

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
PRI BIOTEHNIŠKI FAKULTETI V LJUBLJANI

FRANC BATIČ

BIOINDIKACIJA ONESNAŽENOSTI
ZRAKA Z EPIFITSKIMI LIŠAJI I.

RAZISKOVALNA NALOGA

LJUBLJANA, 1990

GDH in kjerne hende i nalogi!

e-389

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani

Franc BATIČ

BIOINDIKACIJA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z
EPIFITSKIMI LIŠAJI - I.

Raziskovalna naloga

Ljubljana, 1990



e 339/1220

Nosilec naloge:

Franc BATIČ, doc., dr., prof. biol.,
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani

Sodelavci:

Tone KRALJ, dipl. inž. mat.
Vid MIKULIČ, dipl. inž. gozdzd.
Inštitut za gozdno in lesno
gospodarstvo

Dušan HRČEK, dipl. inž. meteor.
Hidrometeorološki zavod Slovenije,
Ljubljana

Izvleček

BATIČ, F.: BIOINDIKACIJA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z EPIFITSKIMI LIŠAJI - I.

Epifitska lišajska vegetacija je bila uporabljena kot bioindikator onesnaženosti ozračja v popisih propadanja gozdov l. 1985 in 1987. Uporabljena je bila metoda kartiranja in ocenjevanja prisotnosti treh osnovnih tipov lišajev, skorjastih, listastih in grmičastih. Na osnovi ocenitve stanja je bil za vsako popisno mesto izračunan indeks atmosferske čistoče. Iz vrednosti indeksa je bila narejena lišajska karta Slovenije, ki sorazmerno dobro odraža onesnaženost ozračja v gozdovih in dopolnjuje meritve polutantov v zraku. Bioindikatorska sposobnost epifitskih lišajev je bila ovrednotena z razpoložljivimi meritvami SO_2 v zraku in nekaterimi dejavniki (količina padavin, nadmorska višina popisnega mesta, drevesna vrsta), ki vplivajo na njihovo uspevanje in s tem na indikatorsko vrednost.

Ključne besede: popis propadanja gozdov, bioindikacija onesnaženosti zraka, epifitska lišajska vegetacija, diferencialna diagnostika, Slovenija, Jugoslavija.

Abstract

BATIČ, F.: BIOINDICATION OF AIR POLLUTION BY EPIPHYTIC LICHEN

Epiphytic lichen vegetation was used as air pollution bioindicative systems at forest die-back inventories in 1985 and 1987. Mapping and assessment of three main lichen thalli types (crustose, foliose, fructicose) was performed and an index at atmospheric purity (IAP) was calculated for inventory plot. A lichen map of Slovenia was drawn using data of IAP. It reflected well the overall air pollution in forests what was proved also by SO_2 measurements. Bioindicative value of epiphytic lichen vegetation was confirmed also by assessment of the influence of some other ecological parameters like amount of precipitation and altitude above sea level of research plots.

Key words: forest die-back inventory, bioindication of air pollution, epiphytic lichen vegetation, differential diagnostics, Slovenia, Yugoslavia.

KAZALO VSEBINE

	Stran:
1. UVOD	1
2. METODE DE LA	3
3. REZULTATI IN DISKUSIJA	5
4. ZAKLJUČKI	12
5. POVZETEK	14
6. SUMMARY	17
7. LITERATURA	19
8. PRILOGE K TEKSTU	21
9. PRILOGE	41

1. UVOD

Sušenje gozdnega drevja ali propadanje gozdov kot često imenujemo zadnje čase ta pojav je v večjem obsegu zajelo tudi naše kraje. Po vzgledu na zahodno in srednjeevropske države smo l.1985 začeli z inventuro propadanja gozdov, da bi določili stopnjo in obseg tega pojava v Sloveniji. V l.1987 smo popis ponovili, hkrati pa je bil to leto opravljen prvi popis propadanja gozdov na ozemlju celotne Jugoslavije. V letu 1989 je bil narejen popis le na izbranem številu popisnih mest, ki naj bi predstavljala slovenske gozdove glede na naravne danosti in načine gospodarjenja z njimi. Verjetno bodo popisi v prihodnjih letih zaradi velikih stroškov celega popisa omejeni na reprezentativna popisna mesta.

Glede na to, da večina teorij in hipotez išče vzroke propadanja gozdov v direktnem ali indirektnem vplivu onesnaženega zraka, smo se odločili, da bomo pri popisu propadanja gozdov uporabili epifitsko lišajsko vegetacijo kot bioindikator kvalitete zraka na mestih popisa.

Bioindikatorji so organizmi ali njihove združbe, ki na vnos škodljivih snovi v okolje reagirajo s spremembo življenjskih funkcij (pojavljanje, aktivnosti, izgleda, zgradbe, produktivnosti itd.) (ARNDT in sod.1987). V osnovi poznamo tri vrste bioindikatorjev in sicer kazalce, testerje in monitorje. Kazalci so tisti organizmi, ki kažejo oziroma odražajo določene danosti v ekosistemih (npr. pH, vlago, težke kovine, prebitek dušika, zbita tla, onesnaženje z SO₂ itd). Testerji so organizmi, katerih občutljivost oz.odpornost na določeno snov (polutant) je bila laboratorijsko preizkušena. Monitorji so organizmi, ki združujejo lastnosti kazalcev in testerjev. Kvalitativno in kvantitativno odražajo vnos škodljive snovi v okolje. Če je pri kazalcih odziv na škodljive snovi težko kvantificirati in če je kvalitativen in kvantificiran odziv testerjev težko prenesti na druge organizme v naravnih ekosistemih, so pri monitorjih te napake odpravljene. S pomočjo njih lahko kvalitativno in kvantitativno zasledujemo imisijo polutantov. Pri uporabi in iskanju bioindikatorjev si vedno prizadevamo najti monitorje, kar pa zahteva številna opazovanja v naravi, laboratorijske poskuse in spremljajoče meritve polutantov. Monitorji so lahko reakcijski ali akumulacijski bioindikatorji. Prvi so v laboratorijih standardizirani organizmi, ki jih prenašamo v okolje in zasledujemo onesnaženje. Drugi so v naravi prisotni organizmi, ki akumulirajo škodljive snovi. Z njimi pasivno spremljamo onesnaženje in zasledujemo kopičenje določene snovi v okolju. Lišaje lahko uvrstimo v

vse tri skupine bioindikatorjev, pri čemer je njihova vloga kazalcev splošnega onesnaženja zraka že zelo dolgo poznana (FERRY in sod.1973, HAWKSWORTH & ROSE 1976, DERUELLE 1978, NASH III. & WIRTH 1988) in ponavadi občutljivejše vrste propadajo prej kot se pojavijo znaki poškodb na drugi gozdni vegetaciji. Tako lahko stanje epifitske lišajske vegetacije do neke mere nadomešča, še bolj pa dopolnjuje meritve polutantov v zraku, še posebej ob dejstvu, da je večina merilnih mest Hidrometeorološkega zavoda v naseljih in imamo o koncentracijah polutantov v zraku v gozdnem prostoru le malo podatkov. Pri iskanju vzrokov propadanja gozda na določenem področju pa je ta podatek nujen in stanje epifitske lišajske vegetacije nam lahko v takšnem primeru služi kot eno izmed diferencialnih diagnostičnih sredstev. In zakaj so ravno epifitski lišaji tako zelo občutljivi na onesnažen zrak? Vzroke za to najdemo v njihovi zgradbi in načinu življenja. Lišaji so simbionti, katerih telo-steljka je zgrajeno iz alg (ali cepljivk) in gliv. Občutljivo ravnovesje simbioze se v onesnaženem okolju bolj hitro poruši. Kot epifiti so se v dolgi evoluciji prilagodili tako, da so sposobni akumulirati ogromne količine snovi iz zraka, tudi polutante, kar je zanje usodno. Kot steljčnice nimajo krovnih tkiv in s tem nobene aktivne zaščite pred udarom polutantov. Aktivni so skozi celo leto, pri čemer je njihova rast zelo počasna. Zaradi vsega naštetega epifitski lišaji hitro propadejo v okolju z onesnaženim zrakom in jih že zelo dolgo uporabljajo kot bioindikatorje kvalitete zraka v urbanih okoljih, o čemer je na voljo veliko tuje (FERRY in sod.1973, DERUELLE 1978, HAWKSWORTH & ROSE 1976, NIMIS 1985, LIEBENDORFER in sod.1988 itd.) in domače literature (SKOBERNE 1976, BATIČ in sod.1979, PETKOVŠEK in so.1984 itd.). Še posebej je dokazana velika občutljivost epifitskih lišajev na žveplov dioksid (HAWKSWORTH & ROSE 1970, GILBERT 1970b, JOHNSEN & SOCHTING 1973, TRAS 1973), kar je bil dodatni razlog, da smo jih zaradi naših polucijskih razmer vključili v popis propadanja gozdov kot eno izmed bioindikacijskih metod ugotavljanja onesnaženosti ozračja.

V popis propadanja gozdov smo vključili epifitske lišaje kot bioindikatorje - kazalce onesnaženosti ozračja. Za to metodo smo se odločili iz razlogov, ker lišajev testerjev ali celo monitorjev za naše razmere nismo imeli na razpolago. Tudi pri uporabi lišajev kot kazalcev čistoče oziroma onesnaženosti zraka imamo pri nas težave. Lišajska flora in vegetacija sta v Sloveniji praktično še

neraziskani. Zelo malo je zbrana o fondu lišajskih vrst in njihovi razširjenosti v Sloveniji (KUŠAN 1953), zato je tudi primerjava današnjega stanja s tistim pred večjim onesnaženjem zraka pri nas skoraj nemogoča. Do neke mere nam lahko pomagajo dela tujih avtorjev, po katerih se s to metodo tudi zgledujemo, še posebej pa nam pomagajo raziskave merjenj v Avstriji (TURK & WITTMAN 1988, EHRENDORFER in sod. 1983) in Italiji (NIMIS 1985). Poleg tega so v Sloveniji še relativno čista področja tako, da lahko sklepamo na spremembe v lišajski flori in vegetaciji, ki so nastale v onesnaženih predelih.

Znano je, da so lišaji dober indikator splošnega onesnaženja zraka (FERRY in sod. 1973, HAWKSWORTH & ROSE 1976) in onesnaženja z žveplovimi spojinami in fluoridi (isti avtorji), nekoliko manj pa je znanega o njihovi občutljivosti na fotooksidante (O_3 , PAN itd.). Zato smo v raziskavo bioindikacije onesnaženosti zraka vključili tudi poskuse ugotavljanja teh snovi v zraku s preizkušenimi bioindikatorji-testerji, katerih odziv na te snovi je poznan. Zaradi narave dela smo se s to raziskavo omejili v glavnem na področje mesta Ljubljane, ki je raziskavo tudi financirala. Zaključki so priloga elaborata.

2. METODA DELA

Pri popisu propadanja gozdov smo v Sloveniji uporabili nekoliko modificirano metodo (ŠOLAR 1988), ki jo je priporočila posebna komisija pri Združenih narodih in jo z rahlimi spremembami uporablja večina evropskih držav. V obrazec 1, ki zajema opis popisnega mesta na 4x4 km popisni mreži, smo vključili ocenitev stanja epifitske lišajske vegetacije kot merilo onesnaženosti zraka. Epifitske lišaje lahko uporabljamo v bioindikacijske namene na različne načine, odvisno od namena, razpoložljivega časa in usposobljenosti popisovalcev. Glede na to, da so popis propadanja gozdov opravili gozdarji s terena in da je bilo število popisnih ploskev zelo veliko, smo se odločili za enostavnejšo metodo popisa lišajev. Na eni izmed klimatozonalnih drevesnih vrst ali tudi drugi (monokulture), smo na popisnem mestu ocenili prisotnost in stanje treh osnovnih morfoloških tipov epifitskih lišajev, t.j. skorjastih (C), listastih (L) in grmičastih (R).

Izhodišče za takšen izbor je bilo dejstvo, da so ti trije tipi zaradi svoje ekologije na onesnažen zrak različno odporni, pri čemer odpornost pada od skorjastih prek listastih do grmičastih. Vzrok za to je puferski vpliv podlage in pa delež steljke, ki je v stiku z zrakom oziroma s podlago in s tem povezana absorpcijska površina in z njo preskrba z vodo in minerali. Poleg upoštevanja že ome-

njenih morfoloških tipov, smo stanje epifitske lišajske vegetacije ocenili še z ocenitvijo višine rasti na drevesih (h), pokrovnosti (C) in številčnosti steljk (a) za vsak tip posebej. Vse tri parametre smo ocenili v razponu od 1 do 3 in sicer: višina rasti na drevesih: 1- od tal do 0,5 m, 2- od tal do 2,5 m, 3- od tal visoko v krošnje dreves; številčnost: 1- posamezne steljke, 2- steljke srednje pogoste, 3- steljke zelo pogoste; pokrovnost: 1- od 1-10% površine debel ali vej, 2- od 10-50% površine debel ali vej, 3- od 50-100% površine debel ali vej. Iz tako ocenjenega stanja epifitske lišajske vegetacije smo po vzgledu na tuje avtorje (Le BLANC & De SLOOVER 1970, LIŠKA 1978) izračunali po enačbi

$$IAP = C(h + a + c) + F(h + a + c) + R(h + a + c)$$

indeks atmosferske čistoče (index of atmospheric purity - IAP), kjer kratice pomenijo zgoraj omenjene tipe lišajev in ocenjene parametre. Vrednosti indeksa smo rangirali v pet razredov (skica 2), kjer razred 1 (IAP=0) pomeni močno onesnažen zrak, področje brez lišajske vegetacije, razred 5 (IAP=21-27) pa čist zrak in bujno lišajsko vegetacijo. Na vsakem popisnem mestu smo za ocenitev opazovali okrog deset dreves, pri čemer smo izbrali za opazovanja le nadmerna drevesa, katerih debla niso bila zakrita z grmovjem, vejami ali zelišči.

Kot smo že omenili v uvodu smo pri popisu propadanja gozdov odločali za najpreprostejšo metodo bioindikacije onesnaženosti zraka na popisnih ploskvah s pomočjo lišajev. Vzroki za takšno odločitev so bili v glavnem naslednji: veliko število popisnih ploskev (1.115 ploskev), slabo poznavanje lišajske flore v Sloveniji in s tem nezmožnost primerjave s prejšnjimi popisi na osnovi vrst, popisovalci, ki vrst v večjem obsegu ne poznajo niti se jih ne morejo v kratkem času naučiti in končno tudi pomanjkanje časa in denarja. Zaradi poslednjega popisa lišajev nismo vezali na drevesa (obrazec 2) ampak le na ploskev in še tam smo se zadovoljili le z oceno, ne pa s konkretnimi popisi. To je imelo nedvomno negativne posledice na kvaliteto rezultatov, vendar metoda za grobo ocenitev kvalitete zraka v gozdovih ustreza, kaj več pa tudi ni bil namen.

Pri vsem tem smo se zavedali, da bi bila bioindikacija onesnaženosti zraka v gozdovih na osnovi diverzitetnih indeksov (Le BLANC & De SLOOVER 1970) ali na osnovi indikatorskih vrst (HAWKSWORTH & ROSE 1976) veliko natančnejša, vendar je v nacionalnem obsegu zaenkrat nismo mogli izvesti.

Z metodo popisa lišajev smo seznanili popisovalce v uvajalnih seminarjih, del popisa pa smo kontrolirali s preverjanjem popisov v okviru točk 16x16 km bioindikacijske mreže (GG Ljubljana, GG Nazarje, del GG Sl. Gradec in GG Celje).

Popisne obrazce smo računalniško obdelali. Iz izračunanih in rangiranih vrednosti IAP smo izrisali lišajsko karto Slovenije in stanje epifitske lišajske vegetacije primerjali z meritvami polutantov (SO_2 , dimi) v zraku, s stopnjo ogroženosti gozdov in parametri kot so količina padavin, nadmorska višina popisnega mesta in nekaterimi sestojnimi parametri na mestu popisa.

V celoti smo obdelali podatke iz popisa propadanja gozdov l. 1987. Popis iz leta 1985 je obdelan le fragmentarno. Delni popis iz leta 1989 je zaradi bistveno manjšega števila popisnih ploskev obdelan le toliko in v takšni obliki, da smo dobili vsaj delno primerjavo s stanjem epifitske lišajske vegetacije v prejšnjih popisih.

V ta elaborat niso vključene že začeta kartiranja lišajskih vrst v sklopu 16x16 km bioindikatorske mreže in prav tako ne kartiranja, ki jih opravljamo v okolici večjih emisijskih centrov.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

Rezultati analize popisa iz l. 1985 so prikazani na tabelah od 1 do 4, njihova prostorska razporeditev pa na pregledni karti 1, kjer so označene tudi vse točke bioindikacijske mreže.

Rezultati kažejo, da je epifitska lišajska flora že v celi Sloveniji močno prizadeta. To najlepše potrjuje dejstvo, da grmičastih lišajev ni na velikem številu točk bioindikatorske mreže. Pri tem se moramo zavedati, da je vzrokov za njihovo odsotnost več. Poleg vpliva onesnaženega zraka moramo upoštevati klimo rastišča, gozdnogojitvene ukrepe in starost sestojev, v katerih je bil popis narejen. Pri preverjanju pravilnosti popisov smo ugotovili, da je večina pravih, vendar se tudi s te strani pojavljajo napake, ki vplivajo na ocenitev stanja epifitske lišajske flore in s tem na ocenitev stopnje onesnaženosti ozračja. Največkrat so popisovalci spregledali zakrnele steljke grmičastih lišajev, ko so delali popis na drevesih s še dokaj bujno vegetacijo listastih vrst. Ta pomanjkljivost pa v precejšnji meri zgubi na teži pri uporabi indeksa atmosferske čistoče, izračunanega na osnovi višine rasti, pogostnosti in pokrovnosti vseh treh morfoloških tipov epifitskih lišajev. Na pregledni karti in na tabeli 1 je prikazano stanje epifitske lišajske flore na točkah 16x16 km

bioindikatorske mreže. Poleg morfoloških tipov epifitskih lišajev in indeksa atmosferske čistoče, ki opredeljujeta stanje epifitske lišajske vegetacije, je za listasto vrsto *Hypogymnia physodes*, podana še vsebnost klorofila a in prisotnost tipičnih poškodb steljke.

Prisotnost grmičastih lišajev in visoka vrednost indeksa atmosferske čistoče (IAP = 4,5) nakazujeta čist zrak in bi morala sovpadati z najnižjim razredom vsebnosti žvepla v iglicah smreke, vendar ni vedno tako. Vzrokov za to je več, a jih sedaj ko imamo na razpolago le enkratne meritve, še ne bomo komentirali. Enako naj bi nizka vsebnost klorofila a (pod 0,5 mg/g suhe teže) in pojavljanje morfoloških poškodb nakazovali onesnažen zrak in po isti logiki sovpadali z visoko vsebnostjo žvepla v iglicah smreke. Tudi v tem primeru smo poleg pričakovanega odnosa teh parametrov dobili podobna odstopanja kot v prejšnjem slučaju.

Epifitska lišajska vegetacija je najbolj obubožana okrog znanih, večjih virov zračnega onesnaževanja. Na tistih mestih se pojavljajo le skorjasti lišaji, vrednost IAP pa je 1 ali 2. Na teh mestih je tudi korelacija med stanjem epifitske lišajske flore in propadanjem gozdov največja. Kolikšna je koncentracija polutantov v zraku ob izginotju posameznih lišajskih tipov zaenkrat še ne vemo natančno. Iz tujih virov je znano (GILBERT 1970 b), da večina grmičastih vrst propade, ko doseže koncentracija SO_2 v zraku vrednosti med 20 in 60 mikro gramov SO_2/m^3 zraka, izračunano kot povpreček zimskih mesecev. Večina listastih vrst izgine pri koncentraciji med (50) 80 in 100 (120) mikrogramov SO_2/m^3 , najodpornejše skorjaste vrste pa propadejo, ko preseže koncentracija 170 mikro gramov SO_2/m^3 zraka. Te koncentracijske meje so znane za žveplov dioksid, do določene mere še za fluorida, dosti manj pa za ozon, dušikove okside in druge polutante. Praktična vrednost teh spoznanj je po navedbah angleških avtorjev (GILBERT 1970 b) ta, da je sajenje iglavcev na področja lišajske praznine vrst kot so *Parmelia saxatilis*, *P. sulcata* in *Hypogymnia physodes* že problematično. Pri nas ta povezava še ni potrjena, vendar opazovanja kažejo, da je situacija podobna.

Na tabelah 2, 3 in 4 je podana primerjava med stanjem epifitske lišajske flore, opredeljene z IAP in stopnjo poškodovanosti gozdnih sestojev in posameznih drevesnih vrst. Tabeli 2 in 3 sta narejeni na podlagi rezultatov opazovanj v okolici posameznih točk 16x16 km bioindikatorske mreže, tabela 4 pa je računalniška primerjava obeh parametrov v celotnem popisu. Čeprav rezultati še niso statistično ovrednoteni že groba primerjava pokaže, da je stanje epifitske lišajske flore v tesni povezavi s stopnjo poškodovanosti gozdov. Pri tem moramo poudariti, da v tej primerjavi pri ocenitvi poškodovanosti gozdnih sestojev in posameznih drevesnih vrst še ni odštet vpliv znanih biotskih (glive, insekti, divjad) in abiotskih (požari, vetrolomi, snegolomi, ožled, plazovi itd.) dejavnikov in da je med abiotskimi praktično nemogoče popolnoma abstrahirati vpliv ekstremnega klimatskega stresa kot sta suša in mraz, ki sta v zadnjem času zelo pogosta. K temu moramo dodati še, da takšen ekstremen stres v večji meri poškoduje drevje kot epifite na njem. Iz vseh treh tabel je razvidno, da je najboljša povezava med stanjem epifitske lišajske vegetacije in poškodovanostjo gozda, ko lišaje opazujemo na hrastih, bukvi, smreki in rdečem boru. Slabša pa je ta povezava pri opazovanju na jelki, gorskem javorju in črnem boru. Z izjemo jelke in črnega bora je v vseh primerih boljša povezava med stanjem epifitske lišajske vegetacije in poškodovanostjo drevesne vrste, na kateri smo lišaje opazovali kot pa s stopnjo poškodovanosti celega sestoja. Ker so lišaji zgodnji kazalci onesnaženosti ozračja, smo v tabelah 2 in 3 združili pri poškodovanosti sestoja in drevesne vrste stopnje 3, 4 in 5 v enotno kategorijo, zaradi večje preglednosti pa smo v tabelah prikazali razmerja za IAP 1, 3 in skupno za 4 in 5. Kot je že omenjeno je povezava med stanjem epifitske lišajske vegetacije in poškodovanostjo gozda oziroma drevesne vrste najboljša, ko opazujemo na hrastih, smreki, bukvi in rdečem boru. V teh primerih je gozd bolj zdrav pri bujnejši epifitski vegetaciji (IAP=3 in več). Ravno obratno je pri jelki in do neke mere pri črnem boru. Pri jelki, kjer je situacija najbolj kontradiktorna lahko rečemo, da je vrsta sama bolj občutljiva na zračne polutante kot lišaji, kar pa spet ne drži popolnoma, saj vemo, da uspeva jelka ponekod tudi tam, kjer je propadla že vsa lišajska vegetacija.

Druga razlaga je lahko ta, da gre za vpliv polutantov, kot so ozon, dušikovi oksidi, organski peroksidi itd., ki jelko prej in bolj poškodujejo kot njene epifite. Toda tudi ta razlaga zgublja na teži, saj je vse več dokazov, da te snovi izredno škodljivo delujejo tudi na lišaje. Nadalje lahko povzroča pro-

padanje jelke agens, ki ni neposredno v povezavi s polucijo zraka (sprememba klime, biogeni agensi, gospodarjenje z gozdom). Pri črnem boru, kjer je situacija podobna je razlaga lažja. V tem primeru vemo, da je poškodovanost te drevesne vrste najprej posledica napada glive (HOČEVAR, JURC 1983), katere epifitocija je posledica ekstremnega klimatskega stresa in monokultur črnega bora, posledica vpliva onesnaženega zraka pa prav epifitski lišaji izključujejo, kajti njihovo stanje je v bolj poškodovanih sestojih enako ali celo boljše kot tam, kjer je črni bor zaenkrat še zdrav. Pri gorske, javorju, vrsti, ki ima pri nas običajno izredno bogato epifitsko vegetacijo je povezava med stanjem lišajev in poškodovanostjo te vrste pričakovana, medtem ko je sestoj bolj poškodovan, kot bi po stanju lišajev pričakovali. Vzrok je v tem, da gre za sestoj, kjer je procentualno veliko jelke. Nazadnje pa moramo dodati še to, da je bilo popisov lišajev na jelki, gorskem javorju in črnem boru manj kot na drugih vrstah, kar tudi vpliva na zanesljivost dobljenih rezultatov. Iz tabele 3 je razvidno, da so epifitski lišaji na splošno dobri kazalci stopnje onesnaženosti zraka v listnatih gozdovih, medtem ko moramo iskati zgodnje indikatorje v iglastih gozdovih med bolj občutljivimi grmičastimi vrstami, pa še tu je v primeru jelke na osnovi dosedanjih rezultatov njihova zgodnja bioindikatorska vrednost vprašljiva.

Podatke iz popisa propadanja gozdov leta 1987 smo podrobneje obdelali. To je bil že drugi tovrstni popis v Sloveniji, zato je odpadlo veliko začetniških težav. Podatke o stanju lišajev smo računalniško obdelali in jih predstavljamo v obliki prostorskih kart in diagramov, kjer stanje lišajev, izraženo z indeksom atmosferske čistoče primerjamo s parametri, ki vplivajo na njihov razvoj.

Na skici 2 je prikazana lišajska karta Slovenije, narejena na osnovi vrednosti indeksa atmosferske čistoče (IAP), ki so v razponu od 9 do 27 in so razdeljene v pet razredov ter prenešene na karto Slovenije. Prvi razred indeksa (znak +) predstavlja ploskve brez lišajev. Na teh ploskvah je zrak izredno močno onesnažen. V drugi razred spadajo ploskve z vrednostmi indeksa od 1 do 8. Tu je zrak še močno onesnažen, saj praviloma ni listastih lišajev, če pa so, so to le močno poškodovane steljke odpornejših vrst. V tretji razred spadajo popisne ploskve z vrednostmi indeksa atmosferske čistoče od 8 - 15. Tudi na teh ploskvah je zrak še onesnažen, saj uspevajo le skorjasti in listasti lišaji, ni pa še vrst z občutljivimi grmičastimi steljkami.

V četrti razred spadajo ploskve z vrednostmi indeksa med 15 in 21. Za te lahko rečemo, da je zrak že čistejši, čeprav bi nam analiza vrst lišajev že pokazala prve vplive onesnaženja. Grmičasti lišaji so običajno še prisotni, listaste vrste so številne z večjo pokrovnostjo! V peti razred uvrščamo ploskve z najvišjimi vrednostmi indeksa. Na teh je zrak čist, lišajska vegetacija bujna, a jih je v Sloveniji žal zelo malo.

Iz karte je razvidno, da je najbolj onesnažen osrednji in osrednji severni del Slovenije. Tu so vrednosti indeksa najnižje in označujejo večje lokalne emisijske centre, kot so Ljubljana, Kranj, Trbovlje, Celje, Šoštanj, Mežiška dolina, Maribor. Nasploh je iz karte razvidno, da je epifitska lišajska vegetacija v Sloveniji že močno osiromašena, kar nedvomno kaže na veliko onesnaženost zraka. Čista mesta z bujno vegetacijo so omejena na redke odročne predele. Podobno sliko nam kaže skica 3, na kateri je prikazana le razširjenost treh osnovnih morfoloških tipov lišajev (skorjasti, listasti, grmičasti), brez upoštevanja višine rasti, pokrovnosti in številčnosti. Glede na to, da pri nas še vedno prevladuje onesnaženje zraka z žveplovim dioksidom in da lišaji najbolje indicirajo ta polutant smo naredili primerjavo med vrednostmi IAP na mestih popisa propadanja gozdov in koncentracijo žveplovega dioksida v zraku (diagram 1). Za primerjavo smo vzeli meritve Hidrometeorološkega zavoda s tem, da smo upoštevali le povprečne mesečne koncentracije v kurilni sezoni. Iz primerjave je razvidno, da so višje vrednosti IAP omejene na popisne ploskve v okolici katerih so izmerjene nizke koncentracije SO_2 in obratno. Nekoliko motijo nizke vrednosti IAP na ploskvah z nizkimi koncentracijami SO_2 . V teh primerih gre lahko za izjemno suha rastišča (npr. borovi gozdovi), kjer je epifitska lišajska vegetacija že po naravi revnejša. Da bi ugotovili interferenco sušnosti oziroma vlažnosti rastišča na popisni ploskvi, smo vrednosti IAP primerjali še z nadmorsko višino popisnih ploskve (diagram 2) in količino padavin na ploskvah (diagram 3). Kot je razvidno iz diagrama 2 je opazen trend, da so vrednosti IAP višje na popisnih ploskvah z večjo nadmorsko višino in nižje na tistih v dolinah. To se ujema po eni strani z boljšimi vlažnostnimi in svetlobnimi razmerami v višjih legah, kar omogoča boljši razvoj epifitov. Poleg tega je večina emitentov polutantov v dolinah, kar se prav tako močno odraža na stanje epifitske lišajske vegetacije in flore. Vendar imamo tudi tu odstopanja, t.j. popisne ploskve z revno lišajsko vegetacijo na višjih nadmorskih višinah. Vzrok za to je vpliv onesnaženega zraka ali pa sušnost rastišča. Vpliv količine padavin (diagram 3) na epifitsko lišajsko

vegetacijo je iz primerjave dokaj težko ovrednotiti. Pričakovali bi, da je na ploskvah z več padavin epifitska lišajska vegetacija bujnejša, kar do neke mere tudi drži. Vendar pa dobimo zelo revno lišajsko vegetacijo tudi na ploskvah z obilnimi padavinami. Jasno je, da gre tu za interferenco onesnaženega zraka oz. onesnaženih padavin, ki lahko povzročajo propadanje lišajev. Primerjana stopnja poškodovanosti gozdov in stanja epifitskih lišajev (IAP) na pripadajočih popisnih ploskvah (diagram 4) kaže, da med obema ni pričakovane povezave. Večina popisnih ploskev je z revno epifitsko lišajsko vegetacijo, pri čemer je drevje lahko zdravo ali poškodovano. To lahko razložimo s tem, da lišaji v veliko večji meri odražajo kvaliteto zraka, ne pa delovanja polutantov preko tal, vpliva klimatskih in biotskih dejavnikov, kar vse močno vpliva na zdravstveno stanje gozda. Morda je ravno v tem vrednost epifitov kot enega izmed diferencialnih diagnostičnih sredstev pri proučevanju vzročnosti propadanja gozdov.

Že iz lišajskih kart je razvidno, še bolj pa iz prikaza frekvence distribucije popisnih ploskev glede na vrednosti IAP (diagram 5), da je zrak v Sloveniji močno onesnažen. Velik del ploskev ima zelo nizke vrednosti indeksa atmosferske čistoče, delež ploskev z visokim indeksom pa je zelo majhen. To stanje se dobro ujema z meritvami SO_2 v zraku (diagram 6), kjer opazamo, da je velik del ploskev tako onesnažen, da praktično onemogoča obstoj večini epifitskih lišajev. Kot smo že omenili je po izkušnjah tujih raziskovalcev (HAWKSWORTH & ROSE 1976, GILBERT 1970 itd.) indikatorska uporabnost lišajev v razponu med 0 in $170 \text{ mg SO}_2/\text{m}^2$ (povprečje v kurilni sezoni), a največja med 30 in $80 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$. Pri višjih koncentracijah lišaji propadejo oziroma ostanejo le še redke rezistentne (odporne) vrste. Na skici 4 in 5 je podan prikaz stanja lišajev ob popisih leta 1985 in 1987 za vse vrste dreves skupaj in posebej za važnejše, pogostejše drevesne vrste. Primerjava prikaza za vse vrste drevja skupaj in za posamezne vrste (skica 4) posebej nam kaže, da je stanje epifitov na različnih drevesnih vrstah precej različno. Smreka izstopa z največjim deležem opazovalnih ploskev brez epifitov.

To si poleg z vplivom onesnaženja razlagamo še z intenzivnim gojenjem te vrste izven naravnega areala. Izstopa tudi bukev, kjer je na večini ploskev lišajska vegetacija zelo revna. Vzrok za to je takoimenovano samozastrupljanje bukve, pri kateri se zaradi oblike krošnje steka velik del padavin po vejah in deblu in v primeru onesnaženih padavin zelo hitro poškoduje ali uniči epifitske

lišaje. Iz skic 4 in 5 je razvidno, da je delež ploskev popisa propadanja gozdov z bogato lišajsko vegetacijo zelo majhen in da je celo delež ploskev brez epifitov večji, na večini ostalih pa je lišajška vegetacija zelo okrnjena. Vse to nedvomno kaže na močan vpliv polucije. Primerjava rezultatov iz leta 1985 in 1987 (skica 5) kaže, da je uporabljena metoda dokaj realna, saj smo ugotovili zelo podobno situacijo. To smo tudi pričakovali, kajti v dveh letih ne glede na dejstvo, da se polucija ni bistveno zmanjšala, ne moremo pričakovati večjih sprememb. Zanimivo je, da je rahlo celo narastel odstotek ploskve brez epifitov.

Na preglednicah od 5 do 8 je prikazana analiza stanja lišajev glede na nekatere sestojne parametre na popisni ploskvi. Upoštevani so le podatki iz popisa propadanja gozdov l.1987, od sestojnih parametrov pa ohranjenost sestoja, zgradba sestoja, sklep krošenj in klimatske posebnosti na popisni ploskvi. Kot je razvidno iz preglednic nobeden izmed zgoraj naštetih parametrov ni bistveno vplival na stanje epifitske lišajške vegetacije. Delno je temu vzrok gotovo metoda opazovanja in ocenjevanja epifitov, ki temelji le na opazovanju in ocenjevanju treh osnovnih tipov steljk, ne pa na opazovanju vrst. Pri primerjavi stanja epifitske lišajške vegetacije s sestojnimi parametri kot so stopnja ohranjenosti sestoja (1- ohranjena, 2- spremenjena, 3- močno spremenjena, 4- izmenjana), zgradba sestoja (1- pragozdna, 2- prebiralna, 3- raznodobna, 4- enodobna, 5- sredni gozd) in sklep krošenj (1- tesen, 2- normalen, 3- razredčen, 4- vrzelast in 5- prekinjen) smo hoteli ugotoviti vpliv gospodarjenja z gozdovi na stanje epifitske lišajške vegetacije in posredno preko teh parametrov oceniti vpliv svetlobe kot bistvenega ekološkega faktorja in vpliv drevesne vrste oziroma strukture gozda. Iz tabele 5 je razvidno, da je epifitska lišajška vegetacija slabša, če je sestoj popolnoma izmenjan. Stanje lišajev je nekoliko boljše v pragozdovih (tabela 6), pri sklepu krošenj (tabela 8) pa je rahla tendenca po slabšanju epifitske lišajške vegetacije v zelo gostih sestojih. Posebne klimatske prilike (tabela 7), vsaj tako kot so opredeljene in popisane nimajo bistvenega vpliva.

Delni popis propadanja gozdov v l.1989, ki je zajel le nekatere, posebej izbrane reprezentančne gozdove Slovenije glede na naravne danosti in načini gospodarjenja je pokazal, da se stanje lišajev in s tem kvaliteta zraka nista bistveno spremenila. Glede na to, da je število ploskev brez epifitov celo rahlo naraslo iz 6,74% ploskev popisa na 7,78% (skica 6) lahko govorimo celo o poslabšanju. To ni presenetljivo, kajti v Sloveniji se onesnaženje zraka ni

bistveno zmanjšalo, zmanjšali nismo niti emisij SO_2 , kar so drugod po Zahodni Evropi že uspeli narediti. Boljše klimatske razmere, ki so vplivale na izboljšanje izgleda gozda v zadnjih dveh letih na lišaje niso imele tako ugodnega učinka. To potrjuje tudi umestnost uporabe lišajev pri diferencialni diagnostiki pojavov propadanja gozdov.

Opazovanje stanja lišajev na važnejših drevesnih vrstah (smreka, jelka, bukev, hrasti) kaže večje spremembe glede na popis 1987 kot stanje v celoti. Na jelki in hrastih je opazno očitno poslabšanje, saj sploh ni ploskev z bujno vegetacijo. Pri opazovanjih na smreki in bukvi je število ploskev brez epifitov naraslo, kar pomeni poslabšanje pa tudi delež ploskev z lišajsko vegetacijo (IAP=1 in 2) se je rahlo povečal oziroma je ostal enak kot pri popisu l.1987. Edino pri smreki se je rahlo povečal delež ploskev z bujno vegetacijo. Vendar se moramo pri vsem tem zavedati, da smo ne glede na dejstvo, da so bile primerjane iste ploskve v popisu l.1989 obdelali bistveno manjši delež (91 od 1151 ploskev) in da je del sprememb tudi že zaradi same velikosti vzorca.

