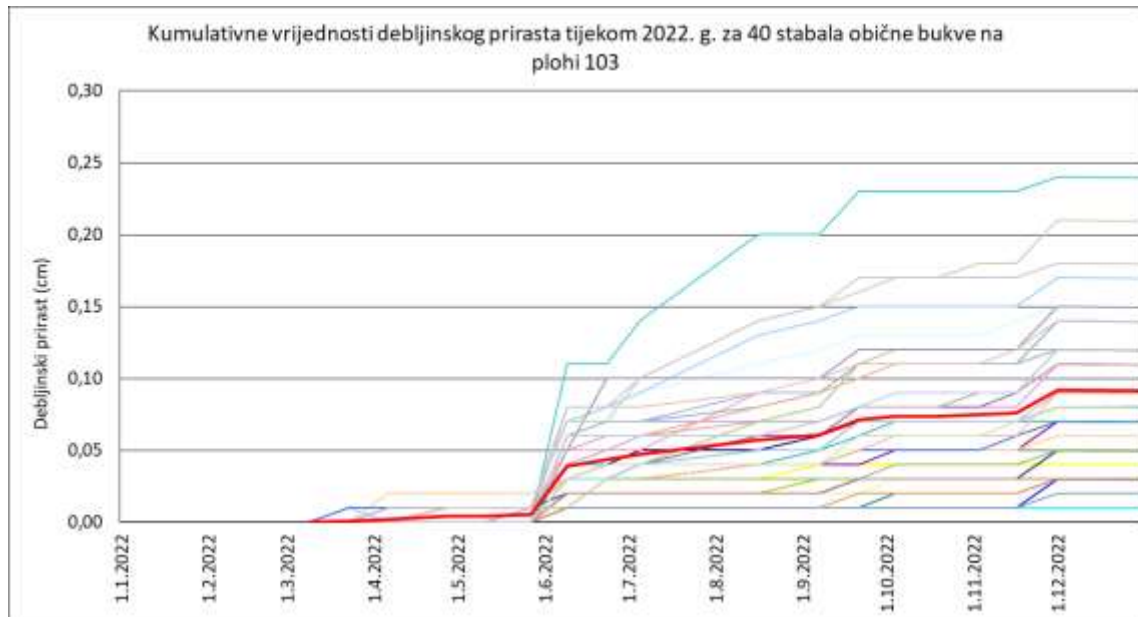
Na plohi Jastrebarski lugovi očitavanja su vršena svaka dva tjedna tijekom vegetacijskog razdoblja, na ukupno 36 stabala. Tijekom godine izvršeno je ukupno 18 očitavanja, prvo 8. ožujka, a posljednje 30. studenoga (Tablica 3.4.1.).



Slika 3.4.1. Kretanje kumulativnih vrijednosti debljinskog prirasta za 36 lužnjakovih stabala na plohi Jastrebarski lugovi (110) tijekom 2022. godine.

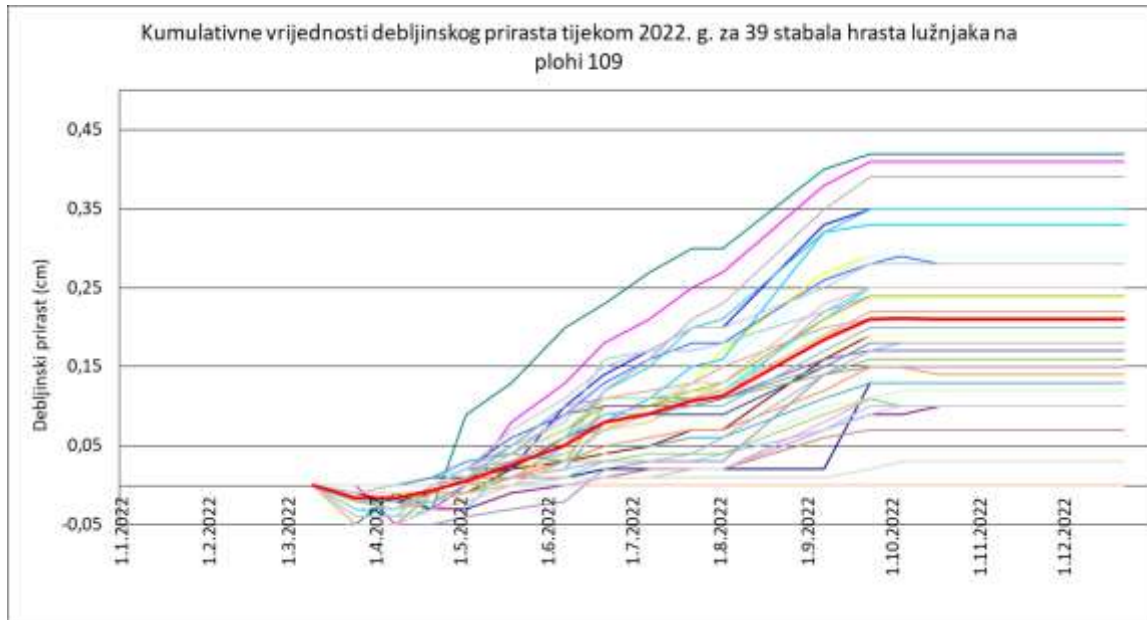
cm (stablo 51). Najmanja vrijednost debljinskog prirasta zabilježena je na stablu 8 (0,01 cm).

Prosječan godišnji debljinski prirast svih praćenih stabala iznosio je u 2022. godini 0,092 cm (Slika 3.4.2.), što je značajno manje nego prethodne godine (0,235 cm).



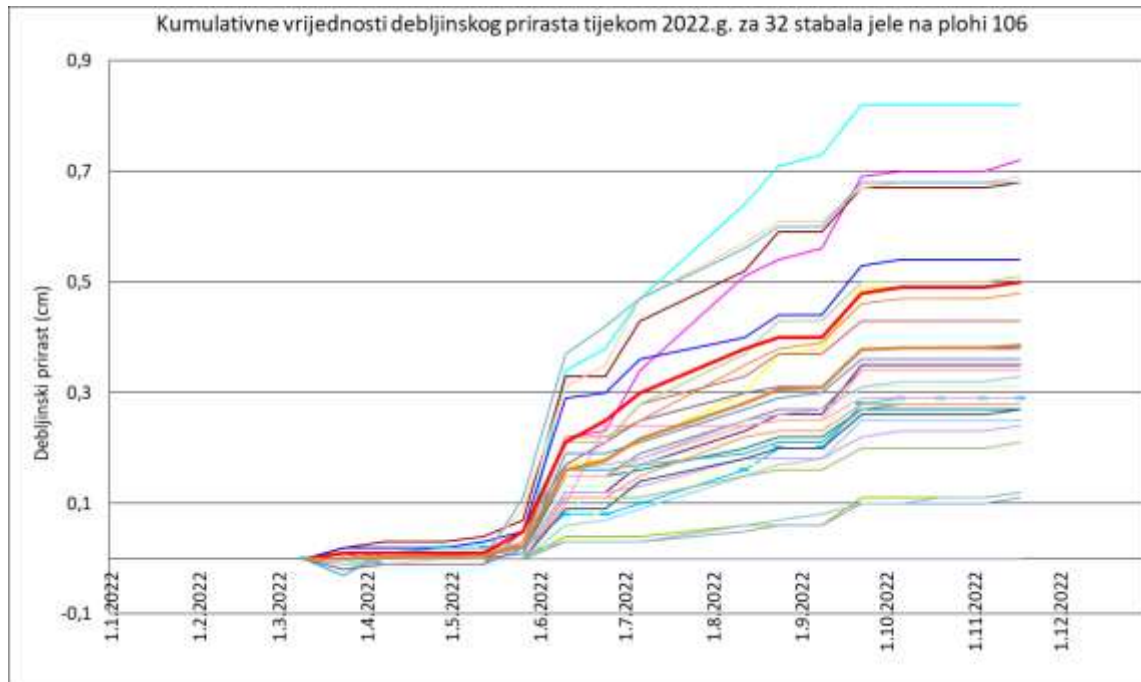
Slika 3.4.2. Kretanje kumulativnih vrijednosti debljinskog prirasta za 40 stabala obične bukve na plohi Sljeme (103)

Na plohi Vrbanja očitavanja dendrometarskih traka na 39 stabala hrasta lužnjaka obavljena su u mjesečnim razmacima u ukupno 19 termina tijekom godine. Kao početak prirašćivanja u 2022. g. može se smatrati sredina mjeseca travnja.



Slika 3.4.3. Kretanje kumulativnih vrijednosti debljinskog prirasta za 39 stabala hrasta lužnjaka na plohi Vrbanja (109)

Stabla obične jele s plohe Lividraga na kojima su postavljene dendrometerske trake, tijekom 2022. g. imala su debljinski prirast do 0,82 cm. Prosječan godišnji debljinski prirast svih praćenih stabala iznosio je u 2022. godini 0,386 cm, nešto više nego 2021.g. (0,372 cm).



Slika 3.4.4. Kretanje kumulativnih vrijednosti debljinskog prirasta za 32 stabla obične jele na plohi Lividraga

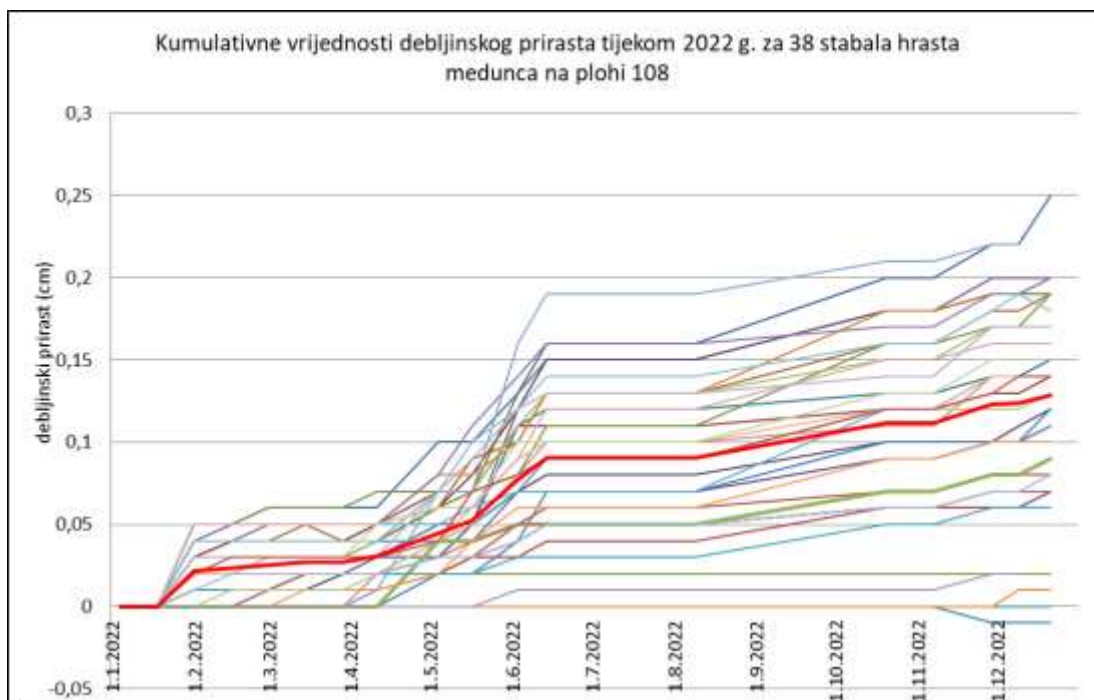
Tablica 3.4.4. Podaci očitavanja dendrometarskih traka na plohi Lividraga 2022. godine

