

UNOS ONEČIŠĆENJA IZ ZRAKA U ŠUMU BUKVE I JELE (ABIETI-FAGETUM "DINARICUM") U PREDJELU LIVIDRAGE U ZAPADNOJ HRVATSKOJ

INTRODUCTION OF POLLUTANTS FROM AIR INTO THE BEECH AND FIR FOREST (ABIETI-FAGETUM "DINARICUM") IN THE REGION OF LIVIDRAGA IN WESTERN CROATIA

Nikola KOMLENKOVIĆ*, Nada MATKOVIĆ**, Damir MOĆAN***, Petar RASTOVSKI****

SAŽETAK: U šumi bukve i jele u predjelu Lividrage u Gorskem kotaru počevši od 1995., sustavno se motri taloženje kemijskih sastojaka iz atmosfere. Količina unešenoga sumpora na otvorenom iznosila je 1995/96. godine 19.87, a u sastojini 23.77 kg Sha⁻¹ god⁻¹. Količina dušika bila je nešto veća i iznosila je 27.87 i 24.22 kg N ha⁻¹ god⁻¹. Više dušika bilo je u amonijskom nego nitratnom obliku. Klora je bilo još više, 39.86, odnosno 32.63 kg Cl ha⁻¹ god⁻¹, a kalcija najviše 65.99 i 75.65 kg Ca ha⁻¹ god⁻¹. U iglicama i lišću glavnih vrsta drveća utvrđeno je samo manje povišenje koncentracija sumpora te nešto niže koncentracije magnezija. Koncentracije dušika u asimilacijskim organima ne ukazuju na suvišak ovog elementa prehrane.

Oštećenost jele od 48.9 % ovdje je značajno niža od prosječne oštećenosti jele u Hrvatskoj, koja je 1996. iznosila 69.4 %.

Ključne riječi: onečišćenje zraka, taloženje, sastojina bukve i jele

UVOD – Introduction

Tijekom sedamdesetih godina primjećene su ozbiljne promjene u stanju šuma različitim područja Europe. Te su se promjene ponajprije očitovali u gubitku asimilacijskih organa i njihovoj kloroziji. U nekim područjima one su se podudarale s visokim koncentracijama zračnih polutanata. Stoga su prve hipoteze pretpostavljale da je onečišćenje zraka glavni uzročnik defolijacije te kloroze lišća i iglica.

Evans (1984) smatra kako oksidacija SO₂ i NO_x u jake kiseline uzrokuje izravno razaranje lisne kutikule. Drugi autori misle da veće značenje imaju biokemijske promjene u drveću, koje su posljedica utjecaja štetnih tvari (Smith 1981 i dr.). Burton et al (1983) raspravljaju o teškim kovinama, a Maryssek et al. (1990) o ozonu kao čimbenicima koji nepovoljno utječu na šumske ekosustave.

Iz biljne fiziologije već je dugo poznato kako 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 (Anić 1973, Komlenović 1983, Bruck 1985 i dr.). Roelofs et al (1985) utvrdili su kako promjene koje uzrokuje suvišak dušika pogoduju napadu gljivičnih oboljenja.

Veliki broj autora smatra acidifikaciju šumskih tala, povezanu sa sniženjem pH vrijednosti i zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazičnim kationima te porastom koncentracije Al³⁺ u otopini tla, najodgovornijim čimbenikom za propadanje šuma u mnogim područjima Europe (Urlich et al. 1979, Hutchinson et al. 1986, Tammar and Hallbäck 1986). Niz istraživača je utvrdio kako acidifikacija tla i unos dušika u šumske sastojine dovode do poremetnji u prehrani šumskog drveća. (Bosch et al. 1983, Zöttl and Mies 1983, Zech and Popp 1983, Roelofs et al. 1985, Schulze 1989 i dr.).