4. ZAKLJUČKI

Na osnovi analize rezultatov dosedanjih popisov propadanja gozdov, kjer smo uporabili epifitske lišaje kot bioindikatorje čistoče oziroma onesnaženosti zraka, lahko zaključimo sledeče:

1. Epifitska lišajska vegetacija dobro odraža stopnjo splošne onesnaženosti ozračja v gozdnem prostoru. To je razvidno iz obeh lišajskih kart, potrjujejo pa bioindikacijsko vlogo epifitskih lišajev tudi meritve polutantov v zraku.
2. Uporabljena metoda, pri kateri opazujemo in ocenjujemo stanje treh osnovnih morfoloških tipov lišajev na mestu popisa zadošča za ocenitev splošnega, dolgotrajnega onesnaženja, ne dopušča pa sklepanja na koncentracije polutantov v zraku. Izboljšane metode bi bile že v tem, če bi popis lišajev vezali na obrazec 2 v popisu in lišaje opazovali na vsakem izmed 24 dreves in če bi številčnost in pokrovnost na vsakem drevesu ocenjevali za vsako višino posebej. Večje število podatkov na popisnem mestu bi znatno izboljšalo natan-

čnost popisa v primerjavi s sedanjo oceno vendar se pojavlja vprašanje časa in hitrosti izvedbe popisa.

3. Za podrobnejše študije in konkretne primere bo potrebno preiti na kartiranje vrst, kar delno že izvajamo. Na osnovi določitve tipičnih vrst in združb bi bilo mogoče nadaljnje izvrednotenje epifitskih lišajev kot bioindikatorjev, še posebej, če bi opazovanja podkrepili z meritvami polutantov na mestih popisov.
4. Pri uporabi lišajev kot bioindikatorjev je treba ugotoviti interferenco ekoloških parametrov, ki poleg onesnaženega zraka vplivajo na njihovo uspevanje, kajti le tako lahko izluščimo vpliv delovanja polutantov.
5. Obdelava lišajskih podatkov iz popisa propadanja gozdov iz 1.1987 glede na sestojne parametre (ohranjenost sestoja, zgradba sestoja, sklep krošenj) in klimatske posebnosti popisne ploskve je pokazala, da sestoj in klima nimata večjega vpliva na stanje epifitske lišajske vegetacije, vsaj glede na oceno, ki jo dobimo po metodi popisa lišajev in glede sestojne karakteristike uporabljene za razvrščanje popisnih ploskev za te parametre. Obdelani parametri (sklep krošenj, ohranjenost in zgradba sestoja, lokalne klimatske razmere) niso v pričakovanem odnosu s stanjem epifitskih lišajev (razredi IAP). Dokaj velika raztresenost vrednosti razredov IAP (indeksa atmosferske čistoče) na ploskvah z različnimi sestojnimi karakteristikami kaže, da so drugi dejavniki (onesnaženje zraka, nadmorska višina popisne ploskve, količina padavin, drevesna vrsta) odločilnejši za uspevanje lišajev kot pa svetloba in relativna vlažnost zraka, ki ju sestojne razmere v največji meri določajo. Popolnoma drugačna bi bila tovrstna primerjava, če bi namesto razredov IAP uporabili vrstni sestav epifitskih lišajev. Znano je, da so posamezne vrste veliki ekološki specialisti in so zato omejene na zelo ozko področje in s svojo prisotnostjo ali odsotnostjo zelo hitro in jasno odražajo sprememb v okolju. Na vseh 1151 točkah popisa propadanja gozdov ta analiza ne bo izvedljiva, bo pa možna v okviru 16x16 km bioindikacijske mreže in v okviru posebej izbranih predelov, ko bomo določili in popisali vrstni sestav lišajev in opredelili njihove združbe glede na klimatske in sukcesijske razmere gozdnega ekosistema.

6. Delni popis na izbranem vzorcu ploskev (91) v l.1989 je pokazal, da se stanje spifitske lišajske vegetacije v primerjavi s prejšnjimi popisi ni bistveno spremenilo. Primerjava je bila narejena med istimi popisnimi ploskvami. Opazno je celo rahlo poslabšanje, kar bi lahko pripisali dejstvu, da v Sloveniji nismo bistveno zmanjšali emisije škodljivih snovi v ozračje v zadnjem času. V primerjavi z gozdnimi drevesnimi vrstami, katerih zdravstveno stanje kaže rahlo izboljšanje, lišaji tega žal ne potrjujejo. Vzrok je v tem, da so lišaji v veliko večji meri neodvisni od klimatskih ekstremov (hude suše, dolgotrajen in hud mraz itd.), ki v veliki meri poleg onesnaženega zraka vplivajo na zdravstveno stanje drevja in s tem tudi na obseg in akutnost propadanja gozdov.
7. Primerjava propadanja lišajev in propadanja gozdov kaže, kako previdno se moramo lotiti raziskave problema. Epifitski lišaji gotovo indicirajo kvaliteto ozračja v gozdu, ni pa nujno, da nam s tem pojasnijo vzrok propadanja gozdnega drevja. Njihovo poznavanje le pripomore k jasnejši sliki o dogajanjih v gozdnem ekosistemu.

POVZETEK

Pri inventurah propadanja gozdov je bila uporabljena epifitska lišajska vegetacija kot bioindikator onesnaženosti zraka. Glede na to, da je onesnažen zrak posreden ali neposreden povzročitelj propadanja smo kot bioindikator njegove onesnaženosti izbrali epifitske lišaje. Bioindikatorska vrednost teh rastlin za te namene je bila velikokrat preizkušena in potrjena. Uporaba bioindikatorjev za dokazovanje onesnaženosti zraka v gozdovih je bila potrebna zaradi skromnega števila merilnih postaj, ki merijo polutante v zraku in zaradi njihove neustrezne lokacije (v glavnem v naseljih). Epifitski lišaji, ki zaradi svoje zgradbe in načina življenja dobro odražajo kvaliteto zraka lahko služijo kot diferencialno diagnostično sredstvo pri odkrivanju vzrokov propadanja gozda na določenem mestu popisa.

Ocenitev stanja epifitskih lišajev na eni izmed prisotnih klimatozonalnih drevesnih vrst je bilo vključeno pri opisu popisne ploskve (obrazec 1) propadanja gozdov. Glede na to, da je bilo potrebno popis propadanja gozdov izvesti v kratkem času na velikem številu ploskev (mreži 4x4 km, 1151 popisnih ploskev)

in da pri tem niso sodelovali specialisti ampak le gozdarji s terena, je bila uporabljena najbolj enostavna metoda bioindikacije onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji. Opazovali so pojavljanje treh osnovnih morfoloških tipov epifitskih lišajev (skorjastih - c, listastih - F, grmičastih - R) in ocenili njihovo stanje (višino rasti na deblih dreves - h, pogostnost - a in pokrovnost - c) za vsak tip posebej.

Popisni listi so bili računalniško obdelani in iz ocenjenega stanja lišajev je bil izračunan indeks atmosferske čistoče (IAP) za vsako mesto popisa propadanja gozdov. Vrednosti indeksa popisa so bile rangirane v pet razredov in prenešene na karto Slovenije. Dobljena je bila "lišajska karta Slovenije", ki odraža kvaliteto zraka, oziroma stopnjo njegove onesnaženosti.

Iz lišajske karte je razvidno, da je zrak v Sloveniji močno onesnažen. Posebej izstopajo znani emisijski centri (Zasavje, Ljubljana, Celje, Šoštanj, Žerjav, Maribor). Lišajska karta se ujema in dopolnjuje z meritvami polutantov, kar nedvomno potrjuje bioindikatorsko vrednost lišajev. Uporabljena metoda izračuna indeksa atmosferske čistoče dopušča le ocenitev splošnega onesnaženja zraka, ne da pa se na osnovi teh rezultatov sklepati na vrste polutantov in njihove koncentracije. To do neke mere omogoča kartiranje lišajske flore ali posameznih indikatorskih vrst, vendar zahteva tak pristop bistveno več časa in udeležbo specialistov.

Pri uporabi epifitskih lišajev kot bioindikatorjev onesnaženosti zraka je potrebno določiti interferenco ekoloških parametrov, ki vplivajo na uspevanje lišajev. Zato je bilo stanje epifitskih lišajev (izraženo kot IAP) na popisni ploskvi primerjamo z nadmorsko višino popisne ploskve in količine padavin na njej ter koncentracijo SO_2 v zraku na najbližji merilni postaji. Ugotovljeno je bilo, da lišaji dobro indicirajo prisotnost tega polutanta v zraku medtem ko vpliv drugih dveh parametrov ni čisto izpolnil pričakovanj.

Primerjava stanja lišajev s stopnjo poškodovanosti gozdov na popisnih ploskvah je pokazala, da med obema ni vedno pričakovane odvisnosti. Lišaji dobro indicirajo onesnažen zrak ne pa klimatskih stresov, napadov škodljivcev, kar vse vpliva na zdravstveno stanje drevja in je posredno lahko tudi posledica onesnaženega zraka. Tudi vpliva preko sprememb v tleh ne registrirajo. Iz

vsega tega sledi, da so epifitski lišaji dober pokazatelj onesnaženosti zraka v gozdu, ne moremo pa z njimi vedno iskati vzrokov propadanja gozdov. V tem je tudi bistvo uporabe bioindikatorjev za potrebe diferencialne diagnostike pri proučevanju vzrokov propadanja gozdov.

Popis stanja epifitske lišajske vegetacije je dal ob popisih propadanja gozdov l. 1985 in 1987 ter 1989 podobne rezultate. Število popisnih ploskev brez epifitov je rahlo naraslo, sicer pa je bila razdelitev ploskev glede na razrede IAP podobna. To kaže po eni strani na primernost metode, kajti v tako kratkem času ni za pričakovati bistvenih sprememb, absolutni podatki pa ponovno kažejo izredno slabo stanje epifitske lišajske vegetacije in s tem močno onesnažen zrak v gozdovih.

Primerjana stanja lišajev na pomembnejših drevesnih vrstah je dala podobne rezultate s tem, da je najslabše stanje na smreki in bukvi. Pri smreki je vzrok zato poleg onesnaženja še gojenje vrste izven naravnega areala (monokulture), kjer ni optimalnih pogojev za razvoj epifitov značilnih za to vrsto. Pri bukvi je prišlo do izraza značilno "samozastrupljanje" preko onesnaženih padavin. Centripetalni tip krošnje te drevesne vrste povzroča, da se veliko večji delež padavin scedi po vejah in deblu kot pri drugih vrstah. Zaradi tega ima bukev v čistem okolju specifično epifitsko lišajsko floro (substratohigrofite) v pogojih onesnaženja pa zaradi onesnaženih padavin epifiti na njej najprej propadejo.

SUMMARY

Epiphytic lichen vegetation was used as a bioindicator of air pollution at forest-dieback inventories in Slovenia, Yugoslavia. Polluted air is direct or indirect trigger of forest decline and epiphytic lichens are well known and proved bioindicators of air pollution. Paucity of air pollutants measurement stations and their unsuitable locations forced us to use epiphytic lichen vegetation as an air pollution monitoring system in forests. Because of their biology the epiphytic lichens can be used as one of differential diagnostic means in searching of causes for forest decline.

Assessment of epiphytic lichen on the one of climatozonal forest tree species was therefore included into description of forest-dieback inventory plot. Forest die-back inventory should be made in the shortest possible time on the quite high number of inventory plots (4x4 grid, 1151 inventory plots). Therefore very simple bioindicative method of air pollution with lichens was used. Three main types of lichen thallus (crustose-C, foliose-F, fruticose-R) were observed and their condition (height of growth on the tree trunks -h, frequency-a, coverness-c) was assessed separately for each thallus type. Datas got by lichen assessment and observation were processed and air index of atmospheric purity (IAP) was determined for each plot. The values of IAP were divided into five classes and transmitted on the map of Slovenia. Special lichen map of Slovenia was constructed and it reflected well general air pollution situation. The map clearly shows that air pollution in Slovenia is quite high and known emission centers (towns of Ljubljana, Celje and Maribor, industrial region Zasavje, thermal power plant Šoštanj etc.) are obvious.

Lichen map agrees with measurements of air pollutants and complets them. Method used for calculation of index of atmospheric purity is suitable for evaluation of general air pollution and does not allow conclusions about kind of pollutants neither about their concentrations. That would be possible by mapping of lichen flora or known indicator species but it would demand much more time and work of specialists.

When epiphytic lichens are used as bioindicators of air pollution the interference of other ecological factors which affect lichen growth should be known. Therefore the state of epiphytic lichen vegetation (expressed by IAP values), was compared by altitude above sea level and amount of precipitations of forest die-back inventory plots. Values of IAP were also compared with measured SO₂

concentration on the nearest meteorological station, taking months' average of heating season. The closest expected correlation was determined between sulphur dioxide concentrations in the air and values of IAP, namely high values of IAP are limited on plots with low SO₂ concentration. The influence of other two observed parameters was not so simple and clear.

A comparison between state of epiphytic lichen vegetation (classes IAP) and classes of forest damage showed that there was not very simple relationship between the two parameters. Lichens indicate well polluted air but not climatic stresses and biotic agents (pests, fungi etc.), which influence in great extent on the health of forest trees and might be also the consequence of polluted air. Lichens also do not indicate changes which were caused through pollution of forest soils. That is the essential role of epiphytic lichens in role of differential diagnostics of forest decline.

The state of epiphytic lichen vegetation, determined at forest die-back inventories in 1958, 1987 and 89 was quite similar. There was only a small increase of inventory plots without lichens (IAP=0). That can indicate on one side that method used for IAP evaluation is suitable on the other side such results were expected because time interval between two inventories was very short and changes in epiphytic lichen vegetation evaluated with such a simple method showed that air pollution in our forest was high and that it slightly increased.

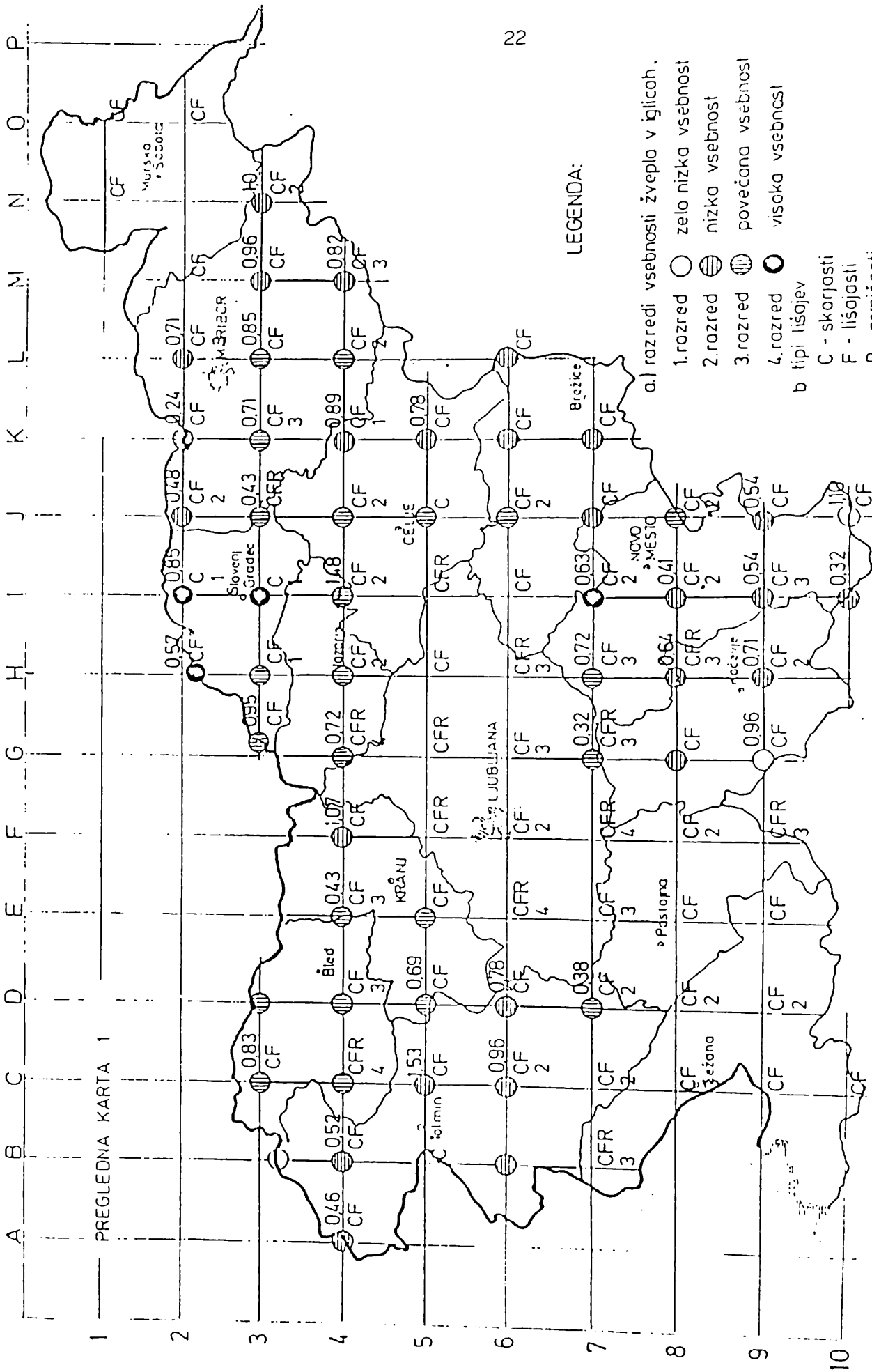
The state of epiphytic lichens on major forest trees species was quite alike. The situation is the worst on norway spruce and common beech. Very bad state of epiphytic lichens on norway spruce can be partly attributed to the fact, that this species is cultivating very much out of species areal, where there are no optimal conditions for epiphytes growth. At common beech so called selfintoxicating effect by stemflow through polluted rainfall, snow and mist is well expressed on epiphytic lichens. Centripetal type of crown according to precipitation distribution causes that polluted rain, snow etc. ruins lichens much earlier than on other trees.

7. LITERATURA

- ANONYMS : Črna knjiga o propadanju gozdov v Sloveniji 1987, 1988. IGLG, Ljubljana
- ARNDT, V., NOBEL, W., SCHWEIZER, B., 1987: Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. 1-388, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BATIČ, F., NADA SMERDU, MARTINČIČ, A., VRHOVŠEK, D., 1979. Epifitska flora in onesnaženje zraka na področju mesta Ljubljane. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Zagreb.
- BATIČ, F., 1986. Bioindikacija z epifitskimi lišaji. Poročilo o delu za leto 1986: 54-71, URP Gozdarstvo, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.
- BATIČ, F., 1987. Bioindikacija onesnaženosti zraka v gozdu s pomočjo epifitskih lišajev. Poročilo o delu za leto 1987: 65-70. URP Gozdarstvo. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.
- BATIČ, F., 1988. Bioindikacija z epifitskimi lišaji. Poročilo o delu za leto 1988: 68-85. URP Gozdarstvo, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana.
- BATIČ, F., 1989. Bioindikacija z epifitskimi lišaji. Poročilo o delu za leto 1989: 35-43. URP Gozdarstvo, IGLG, Ljubljana
- BATIČ, F., JURČ, D., MACAROL, B., STERGAR, T., 1989. Propadanje gozdov na območju ljubljanskih občin. a) Bioindikacija onesnaženosti zraka. Poročilo raziskovalne naloge za Raziskovalno skupnost mesta Ljubljane. 1-11. IGLG, Ljubljana.
- BATIČ, F., JURČ, D., RIBARIČ-LASNIK Cvetka, 1987. Bioindikacija onesnaženosti zraka na področju mesta Ljubljane. Poročilo za Mestno raziskovalno skupnost, 1-8, IGLG, Ljubljana.
- BATIČ, F., MACAROL, B., JURČ, D., GRZIN, J., JANŠA, J., 1990. Propadanje gozdov na območju ljubljanskih občin. a) Bioindikacija onesnaženosti zraka. Zaključno poročilo za Mestno raziskovalno skupnost Ljubljana: 1-20 IGLG, Ljubljana
- BATIČ, F., KRALJ, T., 1989. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitsko lišajsko vegetacijo pri inventurah propadanja gozdov. Zbornik gozdarstva in lesarstva 34: 51-70.
- FERRY, B.W., BADDELY, M.S. & D.L. HAWKSWORTH, 1973. Air pollution and lichens. Univ. Toronto Press, 390 p.p.
- GILBERT, O.L., 1970 b. A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. New Phytol. 9: 629-634.
- HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227: 145-148.
- HAWKSWORTH, D.L., & ROSE, F., 1976. Lichens as pollution monitors. 1-60, Edward Arnold, London.
- HOČEVAR, S., JURČ, D., 1983. Poročilo o ugotavljanju vzrokov sušenja črnega bora (*Pinus nigra* var. *austriaca*) na Krasu. Ekspertiza: 1-8, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.
- JOHNSEN, I., SOCHTING, V., 1973. Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. OIKOS 24: 344-351
- KUŠAN, F., 1953. Průdromus flore lišajeva Jugoslavije. 1 - 595, Jugoslovenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.
- Le BLANC, F., De SLOOVER, J., 1970. Pollutions' atmospherique et fertilité chez les mousses et chez les lichens epiphytiques. Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci. 9: 82-90

- LIEBENDORFER, L., HERZIG, R., URECH, M., AMMANN, K., 1988. Evaluation und Kalibrierung der Schweizer Flechten - Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. Staub-Reinhaltung der Luft 48: 233-238.
- LIŠKA, J., 1978. Epiphytic lichens and air pollution in the Tabor area (South Bohemia). Proc. Crypt. Symp. SAS: 221-230.
- NASH III., T., WIRTH, V., 1988. Lichens, bryophytes and air quality. 1-297. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- NIMIS, P. L., 1985. Urban lichen studies in Italy. 1st: The town of Trieste. Studia Geobotanica 5: 49-74.
- PETKOVŠEK, V., BATIČ, F., Marija GOSAR, Marjana PETERLIN, 1984. Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji 2. Prirodoslovno društvo Slovenije: 1-76, Ljubljana
- SKOBERNE, P., 1976. Ugotavljanje onesnaženosti zraka s presajevanjem lišajev. Varstvo narave 9: 21-34. ŠOLAR, M., 1988. Waldschäden - Slowenische Besonderheiten. 15th International Meeting for Specialists in Air Pollution. Effects on Forest Ecosystems. Air Pollution and Forest Decline, Interlaken, Switzerland, October, 2nd-8th.
- TRAS, H., 1973. Lichen sensitivity to air pollution and index of paleotolerance (I.P.) For. Crypt. Est., Tartu 3: 19-22.
- TURK, R. & WITTMANN, H., 1988. Flechtenkartierung in Österreich - ein Beitrag zur Dokumentation des Naturraumpotentials. Natur und Land 4/5: 98-113.

8. PRILOGE K TEKSTU



LEGENDA:

a.) razredi vsebnosti žvepla v iglicah.

- 1.razred ○ zelo nizka vsebnost
 - 2.razred ⊖ nizka vsebnost
 - 3.razred ⊕ povečana vsebnost
 - 4.razred ● visoka vsebnost
- b) tipi listajev
- C - skorjasti
 - F - lišajasti
 - R - grmičasti

c. vrednosti IAP 1 - 5

d. vsebnost klorofila v steljki lišaja Hypogymni physodes (mg/g suhe teže)

Tabela 1 : SEZNAM TOČK 16x16 km BIOINDIKATORSKE MREŽE PO ŠIFRAH
 IN PRIMERJAVA NEKATERIH PARAMETROV , KI OPREDELJUJEJO
 STANJE EPIFITSKE LIŠAJSKJE FLORE (morfološki tipi lišajev,
 IAP , vsebnost klorofila v steljki napihnjene hipogimnje,
 prisotnost poškodb na tej vrsti)Z VSEBNOSTJO ŽVEPLA V
 IGLICAH SMREKE, IZRAŽENO SKUPAJ ZA ENO- in DVOLETNE IGLICE
 V ŠTIRIH KAKOVOSTNIH RAZREDIH

Šifra	Tipi lišajev	I A P	mg kla g/suhe teže	% S	Prisotnost poškodb
1	2	3	4	5	6
A4	CF		0,46	-	
B3	CF		0,36	1	
B4	CF		0,32	4	+
B6				2	
B7	CFR	3			
C3	CF		0,83	4	
C4	CFR	4		1	
C5	CF	1	1,53	1	
C6	CF	2	0,96	1	
C7	CF	2		4	
C8	CF	3			
C9	CF				
C10	CF				-
D3				2	
D4	CF	3		1	
D5	CF		0,96	4	
D6	CF		0,78	4	++ +
D7	CF	2	0,38	4	++
D8	CF	2			+
D9	CF	2			
E4	CF	3	0,43	2	
E5	CF	2		3	
E6	CFR	4			++
E7	CF	3			+
E8	CF				-
E9	CF				-
F4	CF		1,07	1	
F5	CFR	3			++
F6	CF	2			
F7	CFR	4			+
F8	CF	2			-
F9	CFR	3			-
G3	CF		0,95	1	+
G4	CFR	4	0,72	4	
G5	CFR	3			+
G6	CF	3			++
G7	CFR	3	0,32	3	++
G8	CF			2	+
G9	CF		0,96	1	+
H2	CF		0,57	4	+
H3	CF	1		3	++
H4	CF	2		4	

Tabela 1. - nadaljevanje

1	2	3	4	5	6
H5	CF	2			+ + -
H6	CFR	3			+
H7	CF	3	0,72	2	+
H8	CFR	3	0,64	1	+
H9	CF	2	0,71	1	
I2	C	1	0,85	3	-
I3	C	1		3	
I4	CF	2	1,48	2	
I5	CFR	3			+ +
I6	CF				+
I7	CF	2	0,63	2	+
I8	CF	2	0,41	1	+
I9	CF	3	0,54	1	+
I 10	CF		0,32	2	+
J2	CF	2	0,48	1	
J3	CFR	4	0,43	2	+
J4	CF	2		1	-
J5	C			2	
J6	CF	2		2	
J7	CF			3	-
J8	CF	2		1	+
J9	CF		0,54	1	+
J 10	CF		1,10	1	+
K2	CF		0,24	4	
K3	CF	3	0,71	1	-
K4	CF	1	0,89	1	
K5	CF	2	0,78	2	+
K6	CF			2	+ +
K7	CF			1	-
L2	CF	3	0,71	2	
L3	CF		0,85	2	
L4	CF	2		1	
L6	CF			2	+
M2	CF				
M3	CF		0,96	3	
M4	CF	3	0,82	1	
N1	CF				
N2					
N3	CF	2			
O3	CF		1,00	2	
O2	CF				
P3	CFR				

Tabela 2: RAZMERJE MED STANJEM EPIFITSKE LIŠAJSKE FLORE, KI JO OPREDELJUJE INDEKS ATMOSFERSKE ČISTOČE IN STOPNJO POŠKODOVANOSTI SESTOJEV TER DREVESNIH VRST, NA KATERIH SO BILI LIŠAJI OPAZOVANI.
n - predstavlja število popisnih ploskev

a) H r a s t i (Quercus robur L., Q. sessiliflora Salisb., Q. cerris L., Q. pubescens Willd.) in pravi kostanj (Castanea sativa)

IAP	% poškodovanosti sestoja			% poškodovanosti drevesne vrste			n
	1	2	3	1	2	3	
1	64,98	39,42	13,63	54,20	41,34	4,41	20
3	62,00	29,50	8,52	78,88	19,84	1,29	33
4 + 5	54,85	36,10	9,03	77,32	21,95	0,82	6

b) S m r e k a (Picea abies/L. Karsten)

1	30,72	33,76	35,08	14,86	39,19	45,96	27
3	35,24	35,54	29,20	33,72	34,69	31,61	29
4 + 5	46,38	35,58	18,07	41,00	35,41	23,42	12

c) B u k e v (Fagus sylvatica L.)

1	53,50	30,31	16,25	64,38	35,06	0,97	46
3	57,37	25,51	17,51	69,84	29,38	0,78	29
4	57,33	28,83	13,90	87,11	17,03	4,87	6

d) J e l k a (Abies alba Mill.)

1	29,40	27,50	42,87	0,92	10,40	88,70	7
3	30,60	21,28	48,12	3,53	13,01	83,45	20
4 + 5	49,98	16,92	33,09	0,00	2,87	97,13	8

e) G o r s k i j a v o r (Acer pseudoplatanus L.)

1 + 2	54,00	33,84	12,17	68,70	31,30	0,0	18
3	35,90	36,75	27,36	72,87	27,13	0,0	13

f) R d e č i b o r (Pinus sylvestris L.)

1	12,33	28,30	60,00	2,98	22,03	74,90	6
3	30,25	33,61	36,14	47,76	20,87	31,37	8

g) Č r n i b o r (Pinus nigra Arnold)

1	40,96	47,20	11,70	42,50	45,00	12,50	3
2	40,20	43,76	16,04	34,14	48,40	17,70	7

Tabela 3: PRIMERJAVA POŠKODOVANOSTI SESTOJEV OZ. DREVESNIH VRST V OKVIRU POSAMEZNIH RAZREDOV INDEKSA ATMOSFERSKE ČISTOČE

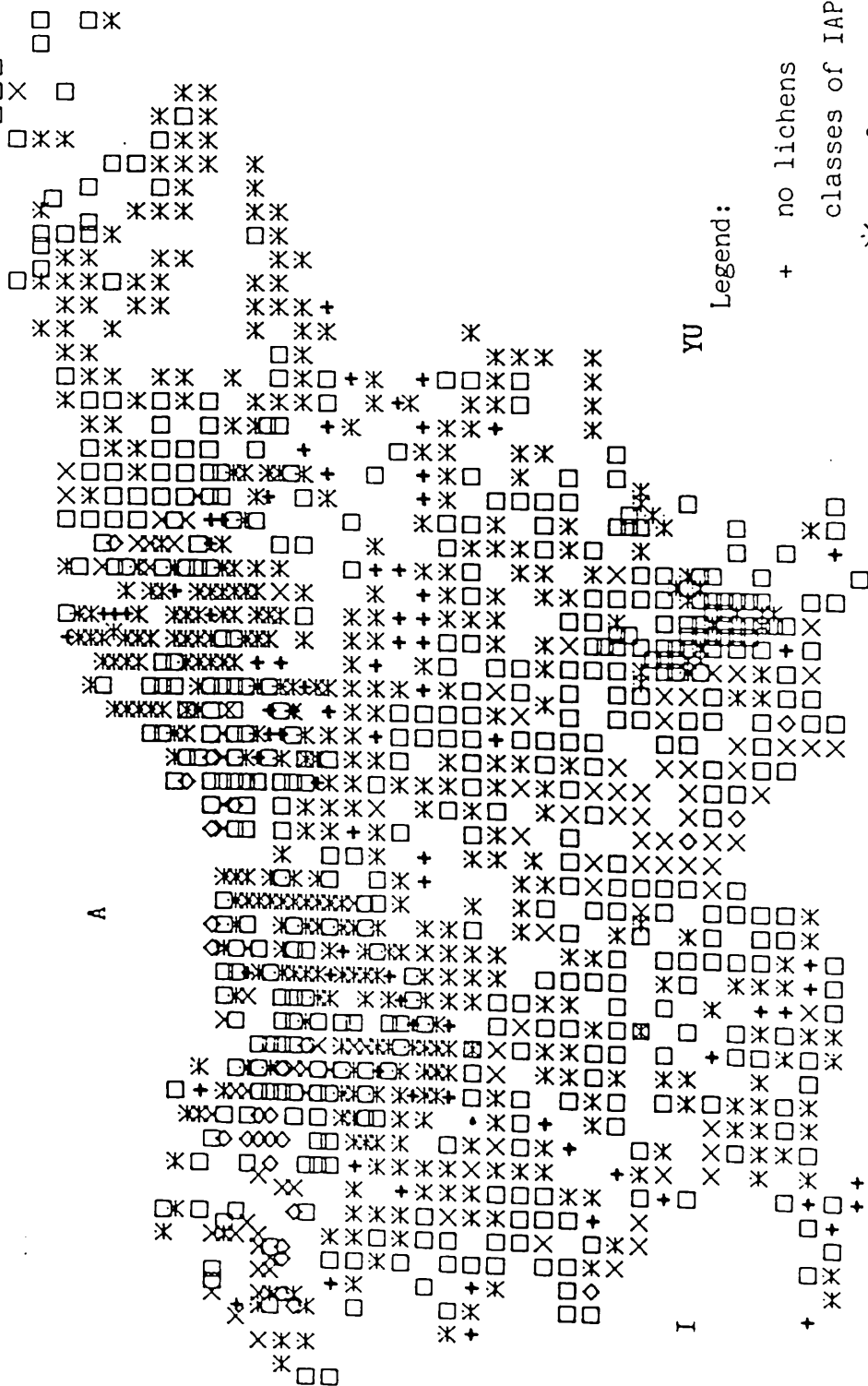
I A P = 1 drevesna vrsta	% poškod. sestoja			% poškod. drev. vrste			n
	1	2	3	1	2	3	
hrasti	46,98	39,42	13,63	54,20	41,34	4,41	20
smreka	30,72	33,76	35,08	14,86	39,19	45,96	27
bukev	53,50	31,31	16,25	64,38	35,06	0,97	46
jelka	29,40	27,50	42,87	0,92	10,40	88,70	7
gorski javor	54,00	33,84	12,17	68,70	31,30	0,0	18
rdeči bor	12,33	28,30	60,00	2,98	22,03	74,90	6
črni bor	40,96	47,20	19,70	42,50	45,00	12,50	3
<u>I A P = 3</u>							
hrasti	62,00	29,50	8,52	77,88	19,84	1,29	33
smreka	35,24	35,54	29,20	33,72	34,69	31,61	29
bukev	57,57	25,51	17,51	69,84	29,38	0,70	29
jelka	30,60	21,28	48,20	3,53	13,01	83,45	20
gorski javor	35,90	36,75	27,36	72,87	27,11	0,0	13
rdeči bor	30,25	33,61	36,14	47,76	20,87	31,37	8
črni bor	40,20	43,76	16,04	34,14	48,40	17,70	7
<u>I A P = 4 +5</u>							
hrasti	54,85	36,10	9,03	77,32	21,95	0,82	6
smreka	46,38	35,58	18,07	41,00	35,41	23,42	12
bukev	57,33	28,83	13,90	78,11	17,03	4,87	6
jelka	49,98	16,92	33,09	0,0	2,87	97,11	8

Tabela 4 : STANJE EPIFITSKE IN LISAJSKJE FLORE NA POSAMEZNIH DREVESNIH VRSTAH IN OGROŽENOST SESTOJEV. IZRAČUN NI VEZAN NA TOČKE BIOINDIKACIJSKE MREŽE

	IAP	% ogroženosti sestoja					vr- šta	% ogroženosti vrste				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
HRAST in KOSTANJ	1	47,5	39,6	8,0	3,7	1,2	60,5	34,4	1,9	2,5	0,6	
	2	57,2	31,0	6,1	3,0	2,7	72,0	25,1	1,4	1,4	0,2	
	3	62,3	29,5	3,9	2,4	1,9	76,7	21,3	0,4	1,6	-	
	4	54,9	36,1	7,6	1,4	-	66,7	31,1	-	2,2	-	
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BUKEV	1	50,6	34,8	6,4	3,5	4,6	59,5	39,2	0,7	0,3	0,2	
	2	54,7	31,1	5,7	3,7	4,8	64,7	33,8	0,9	0,5	0,1	
	3	54,6	29,0	6,0	5,4	5,1	63,9	34,7	0,9	0,5	-	
	4	54,2	28,6	8,3	4,8	4,2	63,6	31,7	4,0	1,0	-	
GORSKI JAVOR	1	54,2	27,1	6,3	10,4	2,1	62,5	37,5	-	-	-	
	2	53,8	35,5	5,4	3,0	2,3	71,1	28,9	-	-	-	
	3	45,6	31,41	7,1	9,1	6,9	52,5	42,5	-	-	-	
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
JELKA	1	29,8	25,0	6,1	12,8	26,3	1,4	6,1	10,2	26,5	55,8	
	2	31,3	20,1	10,6	14,4	23,6	4,5	8,9	14,9	25,4	46,3	
	3	30,7	19,9	13,8	11,6	24,0	4,7	9,4	16,4	22,0	47,5	
	4	44,4	19,9	8,3	7,4	19,9	-	4,9	11,5	19,7	63,9	
	5	70,8	16,7	4,2	4,2	4,2	-	-	-	50,0	50,0	
SMREKA	1	31,7	29,1	18,5	11,6	9,6	20,3	30,3	24,6	15,3	9,5	
	2	33,4	29,8	16,9	11,3	8,5	20,2	29,6	23,3	16,3	10,6	
	3	38,9	30,0	18,4	7,2	5,5	30,9	30,6	25,3	8,9	4,3	
	4	43,9	36,5	11,1	5,4	3,0	41,2	37,5	13,2	5,1	3,0	
	5	38,9	40,3	9,7	4,9	6,3	34,2	42,0	10,1	5,1	6,5	
MACESEN	2	59,7	30,6	1,4	2,8	5,6	94,1	5,9	-	-	-	
	3	33,3	52,8	4,2	5,6	4,0	25,0	75,0	-	-	-	
	4	75,0	25,0	-	-	-	77,8	22,2	-	-	-	
RDEČI BOR	1	12,9	31,7	9,4	36,2	9,8	6,9	28,7	7,4	48,4	9,0	
	2	36,4	33,0	17,7	6,2	6,6	26,2	31,1	27,3	7,0	8,4	
	3	36,6	34,3	17,6	3,2	8,3	45,6	28,1	14,9	0,9	10,5	
CRNI BOR	1	39,2	48,3	9,2	1,7	1,7	38,7	47,2	10,4	1,9	1,9	
	2	43,2	40,1	10,4	2,6	3,6	30,6	50,0	11,8	2,8	4,9	
	3	-	37,5	25,0	8,3	29,2	-	34,8	26,1	8,7	30,4	

Skica 2.: Lišajska karta Slovenije, narejena na osnovi vrednosti indeksa atmosferske čistoče (IAP) izračunanega po podatkih popisa propadanja gozdov 1.1987

Fig. 2 Lichen map of Slovenia made on the base of values of IAP (index atmospheric purity), calculated using data from forest die-back inventory in 1987



Legend:

- + no lichens
- * 1 - 8
- 8 - 15
- X 15 - 21
- ◇ 21 - 27

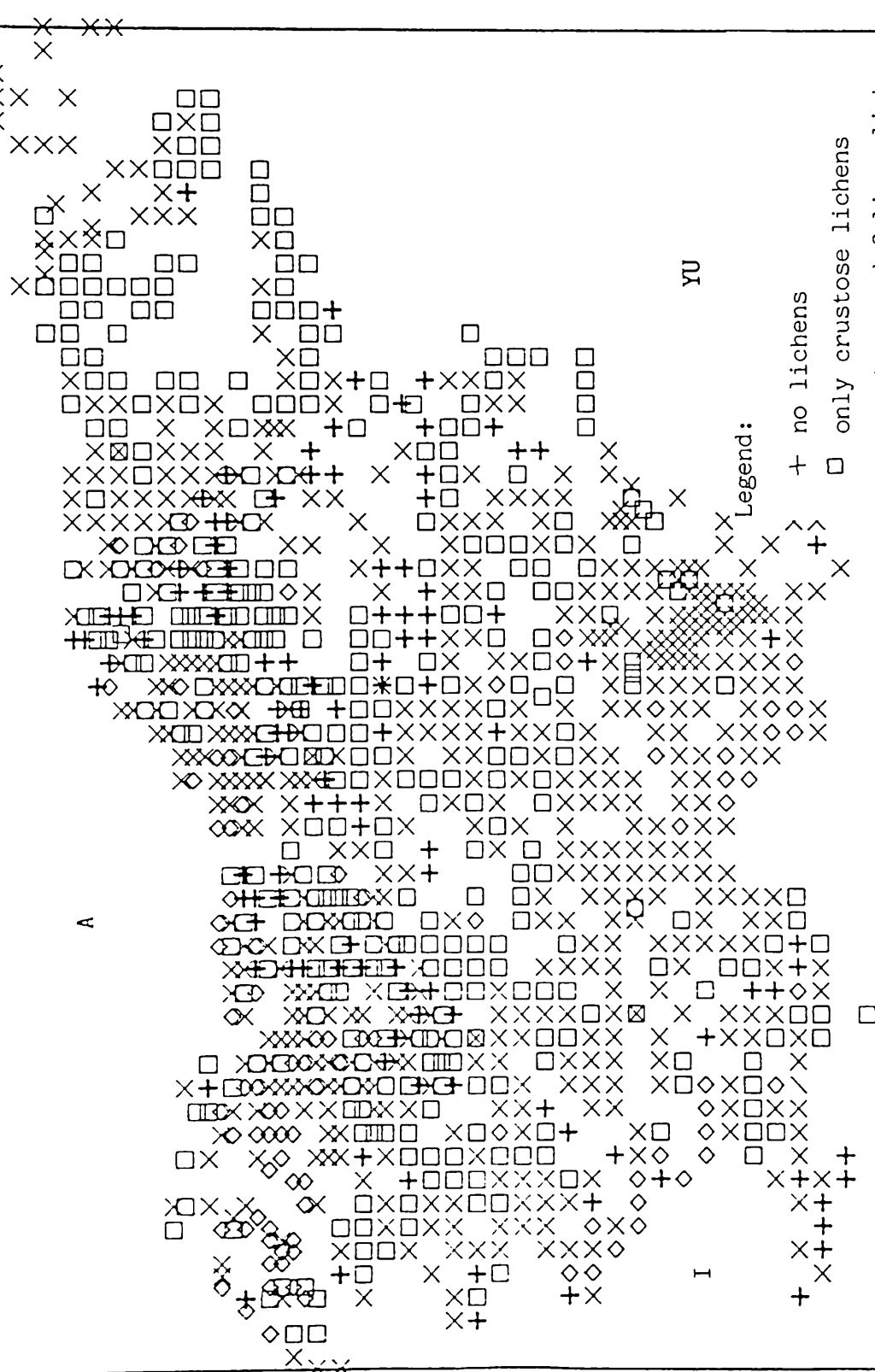
LEGENDA
LEGEND

brez lišajev

* zelo revna lišajska vegetacija
□ revna lišajska vegetacija
X še ohranjena liš. vegetacija

Skica 3: Lišajska karta Slovenije, ki kaže razširjenost različnih tipov lišajev

Fig. 3 Lichen map of Slovenia showing presence and distribution of lichens with different thalli types



LEGENDA

LEGEND

- + 0-lišajev
- skorjasti
- X sk+ls
- ◇ sk+ls+fr

- + no lichens
- only crustose lichens
- X crustose and foliose lichens
- ◇ crustose, foliose and fructicose lichens

Diagram 1: Prikaz soodvisnosti koncentracij SO_2 v zraku (povprečna koncentracija SO_2 v kurilni sezoni 1985/87) in vrednosti IAP.

