

TRENDovi DJELOVANJA DUGUTRAJNOG PREKOGRANIČNOG ONEČIŠĆENJA ZRAKA

TRENDS IN IMPACTS OF LONG-RANGE TRANSCOUNDARY AIR POLLUTION

Joso GRAČAN*

SAŽETAK: Radna skupina za praćenje učinaka prekograničnog onečišćenja zraka utemeljena je u okviru Konvencije o prekograničnom onečišćenju. Skupina je odgovorna za istraživanja i razvoj djelovanja glavnih polutanata na zdravlje stanovništva i krajobraz. Na temelju rezultata istraživanja ove problematike u razdoblju od 1987. do 1997. godine objavljeno je izvješće o trendovima dugotrajnog prekograničnog onečišćenja zraka. Mnogi programi traju i više od 10 godina.

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut, Jastrebarsko i "Hrvatske šume", p.o. Zagreb, dali su značajan doprinos rezultatima istraživanja ove složene problematike. Sustav praćenja propadanja šuma u Hrvatskoj ustrojen je 1987. godine (Prpić i suradnici 1987). Prvi rezultati o propadanju bukve, bukve i jеле u Dinaridima uslijed industrijske polucije objavljeni s istraživačima iz Njemačke (Prpić, Glavač, Koenies, 1985), te o propadanju jеле uslijed polucije u Gorskem kotaru (Prpić, Seletković, 1987). Općenito, prvi rezultati o propadanju šuma u Hrvatskoj objavljeni su odmah nakon prve godine istraživanja (Prpić, Komlenović, Seletković, 1988).

U izvješću o trendovima djelovanja prekograničnog onečišćenja zraka navedeni su rezultati istraživanja, kao i koristi od smanjenja razina imisija glavnih polutanata (sumpor i drugi). Izvješće su pripravili predstavnici centara vodećih zemalja za međunarodne programe uz značajan doprinos Europske komisije (ECE), a u skladu s Konvencijom. Mjerenjima su utvrđeni empirijski trendovi, a predikcijskim modelima utemeljene su procjene za budućnost.

Ključne riječi: Trendovi, dugotrajno, prekogranično, onečišćenje zraka

UVOD

Kako je već u sažetku istaknuto, u izvješću su obrađeni empirijski rezultati mjerenja i praćenja trendova djelovanja dugotrajnog prekograničnog onečišćenja zraka na: kemiju površinskih voda, faunu u vodi, stanje šuma, štetno djelovanje ozona (O_3), štetno djelovanje na materijale, kao i na buduće stanje šumskog tla i kemije površinskih voda, te trendove kretanja (povećanje) kritičnih razina i opterećenja. Također, su navedene i preporuke za buduća istraživanja, popis objavljenih rada, te depozicije i koncentracije u tlu.

Objedinjeni su rezultati istraživanja međunarodnih kooperativnih programa (ICP) i radnih skupina:

Procjene i praćenje učinaka onečišćenja zraka na šume (ICP Forests),

- Procjene praćenja zakiseljavanja rijeka i jezera (ICP Waters),
- Procjene praćenja učinaka onečišćenja zraka na materijale uključujući povijesnu i kulturnu baštinu (ICP Materials),
- Procjene učinaka onečišćenja zraka i drugih stresova na prizemno rašće i vegetaciju (ICP Vegetation),

* Dr. sc. Joso Gračan, Šumarski institut, Jastrebarsko

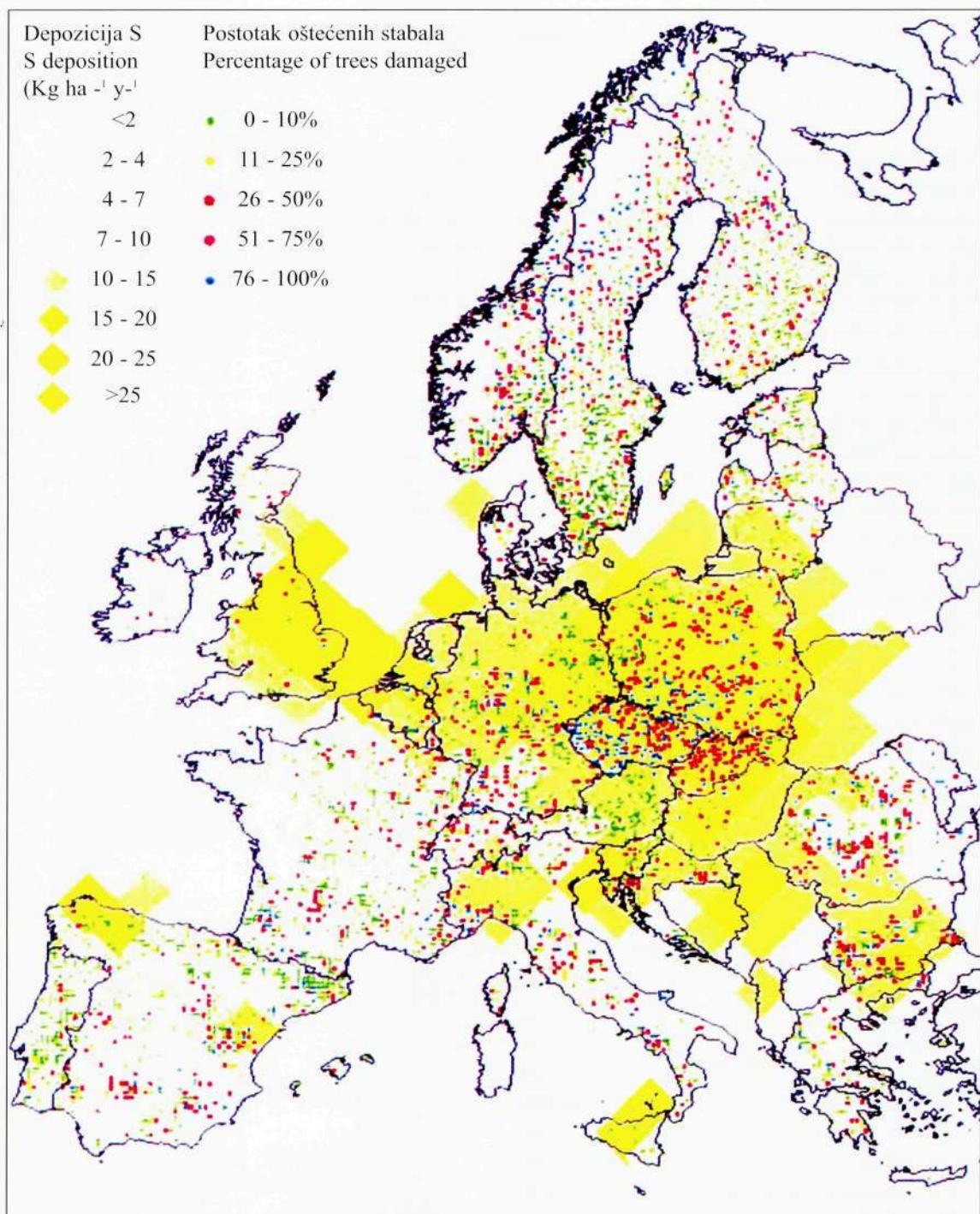
- Integralno praćenje onečišćenja zraka na ekosustave (ICP IM),
- Programi kartiranja dozvoljenih razina i kritičnih

