

UDK 634.0.425.1+634.0.181.2(497.12)

OBSTOJEČA IN POTENCIALNO MOŽNA OBREMENJENOST GOZDOV ŠALEŠKE
DOLINE Z ŽVEPLOVIM DVOKISOM (SO₂)

Marjan ŠOLAR

Sinopsis

Avtor ugotavlja glede na zunanje znake in spremembe v vsebnosti žvepla v smrekovih iglicah, kako vpliva zrak, onesnažen z žveplovim dvokisom (SO₂) na gozdove v Šaleški dolini.

Ta ugotovitev je temelj napovedi o tem, kako poškodovani bodo gozdovi po izgradnji IV. faze TE Šoštanj, ki bo povečala obstoječo emisijo SO₂ za približno 72%. Narejene so številne primerjave in preskusi značilnosti razlik o vsebnosti žvepla v eno in triletnih smrekovih iglicah iz različnih plinsko vplivanih in nevlivanih gozdnih predelov v Sloveniji.

EXISTING AND POTENTIAL SULPHUR DIOXIDE (SO₂) IMPACT ON THE FORESTS
OF ŠALEŠKA VALLEY

Marjan ŠOLAR

Synopsis

The paper deals with the influence of the air polluted by sulphur dioxide (SO₂) on the forests of Šaleška valley. The method used in evaluating this impact is based on the exterior signs of damage as well as on the changes in sulphur content in the spruce needles.

The findings are to be used as a basis of the damage forecasts in the forests concerned after the completion of the phase IV of the thermal electric plant Šoštanj which will increase the existing emission by approximately 72 percent.

Numerous comparisons and sulphur content significance tests have been made in one and three years old spruce needles from various forest regions in Slovenia influenced by SO₂ as well as from the ones that have not been influenced.

Prispelo: 2.11.1976

Avtorjev naslov:

Marjan ŠOLAR, dipl. inž. gozd.
višji raziskovalni sodelavec

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri Biotehniški fakulteti
61000 Ljubljana, Večna pot 30

1. UVODNA POJASNILA

Raziskave so bile narejene zato, da bi glede na obstoječe emisijsko (v ozračje oddani SO₂) in imisijsko (poškodbe) stanje izdelali kolikor mogoče natančno napoved imisij po povečanju TE za moč 320 MW.

Obstoječe tri faze TE oddajajo dnevno 243 ton SO₂. IV. faza bo dodatno oddala v ozračje 175 t SO₂, kar pomeni 72,5% več.

Vpliv kake emisije na rastlinstvo ugotavljamo ponavadi na štiri načine:

- po značilnih zunanjih znakih ali simptomih,
- po spremembi v kemični sestavi rastlinskih tkiv,
- po metodah zmanjšane asimilacije, kar gozdnogospodarsko istimo z zmanjšanjem prirastka,
- po pojavljanju večjega deleža boleznih in škodljivcev na gozdnem drevju zaradi fiziološke oslabiljenosti, ki so jo povzročili plini.

Pri našem delu smo uporabili prvi, drugi in delno tudi četrti način. Ugotavljanje zmanjšane prirastka je sicer najboljši kazalnik, a dolgotrajno delo, ki ga v tem času ni bilo mogoče opraviti. Pokaže nam, kje je tista stopnja obremenjenosti, ki jo povzročajo plini in ima za posledico gospodarsko škodo - manjšo proizvodnjo lesa in manjše donose gozdov.

2. SPLOŠNI NARAVNI POGOJI, POMEMBNI ZA ODNOS EMISIJA - IMISIJA (POŠKODOVANOST)

Na nastanek poškodb pri določeni emisiji odločilno vplivajo naravni pogoji. Na primer vrsta in oblika tal sta odvisni od geološke podlage. Določena vrsta tal je pogoj za razvoj specifičnih gozdnih združb z različno drevesno sestavo. Kot vemo, se drevesne vrste bistveno razlikujejo glede na to, koliko so odporne proti plinom. Iglavci so v primerjavi z listavci občutno manj odporni.

Za nastanek poškodb je odločilna tudi kombinacija reliefnih in vremenskih razmer. V ozkih, globokih dolinah z manjšim premikanjem zračnih mas se plini slabo razredčujejo, pogosto nastopajo temperaturni obrati ali inverzije, emitirani plini se porazdele v majhnem prostoru in zato dosegajo vseuničujoče visoke koncentracije (Zasavje). Nasprotno se v vetrovnih ravninskih predelih brez temperaturnih obratov plini dvigajo ali pa jih veter odnaša in razredčuje. Če so ob vsem tem še drevesne vrste v gozdovih odporne, poškodbe pravzaprav ne morejo nastati.