Comparison of data of IAP and average concentrations of SO_2 in air data for 1986/87 heating season

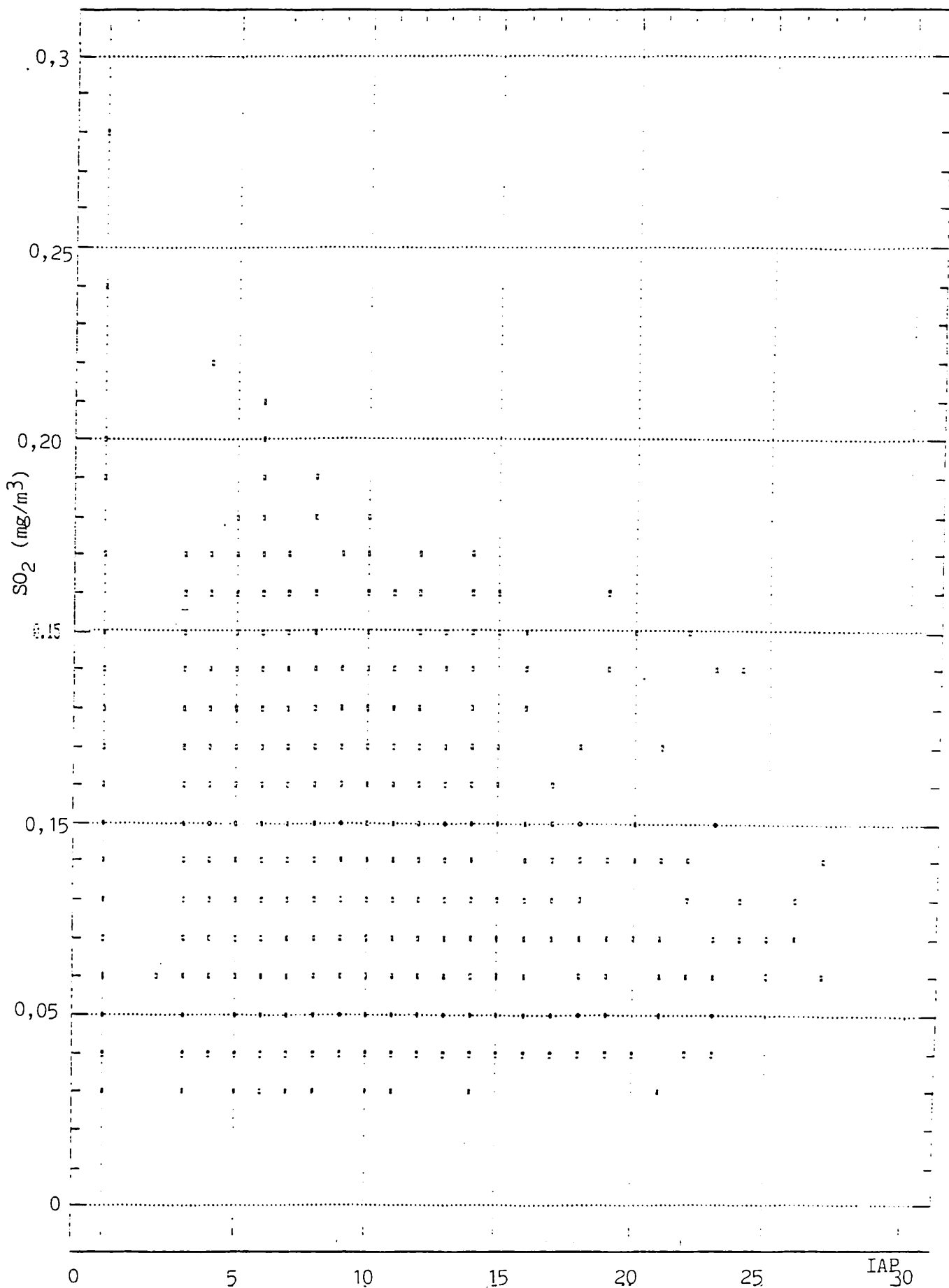
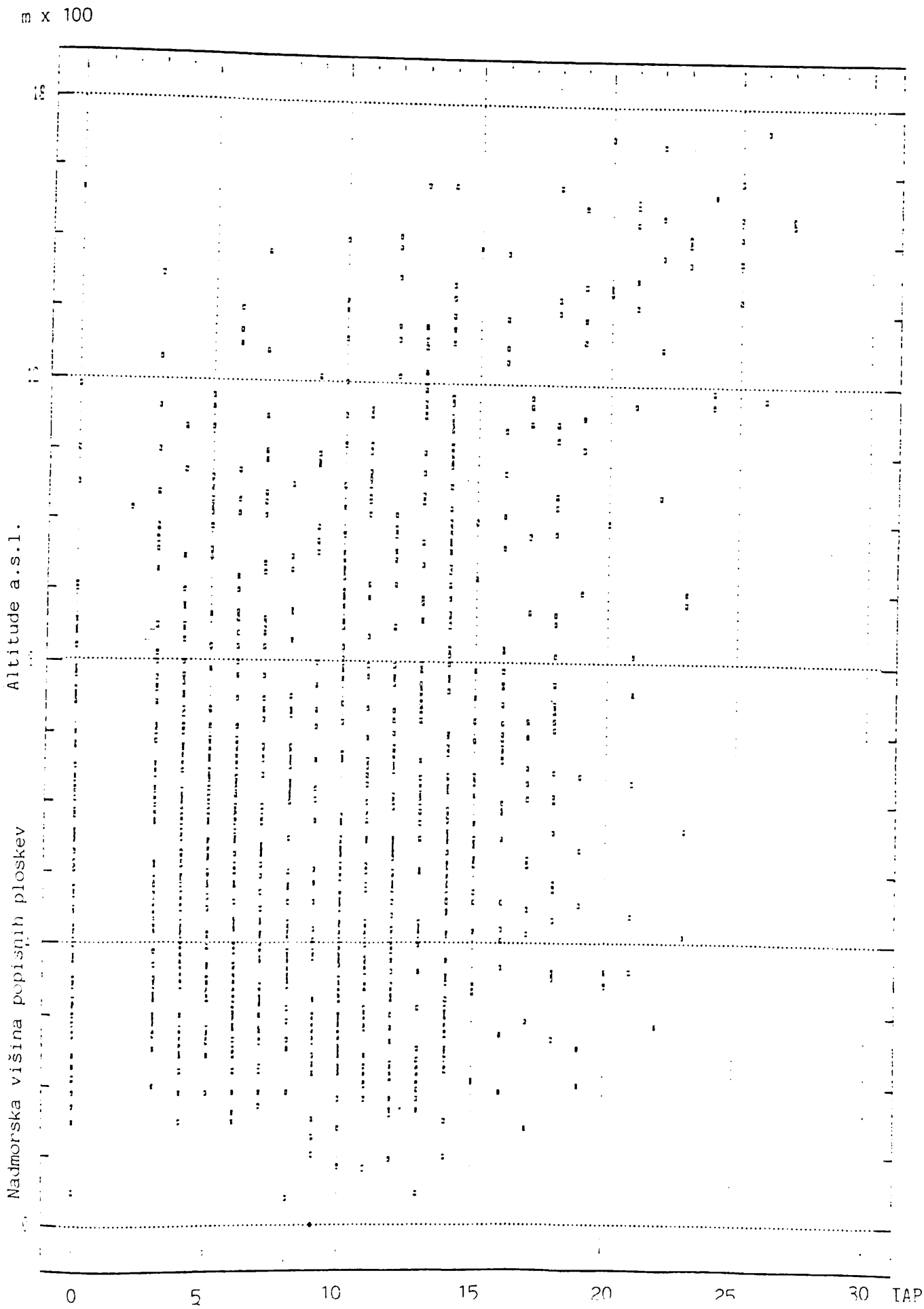


Diagram 2: Prikaz odvisnosti epifitske lišajске vegetacije, opredelji z IAP od nadmorske višine popisnih ploskev
Relation between richness of epiphytic lichen vegetation, expressed by IAP and altitude of forest die-back research plots



32
Diagram 3 : Prikaz odvisnosti epifitske lišajske vegetacije, opredeljene z IAP od količine padavin (10 letno povprečje za obdobje 1977-86)

Relation between epiphytic lichen vegetation (IAP) and amount of precipitation on the forest die-back inventory plots (average data for 1977-1986)

mm x 1000

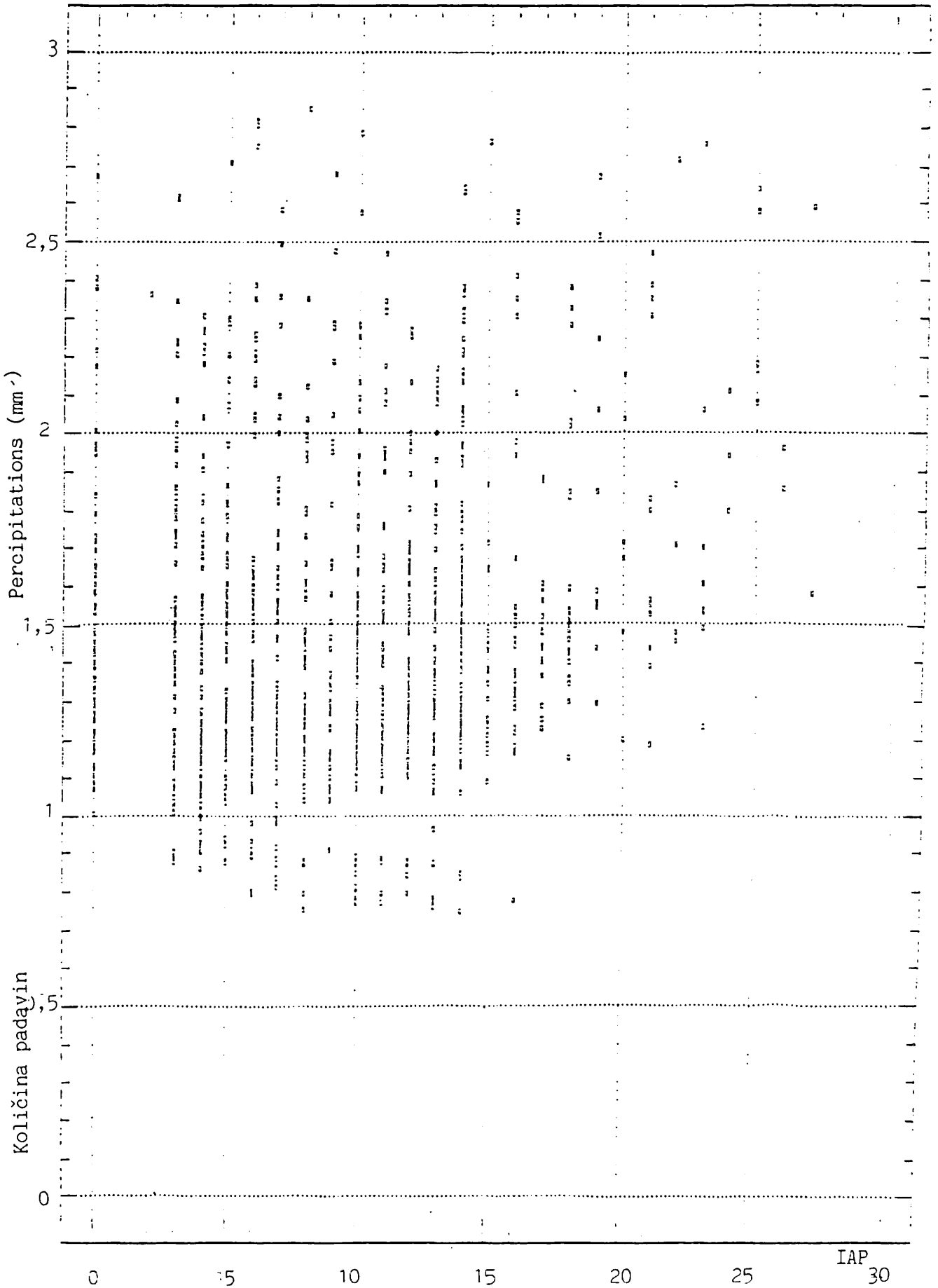
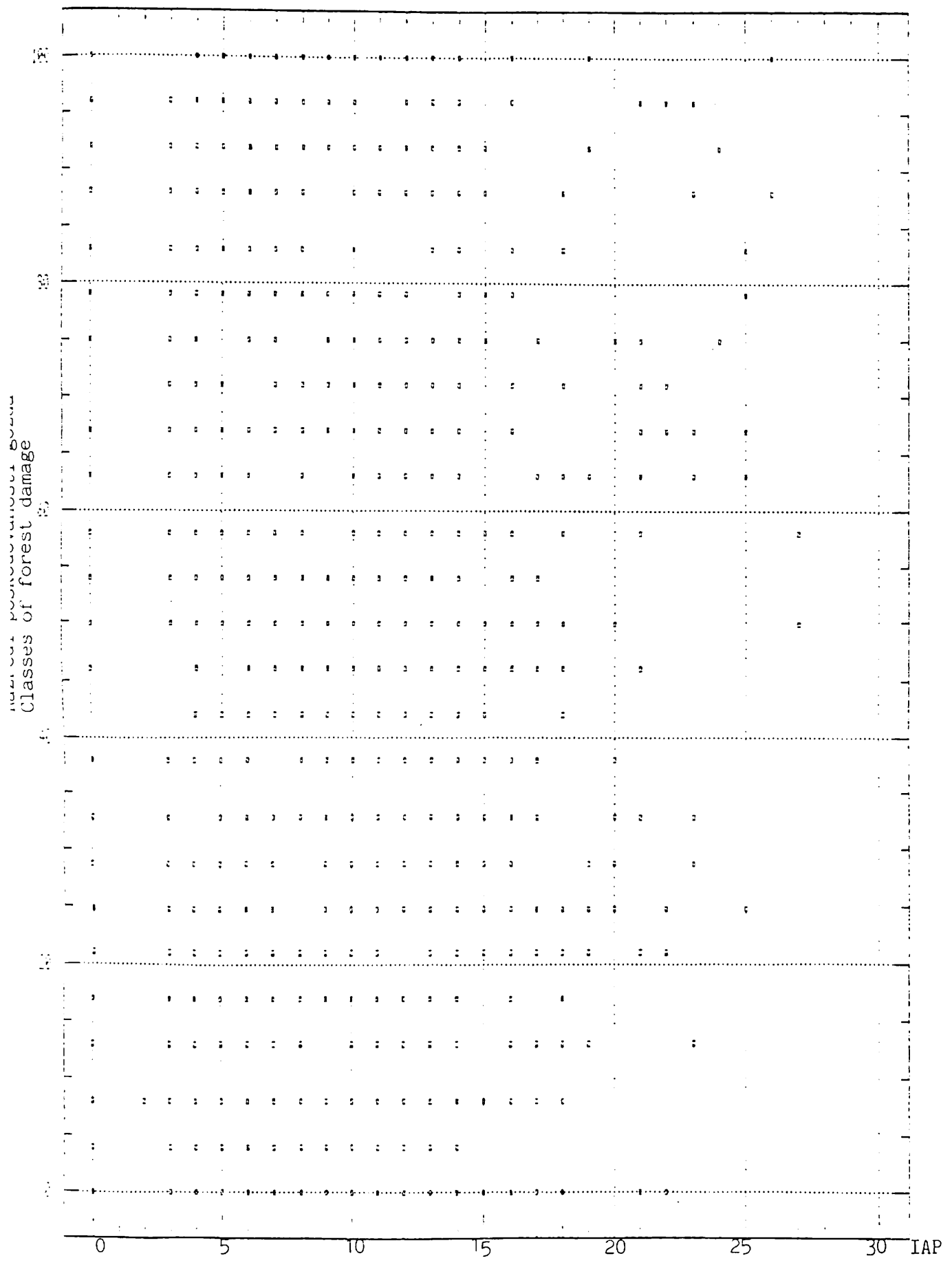


Diagram 4 : Prikaz ogroženosti drevja (5 stopenj ogroženosti) v primerjavi z ogroženostjo epifitskih lišajev (IAP).

Relation between classes of forest damage and condition of epiphytic lichen vegetation expressed by values of IAP.



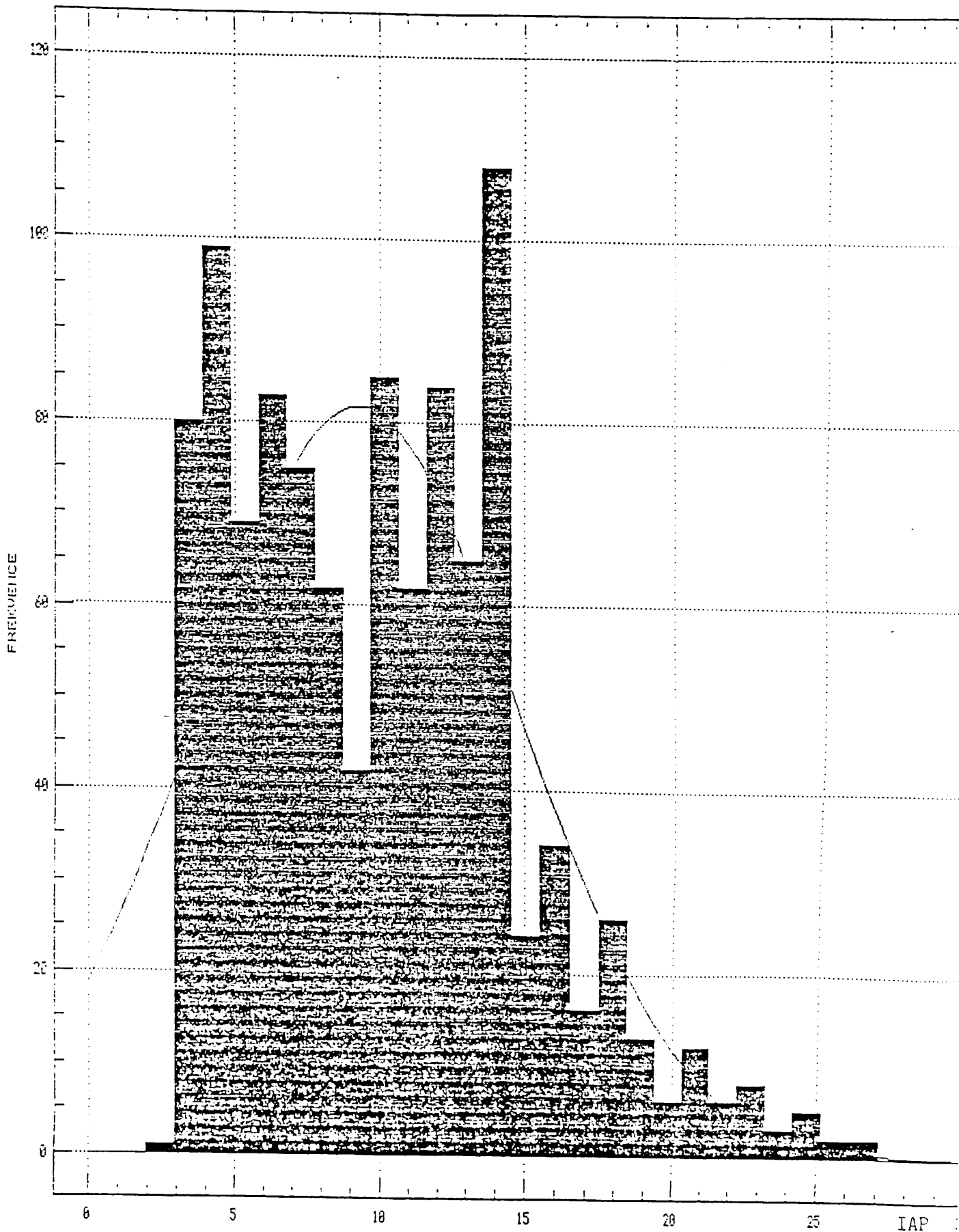


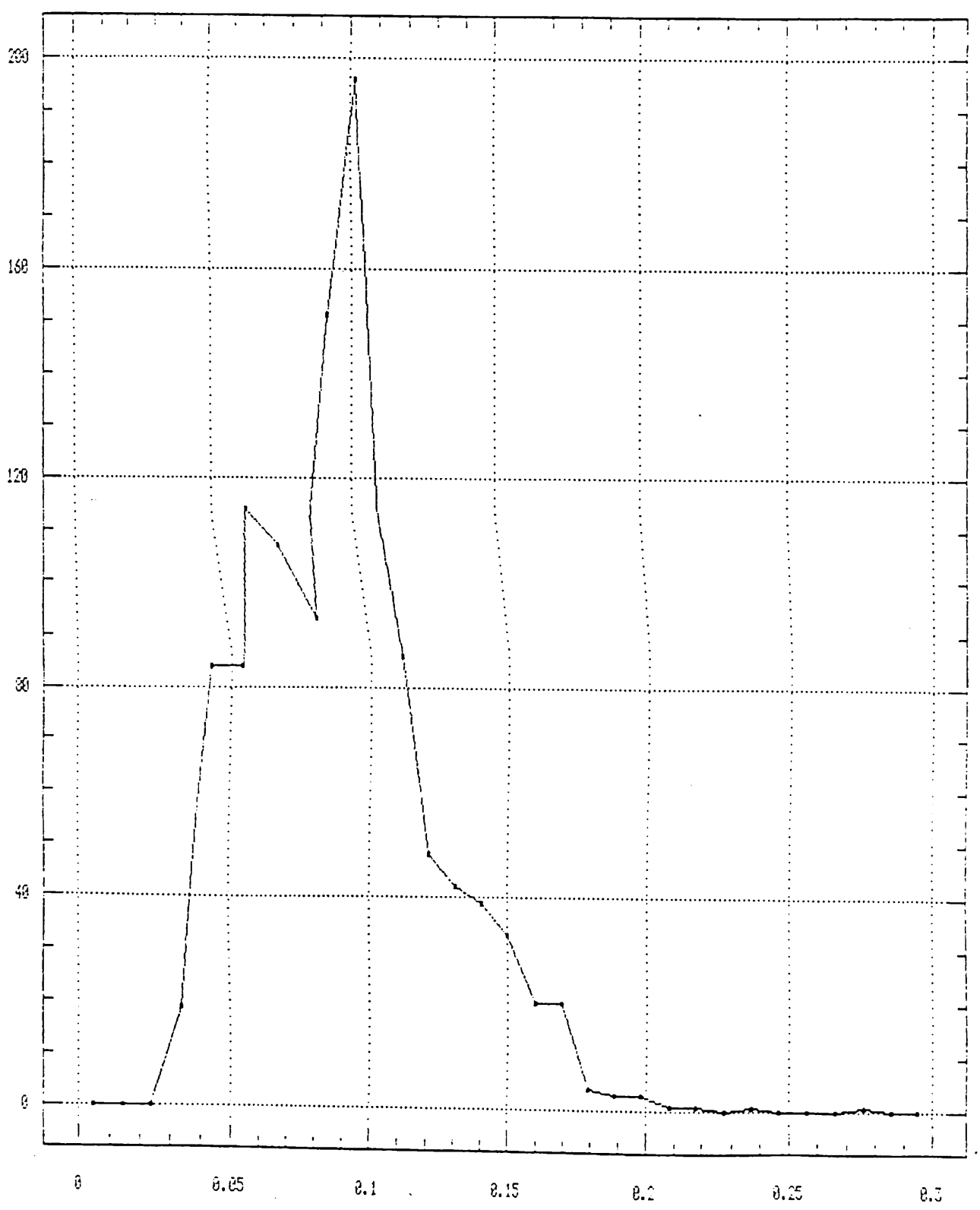
Diagram 5: Diagram frekvenčne distribucije ploskev popisa propadanja gozdov glede na vrednosti IAP

Frequency distribution of forest die-back inventory plots (1987) according to values of IAP

Diagram 6 : Prikaz predvidene frekvence na distribuciji ploskev popisa
propadanja gozdov, glede na onesnaževanje z SO₂ (Popis 1987)

Frequency distribution of forest die-back (1987) inventory
plots according to pollution with SO₂

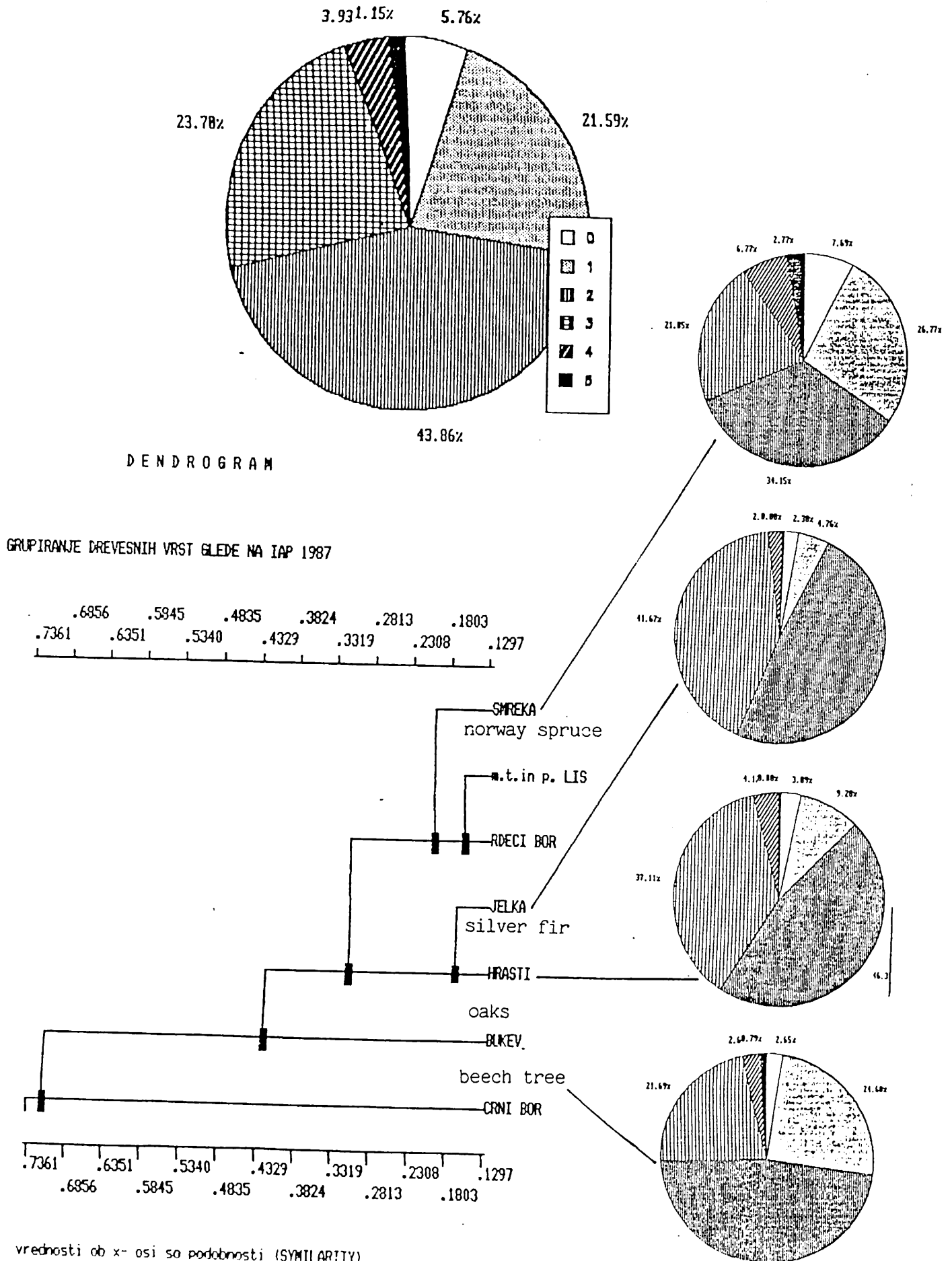
Frequency Polygon



SO₂ (mg SO₂ / m³)

Skica 4: Prikaz stanja epifitske lišajske vegetacije, opredeljene z IAP za vse opazovane drevesne vrste (popis 1987) in posebej za smreko, jelko, hraste in bukev

Fig.4: Presentation of epiphytic lichen vegetation expressed by IAP for all trees together and separately for norway spruce, silver fir, oaks and beech trees



Skica 5 : Odstotkovna razporeditev popisnih ploskev propadanja gozdov glede na vrednosti IAP ob popisih l.1985 in 1987

Fig 5 : Percentual distribution of forest die-back inventory plots according to values of IAP at inventories in 1985 and 1987

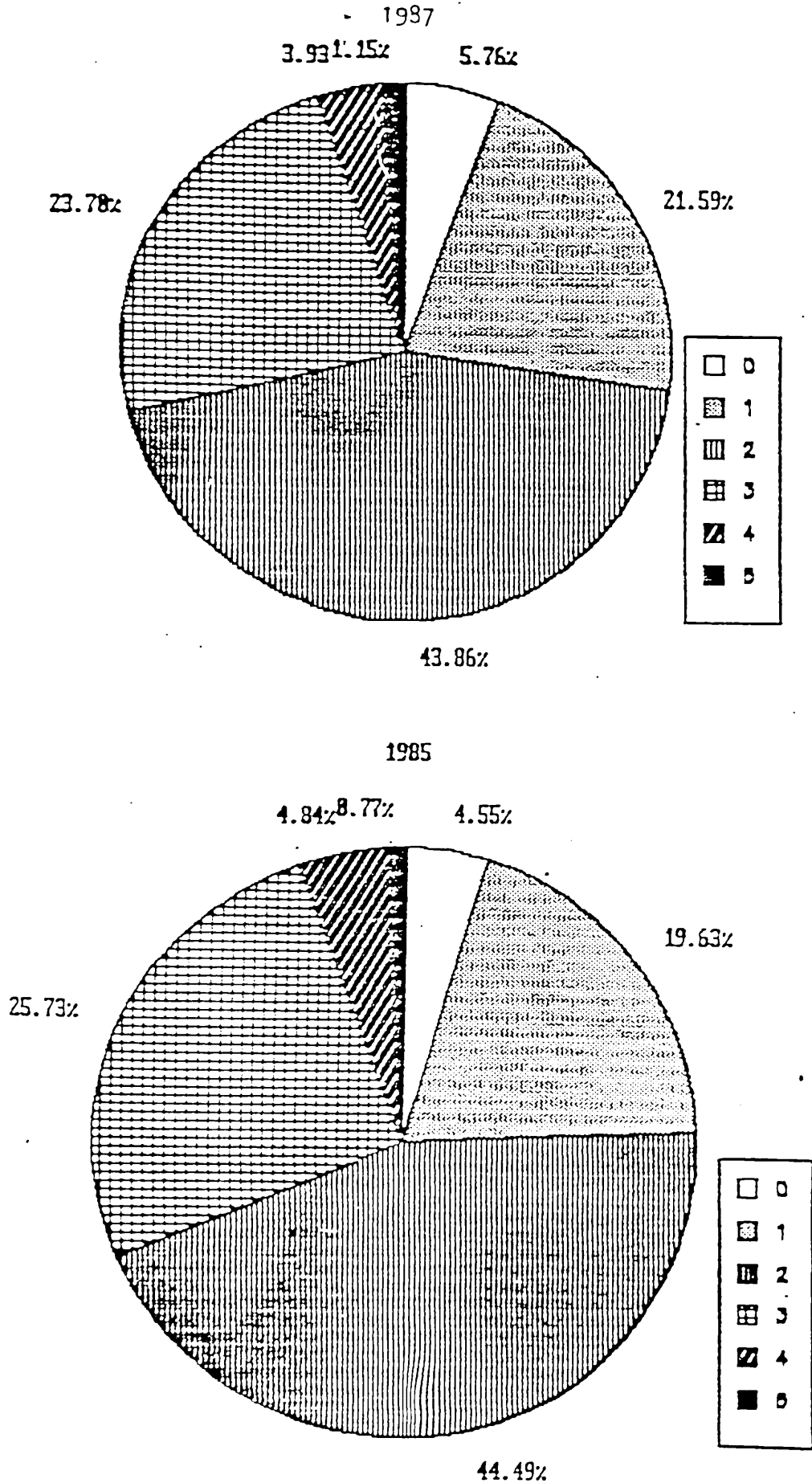


Tabela 5: Prikaz stanja epifitske lišajiske vegetacije, izražene z razredi IAF na popisnih ploskvah propadanja gozdov ob popisu l. 1987 glede na stopnjo ohranjenosti sestoja.