opterećenja (TF Maping) i koordinacijski centar za učinke (CCE).

EMPIRIČKI TRENDNOVI I EFEKTI Rijeke i jezera (kemija površinskih voda)

Rezultati istraživanja regionalnih analiza kemije površinskih voda (ICP Waters) pokazali su kako se

konzentracije sulfata u vodi smanjuju u gotovo svim eksperimentima. Rezultati praćenja tijekom devedesetih



Slika 1. Postotak oštećenih stabala 1996. godine i depozicije sumpora (izvor: EMEP, 1994)
Figure 1 Percentage of trees damaged in 1996 and sulphur deposition (source: EMEP, data from 1994).

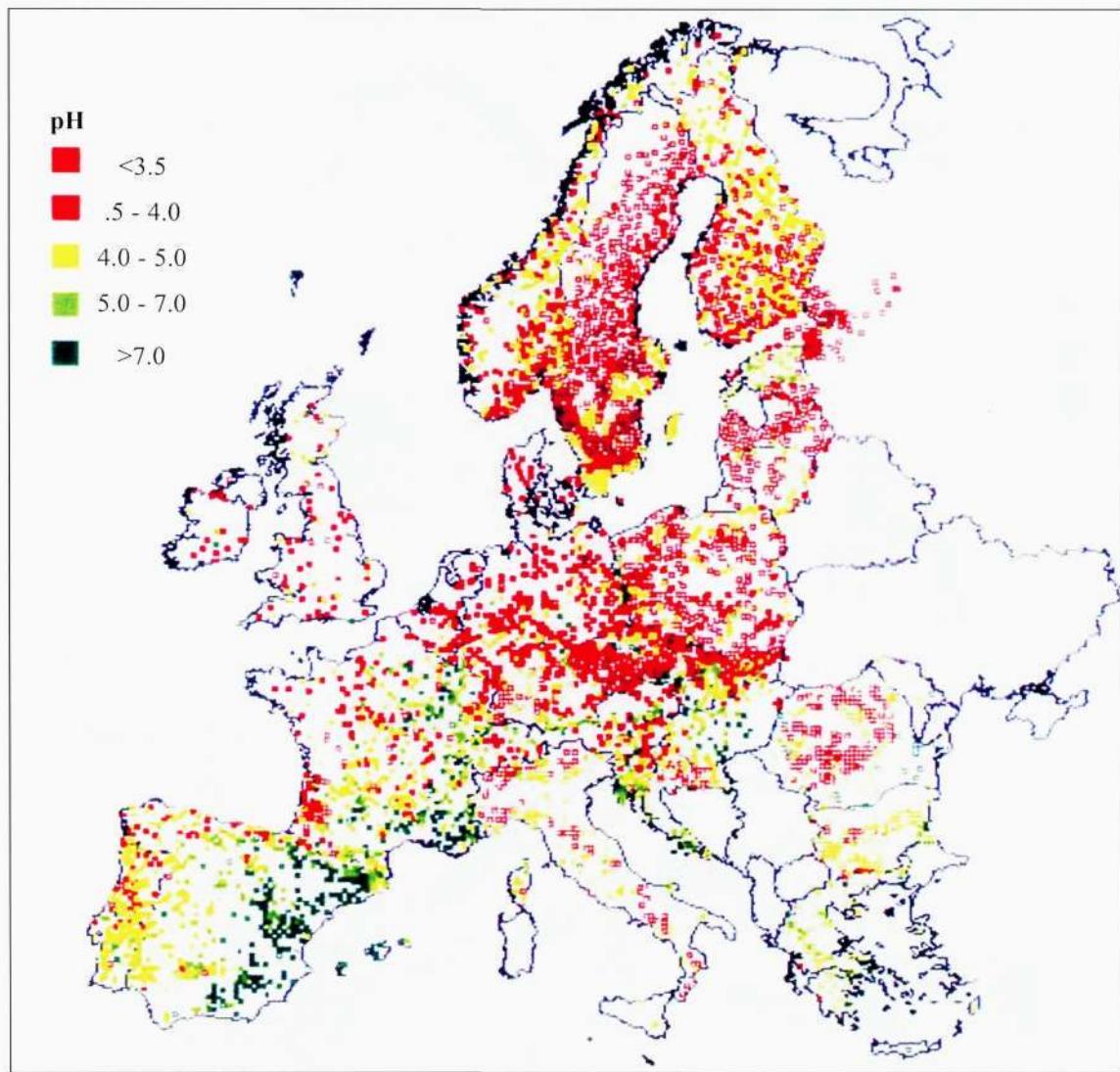
tih godina pokazali su da je smanjenje sulfata veće nego tijekom osamdesetih godina. U Finskoj, Švedskoj i Norveškoj tijekom osamdesetih godina je porasao alkalitet, ali se oporavio u devedesetima. Na mnogim pokušnim mjestima u Europi (Italija, Njemačka, Nizozemska, Danska) alkalitet je također povećan početkom osamdesetih, ali se početkom devedesetih razina alkaliteta ubrzala. Ostala područja (New York, Quebec, srednja i zapadna Amerika i Engleska) su pokazala ili da nema oporavka ili porast acidifikacije.

