

VPLIVI IN POSLEDICE ONESNAŽENEGA OZRAČJA NA VEGETA-
CIJO INDUSTRIJSKEGA RAJONA V ZASAVJU V LETU 1973

INFLUENCES AND EFFECTS OF AIR POLLUTION ON VEGETA-
TION AT INDUSTRIAL BASIN ZASAVJE DURING THE YEAR 1973

632.1
551.510.42

CIRIL ZRNEC

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

During the year 1973 we made simultaneous measurements of SO₂ concentrations and observations of plant development at Zasavje region, where heavy air pollution was observed during the past years. Concentrations of SO₂ attained very often values between 1 and 3 mg/m³. Higher values marked as pushes were observed less frequently and occurred mostly at free morning hours.

Direct influence of SO₂ concentration was seen as damage on plant leaves and needles and as changed chemical reactions in the plants themselves. At first it was affected the palisade layer in the leaves, later the injuries spreaded into the spongy layer, veins, and stems as well.

Because of the changes in the cell pressure the leaves wrinkled and twiggged so much that the morfological anomalies took place. At the same time the chlorophyll complex of the plant was destroyed; the basic physiological process was spoiled. The injuries spreaded out further and further and covered the whole leave. The formation and course of the damages were specific for various groups of plants. From comparison we concluded that the injuries depend not only on SO₂ concentration but on other various parameters as well, viz. development stage, resistance, plant group, and so on.

Reactions of the plant on SO₂ concentration, viz. time course of the damages, fall of leaves, development of new "secondary" leaves, and others are given on figures.

The metabolism of the plant we diminished with the reduction of photosynthesizing areas, as well. The plant dried and collapsed. Vegetation cycle was nearly at all plant groups ceased at earlier time; so the fall of the leaves occurred at the end of the summer. Few weeks later new "secondary" leaves sprouted. In the summer 1973 new leaves sprouted in the last decade of August and in the first decade of September.

Naturally the new young leaves are different from the old ones according to the shape and structure. The phenomenon of "secondary" leaves is remarkable at different plant groups viz. lime-tree and ash-tree, which renew the crown; though it is less remarkable at beech-tree and other deciduous trees. In these cases only individual leaves sprouted, mostly at the stems.

The plant associations changed with the collapse of plant groups. Thirty years ago coniferous trees formed the forest alone or together with deciduous trees in the same area. Today only beech-trees grow here. The after growth is poor.

We studied the plant associations from the floristic point, as well. After few years, when the problem of the air pollution will be solved or preventive action will take place at least, on this base we will be able to establish if the development of the plant associations and the vegetation itself led to the regressive or progressive direction.

POVZETEK

V vegetacijskem obdobju 1973 smo sistematično spremljali poškodbe, ki jih povzroča SO₂ na rastlinah, na območju med Termoelektrarno Trbovlje in Hrastnikom do nadmorske višine 550 m.

Vidno je močno izraženo individualno reagiranje na različne koncentracije SO₂ med posameznimi rastlinskimi vrstami in med individui v okviru iste vrste.

UVOD

Med osrednje probleme današnjega časa smemo prav gotovo uvrstiti problem onesnažene biosfere - celotnega življenjskega prostora. V letu 1973 je agrometeorološki oddelek Hidrometeorološkega zavoda

SRS pričel sistematsko opazovati vegetacijo enega najbolj onesnaženih predelov Slovenije - Zasavja.

Ob koncu vegetacijskega ciklusa je bila razvidna neposredna povezava med onesnaženim ozračjem in industrijskimi plini ter rastlinsko odejo. Koncentracija SO₂ in drugih dimnih plinov je bila in je še za posamezne vrste katastrofalna. Naša osnovna raziskovalna naloga je bila ugotoviti, kakšen je razvoj in nastanek poškodb (ožigov) na rastlinstvu. Način opazovanja sprememb v naravi ter hkratno merjenje koncentracij SO₂ je bil tu izveden prvič v Jugoslaviji. Poleg polurnih poprečkov koncentracij SO₂ smo pri našem delu največ upoštevali vizuelno procentualno vrednotenje ožigov. Fotografiranje (detajlno, kot tudi panoramsko) nam je v končni fazi dalo, ne samo pregled ožigov, ampak tudi verodostojni dokument.

Meritve in opazovanja so trajala od maja do novembra v letu 1973, v tedenskih ali 14 dnevni presledkih, to je v času, ko je vegetacija najbolj aktivna. V pozni jeseni in zimi je rastlinstvo dokaj zavarovano pred škodljivimi učinki SO₂, razen pri tistih rastlinah, pri katerih razvojni ciklus ni zavrt v toliki meri (iglavci). Iz tega sklepamo, da ima velik pomen na rastline ne samo koncentracija SO₂ v ozračju, ampak tudi akumulacija le-tega v organizmu. Delovanje emitentov na rastlinske dele je najbolj izraženo na distalnih delih, to je tistih, ki so v neposrednem stiku z ozračjem, listih in cvetovih.

Pomembna je ugotovitev, da so poškodbe nastale znatno prej, preden se pojavijo vizuelne spremembe - ožigi. Z mikroskopiranjem in zlasti fotografiranjem preparatov smo dokazali poškodbe, ki jih na zunaj ni mogoče opaziti.

NAČRT DELA

1. Kontinuirano opazovanje poškodb od prvih ožigov do konca vegetacijskega ciklusa.
2. Fotodokumentacija - slikanje posameznih rastlinskih delov in pokrajine, zlasti okolice Termoelektrarne Trbovlje.
3. Floristična-sistematska obdelava vegetacije Zasavja.
4. Fitosociološke enote na ogroženem delu ter primerjava le-teh s okoliškimi vegetacijskimi sestoji.

5. Herbariziranje rastlinskega materiala predvsem onega, ki ima poškodovane organe.
6. Atlas poškodb. Prikaz poškodb iz različnih predelov z vsemi prehodi od začetnih do končnih stadijev.
7. Fenometrija: je ena izmed možnosti pokazati vpliv emitentov na rast listov.
8. Mikroskopiranje listov: ugotoviti morfološke spremembe v listih pred nastopom vidnih nekroz.

VPLIV SO₂ NA RASTLINE IN OBLIKE POŠKODB

SO₂ povzroča na rastlinah različne poškodbe. Prav zaradi boljšega pregleda jih delimo v akutne in kronične.