I A F - razredi									
OH. SEST.	DV.	0	1	2	3	4	5	št. pl. (%)	n
1	1	0,4	0,9	4,1	5,5	0,9	0,1	11,9	82
	4	1,6	4,5	5,2	5,5	1,7	1,0	19,6	135
	39-43	0,5	2,0	5,1	4,4	0,6	0	12,9	89
	49-51	2,2	11,2	20,5	7,0	0,6	0,1	41,7	287
	skupaj	6,1	21,2	41,9	25,3	4,2	1,3	100	688
	n	42	146	288	174	29	9		
2	1	0,4	1,1	2,5	2,1	-	-	6,0	17
	4	2,5	11,0	11,4	3,9	2,5	-	31,7	89
	39-43	-	1,8	7,9	6,5	0,4	-	16,4	46
	49-51	1,8	7,8	15,0	2,5	0,4	-	27,4	77
	skup	6,0	25,3	44,5	20,3	3,6	-	100	281
	n	17	71	125	57	10			
3	1	-	0,9	0,9	0,9	-	-	2,8	3
	4	0,9	6,5	19,7	10,3	-	1,9	38,3	41
	39-43	-	2,8	4,7	11,2	1,8	-	20,5	22
	49-51	-	7,5	7,4	1,9	0,9	-	17,7	19
	skupaj	0,9	22,4	43,9	28,0	2,8	1,9	100	107
	n	1	24	47	30	3	2		
4	1	-	-	1,3	-	1,3	-	2,7	2
	4	12,0	6,7	14,7	10,7	1,3	-	45,3	34
	39-43	-	-	5,4	2,6	-	-	6,0	5
	49-51	1,3	2,7	4,0	-	1,3	-	9,3	7
	skupaj	25,3	9,3	45,3	16,0	4,0	-	100	75
	n	19	7	34	12	3	-		

Tabela 6: Prikaz stanja epifitske lišajiske vegetacije, izražene z razredi IAF, ocenjene ob popisu propadanja gozdov l. 1987 v primerjavi z zgradbo sestoja na popisni ploskvi.

IAF - razredi									
ZG. SEST.	DV.	0	1	2	3	4	5	št. pl. (%)	n
1	1	-	-	-	11,1	-	-	11,0	2
	4	5,6	-	-	5,6	5,6	-	16,7	3
	39-43	-	-	-	5,6	-	-	5,6	1
	49-51	-	5,6	22,2	16,7	-	-	44,4	8
	skupaj	5,6	16,7	22,2	44,4	1,1	-	100	18
	n	1	3	4	8	2			
2	1	1,6	0,8	4,1	14,6	1,6	-	22,8	28
	4	1,6	6,5	8,1	8,1	4,1	-	28,5	35
	39-43	-	0,8	4,8	1,6	-	-	7,3	9
	49-51	-	9,8	8,1	5,7	0,8	-	22,4	30
	skupaj	3,3	20,3	38,2	31,7	6,5	-	100	123
	n	4	25	47	39	8			

3	1	0,2	-	-	-	-	-	0,2	1
	4	1,3	6,5	5,8	5,5	1,2	1,0	21,3	129
	39-43	0,5	2,7	5,6	6,8	0,9	-	16,4	99
	49-51	2,3	10,7	18,3	5,5	1,5	0,2	37,9	229
	skupaj	5,6	23,3	41,2	24,6	4,0	1,3	100	602
n	34	140	248	148	24	8			
4	1	-	1,2	2,1	1,5	0,3	-	5,1	17
	4	5,1	8,1	15,6	7,2	2,1	1,2	39,4	132
	39-43	-	0,9	3,9	3,6	0,6	-	8,1	27
	49-51	2,1	7,2	20,1	2,7	-	-	31,9	107
	skupaj	9,9	19,7	48,1	18,2	3,0	1,2	100	335
n	33	66	161	61	10	4			
5	1	-	-	1,4	-	-	-	1,4	1
	4	-	-	1,4	-	-	-	1,4	1
	39-43	1,4	1,4	19,2	8,2	1,4	-	39,9	24
	49-51	-	12,4	6,8	6,8	-	-	26,1	19
	skupaj	9,6	19,2	46,6	23,3	1,4	-	100	73

Tabela 7 :Prikaz stanja epifitske lišajске vegetacije, izražene z razredi IAP, ocenjene ob popisu propadanja gozdov l.1987 v primerjavi s klimatskimi posebnostimi popisnih ploskev.

KLIMA	DV.	IAP - razredi					št.pl.(%)	n	
		0	1	2	3	4			5
1	1	0,5	1,2	3,0	4,4	0,6	0,1	9,8	76
	4	3,1	6,8	9,0	5,7	1,3	0,4	26,4	204
	39-43	0,4	2,0	5,1	4,7	0,1	-	12,0	93
	49-51	2,2	18,3	17,3	4,4	0,4	0,1	35,7	275
	skupaj	7,8	23,4	43,2	22,2	2,8	0,6	100	774
n	60	181	334	172	22	5			
2	1	-	-	3,7	1,2	-	-	4,9	4
	4	1,2	13,4	6,1	6,1	2,4	-	29,3	24
	39-43	1,2	3,7	9,8	4,8	-	-	19,5	16
	49-51	2,4	11,0	13,4	1,2	1,2	-	29,4	24
	skupaj	7,3	30,5	42,7	15,9	3,7	-	100	82
n	6	25	35	13	3				
3	1	-	0,7	3,3	3,3	0,7	-	8,0	12
	4	0,7	4,0	9,3	7,3	4,0	-	27,3	41
	39-43	-	2,0	7,3	9,4	4,0	-	22,7	36
	49-51	0,7	6,0	11,3	4,0	0,7	-	22,7	34
	skupaj	5,3	16,0	39,3	28,0	9,3	-	100	150
n	8	24	59	42	14				
4	1	-	-	4,5	9,1	-	-	13,6	3
	4	-	4,5	9,1	13,6	4,5	9,1	40,9	9
	39-43	-	4,5	4,5	-	-	-	9,0	2
	49-51	-	-	18,2	9,1	-	-	27,3	6
	skupaj	-	13,6	40,9	31,8	4,5	9,1	100	22
n	-	3	9	7	1	2			

Tabela 8 : Prikaz stanja epifitske lišajnske vegetacije, izračunane v razredi IAF, ocenjene ob popisu propadanja gozdov 1.1987 glede na sklep krošenj dreves na popisni ploskvi.

		IAF - razredi							
SKLEP K.	DV.	0	1	2	3	4	5	št.pl. (n)	
1	1	-	-	1	3	-	-	4	
	4	6	6	5	9	1	-	27	
	39-43	-	2	6	6	-	-	14	
	49-51	6	18	31	7	-	-	63	
	skupaj	12	32	49	26	1	-	120	
2	1	2	5	3	9	2	-	21	
	4	10	35	36	15	4	-	100	
	39-43	2	8	19	13	3	-	44	
	49-51	8	52	79	19	3	-	153	
	skupaj	28	107	165	71	13	-	348	
3	1	-	3	13	14	4	1	35	
	4	7	19	24	16	8	5	79	
	38-43	1	7	19	15	-	-	32	
	49-51	4	29	54	15	1	-	103	
	skupaj	17	67	138	66	13	6	307	
4	1	2	2	11	17	1	-	33	
	4	4	11	28	32	6	4	75	
	39-43	1	4	18	22	2	-	47	
	49-51	3	8	27	14	2	1	53	
	skupaj	18	33	111	90	13	5	270	
5	1	-	-	9	2	-	-	11	
	4	1	3	6	6	1	1	18	
	39-43	-	1	5	7	3	-	16	
	49-51	-	3	5	2	1	-	10	
	skupaj	4	9	31	20	5	1	70	

9. PRILOGE

(Poročila raziskovalnih nalog s področja
bioindikacije
Mesto Ljubljana)

945,4:425 1 : 182.53 : (497.12 Ljubljana)

K.l.b. bioindikator, kvaliteta, onesnaženost zraka
Ljubljana, december 1987, mesto Ljubljana

LETNO POROČILO O RAZISKOVALNEM DELU ZA LETO 1987

Raziskovalna organizacija: INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
LJUBLJANA, Večna pot 2

Financer: Občinska raziskovalna skupnost
Ljubljana - Center

Naslov naloge: BIOINDIKACIJA ONESNAŽENJA ZRAKA
NA PODROČJU MESTA LJUBLJANE

Nosilec naloge: dr. Franc BATIČ, dipl. biol.,
IGLG

Sodelavci: mag. Dušan JURČ, dipl. biol.
Jože GRZIN
dr. Maja KVAČ, dipl. biol.,
Inštitut za biologijo VEK Ljubljana

I z v l e č e k

Na področju mesta Ljubljane je bil narejen poskus zasledovanja posameznih zračnih polutantov s pomočjo indikatorskih rastlin. Poskus je bil opravljen v poletju 1987 (od 30.6. - 4.11.1987). Za ugotavljanje prisotnosti posameznih polutantov v zraku so bile uporabljene naslednje vrste: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. , za SO_2 , soja (*Glycine max*, Merr.) za ozon, tobak (*Nicotiana tabacum* L. cv. North Carolina 17) za ozon, petunije (*Petunia hybrida* L.) in zelena (*Apium graveolens* L.) za dušikove okside in gladiole (*Gladiolus gaudavensis* L., cv. Snow Princes) za floride. Na sedmih izpostavitvenih mestih smo opazovali pojavljanje poškodb značilnih za posamezno indikatorsko vrsto in polutant.

Abstract

The presence of certain air pollutants (SO_2 , O_3 , NO_x , HF) on the area of the town Ljubljana, Slovenia, Yugoslavia, was monitored using known indicator species. The exposure experiment was carried out during the summer 1987 and the following indicators were used: epiphytic lichen (*Hypogymnia physodes* /L./ Nyl.) for SO_2 , soybean (*Glycine max* Merr.) and tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. North Carolina 17) for ozone, petunias (*Petunia hybrida* L.) and celery (*Apium graveolens* L.) for NO_x and gladiolus (*Gladiolus gaudavensis* L., cv. Snow Princes) for fluorides. Complets of potted plants were exposed on seven differently polluted sites and simptoms, typical for the plant and the very pollutants were observed during the growing season.

1. UVOD

Pri ugotavljanju in spremljanju onesnaženosti zraka postaja vse bolj očitno, da je poleg fizikalnih in kemijskih meritev polutantov v zraku potrebno poznati tudi učinek, ki ga imajo te snovi na živi svet. Zato je uporaba živali in rastlin kot bioindikatorjev, ki odražajo delovanje polutantov s svojo zgradbo, izgledom, aktivnostjo, pojavljanjem in spremembami življenjskih procesov vse bolj pogosta in potrebna. Bioindikatorski organizmi v teh primerih izrednotijo izmerjene koncentracije polutantov, saj kvalitativno in kvantitativno odražajo njihov učinek. Žal je uporaba bioindikatorjev pri ugotavljanju in spremljanju onesnaženosti kopenskih ekosistemov šele na začetku, in zaenkrat še ni vključena v sklop meritev in opazovanj, ki jih v zvezi z onesnaženjem zraka opravljajo pooblaščenice institucije. Mesto Ljubljana je eden od večjih imisijskih centrov v Sloveniji z dokaj pisano sestavo zračnih polutantov. Naš namen je bil, da z rastlinami, ki so posebej občutljive na posamezne polutante ugotovimo njihovo prisotnost v mestu in širši okolici.

2. MATERIAL IN METODE

Za ugotavljanje prisotnosti posameznih polutantov v zraku smo izbrali testne rastline, ki so jih v te namene uporabili in preizkusili tuji raziskovalci (Treshow, 1970, Steubing & Jäger, 1982, Smith, 1981).

Za ugotavljanje prisotnosti žveplovega dioksida smo uporabili epifitske lišaje, ki so za ta polutant nedvomno najbolj preizkušeni bioindikatorji. Poleg še prisotne naravne epifitske vegetacije smo v ta namen izpostavili lišajsko vrsto *Hypogymnia physodes* in na njej opazovali nastajanje poškodb (kloroz in nekroz) in ugotavljali vpliv žveplovega dioksida na količino

klorofila v stieljki. Vsebnost klorofila smo v času izpostavitve trikrat analizirali. Uporabili smo standardno metodo ekstrakcije z acetonom in količino klorofila določili spektrofotometrično. Poleg tega smo vpliv žveplovega dioksida opazovali še na okoliški naravni in gojeni vegetaciji s tem, da smo zasledovali pojavljanje za SO_2 značilnih poškodb. Sodelavci Inštituta za biologijo so v iglicah smreke analizirali vsebnost in aktivnost encima peroksidaze. Aktivnost tega encima se ob prisotnosti polutantov (SO_2 , O_3 , PAN itd.) v zraku poveča in s tem lahko ugotavljamo poškodbe rastlin v t.im.nevidnem fiziološko biokemijskem področju že takrat, ko na rastlinskih organih še ni vidnih simptomov. Ta del raziskave je še v teku in je vezan na izdelavo diplomske naloge študenta biologije, Romih Roka in poteka na Inštitutu za biologijo.

Za indikacijo ozona smo uporabili sojo (*Glycine max*, sorta Zvezda; Semenarna Ljubljana) in tobak (*Nicotiana tabacum* L., sorta North Carolina cv 17, Duvanski institut Zagreb, poskusno polje Pitomača).

Za indikacijo dušikovih oksidov in delno tudi PAN-a smo uporabili zeleno (*Apyum graveolens* L., Semenarna Ljubljana) in belocvetne petunije (*Petunia hybrida* L., Semenarna Ljubljana).

Prisotnost fluoridov smo ugotavljali z belocvetnimi gladiolami (*Gladiolus gaudavensis* L., sorta Snow princes, Semenarna Ljubljana).

Komplete rastlin smo izpostavili na sedem mest v Ljubljani in na štiri mesta v okolici Titovega Velenja, kjer so nameščene ANAS naprave za meritve polutantov v zraku in kjer smo v to nalogo vključili mlado raziskovalko, Cvetko Lasnik, zaposleno na REK Titovo Velenje.

Izpostavitvena mesta v Ljubljani:

- 1 - Rožnik (na vrtu gostišča)
- 2 - vrt Hidrometeorološkega zavoda v Ljubljani
- 3 - na grajskem hribu, pod cesto na severni strani (proti Mostam)
- 4 - na zelenici pred tunelom na Karlovški cesti
- 5 - Črnuče, zelenica v soseski Gmajna
- 6 - Polje
- 7 - Trebeljevo

Mesta izpostavitve v Titovem Velenju:

- 1 - Veliki vrh
- 2 - Titovo Velenje
- 3 - Zavodnje
- 4 - Sleme

Rastline smo izpostavili 30.6.1987 (slika 1), ko je bila nevarnost slane že povsod mimo. Predhodno smo sadike rastlin posadili v enotno mešanico zemlje, šote in humovita in jih aklimatizirali za rast na prostem na inštitutskem vrtu.

Rastline so bile posajene v 12-literske lonce, pri čemer je bilo v vsakem kompletu v loncih po 1 rastlina tobaka, 6 rastlin soje in po 3 rastline zelene, petunij in gladiol. Lonce smo zakopali v zemljo na prostem. Rastline smo sredi rastne sezone enotno dognojili z gnojilom nitrofert (N24 %, B 1%, Novi Sad). Rastlin med rastno sezono nismo zalivali, niti jih nismo tretirali s fungicidi ali pesticidi. Lišaje smo izpostavili skupaj s podlago na najbližjem drevesu v bližini kompleta testerjev. Nabrali smo jih v čistem okolju v okolici Bohinja.

V Ljubljani smo 1 krat mesečno opazovali razvoj testnih rastlin (slika 2), pojavljanje simptomov delovanja polutantov (kloroze, nekroze, deformacije) in pobirali steljke lišajev za analizo klorofila. V okolici Titovega Velenja so bila enaka opazovanja opravljena vsakih 14 dni. Ob vsakem pregledu rastlin smo vzorce tudi fitopatološko pregledali z namenom, da izločimo poškodbe, ki so nastale zaradi biotskih dejavnikov.

Vseh mest izpostavitve testorjev v Ljubljani ni bilo mogoče zavarovati, zato so na Gradu in pred tunelom neznani storilci uničili del poskusa.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

Rezultati poskusa so v krajši obliki prikazani v tabelah 1, 2 in 3, izgled poškodb testnih rastlin pa na fotografijah od 1-15.

Tabela 1 prikazuje pojavljanje in vrste poškodb, ki so se med rastno sezono pojavljale na izpostavljenih rastlinah. Iz tabele in fotografij je razvidno, da je poskus uspel. Pri tem moramo poudariti, da se vsi testerji niso enako dobro obnesli. Pri lišajih, kjer smo uporabili dokaj odporno listasto vrsto (slika 3) ki prenese koncentracije okrog 60-70 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ poškodb v letnem času po lastnih izkušnjah (Batič & Martinčič, 1981) nismo pričakovali in jih tudi nismo opazili. Tudi koncentracija klorofila v steljki se na večini izpostavitvenih mest ni bistveno spremenila. Prve vidne poškodbe (robne kloroze) so se pojavile sredi poletja na izpostavitvenem mestu pred tunelom (slika 5). Na istem mestu se poškodbe stopnjujejo jeseni. Enake poškodbe so se pojavile tudi na izpostavitvah okrog Titovega Velenja.

Največ poškodb in v najbolj izraziti obliki smo opazili na rastlinah tobaka. Sprva so se pojavile kot rahle robne in medžilne kloroze (slika 8), kasneje pa v značilni obliki lisastih kloroz premera od 1 do nekaj mm (slika 9). Poleg teh kloroz smo na listih tobaka našli še rjasto rdeče nekroze, ki so nastale iz svetlih lis ali pa so se pojavile samostojno (slika 10). Tovrstne poškodbe so se pojavile na vseh izpostavitvah, najprej pred tunelom. Intenziteta poškodb je proti jeseni naraščala, kar je po vsej verjetnosti povezano z večjo tvorbo ozona v sončnem in suhem vremenu. Opazno je tudi to, da je število peg, še posebej v okolici T.Velenja večje v mestu kot pa v bolj oddaljenih predelih. Na Zavodnjem so se poleg za ozon značilnih poškodb pojavili še ožigi značilni za SO_2 (slika 11).

Soja se kot tester ni obnesla. Na vseh mestih je bila močno napadena od raznih insektov in pršic, kar je zavrlo njen razvoj in povzročilo težave pri razločevanju poškodb nastalih zaradi polutantov in biotskih povzročiteljev (slika 12).

Tudi petunije (slika 13) se niso izkazale kot najboljši indikator. Verjetno pa smo pri njih naredili napako, ker smo uporabili premajhno število sadik, pa še te so bile slabe kakovosti. Že ob prvem opazovanju po izpostavitvi smo opazili, da so rastline vidno shirale na mestih, kjer bi pričakovali največje koncentracije dušikovih oksidov (tunel, na Gradu, Hidrometeorološki zavod). Simptomi na listih se pri petunijah niso pojavljali v značilnih oblikah, vendar jih zaradi le mesečnih opazovanj morda tudi nismo registrirali.

Rastline zelene so povsod lepo uspevale. Na mestu pred tunelom smo na listih opazili drobne lise, ki bi jih lahko pripisali vplivu polutantov kot so dušikovi oksidi in PAN.

Gladiole (slika 14) so na skoraj vseh mestih razvile tipične vršne nekroze, ki so po vsej verjetnosti posledica prisotnosti fluoridov.

Razvoj testnih rastlin (tabela 2) je bil na različnih mestih dokaj neenoten, čeprav so bile rastline ob izpostavitvi enako razvite. Pri tovrstnih poskusih bo potrebno v bodoče mesta izpostavitve še bolj izenačiti, predvsem iz vidika svetlobnih in vlažnostnih razmer. Premajhno število izpostavljenih rastlin nam v letošnjem letu ni dopuščalo uporabe določanja biomase. Poleg tega bi v tovrstna opazovanja lahko vključili še meritve važnejših procesov, kot sta fotosinteza, transpiracija itd., kar pa je bilo spričo omejenih sredstev naloge zaenkrat nemogoče.

F i t o p a t o l o š k a o p a z o v a n j a

Različni zračni polutanti lahko povzročijo na rastlinah poškodbe, ki so makroskopsko enake ali zelo podobne simptomu rastlinskih bolezni. Zato je nujno, da izpostavljene bioindikatorske rastline fitopatološko analiziramo. Rastline smo zdravstveno pregledali v začetku avgusta. Nabrali smo vzorce poškodovanih listov in v laboratoriju določali glive, ki smo jih našli na poškodbah. Iz literature smo povzeli podatke o škodljivosti determiniranih gliv in poskušali ugotoviti povzročitelje poškodb.

Gladiola: na vršičkih listov, ki so odmrli 5-8 cm, so bile močno razvite glive iz rodov *Alternaria* in *Pithomyces*. Te glive se lahko razvijajo le na odmrlih listih gladiole, so gnilčivke in ne povzročajo odmiranja vršičkov. Nekatere izpostavljene gladiole so se v celoti posušile že v začetku avgusta. Na prehodu stebela in listov v zemljo smo našli številne trose zajedavske glive *Fusarium* sp. Odmiranje nadzemnih delov in gnitje gomolja je povzročila omenjena gliva.

Tobak: domnevamo, da so zaradi okužbe z virusi nastale na testnih rastlinah dve vrsti simptomov: medžilne kloroze ob robovih listov in nagubanost ter hipertrofija listov (slika 15). Najpogostejše poškodbe tobakovih listov so bile drobne bele pege s premerom nekaj mm. Na nekaterih pegah smo določili glivo iz rodu *Alternaria*. Na tobakovih listih povzročča *Alternaria longipes* rjave conirane pege. Menimo, da opazovane bele pege ni povzročila omenjena gliva in da so abiotskega izvora, in da se je determinirana gliva naselila v odmrlo tkivo, kjer je živeła saprofitsko.

Soja: na sojinih listih smo opazili sledove obgrizovanja. Požrta je bila spodnja ali zgornja povrhnjica in iz teh poškodb so se širile večje ali manjše rjave nekroze.

Zelena: opazili smo le en tip poškodb. To so bile drobne bele pege na listih. V njih nismo določili nobene glive in menimo, da so abiotskega izvora.

Petunija: na odmrlih cvetovih in na nekaterih neoplojenih plodovih z odmrliimi cvetnimi peclji je bila obilno razvita gliva *Botrytis* sp. (siva plesen). Menimo, da se je gliva razvijala le kot gniloživka.

4. Z A K L J U Č K I

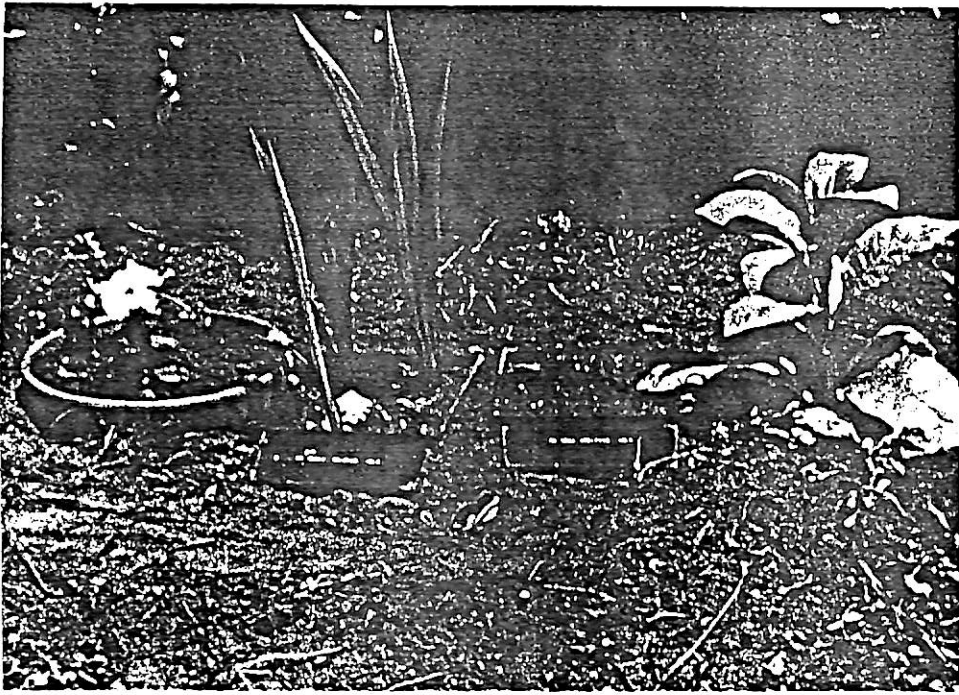
Raziskava je pokazala sledeče:

1. V literaturi navedene indikatorske rastline se da uporabiti za biomonitoring posameznih zračnih polutantov. Izvedba poskusa zahteva dobro poznavanje gojitvenih ukrepov posameznih vrst in veliko časa za spremljanje nastajanja poškodb.
2. Od uporabljenih testerjev so se najbolj izkazali tobak (za ozon) in gladiole (za ^{flu}oride) pa še tu bi bilo potrebno v bodoče poskus ponoviti z večjim številom rasltin.
3. Poskusu manjka referenčno mesto s čistim zrakom. V Ljubljani je bilo takšno mesto nemogoče zagotoviti, drugod pa je bila izvedba nemogoča zaradi razlik v klimi in s tem zaradi razvoja rastlin.
4. Delo v letu 1987 je pokazalo, da je determinacija biotskih poškodb testnih rasltin nujna za definiranje poškodb abiotskega izvora. Način fitopatološkega pregleda je potrebno izboljšati. Opazovanja morajo biti pogostejša in iz vsakega tipa poškodb je potrebno poizkušati izolirati povzročitelja. To bo vodilo pri fitopatološkem delu v naslednjem letu.

5. Opazovanja znakov poškodb, ki nastajajo na listih testnih rastlin bi bilo dobro spremljati z meritvami važnejših procesov (rast, fotosinteza, transpiracija) in z morfološko-anatomskimi analizami rastlinskih tkiv.
6. Med višjimi rastlinami pa tudi med lišaji bi bilo potrebno izbrati občutljivejše testerje za žveplov dioxid in PAN. Tudi za druge polutante bi bilo umestno poskusiti še druge testerje.

5. LITERATURA

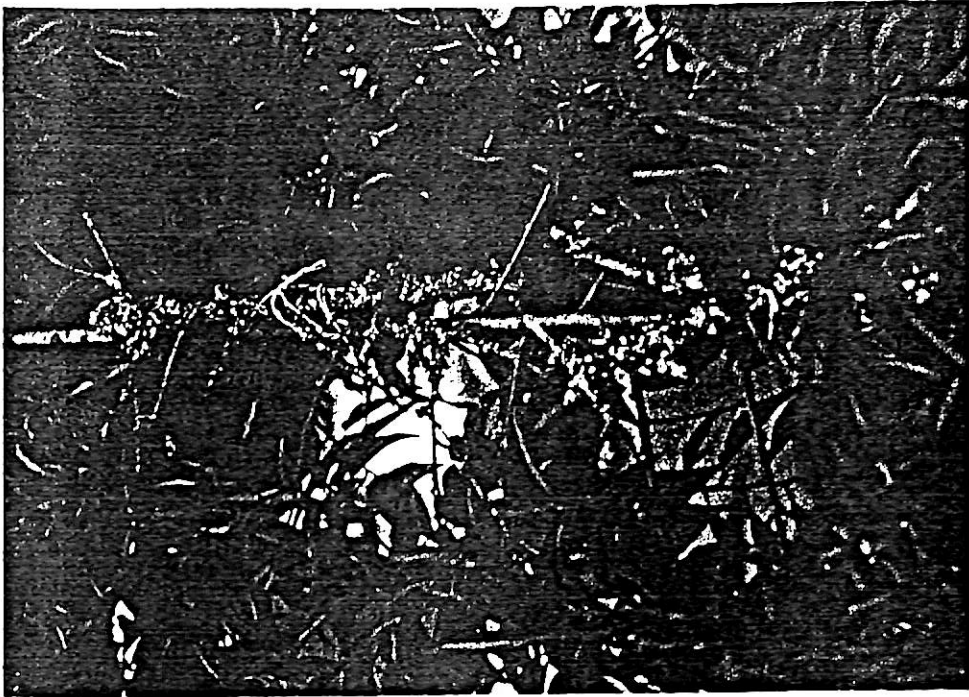
- BATIČ, F., MARTINČIČ, A., 1981: Vpliv onesnaženega zraka na propadanje klorofila v nekaterih vrstah presajenih lišajev. Biol. vest., 29(2): 1-22.
- STEUBING, J., JÄGER, H. J., 1982: Monitoring of air pollutants by plants. Methods and problems. Dr. W. Junk Publishes, The Hague/Boston/London.
- SMITH, W. H., 1981: Air pollution and Forests. Springer Verlag, New York, ...
- TRESHOW, M., 1980: Environment and Plant Response. Mc Graw Hill Book Company, New York, St. Luis ...



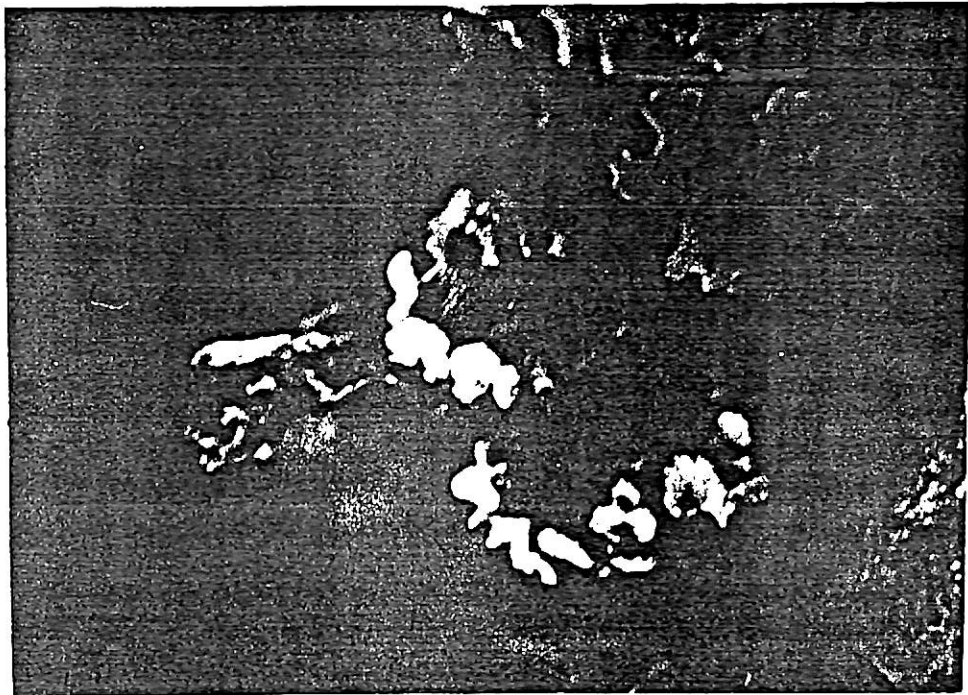
Sl.1 : Komplet rastlin izpostavljen 30.6.1987 pred tunelom na Karlovški cesti v Ljubljani



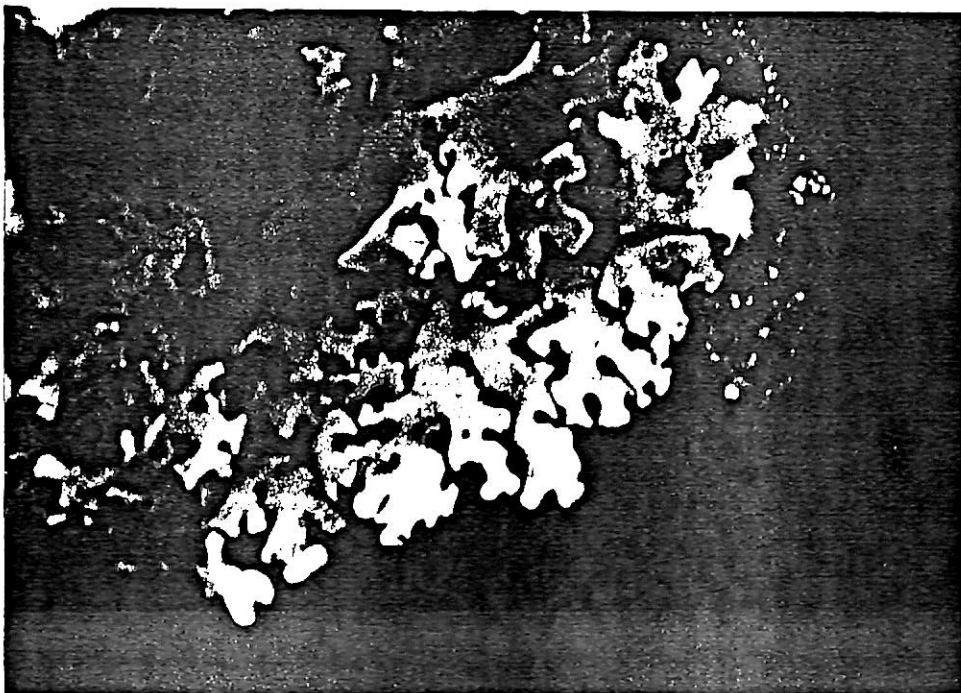
Sl.2: Isti komplet, slikan konec julija 1987



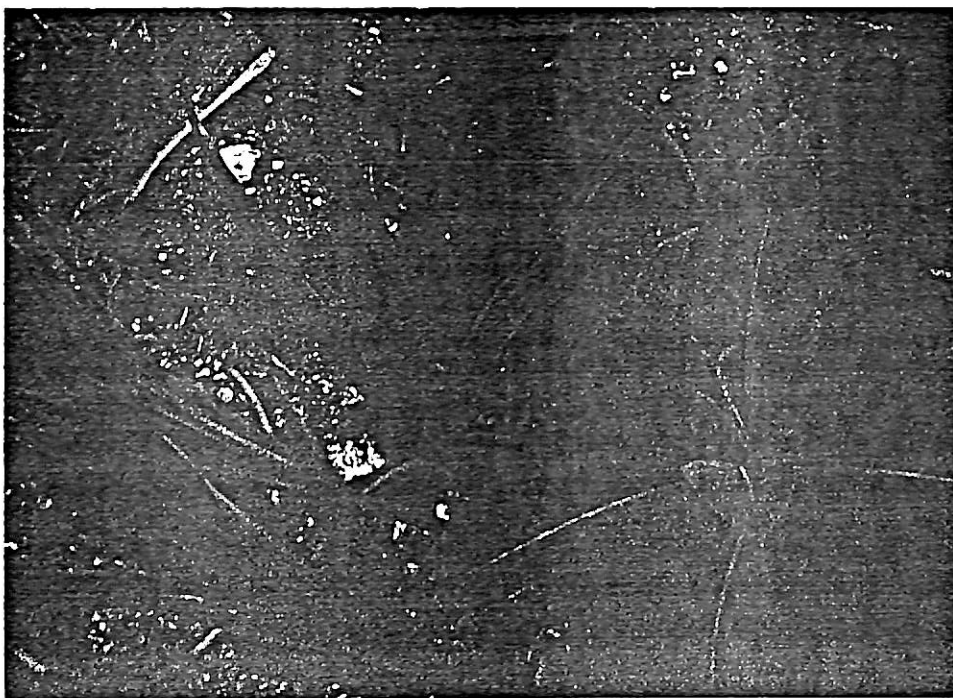
Sl.3 : Epifitski lišaj (*Hypogymnia physodes* /L./Nyl.) je bil pritrjen skupaj s podlago na drevesu v bližini testnih rastlin



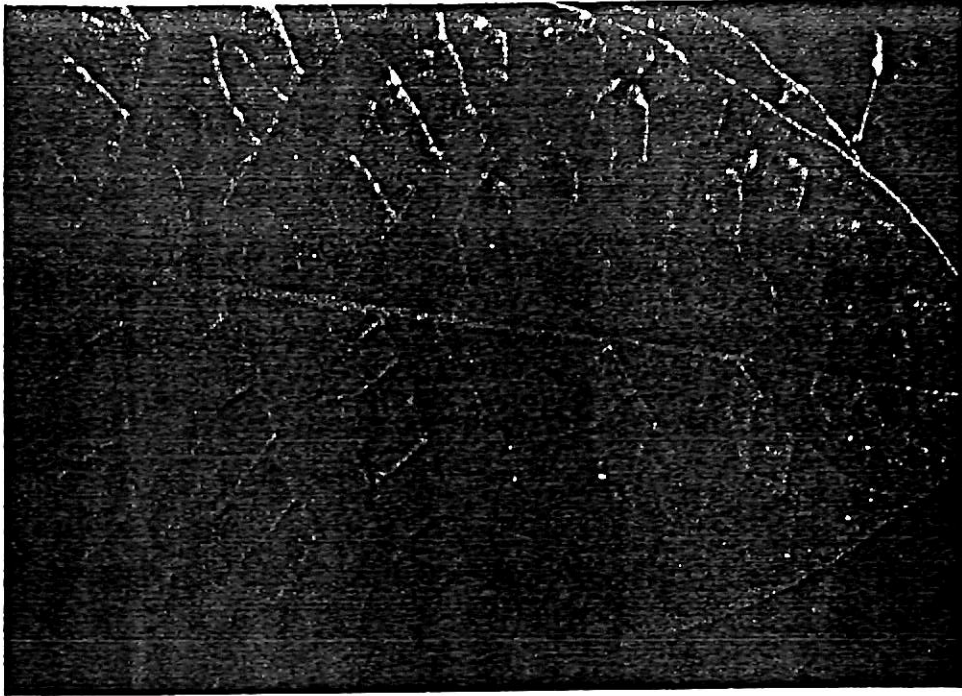
Sl.4: Steljka lišaja je na videz še zdrava