Šoštanj s svojo okolico leži na sredini med obema skrajnostma. Dolina je ploska, obrobno hribovje oddaljeno, razen Lokovice in grebena tik nad termoelektrarno, gozdovi mešani z dobršnim deležem občutljivih iglavcev. Lokalna inverzijska plast leži zelo nizko od 100 do 120 m pod dnom doline in nekako varuje dolino. Druga slabo izražena inverzijska plast leži od 200 do 250 m nad dnom doline. Predvidena višina novega dimnika IV. faze bo to plast prebila, tako da ne bo bistvene-

ga povečanja koncentracij pod nadm. višino 600 m. Zelo verjetno pa se bodo razmere poslabšale v bolj oddaljenih, nadmorsko višje ležečih gozdnih predelih od zahoda do vzhoda (severno ležeči del kotline). V oddaljenosti pet in več kilometrov imamo gozdne predele, v katerih je več iglavcev - smreke, ki bo prav gotovo nekoliko prizadeta in bo manj priraščala - posledica tega bo gospodarska škoda. Dosedanja proučevanja kažejo, da ni pričakovati poslabšanja posrednih vlog gozda.

3. PREGLED REZULTATOV RAZISKAV

3.1 Zunanji znaki poškodb

Pri določeni stopnji vpliva onesnaženega ozračja na rastlinstvo se pokažejo na posameznih rastlinskih vrstah tipični, za vrsto emisije značilni zunanji znaki obolenja ali simptomi. Zunanji znak (odmrlo ali na pol odmrlo tkivo) je vedno posledica že dalj časa trajajočih motenj v fizioloških procesih rastline. Težavnejša je determinacija simptomov. Enake ali vsaj podobne patološke slike rastlinskega tkiva in oblike vzrasti lahko povzročijo popolnoma različni vplivi (suša, pozeba, rastlinske bolezni ali škodljivci, neustrezno rastišče, provenienca semena in sadik ...).

Determinacija poteka po načelu izločanja možnih vzrokov. Že v letih 1971 in 1972 smo pri rednem spremljanju žarišč imisijsko poškodovane gozdne vegetacije v Sloveniji v glavnem pregledali ožjo šoštanjsko okolico (greben za TE) in ugotovili znake lažjega obolenja gozdnega drevja zaradi žveplovega dvokisa na prvem grebenu za TE. Poleg tega smo opazili slabo izraženo zaprašenosť. Po teh ugotovitvah smo šoštanj registrirali kot imisijsko žarišče, ki ga je treba v prihodnje bolj podrobno raziskati.

Leta 1973 in do sestavljanja tega poročila v letu 1974 smo naredili štiri preglede ožje in širše šoštanjske okolice. Pri tem smo ugotovili tole:

- a) Zunanji znaki ali simptomi so opazni samo na prvem grebenu južno od TE, najbolj na koti 535 m (po karti 1:50.000).
- b) Poškodovani so predvsem iglavci (jelka, smreka in rdeči bor), pri enem opazovanju v letu 1973 (avgust) pa smo opazili poškodbe tudi na bukvi.
- c) Poškodbe so bile od majhnih do srednjih. Rastline imajo od 10-20% poškodovanih iglic ali listov.
- d) Nekaj smrek ima nagnjene vrhove, ki so značilna poškodba, nastala zaradi delovanja plinov. Po tem pojavu približno ocenjujemo plinske poškodbe.
- e) Delež sušic je sicer opazno večji kot v oddaljenih zdravih gozdovih, na katere plin ni vplival, vendar vzroki sušenja niso dovolj proučeni.
- f) Na rastlinah nismo ugotovili prašnatih usedlin, ker so vsa opazovanja potekala po dežju. Na gozdnih tleh, predvsem ob panjih so usedline pepela zelo opazne.

3.2 Kemične analize

Najbolj uporabljana metoda določevanja škodljivega delovanja plinov so kemične analize rastlinskih tkiv (asimilacijskih organov) na vsebnost žvepla. Znano je, da imajo asimilacijski organi kake drevesne vrste v enaki starosti, enakem letnem času in položaju v krošnji zelo stalne deleže nekaterih snovi. Skoraj nepomembno vlogo imajo tla, geološka podlaga in drugi ekološki pogoji. V ta namen smo jeseni leta 1973 odvzeli vzorce 26 smrek iz širše okolice Šoštanja (glej tabelo 1). Odvzeli smo enoletne in triletno iglice iz 7. do 10. vretena vej (gledano od vrha navzdol). Pri vzorčenju smo skušali zajeti vse smeri, lege in oddaljenost do teoretično možnega nastopa poškodb na razmeroma oddaljenih pobočjih (do max. 6,55 km).

Žveplo je bilo določeno po metodi Eschka (Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, mag. M. Petovar) kot celotno žveplo v sulfatni obliki (SO_4) in nato preračunano na čisto žveplo.