Akutne poškodbe:

Nastanejo tedaj, če koncentracija neke snovi, škodljive rastlini prekorači določeno mejo in pride do večjih ali manjših ožigov listne lamine ali drugih delov rastlinskega organizma. Prekoračitev take koncentracije mora trajati nekaj časa, kar je pri različnih vrstah različno, da se kot posledica pojavijo vidne spremembe /1/. Ožigi nastanejo tako po nekaj urah ali nekaj dneh.

Kronične poškodbe:

Nastanejo takrat, ko je delovanje SO₂ in drugih dimnih plinov dolgotrajnejše. Kot posledica kroničnih poškodb se pojavljajo mikroskopsko vidna odmiranja tkiv, sprememba metabolizma rastline, na zunaj pa hiranje in slabenje rastline. Pri iglavcih in listavcih se kronične poškodbe izražajo v počasnem hiranju, sušenju posameznih vej, tako da končno ostane drevo živo le v osrednjem delu, torej deblo s posameznimi debelejšimi vejami. Temu primerno je tudi olistanje, ki je specifično in karakteristično prav za vse gozdne predstavnike v propadajoči fazi. Asimilacijske površine so razvite le ob deblu in debelejših vejah. Videz takega drevesa je pokončen-podaljšan, saj vse stranske veje slej ko prej odpadejo. Olistenje je skromno. Zato je tak gozd sončen in je prav to poleg učinkovanja SO₂ povzročilo fitosociološke spremembe.

Učinkovanje plinov (SO₂) spoznamo na lesnih rastlinah po določenih zunanjih znakih na listih. SO₂ povzroča listno pegavost. Pege so na listih lahko ostro omejene - lokalizirane ali raztresene. Ločimo nekroze, ki nastanejo na robovih, od tistih na konici oziroma na sami lamini. Zlasti so pogoste med nervaturo, tako da ostane list zelen le ob žilah. Ta del normalno asimilira. Barva ožiga je lahko zelo različna, saj je veliko vmesnih prehodov. Ponavadi prevladujejo rdečkasti, rumenkasti in sivkasti odtenki.

Po daljšem učinkovanju SO₂ se nekroza iz občutljivejših mest večja na vso listno ploskev. Nekatere vrste dreves kmalu po usvajanju SO₂ odvržejo liste in to takrat, ko nekroza začne ali pa je že toliko napredovala, da je delovanje lista onemogočeno. Listavci skušajo ohraniti najmanjše liste na vršičkih čim dlje, zato je tudi rast v dolžino tako močno izražena. Pojav, da se razvijajo po popolnem odpadu listov novi zeleni listi, je v Zasavju že reden. Razumljivo je, da so ti listi spremenjeni, se razlikujejo po debelini in obliki. Ponavadi so svetlejši in bolj pergamentasti.

Oblike poškodb pri različnih rastlinskih skupinah:

Iglavci:

Iglavce smo v glavnem opazovali le na Dobovcu, saj jih na hrastniškem območju ni več. Najprej se obarvajo vršički iglic, kasneje pa se barvilo širi proti njihovi bazi /1/. Igllice so v začetku belkaste, nato začno rumeneti, vidne so rumenkaste pege, ki postanejo rdečkasto-rjave. Pri kroničnih poškodbah so starejše vejice prej prizadete, pri akutnih pa trpijo mlajše. Odpadati prično najprej stare iglice, dokler ne ostanejo na drevesu le iglice zadnjega leta, ki so pravkar odgnale. Ker se je s tem zmanjšala drevesu asimilacija, se mora drevo v kratkem posušiti. Zunanji videz drevesa je sivkast, krošnje so redke.

Lestvica občutljivosti iglavcev je naslednja:

Macesen se obnaša kot listavec. Ob močnejšem delovanju SO₂ se iglice suše na terminalnem delu in odmrli delci odpadajo po koščkih.

Bor je na dobovškem pobočju dokaj pogosten. Kaže sorazmerno majhne akutne, zato pa znatne kronične poškodbe.

Smreka je najbolj zastopano iglasto drevo in igra v sestoji okoliških gozdov vidno vlogo. Ožigi pri tem drevesu so lokalizirani na distalne dele habitusa, torej na vejice, ki so na zunanjem delu krošnje. Igllice zelo zgodaj porumene in porjave. Odpadanje je počasno.

Brin se obnaša podobno kot bor.

Listavci:

Listavci predstavljajo osnovo gozdnih lesnatih rastlin. To je tudi eden izmed znakov, da so listavci znatno bolj odporni proti vplivu SO_2 . Zanje so značilne robne in intercostalne nekroze. Robni ožigi so zlasti pogostni pri bukvi, gabru, vrbi in jesenu. Ponavadi se pojavi poškodba na apikalnem delu lista, kasneje se ožig širi proti sredini - proti osrednjem rebbru. Za bukev je značilno tudi to, da se poškodovani del lista pretrga z globoko zarezo. Končno stanje je porjavitev listne lamine, četudi je ožig zajel le 40% površine. Listi se zvijajo in po osušitvi odpadejo. Ponovno olistenje je pri bukvi skromno. Na Platoju so se pojavili novi zeleni listi v zadnji dekadi julija.

Robni ožig pri jesenu zelo hitro napreduje in v kratkem času zajame vse lističe, tako da ostanejo na veji le osrednja rebra.

Intercostalne poškodbe se razlikujejo od robnih po legi. Ožig se pojavi najprej med stranskimi žilami in se kasneje širi proti robu. Ta tip poškodbe je zelo pogosten pri javorjih, brezi, lipi ter grmovjih.