Broj stabla	Datum očitavanja - očitani prsni promjeri u cm																
	10.3.	24.3.	7.4.	28.4.	12.5.	26.5.	10.6.	24.6.	6.7.	12.8.	24.8.	8.9.	22.9.	6.10.	20.10.	4.11.	1.12.
6	72,03	72,03	72,04	72,04	72,04	72,05	72,25	72,26	72,37	72,54	72,57	72,59	72,72	72,73	72,73	72,73	72,75
16	89,19	89,19	89,20	89,20	89,20	89,20	89,36	89,37	89,40	89,49	89,56	89,57	89,68	89,68	89,68	89,68	89,69
34	62,44	62,42	62,44	62,44	62,44	62,44	62,78	62,82	62,91	63,08	63,15	63,17	63,26	63,26	63,26	63,26	63,26
40	61,74	61,74	61,74	61,74	61,74	61,75	61,86	61,86	61,91	61,97	62,00	62,00	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09
54	47,85	47,87	47,88	47,88	47,88	47,89	47,92	48,18	48,18	48,28	48,37	48,44	48,44	48,52	48,52	48,52	48,53
57	56,67	56,67	56,67	56,67	56,67	56,68	56,82	56,82	56,83	56,87	56,89	56,89	56,94	56,94	56,94	56,94	56,94
62	34,31	34,33	34,33	34,33	34,34	34,36	34,60	34,61	34,67	34,71	34,75	34,75	34,84	34,85	34,85	34,85	34,85
64	77,30	77,30	77,31	77,32	77,32	77,32	77,38	77,38	77,40	77,46	77,50	77,50	77,58	77,59	77,59	77,59	77,59
81	67,76	67,76	67,74	67,74	67,74	67,78	67,82	67,94	67,98	68,03	68,05	68,06	68,16	68,16	68,16	68,16	68,16
95	72,02	72,02	72,03	72,03	72,03	72,03	72,15	72,15	72,19	72,24	72,25	72,25	72,33	72,33	72,33	72,33	72,33
100	46,10	46,10	46,10	46,10	46,10	46,10	46,15	46,19	46,23	46,27	46,27	46,27	46,35	46,35	46,35	46,35	46,35
105	67,04	67,04	67,04	67,04	67,04	67,04	67,10	67,11	67,13	67,19	67,21	67,22	67,29	67,29	67,29	67,29	67,29
107	38,69	38,69	38,69	38,69	38,69	38,69	38,79	38,93	38,93	38,93	38,94	38,94	38,98	38,98	38,98	38,98	38,98
112	47,55	47,56	47,56	47,56	47,56	47,56	47,67	47,67	47,68	47,73	47,73	47,73	47,77	47,78	47,78	47,78	47,79
126	61,64	61,63	61,63	61,64	61,65	61,73	61,95	61,99	62,11	62,21	62,25	62,25	62,31	62,32	62,32	62,32	62,33
130	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,43	40,47	40,47	40,47	40,49	40,49	40,49	40,54	40,54	40,54	40,54	40,55
131	43,99	43,99	43,99	43,99	43,99	43,99	44,08	44,08	44,13	44,17	44,19	44,19	44,25	44,25	44,25	44,25	44,26
156	61,43	61,41	61,42	61,42	61,42	61,48	61,60	61,64	61,68	61,73	61,74	61,74	61,81	61,81	61,81	61,81	61,81
169	60,73	60,70	60,74	60,74	60,74	60,76	60,89	60,89	60,90	60,92	60,94	60,94	61,00	61,01	61,01	61,01	61,01
179	53,46	53,46	53,46	53,46	53,46	53,49	53,68	53,68	53,71	53,81	53,84	53,85	53,92	53,93	53,93	53,93	53,94
188	61,23	61,23	61,23	61,23	61,23	61,24	61,42	61,42	61,44	61,50	61,52	61,53	61,59	61,59	61,59	61,59	61,59
215	56,34	56,34	56,34	56,34	56,34	56,37	56,55	56,55	56,62	56,67	56,71	56,71	56,77	56,77	56,77	56,77	56,77
223	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,11	55,11	55,11	55,15	55,16	55,16	55,20	55,20	55,20	55,20	55,21
232	66,40	66,41	66,39	66,39	66,39	66,42	66,55	66,55	66,59	66,65	66,67	66,67	66,74	66,74	66,74	66,74	66,74
237	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	61,07	61,33	61,38	61,43	61,52	61,56	61,56	61,64	61,64	61,64	61,64	61,64
239	64,02	64,02	64,02	64,02	64,02	64,02	64,13	64,13	64,17	64,24	64,25	64,25	64,30	64,30	64,30	64,30	64,30
242	52,15	52,15	52,15	52,15	52,15	52,15	52,18	52,18	52,18	52,20	52,21	52,21	52,25	52,25	52,25	52,25	52,26
264	43,46	43,47	43,47	43,47	43,47	43,48	43,67	43,67	43,74	43,83	43,89	43,89	43,96	43,96	43,96	43,96	43,97
267	51,89	51,88	51,89	51,89	51,90	51,90	51,92	51,92	51,92	51,95	51,96	51,97	51,99	51,99	52,00	52,00	52,01
282	52,00	52,00	52,01	52,01	52,01	52,03	52,15	52,15	52,18	52,24	52,25	52,25	52,34	52,34	52,34	52,34	52,34
290	52,08	52,08	52,09	52,09	52,09	52,10	52,24	52,25	52,26	52,33	52,34	52,35	52,39	52,40	52,40	52,40	52,41
575	57,27	57,28	57,28	57,28	57,28	57,32	57,48	57,52	57,57	57,65	57,67	57,67	57,75	57,76	57,76	57,76	57,77

Na plohi Poreč očitavanja dendrometarskih traka na 38 stabala hrasta medunca obavljena su u dvotjednim razmacima u ukupno 20 termina. Kao početak prirašćivanja u 2022. g. može se smatrati početak travnja.

Stabla hrasta medunca s plohe Poreč na kojima su postavljene dendrometarske trake, tijekom 2022. g. imala su debljinski prirast do 0,25 cm. Prosječan godišnji debljinski prirast svih praćenih stabala iznosio je u 2022. godini 0,128 cm, nešto manje nego prethodne godine (0,192 cm).

Slika 3.4.5. Kretanje kumulativnih vrijednosti debljinskog prirasta za 38 stabala hrasta medunca na plohi Poreč



3.5. Atmosferska taloženja

Istraživanja atmosferskoga taloženja provede se kako bi se pratio utjecaj onečišćujućih tvari iz atmosfere na šumske ekosustave. Prikupljanje uzoraka atmosferskoga taloženja vršilo se na pet ICP ploha: Sljeme (P103, UŠP Zagreb), Lividraga (P106, UŠP Delnice), Poreč (P108, UŠP Buzet), Vrbanja (P109, UŠP Vinkovci) i Jastrebarski lugovi (Jaska, P110, UŠP Karlovac) tijekom 2022. godine.

Uzorkovanje atmosferskoga taloženja vršili su djelatnici HŠI-a svaka dva tjedna. Uzorci su prikupljeni na način da su se uzimali uzorci u šumi, pod krošnjama iz devet kišomjera (metoda prokapljivanjem, Slika 3.5.1.) te na čistini, blizu šume, iz tri kišomjera (mokro taloženje).



Slika 3.5.1. Određivanje volumena prikupljene kiše u šumi (prokapljivanje, THR) na plohi 108, Poreč

Prikupljanje i analize uzoraka rađene su u skladu s uputama i metodama međunarodnog programa ICP Forests-a za praćenja utjecaja atmosferskoga taloženja na šumski ekosustav (UN EC ICP Forests: Sampling and analysis of deposition i QA/QC in laboratory) i EU regulativama da bi se uočile godišnje vrijednosti unosa spojeva dušika i kiselih spojeva kako bi se procijenilo stanje šumskih ekosustava u RH.

U Tablicama 3.5.1. i 3.5.2. prikazani su godišnji prosjeci pH, provodljivosti, analiziranih iona i alkaliteta u šumi (THR) i na otvorenom (BOF). Na svim plohama možemo vidjeti da je pH na godišnjoj razini bio viši od 5,50, to jest viši od vrijednosti koju računamo kao pH „kisele kiše“.

Više vrijednosti ispitivanih iona se uglavnom su prisutne u šumi (Tablica 3.5.1.) što je i za očekivati budući da krošnja zadržava ione koji se akumuliraju tijekom suhog razdoblja. Tijekom kišnih razdoblja, dolazi do ispiranja nakupljenih čestica što rezultira njihovim višim koncentracijama u uzorcima prikupljenim u šumi. Također, više su

koncentracije pojedinih aniona i kationa u THR uzorcima u usporedbi s BOF uzorcima. Najviše koncentracije kationa utvrđene su za ione kalcija i magnezija na svim ploham. Od aniona, najviše koncentracije utvrđene su za ione klora i sumpora. Zbog prisutnosti većih koncentracija iona u THR uzorcima, izmjerene vrijednosti vodljivosti i alkaliteta bile su veće u usporedbi s BOF uzorcima.

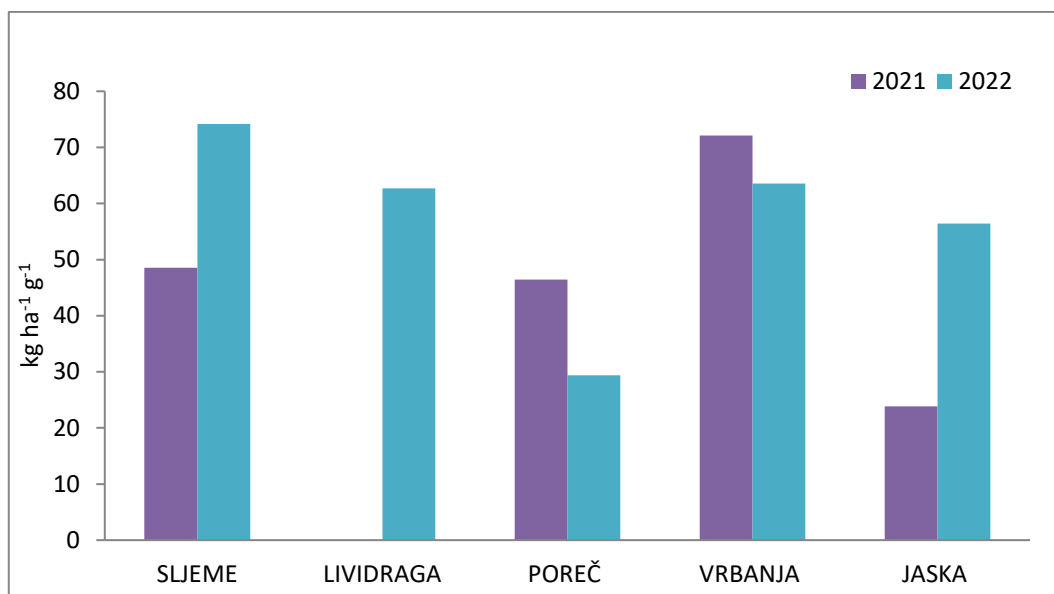
Tablica 3.5.1. Prosječne vrijednosti pH, provodljivosti, iona i alkaliteta na ispitivanim ploham u šumi (THR)

Ime plohe	Kod	pH	C20°C μS cm ⁻¹	Ca mg L ⁻¹	Mg mg L ⁻¹	Na mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	N- NH ₄ mg L ⁻¹	SO ₄ mg L ⁻¹	N- NO ₃ mg L ⁻¹	Cl mg L ⁻¹	T. Alk. meq L ⁻¹
Sljeme	P103	5.76	30.48	2.64	3.15	0.96	1.14	0.58	1.30	0.52	2.61	0.04
Lividraga	P106	5.71	30.95	3.12	4.62	0.80	1.53	0.52	2.27	0.39	1.76	0.04
Poreč	P108	6.13	48.66	6.16	5.00	1.04	1.78	0.83	2.56	0.36	1.70	0.08
Vrbanja	P109	6.09	51.90	6.45	5.25	1.17	0.79	1.57	0.78	0.32	3.38	0.09
Jaska	P110	5.90	34.89	3.50	4.10	1.00	1.15	1.34	1.65	0.27	1.61	0.06

Tablica 3.5.2. Prosječne vrijednosti pH, provodljivosti, iona i alkaliteta na ispitivanim ploham na otvorenom (BOF)

Ime plohe	Kod	pH	C20°C μS cm ⁻¹	Ca mg L ⁻¹	Mg mg L ⁻¹	Na mg L ⁻¹	K mg L ⁻¹	N- NH ₄ mg L ⁻¹	SO ₄ mg L ⁻¹	N- NO ₃ mg L ⁻¹	Cl mg L ⁻¹	T. Alk. meq L ⁻¹
Sljeme	P103	5.91	21.75	1.36	3.86	0.88	1.07	0.44	1.01	0.40	1.62	0.03
Lividraga	P106	5.71	20.14	1.38	3.54	0.61	1.28	1.06	1.72	0.29	1.36	0.02
Poreč	P108	6.14	30.47	2.04	5.90	0.91	1.68	0.40	2.70	0.49	1.74	0.04
Vrbanja	P109	5.90	24.12	2.50	4.65	0.85	0.83	1.27	1.43	0.30	3.17	0.04
Jaska	P110	6.03	21.97	1.71	3.63	0.89	1.12	0.74	1.66	0.26	1.78	0.04

Usporedba taloženja dušikovih spojeva u šumi za godine 2021. i 2022. prikazana su na Slici 3.5.3. Niže vrijednosti taloženja dušika utvrđena su na svim ploham u 2022. godini izuzev na plohi Jaska (Slika 3.5.2.). Na ploham Sljeme i Jaska (Slika 3.5.3.) utvrđene su više vrijednosti kiselih spojeva u 2022. u odnosu na 2021. godinu.