Najnižja določena vrednost S je 0,136%, preračunano na suho snov, najvišja 0,337% za enoletne iglice. Triletno iglice imajo po pravilu daljše izpostavljenosti višje vrednosti, ki se gibljejo v razponu od 0,234% do 0,508% žvepla. Srednja vrednost znaša za enoletne iglice 0,237%, za triletno pa 0,344%.

Če te vrednosti primerjamo z vrednostmi vsebnosti žvepla iz zdravih, čistih gozdnih predelov, ugotovimo že brez statističnih metod precejšnje razlike. Srednja vrednost žvepla iz 12 vzorcev iz Pokljuke in Bohinja znaša za enoletne iglice 0,132% in triletno 0,156% žvepla. Šest vzorcev iz Krima ima to vrednost 0,113% in 0,123%, štirje vzorci iz Karavank nad Jesenicami 0,107% in 0,151%, pet iz Kopitnika v Zasavju 0,149% in 0,214%, štirje iz širše okolice Celja (Ločica, Vinška gora, Svetina) 0,170% in 0,229% S, trije iz zgoranje Mežiške doline pa 0,103% in 0,126% žvepla.

Pregledna tabela srednjih vrednosti vsebnosti žvepla v smrekovih iglicah (%)

Področje	\bar{x} (enoletne)	\bar{x} (triletno)	Št. vzorcev
Šoštanj	0,237	0,341	26
Alpe	0,132	0,156	12
Krim	0,113	0,123	6
Karavanke	0,107	0,151	4
Zasavje	0,149	0,214	5
Celje	0,170	0,229	4
Koroška	0,103	0,126	3

3.2.1 Preiskus značilnosti razlik srednjih vrednosti vsebnosti S v smrekovih iglicah z "domnevnega" šoštanjjskega plinskega območja in primerjalnih območij

1. Primerjava Šoštanj - Alpe

a₁ - enoletne iglice

$$\begin{aligned}n_1 &= 26 & \bar{x}_1 &= 0,237\% S & S_1 &= 0,051 \\n_2 &= 12 & \bar{x}_2 &= 0,132\% S & S_2 &= 0,019 \\ \Delta \bar{x} &= 0,105\% S^* \text{ (značilno)} \\ t(\text{izrač.}) &= 9,142; & t(\text{tab. } \alpha &= 0,05) &= 2,093\end{aligned}$$

Po kriteriju enoletnih iglic se šoštanjjsko, do sedaj "domnevno" imisijsko žarišče značilno razlikuje od primerjalnega alpskega območja.

a₂ - triletno iglice

$$\begin{aligned}n_1 &= 26 & \bar{x}_1 &= 0,341\% S & S_1 &= 0,067 \\n_2 &= 12 & \bar{x}_2 &= 0,156\% S & S_2 &= 0,028 \\ \Delta \bar{x} &= 0,185\% S^* \text{ (značilno)} \\ t(\text{izrač.}) &= 12,007; & t(\text{tab. } \alpha &= 0,05) &= 2,098\end{aligned}$$

Značilna razlika, ki jo je pokazala primerjava triletnih iglic, dodatno potrjuje, da je na območju šoštanjja smreka obremenjena z žveplovim dvokisom (SO₂).

2. Primerjava Šoštanj - Krim

a₁ - enoletne iglice

$$\begin{aligned}n_1 &= 26 & \bar{x}_1 &= 0,237\% S & S_1 &= 0,051 \\n_2 &= 6 & \bar{x}_2 &= 0,113\% S & S_2 &= 0,020 \\ \Delta \bar{x} &= 0,124\% S^* \text{ (značilno)} \\ t(\text{izrač.}) &= 9,560 & t(\text{tab. } \alpha &= 0,05) &= 2,268\end{aligned}$$

a₂ - triletno iglice

$$\begin{aligned}n_1 &= 26 & \bar{x}_1 &= 0,341\% S & S_1 &= 0,067 \\n_2 &= 6 & \bar{x}_2 &= 0,123\% S & S_2 &= 0,021 \\ \Delta \bar{x} &= 0,218\% S \text{ (značilno)} \\ t(\text{izrač.}) &= 13,930; & t(\text{tab. } \alpha &= 0,05) &= 2,208\end{aligned}$$

Značilni razliki v primerjavi enoletnih in triletnih iglic.

3. Primerjava Šoštanj - Karavanke

a₁ - enoletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,237\% S \quad S_1 = 0,051$$

$$n_2 = 4 \quad \bar{x}_2 = 0,106\% S \quad S_2 = 0,023$$

$$\Delta \bar{x} = 0,131\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 4,967;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,048$$

a₂ - triletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,341\% S \quad S_1 = 0,067$$

$$n_2 = 4 \quad \bar{x}_2 = 0,151\% S \quad S_2 = 0,030$$

$$\Delta \bar{x} = 0,190\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 5,520;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,048$$

V obeh primerih značilni razliki.