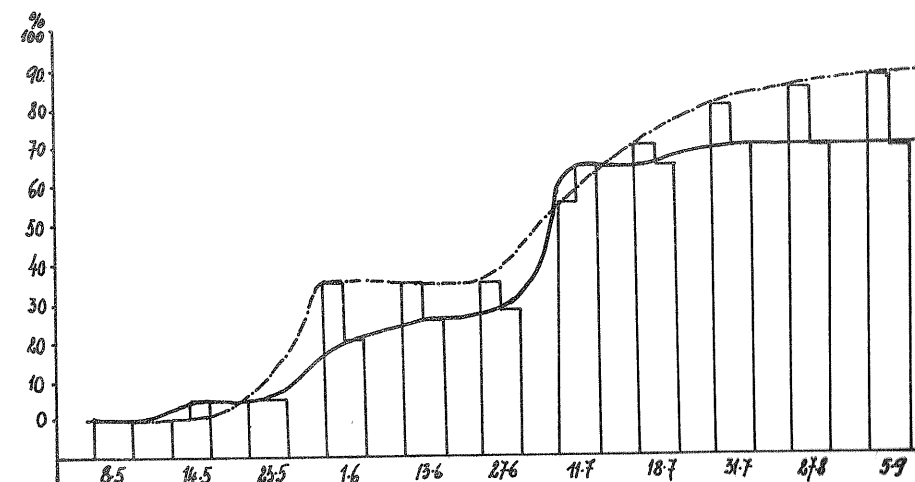
Le hrasti se ločijo po nastanku in obliki ožigov. Poškodbe se pojavijo hkrati na robovih in v manjši meri na lamini v obliki drobnih pegic ter tako sestavljajo nekak specifičen tip - tip mozaika. Če se pojavi močnejši robni ožig v zgodnji fazi razvoja, ko se list razvija, tedaj poškodovani del odmre, drugi, še zdrav, pa normalno živi ter živetari dalje. Efekt take rasti je večje ali manjše izbočenje listne ploskve, da je končno list mehurjasto zaokrožen. Poškodbe pri hrastih so pogoste v stadiju listne rasti in izdiferenciacije tkiv, kasneje pa so listi prav zaradi močnih kutikularnih struktur bolj ali manj zaščiteni.

Trepetlika je ena izmed rezistentnejših rastlin, poškodbe so se pojavile takrat, ko je bila bukev že popolnoma rjava.

Pri javorjih nastopajo ožigi tako na sami lamini kot na njenih robovih. Poškodbe lahko opazimo sprva kot lahno bledico, ki kasneje potemni.

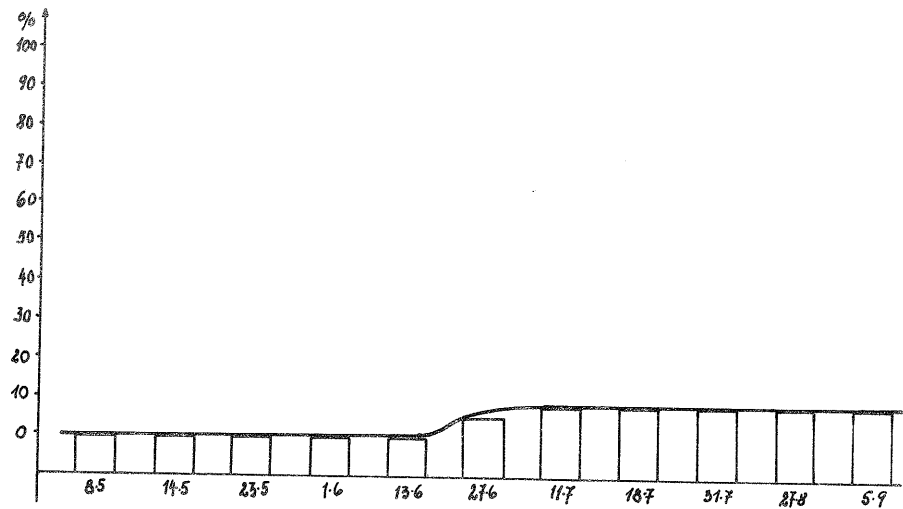
Črni bezeg je znatno rezistentnejši od drugih grmovnic. Poškodbe so razvite le kot drobne belkaste pikice. Napredovanje v zdravi del lista je malenkostno kljub povišanim koncentracijam SO_2 . V letu 1973 je bezeg močno cvetel, plodov pa je bilo kljub temu malo.

Kalina (*Ligustrum vulgare*), do 2 m visok grm je ohranil svoje liste popolnoma nespremenjene. Za eventualno obnavljanje zelenih površin bi zato ustrezal liguster in deloma črni bezeg. Sadike za sanacijo bi bilo potrebno vzgojiti iz rastlin, ki so že prilagojene na specifično ozračje.



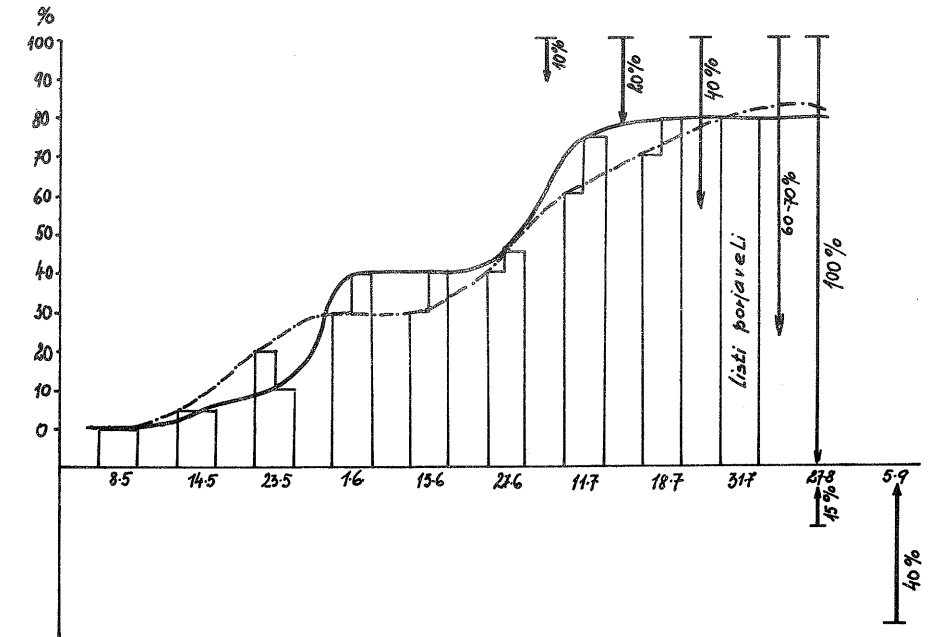
Slika 6 *Epimedium alpinum* L. - vimeček
Napredovanje ožigov na listih (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973
(—) kmetija Dolinšek, (- - -) Plato

Fig. 6 *Epimedium alpinum* L.
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm Dolinšek, Plato).