* dr. sc. Nikola Komlenović, Šumarski institut Jastrebarsko,

** Mr. sc. Nada Matković, Zavod za javno zdravstvo Županije Primorsko-goranske Rijeke,

*** Damir Moćan, dipl. inž. šum., "Hrvatske šume", p. o. Zagreb

**** dr. sc. Petar Rastovski, Šumarski institut Jastrebarsko.

Dok navedeni istraživači, a i mnogi drugi, raspravljaju o onečišćenju kao glavnom čimbeniku koji nepovoljno utječe na stanje šuma, ostali smatraju da klimatski poremećaji, posebno suša i niske temperature, imaju pri tome veliko značenje. Neki autori naglašavaju kako insekti i gljivična oboljenja, koji su posljedica sušnih razdoblja, su zadnji u lancu nepovoljnih čimbenika koji dovode do sušenja šuma (Kandler et al. 1987. i dr.). U novije vrijeme sve je aktuelnija spoznaja da greške u gospodarenju nepovoljno utječu na stabilnost šumskih ekosustava i stanje šuma (van Goor 1985, Nys 1989, Prpić et al. 1992).

Danas prevladava mišljenje kako je izravni utjecaj polutanata na šumsko drveće u pravilu lokalnoga karaktera. Nasuprot tome, djelovanja zračnog onečišćenja ima daleko veće značenje za stanje šuma, jer zahvaća velika prostranstva i djeluje prekogranično.

Bez obzira na udio onečišćenja zraka u oštećenosti naših šuma, taj se čimbenik mora istraživati jer pred-

stavlja veliku opasnost ne samo za šume, već čitav živi svijet. Od 1985. godine pa sve do danas, kod nas je više istraživača dokazalo imisijsku acidifikaciju šumskih tala i stalni unos teških kovina u šume zapadne i sjeverne Hrvatske (Glavač et al. 1985, Komlenović et al. 1988, 1996, Seletković 1993, Martinović 1994, Prpić et al. 1992. i dr.). U okolišu SO_2 -izvora, utvrđen je njegov izravni negativni utjecaj na vegetaciju (Komlenović 1989, Komlenović et al. 1996. i dr.).

Kod nas je, međutim, najveći problem što nema podataka o unosu kemijskih sastojaka u naše šume. Sve meteorološke postaje provode ta mjerena na otvorenom, a za Gorski kotar, gdje problematika utjecaja zračnih polutanata na šume ima posebno značenje, nema ni takvih mjerena. U ovom su radu prikazani rezultati prvih jednogodišnjih mjerena taloženja sumpora, dušika, klorova i kalcija u šumi bukve i jele u predjelu Lividrage.

MATERIJAL I METODE – Material and methods

Motrenje kemijskog sastava oborina i unosa sumpora, dušika, klorova i kalcija, provode se u predjelu Lividrage od 1995. godine.

Na ovoj su plohi pedološka, biljnohranidbena i druga istraživanja obavljena već ranije (Komlenović 1973.).

Tablica 1. Osnovne ekološke značajke plohe

Table 1. Basic ecological plot data

Broj plohe Plot number	Zemljopisna		Nadmorska visina Altitude/m	Ekspozicija Orientation	Šumska zajednica Forest community	Tip tla Soil unit	Starost
	Širina Latitude	Dužina Longitude					
106	45 28 58	14 35 50	940	Ravno Flat	Abieti-fagetum "dinaricum"	Smeđe tlo na vapnenačkoj moreni Chromic Cambisol	Raznodbodna sastojina Irregular stand

Za sakupljanje oborinske vode u sastojini, postavljeno je 9 sakupljača, ravnomjerno raspoređenih po dijagonalama plohe veličine 30 x 30 m. Postavljen je i sakupljač oborina na otvorenom. Ovdje postoji i totalizator Hidrometeorološkog zavoda, čije smo podatke koristili za utvrđivanje količine oborina tijekom zime kada u funkciji nisu bili sakupljači oborinske vode zbog visokog sniježnog pokrivača. Za distribuciju oborina ti-

jekom zime korišteni su i podaci meteorološke postaje u Crnom Lugu.