Integralno motrenje rezultata istraživanja kemije površinskih voda je konzistentno s podacima o stanju voda. Kao posljedica smanjenja depozicije sumpora, smanjile su se i koncentracije sulfata u tekućim vodama, ali se alkalitet povećao u većini pokušnih lokaliteta u nordijskim zemljama od 1988. do 1995. g. Utvrđeno

je također i smanjenje nitrata. Za pojedine pokuse u drugim područjima mnogo je teže interpretirati rezultate istraživanja u svezi s dušikom. Mogući pokazatelji razvoja zasićenosti dušikom (promjena u kemiji tla i mogući sezonski uzroci, koncentracije dušika u otopini tla) utvrđeni su u rezervaorima u Švedskoj. Ti rezultati ukazuju kako na dušik u budućnosti treba obratiti veću pozornost.

Rezultati ovih istraživanja (ICP Waters) ukazali su poboljšanje faune u vodi (Invertebrate) na mnogim norveškim i njemačkim lokalitetima. Neki pokazatelji ukazuju i na poboljšanje u Kanadi i Švedskoj.

Iz izvješća o trendovima djelovanja dugotrajnog prekograničnog onečićenja zraka na površinske vode (rijekе i jezera) nije vidljivo da li u Hrvatskoj postoje ova istraživanja.



Slika 2. Izmjereni (obojani) i interpolirani (bijeli) kvadrati za pH vrijednosti tla za sve praćene plohe
Figure 2 Measured (solid squares) and interpolated (open squares) pH values for the mineral top soil of all monitoring plots

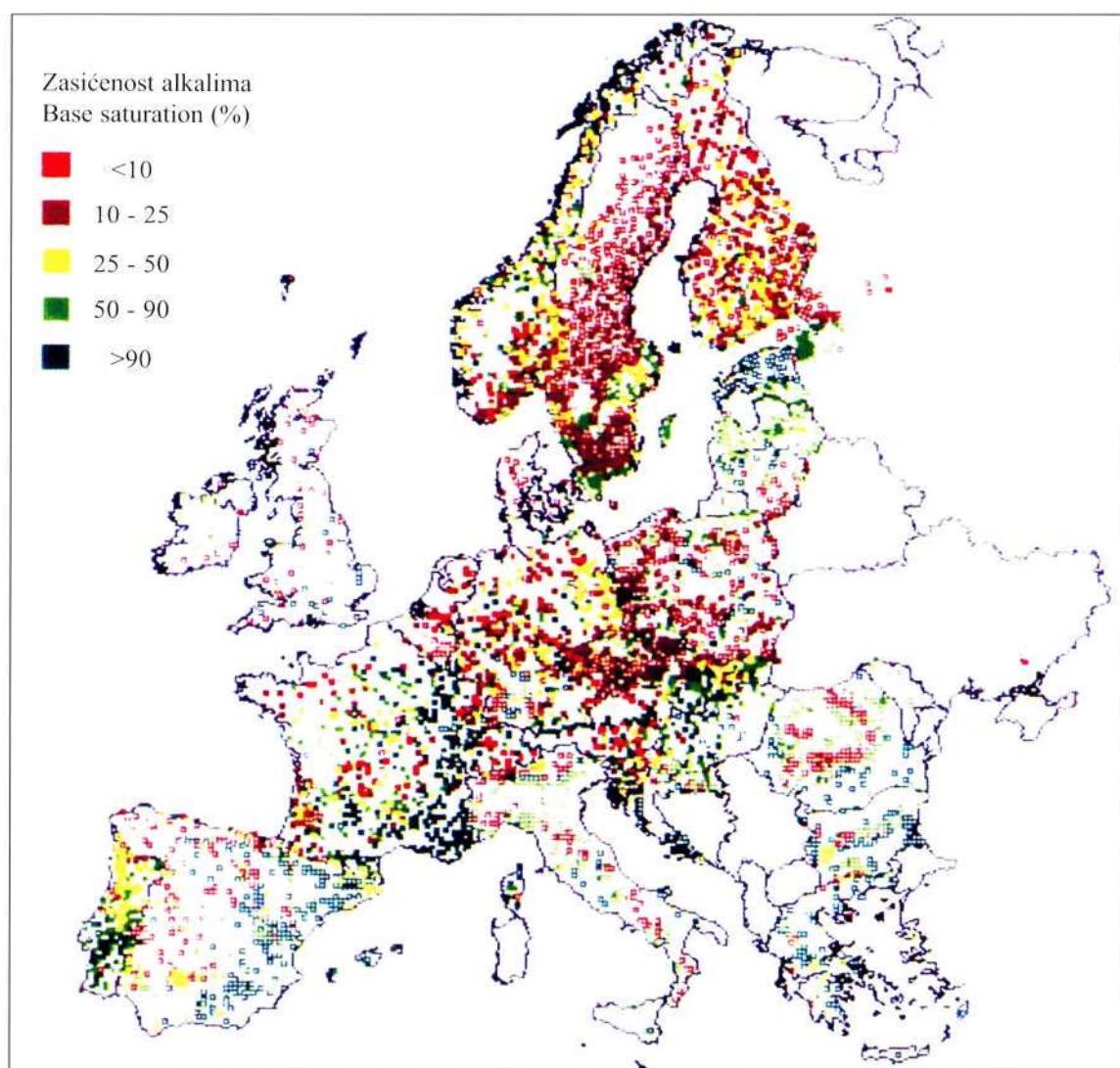
Šume

Praćenje oštećenosti krošanja u mnogim evropskim šumama (ICP Forests) pokazalo je široki spektar pogoršanja stanja u nekoliko posljednjih godina. Različite grupe pokusnih ploha s jako oštećenim krošnjama stabala postoje u mnogim zemljama. Uslijed defolijacije koja djelomično djeluje na prirodna svojstva stojbine, to se posebno odnosi na područja srednje Europe gdje su depozicije sumpora i dušika najveće. Obični bor oporavlja se nakon smanjenja onečišćenja zraka i poboljšanja vremenskih prilika. Mnoge pokusne plohe imaju vrlo kiselo tlo, odnosno oko 43% pokusnih ploha na kojima se prati osutost krošanja ima $\text{pH} < 4$ i zasićenost baza $<25\%$. Na osutost krošanja stabala djeluju i mnogi stresni čimbenici, ali najveća pogoršanja u posljednjih deset godina ne mogu se objasnjavati samo sresnim čimbenicima. Moguće je utvrditi prostornu korelaciju između jako oštećenih površina šuma i regionalnih razlika u kvaliteti zraka, određenim svojstvima šumske

stojbine i stanja ishrane stabala u srednjoj Europi. Općenito uzevši pretpostavlja se da je onečišćenje zraka pokretački čimbenik.