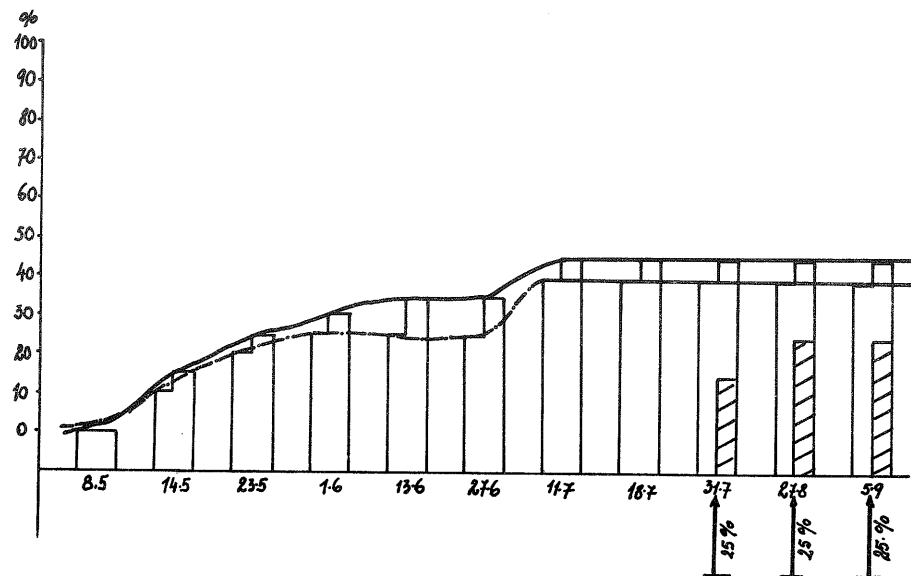
Slika 7 *Sambucus niger* L. - črni bezeg
Napredovanje ožigov na listih (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973
(—) kmetija Dolinšek

Fig. 7 *Sambucus niger* - elder-tree
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm Dolinšek).



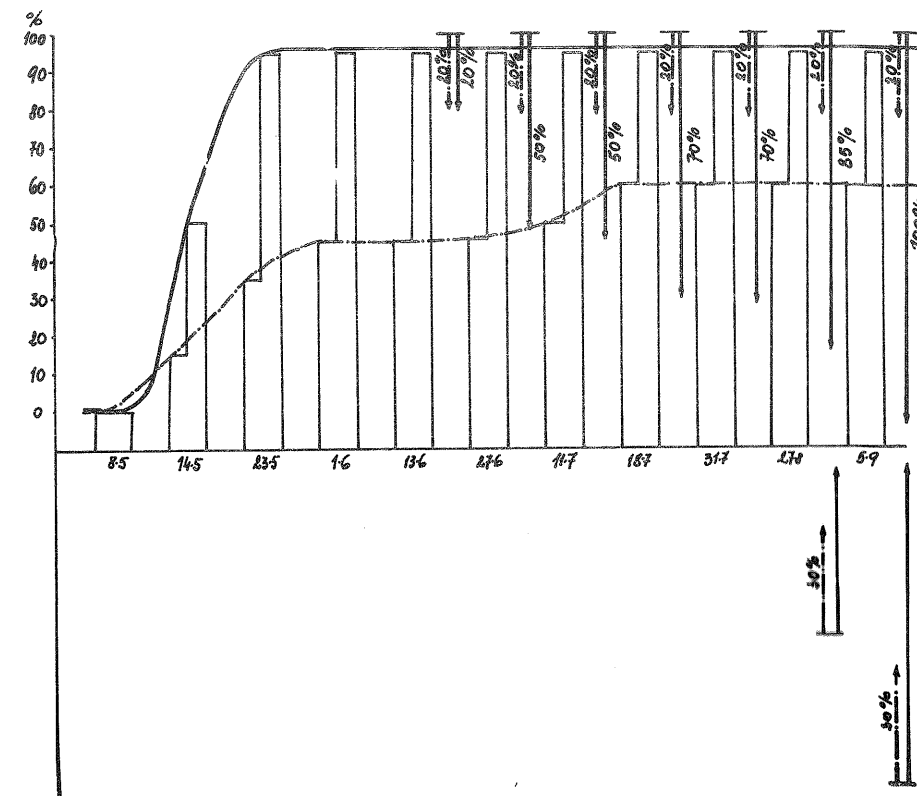
Slika 8 *Fagus sylvatica* L. - bukev
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973
(- - -) Plato, (—) kmetija Dolinšek, ↓ % = odpadanje I. listov v %, ↑ % = ponovno olistanje II.

Fig. 8 *Fagus sylvatica* L - beach-tree
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm Dolinšek, Plato, ↓ % fall of leaves, ↑ % getting new leaves).



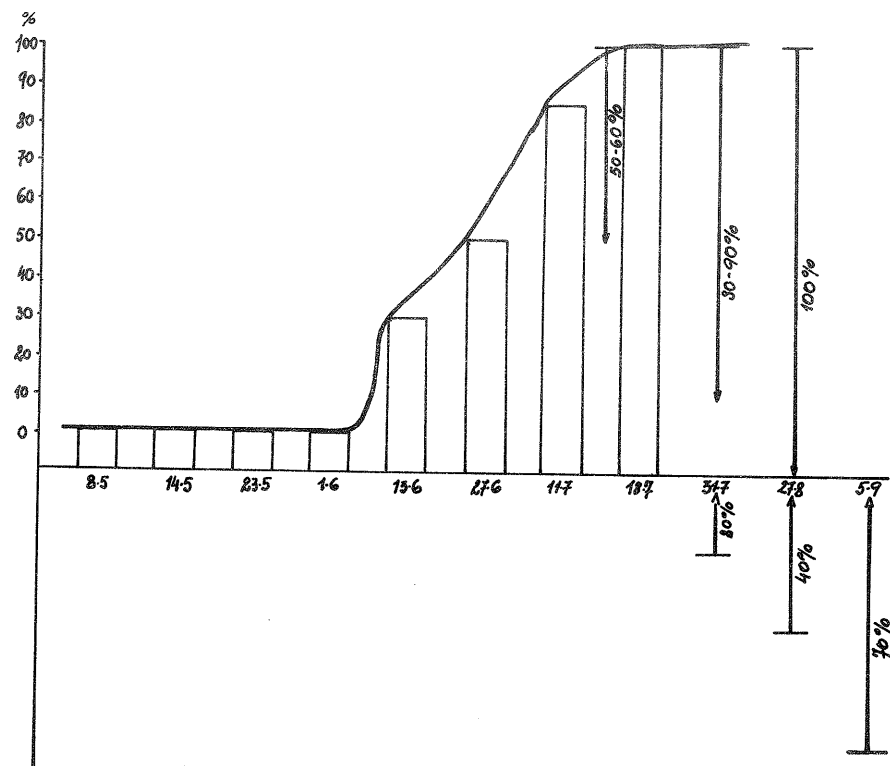
Slika 9 *Quercus robur* L. - hrast dob
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973
(---) Plato, (—) kmetija Dolinšek, ▨ ožig na II. listih, ↑ % = ponovno olistanje II.