4. Primerjava Šoštanj - Zasavje (primerjalni)

a₁ - enoletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,237\% S \quad S_1 = 0,051$$

$$n_2 = 5 \quad \bar{x}_2 = 0,149\% S \quad S_2 = 0,029$$

$$\Delta \bar{x} = 0,088\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 3,707;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,045$$

a₂ - triletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,341\% S \quad S_1 = 0,067$$

$$n_2 = 5 \quad \bar{x}_2 = 0,214\% S \quad S_2 = 0,058$$

$$\Delta \bar{x} = 0,127\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 3,934;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,045$$

Kljub temu da gre za manjše Δx (razlika srednjih vrednosti) so pri 5-odstotnem tveganju razlike še vedno značilne.

5. Primerjava Šoštanj - Celje (primerjalni)

a₁ - enoletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,237\% S \quad S_1 = 0,051$$

$$n_2 = 4 \quad \bar{x}_2 = 0,170\% S \quad S_2 = 0,032$$

$$\Delta \bar{x} = 0,067\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 2,516;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,048$$

a₂ - triletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,341\% S \quad S_1 = 0,067$$

$$n_2 = 4 \quad \bar{x}_2 = 0,228\% S \quad S_2 = 0,084$$

$$\Delta \bar{x} = 0,113\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 3,027;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,048$$

Tudi ta primerjava daje značilne razlike med aritmetičnimi sredinami.

6. Primerjava Šoštanj - Koroška

a₁ - enoletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,337\% S \quad S_1 = 0,051$$

$$n_2 = 3 \quad \bar{x}_2 = 0,103\% S \quad S_2 = 0,020$$

$$\Delta \bar{x} = 0,234\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 4,460;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,050$$

a₂ - triletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,341\% S \quad S_1 = 0,067$$

$$n_2 = 3 \quad \bar{x}_2 = 0,126\% S \quad S_2 = 0,032$$

$$\Delta \bar{x} = 0,215\% S^* \text{ (značilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 5,412;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,050$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,001) = 3,690$$

Značilni razlike tudi ob 0,1% tveganju.

Vseh šest dvojnih primerjav srednjih vrednosti vsebnosti celotnega žvepla v smrekovih iglicah med domnevnim šoštanjskim plinskim območjem in območji, na katere žveplo zanesljivo ni imelo vpliva, jasno kaže, da je bila domneva o manjšem vplivu SO₂ na smreko popolnoma pravilna in v nobenem primeru površinsko pretirana. Iz navedenega sledi, da moramo biti pri dodatnem obremenjevanju gozdov Šaleške doline z žveplovim dvokisom previdni, da škodljivi vpliv ne bi presegel tiste meje, ki ima za posledico zmanjšanje varovalnih in socialnih funkcij gozda.

3.2.2 Primerjava in ocene posameznih vrednosti vsebnosti žvepla v enoletnih in triletnih iglicah smreke iz Šoštanja

Če si pogledamo tabelo 1, vidimo, da se vrednosti za enoletne iglice gibljejo v razmaku med najnižjo vrednostjo 0,136% S in najvišjo 0,470% S. Vzorec št. 11 ni realen, ker je odvzet tik ob železniški progi in ga zato ne smemo upoštevati. Za sodbo o obremenjenosti vegetacije in ozračja je bolje, da analiziramo triletno iglice, katerih vsebnost žvepla daje vpogled v imisijska dogajanja zadnjih treh let. V našem primeru je stanje tako:

- a) najnižja vrednost 0,234 nastopa pri vzorcu iz največje oddaljenosti (vzorec št. 19 v smeri ENE, 460 m nad morjem);
- b) najvišja vrednost 0,470 nastopa pri vzorcu št. 5, ki je bil odvzet pri domačiji na Velikem vrhu, kar potrjuje domnevo o najbolj potencialno ogroženem predelu v smeri Lokovica-Veliki vrh;
- c) več višjih vrednosti imamo na manj oddaljenih mestih. Na primer: vzorec št. 21 (vrednost 0,462), oddaljen 1,65 km, vzorec št. 10 (vrednost 0,416), oddaljen 1,05 km, vzorec št. 15 (vrednost 0,416), oddaljen od vira emisij 3,2 km;
- d) iz sistema izstopajoče vrednosti imajo vzroke v pogojih, ki nimajo z emisijo TE nobene povezave. To velja za vzorec št. 11 odvzet tik ob železniški progi (vrednost S = 0,508), vrednost vsebnosti žvepla v vzorcu št. 2 (druga najmanjša oddaljenost in četrta najnižja vrednost) in vzorec št. 17 (4,5 km, 0,166, 0,285);
- e) za ugotavljanje povezave o vsebnosti žvepla v odvisnosti od nebesne smeri in nadmorske višine imamo premalo podatkov. Najvišja vrednost leži južno od TE, druga največja vrednost pa v smeri severozahod. Po nadmorski višini se razlikujeta za 100 m.