Slika 3.5.2. Usporedba taloženja dušikovitih spojeva u šumi (THR) na plohama Sljeme, Poreč, Vrbanja i Jaska za godine 2021. i 2022.



Slika 3.5.3. Usporedba taloženja kiselih spojeva u šumi (THR) na plohama Sljeme, Poreč, Vrbanja i Jaska za godine 2021. i 2022.

Utvrđena i empirijska kritična opterećenja taloženja dušikovitih spojeva prikazana su u Tablici 3.5.3. Granične vrijednosti kritičnih opterećenja za listopadne šume iznose od 15 - 20 kg N ha⁻¹ g⁻¹ a za četinjače 5 - 15 kg N ha⁻¹ g⁻¹ (Bobbink i Hettelingh, 2011.).

Utvrđene vrijednosti na svim ispitivanim ploham ne prelaze empirijska opterećenja dušikom.

Na ploham Vrbanja i Jaska utvrđene su povišene količine dušikovih spojeva (13 i 14 kg N ha⁻¹ g⁻¹), iako nije pređena granica empirijskog opterećenja od 15 kg N ha⁻¹ g⁻¹.

Tablica 3.5.3. Trenutna (DEP_N) i empirijska kritična opterećenja (CL) dušikom, prema EUNIS kategorijama*

Ime plohe	Vrsta	EUNIS kategorija	DEP_N, kg N ha ⁻¹ g ⁻¹	CL_N, kg N ha ⁻¹ g ⁻¹
Sljeme	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Picea abies</i>	Mixed <i>Abies-Picea Fagus</i> woodland	12	10-20
Lividraga	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Picea abies</i>	Mixed <i>Abies-Picea Fagus</i> woodland	12	10-20
Poreč	<i>Quercus pubescens</i>	Mesotrophic and eutrophic <i>Quercus</i> woodland	7	15-20
Vrbanja	<i>Quercus robur</i>	Acidophilous <i>Quercus</i> -dominated woodland	13	10-15
Jaska	<i>Quercus robur</i>	Acidophilous <i>Quercus</i> -dominated woodland	14	10-15

*Bobbink i Hettelingh, 2011.

S obzirom da su vrijednosti dušikovih spojeva ponovo porasle i približile se graničnim opterećenjima dušikom, predlaže se nastavak praćenja atmosferskoga taloženja kako bi se pratila emisija kiselih spojeva i njihov utjecaj na šumske ekosustave.

3.6. Fenologija

Fenološka motrenja u okviru projekta ICP Forests u Hrvatskoj provode se na plohama intenzivnog motrenja 103 (Sljeme), 108 (Poreč), 109 (Vrbanja) i 110 (Jastrebarski lugovi).

Ploha 103	Datum					
	27. 4. 2022.	11. 05. 2022.	9. 6. 2022.	4. 10. 2022.	19. 10. 2022.	3. 11. 2022.
M1	1	4	5	2	3	5
M2	2	3	5	2	3	5
M3	1	2	5	2	2	5
M4	-	2	5	2	3	5
M5	1	3	5	3	4	5
M6	1	3	5	2	4	5
M7	1	4	5	2	3	5
M8	2	3	5	2	4	5
M9	1	3	5	2	3	5
M10	1	3	5	1	2	5
M11	1	4	5	2	2	5
M12	2	3	5	2	4	5
M13	-	2	5	2	4	5
M14	1	3	5	3	4	5
M15	1	4	5	3	4	5

Slika 3.6.1. Razvoj fenoloških faza listanja (nijanse zelene boje), promjene boje (nijanse crvene boje) i opadanja lišća (nijanse smeđe boje) na plohi 103 u 2022. godini. Kategorije 1-5 predstavljaju stupanj razvoja pojedine fenofaze: 1 - <1% krošnje, 2 – 1-33%, 3 – 34-66%, 4 – 67-99%, 5 – 100%.

Ploha 108	Datum				
	04. 05. 2022.	07. 11. 2022.	29. 11. 2022.	09. 12. 2022.	21. 12. 2022.
M1 (264)	5	5	3	4	5
M2 (265)	5	5	1	3	4
M3 (272)	5	5	3	3	3
M4 (211)	5	5	1	2	5
M5 (92)	5	5	5	5	2
M6 (109)	5	5	1	2	5
M7 (216)	5	5	5	5	3
M8 (231)	5	5	3	4	2
M9 (237)	5	5	5	5	4
M10 (160)	5	5	4	4	4
M11 (183)	5	5	3	4	5
M12 (163)	-	-	-	-	-
M13 (156)	5	5	2	3	3
M14 (113)	5	5	2	2	2
M15 (119)	5	5	3	4	5

Slika 3.6.2. Razvoj fenoloških faza listanja (nijanse zelene boje), promjene boje (nijanse crvene boje) i opadanja lišća (nijanse smeđe boje) na plohi 108 u 2022. godini. Kategorije 1-5 predstavljaju stupanj razvoja pojedine fenofaze: 1 - <1% krošnje, 2 – 1-33%, 3 – 34-66%, 4 – 67-99%, 5 – 100%

Ploha 109	Datum											
	21.4. 2022.	3.5. 2022.	19.5. 2022.	7.7. 2022.	22.7. 2022.	23.9. 2022.	4.10. 2022.	18.10. 2022.	2.11. 2022.	14.11. 2022.	9.12. 2022.	
M1 (6)	-	2	5	5	5	2	3	3	4	4	5	
M2 (192)	-	3	5	5	5	2	2	3	4	5	5	
M3 (180)	-	3	5	5	5	2	3	3	4	5	5	
M4 (252)	-	1	5	5	5	3	4	4	5	5	5	
M5 (260)	-	2	5	5	5	3	4	4	4	5	5	
M6 (270)	-	2	5	5	5	2	3	3	4	5	5	
M7 (294)	-	3	5	5	5	1	3	3	4	4	5	
M8 (386)	-	3	5	5	5	1	3	3	4	4	5	
M9 (334)	-	4	5	5	5	2	3	4	4	4	5	
M10 (304)	-	4	5	5	5	1	3	3	4	5	5	
M11 (96)	-	2	5	5	5	1	4	4	4	4	5	
M12 (67)	-	3	5	5	5	1	3	3	4	5	5	
M13 (112)	2	4	5	4	5	1	3	3	4	5	5	
M14 (43)	-	3	5	5	5	-	2	2	3	4	5	
M15 (28)	-	3	5	5	5	-	2	2	4	5	5	

Slika 3.6.3. Razvoj fenoloških faza listanja (nijanse zelene boje), promjene boje (nijanse crvene boje) i opadanja lišća (nijanse smeđe boje) na plohi 109 u 2022. godini. Kategorije 1-5 predstavljaju stupanj razvoja pojedine fenofaze: 1 - <1% krošnje, 2 – 1-33%, 3 – 34-66%, 4 – 67-99%, 5 – 100%.

Ploha	Datum							
	26. 4. 2022.	10. 5. 2022.	23. 5. 2022.	8. 6. 2022.	18. 10. 2022.	2. 11. 2022.	15. 11. 2022.	30. 11. 2022.
M1	2	3	5	5	2	3	5	5
M2	2	4	5	5	2	2	4	5
M3	2	4	5	5	2	3	5	5
M4	2	4	5	5	2	5	5	5
M5	2	4	5	5	1	1	5	5
M6	1	4	4	5	1	2	5	5
M7	2	4	5	5	2	5	4	5
M8	1	3	5	5	2	4	5	5
M9	-	3	4	5	2	3	5	5
M10	1	4	5	5	1	5	4	5
M11	2	4	5	5	2	5	5	5
M12	1	3	5	5	2	5	4	5
M13	1	4	4	5	2	3	5	5
M14	1	4	5	5	2	2	5	5
M15	1	3	4	5	2	4	5	5

Slika 3.6.4. Razvoj fenoloških faza listanja (nijanse zelene boje), promjene boje (nijanse crvene boje) i opadanja lišća (nijanse smeđe boje) na plohi 110 u 2022. godini. Kategorije 1-5 predstavljaju stupanj razvoja pojedine fenofaze: 1 - <1% krošnje, 2 – 1-33%, 3 – 34-66%, 4 – 67-99%, 5 – 100%.

3.7. Otopina tla

Tijekom 2022. godine uzorkovanje se obavljalo mjesečno na pokusnim plohama: Sljeme (103), Jastrebarski lugovi (110) i Poreč (108). Na svakoj plohi postoje tri gravitacijska lizimetra, a na plohi Jastrebarski lugovi dodatno dva seta od po tri tlačna lizimetra na dubinama 30, 60 i 90 cm.

U Tablicama 3.7.1. i 3.7.2. prikazani su sumarni rezultati analize otopine tla s prosječnim godišnjim vrijednostima.

Tablica 3.7.1. Gravitacijski lizimetri

	pH	Alkalitet (meg/l)	c (μS cm^{-1})	Cl ⁻ (mg l^{-1})	N- NO ₃ (mg l^{-1})	PO ₄ (mg l^{-1})	S- SO ₄ (mg l^{-1})	Na ⁺ (mg l^{-1})	NH ₄ ⁺ (mg l^{-1})	K ⁺ (mg l^{-1})	Mg ²⁺ (mg l^{-1})	Ca ²⁺ (mg l^{-1})
Sljeme	5.63	0.02	34.89	2.25	1.22	0.12	2.82	1.43	0.19	1.88	1.00	4.24
Poreč	7.08	0.15	60.68	2.52	0.09	0.04	1.21	1.81	0.52	0.58	0.85	15.08
J. lugovi	5.13	0.02	28.85	1.46	0.16	0.06	5.94	3.12	0.17	0.45	1.11	3.45

Tablica 3.7.2. Tlačni lizimetri, ploha 110 Jastrebarski lugovi

	pH	Alkalitet (meg/l)	c (μS cm^{-1})	Cl ⁻ (mg l^{-1})	N- NO ₃ (mg l^{-1})	PO ₄ (mg l^{-1})	S- SO ₄ (mg l^{-1})	Na ⁺ (mg l^{-1})	NH ₄ ⁺ (mg l^{-1})	K ⁺ (mg l^{-1})	Mg ²⁺ (mg l^{-1})	Ca ²⁺ (mg l^{-1})
L30	5.31	0.02	26.35	1.36	0.15	0.07	5.16	2.57	0.18	0.58	1.14	3.38
L60	5.47	0.02	33.34	1.75	0.07	0.03	7.53	3.35	0.11	0.31	1.25	3.30
L90	5.74	0.03	36.04	1.75	0.07	0.05	8.29	4.58	0.12	0.41	1.30	3.38

U uzorcima s ploha Sljeme i Jastrebarski lugovi utvrđena je pretežno „kisela“ otopina tla (pH < 5,6). Raspon pH je na plohi Sljeme od 4,04 – 6,76, a na plohi Jastrebarski lugovi od 4,92 do 5,57. Na ICP plohi br. 108 Poreč utvrđen je pH u rasponu od 6,67 do 7,36 te svi uzorci otopine tla pripadaju u „neutralne“ (pH > 5,6). Na plohi Jastrebarski lugovi paralelno s gravitacijskim lizimetrima uzimali su se i uzorci iz tlačnih lizimetara. Utvrđen je raspon pH od 5,07 do 5,86 za dubinu 30 cm, 5,24 do 5,90 za dubinu 60 cm, te 4,84 do 6,84 za dubinu 90 cm.



Slika 3.7.1. Gravitacijski lizimetar na plohi 110 Jastrebarski lugovi



Slika 3.7.2. Set tlačnih lizimetara na plohi 110 Jastrebarski lugovi

3.8. Meteorološka mjerenja

U 2022. godini nastavljena su meteorološka mjerenja na istraživačkoj stanici za intenzivno praćenje tokova CO₂ između šume i atmosfere koja se nalazi 2900 m jugo-zapadno od ICP plohe intenzivnog motrenja 110 (g.j. „Jastrebarski lugovi“) u sastojini hrasta lužnjaka (Marjanović i dr. 2011). Stanica za praćenje kruženja ugljika postavljena je 2007. godine u okviru međunarodnog projekta Carbon-Pro te je nadograđena u 2011. godini (detaljnije u izvješćima za 2012. i 2013. g.). Navedena meteorološka postaja nalazi u okviru šumskog kompleksa Pokupskog bazena pa su meteorološke prilike i pripadajuća mjerenja reprezentativna za ICP plohu 110.