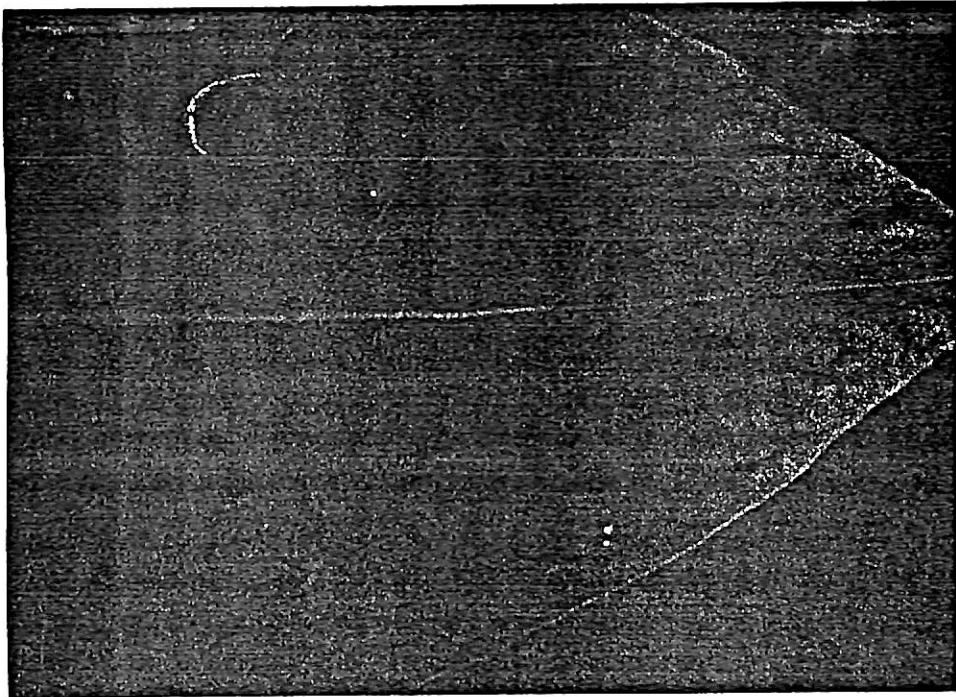
Sl.5 : Na robovih krpic, kasneje pa po celi površini steljke se zaradi razgradnje klorofila pojavijo rožnato sive kloroze



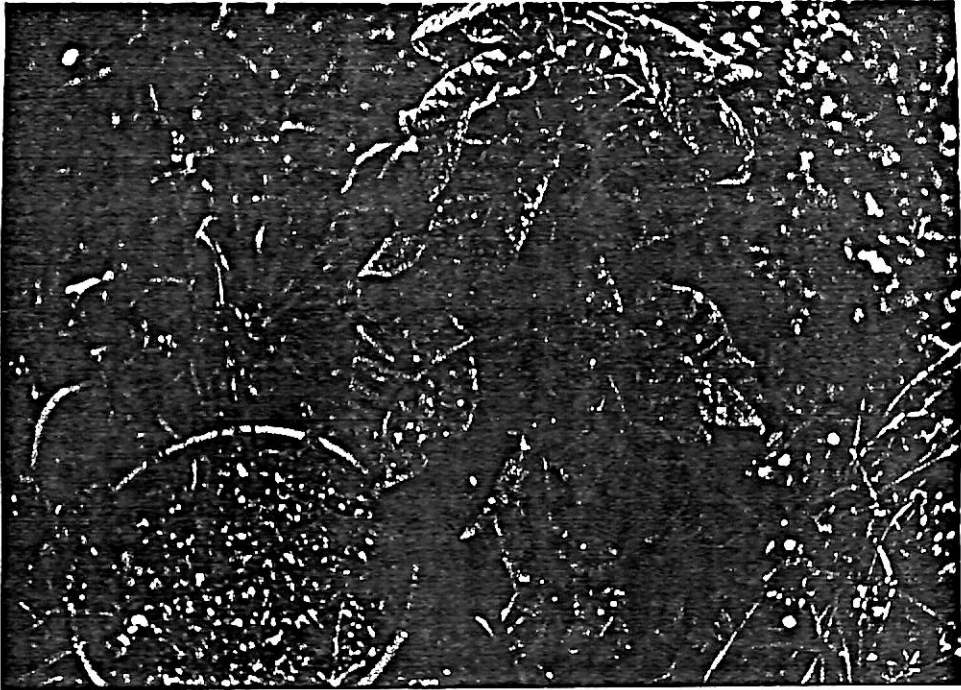
Sl.6 : Ob izpostavitvi so vse testne rastline izgledale zdrave (izpostavitvev na Zavodnjah 31.7.1987)



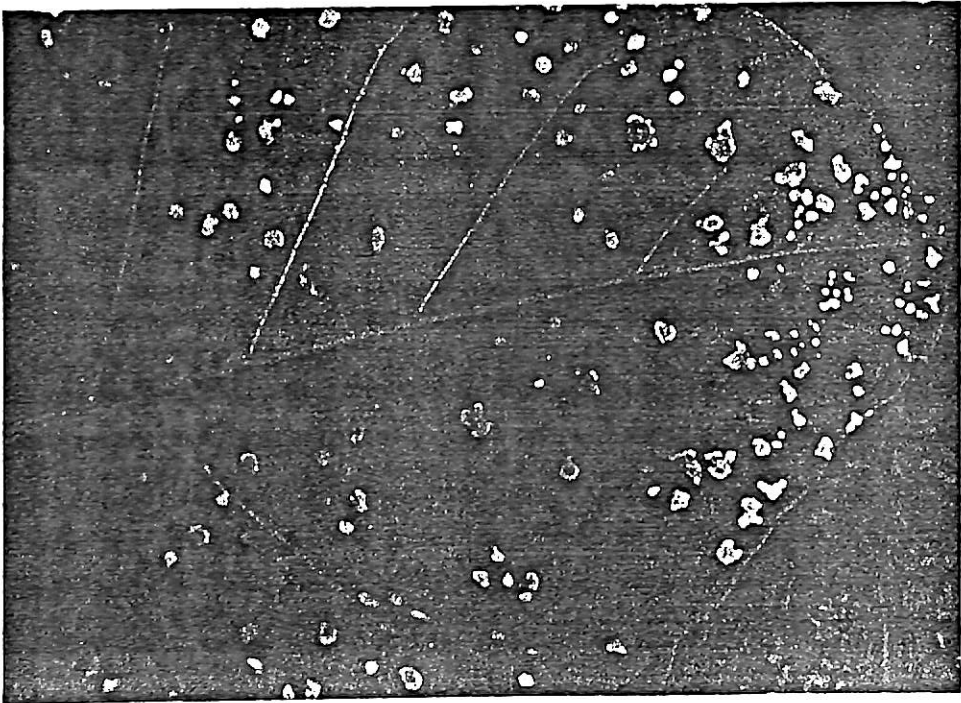
Sl.7 : Listi tobaka so bili ob izpostavitvi zdravi
(Zavodnje, 31.7.1987)



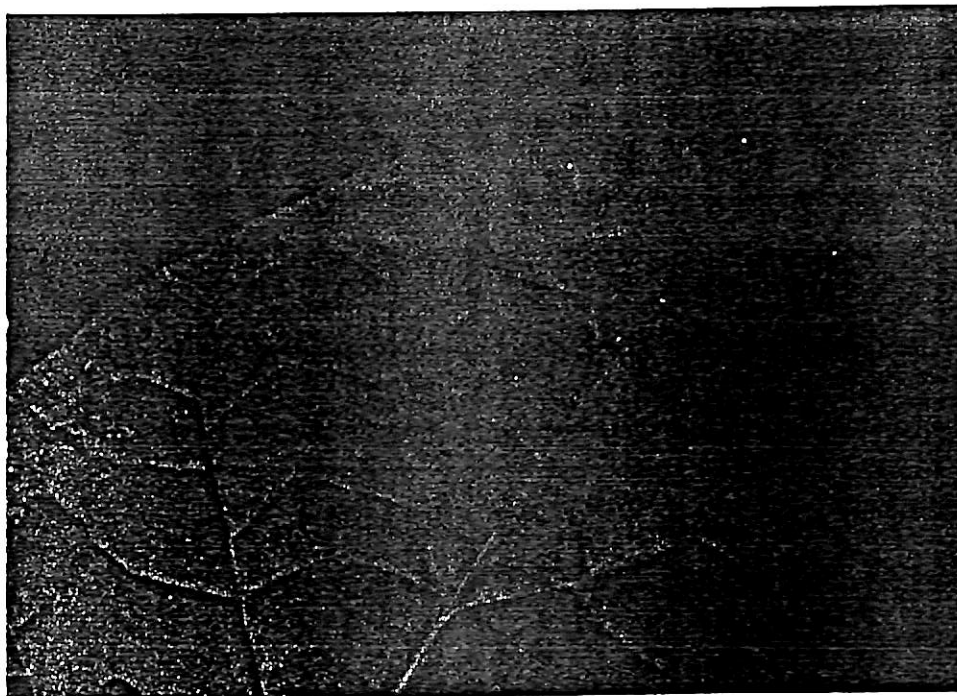
Sl.8: Poškodbe na tobaku so se najprej pojavile na izpostavitvenem
mestu pred tunelom (30.7.1987) v obliki medžilnih in
robnih kloroz



Sl.8a: Podobne, a dosti bolj izražene kloroze so se kasneje pojavile tudi na izpostavitvah v okolici T.Velenja (Veliki vrh)



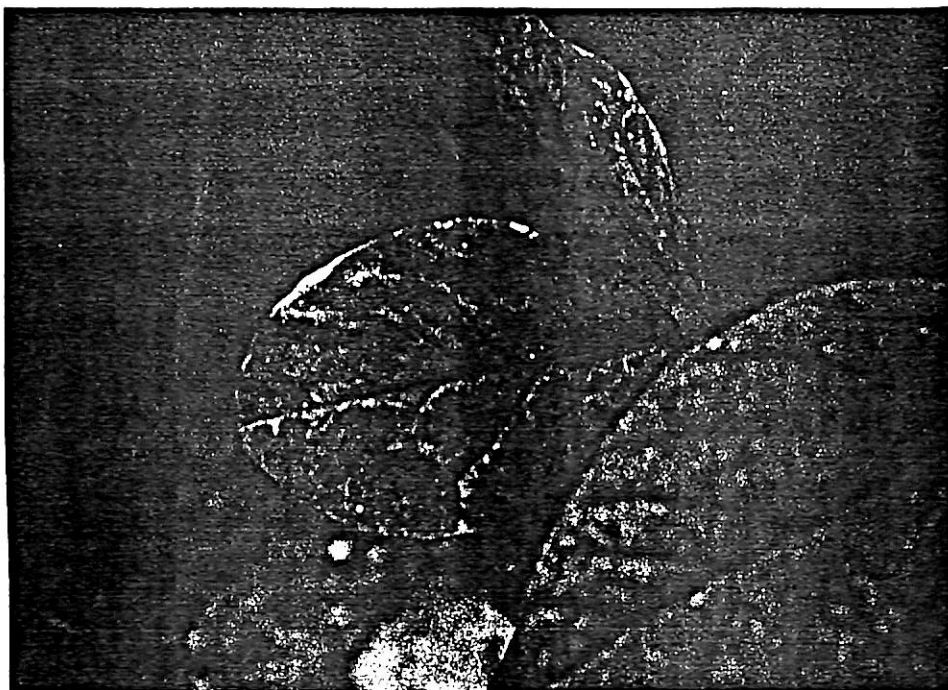
Sl.9 : Najbolj tipične poškodbe tobaka, nastale verjetno zaradi ozona, so bile svetle lise, ki so se v mesecu avgustu pojavile na vseh izpostavitvenih mestih



Sl.10: Poleg belih lis so se na tobaku vzporedno z njimi ali pa iz njih razvile še rjasto rdeče nekroze



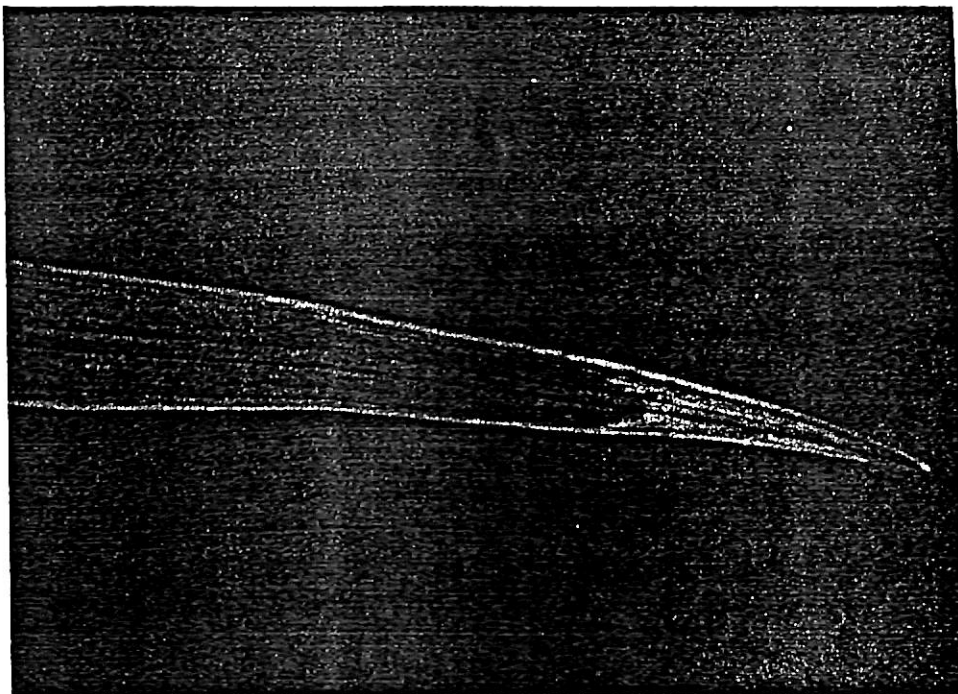
Sl.11: Na Zavodnjah (4.11.1987) je bilo na listih tobaka opaziti hude robne nekroze, ki bi jih lahko pripisali SO_2



Sl.12 : Listi soje so bili močno obžrti, nakar so se na teh mestih razvile nekroze (Ljubljana, pred tunelom konec avgusta)



Sl.13 : Na listih petunij ni bilo vidnih znakov poškodb



Sl.14: Na vršičkih listov gladijol so se razvile najprej kloroze, ki so postopoma prešle v nekroze



Sl.15 : Izgled tobačnih rastlin konec poletja. Rastlina na levi ima zaradi napada virusa deformirane liste, na ostalih so vidne značilne svetle lise

TABELA 1 : Prikaz pojavljanja poškodb na listih (staljkah) testnih rastlin od izpostavitve (30.5.1987) do konca opazovanja (28.9.1987)

Rastlini vrsta	Mesto	D a t u m i		
		21.7.1987	25.8.1987	28.9.1987
Hypoxynia physodes	1	brez poškodb	brez poškodb	brez poškodb
	2	brez poškodb	brez poškodb	brez poškodb
	3	" "	" "	" "
	4	" "	robne kloroze	robne kloroze, propad sorcijev
	5	" "	brez vidnih poškodb	brez vidnih poškodb
Tobak	1	brez poškodb	robne kloroze, rdeče pešce	starejši listi s številnimi klorozami in nekrozami
	2	" "	rastlina rahlo klorotična, počasne svetle in rdeče lise	rastlina uničena
	3	" "	posamezne svetle lise	številne kloroze in nekroze
	4	rastlina klorotična	medzilne kloroze, posamezne svetle lise	stari listi s številnimi klorozami
	5	ni poškodb	medzilne kloroze, številne svetle in rjaste lise	rastline na vidni zdravne
Soja	1	ni poškodb	rastline obžrtle	rastline na vidni zdravne
	2	" "	rahle kloroze	rastline propadajo
	3	" "	rastline klorotične in obžrtle	rastline že dozorele
	4	rastlina klorotična	rastlina močno pegasta in klorotična	rastline že dozorele
	5	ni poškodb	rastline klorotične	rastline dozorevajo
Petunije	1	ni poškodb	ni poškodb	ni poškodb
	2	rastline klorotične	rastline propadajo	rastline klorotične in propadajo
	3	rastline v propadanju	rastline so si opomogle	vzorec uničen
	4	rastline so propadle	rastline propadle	rastline propadle
	5	rastline zdrave	ni poškodb	rastline dozorevajo
Zelena	1	ni poškodb	ni vidnih poškodb	ni vidnih poškodb
	2	" "	" "	" "
	3	" "	" "	" "
	4	rastlina klorotična	starejši listi z belimi lisami listi z lisami	vzorec uničen
	5	rastline zdrave	nekroze vršičkov	ni vidnih poškodb
Gladijole	1	ozke vršne nekroze listov	robne nekroze, rahle medzilne kloroze	rahle vršne nekroze ter jasne vršne in robne kloroze ter nekroze
	2	" "	robne nekroze, rahle medzilne kloroze	robne in vršne nekroze, rahle kloroze
	3	" "	robne nekroze, rahle medzilne kloroze	" "
	4	" "	" "	" "
	5	" "	" "	" "

1 - Požnik, 2 - Hidrometeorološki zavod, 3 - Grad, 4 - Tunel, 5 - Crnuča

TABELA 2 : Razvoj testnih rastlin (listov, cvetov in plodov) od izpostavitve (30.6.1987) do konca opazovanja (28.9.1987)

Tester	Mesto	D a t u m i		o p a z o v a n j a	
		31.7.1987	26.8.1987	28.9.1987	
Tobak	1	rastlina cveti, 16 listov	20 plodov, 16 listov	51 plodov	
	2	še ne cveti, 14 listov	še ne cveti, 16 listov	še ne cveti	
	3	cveti, 15 listov	23 plodov, 15 listov	vzorec uničen	
	4	19 cvetov, 13 listov	22 plodov, 12 listov	63 plodov	
	5	še ne cveti, 10 listov	še ne cveti, 19 listov	104 plodove	
Soja	1	5 listov	5 listov, rastlina obžrta	5 listov, plodi:	
	2	6 listov	7 listov, plodi	rastlina propadla, plodovi odpadli	
Petunije	3	cveti, 6 listov	6 listov, plodi	rastline so dozorele	
	4	5 listov, cveti in plodi	7 listov, plodi	rastline so dozorele	
	5	4 liste, začetek cvetenja		7 listov, rastline v plocu	
	1	15 cvetov in plodov	23 cvetov in plodov	36 cvetov in plodov	
	2	14 plodov in cvetov	14 cvetov in plodov, propadla	21 cvetov in plodov	
Zelena	3	še ne cveti	še brez cvetov	vzorec uničen	
	4	rastlina propadla	rastlina propadla	rastlina propadla	
	5	še ne cveti	15 cvetov in plodov	19 plodov	
	1	4 listi	7 listov	11 listov	
	2	4 listi	4 listi	7 listov	
Gladijole	3	4 listi	8 listov	vzorec uničen	
	4	4 listi	7 listov	12 listov	
	5	4 listi	6 listov	8 listov	
	1	3-4 listi	začetek cvetenja	rastline odcvetele, 5-7 plodov	
	2	"	"	"	
3	"	še ne cveti	rastline odcvetele, 4-5 plodov		
4	"	rastline cvetijo	cvetovi potrpani		
5	"	"	rastline odcvetele, 7-12 plodov		

-
- 1 - Rožnik
 - 2 - Hidrometeorološki zavod
 - 3 - Grad
 - 4 - Tunnel
 - 5 - Crnuče

TABELA 3 : Propadanje klorofilila v steljki lišaja *Hypogymnia physodes* (L.) Ny1. izpostavljenega na različno onesnažena mesta v Ljubljani in okolici Titovega Velenja

Mesto izpostavitve	19.6.1987		31.7.1987		31.8.1987		25.11.1987									
	a	b	a+b	a/b	a	b	a+b	a/b								
Solinj-Voje počnik	0,278	0,174	0,452	1,60	0,278	0,122	0,400	2,28	0,177	0,079	0,255	2,24	0,208	0,092	0,400	3,35
HMZ					0,551	0,460	1,010	1,20	0,142	0,015	0,167	9,46	0,139	0,075	0,214	1,85
Grad					0,065	0,024	0,089	2,71	0,210	0,122	0,33	1,72	0,145	0,051	0,196	2,84
Tunel					0,091	0,032	0,113	2,53	0,079	0,045	0,124	1,75	0,114	0,035	0,150	3,17
Črnuče					0,268	0,112	0,380	2,39	0,125	0,073	0,198	1,74	0,145	0,044	0,189	3,29
Polje					0,259	0,083	0,342	3,12	0,172	0,085	0,257	2,02				
Trebeljavo					0,186	0,083	0,269	2,24	0,105	0,039	0,145	2,72	0,144	0,043	0,187	3,35
Titovo Velenje					0,184	0,108	0,292	1,70	0,184	0,108	0,292	1,70	0,197	0,085	0,282	2,37
Veliki vrh-na prostem					0,248	0,102	0,351	2,41	0,248	0,102	0,351	2,41	0,246	0,088	0,334	2,79
Veliki vrh-v gozdu													0,066	0,028	0,094	2,35
Zavodnja					0,237	0,105	0,342	2,25	0,237	0,105	0,342	2,25	0,385	0,150	0,535	2,59

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri BF

PROPADANJE GOZDOV NA OBMOČJU LJUBLJANSKIH OBČIN

a/ Bioindikacija onesnaženosti zraka

Raziskovalna naloga

Nosilec naloge:

dr. Franc Batič

Franc Batič



Direktor:

Marko Kmecl, dipl.ing.

Marko Kmecl

ZAKLJUČNO POROČILO O RAZISKOVALNEM DELU

Raziskovalna organizacija: Inštitut za gozdno in lesno gospodar-
stvo, Ljubljana, Večna pot 2

Finanser: Mestna raziskovalna skupnost,
Ljubljana

Naslov naloge: PROPADANJE GOZDOV NA OBMOČJU LJUBLJAN-
SKIH OBČIN
a/ Bioindikacija onesnaženosti zraka

Nosilec naloge: dr. Franc Batič, prof.biol., IGLG

Sodelavci: mag.Dušan Jurc, dipl.biol., IGLG
Anton Stergar, prof.biol., IGLG
Bogdan Macarol, absolvent na
biologiji (VTO za biologijo BF, VEK
Ljubljana)

Ljubljana, junij 1989

IZVLECEK

Na področju mesta Ljubljane je bil narejen poskus ugotavljanja prisotnosti posameznih zračnih polutantov s pomočjo indikatorskih rastlin. Poskus je bil opravljen v poletju 1988 (od 8.6. do 7.11.1988). Za ugotavljanje posameznih polutantov so bile uporabljene naslednje vrste: epifitski lišaj (*Hypogymnia physodes* /L./Nyl.), lucerna (*Medicago sativa* L., cv. Mirna), iglice smreke (*Picea abies* /L./Karsten) - za indikacijo SO_2 ; tobak (*Nicotiana tabaccum* L., cv. North Carolina) - za ozon; belocvetne petunije (*Petunia hybrid*, cv. Fulcon White) - za dušikove okside; mala kopriva (*Urtica urens* L.) - za PAN; gladiole (*Gladiolus communis* L., cv. Snow Princess) za indikacijo fluoridov. Rastline so bile izpostavljene na štirih mestih na ožjem področju mesta Ljubljane in na treh mestih na Primorskem. Tedensko so bile opazovane tipične poškodbe, v iglicah smreke, v steli lišaja in celi rastlini lucerne je bila analizirana vsebnost žvepla, v iglicah smreke pa še analiza klorofilov. Na osnovi poškodb listov tobaka je bila ugotovljena prisotnost ozona in v vseh analiziranih tkivih povečana vsebnost žvepla.

Ključne besede: Bioindikacija onesnaženosti ozračja, testne rastline, aktivna, pasivna bioindikacija, Ljubljana, Slovenija, Jugoslavija.

ABSTRACT

The presence of certain air pollutants was followed by transplantation of known bioindicator plants on the area of town Ljubljana during the vegetation period 1988 (8th of June to 11th of November). The following indicator plants were used: thalli of epiphytic lichen (*Hypogymnia physodes* /L./Nyl.), Alpha-lpha (*Medicago sativa* L., cv. Mirna) and spruce needles (*Picea abies* /L./Karsten) for SO_2 ; tobacco (*Nicotiana tabaccum* L., cv. North Carolina) for ozone; petunias (*Petunia hybrida*, cv. Fulcon White) for NO_x ; small nettle (*Urtica urens* L.) for PAN; gladiolus (*Gladiolus communis* L., cv. Snow Princess) for fluorides. The plants were exposed on four sites in Ljubljana and on three sites in Slovenian littoral. The plants were observed weekly from June to November to detect typical injury signs, and samples of lichen thalli, spruce needles and alpha-lpha plants were collected once or twice for sulphur and chlorophyll content analysis. The occurrence of ozone was proved on all sites by tobacco plants and increased sulphur content was determined on all more polluted sites.

1. UVOD

V letu 1988 smo nadaljevali z uvajanjem višjih rastlin kot bioindikatorjev onesnaženosti ozračja na področju mesta Ljubljane. Raziskava je nadaljevanje že v prejšnjih letih (1) začelih raziskav, s katerimi želimo tudi za naše polucijske in klimatske razmere izbrati primerne bioindikatorje in z njimi dopolniti fizikalno kemijske meritve posameznih polutantov v zraku. Z odzivom teh rastlin kvalitativno in kvantitativno ovrednotimo delovanje posameznih polutantov glede na dozo in koncentracijo in to predstavlja prispevek k postavitvi tako imenovanega integralnega monitoringa kvalitete okolja, ki vključuje vse elemente, to je fizikalno kemijske meritve in analize polutantov, meteorološke študije in reakcijo živih bitij, rastlin v tem primeru. Razvoj tega sistema je še v povojih, saj je sistemsko urejen in zagotovljen le prvi del. Mesto Ljubljana je s svojo raznoliko polucijo in sorazmerno dobro infrastrukturo primerno za tovrstne poskuse.

2. MATERIAL IN METODE

Izbor testnih rastlin in bioindikatorjev za ugotavljanje posameznih polutantov v zraku smo naredili delno po lastnih izkušnjah (1) v glavnem pa smo se zgledovali po izkušnjah tujih raziskovalcev (2,3,4,5).

Za ugotavljanje prisotnosti žveplovih spojin smo uporabili epifitske lišaje. To pot smo izbrali dokaj rezistentno vrsto *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl, ki smo jo skupaj s predlogo posadili na predvidoma različno onesnažena mesta. Poleg opazovanja kloroz in nekroz smo lišaj uporabili predvsem kot bioindikator - akumulator žvepla, ob eventuelnem nadaljevanju raziskave pa bodo ob sodelovanju inštituta Jožef Štefan narejene še analize vsebnosti težkih kovin in radionuklidov. Uporabnost lišajev kot bioindikatorjev v te namene je nesporna in ne pomeni uvajanje metode, ampak ugotavljanje

stanja. Glede na to, da je žveplov dioksid pri nas še vedno prevladujoči zračni polutant, smo za njegovo bioindikacijo izbrali še dve rastlini. Ena je bila smreka kot predstavnik lesnate rastline-drevesa, za katero je znano, da spada med občutljivejše vrste. Poleg tega v okviru raziskav vzročnosti propadanja gozdov v Sloveniji to vrsto že uporabljamo kot bioindikator - akumulator žvepla na osnovi analize vsebnosti žvepla v iglicah. Poleg vsebnosti žvepla smo v iglicah smreke analizirali še vsebnost klorofilov, ki pravtako s padcem koncentracije odražajo delovanje žveplovega dioksida. Za vzorčenje smo izbrali pare 60-80 let starih, navidez zdravih dreves, s katerih smo pobrali vzorce in jih obdelali na podoben način kot pri vzorčenju v okviru cele Slovenije. Kot tretji indikator onesnaženosti okolja z žveplom smo izbrali lucerno (*Medicago satina* L., cv. Mirna, Semenarna Ljubljana), ki je poznana kot aktivni bioindikator (kloroze, nekroze) in kot akumulator žvepla.

Za indikacijo ozona in delno tudi drugih polutantov, ki delujejo kot oksidanti smo nadaljevali poskuse s tobakom (*Nicotiana tabacum* L., cv. North Carolina 17, Duvanski inštitut Zagreb) opustili pa smo sojo, ki se je izkazala kot neprimerna.

Za indikacijo prisotnosti dušikovih oksidov in delno tudi PAN-a smo nadaljevali poskus z belo-cvetnimi petunijami (*Petunia hybrida*, cv. Fulcon White, Semenarna Ljubljana), še posebej pa smo za ugotavljanje prisotnosti PAN-a uporabili malo koprivo (*Urtica urens* L.), katere semena smo s pomočjo Botaničnega vrta (VTO za biologijo) iz Ljubljane dobili iz botaničnega vrta v Koblenz, Zvezna republika Nemčija.

Eventuelno prisotnost fluoridov v zraku smo še naprej ugotavljali z belocvetnimi gladiolami (*Gladiolus communis* L., cv. Snow Princess, Semenarna Ljubljana).

Indikatorske rastline (tobak, mala kopriva, petunija in gladiole) smo vzgojili v rastlinjaku inštituta in jih nato presajene v lončke z enako sestavo zemlje izpostavili na izbrana mesta. Ločeno smo posejali v primerno pripravljeno zemljo na mestu izpostavitve Lucerno. Lišaje smo skupaj s podlago nabrali pri zaselku Uzmani pri Robu in jih prinesli na ustrezno višino na drevesa v bližini, kjer smo v tla zakopali lonce s testnimi rastlinami. Testne rastline smo med vegetacijsko sezono po potrebi dognojili z gnojilom nitrafert (N24 %, B 1%, Novi Sad) po potrebi smo zatirali listne uši in polže z zato primernimi sredstvi.

Mesta izpostavitve so bila naslednja:

a/ v Ljubljani

- 1 - vrt IGLG
- 2 - vrt Hidrometeorološkega zavoda
- 3 - na Gradu (v okolici - RTV stolpa)
- 4 - pred tunelom, 5 m nad južnim izhodom

b/ na Primorskem

- 1 - Botanični vrt v Sežani
- 2 - vrt v vasi Dutovlje
- 3 - vrt v Solkanu

c/ v okolici termoelektrarne Šoštanj ob ANAS postajah:

- 1 - Veliki vrh
- 2 - Titovo Velenje
- 3 - Zavočnje
- 4 - Graška gora
- 5 - Sleme

Rastline smo posadili v lonce konec maja, jih aklimatizirali 2 tedna na inštitutskem vrtu in jih nato 3.6. izpostavili. V lonce (10-12 l) smo posadili: 3 rastline tobaka, 3 rastline gladiol,

5 rastlin male koprive in 3 rastline petunij.

Lonci so bili do roba zakopani v zemljo. Ob hudi suši smo rastline zalivali.

Razvoj rastlin in pojavljanje eventuelnih znakov poškodb smo opazovali tedensko od 3.6. do 9.11.88. Sproti smo za določanje biomase pobirali odmirajoče liste in zrele plodove. Hkrati s tem smo opravljali fitopatološke preglede. Rastline smo vzorčili za laboratorijske analize (vsebnost žvepla, klorofila) enkrat v jeseni (smreko) in na koncu vegetacijske sezone (lucerno) ter dvakrat, v jeseni in naslednjo pomlad lišaje.

V tem poročilu so zajeti le rezultati poskusov, analiz in opazovanj iz Ljubljane in referenčnih mest na Primorskem. Tako različne lokacije smo vzeli za primerjavo zaradi različne onesnaženosti in različne klime. V izvedbo naloge je bilo vključeno diplomsko delo absolventa biologije Macarol Bogdana, ki je opravil večino terenskega in laboratorijskega pripravljalnega dela.

Analize vsebnosti žvepla in klorofila kot tudi druge obdelave materiala so potekale po standardnih metodah v laboratorijih inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

a/ Opazovanja razvoja rastlin in pojavljanje poškodb

Rezultati opazovanja razvoja testnih rastlin in pojavljanje poškodb so prikazani na tabelah od 1 do 7 izgled testnih rastlin in nekaterih tipičnih poškodb pa na fotografijah od 1-12.

Kot je razvidno iz tabel smo dobili najboljši pričakovani odziv pri tobaku. Na rastlinah tobaka smo na vseh izpostavitvenih mestih opazovali nastanek več različnih, za delovanje ozona, pa tudi drugih fotooksidantov značilnih poškodb. Te so se pojavljale kot svetle (sl.7) rjavo-rdečkaste (sl.6) ali kot temnozelenne pege v velikosti od nekaj desetink mm do nekaj mm v premeru. Pojavljale so se značilno na zgornji strani listov (poškodovan je stebričasti asimilacijski parenhimi). Nekroze so se pojavile približno en mesec po izpostavitvi na starejših listih, medtem ko so bili mlajši listi nepoškodovani. Ta se ujema z navedbami v literaturi (2,3,4,6), ki pravijo, da je delovanje O₃ sinergistično z etilenom, ki se sprošča s staranjem rastlin. zato je več "ozonskih" poškodb na starejših listih in kasneje v ontogenetski fazi rastline. Poleg značilnih lisastih kloroz in nekroz smo na listih tobaka opazili še obsežnejše ne tako jasno opredeljene medžilne kloroze (Sl.5), ki si jih ne znamo popolnoma razložiti. Lahko, da gre za sinegizem med O₃ in drugimi polutanti (SO₂, NO_x itd.), možen pa je tudi nastanek zaradi prehranskih motenj. Ne glede na to, da je bilo lansko poletje izredno vroče so se ozonske poškodbe na listih tobaka pojavljale bolj poredko in šele kasneje so s staranjem rastlin postale številčnejše. Opazen je bil tudi vpliv podlage, ko so se na isti lokaciji (vrt inštituta) pojavile poškodbe na rastlinah posajenih pristo v gredi, ne pa na tistih v loncih, ki so imele verjetno boljšo zemljo. Tobak spada med občuljivejše rastline, kar se tiče delovanja ozona. Z ozirom na tuje vire (6,7) se pojavijo poškodbe na občutljivih rastlinah kot je tobak, ko koncentracija ozona preseže 40-50 ppb in deluje na rastlino več kot pol ure. Očitno je, da so bile te koncentracije pri nas presežene, tako v Ljubljani kot na Primorskem, žal pa nimamo na razpolago meritev ozona. Odstopanja v intenzivnosti poškodb so bila, vendar ne izrazita. Bonifikacija poškodb na listno površino, rastlino in izpostavitveno mesto še ni narejena pač pa bo v omenjenem diplomskem delu.

Poskus z malo koprivo (*Urtica ureus* L., sl.8) kot indikatorjem PAN-a smo izvedli prvič. Rastlina se uporablja za indiciranje PAN-a, pa tudi drugih fotooksidantov (4). Tipične poškodbe naj bi bile srebrnkaste kloroze ("bronzing") na spodnji strani listov (poškodovano je predvsem gobasto tkivo mezofila), predvsem na drugem do četrtem paru listov. Mi teh poškodb nismo ugotovili v tipični obliki, čeprav smo jih opazili. Prisotne so bile tudi robne nekroze (sl.9), ki pa jih isti avtorji pripisujejo bolj delovanju ozona. Ker je rastlina enoletnica, so rastline v suši hitro dozorele, s čemer se je znatno skrajšal čas opazovanja, opazovanje samoniklih kalic pa morda ni bilo pravočasno, oziroma mu nismo posvetili dovolj pozornosti. Kritične koncentracije za to vrsto še niso določene.

Tudi pri petunjah (*Petunia* hybridi, cv. Fulcon White) nismo opazili značilnih poškodb v obliki "bronzinga" na listih v večji meri. Pojavile so se zelo sporadično, le na posameznih listih nekaterih rastlin v setu, zato jih z gotovostjo težko pripišemo delovanju NOx, kar naj bi indicirale. Obdelava podatkov glede cvetnih nastavkov in tvorbe plodnih glavic bo prikazana v diplomski nalogi. Tudi petunije so se izkazale kot dokaj vprašljiv indikator, še posebej glede opazovanja poškodb na listih. Ko rastline enkrat zacvetijo se drastično zmanjša listna površina in opazovanje je težavno.

Gladiole, sorte Snow Princess so na vseh mestih dobile značilne robne vrčne in medžilne kloroze svetlorumenkaste barve (sl.10), ki so kasneje prešle v rjavkastordeče nekroze (sl.11). V kolikšni meri je to bil res odziv zaradi delovanja fluoridov je vprašljivo, le na izpostavitvenem mestu v Solkanu (sl.10) so se pojavile tako zgodaj v razvoju rastlin in v tako značilni obliki, da bi jih z gotovostjo lahko pripisali vplivu fluoridov. Sicer je pri gladioolah nastajanje takšnih poškodb normalen znak staranja pa tudi odraz motenj v preskrbi z vodo in minerali, da jih, če so neznatne, ne moremo zanesljivo pripisati delovanju fluoridov.

Na listih lucerne (sl.12), ki dobro indicirajo delovanje SO₂ (robne in medžilne kloroze, nekroze) nismo opazili tipičnih poškodb. Rastlini smo uporabili kot bioindikatorje - akumulatorje žvepla.

b/ FITOPATOLOŠKE ANALIZE

V letu 1987 opravljene fitopatološke analize testnih rastlin so pokazale, da smo z mikroskopsko analizo poškodb pogosto ne moremo ugotoviti, ali so poškodbe biotskega (patogenega) izvora ali pa so jih povzročili polutanti v zraku. Zato smo v letu 1988 opravili natančnejše analize tako, da smo delčke poškodovanih rastlinskih tkiv površinsko sterilizirali z 10-50% varikino (1 - 2,5% aktivnega klora), jih posušili s sterilnim filter papirjem in sterilno prenesli na hranilno gojišče (krompirjev agar, Bio-Merieux) .

Delo je v okviru svoje diplomske naloge opravil Bogdan Macarol.