V nadaljevanju želimo statistično ugotoviti, katere vrednosti izmed 26 vzorcev enoletnih in 26 vzorcev triletnih iglic z verjetnostjo 95% spadajo v omenjeno populacijo in kakšni so vzroki izpadov v pozitivni in negativni smeri.

a_1 - enoletne iglice

$$Z_{5\%} = 1,96 \quad S = 1,96 \times 0,051 = 0,9996 = 10$$

$$\bar{x} = 0,237\% \text{ S}$$

$$\text{zgornja meja: } 0,237 + 1,0 = 0,337\% \text{ S}$$

$$\text{spodnja meja: } 0,237 - 1,0 = 0,137\% \text{ S}$$

Najvišja vrednost iz populacije vzorcev je 0,337% S, leži natančno na zgornji meji intervala, s tem spada v interval.

Tako je tudi z najnižjo vrednostjo 0,136% S. Vse posamezne vrednosti so v omenjenem intervalu.

a_2 - triletne iglice

$$Z \ 5\% = 1,96 \ S = 1,96 \times 0,067 = 0,131$$

$$\bar{x} = 0,341\% \ S$$

$$\text{zgornja meja: } 0,341 + 0,131 = 0,472\% \ S$$

$$\text{spodnja meja: } 0,341 - 0,131 = 0,210\% \ S$$

Najvišja vrednost med vzorci je 0,508 in gre iz intervala (vzorec leži tik ob železniški progi). Druga najvišja vrednost 0,470 in tudi druge vrednosti so že v omenjenem intervalu.

Najnižja vrednost 0,234 leži znotraj $x - 1,96 \ S$.

Iz obeh primerjav je razvidno, da razen enega obrazloženega primera vsi vzorci po analizirani vrednosti celotnega žvepla ne izkazujejo velike raztresenosti in da so bili odvzeti s pravilno domnevo o razširjenosti onesaženega zraka v Šaleški dolini. Enako smo ugotavljali že v prejšnjem poglavju.

3.2.3 Primerjava vrednosti vsebnosti žvepla v enoletnih in triletnih smrekovih iglicah iz Šoštanja in Celja

Zato, da bi še boljše osvetlili obremenjenosti gozdnega rastlinstva z žveplom dvokisom v Šaleški dolini, smo naredili tudi primerjavo z vzorci s celjskega plinskega območja. Ker pa imamo iz Celja samo vzorce z mejnega območja, ne pa iz jedra - sredine areala, poškodovanega gozdnega rastlinstva, smo tudi v Šoštanju vzeli za prvo primerjavo samo vzorce, ki so bolj oddaljeni od vira emisije. Ne glede na velikost poškodovanega območja morajo biti v mejnih predelih razmere zelo podobne. Mejno območje v našem primeru označuje prehod med vidnimi in nevidnimi poškodbami, se pravi tam, kjer ponehajo zunanji znaki. V tem pasu smo v Celju odvzeli leta 1971 sedemnajst vzorcev in ugotovili v njih vrednosti S, kot jih navaja tabela št. 8.

Primerjava št. 1 - Šoštanj (večja oddaljenost kot 4 km) - Celje

a_1 - enoletne iglice

$$n_1 = 10$$

$$\bar{x}_1 = 0,219\% \ S$$

$$S_1 = 0,056$$

$$n_2 = 17$$

$$\bar{x}_2 = 0,178\% \ S$$

$$S_2 = 0,029$$

$$\Delta \bar{x} = 0,141\% \ S \text{ NZ (neznačilno)}$$

$$t(\text{izrač.}) = 2,103;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,343$$

Neznačilnost razlik potrjuje domnevo o enakih imisijskih razmerah v mejnih predelih.

a₂ - triletne iglice

$$n_1 = 10 \quad \bar{x}_1 = 0,301\% S \quad S_1 = 0,040$$

$$n_2 = 17 \quad \bar{x}_2 = 0,267\% S \quad S_2 = 0,039$$

$$\Delta \bar{x} = 0,034\% S^* (\text{značilno})$$

$$t(\text{izrač.}) = 2,191;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,060$$

Razlika je značilna, vendar sta obe vrednosti skoraj enaki. Značilnost razlik si lahko razlagamo tudi s tem, da v enem ali drugem primeru nismo zajeli celotnega vplivanega območja.

Navedena testa potrjujeta, da je domneva o enakih ali vsaj zelo podobnih imisijskih situacijah v mejnih predelih pravilna.