Analiza uzoraka provedena je u Zavodu za javno zdravstvo Rijeka. Kislost oborina određena je mjeranjem pH vrijednosti elektrometrijski, sadržaj sumpora turbidimetrijski s BaCl_2 , a sadržaj nitrata i amonijaka spektrofotometrijski. Kalcij i klor utvrđeni su standardiziranim volumetrijskim metodama. Uzoreci iglica i

lišća uzimani su sa po 5 dominantnih i kondominantnih stabala pojedine vrste drveća. Kemijske analize biljnog

materijala obavljene su postupcima opisanim u našim ranijim radovima (Komlenović 1993, 1978 i dr.).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA S DISKUSIJOM – Results and discussion

Podaci o mjesечnim količinama oborinske vode na otvorenom i ispod krošanja stabala, pH vrijednostima i

količinama analiziranih iona prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Količine oborina, pH vrijednosti i količine analiziranih kemijskih sastojaka na otvorenom i ispod krošanja za razdoblje od 1. listopada 1995. do 30. rujna 1996.

Table 2. Precipitation quantities, pH values and chemical compounds quantities for 1. October 1995. to 30. September 1996. period

Mjesec Month	Oborine Precipitation mm	pH	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺
			mg / m ²				
			Na otvorenom - Open area				
X	72	6.10	94	38	108	70	288
XI	541	5.90	757	1390	1623	487	541
XII	741	6.80	815	1119	741	517	1334
I	310	6.80	341	468	310	217	558
II	293	6.80	322	442	293	205	527
III	69	6.80	76	104	69	48	124
IV	310	6.80	341	468	310	217	558
V	181	6.50	833	176	91	36	471
VI	329	4.90	296	115	0	230	855
VII	247	6.80	543	136	124	124	469
VIII	304	4.70	1155	438	152	182	578
IX	329	5.00	395	211	165	66	296
SUMA	3726		5968	5105	3986	2099	6599

Mjesec Month	Oborine Precipitation mm	pH	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺
			mg / m ²				
			Sastojina - Stand				
X	43	6.00	56	102	21	67	215
XI	492	5.20	640	827	738	197	1427
XII	572	4.90	1830	927	858	400	1487
I	240	4.90	768	389	30	168	624
II	226	4.90	723	366	339	158	588
III	53	4.90	170	86	80	37	138
IV	240	4.90	768	389	360	168	624
V	161	4.70	290	174	81	97	419
VI	201	5.20	402	179	101	181	1065
VII	192	5.70	538	288	96	154	365
VIII	202	5.50	545	263	101	222	384
IX	255	4.70	408	97	128	77	229
SUMA	2877		7138	4087	3263	1926	7565

Iz podataka prikazanih u tablici 2. proizlazi, kako su količine oborina u sastojini manje od onih na otvorenom za oko 23 %. Za ukupnu godišnju količinu oborina mora se međutim reći da je ona izuzetno velika, najveća koja je izmjerena u Hrvatskoj. Dok je ovdje ranijih godina postojala meteorološka postaja, i ona je također bilježila najveće količine oborina.

Na temelju podataka u tablici 2., mogu se lako izračunati zbirne količine pojedinih sastojaka koje su se istaložile u istraživanom razdoblju po jedinici površine (Tablica 3.).

Tablica 3. Zbirno godišnje taloženje analiziranih elemenata

Table 3. Annual depositions of analysed elements

Položaj Position	S-SO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	Cl	Ca
	kg / ha				
Na otvorenom Open area	19.87	11.54	16.33	39.86	65.99
Sastojina Stand	23.77	9.24	14.98	32.63	75.65

Ovo su prve depozicije analiziranih oborinskih sastojaka koje su utvrđene u šumi na području Gorskog kotara. Da li su one više ili niže od očekivanih, za raspravu je. Uglavnom su se do sada navodile više vrijednosti sumpora (Kauzlaric i Komlenovic 1993). Treba, međutim, napomenuti da je područje Lividrage zbog svog položaja vjerojatno jedno od manje opterećenih područja u Gorskem kotaru. Međutim, i ove količine sumpora nisu male, jer dosežu kritična opterećenja i za najotpornije šumske ekosustave. Pri tome se mora naglasiti da ovdje atmosfera nije opterećena samo sumporom, već i drugim štetnim tvarima. Stoga i najmanja količina bilo kojeg zagađivača može imati štetne posljedice glede jele i ostalih vrsta drveća.