Fig. 9 *Quercus robur* L - oak-tree
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm, Plato, ▨ damages on the young leaves, ↑ % getting new "secondary" leaves).



Slika 10 *Fraxinus ornus* L. - mali jesen
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973
(---) Plato, (—) kmetija Dolinšek, ▨ % = odpadanje I. listov, ↑ % = ponovno olistanje II.

Fig. 10 *Fraxinus ornus* L - ash-tree
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm, Plato, ▨ % fall of primary leaves, ↑ % getting new "secondary" leaves).



Slika 11 *Tilia platyphyllos* Scop. - lipa
Napredovanje ożigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973
(—) kmetija Dolinšek, ↓ % = odpadanje I. listov, ↑ % =
ponovno olistanje II.

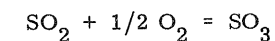
Fig. 11 *Tilia platyphyllos* Scop. - lime-tree
Time course of damages on the leaves (in percents) from
8th May to 5th September 1973 (the farm Dolinšek, ↓ %
fall of primary leaves, ↑ % getting new "secondary" leaves).

CITOLOŠKO-HISTOLOŠKE SPREMEMBE V LISTIH

Izkazalo se je, da je naše vizuelno opazovanje ożigov na listih preprobo in nenatančno, saj nam pokaže le del procesnih efektov, to je sprememb v barvi. Zato so nam na biološkem oddelku medicinske fakultete pripravili nekaj trajnih mikroskopskih preparatov trepetlike.

List trepetlike smo izbrali zaradi dokajšnje rezistence tega listavca. Prereze smo delali skozi tisti del lista, ki je imel ob presvetlitvi svetlejšje pege. Le-te so dale slutiti notranje poškodbe. Pri preseku skozi zdrav del lista ne opazimo nikakršnih sprememb, nasprotno pa se pri obolelem delu vidijo: zgornja epidermida je upognjena, sredica lista je stlačena, celice so tako amorfne in upognjene, da jih je težko razpoznati. Prevajalni del lista - žile, so skrčene in stisnjene, zato je prevajanje sokov zmanjšano. Celotno notranje tkivo je skrčeno na polovico prvotne debelosti, epidermalne celice se skrcknejo tako, da se stranske pokončne membrane sesedejo. Celične stene listne sredice - mezofila se zgubajo včasih tako močno, da pride celo do pretrganja membran zaradi krivljenja in enostranskega potega. Posledica neenakomerne notranje napetosti so vse spremembe tako v obliki, kakor tudi zgradbi celičnih tkiv. Histološki pregled je pokazal, da so najbolj občutljive celice palisadnega sloja. Pri listih, kjer je palisadna plast slabo ali sploh ni razvita, se poškodbe pojavljajo v gobastem tkivu. Do sprememb barve lista pride zaradi propada klorofilnih zrn. Kloroplasti se raztopijo in dajejo s citoplazmo homogeno maso, ki se nazadnje obarva rjavo. Končno se obarva še celična membrana. Vse te morfološke in anatomske spremembe so odsev fiziološkega učinka SO_2 na rastline /1, 4/.

SO_2 iz atmosfere prodira skozi listne pore in le deloma skozi epidermido v mezofil lista. V celicah poteka počasna oksidacija sulfidnega žvepla v sulfatno obliko po enačbi:



Maksimalne koncentracije, ki jih celica še lahko prenese, so za različne rastlinske vrste precej enake (vrednosti teh koncentracij, ki so znane iz literature, so dobljene v laboratoriju in v prosti naravi ne veljajo). Celice se najprej inaktivirajo in končno odmrejo. Če je več celic poškodovanih se uniči tkivo in nastanejo karakteristične lise na listih. Višje koncentracije SO_2 in še zlasti hitro dotekanje v list, povzročajo akutne poškodbe in se opazijo na listih kot rdečkastorjave pege (zaradi raztrganih celic). Poškodovani deli

listov se nikoli ne regenerirajo, medtem ko nepoškodovani del lista normalno opravlja svoje funkcije. S tem se zmanjšuje celotna asimilacijska površina rastline. Prirastek je močno zmanjšan.

FAKTORJI KI POSREDNO VPLIVAJO NA NASTANEK POŠKODB NA RASTLINAH

Biotski: razvojni stadij, individualnost, rezistenca vrste.
Abiotski: periodika, lokaliteta.

Omenjena delitev je do neke mere upravičena, saj bi na ta način lažje prikazali, kaj lahko še stopnjuje delovanje strupenih plinov - SO₂. Poudarjamo pa, da so tako biotski kot abiotski faktorji povezani, se dopolnjujejo in vsekakor delujejo skupno.

Biotski faktorji:

Razvojni stadij:

Mlajše rastline so mnogo bolj občutljive kot v kasnejši dobi. Razvijajoči listi so nežni, kutikularne in epidermalne strukture so nedograjene /1/. To seveda omogoča hitrejše učinkovanje SO₂. Stomatni aparat (reže) je zaradi rasti celic še slabo izoblikovan in bi menjava pH stanja lahko povzročila slabše zapiranje. Zlasti so občutljivi mladi stadiji listov pri hrastih, dočim so v starosti izredno rezistentni. Prav po tej lastnosti se hrast loči od drugih dreves.

Individualna variabilnost:

Variabilnost je v vsem živem neskončna in je v bistvu zakonitost življenja. Na ogroženem predelu smo lahko opazili, da pri isti vrsti in enaki lokaliteti nastopajo individui z različno močnimi ožigi. Tako lahko najdemo grme in drevesa s popolnoma rjavimi listi, pa tudi take z zelenimi in nepoškodovanimi. Iz teh na zunan rezistentnih posameznih rastlinskih oblik bi lahko vzgojili sadike, ki bi bile osnovni sanacijski material.