Kako smo već naveli Hrvatska je uključena u praćenje stanja oštećenosti krošanja od 1987. godine, na razini I i II. Praćenje osutosti krošanja i drugih karakteristika provodi se prema modelu ICP Forests (EC i UN/ECE 1988):

Pregled praćenja	Razina I	Razina II
Stanje krošanja	x	x
Folijarni uvjeti	x	x
Stojbina - tlo	x	x
Rast stabala	-	x
Prizemno rašće - vegetacija	-	x
Atmosferske depozicije	-	x
Meteorološki uvjeti	-	x



Slika 3. Izmjereni (obojani) i interpolirani kvadrati (bijeli) saturacije baza tla za sve praćene plohe

Figure 3 Measured (solid squares) and interpolated (open squares) base saturation for the mineral top soil of all monitoring plots

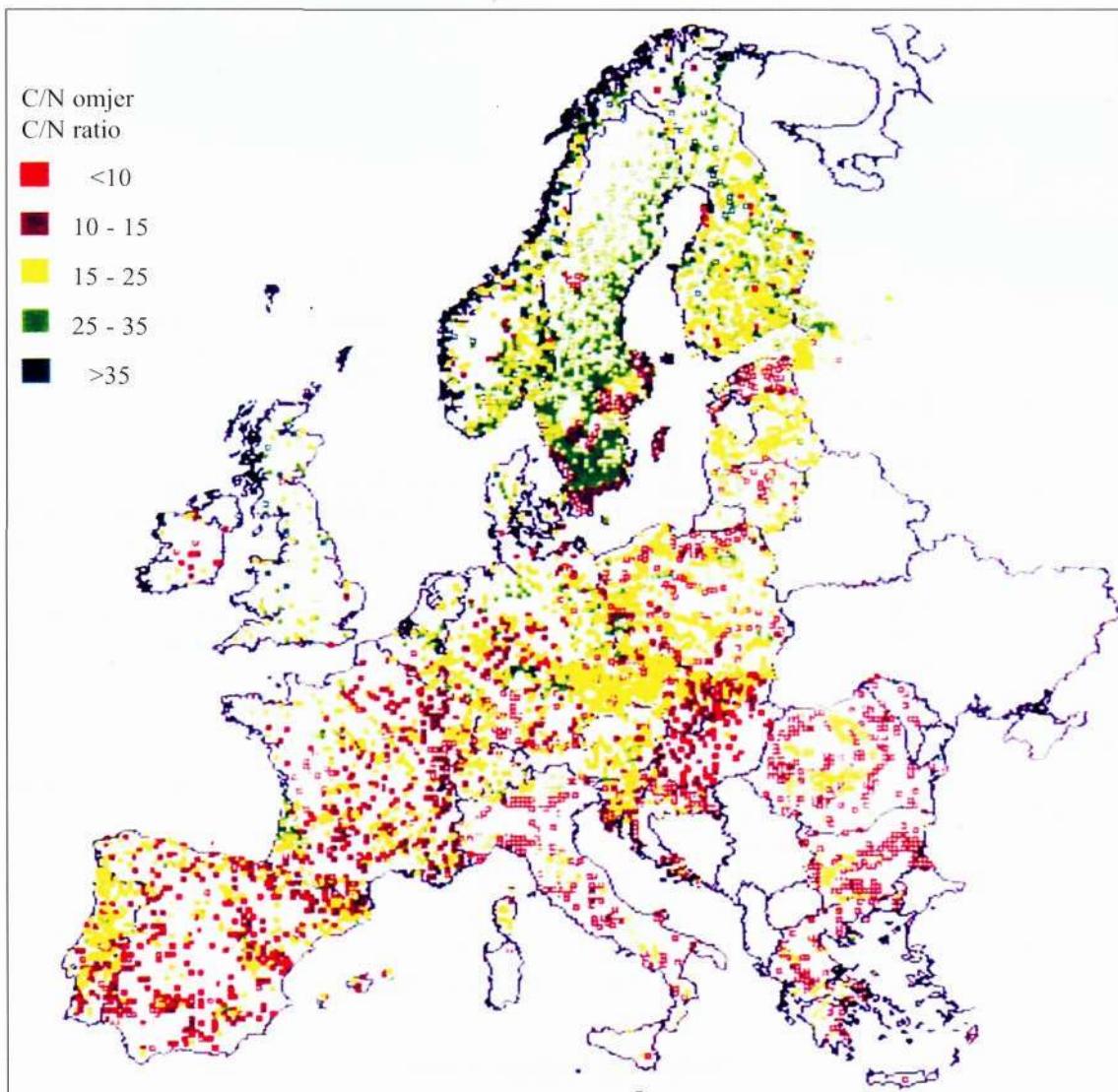
U Hrvatskoj ima 87 bioindikacijskih i 95 osnovnih ploha na kojima je tijekom 1998. obavljena procjena motrenja stanja krošanja, odnosno procjenom je ukupno obuhvaćeno 4428 stabala, od čega 4071 stablo bjeelogorice i 357 stabala crnogorice (Potočić, Seletković, 2000).