Količinama sumpora i drugih sastojaka koji se unoсе u istraživanu sastojinu trebalo bi dodati one količine koje se unose u tlo vodom koja se cijedi niz debla stabala. Takve sakupljače oborinske vode nismo za sada postavili, jer je učešće bukovih satabla uz čiji se pridanak unosi u tlo najviše vode, malo.

Depozicije sumpora sigurno su se ovdje smanjile zbog smanjenja emisija SO₂ s područja Kvarnerskog zaljeva. Zbog zatvaranja koksare u Bakru, te korištenja goriva s manje sumpora u rafinerijama i termoelektrani Urinj, sredinom 90-tih godina, značajno su smanjenje količine sumpornih spojeva koje se emitiraju iz izvora s Riječkog područja. To se odrazило i na poboljšanju kakvoće zraka, odnosno na sniženju imisionih koncentracija SO₂, što je ustvrdio Zavod za javno zdravstvo u Rijeci, koji sustavno prati kakvoću zraka na području žu-

panije Primorsko-goranske od sredine 70-tih godina. Do sličnih podataka došao je i Simončić (1996) u Sloveniji na području TE Šoštanj. Nakon niza provedenih zahvata na energetskim i drugim postrojenjima zadnjih su se godina ovdje emisije SO₂ smanjile, a to se odrazilo i na manjoj količini taloženja sumpora. Konačne zaključke ne smije se, međutim, donositi, jer su ovo tek prvi jednogodišnji rezultati. Dobro je poznato kako zbog isčešljavanja zračnih masa u šumi redovito dolazi do većeg taloženja sumpora i drugih sastojaka nego na otvorenom.

Tako je npr. na području TE Šoštanj Simončić (1996) utvrdio jednogodišnje depozicije sumpora na otvorenom od 13 kg/ha, u sastojine bukve 22 kg/ha, a u kulturi smreke čak 33 kg/ha. U Lividragi je taloženje sumpora u sastojini veće za samo 20%. Kod drugih elemenata ta je razlika još manja ili je ona čak negativna. To se može objasniti činjenicom kako je Lividraga zaštićena od zapadnih i južnih zračnih masa visokim planinskim lancem Trstenika, Jelenca, Obruča, Snježnika i Risnjaka.

Povoljna je okolnost što se ovdje oborinama unosi tri puta više kalcija nego sumpora, i što se tlo razvilo na



Lividraga - oborine za kemijske analize sakupljaju se na otvorenom i na pokusnoj plohi u sastojini jеле i bukve (foto: A. Frković)

podlozi koja je bogata kalcijskim karbonatom. Količina unesenog dušika u sastojinu približno je jednaka količini istaloženog sumpora, a na otvorenom je ona čak i veća. Za približno 40-60% bilo je više dušika u amonijskom nego nitratnom obliku. Količine dušika koje su utvrđene u oborinskoj vodi premašuju kritična opterećenja dušikom najotpornijih šumskih ekosustava (Komlenović i Gračan 1989). Samo ta količina dušika, bez dušika koji se oslobađa procesima mineralizacije iz tla, zadovoljava i premašuje zahtjeve uzbudjanih vrsta drveća za ovim hranivom (Komlenović i Martinović 1965, Komlenović 1978, Glavač 1997 i dr.).

To upućuje na zaključak kako suvišak dušika za ovaj ekosustav pretstavlja veću opasnost od depozicija sumpora. Pored toga što on utječe na zakiseljavanje tla, kako smo već naveli, on dovodi do poremećaja u prehrani i slabosti otpornosti drveća na utjecaj nepovoljnih abiotičkih (suša, niske temperature, vjetrovi) i biotičkih čimbenika (biljne bolesti, kukci). Kako je glavni izvor dušičnih spojeva cestovni promet, problem suviška dušika u Gorskem kotaru bit će sve prisutniji.