Rezistenca:

Je najpomembnejši faktor /1/. Občutljivost vrste izvira od sposobnosti absorpcije plinov skozi listne reže. Vrste z nežnimi listi ter visoko fiziološko aktivnostjo so občutljivejše od onih, ki imajo me-

snate, trde in odporne liste /1/. Iglavci, ki imajo sicer zavarovane liste, so občutljivejši zaradi akumulacije SO₂. Vsa skupina ima dvoletne liste najprej poškodovane, dočim enoletni prenesejo znatno višje koncentracije.

Abiotski faktorji:

Periodika:

Med dnevom dosežejo rastline maksimalno fiziološko aktivnost /2/. Prav v tem času je nevarnost zanje največja. Iz tega vzroka smo na histogramih delili koncentracije, ki so nastopale v nočnem in dnevnem času. Isti pogoji, ki povečujejo absorpcijo plinov, povečujejo tudi občutljivost rastlin. Ti faktorji okolja povzročajo, da so listne reže podnevi odprte, nekaj vrst, ki so aktivne tudi v nočnem času, so občutljive tudi ponoči. Razumljivo je, da so rastline v zimskem času, ko odvržejo liste in je njih aktivnost znatno zmanjšana, skoraj popolnoma neobčutljive za vplive SO₂.

Lokaliteta:

Važen pomen ima lokaliteta zlasti pri nastanku akutnih poškodb. V času opazovanj smo ugotovili, da so rastline na prevetrenih mestih znatno bolj ohranjene od tistih, katerih rastišča so na platojih, v jarkih in manjših udolbinah. Lep primer je resa (*Erica carnea*). Na južnem pobočju Platoja, torej v neposredni bližini imisijskega centra je dobro ohranjena, dočim so nastali nekoliko više na samem Platoju močni ožigi že zelo zgodaj. Vzrok dobri ohranjenosti na eni strani in močnim poškodbam na drugi je lokaliteta. SO₂ in dim se na bolj ali manj golih pobočjih zaradi gibanja zraka zadržuje manj časa kot med drevjem in grmičjem. Iz tega sledi, da imajo velik pomen tudi zračni tokovi.

RASTLINSKE ZDRUŽBE NA OGROŽENEM OZEMLJU

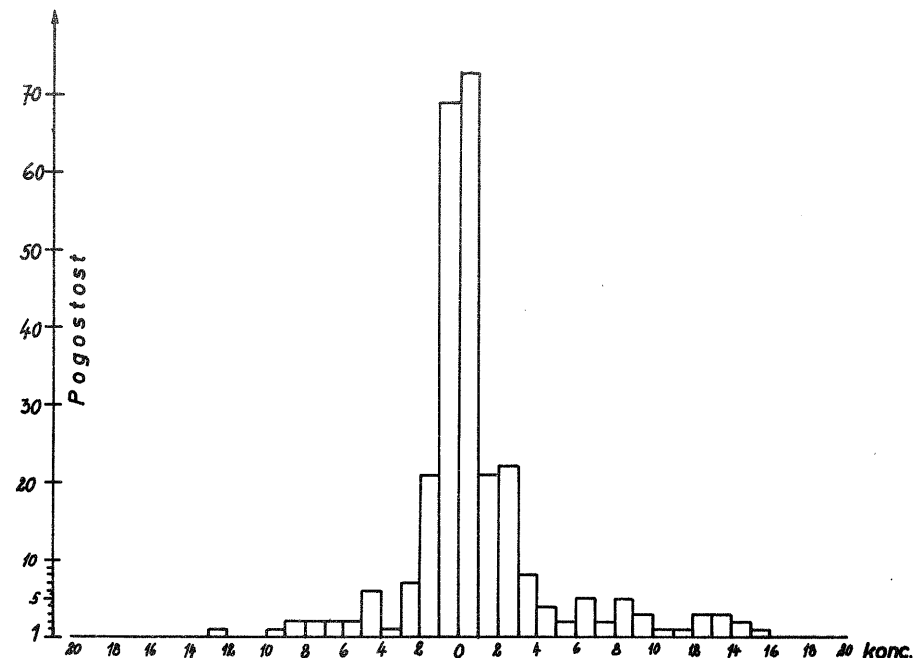
Namen fitosociološke ter sistematske obdelave je bil ugotovitev in beleženje obstoječega stanja, saj bo razvoj tako v progresivni kot v regresivni smeri prinesel izpad vrst in s tem nove spremembe združb.

Izraziteje izoblikovane, pa tudi površinsko dokaj obsežne so 3 družbe, ki se med seboj močno prepletajo in prehajajo ena v drugo /5/. Le združba *Querceto-Ostrietum* se z ostro mejo loči od

Datum M - mesec D - dan	8.5 - 14.5		16.5 - 23.5		23.5 - 1.6		1.6 - 13.6		13.6 - 27.6		27.6 - 11.7		11.7 - 18.7		18.7 - 31.7		31.7 - 27.8		27.8 - 5.9		
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	
0/1	38	40	76	39	36	33	58	65	60	60	69	73	79	38	90	81	101	98	48	44	
1/2	6	11	21	13	14	16	8	32	8	11	21	21	21	22	21	42	40	46	5	2	
2/3	1	10	4	5	3	5	2	12	3	11	7	22	2	11	3	13	18	35	.	1	
3/4	.	3	.	3	3	5	5	8	1	2	1	8	1	7	3	9	4	19	.	2	
4/5	.	3	.	2	.	2	1	3	1	4	3	4	1	4	.	5	4	25	.	.	
5/6	.	5	.	2	1	1	.	2	.	5	2	2	.	3	.	6	5	19	.	1	
6/7	1	1	.	1	1	.	.	4	.	4	2	5	.	4	3	4	1	11	.	.	
7/8	.	3	.	1	.	3	.	1	.	.	2	4	.	2	3	7	1	10	.	2	
8/9	.	2	.	.	.	.	.	3	.	2	2	5	.	1	.	3	1	8	.	2
9/10	.	2	.	.	.	1	.	1	.	1	1	3	.	.	1	2	.	7	.	.	
10/11	.	1	.	.	.	1	.	5	.	3	.	1	.	1	.	2	.	12	.	.	
11/12	1	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	1	.	1	1	2	.	5	.	.
12/13	.	2	.	.	.	.	.	1	.	.	1	3	.	1	.	4	.	10	.	1
13/14	.	3	.	.	.	1	.	1	.	.	.	3	.	.	.	1	.	5	.	.	
14/15	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	1	2	.	7	.	1
15/16	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	3	.	1	.
16/17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	1	5	.	.
17/18	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	6	.	.
18/19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	2	.	4	.	.
19/20	.	.	.	1	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	10	.	.	.
20/21