Krajem 2021. g. na stanici za praćenje kruženja ugljika u sklopu projekta Modeliranje šumskih zaliha i tokova ugljika te rizika prema budućim klimatskim scenarijima (MODFLUX) kojeg financira Hrvatska zaklada za znanosti obnovljeni su mjerni uređaji. Od uređaja relevantnih za praćenje i izvješćivanje u sklopu ICP-a postavljen je novi piranometar (mjerenje ukupnog sunčevog zračenja), osjetnik temperature i vlage zraka te osjetnik brzine i smjera vjetra. Uređaji su radili tijekom 2022. g. te su se mjerenja prikupljena u na njima koriste u ovom izvješću. Valja napomenuti da se troškovi nabave i postavljanja uređaja nisu prikazivani u sklopu troškova praćenja i izvješćivanja u sklopu ICP Forest jer bi to predstavljalo dvostruko financiranje koje nije dopušteno.

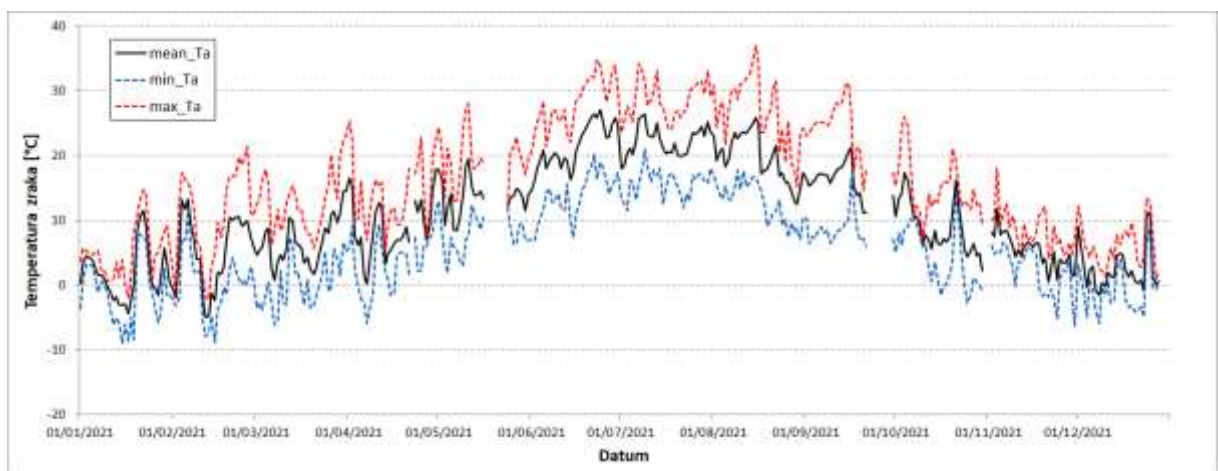
Krajem rujna 2022. g. dogodio se ispad rada kišomjera. Kišomjer je servisiran i pušten ponovno u pogon u studenom 2022. Trajanje ispada je od 24.9. – 25.11.2022. g. te je potrebna rekonstrukcija oborina u tom razdoblju.

Nakon zamjene vanjske meteorološke stanice u blizini ICP plohe intenzivnog motrenja 109 (Vrbanja) na čistini koja se nalazi u okviru odsjeka 93b g.j. „Vrbanjske šume“ (detaljnije u izvješćima za 2014. g. i 2015. g. te 2021. g.) praćenja su tijekom 2022.g. bila uredna i bez većih ispada. Tzv „unutarnja“ meteorološka stanica u Vrbanji, postavljena krajem 2017. godine je uredno radila te postoje izmjere sadržaja vode u tlu (WC [%]) i temperature tla u Vrbanji.

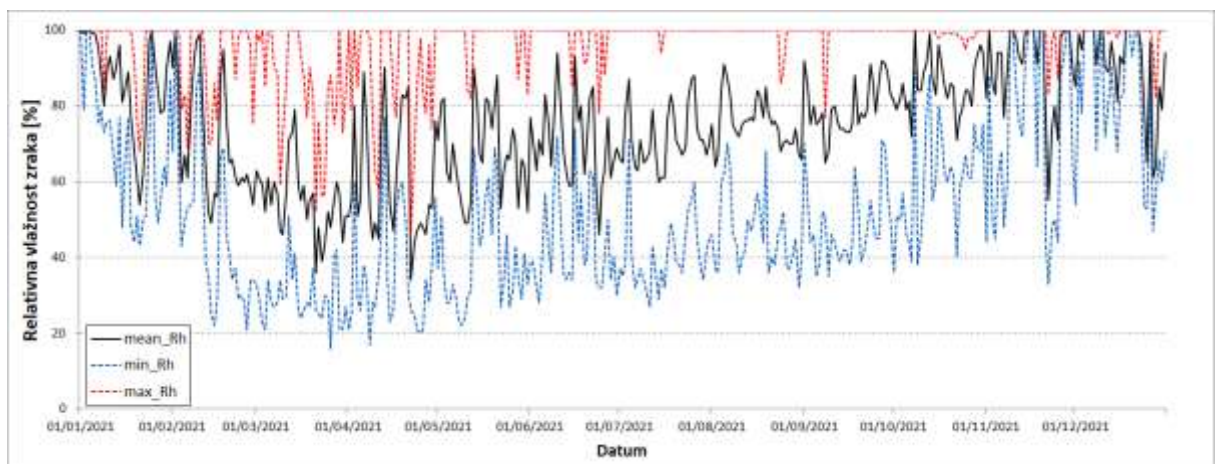
Tokom 2022. g. obrađeni su podaci meteoroloških mjerenja obavljenih tokom 2021. godine. Podaci svih obveznih (AT, RH, PR, WS, WD, SR) i nekih opcionalnih (ST, WC) meteoroloških varijabli, te popratni meta-podaci o plohi i senzoriga su pripremljeni u odgovarajuće datoteke (572021.MEM i 572021.PLM).

Validirani podaci izmjera meteoroloških elemenata za 2021. i preliminarni za 2022. godinu na plohi 109 i 110 prikazani su u nastavku.

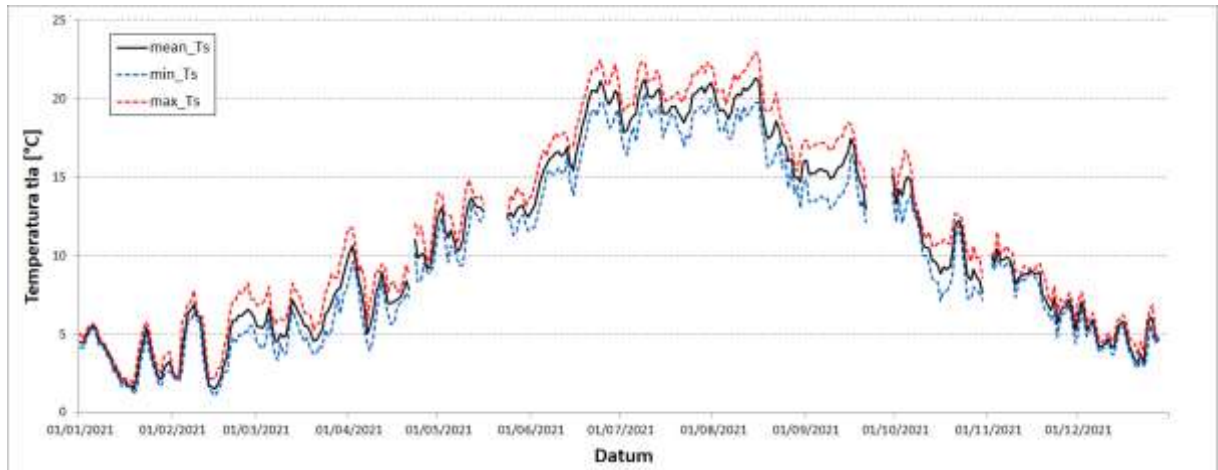
Validirani podaci za 2021. godinu – ploha 110



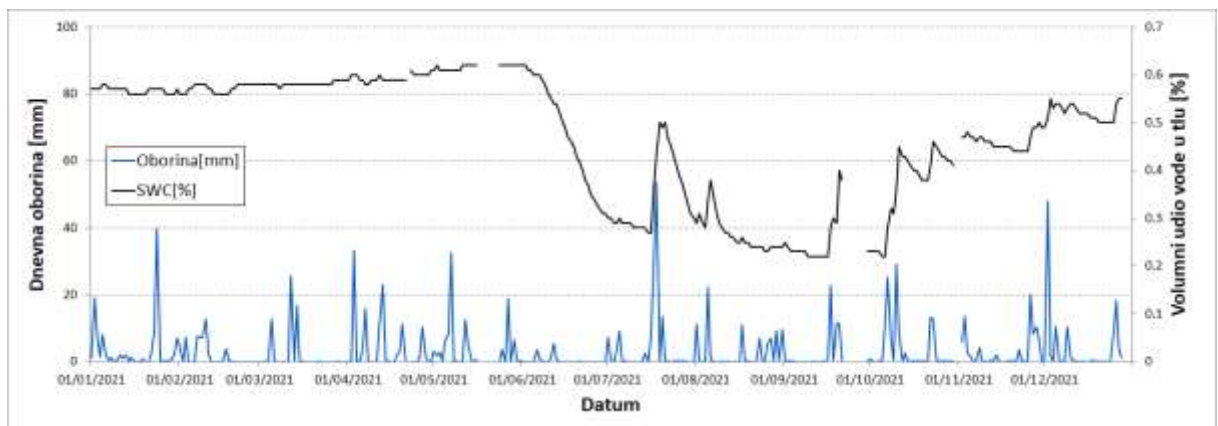
Slika 3.8.1. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura zraka za ICP plohu 110 tokom 2021. godine.



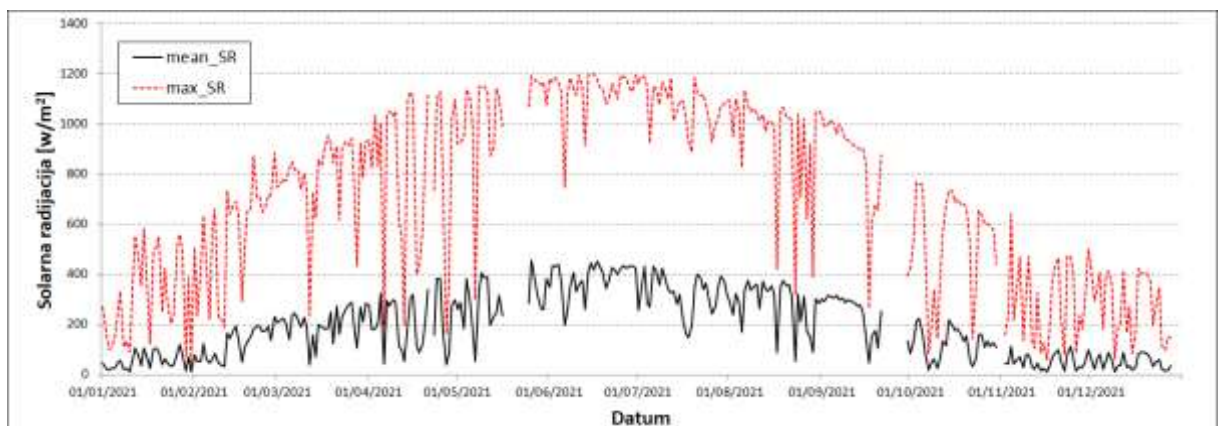
Slika 3.8.2. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) relativna vlažnost zraka za ICP plohu 110 tokom 2021. godine.



Slika 3.8.3. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura tla na 5 cm dubine za ICP plohu 110 tokom 2021. godine.



Slika 3.8.4. Volumni udio vode u tlu (desna os, crna puna linija) i ukupna dnevna oborina (lijeva os, plavi stupci) za ICP plohu 110 tokom 2021. g.

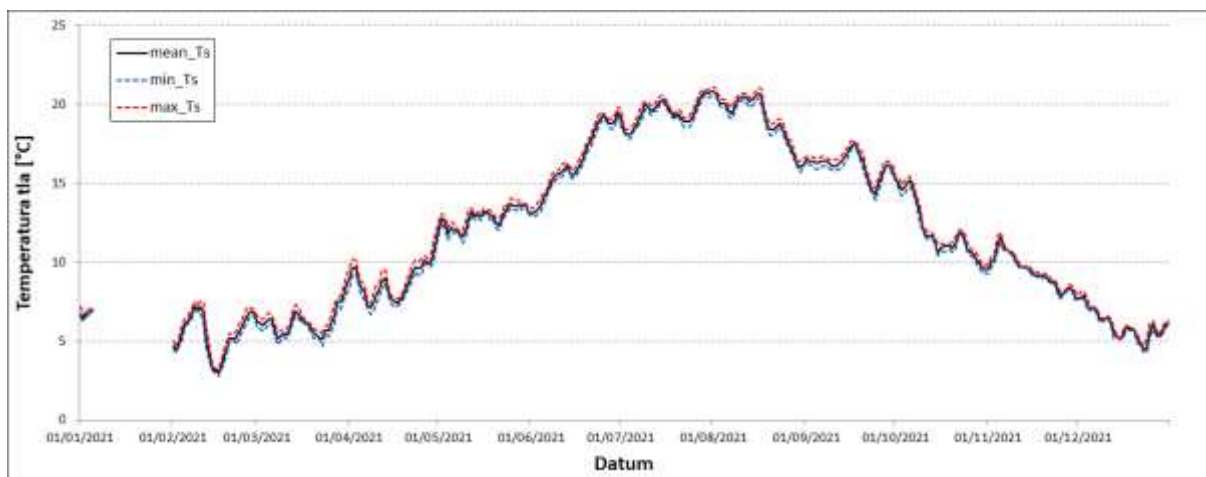


Slika 3.8.5. Srednje (crna puna linija) i maksimalno (isprekidana crvena linija) sunčevo zračenje za ICP plohu 110 tokom 2021.