Unatoč obilnoj ponudi dušika, njegove koncentracije u iglicama jеле i lišću bukve ne indiciraju suvišak ovog elementa prehrane. U slučaju smreke moglo bi se prije govoriti o njegovom nedostatku nego suvišku. Koncentracija dušika u iglicama smreke čak je niža od one utvrđene prije trideset godina. Slično vrijedi i za stanje prehrane dušikom kod jеле. Ni u slučaju bukve, koncentracija dušika u lišću ne ukazuje na prekomjernu prehranu ovim hranivom.

Relativno niske koncentracije dušika u asimilacijskim organima istraživanih vrsta drveća u odnosu na njegovu ponudu, može se objasniti izuzetno visokom količinom oborina, odnosno intenzivnim procesima njegovog ispiranja iz tla. Unos dušika u šumske ekosustave Gorskog kotara treba, međutim, motriti, jer bi njegov suvišak na drugim lokacijama mogao predstavljati veći problem.

Za prehranu drugim hranivima treba ponajprije učiniti na nepovoljnu prehranu magnezijem kod smreke. U iglicama jеле koncentracije magnezija bile su niže od onih utvrđenih prije petnaest godina na sličnim staništima (Komlenović i Čestar 1981).

Tablica 4. Kretanje koncentracije hraniva u iglicama i lišću

Table 4. Changes of nutrient concentrations in needles and leaves

Vrsta drveća Species	Godina Year	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn
		%						mg/kg		
Picea abies	1967-69.	1.37	0.150	0.54	0.59	0.150				
	1994.	1.20	0.082	0.50	0.67	0.073	0.179	30	196	16
	1996.	1.09	0.147	0.66	0.34	0.060	0.105	18	154	19
Abies alba	1994.	1.22	0.089	0.40	1.14	0.165	0.135	30	370	22
	1995.	1.29	0.098	0.53	1.13	0.120	0.177	60	272	22
	1996.	1.18	0.167	0.48	0.80	0.128	0.171	84	254	27
Fagus sylvatica	1995.	2.09	0.112	0.53	1.22	0.242	0.186	66	84	20
	1996.	2.25	0.123	0.56	1.49	0.220	0.142	90	210	28

Zanimljiva je činjenica kako su od analiziranih aniona u oborinskoj vodi utvrđene najviše koncentracije klorova. To je vjerojatno posljedica blizine mora, pa se puno klorova u ove šume unosi i ranije. Slično je i u sjeverozapadnoj Italiji. Zapadni vjetrovi tamo odvijaju nose čestice morske vode sve do Apenina. To kulturama pinije nije smetalo dok je morska voda bila čista. Međutim, u novije vrijeme, kada se vodama Arna u more unose deterdženti koji kao tanki filmski sloj prekrivaju morskiju vodu u okolišu Livorna, došlo je do katastrofalnih sušenja najljepših kultura pinije. Uzrok sušenja je morska sol, čije ulaganje u iglice omogućuju deterdženti.

Pored intenzivnog ispiranja aniona štetni utjecaj sumpora, dušika i klora ovdje je neutraliziran velikim količinama kalcija koji se unosi oborinskom vodom.

Stoga, a i zbog vapnenačke podloge tla, ovdje nismo metodom mikrostaništa utvrdili značajniju nazočnost imisilske acidifikacije tla. To je sigurno jedan od razloga da je jela u predjelu Lividrage manje oštećena nego na drugim područjima Hrvatske.

Tako je 1996. godine oštećenost jеле na istraživanoj plohi iznosila 48,9, dok je prosječna njena oštećenost u Hrvatskoj bila 69,4%.

ZAKLJUČCI – Conclusions

- U jednogodišnjem razdoblju 1995/96 u predjelu Lividrage u Gorskom kotaru utvrđene su sljedeće količine istaloženih kemijskih sastojaka na otvorenom i u šumi bukve i jele:

- Sumpora 19.87 i 23.77 kg S ha⁻¹ god⁻¹,
- Dušika 27.87 i 24.22 kg N ha⁻¹ god⁻¹,
- Klora 39.86 i 32.63 kg Cl ha⁻¹ god⁻¹,
- Kalcija 65.99 i 75.65 kg Ca ha⁻¹ god⁻¹.