Primerjava št. 2 - Šoštanj (vsi vzorci) - Celje

a₁ - enoletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,237\% S \quad S_1 = 0,051$$

$$n_2 = 17 \quad \bar{x}_2 = 0,178\% S \quad S_2 = 0,029$$

$$\Delta \bar{x} = 0,059\% S^* (\text{značilno})$$

$$t(\text{izrač.}) = 4,811;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,5) = 2,079$$

a₂ - triletne iglice

$$n_1 = 26 \quad \bar{x}_1 = 0,341\% S \quad S_1 = 0,067$$

$$n_2 = 17 \quad \bar{x}_2 = 0,267\% S \quad S_2 = 0,039$$

$$\Delta \bar{x} = 0,074\% S^* (\text{značilno})$$

$$t(\text{izrač.}) = 4,604;$$

$$t(\text{tab. } \alpha = 0,05) = 2,080$$

Značilnost razlik nakazuje značilnost območij. Iz obeh primerjav lahko povzamemo, da se vsebnosti celotnega žvepla v smrekovih iglicah iz robnih predelov med seboj ne razlikujejo značilno, in da se značilno razlikuje poprečna obremenjenost zajetega šoštanjskega imisijskega žarišča od poprečne celjske obrobne. Šoštanjsko imisijsko območje je s tem ponovno dokazano.

4. VREDNOST VSEBNOSTI ŽVEPLA V RASTLINSKIH TKIVIH

Podatek o povečani vsebnosti žvepla v rastlinskih tkivih nam potrjuje vpliv onesneženega ozračja na rastline. Stopnjo vpliva je zelo težko ali pa celo nemogoče določiti s kemičnimi analizami. Starejše teorije so na podlagi vsebnosti določene komponente iz onesnaženega ozračja razvrstile vzorce v več stopenj poškodova-

nosti, na primer: do vrednosti 0,10% S v smrekovih iglicah so vzeli za neškodljivo količino, od 0,10 - 0,25 je bila 1. stopnja poškodovanosti, od 0,25 - 0,40 je bila osnova za srednjo - 2. stopnjo poškodovanosti itd. Teorija se je porušila ob dejstvu, da je v vzorcih iz močnejše poškodovanih predelov vedno več odmrlih ali delno odmrlih iglic (rjavih - nekrotiziranih), ki vsebujejo manj snovi iz onesneženega ozračja. Pojav si razlagamo s tem, da odmrlo ali delno odmrlo tkivo ne vsrkava več snovi, sekundarno pridobljene in akumulirane snovi se iz njega tudi izlužujejo. Tudi pri naših raziskavah smo omenjeni pojav že nekajkrat registrirali v Zasavju in Celju.

Primerjava in razvrstitev vzorcev glede na različno vsebnost žvepla je možna (upravičena) samo v skupini vzorcev, ki so vsi brez odmrlih delov. Vzorci iz Šoštanja so bili vsi primerljivi, zato smo lahko naredili nekaj primerjav. Povedati moramo, da imajo lahko vzorci iz manj poškodovanih območij višje vrednosti žvepla kot tisti iz močnejše poškodovanih območij, zato nas šoštanske razmere visoke vrednosti ne smejo presenetiti.

Kemične analize nazorno kažejo, da emisija obstaja, zelo malo pa povedo o stopnji vpliva. Važno je, da se pri primerjavah opremo na zanesljive podatke, pravilno določimo vrednost s primerjalnih območij in naredimo statistične preskuse.

Leta 1973 nismo odvzeli primerjalnih vzorcev v čistih predelih blizu Šaleške doline, ker smo imeli iz prejšnjih let vzorce iz predela Črne na Koroškem, celjske okolice (Vinska gora, Svetina, Vransko) in iz Zasavja (Kopitnik). Menili smo, da bi bili prav vzorci iz teh predelov ustrezni za šoštanske primerjave. Pri primerjavah smo uporabili tudi vzorce iz Karavank, Bohinja, Pokljuke in Krima. Za obrazložitev ponovimo: ugotovljeno je, da je vsebnost žvepla pri določeni drevesni vrsti zelo konstantna od določene starosti (70 let) dalje, če so vzorci odzvzeti v istem času, na istem položaju v krošnji drevesa in enako obdelani. Rastišče (tla) ima pri tem podrejeno vlogo. Vsi ti pogoji so bili pri naših raziskavah izpolnjeni.

Če bi hoteli ugotoviti količinski vpliv SO_2 na gozdove v okolici Šoštanja, bi morali hkrati analizirati prirastke. Šele ob primerjavi med vsebnostjo žvepla v iglicah smreke in prirastkom bi zanesljivo lahko določili gospodarsko škodo. Predlagamo razširitev raziskav.