Od 1987. do 1997. godine zaposlenici "Hrvatskih šuma", p.o. Zagreb su na ploham razine I provodili motrenja gore navedenih parametara i sređivali ih za pojedine uprave šuma, te dostavljali na obradu Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Šumarski je institut na temelju dogovora i odluke EC/UN/ECE od 1998. g. određen kao Nacionalni centar za obradu podataka. Predstavnici Fakulteta, Instituta i "Hrvatskih šuma", p.o. Zagreb nazočni su na tečajevima koji su se održavali odvojeno za mediteranske i zemlje srednje Europe. Od 24. do 28. lipnja 2000. godine u Crikvenici će se održati 13. međunarodni interkalibracijski tečaj za

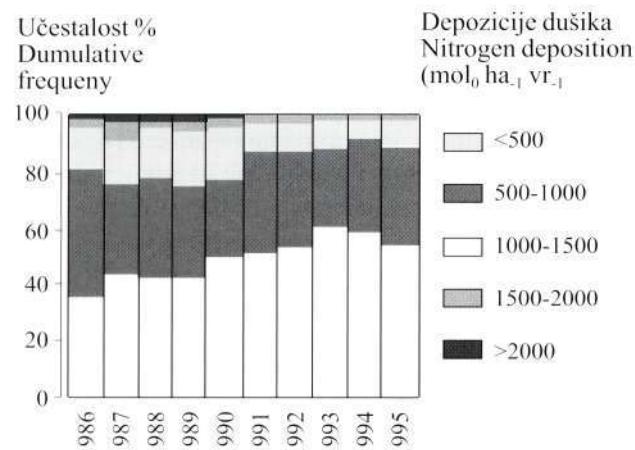
mediteranske zemlje u organizaciji Šumarskog instituta, Šumarskog fakulteta i "Hrvatskih šuma", p.o. Zagreb, Uprava šuma Senj.

Rezultati istraživanja propadanja šuma u Hrvatskoj, odnos te pojave prema biotskim i abiotskim čimbenicima nekada i danas, te primjena dosadašnjih sustavnih istraživanja umiranja šuma kod procjene kemijske opterećenosti susjednih poljoprivrednih površina, objavljeni su u mnogim znanstvenim i stručnim časopisima (Prpić, Komlenović, Seletković, 1998; Prpić, Seletković, Ivković, 1991; Prpić, Seletković, Vukelić, 1994).

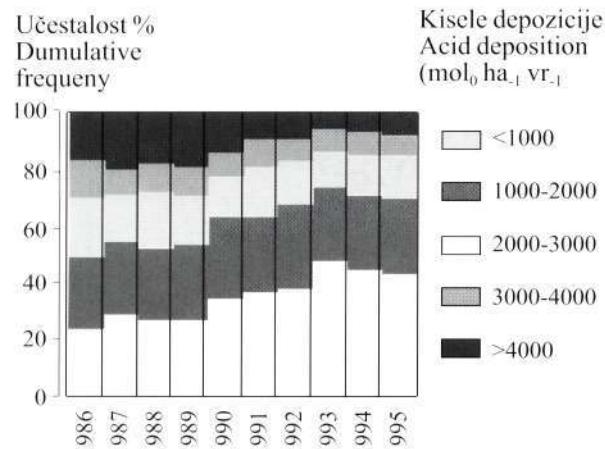
Stanje šuma u Europi (i Hrvatskoj), utjecaj imisija na šumske ekosustave Hrvatske, uzroci propadanja šuma u Europi, praćenje učinaka onečišćenja zraka na šume istraživali su također mnogi istraživači, od kojih spominjemo po našem mišljenju samo neke važnije



Slika 4. Izmjereni (obojani) i interpolirani kvadrati za odnose C/N praćene za sve plohe
Figure 4 Measured (solid squares) and interpolated (open squares) C/N ratio for the mineral top soil of all monitoring plots



Slika 5. Varijabilnost prosječnih depozicija ukupnog dušika po godinama
Figure 5 Temporal variation in annual average deposition of total Nitrogen

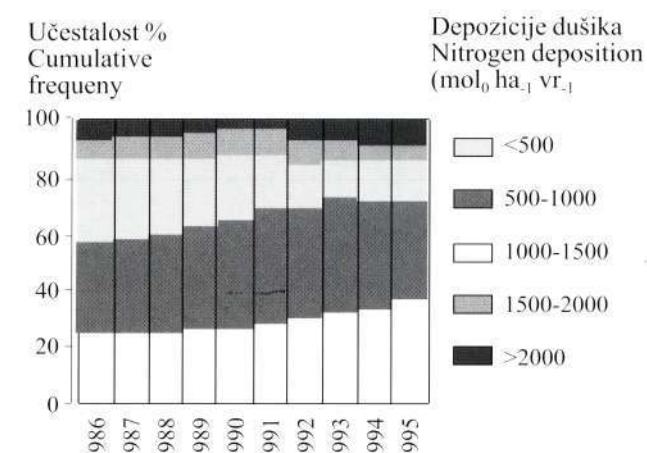


Slika 6. Varijabilnost prosječnih depozicija po godinama
Figure 6 Temporal variation in annual average acid deposition

(Komlenović, Rastovski, 1991; Komlenović, Gračan, 1991, Komlenović, 1993; Komlenović, Gračan 1994; Komlenović, Rastovski, Jurjević, 1994; Komlenović, Jurjević, 1995; Potočić, Seletković, 2000).

Utjecaj SO_2 i nekih drugih polutanata na šumsko drveće s posebnim osvrtom na Hrvatsku, opterećenost vegetacije grada Zagreba sumporom i mjeru zaštite, opterećenost kultura crnoga bora sumporom i teškim metalima, unos olova u šume Hrvatske te njegov utjecaj na crni bor i hrast kitnjak objavili su i istraživači Šumarskog instituta (Komlenović, 1989, 1990, 1994; Komlenović, Mayer, Rastovski 1990).

Objavljeni su i mnogi rezultati istraživanja štetnog djelovanja teških metala na tla i šumske ekosustave Hrvatske, a posebno olova, cinka i bakra u nizinskim šumama Hrvatske (Komlenović, Mayer, Rastovski 1991a, 1991b, 1995; Mayer, 1990; Mayer, Pezdirc, 1990; Vrbek, B, Vrbek M, Vukelić, Gašparac, 1994). O kritičnim vrijednostima izravnih utjecaja zagađenosti zraka na šume, poljoprivredne usjeve i materijale i kritičnim vrijednostima i opterećenjima sumporom i dušikom, objavljeni su rezultati dobiveni u nekim europskim zemljama (Komlenović, Harapin, Gračan, 1988; Komlenović, Gračan 1989).