Ugotovili smo, da bele, sive ali rjave pege na listih tobaka ne vsebujejo v prvih nekaj dnevih po nastanku nobenih gliv. Nato so se vanje naselile glive *Aureobasidium pullulans* De Bary in *Aspergillus* sp., ki so gniloživke. Na robnih medžilnih, rumenih, rjavih in črnih nekrozah listov male koprive smo z izolacijo ugotovili glive *Alternaria* sp., *Epicoccum purpurascens* Ehrens ex Schleht ter *Ramularia urticae*. Poškodbe listov so se pojavile hkrati s semenjem in naglim propadom rastlin že v juliju in menimo, da so povezane z normalnim odmiranjem rastlin. Na listih petunij so se v avgustu pojavile značilne krastaste izbokline , ki jih pripisujemo neugodnim rastnim razmeram - bolezen je plutavost (vodeničnost). Ugotavljali smo tudi prisotnost gliv v drobnih, rumenih pegah na iglicah črnega bora. Tako v enoletnih kot tudi v večletnih iglicah nismo z izolacijo ugotovili nobene glive. Na nekrozah črne ali rjave barve, ki so bile ostro omejene od sosednjega zdravega tkiva iglice pa smo izolirali glive *Aureobasidium pullulans* De Bary in *Alternaria* sp. Tako po izgledu nekroz, kot po prisotnih glivah menimo, da so te nekroze posledica mehaničnih poškodb iglice, saj iz literature ni znano, da bi prisotne glive lahko povzročile odmiranje tkiv iglic. Na lucerni smo opravili izolacije iz rjavih peg na listih. Ugotovili smo prisotnost glive *Ulocladium consortiale* (Thümen) Simmons, ki je verjetno saprofitska.

Fitopatološke analize nekaterih poškodb testnih rastlin so bile obširnejše, kot smo v načrtu predvideli. Prvotni naš namen je namreč bil le ugotoviti prisotnost ali odsotnost gliv na tipičnih poškodbah. Zaradi pogoste uspešne izolacije različnih gliv smo večino tudi determinirali.

Menimo, da se je način dela pokazal kot uspešen, pokazal pa je tudi, da so nujni pogostejši pregledi testnih rastlin na terenu. Določili smo namreč predvsem gniloživke, ki naseljujejo odmrta rastlinska tkiva. Metoda izolacije gliv je potrebna v fazi uvajanja testnih rastlin, pridobljene izkušnje omogočajo makroskopsko ocenjevanje vzrokov poškodb s pogojem, da so pregledi testnih rastlin v razmiku le nekaj dni .

c/ Laboratorijske analize vsebnosti žvenla in klorofilu

Analizi vsebnosti žvepla in klorofila so prikazane na tabelah od 8 do 11. Tabela 8 prikazuje rezultate analize klorofilov v ena in dvoletnih iglicah smreke, vzorčenih v različnih obdobjih na profilu skozi Ljubljano, nekaj podatkov pa je za primerjavo iz 16x16 km mreže vzorčenja, ki je bilo opravljeno v primerljivem času. Vrednost klorofilov je nasplošno zelo nizka, saj se normalne vrednosti (klorofila a+b) gibljejo med 2 in 4 mg kl/g suhe teže, naši podatki pa kažejo vrednosti pod in okrog 2 mg. Glede na to, da je vsebnost klorofilov do neke mere odvisna tudi od rastišča, ki tu ni homogeno je del odstopanj od pričakovane situacije tudi na ta račun. Zaenkrat so ti podatki bolj okvirni, kajti čas vzorčenja je za celovito sliko o fiziološkem stanju substanc kot so klorofili prekratek. Analizi vsebnosti žvenla (tabela 9) smrekovih iglic kažejo močno onesnaženje z SO₂, saj z izjemo Črnege vrha in Rožnika pri enoletnih iglicah in Črnege vrha pri dvoletnih padejo vsi v 3 razred obremenjenosti (Kalan 1988).

Za primerjavo je še analiza vzorca iz najbolj prizadetega območja v okolici termoelektrarne Šoštanj (Slanici), kjer smrekovi gozdovi propadajo zaradi onesnaženja z žveplovim dioksidom.

Vsebnost žvepla v lucerni (tabela 10) zelo niha med različnimi vzorci. Ne glede na to, da je tudi tu vpliv različnih rastiščnih in klimatskih pogojev velik izstopajo vzroki vrednosti v ožji Ljubljani, kjer je polucija že dolgotrajna in na dveh močnejše onesnaženih mestih v okolici TE Šoštanj.

Vsebnost žvepla v steljkah izpostavljenih lišajev (tabela 11) je zelo ilustrativna. Za razliko od prejšnjih predstavlja stopnjo onesnaženosti ali čistoče ozračja v konkretnem obdobju. Čeprav pri izbiri kontrolnega mesta (Uzmani pri Robu na Dolenjskem) nismo imeli največ sreče opažamo znatno povečanje vsebnosti žvepla na večini izpostavitvenih mest v Ljubljani in na vseh v okolici Šoštanja, na Primorskem na unad , kar se ujema tudi z meritvami polutantov v zraku. Analiza vzorcev lišajev še ni končana, kajti vzorci, ki so bili na istih mestih izpostavljeni še preko zime so še v obdelavi.

ZAKLJUČKI:

Izsledki raziskave so pokazali sledeče:

1. Z izbranimi rastlinami in testerji se da zasledovati prisotnost posameznih polutantov v okolju, vendar izkušnje drugih raziskovalcev ne moremo direktno prenesti v naše okolje.
2. Pri napaki testerjev je bistveno poznavanje ravnanja z njimi in čas ter način opazovanja, o čemer v literaturi ponavadi ni zadostnih podatkov.
3. Z našimi poskusi smo ugotovili, da bi za naše razmere že lahko priporočali uporabo tobaka kot testerja za ozon in v določeni meri tudi gladiole kot testerje fluoridov. Odziv tobaka je bil najbolj v skladu z izsledki tujih raziskovalcev, treba bi ga bilo le še vskladiti z meritvami ozona v zraku pri nas, za kar obstajajo vsaj na nekaj lokacijah (Šoštanj, Ljubljana) tudi realni pogoji. Čeprav smo mi pri našem poskusu uporabili kultivar "North Carolina 17 in ne Bel W3" kot drugod je odziv zelo podoben. V teku je tudi poskus z obema sortama, kajti letos smo dobili semena kulture Bel W3 iz Italije in Norveške.
4. Uporabnost male koprive (*Urtica urens* L.) za sledenje PAN-a in drugih fotooksidantov je potrebno še preveriti, kajti v prvem letu poskus ni zadostil pričakovanj. Isto velja za poskus s petunijami za sledenje NOx.
5. Poleg uporabe znanih testerjev, ki jih na pogosto ne moremo dobiti ali pa imajo drugačen odziv bo potrebno najti ustrezne nadomestke v domači avtohtoni ali pa adventivni flori. V Ljubljani bi za indikacijo fotooksidantov, predvsem O₃ na osnovi lanskoletnih izkušenj lahko do neke mere uporabili vrsto nedotike *Imnotiens parviflora* ki jo je zadosti v ožji mestni okolici.

Še vedno ostaja problem indikatorja za fotooksidante v hladnejši polovici leta, kajti vsi uporabljeni so občutljivi na nizke temperature, kar zmanjšuje njihovo uporabo z večanjem nadmorske višine.

6. Bioindikacija na osnovi akumulacije žvepla se je izkazala kot uspešna in je pri nas z ozorčenjem iglic smreke že utečena. Vzpočbudni so tudi rezultati poskusa z lišaji, še posebej za slednje onesnaženja zraka v določenem prostoru in času. Prav tako je lucerna za te namene primerna rastlina, še posebej tam, kjer ni iglavcev, niti lišajev.
7. Bioindikacija s pomočjo klorofilne analize je bila pri lišajih pri nas že večkrat preiskušena, ne pa pri višjih rastlinah. Tudi ta izgleda uporabna, le da zahteva večjo homogenizacijo rastišča in genetskega materiala testerja.

Tabela 1 : Razvoj testnih rastlin - tobakov (Nicotiana tabacum L. cv .North Carolina 17) od izpostavitve (1.6.1988) do konca opazovanja (7.11.1988)

Datum 1988 opazovanja Mesto	LJ 8.6.88	14.6.	22.6.	29.6.	5.7.	12.7.	19.7.	26.7.	2.8.	10.8.	16.8.
	SE 10.6. DT 11.6.	- 18.6.	24.6. 25.6.	1.7. 2.7.	8.7. 9.7.	15.7. 16.7.	22.7. 23.7.	27.7. 29.7.	5.8. 6.8.	10.8. 15.8.	19.8. 20.8.
TUNEL	T1: 5 ca, 11.1	10 ca, 13.1	27 ca, 15.1	31 ca, 16.1	35 ca, 17.1	78 ca, 20.1 ad. 1.1	84 ca, 21.1	104 ca, 27.1 ad. 1.1	104 ca, 27.1, 40 cv, ad. 27 cv	107 ca, 27.1 ad. 46 cv	108 ca, 28.1 ad. 2.1, 3) cv
	T2: 7 ca, 10.1	12 ca, 13.1	25 ca, 15.1	37 ca, 15.1	40 ca, 17.1	60 ca, 21.1 ad. 1.1	91 ca, 22.1 23 cv	93 ca, 22.1 ad. 1.1	93 ca, 22.1 28 cv	95 ca, 22.1 ad. 31 cv	95 ca, 23.1, ad. 3.1, 5 cv
HMZ	T1: 7 ca, 9.1	10 ca, 11.1	20 ca, 13.1	27 ca, 13.1	37 ca, 13.1	44 ca, 15.1 ad. 2.1	70 ca, 17.1	77 ca, 21.1	88 ca, 21.1, 2) cv ad. 11.8 cv	88 ca, 26.1, 12) cv ad. 2.1, 2) cv	88 ca, 26.1, 4) cv ad. 10 cv
	T2: 6 ca, 10.1	9 ca, 11.1	16 ca, 12.1	26 ca, 13.1	32 ca, 16.1	47 ca, 18.1 ad. 2.1	76 ca, 19.1	83 ca, 21.1	108 ca, 23.1 12 cv, ad. 2 cv	113 ca, 28.1 20 cv, ad. 2.1, 1) cv	117 ca, 28.1 12 cv ad. 2.3 cv
IGLG	T1: 5 ca, 11.1	12 ca, 13.1	25 ca, 15.1	35 ca, 16.1	46 ca, 18.1	67 ca, 20.1 ad. 2.1	98 ca, 24.1	109 ca, 25.1 10 cv ad. 3.1	115 ca, 25.1 35 cv ad. 26 cv	115 ca, 25.1 25 cv ad. 1.1, 3) cv	114 ca, 25.1 ad. 16 cv
	T2: 6 ca, 12.1	11 ca, 13.1	25 ca, 15.1	37 ca, 18.1	46 ca, 19.1	78 ca, 22.1 ad. 1.1	110 ca, 25.1	111 ca, 25.1 15 cv ad. 3.1	112 ca, 26.1 42 cv ad. 3) cv	112 ca, 26.1 2 cv ad. 3) cv	112 ca, 26.1 ad. 14 cv
SEZANA	T1: 7 ca, 12.1		20 ca, 13.1	29 ca, 16.1 ad. 4.1	40 ca, 21.1	58 ca, 25.1	76 ca, 30.1	97 ca, 30.1 ad. 1.1	100 ca, 30.1, 58 cv ad. 45 cv	100 ca, 32.1, 54 cv ad. 75 cv	107 ca, 36.1, 28 cv ad. 17 cv
	T2: 6 ca, 12.1		18 ca, 15.1	3 ca, 16.1 ad. 3.1	62 ca, 17.1	76 ca, 23.1, 20 cv	81 ca, 20.1, 31 cv ad. 1.1, 3) cv	83 ca, 32.1	83 ca, 24.1, 18 cv ad. 3) cv	89 ca, 24.1, 2 cv ad. 14 cv	83 ca, 24.1 ad. 46 pl
DUTOVLJE	T1: 9 ca, 12.1	17 ca, 14.1	27 ca, 16.1	43 ca, 18.1 ad. 1.1	73 ca, 21.1 ad. 1.1	92 ca, 24.1, 13 cv ad. 3.1	96 ca, 22.1	99 ca, 23.1, 31 cv ad. 1.1, 68 cv	99 ca, 23.1 ad. 23 cv	100 ca, 23.1	100 ca, 23.1
	T2: 10 ca, 11.1	21 ca, 12.1	27 ca, 13.1	36 ca, 14.1 ad. 1.1	42 ca, 15.1 ad. 2.1	60 ca, 15.1 ad. 2.1	70 ca, 20.1 ad. 2.1	75 ca, 20.1, 12 cv ad. 5 cv	75 ca, 20.1, 5 cv ad. 11, 18 cv	77 ca, 20.1	77 ca, 20.1
Datum 1988 opazovanja Mesto	LJ 24.8. SE 25.8. DT 26.8.	2.9. 3.9. 3.9.	6.9. 9.9. 10.9.	13.9. 16.9. 19.9.	20.9. 23.9. 25.9.	26.9. 29.9. 30.9.	4.10. 7.10. 11.10.	12.10. 14.10. 17.10.	18.10. 21.10. 23.10.	26.10. 1.11. 31.10.	2.11. 7.11. 7.11.
TUNEL	T1: 108 ca, 31.1, 12 cv ad. 17 cv	108 ca, 31.1, ad. 1.1	31.1	Isto	38.1 ad. 136 pl.	38.1 ad. 1.1	40.1 ad. 2.1	40.1, 6 cv ad. 2.1, 6 cv	30 cv ad. 5 cv	25 cv ad. 2.1, 9 cv	Priznani potencial
	T2: 95 ca, 23.1	95 ca, 23.1, ad. 2.1	23.1		73.1 ad. 88 pl.	73.1	73.1 ad. 1.1	73.1, 22 cv,	26 cv ad. 14 cv	16 cv ad. 16.1	- " -
HMZ	T1: 88 ca, 26.1	88 ca, 26.1	26.1	Isto	26.1 ad. 44 pl.	44.1		Isto		5 cv ad. 3.1	- " -
	T2: 113 ca, 28.1,	113 ca, 28.1	28.1		65.1 ad. 53 pl.	69.1	ad. 3.1		T2: ad. 1.1	ad. 1.1	
IGLG	T1: 114 ca, 25.1, ad. 1.1	114 ca, 25.1 ad. 1.1	25.1	25.1, 36 pl ad. 2.1	25.1 ad. 32 cv	25.1	30.1 ad. 2.1	30.1	17 cv ad. 1 cv	ad. 5.1	- " -
	T2: 112 ca, 26.1	112 ca, 26.1 ad. 1.1	26.1	26.1, 60 pl ad. 1.1	26.1 ad. 27 cv	26.1	30.1 ad. 1.1	30.1	3 cv	ad. 3.1	
SEZANA	T1: 100 ca, 41.1, 15 cv ad. 21 cv	100 ca, 46.1, 15 cv ad. 15 cv	65.1 ad. 3.1, 4 cv	15.1, 27 cv	90.1, 46 cv ad. 8 cv, 58 pl	90.1, 66 cv ad. 2.1, 19 cv	90.1, 112 cv ad. 3.1, 66 cv	149 cv ad. 3.1, 66 cv	192 cv ad. 98 cv	151 cv ad. 100 cv, 5.1	- " -
	T2: 83 ca, 24.1, 1 cv ad. 1.1, 2 cv	83 ca, 2.1, 8 cv	24.1, 8 cv ad. 1.1, 11 cv	24.1, 14 cv	36.1, 14 cv ad. 19 cv, 12) pl	40.1, 12 cv ad. 6 cv	40.1, 30 cv,	20 cv ad. 6.1, 25 cv,	30 cv ad. 16 cv	76 cv ad. 2) cv	
DUTOVLJE	T1: ad. 9 pl	ad. 2.1	28.1 ad. 2.1, 25 pl	28.1, 10 cv	28.1, 29 cv	28.1, 95 cv ad. 4.1, 11 cv	28.1, 30 cv ad. 4) cv	24 cv ad. 29 cv	21 cv ad. 10 cv	11 cv ad. 9 cv, 2.1	- " -
	T2: 77 ca, 20.1 ad. 9 pl	77 ca, 20.1	20.1 ad. 2.1, 27 pl	20.1, 4 cv ad. 3.1	20.1, 9 cv	20.1, 19 cv ad. 4.1, 3 cv	20.1, 15 cv ad. 9 cv	2 cv ad. 1.1, 10 cv	3 cv ad. 6 cv	5 cv ad. 2.1	

(LJ = Ljubljana, SE = Sezana, DT = Dutovlje)

Tabela 2: Prikaz pojavljanja poškodb na listih tobaka (*Nicotiana tabacum* L. cv. North Carolina 17) od izpostavitve (1.6.1988) do konca opazovanja (7.11.1988)

Datumi opazovanja	LJ	8.6.1988	14.6.	22.6.	29.6.	5.9.	12.7.	19.7.	26.7.	2.8.	10.8.	16.8.	24.8.	2.9.
	SE	10.6.	-	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	21.7.	27.7.	5.8.	10.8.	19.8.	25.8.	3.9.
	DT	11.6.	18.6.	25.6.	2.7.	9.7.	16.7.	23.7.	29.7.	6.8.	15.8.	20.8.	16.8.	3.9.
Mesto	-----													
TUNEL		Spodnji listi sušijo	Spodnji listi suhi	Isto	Spodnji listi kloražni	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	T1: srednji listi z močvirskimi in ravnimi svetloboznimi kloražni	T1: listi obrti T2: kloraže prešle v rjave nevroze	T2: Isto
HMZ		Reciklirni obrti	Reciklirni obrti	Isto	-	-	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	T1: srednji listi z močvirskimi kloražni	T1: kloraže prešle v rjave nevroze, T2: Isto
IGLG		-	-	Spod. listi suhi in obrti, zgornji listi učivi	Spodnji listi kloražni, zgornji listi učivi	Spodnji listi kloražni, T II: srednji listi s per pag	Isto	T II: droplje bele pege ter coralne pege	Isto	Isto	T1, T2: zgornji listi razpokani, T1, T2: 19.1 No 3 RIZ T II: isto	T1: srednji listi s per pagom T II: srednji listi s per pagom	T1: 14.1 No 5 pag T II: isto	T1: 14.1 No 5 pag T II: isto
SEZANA		-	-	-	Spodnji listi kloražni	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	T1: srednji listi s per pagom	T1, 12.1 No 5 pag	Spodnji listi različne rumene kloraže
DUTOVLJE		Reciklirni kloražni in obrti	Spodnji listi obrti	Isto	T1: Spodnji listi z 2. pagom	Spodnji listi kloražni, Zgornji listi kloražni T1: Isto	Zgornji listi kloražni z močvirskimi kloražni T1: Srednji listi s pagom	Isto	T1: 15.1 No 96 pag	T1: 15.1 No 186 pag	T1: 3. srednji listi s pagom, 15.1 No 294 pag	T1: 15.1 No 291 pag T2: Srednji listi s številkami pagom, 15.1 No 294 pag	T1: svetle različne kloraže, 5. listov	T1: 7. listov Srednji listi se sušijo

Datumi opazovanja (LJ = Ljubljana, SL = Sezana, DT = Dutovlje)

Datum opazovanja	LJ	6.9.	13.9.	20.9.	26.9.	4.10.	12.10.	18.10.	26.10.	2.11.
	SE	9.9.	16.9.	23.9.	29.9.	7.10.	14.10.	21.10.	1.11.	9.11.
	DT	10.9.	19.9.	25.9.	30.9.	11.10.	17.10.	23.10.	31.10.	7.11.

TUNEL	T1: 12. list s per pagom T2: spodnji listi kloražni	T1: pege tudi na drugih srednjih listih	T1: 33 list s pagom T2: srednji listi s pagom	Spodnji listi rumeni kloražni Načelajci brez pag	Isto	T1, T2: Zgornji listi brez pag	Isto	T1: neke pege so izvoljene T2: zgornji listi z močvirskimi pagom	Reciklirne pobrane
HMZ	T1, 12.1 No 7 pag	Isto	T2: 8. list s per pagom	Načelajci listi brez pag	Isto	-	Isto	Spodnji listi z rumenimi kloražni	-
IGLG	T II: Srednji listi s številkami pagom	T1, 14.1 pege rjavilo T2, 10.1 per pag	Rumene kloraže na spodnjih listih	-	Isto	T1, T2: zgornji listi brez pag	T1, T2: neke pege so izvoljene T II: zgornji listi s pagom T II: pege tudi na zgornjih l.	Isto	-
SEZANA	T1, 12.1 No 50 pag	T1: Srednji listi s številkami pagom, 15.1 No 294 pag	T II (no 16.9): Srednji listi s per pagom	Načelajci listi brez pag	Isto	Isto	Isto Načelajci listi obrti	Spodnji listi rumene kloraže	-
DUTOVLJE	T1: 4. list s pagom T2: 1. list s pagom	T II (no 10.9): Srednji listi s per pagom	T1, T2: Reciklirni kloražni	-	Isto	T1: Zgornji listi s pagom T II: zgornji listi brez pag	T1, T2: Zgornji listi s rjavimi pagom	Zgornji listi kloražni	-

Tabela 3: Razvoj testnih rastlin - gladiol (Gladiolus communis L.)
cv Snow Princess) od izpostavitve (1.6.1988) do konca opazovanja
(7.11.1988)

Datum 1988	LJ	8.6.	14.6.	22.6.	29.6.	5.7.	12.7.	19.7.	26.7.	2.8.	10.8.	16.8.
opazovanja	SE	10.6.	-	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	23.7.	27.7.	5.8.	10.8.	19.8.
Mesto	DT	11.6.	8.6.	25.6.	2.7.	9.7.	15.7.	29.7.	29.7.	6.8.	15.8.	20.8.
TUNEL	G1:	15 cm, 2.1	14 cm, 3.1	29 cm, 4.1	34 cm, 4.1	36 cm, 5.1	43 cm, 5.1	49 cm, 5.1	62 cm, 7.1 pl.	79 cm, 7.1	85 cm, 7.1	Isto
	G2:	53 cm, 5.1	54 cm, 7.1	65 cm, 8.1	71 cm, 9.1	77 cm, 10.1	94 cm, 10.1	111 cm, 10.1	6.1, 117 cm, od 7 cv	117 cm, 10.1	117 cm, 10.1	
	G3:	38 cm, 3.1	44 cm, 5.1	50 cm, 5.1	57 cm, 6.1	61 cm, 7.1	66 cm, 7.1	72 cm, 9.1	76 cv, 9.1	97 cm, 10.1	G3: uničeno	
HMZ	G1:	34 cm, 3.1	35 cm, 4.1	47 cm, 5.1	51 cm, 6.1	56 cm, 6.1	59 cm, 7.1	61 cm, 7.1	62 cm, 7.1	63 cm, 8.1	64 cm, 8.1	Isto
	G2:	1 cm, 2.1	14 cm, 4.1	29 cm, 4.1	32 cm, 5.1	42 cm, 5.1	44 cm, 5.1	49 cm, 6.1	54 cm, 6.1	54 cm, 6.1	84 cm, 6.1	
	G3:	42 cm, 3.1	43 cm, 5.1	54 cm, 7.1	62 cm, 8.1	69 cm, 8.1	78 cm, 8.1	80 cm, 8.1	81 cm, 10.1	81 cm, 10.1	82 cm, 10.1	
IGLG	G1:	47 cm, 3.1	51 cm, 5.1	61 cm, 6.1	63 cm, 7.1	64 cm, 8.1	66 cm, 9.1	65 cm, 10.1, začetek cvetenja	79 cm, 10.1	86 cm, 10.1	86 cm, 10.1	G2: od 4
	G2:	43 cm, 2.1	52 cm, 4.1	53 cm, 6.1	62 cm, 7.1	67 cm, 9.1	75 cm, 9.1	75 cm, 9.1	77 cm, 10.1	98 cm, 10.1	96 cm, 10.1, od 4 cv	
	G3:	53 cm, 4.1	60 cm, 6.1	66 cm, 8.1	68 cm, 9.1	74 cm, 10.1	80 cm, 10.1, začetek cvetenja	94 cm, 10.1	100 cm, 10.1	101 cm, 10.1	104 cm, 10.1	
SEZANA	G1:	41 cm, 4.1	-	53 cm, 7.1	58 cm, 8.1	62 cm, 10.1	66 cm, 10.1	79 cm, 11.1	92 cm, 11.1	92 cm, 11.1	92 cm, 11.1	Isto
	G2:	48 cm, 4.1	-	60 cm, 7.1	66 cm, 8.1	75 cm, 9.1	79 cm, 10.1	92 cm, 10.1	94 cm, 11.1	93 cm, 11.1	93 cm, 11.1	
	G3:	24 cm, 3.1	-	41 cm, 5.1	50 cm, 7.1	57 cm, 8.1	63 cm, 9.1	66 cm, 9.1	72 cm, 10.1	85 cm, 10.1	85 cm, 10.1	
DOTOVLJE	G1:	31 cm, 5.1	33 cm, 5.1	45 cm, 7.1	54 cm, 8.1	58 cm, 9.1	69 cm, 9.1	72 cm, 11.1, začetek cvetenja	77 cm, 11.1	81 cm, 11.1	83 cm, 11.1	
	G2:	30 cm, 4.1	38 cm, 6.1	39 cm, 6.1	43 cm, 7.1	45 cm, 7.1	46 cm, 10.1	54 cm, 10.1, od 1.1	54 cm, 10.1	84 cm, 10.1	84 cm, 10.1	G2: od 3
	G3:	23 cm, 4.1	35 cm, 5.1	39 cm, 6.1	42 cm, 7.1	48 cm, 8.1	54 cm, 8.1	58 cm, 10.1, začetek cvetenja	78 cm, 10.1	84 cm, 10.1, od 6 cv	90 cm, 10.1	

(LJ = Ljubljana, SE = Sezana, DT = Dotovlje)

Datum 1988	LJ	24.8.	2.9.	6.9.	13.9.	20.9.	26.9.	4.10.	12.10.	18.10.	26.10.	2.11
opazovanja	SE	25.8.	3.9.	9.9.	15.9.	23.9.	29.9.	7.10.	14.10.	21.10.	1.11.	7.11
Mesto	DT	26.8.	3.9.	10.9.	19.9.	25.9.	30.9.	11.10.	17.10.	23.10.	31.10.	7.11
TUNEL	G1:	Isto	Isto	Isto	G1: Začetek cvetenja	Isto	Isto	Isto	Isto	G1: Od 3 cv	Isto	Resilira
	G2:				G2: Od 12 pl							
HMZ	G1:	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	G2: 6 cv	Isto	- - -
	G2:						G2: Začetek cvetenja					
IGLG	G1:	Isto	Isto	Isto	od 2.1, 4 pl	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	- - -
	G2:				od 12 pl							
	G3:				od 11, 12 pl							
SEZANA	G1:	Isto	Isto	G1: od 2 cv	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Od 11 pl	- - -
	G2:										Od 4 pl	
	G3:										Od 12 pl	
DOTOVLJE	G1:	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	od 8 pl	- - -
	G2:										od 6 pl	
	G3:						G3: od 4.1				od 12 pl	

Tabela 4: Prikaz pojavljanja poškodb na listih gladiol (Gladiolus communis L. cv. Snow Princess) od izpostavitve (1.6.1988) do konca opazovanja (7.11.1988)

Datum 1988	LJ	8.8.	14.6.	22.6.	29.6.	5.7.	12.7.	19.7.	26.7.	2.8.	10.8.	16.8.
Opazovanja	SE	10.6.	-	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	22.7.	27.7.	5.8.	10.8.	19.8.
Mesto	DT	11.6.	18.6.	25.6.	2.7.	9.7.	16.7.	23.7.	29.7.	6.8.	15.8.	20.8.
TUNEL		Rehla kloroza	Rehla med-žilna kloroza do 5 mm vršne nekroze	Isto	3-5 list rehla vršna nekroza, Obokovna nekroza	Isto	Do 10 mm vršne nekroze	Isto	Vršne nekroze do 20 mm	Isto	G1 in G2: vršne nekroze do 20 mm G3: urabano	Isto
NMZ		Rehla med-žilna in vršna kloroza	Med-žilna kloroza Vršna nekroza do 5 mm	Isto	4-7 list obokovna nekroza	5-6 list belo točkasta med-žilna kloroza	Med-žilna kloroza do 10 mm vršne nekroze	Vršna nekroza do 10 mm Rehla med-žilna kloroza	Vršna nekroza do 50 mm	Vršne nekroze od 10 do 60 mm	Isto	Isto
IGLG		Rehla med-žilna in robna kloroza	Rehla robna bela kloroza in vršna nekroza	3-6 list vršne nekroze do 10 mm	4-6 list obokovna nekroza Rehla med-žilna kloroza	Le naj-najlažji list brez vršnih nekroz	G1: 3,1,2 vsiljivo robna kloroza, vršne nekroze do 10 mm	Vršne nekroze do 30 mm, na vseh listih	Isto	Vršne nekroze od 50 mm	Vršne nekroze od 10 do 50 mm	Vršne nekroze do 80 mm
SEZANA		Rehla med-žilna robna in vršna nekroza	-	3-5 list vršne nekroze	3-6 list rehla med-žilna kloroza ter vršna nekroza	3-7 list vršne nekroze do 10 mm	Isto	Isto	Vršna nekroza do 100 mm	Vršna nekroza od 20 do 100 mm	G3: med-žilna nekroza do 100 mm	G1 in G2: bele med-žilne nekroze do 170 mm
DUTOVLJE		Rehla med-žilna kloroza	Isto	3-5 list med-žilne kloroze	5-6 list rehla med-žilna kloroza Vsihlistno propadajo listi	Med-žilna bela točkasta kloroza Stari listi propadajo	Vršne nekroze do 10 mm	Vršne nekroze do 20 mm	Vršne nekroze do 100 mm	Vršne nekroze od 10 do 100 mm	G3: med-žilna kloroza do 120 mm	Isto

(LJ = Ljubljana, SE = Sezana, DT = Dutovlje)

Datum 1988	LJ	24.8.	2.9.	6.9.	13.9.	20.9.	16.9.	9.10.	12.10.	18.10.	26.10.	2.11.
Opazovanja	SE	25.8.	3.9.	9.9.	16.9.	23.9.	29.9.	7.10.	14.10.	21.10.	1.11.	7.11.
Mesto	DT	26.8.	3.9.	10.9.	19.9.	25.9.	30.9.	11.10.	17.10.	23.10.	31.10.	7.11.
TUNEL		Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	G2: 4 listi v spodnjem delu robne kloroze	Isto	Isto	Isto	Robna kloroza spodaj	Med-žilne poškodbe
NMZ		Vršne nekroze obkrožene	Isto	Med-žilne temno rjave nekrotične točke	Isto	Bele mozaične listne kloroze	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	-
IGLG		Isto	Rjave med-žilne nekrotične točke	Isto	Isto	Stenilne rjave med-žilne točke	G3: 6 listi v spodnjem delu robne kloroze	Stenilne temno rjave med-žilne točke	Isto	Isto	Isto	-
SEZANA		Med-žilne nekroze do 170 mm	Isto	Isto	Isto	Pečke bele nekrotične točke	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto	-
DUTOVLJE		Nekrotični deli stebel	Isto	Isto	Isto	Isto	G1: 9 in 10 listi temna v spodnjem delu robne kloroze	G1: 4-8 listi med-žilne kloroze, katere prenašajo v nekroze	Isto	Isto	G1: robne kloroze spodaj	-

Tabela 5: Razvoj testnih rastlin male koprive (*Urtica ureus* L.) s pojavljanjem poškodb od izpostavitve (1.6.1988) do konca opazovanja (7.11.1988)

Datum opazovanja	1988	LJ	8.6.	14.6.	22.6.	29.6.	5.7.	12.7.	19.7.	26.7.	2.8.	10.8.	16.8.
			SE	10.6.	-	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	21.7.	27.7.	5.8.	10.8.
Mesto		DT	11.6.	18.6.	25.6.	2.7.	9.7.	16.7.	23.7.	19.7.	6.8.	15.8.	20.8.
TUNEL			Bele klorotične lišce. Zgoraj udi rastline ovetljajo.	Sivkasti nale na zgornjih internodijih. Spodaj tvorijo semen. Lis ni na zgornjih listih	Rastline semrni jo. Spodnji listi se aužijo. Zgoraj brez lis	Kloroze spodnjih listov prehajajo v črno nekrozo	Isto	Zgoraj mali listi. Spodnji listi prehajajo v nekrozo	Rastline propadajo od spodnjega razvoja	Isto	Zgoraj mali listi. Rastline brez poškodb	Isto	Isto
HMZ			Bele klorotične lišce. Zgoraj udi	"	Rastline semrni jo. Listi s listni propadajo	Isto	Isto	Isto	Rastline propadajo od spodnjega razvoja. Rastejo nove	Rastline propadajo, zele. ni to le spodnji listi	Le ena rastlina. Zgoraj mali listi	Male propadle	Kopale nove
IGLG			Bele klorotične lišce. Zgoraj udi. Začetek ovetljanja	Srednji listi s pomanjkljivimi belimi mrtavimi klorozami. Zgor. listi brez lis	"	Isto	Spodnji listi z rumeno klorozo	Poznašne rožnate bele kloroze na srednjih listih	Rastline propadajo od spodnjega razvoja. Rastejo nove	Isto	Le še ena rastlina. Zgoraj mali listi	Male brez poškodb	Isto
SEZANA			"	-	"	Kloroze prehajajo od vrta proti peclju lista v črno nekrozo	Rastline propadle iz semen rastejo nove rastline	Nove rastline brez poškodb	Isto	Isto	Isto	Isto	Isto
DUTOVLJE			Bele klorotične lišce. Zgoraj udi	Zgoraj mali listi brez lis	"	"	Rastline propadajo	Rastline propadle	Nove rastline brez poškodb	Isto	Isto	Rastline ovetljajo	Isto
GRAD			Bele klorotične lišce. Začetek ovetljanja	Tvorijo semen. Zgoraj mali listi brez lis	Rastline semrni jo. Zgoraj mali listi brez lis	Isto	Spodnji listi propadli	Isto	Isto	Rastline propadajo	Nove rastline brez poškodb	Male propadle	-
Datum opazovanja	1988	LJ	24.8.	2.9.	6.9.	13.9.	20.9.	26.9.	4.10.	12.10.	18.10.	26.10.	2.11.
Mesto		DT	25.8.	3.9.	9.9.	16.9.	23.9.	29.9.	7.11.	14.10.	21.10.	1.11.	7.11.
			26.8.	3.9.	10.9.	19.9.	25.9.	30.9.	11.10.	7.10.	23.10.	31.10.	7.11.
TUNEL			Sivkasti rastline propadle. Nove brez poškodb	Isto	Nove brez poškodb	Rastline obirne	Brez poškodb	Rastline ovetljajo	Poznašne rožnate rumene kloroze	Isto	Isto	Rastline semrni jo	Rastline zgoraj. Konec poškodb
HMZ			Nove brez poškodb	Isto	Rastline propadajo	-	Umrli nove rastline	Rastline obirne	Umrli nove rastline	Rastline obirne	-	-	-
IGLG			Sivkasti rastline propadle. Nove brez poškodb	Isto	Rastline obirne	Brez poškodb	Rastline ovetljajo. brez poškodb	Isto	Isto	Rastline semrni jo. brez poškodb	Isto	Rastline obirne	Rastline zgoraj. Konec poškodb
SEZANA			Rastline zgoraj in semrni jo	Isto	Rastline semrni jo. Zgoraj	Isto	Spodnji listi prehajajo od rumenih kloroz v črno nekrozo!	Poznašne bele mrtavljene kloroze. Spodnji listi propadajo	Isto	Le zgoraj mali listi brez kloroz	Rastline propadle	-	-
DUTOVLJE			Isto	Isto	Rastline brez poškodb	Rastline ovetljajo. brez poškodb	Isto	Isto	Rastline semrni jo in ovetljajo. Zgoraj	Isto	Isto	Isto	Rastline zgoraj. Konec poškodb
GRAD			Umrli nove rastline	Nove brez poškodb	Nove brez poškodb	Rastline umirne.	Umrli nove izven lonca	Rastline obirne	Umrli nove rastline	Rastline obirne	-	-	-

Tabela 8: Vsebnost klorofila (mg kl/g suhe teže) v iglicah smreke vzorčenih na profilu v Ljubljani;
a - enoletne iglice, b - dvoletne iglice