- U navedene vrijednosti nisu uračunate količine sumpora i drugih sastojaka koje se unose u tlo vodom što se cijedi niz debla stabala.

- Mala ili nepostojanje razlike u depozicijama istraživanih sastojaka na otvorenom i u šumi objašnjava se

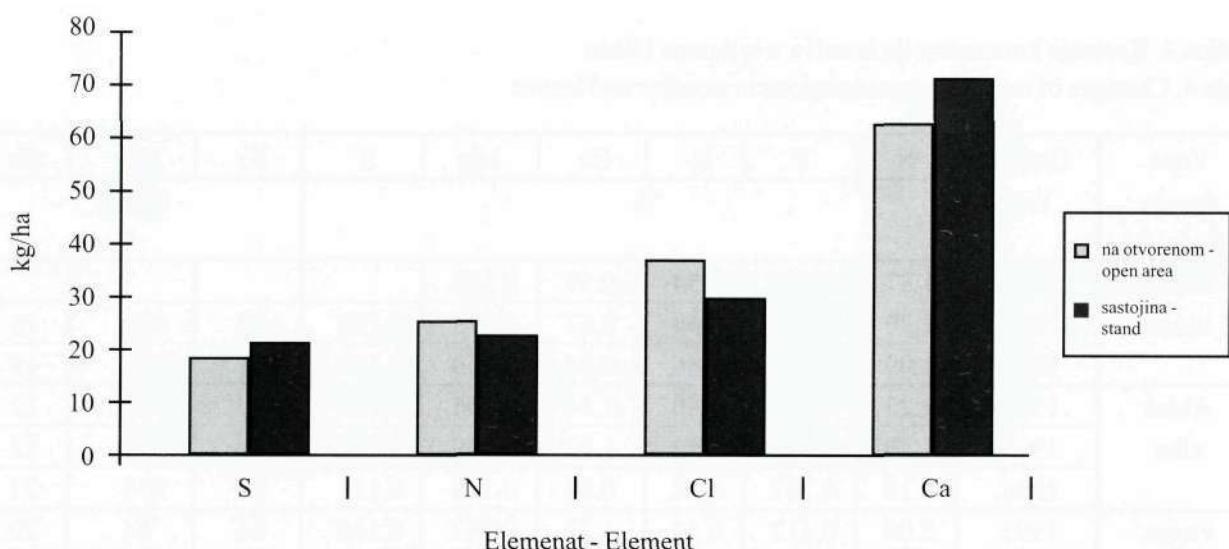
time što je Lividraga zaštićena od izravnog utjecaja zapadnih i jugozapadnih zračnih masa neprekidnim gorskim lancem.

- Metodom mikrostaništa ovdje nije utvrđeno značajna prisutnost imisijske acidifikacije tla.

- Stanje prehrane glavnih vrsta drveća nije bitnije poremećeno izuzev povremeno povišenih koncentracija sumpora i nižih koncentracija magnezija u asimilacijskim organima. Koncentracije dušika u iglicama, odnosno lišću, ne ukazuju na suvišak ovog elementa prehrane.

- Oštećenost jele 1996. godine u Lividragi bila je značajno manja (48,9%) od prosječne oštećenosti jele u Hrvatskoj (69,4%) godine.

Grafikon 1. Zbirno godišnje taloženje analiziranih elemenata (kg/ha god)
Grapg 1. Annual deposition of analused elements (kg/ha year)



LITERATURA – References

- Anić, J. 1973: Ishrana bilja, Zagreb.
- Bosch, C., Pfannkuch, E., Baum, U., Rehfuss 1983: Über die Erkrankung der Fichte (*Picea abies* Karst.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102: 167-181.
- Bruck, R.J. 1985: Boreal montane ecosystem decline in the southern Appalachian Mountains: potential role of anthropogenic pollution. In Stubbs, H. S. Air pollution effects on forest ecosystems. St. Paul, Minnesota: 137-155.
- Burton, K. W. Morgan E., Roig, A. 1983: The influence of heavy metals upon the growth of Sitka spruce in South Wales forest. Plant and Soils 73: 327 - 336.
- Evans, L. S. 1984: Botanical aspects of precipitation Bot. Rev. 50: 449 - 489.