Slika 7. Varijabilnost prosječnih kiselih depozicija Mg, K, Ca
Figure 7 Temporal variation in annual average deposition of the of sum Mg^{2+} , K^+ and Ca^{2+} deposition

Svakako da su rezultate štetnog djelovanja onečišćenja zraka na šume, šumska tla i ekosustave objavljivali i istraživači iz drugih znanstvenih ustanova. Ovdje se pretežito govori o rezultatima istraživanja u koja su uključeni znanstvenici i istraživači Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Šumarskog instituta, Jastrebarsko i "Hrvatskih šuma", p.o. Zagreb u okviru programa motrenja štetnog djelovanja onečišćenja zraka na šume (ICP Forests).

Podaci o depozicijama sumpora (S) i postotak oštećenosti stabala (%) sa stanjem 1994. prikazani su na Sl. 1, o kiselosti na praćenim plohamama izraženim u pH vrijednostima na Sl. 2; zasićenosti alkalima (pH veći od 7,00) na Sl. 3; omjeri C/N na Sl. 4; pregled depozicija dušika na Sl. 5; kiselost depozicije na Sl. 6, a kiselih depozicija Mg, K, Ca na Sl. 7.

Štetno djelovanje ozona

Rezultati istraživanja na pokusnim plohamama za praćenje vegetacije (ICP Vegetation) od 1989. do 1997.

godine pokazali su kako su utvrđene vidljive povrede uslijed djelovanja ozona (0,) najmanje na jednoj poku-

snoj plohi svake godine u srednjoj i južnoj Europi. Posljednjih nekoliko godina (1994-1997) osnovani su mnogi detaljni pokusi s djetelinom (*Trifolium repens*). Rezultati istraživanja pokazali su kako su utvrđena

uočljiva oštećenja za vrijeme praćenja u trajanju od 28 dana na 1/3 pokusnih ploha. Nije utvrđena nikakva vidljiva veza s vremenom opažanja.

Razina korozije na izloženim materijalima

Praćenje korozije na odabranim izloženim materijalima pokazala su smanjenje koncentracije kiselih polutanata, što je smanjilo razinu korozije. Na željezu i cinku, bilo da su pokriveni ili nepokriveni, smanjena je korozija. Te su promjene najprije uočene u skandinavskim zemljama, a potom i u zapadnoj i srednjoj Europi.

Sumporni dioksid (SO_2) je najveći pojedinačni čimbenik koji djeluje na smanjenje korozije. Smanjenje ki-

selosti oborina, također je jedan od čimbenika koji smanjuje koroziju, ali su ti učinci manji nego uslijed smanjenja SO_2 . O kritičnim vrijednostima izravnih utjecaja zagađenosti zraka na šume, poljoprivredne usjeve i materijale u Europi, pisali su Komlenović, Harapin i Gračan, 1988. godine, nakon savjetovanja u Njemačkoj.

BUDUĆI TRENDÖVI U KEMIJI TLA I VODA

Kada se radi o procjeni budućih trendova u svezi s kemijom tla i voda u političkom su smislu potrebni dinamički modeli, koji će utvrditi svjetske aspekte zaštite i obnove ekosustava. Koncept kritičnih opterećenja koji se koristi za određivanje razine za okoliš, ne može predviđjeti potrebno vrijeme za oporavak ekosustava. Radna skupina za integralno motrenje (ICP Integral Monitoring) izradila je model koji se rabi za procjenu imisija/depozicija u nekim eksperimentima. Modeli se mogu prilagoditi kao alternativa procjene od političkog značenja. Ti modeli pokazuju kako u kratko vrijeme (do 30 godina) smanjenje imisija određuje razinu oporavka. Što se prije smanji razina imisija, to je brži oporavak

tla i površinske vode. Za planiranja dugoročnog oporavka (oko 30 godina) smanjenje razine emisija je važnije od vremenskog razdoblja.

Simulacijski modeli pokazali su kako je kontrola dušičnih imisija mnogo važnija u odnosu na imisije sumpora. Zasićenje tla dušikom i stalno vezanje dušičnih spojeva mogu koristiti kao protuteža za smanjenje imisija sumpora. Zasićenost tla dušikom i stalna infiltracija nitrata služe za procjenu oporavka smanjenjem sumpora. Infiltzacija dušika kroz tlo može dovesti do daljnje acidifikacije tekućih voda i do većih učinaka dušika u nekim područjima Europe.

PROŠLI I BUDUĆI TRENDÖVI ŠTETNIH EMISIJA, KONCENTRACIJA, DEPOZICIJA I POVEĆANJE KRITIČNIH OPTEREĆENJA I RAZINA

Dosadašnji rezultati istraživanja i praćenja pokazali su kako su emisije sumpora u Europi 1995. bile 55% manje nego 1975. godine. Daljnja primjena protokola iz Oslo (1994) i druge planirane političke mjere pomoći će smanjenju sumpora. Naprotiv, emisije dušika i dušičnih spojeva (oksidiranih i reduciranih) u Europi se nisu postupno smanjivale od svog maksimuma početkom osamdesetih do sada. Slični su trendovi sumpornih i dušičnih emisija u Sjevernoj Americi. Modeliranje kiselih depozicija (sumpor i dušik) koje je proveo Meteorološki centar pokazale su promjene u objavljenim rezultatima. Najveća je razina sumpora nađena u srednjoj Europi u posljednjim desetljećima. Rasprostranjenje depozicija u pojedinim područjima smanjilo se u zadnjih dvadeset godina. U svezi s tim, najveći sadržaj sumpora u iznosu od 10g^{-2} godišnje smanjio se na 5g m^{-2} , dakle za

pola u 1995. godini. Prema podacima Kemijskog koordinacijskog centra, izgleda kako su se depozicije kationa smanjile u Europi, što može pomoći smanjenju emisija sumpora i dušika.