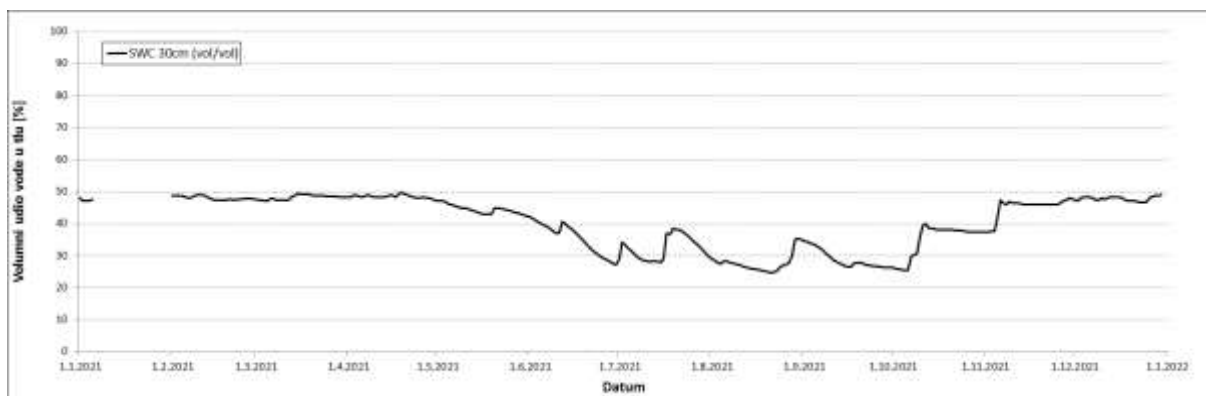


Slika 3.8.6. Srednja brzina vjetra po smjerovima (lijevo) i učestalost pojedinih smjerova vjetra (desno) za ICP plohu 110 tokom 2021. godine.

Validirani podaci za 2021. godinu - ploha 109:

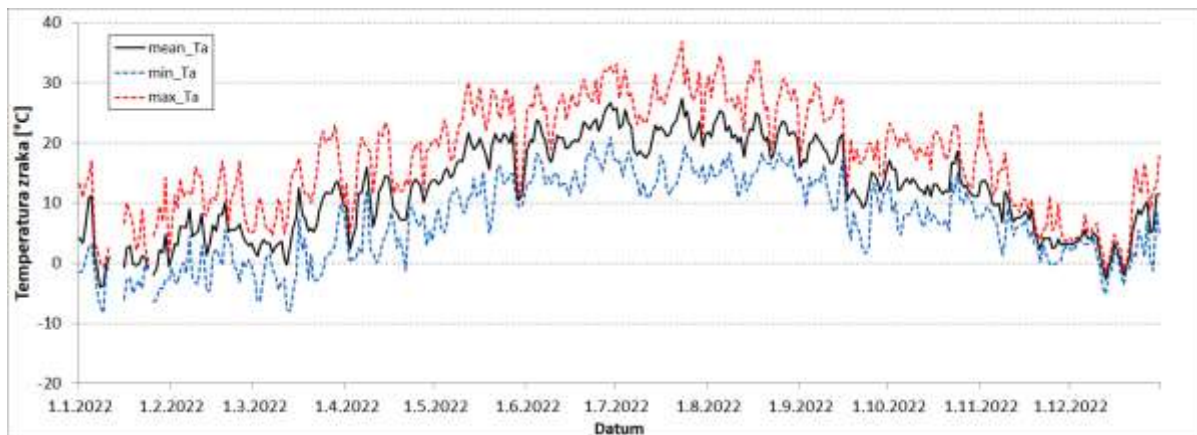


Slika 3.8.7. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura tla na 10 cm dubine za ICP plohu 109 tokom 2021. g.

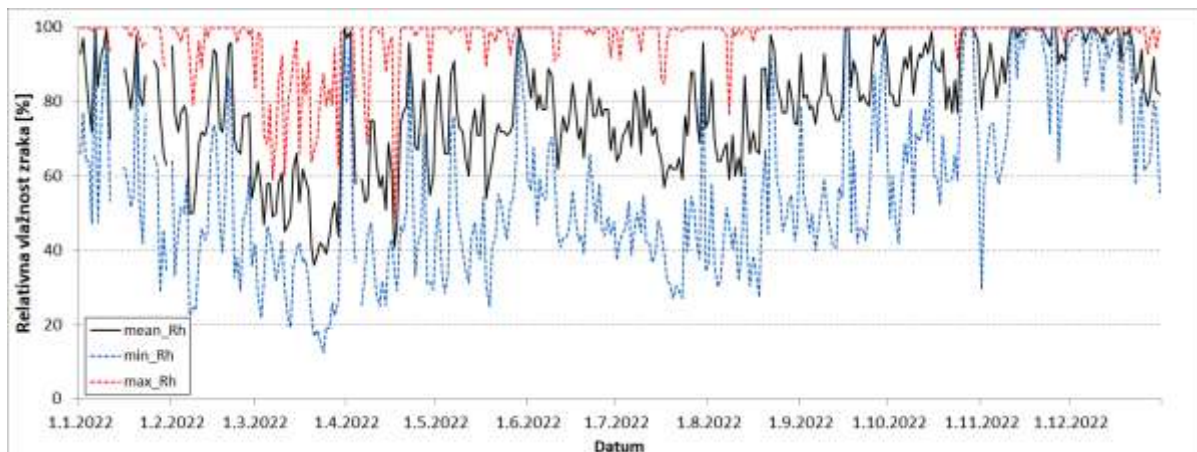


Slika 3.8.8. Volumni udio vode u tlu za ICP plohu 109 tokom 2021. godine.

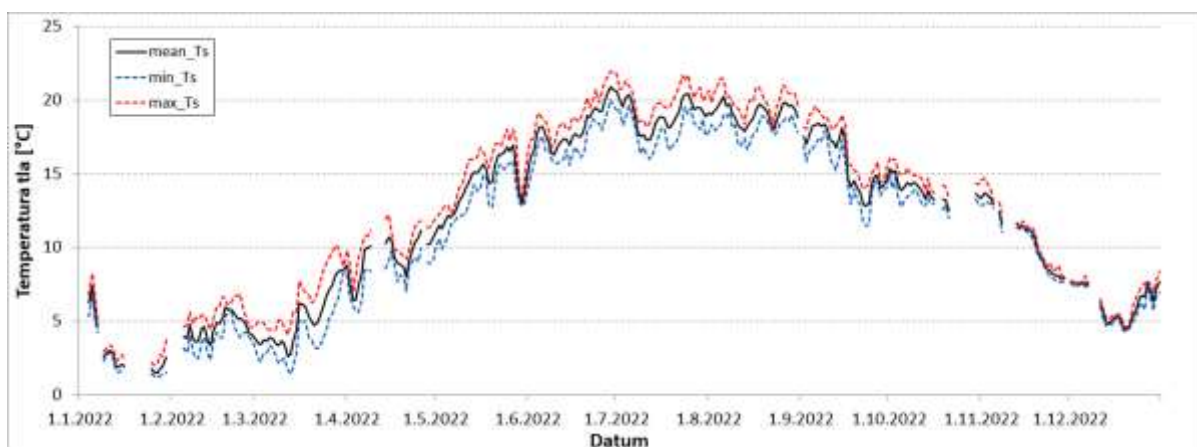
Preliminarni podaci za 2022. godinu – ploha 110



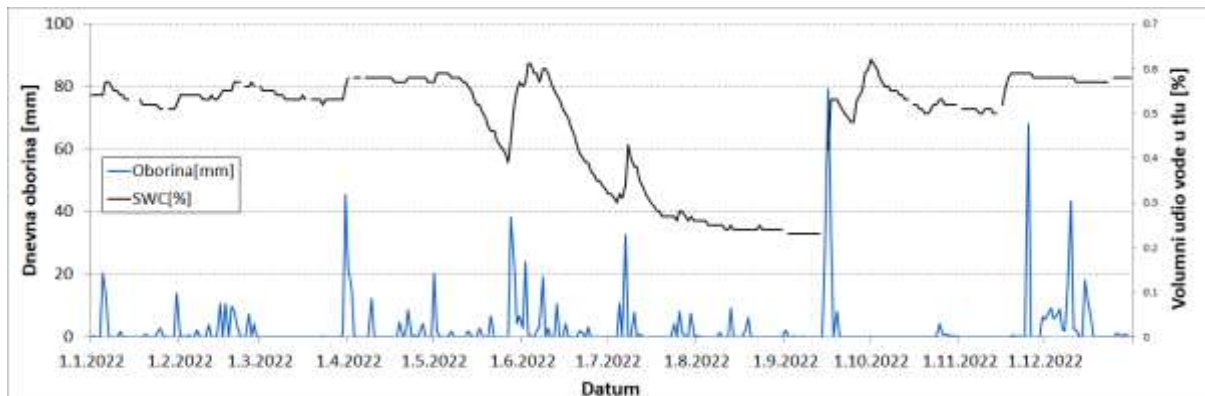
Slika 3.8.9. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura zraka za ICP plohu 110 tokom 2022. g.



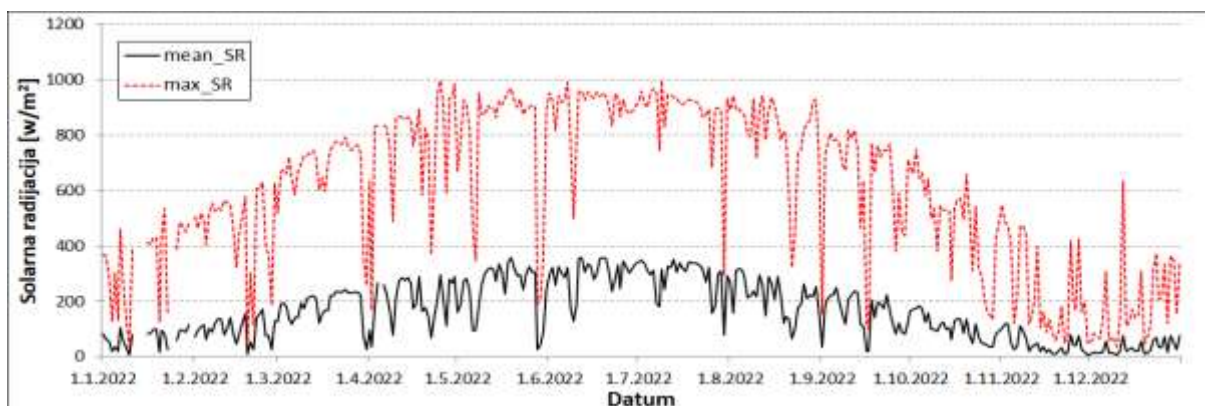
Slika 3.8.10. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) relativna vlažnost zraka za ICP plohu 110 tokom 2022. g.



Slika 3.8.11. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura tla na 5 cm dubine za ICP plohu 110 tokom 2022. g.



Slika 3.8.12. Volumni udio vode u tlu (desna os, crna puna linija) i ukupna dnevna oborina (lijeva os, plavi stupci) za ICP plohu 110 tokom 2022. g.