POVZETEK

Povečanje emisije za 75% ne pomeni tudi 75 - odstotnega povečanja imisij. Pri majhni obremenjenosti določeno povečanje emisije povzroči ponavadi manjše povečanje imisije, pri močni obremenjenosti pa povzroči enako povečanje precejšnje škode. Na primer: imamo malo poškodovan gozd, ki je nenadoma izpostavljen še enkrat večji koncentraciji plinov. Poškodovanost v tem primeru ne bo še enkrat večja. Če je poškodovanost že močna, pa že manjše povečanje lahko uniči vse.

Upoštevati moramo tudi, da bo dodatna emisija SO₂ v Šoštanju prišla v ozračje na drugem mestu in večji višini. Zelo težko in skorajda nemogoče je, da bi se obe emisiji natovorili in na določenih mestih na terenu ustvarili za 75% slabše imisijske pogoje.

Pri 75-odstotnem povečanju emisije SO₂ TE Šoštanj, ter glede na raziskave v Šaleški dolini in izkušnje z drugih plinskih območij predvidevamo v prihodnosti tole:

1. Enako obremenjenost gozdnega rastlinstva v gozdnih predelih pod višino 600 m (nadmorska višina Šoštanja + višina dimnika IV. faze);
2. povečano obremenjenost nad 600 m, ki na bližnjih predelih lahko povzroči vidne poškodbe na občutljivih iglavcih (tu mislimo smreko);
3. smreka bo v vsem območju, ki smo ga leta 1973 zajeli z vzorci, manj priraščala;
4. pri listavcih ne pričakujemo večjih poškodb in večje gospodarske škode;
5. sam obstoj gospodarsko pomembnih drevesnih vrst ne bo ogrožen. Po dosedanjih izkušnjah tudi ne bo ogrožen grmovni in zeliščni sloj, ki je poglavitni nosilec posrednih gozdnih koristi, zaradi česar ne pričakujemo v bližnji prihodnosti bistvenega poslabšanja varovalnih in socialnih vlog gozda.

Glede na ugotovitve in napovedi predlagamo:

1. Podrobno je treba analizirati prirastek.
2. Gospodarske škode (izpad prirastka, manjša vrednost sortimentov, večje vlaganje v obnovo, nego in varstvo gozdov ter v zasebnem sektorju še izguba na zaslužku pri izdelavi in spravi) naj se izplačuje kot redna letna odškodnina. Škode na posrednih vlogah gozda, ki lahko nastanejo pri daljši izpostavljenosti delovanja plinov ali povečani intenziteti delovanja, je obravnavati ločeno na podlagi posebne študije.
3. Če se pokaže, da kaka drevesna vrsta v novih razmerah nima več prihodnosti (kljub temu da je to zelo malo verjetno), jo je treba na povzročiteljeve stroške zamenjati z drugo, bolj odporno vrsto. Razliko v morebitni manjši vrednosti lesa ali manjšem prirastku obračunamo kot odškodnino.
4. Ob pogoju, da posredne koristi gozda ne bodo zmanjšane, in da bo odškodnina pravilno določena in pravočasno izplačana, gozdarstvo nima pripomb k izgradnji IV. faze TE Šoštanj.

EXISTING AND POTENTIAL SULPHUR DIOXIDE (SO₂) IMPACT ON THE FORESTS OF ŠALEŠKA VALLEY

SUMMARY

A 75 percent increase in emission does not represent an equal increase in immission. At low concentration levels a certain increment in emission usually brings

about a small increase in immission. At high concentration levels, however, the same increase causes a significant damage. For example: in case of a little damaged forest which has been suddenly exposed to a double gas concentration, the damage will not increase by 100 percent. In case of a severely damaged forest, however, even a smaller increase can cause a complete destruction.

It has to be also considered that the additional SO₂ emission in Šoštanj will enter the atmosphere at a greater height and at a different locale. It is very unlikely - virtually impossible - that both emissions would be superimposed, thus creating at certain places immission by 75 percent greater from the existing one.

On the basis of the research conducted in Šaleška valley and of the experience from other gas - endangered forest areas the following effects can be expected if a 75 percent increase in SO₂ emission from the thermal power plant Šoštanj is to take place:

1. The same level of gas-load acting upon forest in places up to 600 meters above sea level (altitude of Šoštanj + the stage height in phase IV)
2. An increased gas-load in altitude above 600 meters, which can cause visible damages to the sensitive conifers (spruce) in the nearby localities
3. The increment growth of spruce will decrease in the entire area covered by sampling in 1973
4. In case of deciduous tree species no significant damages and economic losses are foreseen
5. The very existence of economically important tree species will not be endangered. According to previous experiences the shrub and herb layers will not be endangered either. These two layers are the main carriers of the indirect forest functions, therefore no essential reduction of social and protective functions are to be expected in the near future.