Prema karti koja pokazuje kritična opterećenja za kiselost s 5% sigurnosti (što znači da je 95% ekosustava zaštićeno), odnosno za 95% površina procijenjena su kritična opterećenja. Ta se karta može usporediti s kartama za opterećenost sumporom i dušikom. Usporedba pokazuje povećanje opterećenosti za mnoga osjetljiva europska područja. Ona je učinjena za prošlost, sadašnjost i budućnost. Planovi smanjenja opterećenja do 2010. godine pokazuju značajno poboljšanje u odnosu na 1975. godinu.

Za kritična opterećenja dušikom, poboljšanja koja se mogu promijeniti na sličan način kao i za zakiselje-

nost (navedeno naprijed) su mala. Kao rezultat, ukupna površina s povećanjem depozicija iznad kritičnih opterećenja (kiselost ili dušična gnojiva) smanjena je za samo 40%, od iznosa 2,5 milijuna km² 1980. na oko 1,5 milijuna km² 2010. godine.

Kritične koncentracije ozona modelirane na sličan način variraju od godine do godine i od zemlje u Evropi, ali nema jasnih trendova. Rezultati istraživanja dje-lovanja ozona na usjeve i drugu vegetaciju nisu pokazali jasne trendove posljednjih godina.

ZAKLJUČCI

Smanjenje emisija sumpora u posljednjih 20 godina rezultiralo je manjim zakiseljavanjem u Europi i Sjevernoj Americi. Smanjenje je povezano s oporavkom kemije i biologije tekućih voda i jezera, smanjenjem korozije materijala u mnogim područjima Europske zajednice. Kritična opterećenja koja uzrokuju zakiseljavanje su smanjena i smanjivat će se u budućnosti. Ipak

emisije dušika su ostale visoke i dalje uzrokuju eutrofikaciju prirodnih ekosustava kao i acidifikaciju, zbog toga što je smanjenje kritične razine dušičnih spojeva neznatno. šumski ekosustavi pokazuju daljnju deterioraciju u nekim europskim zemljama, rezultati toga su povezani i sa stresnim čimbenicima drugih čimbenika,

LITERATURA

U Tehničkom izvješću Radne skupine za učinke UN/ECE Komisije o prekograničnom onečišćenju zraka navedena su 72 citata različitih autora (Trends in Impacts of Long-range Transboundary Air Pollution), koje ovdje ne navodimo. Smatrali smo potrebnim citirati neke važne radove naših autora koji su radili na ovoj problematici:

Gračan, Joso, 1990: Genetski efekti zračnih polutantata na šumske populacije (Genetic effects of air Pollutants in Forest Tree populations). Rad. Šum. inst. 25 (3): 285-294, Zagreb.

Komlenović, Nikola, 1989: Utjecaj SO₂ i nekih drugih polutanata na šumsko drveće s posebnim osvrtom na Hrvatsku (The effect of SO₂ and some other pollutants on forest trees with special reference to Croatia). Šum. list 113 (6/8): 243-260, Zagreb.

Komlenović, Nikola, 1990: Opterećenost vegetacije grada Zagreba sumporom i mjere zaštite (Sulphur Concentrations in Vegetation in Zagreb and Measures of Protection). Znanstveno savjetovanje JAZU "Zelenilo grada Zagreb": 7-9, Zagreb.

Komlenović, Nikola, 1993: IX sastanak suradnika "Međunarodnog kooperativnog programa za monitoring efekata onečišćenja zraka na šume" (ICP Forest) 23-26 svibnja 1993.g. u Budimpešti. (9th EU/ICP Forest Task Force Meeting). Šum. list 117 (6/7): 325-329, Zagreb.

Komlenović, Nikola, 1994: Forest condition in Europe. Results of the 1993 Survey, UN/ECE; Croatia: 66-66, Anex I 5-6, II 1-7, Brussels, Geneve.

Komlenović, Nikola, 1994: Unos olova u šume Hrvatske te njegov utjecaj na uspijevanje crnog bo-

ra (*Pinus nigra* Arn.) i hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Lib.). (Lead intake in the forests of Croatia and its effect on the growth of black pine (*Pinus nigra* Arn.) and the sessile oak (*Quercus petraea* Lib.). Spomenica uz 90 obljetnicu rođenja i 10. obljetnicu smrti Mihovila Gračanina: 89-99. Zagreb.

Komlenović, Nikola; Gračan, Joso; Pezdirc Nadežda; Rastovski Petar, 1988: Utjecaj polutanata na bukove šume i kulture smreke u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. (Influence of Pollutants on Beech Forests and Spruce Plantations in northwestern Croatia). Šum. list 112 (5/6): 217-230, Zagreb.

Komlenović, Nikola; Harapin, Miroslav; Gračan, Joso, 1988: Kritične vrijednosti direktnih utjecaja zagađenosti zraka na šume poljoprivredne usjeve i materijale. (Critical Levels for Direct Effects of Air Pollution on Forests, Crops and Materials). Šum. list 112 (5/6): 247-254, Zagreb.

Komlenović, Nikola; Gračan, Joso, 1989: Kritične vrijednosti i opterećenja sumporom i dušikom (Critical Values of Loading with Sulphur and Nitrogen). Šum. list 113 (6/8): 363-371, Zagreb.

Komlenović, Nikola; Mayer, Branimir; Rastovski, Petar, 1990: Opterećenost kultura crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na području Istre sumporom i teškim metalima. (Sulphur and Heavy Metals Load on Cultures of Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) on the Territory of Istria). Šum. list 114 (11/12): 451-461, Zagreb.