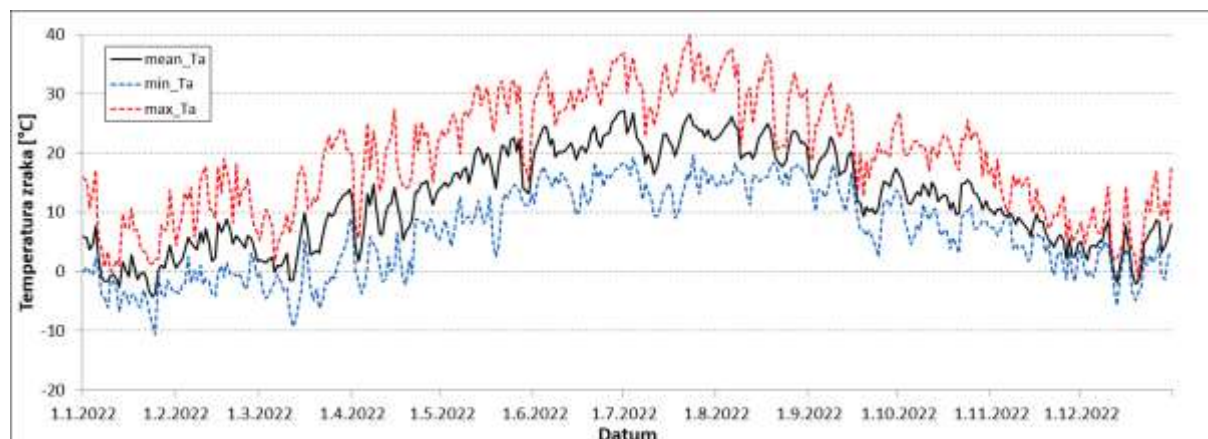


Slika 3.8.13. Srednje (crna puna linija) i maksimalno (isprekidana crvena linija) sunčevo zračenje za ICP plohu 110 tokom 2022. g.

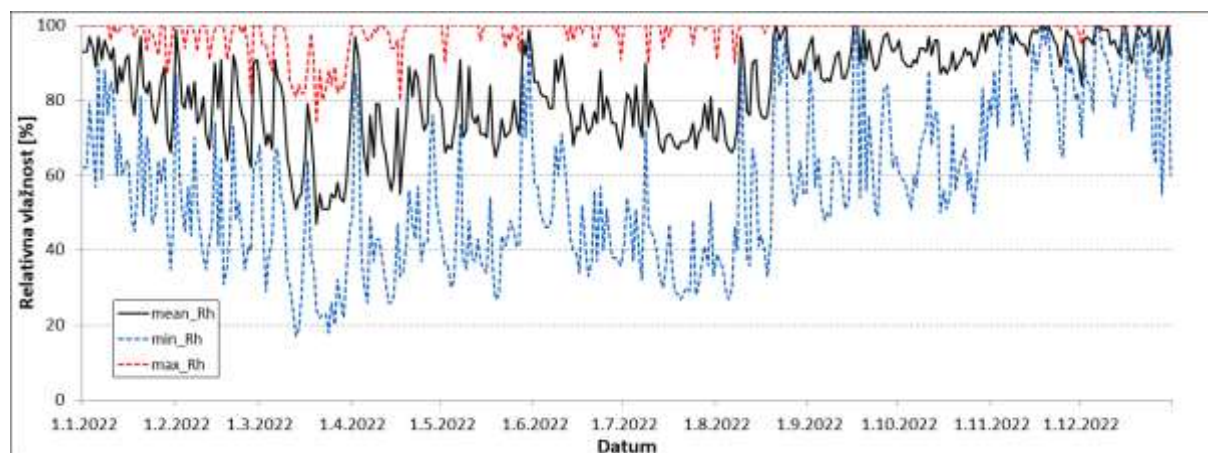


Slika 3.8.14. Srednja brzina vjetra po smjerovima (lijevo) i učestalost pojedinih smjerova vjetra (desno) za ICP plohu 110 tokom 2022. g.

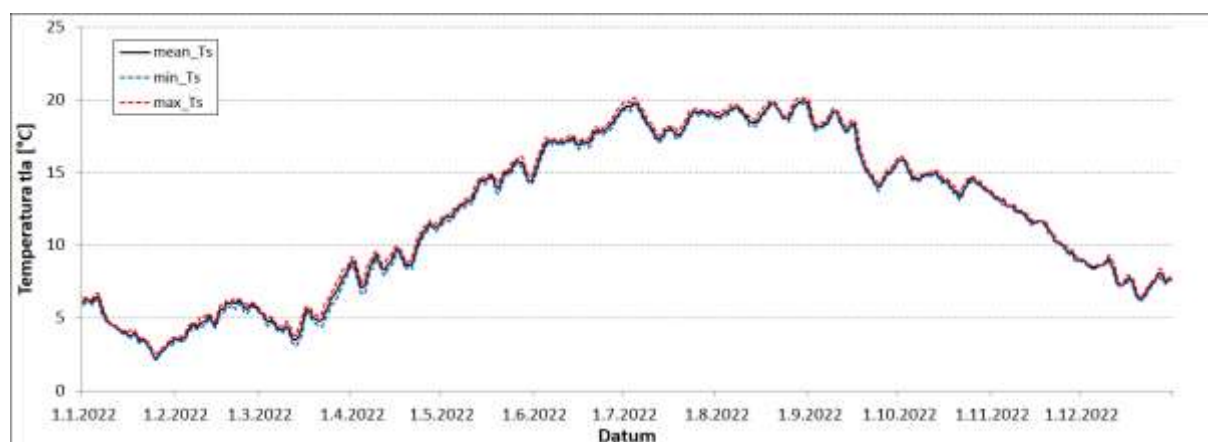
Preliminarni podaci za 2022. godinu – ploha 109



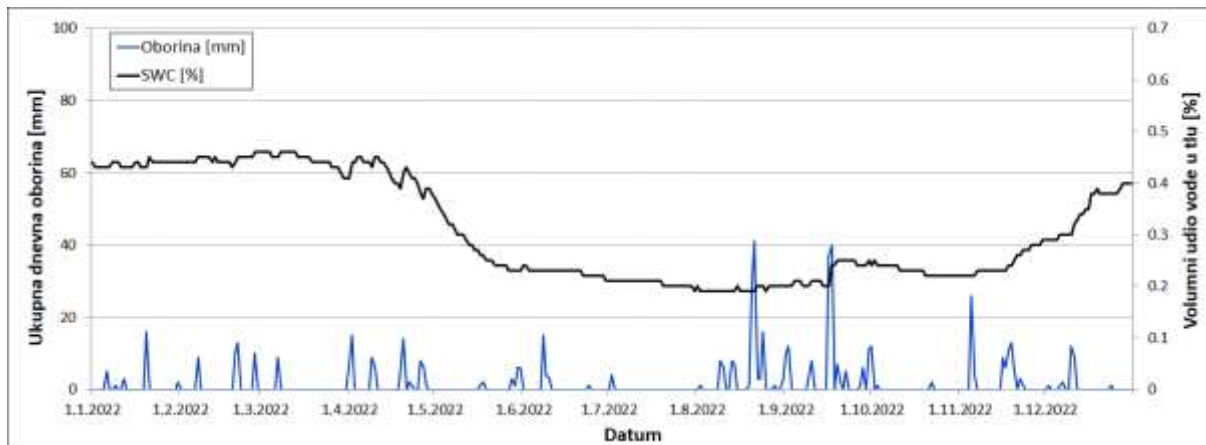
Slika 3.8.15. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura zraka za ICP plohu 109 tokom 2022. g.



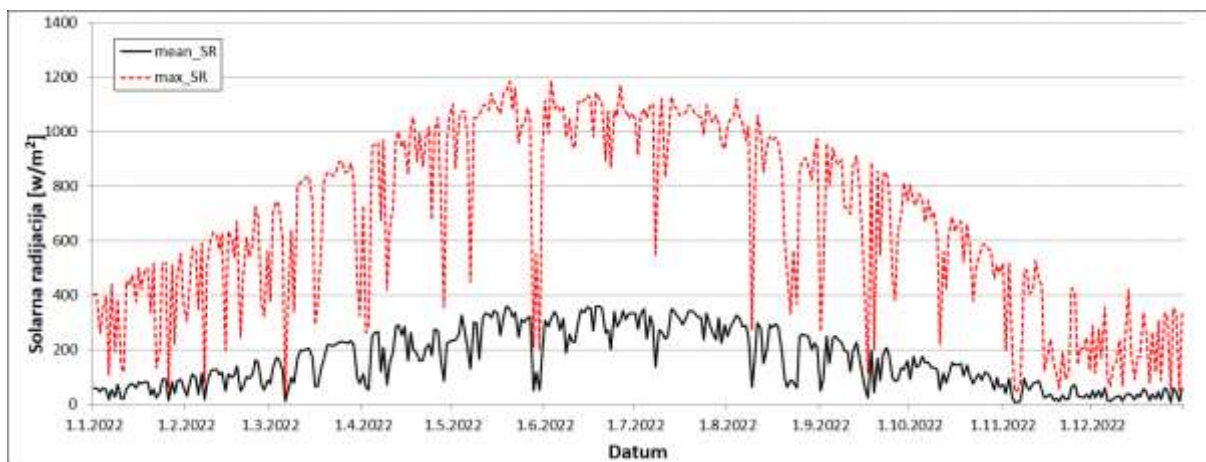
Slika 3.8.16. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) relativna vlažnost zraka za ICP plohu 109 tokom 2022. g.



Slika 3.8.17. Minimalna (isprekidana plava linija), srednja (crna puna linija) i maksimalna (isprekidana crvena linija) temperatura tla na 5 cm dubine za ICP plohu 110 tokom 2022. g.



Slika 3.8.18. Volumni udio vode u tlu (desna os, crna puna linija) i ukupna dnevna oborina (lijeva os, plavi stupci) za ICP pluhu 109 tokom 2022. g.



Slika 3.8.19. Srednje (crna puna linija) i maksimalno (isprekidana crvena linija) sunčevo zračenje za ICP pluhu 109 tokom 2022. g.



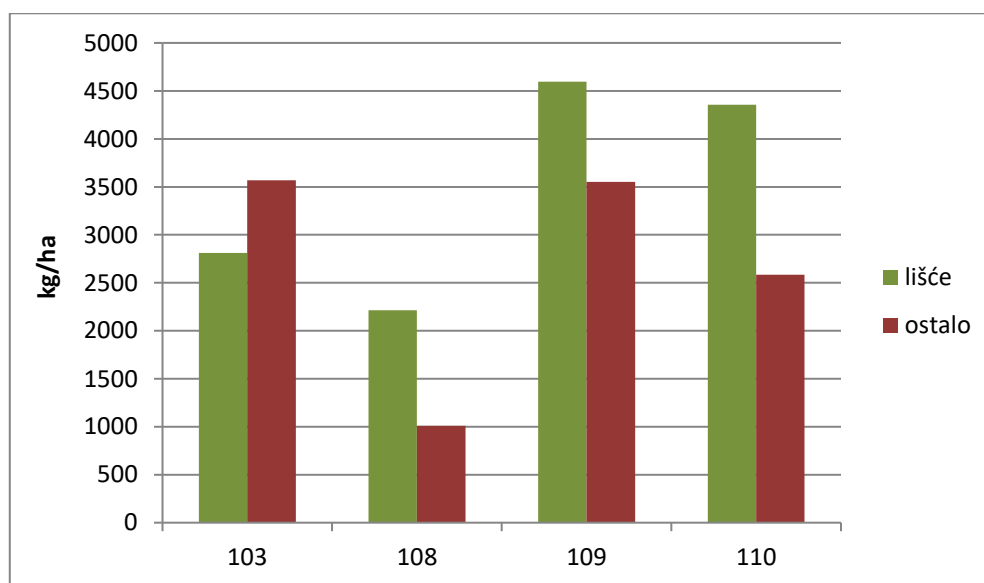
Slika 3.8.20. Srednja brzina vjetra po smjerovima (lijevo) i učestalost pojedinih smjerova vjetra (desno) za ICP pluhu 109 tokom 2022. g.

3.9. Otpad sa stabala

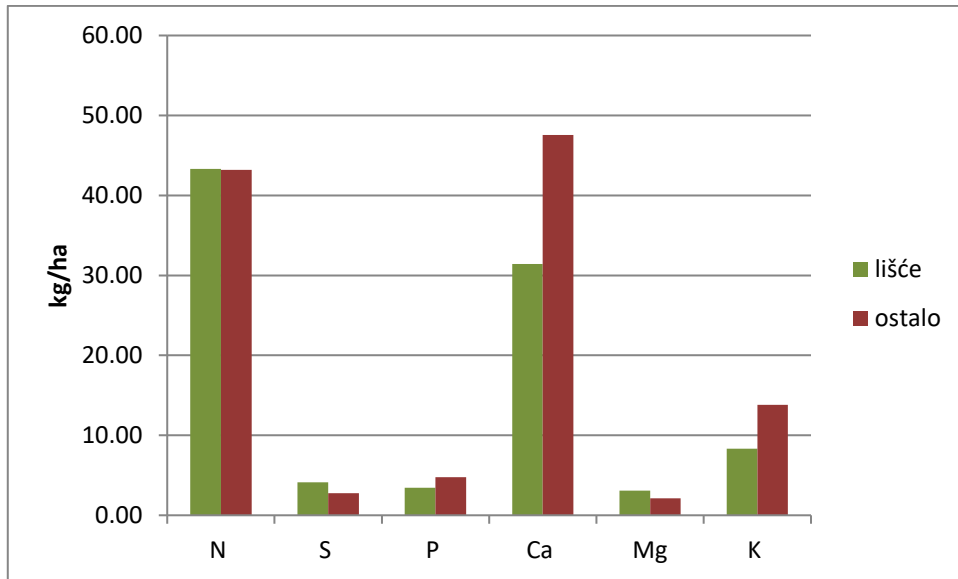
U 2022. godini otpad sa stabala prikupljao se na plohama 103 (Sljeme), 108 (Poreč), 109 (Vrbanja) i 110 (Jastrebarski lugovi). Otpad je nakon sakupljanja odvojen na dvije frakcije (lišće i ostalo), sušen, vagan i analiziran na sadržaj biogenih elemenata.