Vzorčno mesto	julij 1988						oktober 1988						januar 1989												
	kl a		kl b		kl a+b		a/b		kl a		kl b		kl a+b		a/b		kl a		kl b		kl a+b		a/b		
Boh.Bistrica	a	0,69	0,35	1,05	1,98	0,82	0,23	1,05	3,35	1,35	0,49	1,84	3,35	1,35	0,51	1,87	3,35	1,35	0,51	1,87	3,35	1,35	0,51	1,87	3,35
	b	1,43	0,65	2,08	2,22	1,35	0,49	1,84	2,81	1,07	0,35	1,42	3,06	1,07	0,49	2,01	2,81	1,50	0,55	2,01	2,81	1,50	0,55	2,01	2,81
Sv.Urban	a	1,14	0,50	1,65	2,33	1,07	0,35	1,42	3,06	1,22	0,42	1,64	2,94	1,22	0,65	2,39	3,06	1,36	0,49	1,85	3,06	1,36	0,49	1,85	3,06
	b	1,30	0,56	1,86	2,33	1,22	0,42	1,64	2,94	1,54	0,56	2,09	3,01	1,54	0,56	2,09	3,01	1,54	0,56	2,09	3,01	1,54	0,56	2,09	3,01
Črni vrh nad Pol.Gradcem	a	0,99	0,40	1,39	2,51	1,19	0,37	1,56	2,77	1,19	0,37	1,56	2,77	1,19	0,43	2,39	2,77	1,22	0,43	1,66	2,77	1,22	0,43	1,66	2,77
	b	1,83	0,78	2,61	2,34	1,69	0,59	2,28	2,89	1,72	0,63	2,35	2,89	1,69	0,59	2,18	2,89	1,58	0,60	2,18	2,89	1,58	0,60	2,18	2,89
Lj.Vič	a	0,74	0,41	1,15	1,96	1,09	0,37	1,46	2,98	1,09	0,37	1,46	2,98	1,09	0,44	1,61	2,98	1,13	0,44	1,61	2,98	1,13	0,44	1,61	2,98
	b	0,89	0,39	1,27	2,30	1,56	0,59	2,15	2,67	1,56	0,59	2,15	2,67	1,56	0,50	1,83	2,67	1,33	0,50	1,83	2,67	1,33	0,50	1,83	2,67
Besnica	a	0,78	0,35	1,14	2,25	0,82	0,23	1,05	3,35	1,02	0,36	1,38	2,90	1,02	0,36	1,38	2,90	1,02	0,36	1,38	2,90	1,02	0,36	1,38	2,90
	b	1,60	0,66	2,26	2,44	1,35	0,49	1,84	2,81	1,66	0,64	2,30	2,60	1,66	0,64	2,30	2,60	1,66	0,64	2,30	2,60	1,66	0,64	2,30	2,60
Jelša	a	1,04	0,39	1,43	2,68	1,07	0,35	1,42	3,06	1,34	0,50	1,85	2,66	1,34	0,50	1,85	2,66	1,34	0,50	1,85	2,66	1,34	0,50	1,85	2,66
	b	1,21	0,61	1,82	2,10	1,22	0,42	1,64	2,94	1,46	0,55	2,01	2,63	1,46	0,55	2,01	2,63	1,46	0,55	2,01	2,63	1,46	0,55	2,01	2,63
Gradišče	a	0,78	0,35	1,14	2,25	0,82	0,23	1,05	3,35	0,92	0,36	1,28	2,65	0,92	0,36	1,28	2,65	0,92	0,36	1,28	2,65	0,92	0,36	1,28	2,65
	b	1,60	0,66	2,26	2,44	1,35	0,49	1,84	2,81	0,90	0,38	1,28	2,50	0,90	0,38	1,28	2,50	0,90	0,38	1,28	2,50	0,90	0,38	1,28	2,50
Ceče	a	0,78	0,35	1,14	2,25	0,82	0,23	1,05	3,35	1,28	0,38	1,50	3,00	1,28	0,38	1,50	3,00	1,28	0,38	1,50	3,00	1,28	0,38	1,50	3,00
	b	1,60	0,66	2,26	2,44	1,35	0,49	1,84	2,81	1,66	0,66	2,32	2,52	1,66	0,66	2,32	2,52	1,66	0,66	2,32	2,52	1,66	0,66	2,32	2,52
Ledina	a	0,78	0,35	1,14	2,25	0,82	0,23	1,05	3,35	1,11	0,35	1,46	3,16	1,11	0,59	2,25	3,16	1,66	0,59	2,25	3,16	1,66	0,59	2,25	3,16
	b	1,60	0,66	2,26	2,44	1,35	0,49	1,84	2,81	1,69	0,61	2,25	2,72	1,69	0,61	2,34	2,72	1,76	0,64	2,34	2,72	1,76	0,64	2,34	2,72
Zavodnje	a	1,04	0,39	1,43	2,68	1,07	0,35	1,42	3,06	1,11	0,35	1,46	3,16	1,11	0,59	2,25	3,16	1,66	0,59	2,25	3,16	1,66	0,59	2,25	3,16
	b	1,21	0,61	1,82	2,10	1,22	0,42	1,64	2,94	1,69	0,61	2,25	2,72	1,69	0,61	2,34	2,72	1,76	0,64	2,34	2,72	1,76	0,64	2,34	2,72

Tabela 7: Razvoj testnih rastlin lucerne (*Medicago sativa* L., cv. Mirna) s pojavljanjem poškodb od izpostavitve (1.6.1988 v Ljubljani, 11.6.1988 v Dutovljah in 24.6.1988 v Sežani) do konca opazovanja (7.11.1988)

Datum 1988	LJ	8.6.	14.6.	22.6.	29.6.	5.7.	12.7.	19.7.	26.7.	2.8.	10.8.	16.8.
Opazovanja	SE	10.6.	-	24.6.	1.7.	8.7.	15.7.	21.7.	27.7.	5.8.	10.8.	19.8.
Mesto	DT	11.6.	18.6.	25.6.	2.7.	9.7.	16.7.	23.7.	29.7.	6.8.	15.8.	20.8.
TUNEL	Stadij 2. listov	Kostilne brez poškodb	5-6 cm kostilne zarave	4 listi	6 listov	7 listov 21 cm	5-10 l 25 cm kostilne kostilne in robne bele kloroze	Pol rastlin porezal	Kostilne rastline, kostilne zarave in robne poškodb	Stare rastline porezal	Kostilne brez poškodb	
HMZ	"	"	"	"	7 listov	9 listov 25-30 cm Spodnji listi se začeli porjaviti robna bela kloroza	10 listov Isto	Pol rastlin porezal	Novi prganji ali slabo rastejo	Isto	Isto	
ICG	"	"	"	3 listi	4 listi	Posušene kostilne ali robne bele kloroze	15-20 cm robne kloroze prenašajo v nekrone	Pol rastlin porezal	"	Stare rastline porezal	Rastline slabo rastejo	
SEŽANA	-	-	-	4 listi	6-7 listov 15-20 cm	Isto	20-25 cm	Pol rastlin porezal	Novi prganji brez poškodb	Isto	Posušene bele kostilne in robne nekrone. Rastline porezal.	
DUTOVLJE	-	Porjavine	6-7 cm zarave	4 listi	9 listov 25 cm Posušene kostilne ali robne rahlo rumene kloroze	10-30 listov 30-35 cm Kloroze v istem obsegu	Začetek cvetenja. Pol rastlin porezal	Neoprezane cveti. Robne in kostilne bele kloroze. Novi prganji brez poškodb.	Pol starih in pol novih rastlin porezal	Isto	Isto	
GRAD	Stadij 2. listov	"	Kostilne zarave	3 listi	4 listi	10 listov	Črnenje znostarek v reči	Isto	Isto	Isto	Posušene bele kostilne in robne nekrone	

(LJ = Ljubljana, SE = Sežana, DT = Dutovlje)

Datum 1988	LJ	24.8.	2.9.	6.9.	13.9.	26.9.	26.9.	4.10.	12.10.	18.10.	26.10.	2.11.
Opazovanja	SE	25.8.	3.9.	9.9.	16.9.	22.9.	29.9.	7.10.	14.10.	21.10.	1.11.	7.11.
Mesto	DT	26.8.	3.9.	10.9.	19.9.	25.9.	30.9.	11.10.	17.10.	23.10.	31.10.	7.11.
TUNEL	Kostilne kostilne bele pikave kloroze. Stare rastline porezal	Oscipijena rast	Oscipijena rast	Pol rastlin porezal	Robne nekrone točke z encimskimi klorofilnimi prganji okoli	Kostilne bele točkaste nekrone	Isto	Isto	Pol rastline obkorne	Pol rastline delno obkorne	Rastline delno obkorne	Rastline porezal
HMZ	Kostilne kostilne in robne bele pikave nekrone	Stare, le za re rastline porezal. Oscipijena rast	Kostilne brez vidnih poškodb	Isto	Pol rastlin porezal	Isto	Kostilne oscipijene	Posušene bele nekrone	Isto	Isto	Isto	"
ICG	Posušene bele kostilne in robne kloroze	Oscipijena rast	Kostilne brez vidnih poškodb	Pol rastlin porezal. Spodnji listi z rjavimi pikavimi nekrone	Osli rjavih nekrone točk ve encimski klorofilni del	Isto	Kostilne delno obkorne	Prve točkaste ter bele robne nekrone	Pol rastline	Isto	Isto	"
SEŽANA	Isto	Oscipijena rast	Pol rastlin porezal	Kostilne delno obkorne	Rumne točkaste kloroze	Kostilne robne in kostilne bele nekrone	Isto	Posušene robne in robne bele ter robne nekrone. Rastline pol rastlin.	Kostilne delno obkorne	Isto	Isto	"
DUTOVLJE	Stare rastline porezal	Oscipijena rast	Kostilne brez vidnih poškodb. Pol rastlin porezal	Oscipijena rast	Robne in kostilne bele kloroze	Isto	Pol rastlin porezal	Oscipijena rast	Isto	Kostilne delno obkorne	Isto	"
GRAD	Isto	Oscipijena rast	Oscipijena rast	Isto	Pol rastlin porezal	Isto	Črneljuna rast	Posušene rjave ter točkaste bele nekrone	Isto	Isto	Isto	"

Tabela 10: Vsebnost žvepla v lucerni, rastoči na z žveplovim dioksidom različno onesnaženih področjih

Vzorčno mesto	% S/g suhe teže	datum vzorčenja
Ljubljana - Tunel	0.503	11.8.88
Ljubljana - HMZ	0.623	11.8.88
Ljubljana - Grad	0.589	11.8.88
Šoštanj - Graška gora	0.377	11.8.88
Šoštanj - Zavodnje, ANAS	0.506	11.8.88
Šoštanj - Veliki vrh	0.426	11.8.88
Sleme	0.378	11.8.88
Sežana	0.458	11.8.88
Dutovlje	0.411	11.8.88
Titovo Velenje	0.451	11.8.88

Tabela 9: Vsebnost žvepla v iglicah smreke, pobranih z dreves na profilu iz Ljubljane in okolico v jeseni 1988

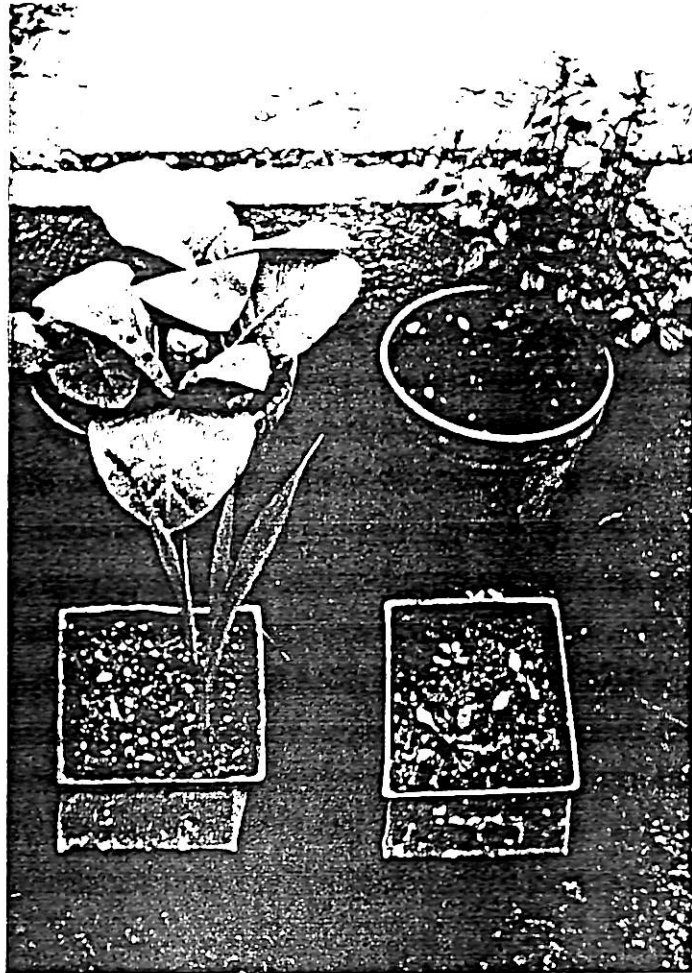
Vzorčno mesto	% S/g suhe teže	
	enoletne iglice	dvoletne iglice
Ljubljana - Golovec	0,140	0,178
Ljubljana - Vič	0,146	0,175
Ljubljana - Rožnik	0,138	0,186
Črni vrh nad Polh. Gradcem	0,128	0,134
Šoštanj - Slanica	0,205	0,270

Tabela 1) : Vsebnost žvepla v steliki enifitske lišajske vrste, *Hypocygnia physodes* (L.) Nyl., izpostavljene na različnih mestih v Ljubljani, okolici Titovega Velenja in na Krasu (izpostavitev v začetku junija 1988)

Vzorčno mesto	% S/c suhe teže	datum vzorčenja
Ljubljana - IGLG	0.206	11.8.1988
Ljubljana - Grad	0.263	11.8.1988
Ljubljana - HMZ	0.292	11.8.1988
Ljubljana - Tunel	0.280	11.8.1988
Uzmani - kontrola	0.212	11.6.1988
Titovo Velenje	0.259	11.8.1988
Šoštanj - Graška gora	0.288	11.8.1988
Šoštanj - Zavodnje, ANAS	0.264	11.8.1988
Šoštanj - Veliki vrh	0.263	11.8.1988
Sleme	0.266	11.8.1988
Dutovlje	0.176	11.7.1988
Sežana	0.190	11.7.1988
Solkan	0.201	11.7.1988

Literatura

1. BATIČ, F., JURC, D., GRZIN, J., Maja KOVAČ, 1987. Bioindikacija onesnaženja zraka na področju mesta Ljubljane. Letno poročilo o raziskovalnem delu za 1.1987 (Občinska raziskovalna skupnost Ljubljana-Center), IGLG, Ljubljana.
2. TRESHOW, M., 1980. Environment and Plant Response. Mc Grow Hill Book Company, New York, St. Luis, USA
3. STEUBING, J., JAGER, H.L., 1982. Monitoring for air pollutants by plants. Methods and problems. Dr. W. Jank Publishers, The Hague, Boston, London.
4. ARNDT, V., NOBEL, W., SCHWEIZER, 1987. Bioindikatoren . Ulmer Verlag, Stuttgart, FRG
5. SMITH, W.H., 1981. Air pollution and forests. Springer Verlag, New York
6. BUFFONI, A., SCHENONE, G., MIGNANEGO, L., BIANCO, P., 1988. Waldschäden und biologisches Ozonmonitoring in zwei alpinen Zonen Italiens, Symposium Verteilung und Wirkung von Photooxidanten im Alpenraum, 11-15. April 1988, GSF, München, 29-35
7. REICH, P.B., 1987. Quantifying plant response to ozone: A unifying theory. Tree Physiology 3: 63-91



Sl.1: Komplet testnih rastlin (tobak, mala kopriva, gladiola in retunije) ob izpostavitvi.



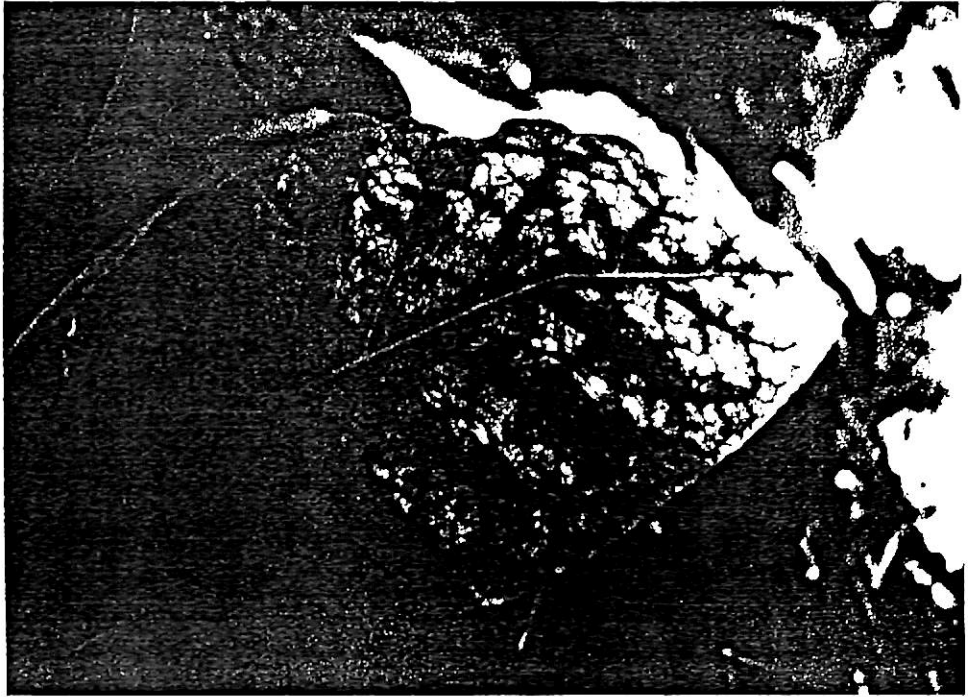
Sl.2: Izgled rastline tobaka po enem mesecu izpostavitve.



Sl.3: Tipični znaki delovanja ozona so se vedno pojavili na listih srednje starosti in nikoli na najmlajših.



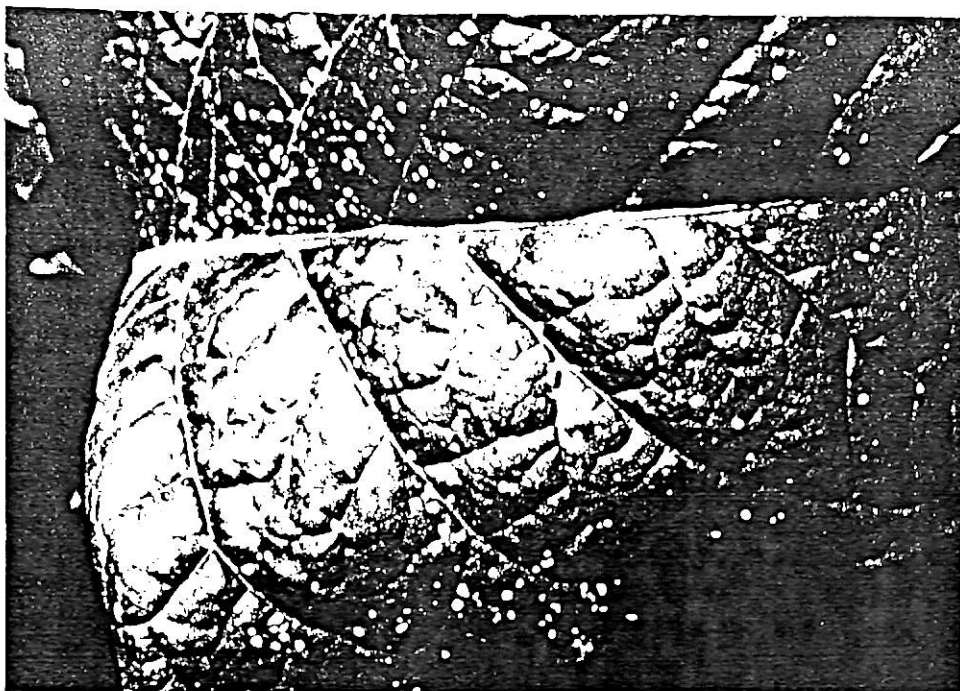
Sl.4: Tobak je primeren za izpostavitve, ker ena rastlina tvori veliko listov in jo lahko opazujemo celo sezono.



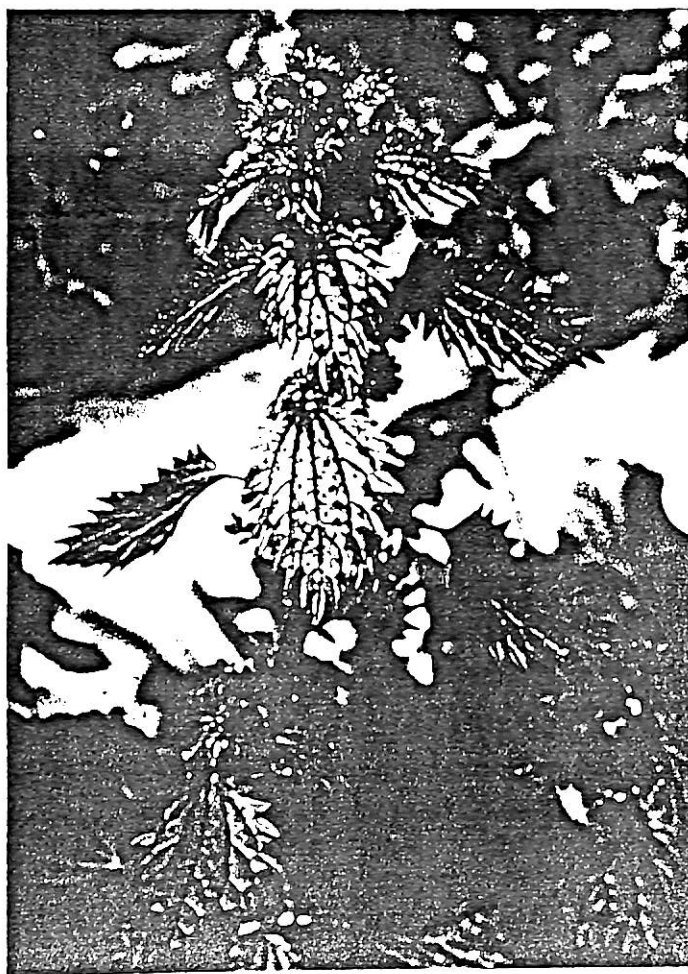
Sl.5: Medžilne kloroze so za delovanje ozona netipične. Vzrok je lahko zelo različen.



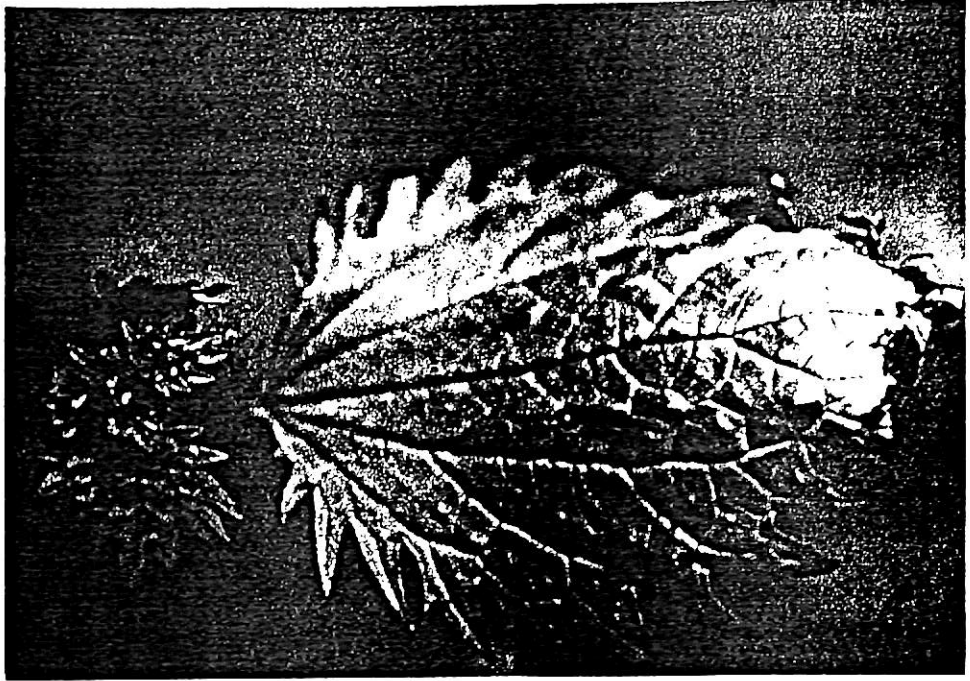
Sl.6: Točkaste rjave nekroze so ena izmed tipičnih poškodb nastalih pod vplivom ozona.



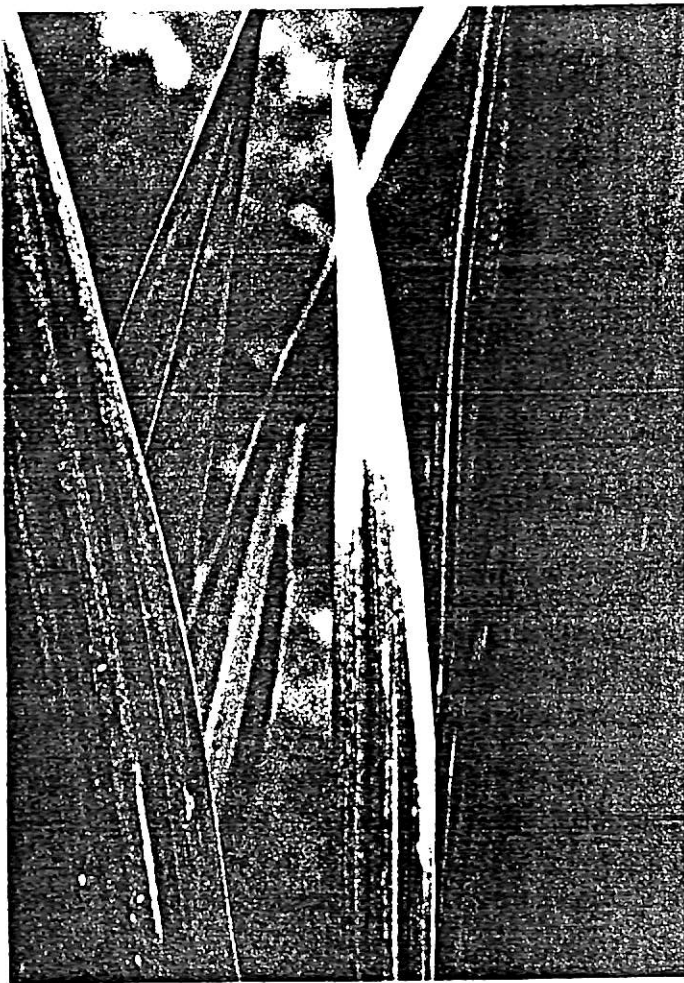
Sl. 7: Točkaste bele kloroze, ki so kasneje prešle pogosto v rjave nekroze so bile najbolj pogosto poškodba opazovana med poskusom.



sl.8: Izgled male koprive, ki naj bi bila indikator PAN-a.



Sl.9: Robne nekroze, ki smo jih opazili na listih male koprive bi lahko pripisali ozonu.



Sl.10: Svetle robne, vršne medžilne kloroze so tipični znak delovanja fluoridov na gladiolah.



Sl. 11: Svetle kloroze na listih gladiol s časom preidejo v rdečkasto-riave nekroze, značilno za delovanje fluoridov.



Sl.12: Lucerno smo uporabili kot pasivni indikator - akumulator žveplovih spojin. Poškodb na listih nismo opazili.

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani

Franc BATIČ

PROPADANJE GOZDOV NA OBMOČJU LJUBLJANSKIH OBČIN

a) Bioindikacija onesnaženosti zraka

Zaključno poročilo raziskovalne naloge

Ljubljana, 1990

Raziskovalna organizacija:

INSTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani
Ljubljana, Večna pot 2

Financer:

Mestna raziskovalna skupnost
Ljubljana

Naslov naloge:

PROPADANJE GOZDOV NA OBMOČJU
LJUBLJANSKIH OBČIN

a) Bioindikacija onesnaženosti zraka

Nosilec naloge:

Dr. Franc BATIC

Sodelavci:

Bogdan MACAROL, absolvent VTOZD za
biologijo, BF
Mag. Dušan JURČ, IGLG
Jože GRZIN, IGLG
Jana JANŠA, IGLG

GDK 181.45:114.521.6:425.1:(497.12 Ljubljana)

Izvleček

Prisotnost onesnaževalcev zraka na področju mesta Ljubljane je bila ugotavljana s pomočjo indikatorskih rastlin. Za sledenje ozona so bile uporabljene tri sorte tobaka: *Nicotiana tabaccum* L. cv. Bel W₃, Bel C in *N. tabacum* cv. North Carolina. Kot bioindikator akumulator žveplovih spojin so bili uporabljene: epifitski lišaj *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., lucerna (*Medicago sativa* L., cv. Mirna) in iste sorte tobaka kot za sledenje ozona. Prisotnost ozona je bila opazovana na osnovi pojavljanja značilnih poškodb, onesnaženje z žveplovimi spojinami je bilo ugotovljeno na osnovi analize celokupnega žvepla. Prisotnost ozona kot polutanta je bila dokazana na vseh izpostavitvenih mestih.

Ključne besede: onesnaženje zraka, bioindikacija, testne rastline, ozon, žveplove spojine, Ljubljana, Slovenija

Abstract

Air pollution on the area of town Ljubljana was assessed by use of indicator plants. Three cultivars of tobacco *Nicotiana tabacum* L., cv. Bel W₃, cv. Bel C and cv. North Carolina were used for monitoring of ozone. Epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* (L.) (Nyl.), lucerne (*Medicago sativa* L., cv. Mirna) and above mentioned tobacco cultivars were used also as bioindicators sulphur accumulators. The presence of ozone was monitored by typical leaf chlorosis and necrosis on leaves of tobacco plants and sulphur pollution was assessed by total sulphur analysis of above mentioned plant tissues (thalli, leaves). The presence of ozone was proved on all of the inspected sites.

Key words: air pollution, bioindication, tester plants, ozone, sulphur compounds, Ljubljana, Slovenia

KAZALO VSEBINE

	Stran:
1. UVOD	1
2. MATERIAL IN METODE	2
3. REZULTATI IN DISKUZIJA	4
4. ZAKLJUČKI	7
5. LITERATURA	8
6. PRILOGE	10 - 20

1. UVOD

V letu 1989 smo nadaljevali z uvajanjem višjih rastlin kot bioindikatorjev onesnaženosti ozračja na področju mesta Ljubljana. Raziskava je bila nadaljevanje že v prejšnjih letih začete delo (1,2). Zaradi omejenih sredstev smo v času rastne sezone izvedli le poskus izpostavitve različno občutljivih kultivarjev tobaka in zaključili analize oziroma poskuse z že v prejšnjih letih uporabljenimi rastlinami. Osnovni namen raziskave je bil preizkusiti možnost uporabe biomonitoringa s testnimi višjimi rastlinami, pri čemer smo posvetili več pozornosti sledenju fotooksidantov. Razlog za to odločitev je dejstvo, da je metodologija za ugotavljanje onesnaženja zraka z žveplovimi spojinami relativno dobro raziskana in poznana in da so bioindikatorji, primerni za te namene tudi že preizkušeni (1,2). Žveplove spojine, predvsem žveplov dioksid, predstavljajo klasične onesnaževalce zraka. Njihov škodljivi učinek na živi svet in materiale je že zelo dolgo poznan, zato ni čudno, da so osnovne meteorološke mreže merilnih postaj, ki merijo polutante v zraku, prilagojene tem snovem. V Sloveniji, kjer emisije žveplovih spojin še vedno niso zmanjšali v večjem obsegu, je osnovna mreža merilnih postaj Hidrometeorološkega zavoda prilagojena spremljanju tovrstnega onesnaženja (42 stalnih merilnih mest na ozemlju cele republike)(3), za mesto Ljubljana pa so bile izdelane podrobnejše tovrstne študije (4). Tudi na področju biomonitoringa smo se do sedaj ukvarjali največ s sledenjem klasičnega onesnaženja (1,2) in preizkušali bioindikatorje primerne za te namene (1,2). Če omenimo le najbolj pogosto uporabljane bioindikatorje za slednje onesnaženosti zraka z žveplovimi spojinami, so to gotovo epifitski lišaji (5,6) in iglice smreke (7). Glede na to, da fotooksidantom kot so ozon, PAN itd., pripisujejo vedno večji pomen, tako pri meritvah kot pri biomonitoringu smo se v nadaljevanju naše naloge omejili na to področje. To se nam zdi potrebno tudi zato, ker fotooksidantov v večjem obsegu še ne merijo, mesto Ljubljana pa je zaradi prometa in še nekaterih drugih dejavnosti gotovo emitent teh snovi oziroma njihovih prehodnikov. Znano je, da ozon in drugi fotooksidanti nastajajo iz dušikovih oksidov in ogljikovodikov ob delovanju ultravijolične svetlobe. Z ozirom na dejstvo, da ozon merijo le občasno le na enem merskem mestu v Ljubljani (merska postaja pri Figovcu) smo se odločili spremljati prisotnost tega polutanta v širšem območju mesta in zato uporabiti preizkušene testne rastline.

2. MATERIAL IN METODE

Izbor testnih rastlin je bil podoben kot v lanskem letu (1,2), le da smo na novo izvedli le poskus s tobaki in eno izpostavitv lišajev.

V dosedanjih poskusih monitoringa ozona v okolju s pomočjo kultivarjev tobaka smo uporabljali material z Duvanskega inštituta v Zagrebu (Poskusno polje Pitomača) in sicer smo uporabili na ozon občutljivi kultivar North Carolina cv.17. Glede na literaturne podatke (8,9) in rezultate tovrstnih raziskav v sosednjih deželah (10,11) smo izvedli poskus sledenja ozona v okolju z naslednjimi sortami tobaka: North Carolina cv.17 (Duvanski inštitut Zagreb), Bel W₃ in Bel C.

Sorta Bel W₃ je na ozon najbolj občutljiv kultivar tobaka. Izvira iz ZDA, kjer so ugotovili tudi njeno bioindikacijsko vrednost (8). Od tam so ga raznesli po celem svetu in se danes povsod uporablja za ugotavljanje prisotnosti ozona v okolju. Ko koncentracijo ozona v okolju preseže 40-50 ppb, se na listih te sorte tobaka pojavijo značilne poškodbe. Kot je za poškodbe po ozonu značilno (8,9) se poškoduje najprej stebričasto tkivo v asimilacijskem parenhimu lista. Poškodba lahko zajema nekaj celic ali pa večje dele lista. Sprva zgleđa ta del lista bolj temno zelen (moderkasto-zelen), tudi nekoliko nabrekel in prosojen, kasneje pa preide poškodba v značilno belo, srebrno belo ali rumenkasto točkasto klorozo. Lahko pa pride v poškodovanem tkivu tudi do tvorbe fenolov zaradi česar so poškodbe rjavordeče. Velikost teh poškodb je različna, odvisna od doze ozona in stanja rastlin, v večini primerov so to značilne točkaste kloroze in kasneje nekroze velikosti od nekaj desetink do nekaj mm v premeru.

Sorta Bel C predstavlja relativno odporno sorto, na kateri se pojavijo poškodbe listov pri znatno višjih koncentracijah ozona v zraku.

Seme obeh sort smo si priskrbeli iz Norveške (Norges Naturvebund, Oslo) in Italije (ENEL, Direzione Studi e ricerche centro di ricerca termica e nucleare, Servizio ambiente, Milano).

Od Norvežanov smo prevzeli tudi način vzgoje poskusnega materiala in ocenjevanja poškodb (12). Način ocenjenja poškodb na posameznih listih je razviden iz priloženega ocenjevalnega formularja.

Tobake, po dve rastlini v enem 12 l loncu smo izpostavili na naslednja mesta v Ljubljani: 1 - vrt Hidrometeorološkega zavoda, 2 - v vrtu nad izhodom tunela na Dolenjsko cesto, 3 - na vrtu Gozdarskega inštituta; v okolici Titovega Velenja: 1 - Titovo Velenje, 2 - Veliki vrh, 3 - Zavodnje, 4 - Topolščica, in na Primorskem: 1 - Botanični vrt v Sežani, 2 - vrt v Dutovljah, 3 - vrt v Solkanu.

Za takšen način izpostavitve smo se odločili z namenom, da bi zajeli različne podnebne in polucijske pogoje, ki bistveno vplivajo na odziv rastlin. Rastline smo izpostavili na prosto v mesecu juniju, ko so imele razvitih že 5-6 listov. Rastline smo med opazovanjem po potrebi zalivali in na njih uničevali škodljivce. Naša metoda izpostavitve se razlikuje od ostalih (10,11,12) po tem, da smo izpostavili le en komplet rastlin in ga opazovali nato do konca, drugi so med izvajanjem poskusa menjavali rastline in izpostavljali vedno nove, enako stare rastline.

Vse nastale poškodbe na listih smo še fitopatološko pregledali, da bi se izognili interferenci biotskih povzročiteljev poškodb.

Na koncu poskusa smo vsem tobakom določili biomaso in analizirali vsebnost žvepla v listih. S tem smo poskusili ugotoviti še eventualno uporabnost tobaka kot bioindikatorja akumulatorja žvepla.

Od testnih rastlin, ki smo jih uporabljali že v prejšnjih letih, smo ob koncu vegetacijske sezone 1989 vzorčili še lucerno za analizo vsebnosti žvepla. Še enkrat smo ponovili poskus izpostavitve lišajev, s katerimi smo poskušali ugotovljati akumulacijo žvepla v krajšem časovnem obdobju. Skupaj s substratom (vejami) smo izpostavili isto vrsto kot lansko leto (*Hypogymnia physodes* /L./ Nyl.). Izpostavitvev je trajala od junija 1988 do aprila 1989 in nato še enkrat od septembra 1989 do maja 1990. Mesta izpostavitve so bila ista kot v prejšnjih letih (Ljubljana: 1-vrt Hidrometeorološkega zavoda, 2-Grad, 3-Tunel, 4-vrt Cozdarskega inštituta; Primorska: 1-Botanični vrt v Sežani, 2-Dutovlje, 3-Solkan. Okolica termoelektrarne Šoštanj: 1-Titovo Velenje, 2-Veliki vrh, 3-Graška gora, 4-Zavodnje, 5-Sleme).