- Komlenović, Nikola; Mayer Branimir; Rastovski, Petar, 1991: Unos teških metala onečišćenim vodama u tla nizinskih šuma istočne Slavonije. (Introduction of Heavy Metals by Polluted Flood Waters into Soil of Lawland Forests of East Slavonia). Šum. list 115 (3/5): 131-149, Zagreb.
- Komlenović, Nikola; Mayer, Branimir; Rastovski, Petar, 1991: Utjecaj teških metala na šumske ekosisteme Hrvatske. (The impact of heavy metals on forests ecosystems of Croatia). Četvrti kongres biologa Hrvatske: 326-327, Dubrovnik.
- Komlenović, Nikola; Rastovski, Petar, 1991: Utjecaj imisije na šumske ekosisteme Hrvatske. (Effect of Emisions on the Forest ecosystems in Croatia). Šum. list 115 (3/5): 203-217, Zagreb.
- Komlenović, Nikola; Jurjević, Petar, 1994: Stanje šuma u Evropi - 1993. (Forest condition in Europe - Results of the 1993 Survey). Šum. list 118 (5/6): 192-194, Zagreb.
- Komlenović, Nikola; Mayer, Branimir; Rastovski, Petar, 1994: Teški metali (Pb, Zn, Cu) u nizinskim šumama sjeverne Hrvatske. (Content of heavy metals in soils of north Croatia). Znanstveni skup Metali u hrani i okolišu, Stubičke Toplice, Hrvatsko farmaceutsko društvo. Zbornik radova: 230-236, Zagreb.
- Komlenović, Nikola; Rastovski, Petar, Seletković, Zvonko, 1995: Cu- und Zn- Einträge in die Waldböden des nördlichen und westlichen Kroatiens unter dem Einfluß des stammablaufwassers der Buchen. Bewertung von Stoffbelastungen der Böden am Beispiel von Schwermetallen. Arge - Alp: 34-39, München.
- Mayer, Branimir, 1990: Immision of Heavy Metals Pb, Cu, Zn, into flooded Forest Soils. XIX IUFRO World Congress. Division 2: 565-565, Montreal.
- Mayer, Branimir; Pezdić, Nadežda, 1990: Teški metali (Pb, Zn, Cu) u tlima nizinskih šuma sjeverozapadne Hrvatske (Heavy Metals (Pb, Zn, CU) in the Soils of Lowland Forest in North - Western Croatia). Šum. list 114 (6/8): 251-259, Zagreb.
- Pleše, I.L., 1997: Sumrak Goranskih šuma - ekološka problematika delničkog kraja, II dopunjeno izdanie, "Hrvatske šume", p.o. Zagreb, Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Potočić, N., Seletković, I., 2000.: Stanje oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj 1998. god., Šum. list 1-2, str. 51-56.
- Prpić, B., Glavač, V., Koenies, H., 1987: Zur Immission - belastung der industrieferen Buchen-Taunenwaeldern in den dinarischen Gebirgen Nordwestjugoslawiens, Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie, Band XV, 237-247 Graz (Göttingen).
- Prpić, B., Seletković, Z., 1987: Tannensterben in Gorski Kotar in Kroatien Licthe des Einflusses des Einflusses der Industriepollution, 5. IUFRO Tannensymposium, 321-330, Zvolen.
- Prpić, B., Rauš, Đ., 1987: Stieleichensterben in Kroatien im Licht ökologischer und vegetationskundlicher Untersuchungen, Oesterr. Forstz. 3, 55-57.
- Prpić, Branimir; Komlenović, Nikola; Seletković, Zvonko, 1988: Propadanje šuma u SR Hrvatskoj (Dieback of Forests in Croatia). Šum. list 112 (5/6): 195-216, Zagreb.
- Prpić, B., 1989: Sušenje hrasta lužnjaka u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstituacije vrste. Glas. šum. pokuse 25:1-24.
- Prpić, B., Seletković, Z., Ivković, M., 1991: Propadanje šuma u Hrvatskoj i odnos pojave prema biotskim i abiotiskim činiteljima danas i u prošlosti. Šum. list 115 (3-5): 107-130.
- Prpić, B., Seletković, Z., 1992: Radial increment of the Fir in the Faculty Forest Zalesina as to the Climatic Excesses and input of Pollutants, 6. IUFRO Symposium of Fir, Zagreb, 173-182.
- Prpić, B., Seletković, Z., Vukelić, J., 1994: Primjena dosadašnjih sustavnih istraživanja umiranja šuma kod procjene kemijske opterećenosti susjednih poljoprivrednih prostora Hrvatske, Šum. list 118 (9-10).
- Prpić, B., Seletković, Z., Ivković, M., 1994: Oštećenost krošanja glavnih vrsta drveća u Hrvatskoj u odnosu na radikalne priraste, Šum. list 118 (1-2): 3-10.
- Vrbek, Boris; Vrbek Mirjana; Vukelić, Joso; Gašparac, Miljenko, 1994: Rezultati istraživanja unosa teških metala (Pb, Cu, Zn) u Nacionalnom parku "Risnjak". (The results of study of input of heavy metals (Pb, Cu, Zn), in "Risnjak" National Park). Zbornik radova 40 godina Nacionalnog parka "Risnjak" (1953-1993): 140-142, Crni Lug.

SUMMARY: *The Working Group on Effects of Long-range Transboundary Air Pollution is established according to Convention on Transboundary Pollution. The Working Group is responsible for research and development on the effects of major air pollutants on human health and the environment. On the basis of the research results from the 1987 to 1997 the Substantive Report on trends in the effects of air pollutants is published. The most Programmes have been in operation for 10 years or more.*

Faculty of Forestry University of Zagreb, Forest Research Institute, Jastrebarsko and Public Enterprise "Croatian Forests" ("Hrvatske šume", p.o. Zagreb) had a significant contribution in the obtained results. The Monitoring system of Air Pollution effects in Croatia is established 1987 (Prpić, et. al. 1987). First results about dieback of beech with silver fir in mountain range of Dinarides caused by industrial pollution were announced together with German researchers (Prpić, Glavač, Koenies, 1985). Dieback of silver fir caused by Air Pollution in Gorski Kotar Region are also published (Prpić, Seletković, 1987). In general, first results about dieback of forest in Croatia are published immediately after first year of research (Prpić, Komlenović, Seletković, 1987).

The different research of Trends in Impacts of Long-range Transboundary Air Pollution effects and also benefits that might result from decreases in emissions (Sulfur and others) are published in this report. The report is produced by members of Bureau of the Working Group on Effects and the Programme Centres, according to Convention rules (ECE). By measuring the empirical trends are obtained and by dynamic modeling studies the future predictions are founded.

Key words: Trends, Long-range, Transboundary, Air Pollution