Tablica 3.9.1. Ploha intenzivnog motrenja na kojima je uzorkovan otpad sa stabala

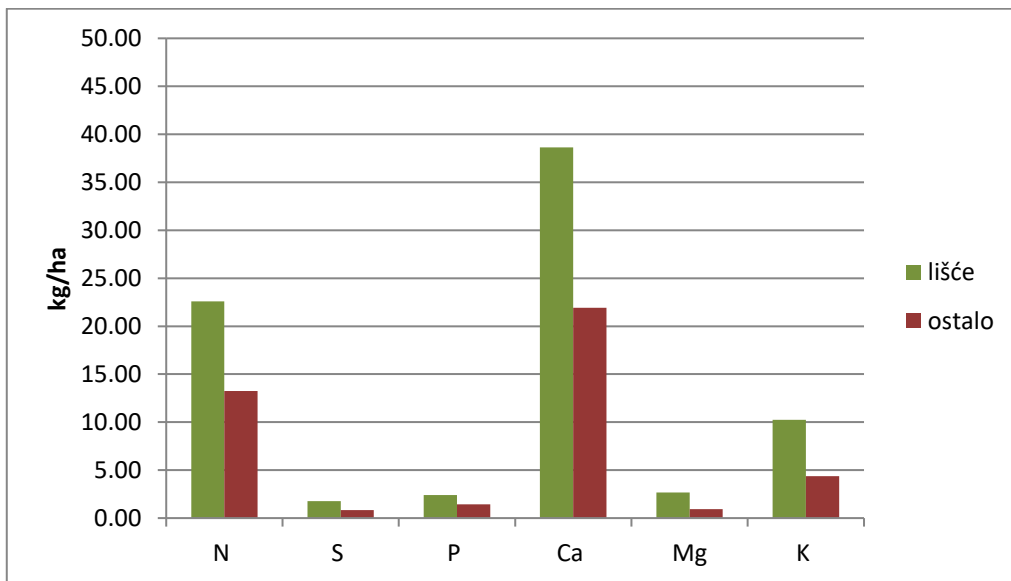
ploha	Zemlj. širina	Zemlj. duljina	Nadm. visina	Br. uzorkivača	Ukupna površina (m ²)	Datum početka	Datum kraja
103	455403	155722	20	15	3,75	260119	271219
108	451459	134354	5	15	3,75	150119	121219
109	450122	185538	3	15	3,75	150119	291119
110	453842	154134	3	20	5	240119	181219



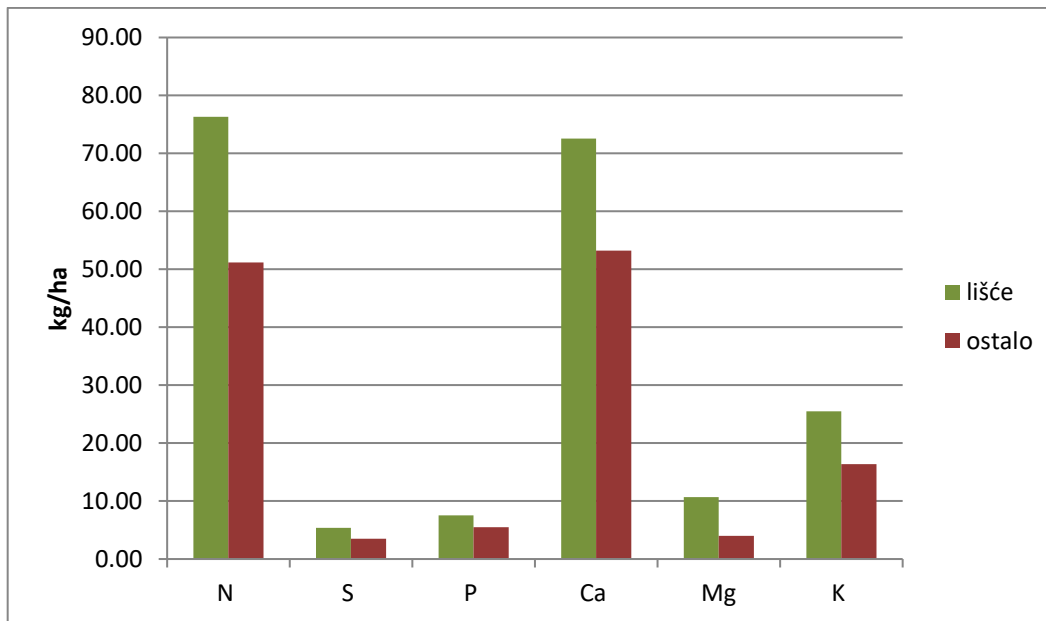
Slika 3.9.1. Ukupne godišnje količine otpada sa stabala prema frakcijama, po plohama



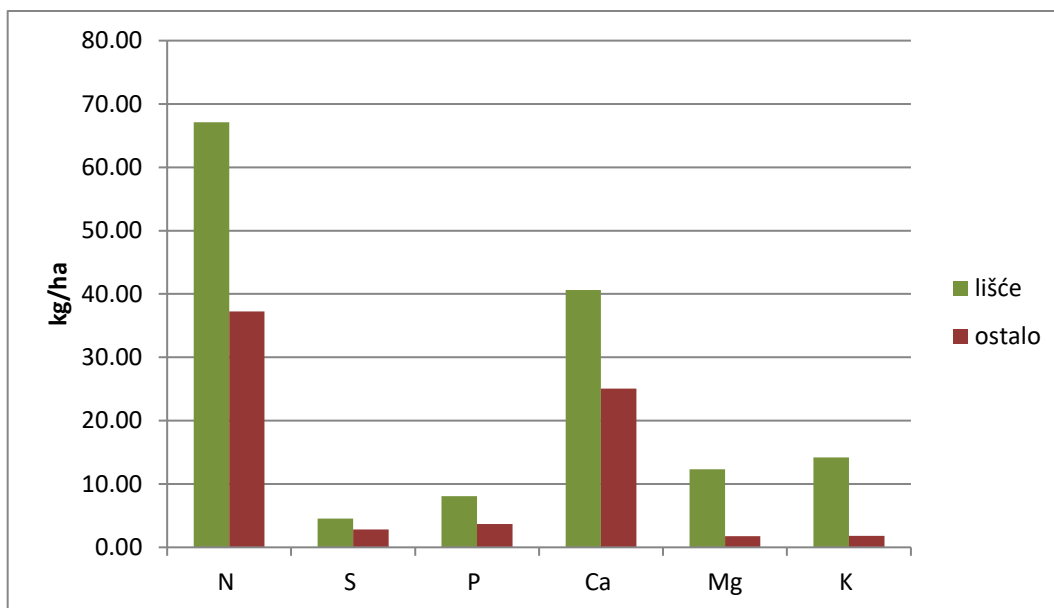
Slika 3.9.2. Godišnje količine biogenih elemenata u otpadu sa stabala, prema frakcijama, na plohi 103



Slika 3.9.3. Godišnje količine biogenih elemenata u otpadu sa stabala, prema frakcijama, na plohi 108



Slika 3.9.4. Godišnje količine biogenih elemenata u otpadu sa stabala, prema frakcijama, na plohi 109



Slika 3.9.5. Godišnje količine biogenih elemenata u otpadu sa stabala, prema frakcijama, na plohi 110

3.10. Štete od biotičkih čimbenika

Na plohi intezivnog motrenja Vrbanja na tlu su uočene šiške vrste *Cynips quercusfolii* te iz reda Lepidoptera kokon vrste *Antheraea yamamai* (Slika 3.10.1.). Hrastova mrežasta stjenica (*Corythuca arcuata*) je i ove godine uzrokovala klorozu lišća na većini stabala (Slika 3.10.2.). Na pojedinim stablima primjećene su kalusirajuće rane, dok se na jednom deblu nalazi velika rak rana.



Slika 3.10.1. Kokon *Antheraea yamamai*

Slika 3.10.2. Jajno leglo *Corythuca arcuata*

Na plohi 111, Vransko jezero uočene su štete uzrokovane biotskim i abiotskim čimbenicima. Na pregledanim stablima vidljiva je osutost donjih grana uzrokovana gljivama truležnicama. Simptomi napada potkornjaka iz roda *Tomicus* uočeni su na stablu br. 79 koje je potpuno osuto, dodatno na tlu na većem dijelu plohe uočeni su simptomi koji upućuju na prisutnost vrsta iz roda *Tomicus* (Slika 3.10.3. i 3.10.4.).



3.10.3 Regeneracijsko žderanje



3.10.4 Hodnični sustav *Tomicus* sp.

Procjenom zdravstvenog stanja stabala na plohi Poreč, na stablu broj 158 primijećene su šiške vrste *Cynips quercustozae*. Na velikom broju stabala uočeni su živići, a na pojedinim deblima se nalaze rak rane. Na stablu broj 193 uočene su izlazne rupe nepoznatog štetnika.

Procjenom zdravstvenog stanja stabala na plohi broj 105 (Zavižan) na 30 je stabala registriran napad bukove skočipipe (*Rhynchaenus fagi*) u manjem intenzitetu (Slika 3.10.5.). Na dva stabala su uočene rakaste tvorevine, a na jednom raspuklina abiotskog porijekla. Na četiri stabla zabilježene su suhe grane u krošnji u manjem intenzitetu (10-20%).



3.10.5 Oštećenja od bukove skočipipe

Na plohi 103 pregledano je 40 stabla obične bukve, te su na približno pola pregledanih stabala zabilježene suhe grane u krošnji.

Na svih 40 pregledanih stabala na plohi 110 utvrđena je pojavnost hrastove mrežaste stjenice (*Corythuca arcuata*), slabijeg intenziteta nego prošlih godina. Suhe grane u krošnji, nepoznatog uzročnika, zabilježene su na 5 stabala. Od 40 pregledanih stabala obične jele na plohi 106, njih 36 je bez znakova bolesti.

3.11. Utjecaj prizemnog ozona na vegetaciju

U 2022. godini procjena utjecaja prizemnog ozona na vegetaciju šumskog ruba provedena je na dvije LESS (Light Exposed Sampling Site – svjetlu izložena ploha za uzorkovanje) plohe smještene u blizini ploha za intenzivno motrenje Poreč i Vransko jezero. LESS ploha Poreč sastoji se od 25, a ploha Vransko jezero od 30 kvadrata veličine 2x1 m, položenih jedan uz drugi užom stranom tako da obuhvaćaju šumski rub

u dubinu od jednog metra. Na svakom kvadrantu popisane su vrste grmlja i drveća na kojima se promatra pojavljivanje simptoma karakterističnih za oštećenja nastalih oksidacijom. Tako na plohi Vransko jezero ima 23 aktivna kvadranta, dok ih je sedam bez vegetacije, a na plohi Poreč 19 od 25 kvadranta su aktivni. Simptomi koji upućuju na oksidativni stres izazvan visokim koncentracijama prizemnog ozona u 2022. godini nisu nađeni niti na jednoj plohi intenzivnog motrenja.

3.12. Pasivno mjerenje koncentracija ozona

Korištenjem pasivnih mjerača (Ogawa mjerači) (Slika 3.12.1.) u 2022. godini, utvrđene su koncentracije ozona na plohi Poreč (Slika 3.12.1.).