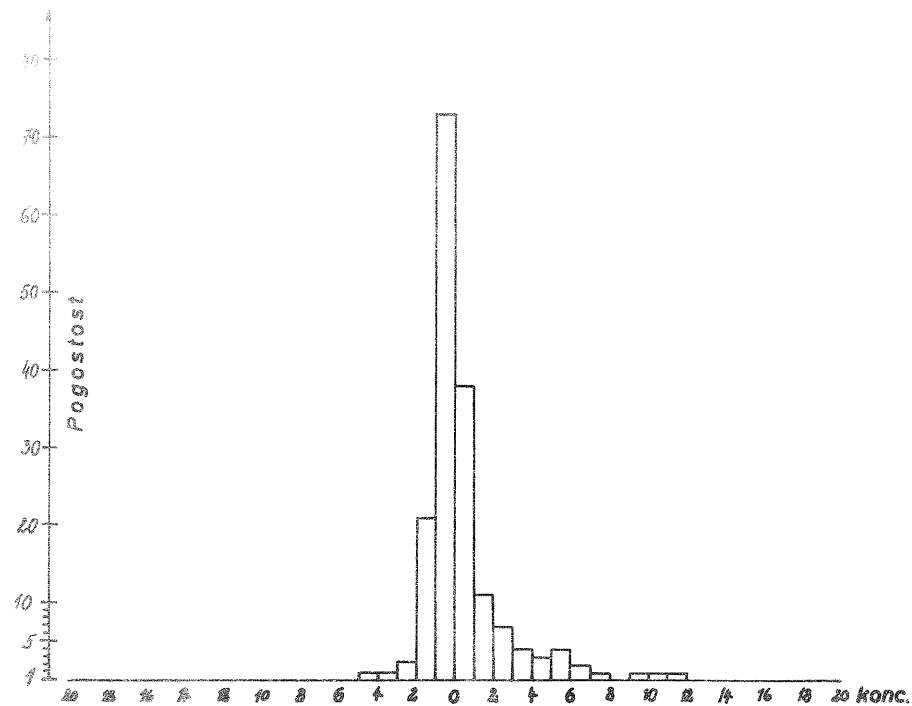
Slika 1 Tabela pogostosti polurnih poprečkov koncentracij SO₂ (mg/m³) v različnih časovnih razdobjih.
D - dnevni interval od 6.00 do 18.00
N - nočni interval od 18.00 do 6.00

Fig. 1 Frequency of SO₂ concentrations - half an hour's averages at different time intervals.
D - daily interval 6.00 - 18.00
N - night interval 18.00 - 6.00



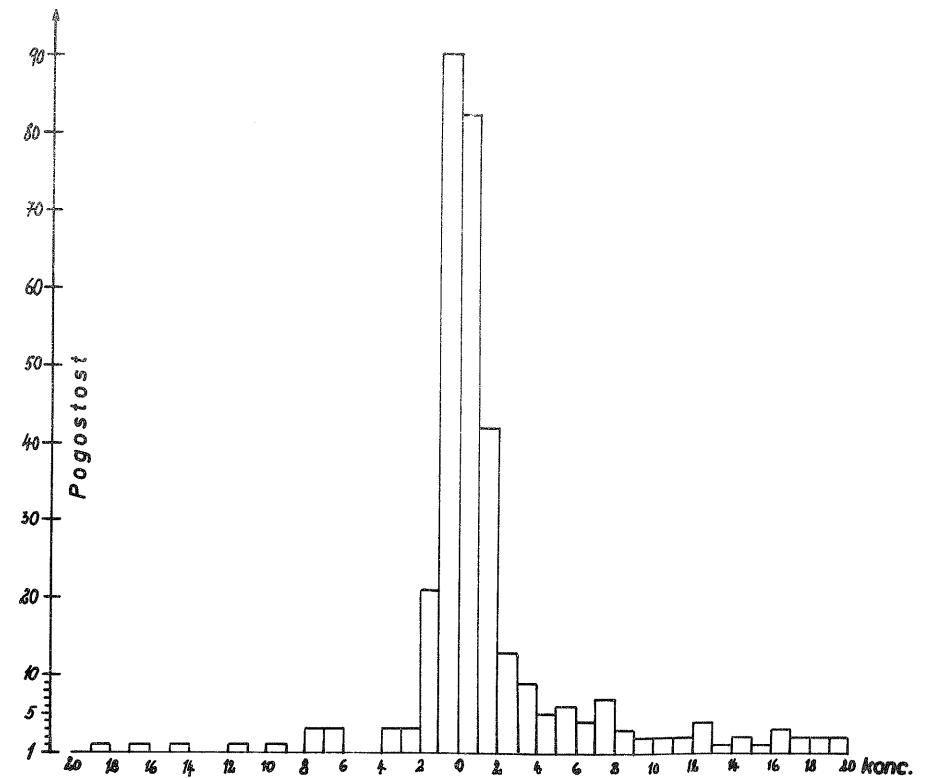
Slika 2 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij SO₂ v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 26.6. do 11.7.1973.

Fig. 2 Histogram of the absolute frequencies of SO₂ concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz. 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 26th June to 11th July 1973.