Vsebnost žvepla smo določili v zračno suhih steljkah lišajev in v posušeni steblih in listih lucerne (sušenje na 105°C čez noč). Vse vzorce smo zmleli v prah in določili vsebnost žvepla z napravo SULMHOMAZ 12 AD6. Na enak način smo določili tudi vsebnost žvepla v posušeni listih tobakov.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

Rezultati opazovanja tobakov so prikazani na preglednicah 1-5 in 7, rezultati meritev vsebnosti žvepla v rastlinskih vzorcih pa na preglednici 6. Prikazani so le rezultati opazovanj v Ljubljani in iz Primorske kot primera opazovanja v dveh različnih predelih

Na preglednicah 1-5 so prikazani rezultati opazovanja poškodb na vseh treh sortah tobakov. Opazovali smo v štirinajstdnevnih presledkih. Pri ocenjevanju poškodovanosti listov so bile upoštevane le točkaste kloroze in nekroze. Ob vsakem pregledu so bili ocenjeni vsi razviti listi po bonitetni skali, ki je v prilogi poročila. Za vsako rastlino smo nato izračunali povprečje poškodovanosti in razpon poškodovanosti posameznih listov. Iz tabel je razvidno, da je sorta Bel W₃ dejansko najbolj občutljiva. Poškodbe so se najprej pojavile na njej in kasneje so bili listi te sorte na vseh mestih izpostavitve najbolj poškodovani. Sorta North Carolina f.17, s katero smo v prejšnjih letih spremljali prisotnost ozona je po občutljivosti takoj za Bel W₃. Le na dveh lokacijah, v botaničnem vrtu v Sežani in na vrtu gozdarskega inštituta v Ljubljani so se poškodbe pojavile prej na sorti Bel W₃ sicer pa sta bila oba kultivarja hkrati poškodovana. Skoraj v vseh primerih je bila poškodovanost sorte Bel W₃ za razred večja, večji je bil tudi razpon poškodovanosti posameznih listov. Obe sorti sta imeli podoben tip poškodb, le da so bile pri sorti Bel W₃ pogostejše rjave nekroze, poleg tega smo pri tej občutljivejši sorti večkrat zabeležili začetno stanje poškodovanosti v obliki temnozelenih drobnih pik, še posebej, če smo list opazovali s spodnje strani proti vpadajoči svetlobi.

Sorta Bel C se je izkazala za dejansko odporno, čeprav so se tudi na njej pokazali manjši znaki poškodovanosti, še posebej proti koncu opazovalnega obdobja. Le na izpostavitvenem mestu nad tunelom v Ljubljani in na Krasu je poškodovanost te sorte presegla razred 2, na Krasu celo 3. To nedvoumno kaže na višje koncentracije ozona.

Poškodovanost celih rastlin je šele proti koncu opazovanja dosegla stopnjo poškodovanosti 4 (Bel W₃, Dutovlje, 19.10.1989), poškodovanost posameznih listov pa je posebno pri sorti Bel W₃ dosegla že v avgustu to stopnjo (nad tunelom v Ljubljani, vrt IGLG v Ljubljani, obe mesti na Krasu). Posamezni listi so bili večkrat popolnoma prekriti s klorozami in nekrozami (stopnji 5-7). Verjetno bi bilo primerno izkazovati še poškodovanost nekroz izdiferenciranih listov, da bi zajeli le čas med dvema opazovanjema. Rezultati opazovanj na vseh teh sortah so povpreček opazovanj na dveh enako starih rastlinah na vsaki lokaciji.

Iz primerjave rezultatov opazovanj na vseh treh sortah tobaka se jasno vidi razliko v občutljivosti na ozon. Žal ni na voljo meritev ozona, da bi odziv vseh testerjev lahko kvantitativno ovrednotili z vidika koncentracij. Sorta Bel W₃ je nedvomno najbolj občutljiva, vendar daje tudi sorta North Carolina dokaj dobre rezultate. Zaradi primerljivosti opazovanj s tujimi avtorji je vsekakor priporočljivo opazovanje na sorti Bel W₃.

Na tabeli 7 je prikazano sezonsko pojavljanje poškodb samo za sorto Bel W₃. Kot je razvidno iz tabele, so se poškodbe najprej pojavile na Krasu. To smo tudi pričakovali, saj je sončno sevanje tam intenzivnejše in je več možnosti za nastanek ozona, še posebej če pomislimo na intenziven promet v tem času. Po stopnji poškodovanosti listov so si vsa mesta izpostavitve dokaj podobna, čeprav je opazen večji trend poškodovanosti rastlin na Krasu. Delno izstopa tudi močno onesnaženo mesto nad tunelom, vendar ne toliko po deležu poškodb kot po številu in masi nastalih listov, kar pa v poročilu ni v celoti prikazano.

Poškodovanost rastlin je bila po prvi fazi izpostavitve dokaj nizka, kasneje zmerna, nakar je sledil na nekaterih mestih znaten porast. Razlaga za to bi bila naslednja : prvo polovico poletja je bilo v Ljubljani pa tudi na Krasu še relativno hladno. Prevladovalo je nestalno vreme brez sušnih obdobj. V takšnih razmerah je manj možnosti za tvorbo fotooksidantov, kar potrjuje tudi hitrejša pojavljanje poškodb na Krasu. Z naraščanjem sušnosti in višanjem temperature se večja možnost tvorbe fotooksidantov, kar potrjujejo tudi rezultati opazovanja. Znatni porast poškodb v jeseni pa je treba vsaj v znatni meri pripisati staranju rastlin in padcu temperature. Znano je, da je občutljivost rastlin na O₃ odvisna od stopnje razvoja testne rastline.

S staranjem rastlina proizvajajo etilen, ki pospešuje nastanek ozona značilnih poškodb. Prav tako so v številnih poskusih ugotovili, da so uporabljene sorte tobaka primerne za sledenje ozona le pod pogojem, da nočne temperature ne padajo znatno pod 10°C. Nizke temperature povzročajo na listih podobna poškodba kot ozon. Poleg vsega naštetega se je pri dokazovanju ozona kot antropogenega polutanta v zraku s pomočjo tobaka kot bioindikatorja treba zavedati, da prihaja ob nevihtah do večjega mešanja zračnih mas in da je v teh pogojih možen tudi vdor stratosferskega ozona v nižje plasti, ki povzroča enake poškodbe. Pravilno vrednotenje odziva testnih rastlin je možno torej le v kombinaciji z meteorološkimi meritvami in opazovanji, kjer so meritve koncentracije ozona in trajanje epizod nujno potrebne.

V času opazovanj poškodb smo poškodovane liste tobaka podobno kot lani fitopatološko pregledali in s tem odpravili oz. razložili interferenco biotskih povzročiteljev. Ugotovili smo, da so bile že opisane točkaste poškodbe abiotskega izvora in da jih lahko z veliko verjetnostjo pripisujemo delovanju ozona.

Na tabeli 6 so prikazani rezultati meritev vsebnosti žvepla v steljkah izpostavljenih lišajev, v lucerni in v vseh treh sortah tobakov. Mejne in kritične vrednosti za vsebnost žvepla v teh rastlinah še niso poznane. Od uporabljenih so isto vrsto lišaja že uporabili kot bioindikator - akumulator pri skriningu onesnaženosti zraka z žveplovimi spojinami pri ekoloških študijah na Švedskem, Finskem in v Zvezni republiki Nemčiji.

Ostali dve rastlini se sicer uporabljata za monitoring na osnovi vidnih poškodb, tobak za sledenje ozona, lucerna pa za sledenje SO₂ (medžilne kloroze!).

Poskus izpostavitve lišajev ni povsem potrdil lanskoletnih rezultatov (2). Vsebnost celokupnega žvepla je po približno enoletni izpostavitvi v večini primerov narasla glede na kontrolo, le na mestih, kjer so lišaji povsem propadli, ali bili tik pred uničenjem (razbarvane, aturgescentne steljke!) je vsebnost žvepla upadla. V Ljubljani so vrednosti žvepla v steljkah izpostavljenih na gradu in tunelu relativno nizke. Dejanske so bili to že odmrli lišaji. Vsebnost v steljkah, izpostavljenih na vrtu IGLG in Hidrometeorološkega zavoda pa je bila višja v primerjavi s steljkami na Krasu. Prav tako je opazen upad vsebnosti žvepla v praktično odmrlih izpostavljenih steljkah iz nekaterih najbolj onesnaženih mest iz okolice termo-

elektrarne šoštanj. Glede na lanske in letošnje rezultate ugotavljamo, da mora biti dinamika vzorčenja lišajskih steljk, če jih uporabljamo za ugotavljanje akumulacije žvepla večja. Naša izpostavitve je trajala verjetno predolgo. Celokupna vsebnost žvepla v vzorcih lucerne je bila še bolj različna od tiste izmerjene lani. Vzorčili smo iste rastline na enakih tleh in približno v istem času. Izgleda, da lucerna ni primeren bioindikator - akumulator. Pri rezultatih analize vsebnosti žvepla v listih tobaka je opaziti tendenco, da ima odpornejši kultivar višjo vsebnost kot občutljivejši, med posameznimi lokacijami pa ni pričakovanih razlik. Opazna je celo tendenca zmanjšanja vsebnosti žvepla v z žveplovimi spojinami bolj onesnaženih krajih. Iz tega lahko zaključimo, da ta indikator, ki je sicer primeren za sledenje ozona na osnovi vidnih poškodb ni primeren za sledenje akumulacije žvepla.

4. ZAKLJUČKI

Na osnovi dvoletnih poskusov sledenja onesnaženosti zraka z določenimi testnimi rastlinami lahko zaključkom lanskeletne raziskave (2) dodamo naslednje:

1. Sledenje ozona s pomočjo tobaka (kultivar Bel W₃) je izvedljivo, vendar v našem okolju omejeno na čas od junija do oktobra, pa še v tem obdobju ni primerno za nadmorske višine nad 800 m
2. Brez natančne homogenizacije testnih rastlin (sorta, klon, substrat, čas izpostavitve, razvojna faza rastlin) je rezultate težko uporabiti.
3. Rezultate dobljene s testnimi rastlinami je težko primerjati oziroma postaviti v relevanten odnos glede na okoliško rastlinstvo (naravno in kultivirano). To je še posebej težko, ker ni meritev polutantov v zraku, kar še posebej velja za ozon. V kolikor meritve so, so te velikokrat nekontinuirane.
4. Poskus sledenja ozona s pomočjo sorte tobaka Bel W₃ bi se ob dogovorjeni standardizirani metodi vzgoje sadik in načina izpostavitve dale izvesti na področju cele Slovenije. Metoda bi bila ob zagotovljenih sredstvih za materialne stroške (vzgoja sadik, nakup substrata, loncev) primerna za mladinske akcije v okviru krožkov, šol, taborov in bi lahko prispevala k

osveščanju ekološke zavesti mladine. Hkrati bi dobili vsaj okvirni pregled v tovrstno onesnaženje, podobno kot ga daje v žveplovo in sijošno onesnaženje kartiranje lišajve.

5. Uporaba bioindikatorjev nikakor ne more nadomestiti meritev polutantov v zraku, jih pa dopolnjuje in daje pomemben prispevek o dejanskem vplivu in pomenu posameznih polutantov v ekosistemi.

5. LITERATURA

1. BATIO, F., JURČ, D., GRZIN, J., KOVAČ, M., 1987. Bioindikacija onesnaženosti zraka na področju mesta Ljubljane. Letno poročilo o raziskovalnem delu za l. 1987 (Občinska raziskovalna skupnost Ljubljana-Center), Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.
2. BATIO, F., JURČ, D., STERŠAF, T., MACAROL, B., 1989. Propadanje gozdov na območju Ljubljanskih občin. a) Bioindikacija onesnaženosti zraka, 1-11, Zaključno poročilo, Mestna raziskovalna skupnost Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana
3. Anonymus, 1987. Hidrometeorološki zavod SR Slovenije, Ljubljana
4. HROČEK, D., PLANINŠEK, T., SOLOMUN, B., 1986. Prostorska razporeditev onesnaženosti zraka in meteoroloških količin v Ljubljani. Poročilo raziskovalnega dela, Hidrometeorološki zavod SR, Ljubljana.
5. HAWKSWORTH, D.L., POSE, F., 1976. Lichens as pollution monitors. 1-89. Edward Arnold, London.
6. BATIO, F., KRALJ, T., 1989. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epitiško lišajsko vegetacijo pri inventurnih pregledanjih gozdov. Zbornik gozdarstva in lesarstva 34, 51-70, Ljubljana.
7. KALAN, J., 1989. Obremenjenost slovenskih gozdov z žveplom. Zbornik gozdarstva in lesarstva 34, 99-120, Ljubljana
8. TRESHOW, M., 1984. Air Pollution and Plant Life, John Wiley & Sons, New York, Toronto

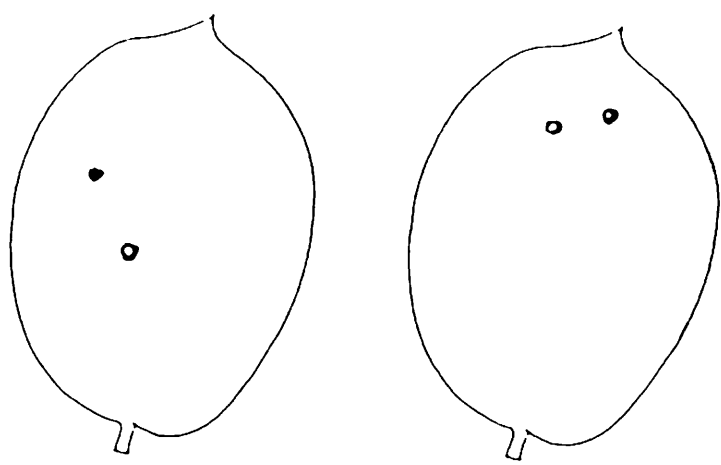
9. ARNDT, V., NOBEL, W., SCHWEIZER, 1987. Bioindikatoren . Ulmer Verlag, Stuttgart.
10. GRILL, D., REGAR, A., BERMADINGER, E., 1988. Bioindikation in Graz. 1-104, Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karl-Franzens Universität Graz.
11. SCHENONE, G., MIGNANECCO, L., 1988. Monitoraggio biologico dell' ozono in Lombardia. Risultati preliminari. Acqua-Aria 9 (1085-1090)
12. ANONYMOUS, 1989. Ozon - under sokelser, Norges Naturverbund, Felleskampanjen for miljø og utvikling. Fytotronen ved biologisk institut Universitetet i Oslo og Distriktshøgskolen i Bø .

P R I L O G E

OBRAZEC 1 : Skala za ocenjevanje poškodovanosti listov tobaka po ozonu

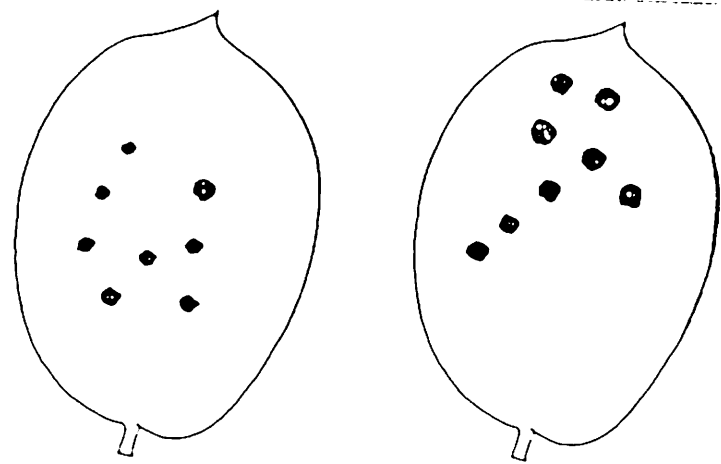
Kategorija 1

0 - 2 %



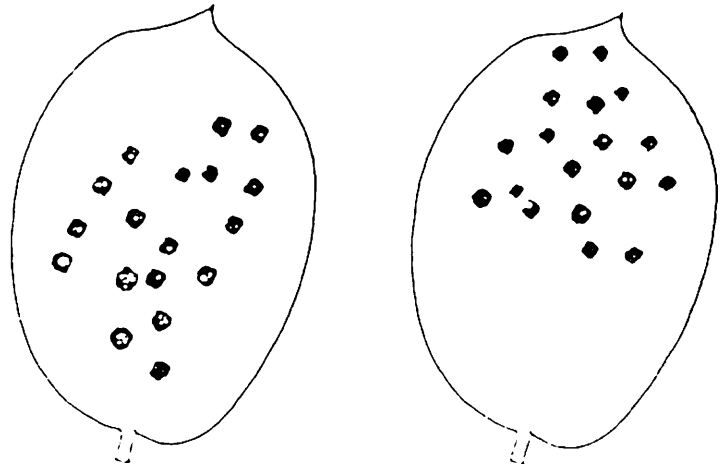
Kategorija 2

2 - 10 %



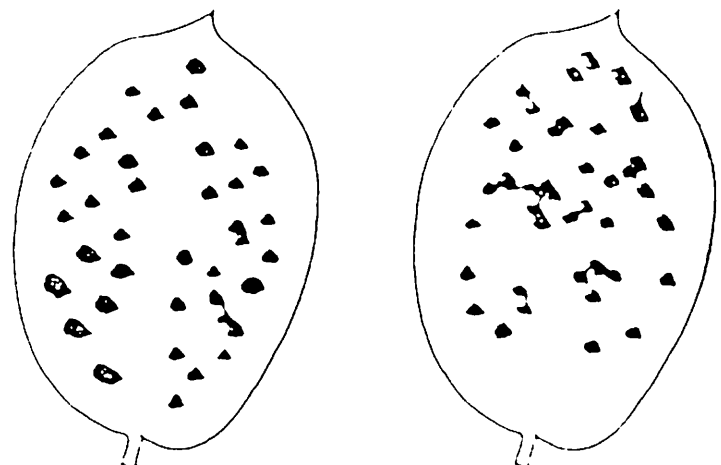
Kategorija 3

10 - 25 %



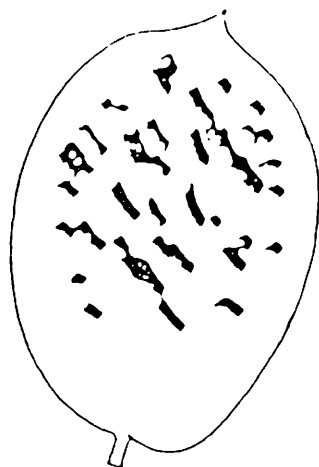
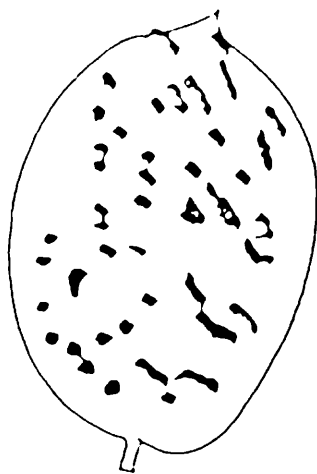
Kategorija 4

25 - 35 %



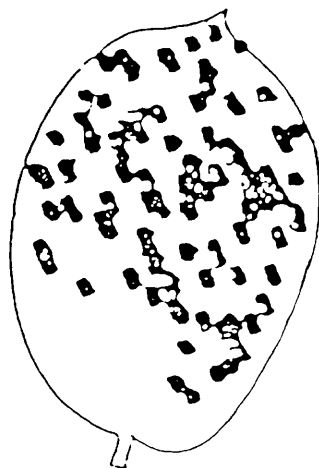
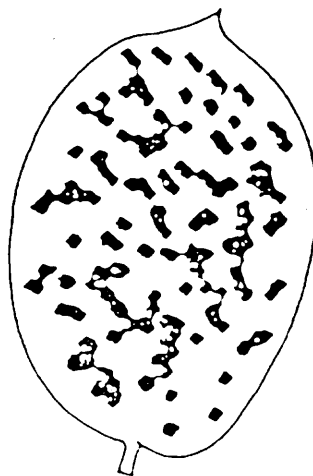
Kategorija 5

35 – 45 %



Kategorija 6

50 %



MESTO: IMPACTIVE

Opis mesta: _____

Mer: (H, S, W, E)

Imp: Im

Kategorija: _____

Indikator: _____

obala, _____

most, _____

stavec

drevnina, _____

Opis mesta: nivalna, črna dolina, rob črne doline, vzhodna, vzhodna, _____

Štetje:

Rastl. št.:

Ime:

Datum presa-
ditve:

Opombe:

Teden št.	Datum								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Opazovalec									

List št.

TABELA 1: ŠTEVILO ZELENIH LISTOV TER ODSOTIEK TOČKASTIH KLO-
ROZ NA POŠKODOVANIH LISTIH RAZLIČNIH SORT TOBAKA
GLEDE NA DATUM PREGLEDA. IZPOSTAVITVENA BIONOMITO-
RNA LOKACIJA: HMZ V LJUBLJANI

SORTA	TOBAK BEL W3	TOBAK MC	TOBAK BEL C

DATUM			
12.7.89	1: 7 1 (7 1) 2: -	1: 7 1 (7 1) 2: -	1: 10 (10 1) 2: -
27.7.89	1: 10 1 (10 1) 2: -	1: 10 1 (12 1) 2: -	1: 11 1 (11 1) 2: -
8.8.89	1: 13 1 (13 1) 2: 2 1-2 (2)	1: 11 1 (13 1) 2: 1 1-1 (1)	1: 18 1 (18 1) 2: 1 1-1 (1)
24.8.89	1: 20 1 (20 1) 2: 5 1-2 (1-2)	1: 19 1 (21 1) 2: 4 1-1 (1)	1: 23 1 (23 1) 2: 1 1-1 (1)
5.9.89	1: 24 1 (24 1) 2: 12 1-2 (1-2)	1: 20 1 (24 1) 2: 7 1-2 (1-2)	1: 26 1 (27 1) 2: 1 1-1 (1)
21.9.89	1: 26 1 (29 1) 2: 18 1-2 (1-3)	1: 23 1 (28 1) 2: 12 1-2 (1-4)	1: 22 1 (27 1) 2: 4 1-1 (1-2)
4.10.89	1: 21 1 (29 1) 2: 13 1-2 (1-3)	1: 22 1 (29 1) 2: 10 1-2 (1-3)	1: 22 1 (27 1) 2: 13 1-1 (1-2)
18.10.89	1: 19 1 (29 1) 2: 11 1-2 (2-3)	1: 22 1 (29 1) 2: 10 1-2 (2-3)	1: 20 1 (27 1) 2: 11 1-1 (1-2)

- 1: Število zelenih listov. V oklepaju število vsah listov.
2: Število poškodovanih zelenih listov in njihova povprečna odstotkovna poškodovanost izražena v razredih. V oklepaju razpon znotraj katerega je variirala. Vrednost razredov v odstotkih: 1 (0-2 %), 2 (2-10 %), 3 (10-25 %), 4 (25-35 %), 5 (35-45 %), 6 (50 in več %).

TABELA 2: ŠTEVILO ZELENIH LISTOV TER ODSOTOK TOČKASTIH KLO-
ROZ NA POŠKODOVANIH LISTIH RAZLIČNIH SORTI TOBAKA
GLEDE NA DATUM PREGLEDA. IZPOSTAVITVENA BIOMONITO-
RNA LOKACIJA: TUNEL MAD KARLOVŠKO C. V LJUBLJANI

SORTA	TOBAX BEL W3	TOBAX MC	TOBAX BEL C

DATUM			
12.7.89	1: 7 1 (7 1) 2: -	1: 8 1 (8 1) 2: -	1: 6 1 (6 1) 2: -
27.7.89	1: 11 1 (11 1) 2: -	1: 13 1 (13 1) 2: -	1: 12 1 (12 1) 2: -
8.8.89	1: 10 1 (13 1) 2: 3 1-3 (2-6)	1: 15 1 (17 1) 2: 2 1-2 (2-3)	1: 14 1 (16 1) 2: -
24.8.89	1: 4 1 (13 1) 2: 2 1-4 (3-4)	1: 20 1 (28 1) 2: 5 1-3 (2-3)	1: 14 1 (19 1) 2: 2 1 vršne ne- kroze
5.9.89	1: 5 1 (16 1) 2: 5 1-3 (1-5)	1: 21 1 (29 1) 2: 6 1-2 (2)	1: 14 1 (21 1) 2: 3 1-2 (1-3)
21.9.89	1: 8 1 (19 1) 2: 8 1-2 (1-2)	1: 15 1 (29 1) 2: 8 1-1 (1-2)	1: 17 1 (25 1) 2: 6 1-2 (1-3)
4.10.89	1: 10 1 (22 1) 2: 7 1-2 (1-4)	1: 13 1 (29 1) 2: 6 1-2 (1-2)	1: 12 1 (25 1) 2: 10 1-1 (1-3)
18.10.89	1: 9 1 (23 1) 2: 4 1-3 (2-4)	1: 10 1 (29 1) 2: 3 1-2 (2)	1: 9 1 (25 1) 2: 7 1-2 (1-2)

- 1: Število zelenih listov. V oklepaju število vsah listov.
2: Število poškodovanih zelenih listov in njihova povprečna odstotkovna poškodovanost izražena v razredih. V oklepaju razpon znotraj katerega je variirala. Vrednost razredov v odstotkih: 1 (0-2 %), 2 (2-10 %), 3 (10-25 %), 4 (25-35 %), 5 (35-45 %), 6 (50 in več %).

TABELA 3: ŠTEVILO ZELENIH LISTOV TER ODSIOTEK TOČKASTIH KLO-
ROZ NA POŠKODOVANIH LISTIH RAZLIČNIH SORT TOBAKA
GLEDE NA DATUM PREGLEDA. IZPOSTAVITVENA BIONOMITO-
RNA LOKACIJA: IGLG V LJUBLJANI

SORTA	TOBAX BEL W3	TOBAX WC	TOBAX BEL C
DATUM			
12.7.89	1: 6 1 (6 1) 2: -	1: 9 1 (9 1) 2: -	1: 11 (11 1) 2: -
27.7.89	1: 8 1 (8 1) 2: 2 1-1 (1)	1: 12 1 (12 1) 2: -	1: 16 1 (16 1) 2: -
8.8.89	1: 11 1 (13 1) 2: 3 1-3 (2-5)	1: 15 1 (15 1) 2: 2 1-2 (1-2)	1: 18 1 (19 1) 2: -
24.8.89	1: 17 1 (23 1) 2: 8 1-2 (1-3)	1: 21 1 (21 1) 2: 8 1-1 (1-2)	1: 21 1 (23 1) 2: -
5.9.89	1: 15 1 (23 1) 2: 9 1-3 (2-6)	1: 23 1 (23 1) 2: 8 1-2 (1-2)	1: 22 1 (24 1) 2: 8 1-1 (1)
21.9.89	1: 12 1 (25 1) 2: 8 1-3 (1-5)	1: 21 1 (24 1) 2: 17 1-1 (1-2)	1: 24 1 (29 1) 2: 5 1-1 (1)
4.10.89	1: 13 1 (28 1) 2: 14 1-2 (1-5)	1: 23 1 (26 1) 2: 17 1-2 (1-3)	1: 22 1 (29 1) 2: 3 1-1 (1)
18.10.89	1: 12 1 (29 1) 2: 13 1-3 (2-6)	1: 23 1 (26 1) 2: 17 1-2 (2-3)	1: 22 1 (29 1) 2: 3 1-1 (1)

- 1: Število zelenih listov. V oklepaju število vsah listov.
2: Število poškodovanih zelenih listov in njihova povprečna odstotkovna poškodovanost izražena v razredih. V oklepaju razpon znotraj katerega je variirala. Vrednost razredov v odstotkih: 1 (0-2 %), 2 (2-10 %), 3(10-25 %), 4 (25-35 %), 5 (35-45 %), 6 (50 in več %).

TABELA 4 ŠTEVILO ZELENIH LISTOV TER ODSOTOK TOČKASTIH KLO-
ROZ NA POŠKODOVANIH LISTIH RAZLIČNIH SORT TOBAKA
GLEDE NA DATUM PREGLEDA. IZPOSTAVITVENA BIONOMITO-
RNA LOKACIJA: BOTANIČNI VRT V SEŽANI

SORTA	TOBAK BEL W3	TOBAK MC	TOBAK BEL C

DATUM			
14.7.89	1: 7 1 (7 1) 2: 3 1-1 (1)	1: 11 1 (11 1) 2: -	1: 6 1 (6 1) 2: -
25.7.89	1: 13 1 (13 1) 2: 4 1-1 (1)	1: 13 1 (14 1) 2: -	1: 11 1 (11 1) 2: -
9.8.89	1: 14 1 (17 1) 2: 4 1-3 (1-4)	1: 13 1 (15 1) 2: -	1: 14 1 (15 1) 2: -
25.8.89	1: 11 1 (20 1) 2: 6 1-2 (1-5)	1: 12 1 (16 1) 2: 4 1-2 (2)	1: 10 1 (19 1) 2: -
6.9.89	1: 18 1 (27 1) 2: 15 1-2 (1-4)	1: 12 1 (18 1) 2: 11 1-2 (1-3)	1: 22 1 (31 1) 2: -
23.9.89	1: 21 1 (36 1) 2: 13 1-3 (1-5)	1: 16 1 (20 1) 2: 6 1-2 (2-3)	1: 26 1 (35 1) 2: 2 1-2 (2)
5.10.89	1: 14 1 (37 1) 2: 9 1-2 (1-3)	1: 14 1 (20 1) 2: 4 1-2 (2-3)	1: 20 1 (35 1) 2: 1 1-2 (2)
19.10.89	1: 13 1 (37 1) 2: 10 1-2 (2-3)	1: 12 1 (20 1) 2: 4 1-2 (2-3)	1: 15 1 (35 1) 2: 1 1-2 (2)

- 1: Število zelenih listov. V oklepaju število vsah listov.
2: Število poškodovanih zelenih listov in njihova povprečna odstotkovna poškodovanost izražena v razredih. V oklepaju razpon znotraj katerega je variirala. Vrednost razredov v odstotkih: 1 (0-2 %), 2 (2-10 %), 3(10-25 %), 4 (25-35 %), 5 (35-45 %), 6 (50 in več %).

TABELA 5: ŠTEVILO ZELENIH LISTOV TER ODSOTIEX TOČKASTIH KLO-
ROZ NA POŠKODOVANIH LISTIH RAZLIČNIH SORTI TOBAKA
GLEDE NA DATUM PREGLEDA. IZPOSTAVITVENA BIOMONITO-
RNA LOKACIJA: DUTOVLJE

SORTA	TOBAK BEL W3	TOBAK MC	TOBAK BEL C
DATUM			
14.7.89	1: 8 1 (8 1) 2: 3 1-1 (1)	1: 9 1 (9 1) 2: -	1: 8 (8 1) 2: -
26.7.89	1: 11 1 (11 1) 2: 4 1-1 (1)	1: 13 1 (13 1) 2: 2 1-1 (1)	1: 13 1 (13 1) 2: -
10.8.89	1: 12 1 (14 1) 2: 6 1-3 (1-5)	1: 13 1 (17 1) 2: 4 1-1 (1-2)	1: 13 1 (17 1) 2: 3 1-1 (1)
25.8.89	1: 13 1 (17 1) 2: 12 1-3 (1-6)	1: 9 1 (22 1) 2: 6 1-1 (1-2)	1: 8 1 (18 1) 2: 2 1-1 (1)
6.9.89	1: 18 1 (23 1) 2: 12 1-3 (1-6)	1: 18 1 (27 1) 2: 12 1-2 (1-3)	1: 17 1 (27 1) 2: 8 1-2 (1-2)
23.9.89	1: 14 1 (28 1) 2: 11 1-2 (1-4)	1: 11 1 (34 1) 2: 1 1-3 (3)	1: 18 1 (29 1) 2: 5 1-1 (1-2)
6.10.89	1: 10 1 (29 1) 2: 11 1-2 (1-3)	1: 13 1 (36 1) 2: 6 1-1 (1-3)	1: 15 1 (33 1) 2: 4 1-2 (2-3)
19.10.89	1: 9 1 (30 1) 2: 8 1-4 (3-5)	1: 25 1 (38 1) 2: 7 1-2 (2)	1: 15 1 (33 1) 2: 4 1-3 (2-3)

- 1: Število zelenih listov. V oklepaju število vseh listov.
2: Število poškodovanih zelenih listov in njihova povprečna odstotkovna poškodovanost izražena v razredih. V oklepaju razpon znotraj katerega je variirala. Vrednost razredov v odstotkih: 1 (0-2 %), 2 (2-10 %), 3 (10-25 %), 4 (25-35 %), 5 (35-45 %), 6 (50 in več %).

TABELA 6 = IZMERJENA VSEBNOST ZVEPLA IZRAŽENA V % S/ 100 MG
SUHEGA RASTLINSKEGA MATERIALA.

VRSTA RAST.MAL.	KRAJ	ČAS IZPOSTAVE	VSEBNOST ZVEPLA
H. PHYSODES	HMZ V LJ	6.88. - 4.89	0.243
H. PHYSODES	IGLG V LJ	6.88. - 4.89	0.245
H. PHYSODES	GRAD V LJ	6.88. - 4.89	0.220
H. PHYSODES	TUNEL V LJ	6.88. - 4.89	0.229
H. PHYSODES	SEŽANA	6.88. - 4.89	0.224
H. PHYSODES	DUTOYLJE	6.88. - 4.89	0.218
H. PHYSODES	SOLKAN	6.88. - 4.89	0.293
H. PHYSODES	VELIKI YRH	6.88. - 4.89	0.165
H. PHYSODES	T. VELENJE	6.88. - 4.89	0.218
H. PHYSODES	SLEME	6.88. - 4.89	0.242
H. PHYSODES	ZAVODMJE	6.88. - 4.89	0.189
H. PHYSODES	GRAŠKA GORA	6.88. - 4.89	0.180
H. PHYSODES	KONTROLA	-	0.212
LUCERNA	HMZ V LJ	10.89	2.155
LUCERNA	GRAD V LJ	10.89	2.430
LUCERNA	DUTOYLJE	10.89	1.930
LUCERNA	ZAVODMJE	11.89	1.710
LUCERNA	GRAŠKA GORA	11.89	2.030
LUCERNA	TOPOLŠICA	11.89	1.700
LUCERNA	VELIKI YRH	11.89	2.050
TOBAX BEL W3	IGLG V LJ	6.89-11.89	1.050
TOBAX HC	IGLG V LJ	6.89-11.89	0.770
TOBAX BEL C	IGLG V LJ	6.89-11.89	1.080
TOBAX BEL W3	TUNEL V LJ	6.89-11.89	0.905
TOBAX HC	TUNEL V LJ	6.89-11.89	0.815
TOBAX BEL C	TUNEL V LJ	6.89-11.89	1.135
TOBAX BEL W3	HMZ V LJ	6.89-11.89	1.250
TOBAX HC	HMZ V LJ	6.89-11.89	0.835
TOBAX BEL C	HMZ V LJ	6.89-11.89	1.230
TOBAX BEL W3	SEŽANA	6.89-11.89	1.605
TOBAX HC	SEŽANA	6.89-11.89	1.285
TOBAX BEL C	SEŽANA	6.89-11.89	1.625
TOBAX BEL W3	SOLKAN	6.89-11.89	1.145
TOBAX HC	SOLKAN	6.89-11.89	0.980
TOBAX BEL C	SOLKAN	6.89-11.89	1.240
TOBAX BEL W3	DUTOYLJE	6.89-11.89	1.125
TOBAX HC	DUTOYLJE	6.89-11.89	1.170
TOBAX BEL C	DUTOYLJE	6.89-11.89	1.245

Tabela 7: Časovni notek razvoja listov in pojavljanja poškodb na njih na občutljivem kultivarju tobaka (Nicotinum tabacum L., cv. BEL W3), izpostavljenim na treh mestih v Ljubljani in dveh na Krasu v rastni sezoni 1989.

Lokacija	d a t u m i o p a z o v a n j a																							
	14. 7. 89	26. 7. 89	10. 8. 89	25. 8. 89	6. 9. 89	23. 9. 89	6. 10. 89	19. 10. 89																
	a	b	c (1)	a	b	c (1)	a	b	c (1)	a	b	c (1)	a	b	c (1)									
HMZ (LJ)	7	∞	0 0	10	∞	0 0	13	6,5	2 (2)	20	4	2 (1-2)	24	2	2 (1-2)	29	1,4	2 (1-3)	29	1,6	2 (1-3)	29	1,7	2 (1-3)
TVNEL (LJ)	7	∞	0 0	11	∞	0 0	13	3,3	3(2-6)	13	2	4(3-4)	16	1	3(1-5)	19	1	2(1-2)	22	1,4	2(1-4)	23	2,2	3(2-4)
IGLG (LJ)	6	∞	0 0	8	4	1 (1)	13	3,7	3(2-5)	23	2,1	2(1-3)	23	1,7	3(2-6)	25	1,5	3(1,5)	28	0,93	2(1-5)	29	0,92	3(2-3)
SEŽANA	7	2,3	1(1)	13	3,2	1 (1)	17	3,5	3(1-4)	20	1,8	2(1-5)	27	1,2	2(1-4)	36	1,6	3(1-5)	37	1,55	3(1-5)	37	1,3	2(2-3)
DUTOVLJE	8	2,7	1(1)	11	2,7	1 (1)	14	2,0	3(1-5)	17	1,1	3(1-6)	23	1,5	3(1-6)	28	1,3	2(1-4)	29.	0,83	2(1-3)	30	1,1	4(3-5)

- a števila vseh listov na gl.stebelu, do časa vzorčenja
- b količnik: število zdravih listov / število poškodovanih listov ob času vzorčenja
- c povprečna poškodovanost rastlin, izražena z razredom poškodovanosti ob času vzorčenja, v oklepaju razpon poškodovanosti posameznih listov