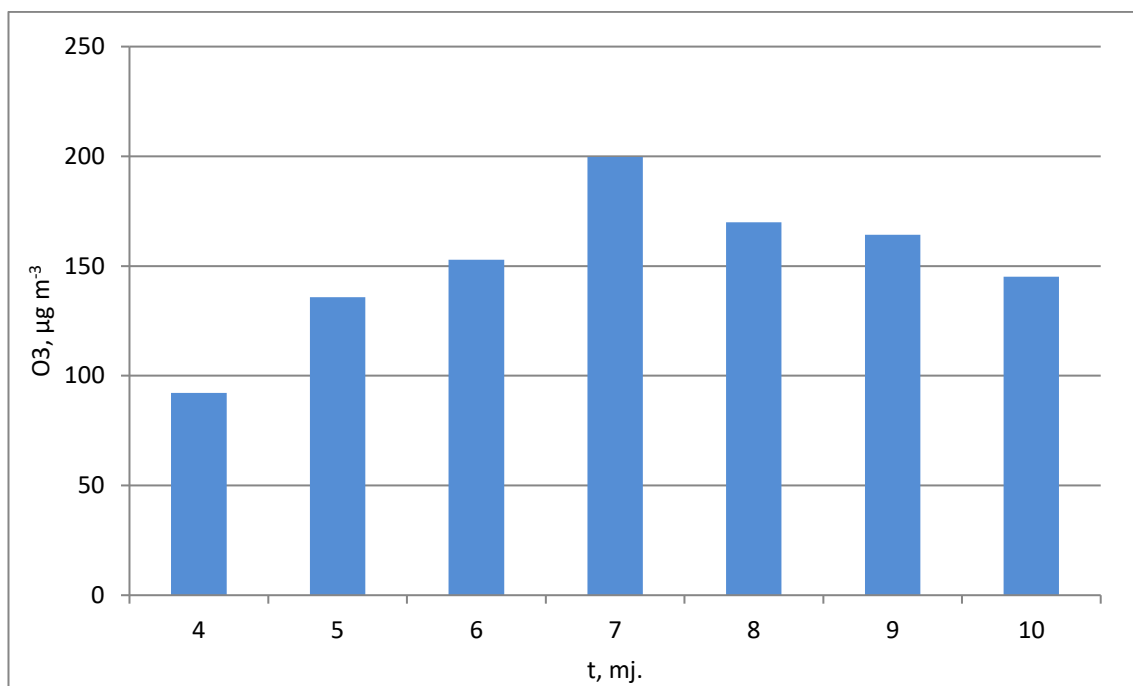
Prikupljanje uzoraka vršili su djelatnici HŠI-a svaka dva tjedna u periodu od travnja do listopada. Mjerači su postavljeni u blizini šume i pozicionirani na visini od 2 m iznad tla. Izlaganjem pasivnih mjerača okolnom zraku, ozon iz zraka reagira s nitritnom otopinom kojom su natopljeni filtri u mjerачu te prelazi u nitrat. U laboratoriju u sterilnim uvjetima, filtri se izvade iz mjerачa te se ekstrahiraju s ultračistom vodom. Ekstrakt filtra analizira se na ionskom kromatografu kako bi se odredila koncentracija nitratnih iona (ISO 10304, 1998). Dobivena koncentracija nitratnih iona se koristi za izračun koncentracije ozona.



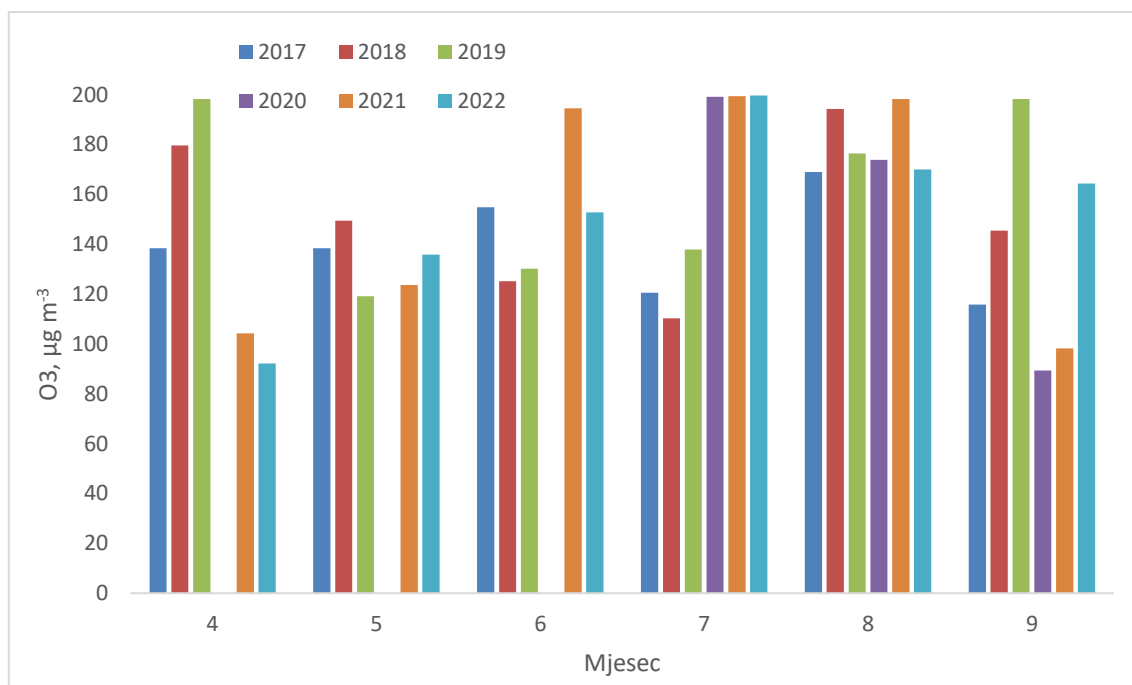
Slika 3.12.1. Pasivno mjerenje ozona na plohi Poreč

Najviše koncentracije ozona na plohi Poreč izmjerene su u srpnju (Slika 3.12.2.). Visoke koncentracije izmjerene tijekom ljeta i početkom jeseni tipične su za mediteransku regiju. U proteklim godinama (2017.-2021., Slika 3.12.3.) prisutan je sličan trend kretanja koncentracija ozona.

Na Slici 3.12.3. može se uočiti da su najveće zabilježene koncentracije bile u srpnju i kolovozu, a niže u proljetnim mjesecima (travanj - lipanj), uz nekoliko iznimaka (travanj 2019., lipanj 2021.). Izmjerene vrijednosti u srpnju (2020., 2021., 2022.) i kolovozu (2018. i 2021.) bile su blizu granične vrijednosti od $200 \mu\text{g m}^{-3}$ (Schaub i sur., 2020).



Slika 3.12.2. Koncentracije ozona na plohi Poreč u 2022. godini



Slika 3.12.3. Koncentracija ozona na plohi Poreč za period od 2017. do 2022. godine.

4. Literatura

1. Bobbink R., Hettelingh JP 2011 Effects of nitrogen deposition on woodland, forest and other wooded land (eunis class G). In: Bobbink R, Hettelingh JP (eds) Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationship Coordination Center for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands, pp 135-160
2. CAMS 2020. Emissions changes due to lockdown measures during the first wave of the COVID-19 pandemic in Europe. CAMS - The Copernicus Atmosphere Monitoring Service. <https://atmosphere.copernicus.eu/emissions-changes-due-lockdown-measures-during-first-wave-covid-19-pandemic-europe>. Pristupljeno: 19. siječnja 2021.
3. Clarke, N.; Zlindra, D.; Ulrich, E.; Mosello, R.; Derome, J.; Derome, K.; König, N.; Lövblad, G.; Draaijers, G.P.J.; Hansen, K.; et al. Part XIV: Sampling and Analysis of Deposition. In Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests; UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre, Ed.; Thünen Institute of Forest Ecosystems: Eberswalde, Germany, 2016; p. 66.
4. ISO 10304, 1998: Kakvoća vode -- Određivanje otopljenih iona F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ionskom tekućinskom kromatografijom
5. König N, Kowalska A, Brunialti G, Ferretti M, Clarke N, Cools N, Derome J, Derome K et al. Part XVI Quality Assurance and Control in Laboratories. In: Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests; UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Eberswalde, Germany, 2016, 13-32 p.
6. Marjanović, H., Ostrogović, M. Z., Alberti, G., Balenović, I., Paladinić, E., Indir, K., Peressotti, A., Vuletić, D., 2011: Dinamika ugljika u mlađim sastojinama hrasta lužnjaka tijekom dvije vegetacije. Šumarski list 135(Posebni broj):59-73.
7. Ogawa, 2001 Protocol for ozone measurement; Using the ozone passive sampler badge

8. Ordóñez, C., Garrido-Perez, J., García-Herrera, R. 2020. Early spring near-surface ozone in Europe during the COVID-19 shutdown: Meteorological effects outweigh emission changes. *Sci. Total Environ.* 747, 141322.
9. PCC (Ur.), 2020-2022: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assesment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UN/ECE and EC, Geneva and Brussels, PCC Hamburg.
10. Schaub, M., Calatayud, V., Ferretti, M., Pitar, D., Brunialti, G., Lövblad, G., Krause, G., Sanz, M.J. 2020: Part XV: Monitoring of Air Quality. Version 2020-1. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 11 p. + Annex [<http://www.icp-forests.org/manual.htm>]

5. Prilozi

Prilog 1. Obrazac A1

Prilog 2. Obrazac B1

Prilog 3. Obrazac C

**Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests**

Country (region): 57 total area of country (1000 ha): total forest area (1000 ha): forest area surveyed (1000 ha):

Institution (National Focal Centre): total coniferous area (1000 ha):
total broadleaved area (1000 ha):

Survey period: day/month - day/month/year

(from - to)

SURVEY 2022
CONIFERS
form A1

Classification		Percentage of trees defoliated														
		trees up to 59 years old							trees 60 years and older							
		1	2	3	4	5	6	7 (1-6)	8	9	10	11	12	13	14 (8-13)	15 (7-14)
species:		100	118	125	129		others	Total	100	118	125	129		others	Total	Grand total
area of species:																
no. of sample trees:		0	0	95	58	0	3	156	107	24	48	27	0	0	206	362
defoliation class	percentage of leaf loss	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0 : not defoliated	0 - 10%	0	0	64,21	1,72	0	0	39,74	17,76	25	8,33	0	0	0	14,08	25,14
1 : slightly defoliated	>10 - 25%	0	0	17,89	24,14	0	66,67	21,15	39,25	37,5	47,92	0	0	0	35,92	29,56
2 : moderately defoliated	> 25 - 60%	0	0	13,68	55,17	0	33,33	29,49	39,25	33,33	41,67	81,48	0	0	44,66	38,12
3 : severely defoliated	> 60% - 100%	0	0	4,21	18,97	0	0	9,62	3,74	4,17	2,08	18,52	0	0	5,34	7,18
4 : dead	100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0	100	100	0	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100

**Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests**

Country (region): 57 total area of country (1000 ha): total forest area (1000 ha): forest area surveyed (1000 ha):

Institution (National Focal Centre): total coniferous area (1000 ha):
total broadleaved area (1000 ha):

Survey period: day/month - day/month/year
(from - to)

SURVEY 2022
BROADLEAVES
form B1

Classification		Percentage of trees defoliated														
		trees up to 59 years old							trees 60 years and older							
		1	2	3	4	5	6	7 (1-6)	8	9	10	11	12	13	14 (8-13)	15 (7+14)
species:		020	046	048	049	051	others	Total	020	046	048	049	051	others	Total	Grand total
area of species:																
no. of sample trees:		179	87	44	173	212	229	924	362	0	151	44	253	232	1042	1966
defoliation class	percentage of leaf loss	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0 : not defoliated	0 - 10%	22,91	13,79	50	23,7	59,43	34,5	34,74	25,14	0	2,65	31,82	2,37	29,31	17,56	25,64
1 : slightly defoliated	>10 - 25%	48,6	40,23	15,91	46,24	33,96	36,24	39,39	48,07	0	49,67	52,27	36,76	45,69	45,2	42,47
2 : moderately defoliated	> 25 - 60%	26,26	35,63	31,82	22,54	6,13	24,89	21,75	23,2	0	44,37	13,64	55,73	20,26	33,11	27,77
3 : severely defoliated	> 60% - 100%	2,23	10,34	0	6,94	0,47	3,49	3,68	3,31	0	1,99	2,27	2,37	3,45	2,88	3,26
4 : dead	100%	0	0	2,27	0,58	0	0,87	0,43	0,28	0	1,32	0	2,77	1,29	1,25	0,86
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100

Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests

Annual report on health status of main tree species on the basis of defoliation:

Country: 57

All species

SURVEY 2022

ALL SPECIES

form C

no. of sample plots	no. of sample trees	% trees defoliated						
		class 0 not defoliated	class 1 slightly defoliated	class 2 moderately defoliated	class 3 severely defoliated	class 4 dead	class 2 to 4 moderately to dead	class 1 to 4 slightly to dead
97	2328	25,56	40,46	29,38	3,87	0,73	33,98	74,44