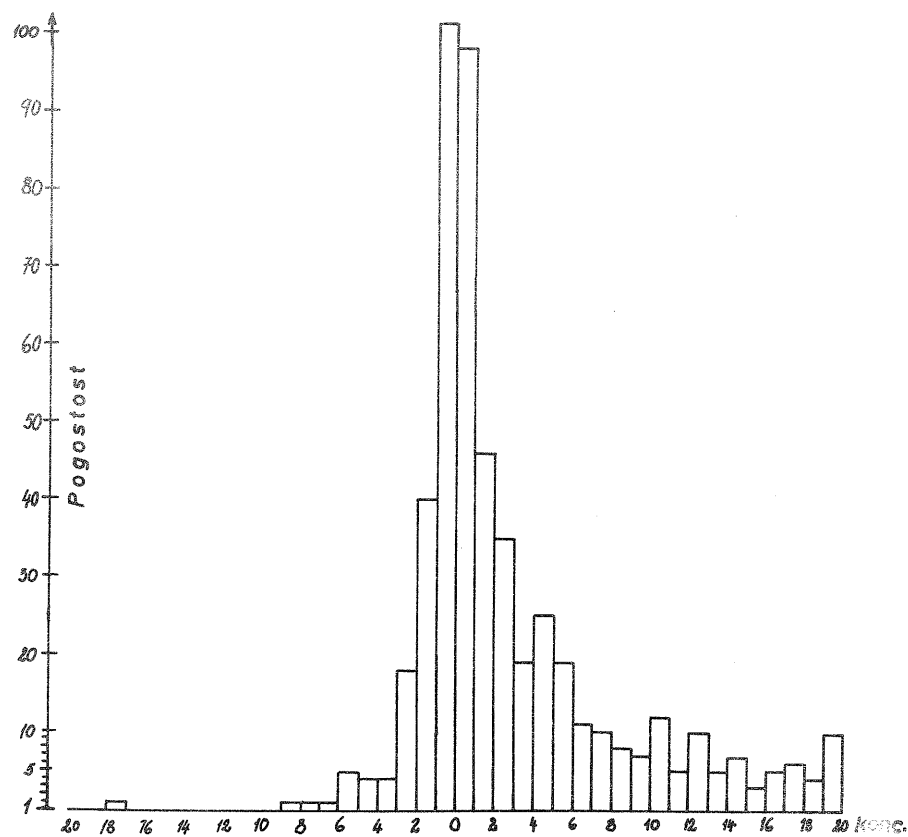
Slika 3 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij SO_2 v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 11.7. do 18.7.1973.

Fig. 3 Histogram of the absolute frequencies of SO_2 concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 11th July to 18th July 1973.



Slika 4 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij SO_2 v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 18.7. do 31.7.1973.

Fig. 4 Histogram of the absolute frequencies of SO_2 concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz. 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 18th July to 31th July 1973.



Slika 5 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij SO_2 v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 31. 7. do 27. 8. 1973.

Fig. 5 Histogram of the absolute frequencies of SO_2 concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz. 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 31th July to 27th August 1973.

sosednje, Haquetio-Fagetum var. Epimedietosumom, to je združbe bukke s podrastjo, ki jo gradita tevje in vimček.

Querceto-Ostrietum:

je združba hrastov in črnega gabra. Lepo je razvita na južnem pobočju kote 483. Zahteva toplejšo mikroklimo, zlasti v času intenzivne rasti. Tu so tla plitva, humus je spran v nižje sloje. Rastline, ki tu uspevajo, imajo slabo razvit koreninski sistem v vertikalni smeri, zato ne ustvarjajo kvalitetnega rastlinskega pokrova, ki bi lahko preprečeval drsenje tal.

Pogostni so termofilni elementi /5, 3/; *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia*, *Acer obtusatum*, *Crataegus oxyacantha*. Veliko je trepetlik, ki pa so razvite le v grmasti obliki, kar je pravzaprav značilno za vse lesnate predstavnike. Najbolj pogostna pritalna rastlina je *Sesleria* sp., poleg te nastopajo še šaši in polgrmiči (resa). Na samem robu je lepo razvit grm kalina. Da smo se posebej ustavili pri tej združbi, je vzrok predvsem v njeni pomembnosti, saj grozi temu pobočju propad že v bližnji prihodnosti. Če izgine še ta skromna vegetacija, bi postalo drsenje tal velika nevarnost za vso dolino.

Gospodarsko pomembni so Fagetumi, to so združbe bukev in različnih oblik podrasti.

Haquetia-Fagetum var. Epimedietosum:

Lepo razvita združba bukke s podrastjo, ki jo sestavljata v glavnem tevje in vimček /5, 3/. Najdemo jo na sedlastem predelu kote 483 ter nad severozahodnem pobočju Visokega (kota 551).

Chepalantero-Fagetum:

je gozdna združba, ki jo sestavljajo bukke z manjšimi dodatki drugih listavcev ter s podrastjo gozdne naglavke /5, 3/. Našli smo dve vrsti naglavk: *Cephalantera damasonium* ter *C. rubra*. Pogosto zastopani sta travi *Calamagrostis epigeios* in *C. lanceolata*.

Za vse združbe je značilno, da se sestavine podrasti močno mešajo med seboj.

Po pripovedovanju domačinov sta bila na teh vzpetinah pred 30 leti

in prej pogostna smreka in bor. Pri pregledu terena smo našli le nekaj iglavcev, ki so bolj skoncentrirani desno od naselja Prapretno. Menimo, da je bila sestava takratnega gozda, torej pred postavitvijo termoelektrarne, zlasti pa pred letom 1938, podobna še danes obstoječim okoliškim gozdovom (ena izmed oblik Piceetuma). Rezultat emisij SO₂ ter drugih dimnih plinov je sprememba združb. Torej ne propade samo posamezna vrsta, ampak se spremeni asociacija. Danes zasledimo iglavce šele na Dobovcu, pa tudi ti že kažejo poškodbe in razvojne nepravilnosti, ter pri naselju Dol, kjer so iglavci močnejša primes listavcem.

SKLEPI

Naša opazovanja vegetacije v industrijskem rajonu Zasavja so pokazala, da se je pokrajina zaradi vpliva SO₂ močno spremenila. Z gozdnih predelov, ki so vsebovali precej iglavcev, so ostale do danes le redke bukove hoste ali celo goličave. Vegetacija še vedno propada in je njeno prihodnje stanje zaskrbljujoče.

Ker je to območje dokaj hribovito, bodo potrebni koreniti sanacijski ukrepi, saj bi propad vegetacije povzročil nevarnost za vso dolino Save med Termoelektrarno Trbovlje in Hrastnikom.

LITERATURA

- /1/ Berge H.: Phytotoxische Immissionen. Berlin 1963
- /2/ Janković M.M.: Fitoekologija sa osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na zemlji. Naučna knjiga, Beograd 1963; str. 70-168, str. 245-283.
- /3/ Martinčič A., Sušnik F.: Mala flora Slovenije, Ljubljana 1969.
- /4/ Godzig S., Knabe W.: Vergleichende elektronenmikroskopische Untersuchungen der Feinstruktur von Chloroplasten einiger Pinus-Arten aus den Industriegebieten in der Ruhr und in Oberschlesien. Proceedings, of the third international clean air Congress, Düsseldorf, Federal Republic of Germany 1973.
- /5/ Maček J., Paradiž B., Šolar M., Zupančič T.: Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah. Elaborat HMZ 1972; str. 111-137.