- Glavač, V., Koenies H., Prpić, B. 1985: O unosu zračnih polutanata u bukove i bukovo-jelove šume dinarskog gorja sjeverozapadne Jugoslavije, Šumarski list, 9-10: 53-60.
- Glavač, V. 1997: Posljedice viška dušika. Hrvatske šume br. 3/4: 17-17.
- Hutchison, T. C., Bozic, L., Munoz-Vega, G. 1986: Response to five species of conifer seedlings to aluminum strees. Water, Air and Soil Pollution 31: 283-294.
- Kandler, O., Miller, W., Ostner, R. 1987: Dynamik der "akuten Vergilbung" der Fichte. Epidemiologische und physiologische Befunde. Allgemeine Forst Zeitschrift 42: 715 - 723.
- Komlenović, N., Martinović, J. 1965: Utjecaj plodnosti tla na rast obične smreke u kulturi Vrelo kod Jastrebarskog. Šumarski list, 3-4: 213 - 227.
- Komlenović, N. 1978: Utjecaj mineralnih gnojiva na ishranu i rast obične smreke (*Picea abies* Karst.) na lesiviranom akričnom (vrištinskom) tlu. Analji za šumarstvo 8/5: 91 - 122.
- Komlenović, N. 1973: Koncentracije hraniva u iglicama obične smreke (*Picea abies* Karst.) kao indikator stanja ishrane kultura, Zagreb (doktorska disertacija).
- Komlenović, N., Čestar, D. 1983: Istraživanje stanja ishrane obične jele (*Abies alba* Mill.) po utvrđenim ekološko-gospodarskim tipovima šuma u SR Hrvatskoj. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko br. 45: 1 - 37.
- Komlenović, N. 1983. Ishrana bilja. Šumarska enciklopedija, knjiga 2: 139 - 143.
- Komlenović, N. 1989: Utjecaj SO_2 i nekih drugih polutanata na šumsko drveće s posebnim osvrtom na Hrvatsku. Šumarski list 6-8: 243-260.
- Komlenović, N., Gračan, J., Pezdirc, N., Rastovski, P. 1988: Utjecaj polutanata na bukove šume i kulture smreke u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, Šumarski list, 5-6: 217 - 230.
- Komlenović, N., Gračan, J. 1989: Kritične vrijednosti opterećenja sumporom i dušikom. Šumarski list, 6-8: 363 - 371.
- Komlenović, N., Rastovski, P., Novosel, D. 1996: Utjecaj sumpora i olova na vegetaciju i šumska tla u zapadnoj Hrvatskoj. Skrb za hrvatske šume 1846. do 1996, knjiga 2, Hrvatsko šumarsko društvo: 170 - 190.
- Kauzlarić, K., Komlenović, N. 1989: Ekološka studija Gorskog kotara. Zavod za prostorno planiranje i zaštitu čovjekove okoline, Rijeka.
- Martinović, J. 1994: Periodična karakterizacija acidifikacije šumskih tala na kršu Hrvatske. Agrominski glasnik 1-2: 121 - 131.
- Matković, N. 1996: Izvještaj o praćenju onečišćenja zraka na području Županije Primorsko-goranske. Zavod za javno zdravstvo, Rijeka.
- Marysse, R., Keller, T., Günthardt-Georg, M.S. 1990: Ozonwirkungen auf den verschiedenen Organisationsebenen in Holzpflanzen. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 141: 631 - 651.
- Nys, C. 1989: Fertilisation, dépérissement et production de l'épicéa commun (*Picea abies*) dans Ardennes. Revue forestière française 41: 336 - 347.
- Prpić, B., Seletković, Z., Ivković, M. 1992: Propadanje šuma u Hrvatskoj. Šumarski list, 5-6: 195 - 215.
- Roelofs, J. G. M., Kempers, A. J., Hodijsk, A. L. F. M., Jancen, J. 1985: The effect of airborne ammonium sulphate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. Plant and Soil 84: 45 - 56.
- Schulze, E. D., 1989: Air Pollution and Forest Decline in a Spruce (*Picea abies*). Forest Science 244: 776 - 783.
- Simončić, P. 1996: Odziv gozdnega ekosistema na vplive kislih odložin s poudarkom na preučevanju prehranskih razmer za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) in bukev (*Fagus sylvatica* L.) v vplivnem območju TE Šoštanj. Doktorska disertacija, Ljubljana, BF, Odd. gozd.
- Seletković, Z. 1990: Utjecaj industrijskih polutana na običnu bukvu (*Fagus silvatica* L.) u šumskim ekosistemima Slavonskog gorja, Zagreb (doktorska disertacija).
- Smith, W. H. 1981: Air Pollution and Forests. Interactions between Air Contaminants and Forest Ecosystems. New York, Heidelberg, Berlin.
- Tamm, C. O., Hallbäck, L. 1986: Changes in Soil pH over a 50-year period under different forest canopies in SW Sweden. Water, Air, and Soil Pollution 31: 337 - 341.
- Ulrich, B., Mayer, B., Khanna, P.K. 1979: Die Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen 58.
- Van Goor, C. P. 1985: The impact of tree species on soil productivity. Netherlands Journal of Agricultural Science 33: 133 - 140.
- Zech, W., Popp, E. 1983: Magnesiummangel, einer der Gründe für das Fichten - und Tannen - Sterben in NO - Bayern. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102: 50 - 55.
- Zöttl, H. W., Mies, E. 1983: Nährlementversorgung und Schadstoffbelastung von Fichtenökosystemen im Südschwarzwald unter Immisionseinfluß. Mitteilungen der Deutschen Botanischen Gesellschaft 38: 429 - 434.

SUMMARY: Since 1995 systematic measuring of deposits has been carried out in a forest of Beech and Fir in the area of Lividraga in western Croatia. The basic ecological characteristics of the investigated stand are given in Table 1: A forest community Abieti-fagetun-”dinaricum” with chromic cambisol soil type. Nine collectors for precipitation water were systematically distributed in the stand by the diagonals of the plot, 30x30 meters in size. A precipitation collector was also set up in the open. The precipitation quantities, their pH values and the amounts of analysed chemical ingredients in the open and in the stand for a period of one year are presented in Table 2.

These data show that the quantities of precipitation in the stand are smaller than those in the open by approximately 23%. However, it should be noted that the total amount of precipitation is very high for our conditions. The total quantities of individual chemical ingredients, deposited in the one-year period, by area units, are shown in Table 3.

Sulphur deposits are probably smaller here due to decrease of SO_2 emissions in the Rijeka-Bakar area. Comparated to the open area, the deposition of sulphur in the stand was higher by approximately 20%. In the case of other elements this difference is smaller, or even negative. This can be explained by the fact that Lividraga is protected from the western and southern winds by a high mountain range. The amount of nitrogen introduced into the stand is approximately equal to the amount of introduced sulphur, while in the open area it was greater than the amount of sulphur. There was more nitrogen in the form of ammonia than in the form of nitrate. In spite of the plentiful supply od nitrogen its concentrations in the needles of the Fir and Spruce, and leaves of the Beech, are not high. This can be explained by the great amounts of precipitation and its consequent intensive washing out from the soil. The precipitation water contained a high amount of chlorine. This is probably due to vicinity of the sea.

The introduction of abundant calcium by means of precipitation is favourable. Because of this and the lime-stone base the micro-site method did not confirm immissional acidification of the soil. In 1996 damage to the Fir in Lividraga was considerably less (48.9%) than the average degree of damage in Croatia (69.4%).