On the basis of these findings and forecasts the following is suggested:

1. A detailed increment growth analysis is to be made
2. Economic damages (loss in increment, lower assortment value, higher investments in regeneration and protection of the forests and in the case of private owners also the loss of earnings in primary conversion and transport) should be paid out as indemnities on a yearly basis. The damages to the indirect forest functions that can occur after a longer exposure to the gas impacts or due to an increase in gas concentration are to be dealt with in separate study
3. In case it shows that a certain tree species has no future under the new conditions (which is not very likely) it has to be replaced by another, more resistant tree species at the expense of the party responsible for such new conditions. In case that the new tree species would have a lower increment and/or its wood would fetch lower prices, the differences are to be calculated and paid out as indemnities

4. There would be no further remarks regarding construction of phase IV of thermal power plant Šoštanj, provided:

- the social and protective functions of the forests will not be reduced,
- the indemnities will be calculated in a correct manner and paid in time.

6. UPORABLJENI VIRI

BERGE, H., IAAG, O.: Handbuch der Pflanzenkrankheiten 4. del, Berlin 1970.

BLEJEC, M.: Statistične metode v gozdarstvu in lesarstvu, Ljubljana, 1969.

GARBER, K.: Luftverunreinigung und ihre Wirkungen, Berlin 1967.

IUFRO: Gradivo IUFRO kongresov (1966, 1970-1972).

PARADIŽ, B.: Vpliv termoelektrarne Šoštanj na onesnaženje zraka v Šaleški dolini - 1974.

VAN HAUT-STRATMANN: Farbtafel-atlas über Schwefeldioxid - Wirkungen an Pflanzen.

ŠOLAR, M.: Lastno interno objavljeno in manuskripno gradivo (elaborati, poročila, izvedenska mnenja ...).

7. PRILOGE

a) Tabele 1-8

b) Pregledna karta lokacij odvzema vzorcev, M = 1:50.000.

Tabela 1: Rezultati kemičnih analiz o vsebnosti SO₄ in S smrekovih iglic iz Šoštanjске okolice 1973

Štev. vzorca	enoletne		triletnе		ocena		odd. v km	smer inter.	nadmor. višina	Splošna značilnost:
	SO ₄ %	S %	SO ₄ %	S %	1	3				
1	0,686	0,229	0,952	0,318	+	+	3,15	ESE	430	neposredno odprto
2	0,568	0,190	0,838	0,280	+	+	1,18	SE	460	neposredno odprto
3	0,820	0,274	1,060	0,354	+	+	2,10	SSE	540	neposredno odprto
4	0,652	0,218	1,084	0,362	+	+	2,00	S	550	neposredno odprto
5	1,008	0,337*	1,408	0,470*	+	+	2,80	SSW	600	neposredno odprto
6	0,688	0,230	1,188	0,397	+	+	2,25	SW	480	delno ovirano
7	0,708	0,236	0,904	0,302	+	+	1,50	SSW	440	delno ovirano
8	0,608	0,203	0,964	0,322	+	+	1,00	S	400	zaprta dol. lega
9	0,872	0,291	1,032	0,345	+	+	0,48	SE	500	neposredno odprto
10	0,744	0,248	1,264	0,416	+	+	1,05	WNW	500	neposredno odprto
11	0,886	0,296	1,522	0,508	+	+	2,00	WNW	400	popolnoma zaprto (proga)
12	0,586	0,196	0,898	0,300	+	+	3,35	WSW	540	delno ovirano
13	0,596	0,199	0,988	0,330	+	+	3,05	W	560	odprto (drugi greben)
14	0,848	0,283	1,016	0,339	+	+	3,10	WNW	600	neposredno odprto
15	0,910	0,304	1,246	0,416	+	+	3,20	NW	500	dolina delno odprta
16	0,720	0,240	1,016	0,339	+	+	5,25	NNW	500	zaprto
17	0,496	0,166	0,852	0,285	+	+	4,45	ESE	480	odprto
18	0,552	0,184	0,826	0,276	+	+	6,35	ESE	450	gen. odprto
19	0,512	0,171	0,702	0,234 Δ	+	+	6,50	ENE	460	gen. odprto
20	0,408	0,136 Δ	0,782	0,261	-	+	4,50	ENE	480	gen. odprto
21	0,888	0,297	1,382	0,462	+	+	1,65	NE	440	odprto nizko
22	0,752	0,251	0,920	0,307	+	+	4,60	NW	520	dolinski dostop
23	0,814	0,281	1,056	0,353	+	+	6,50	NW	750	odprto daleč
24	0,616	0,206	0,984	0,329	+	+	4,05	N	400	dolinski dostop
25	0,948	0,317	1,044	0,349	+	+	5,10	NW	650	odprto
26	0,668	0,223	0,832	0,283	+	+	6,10	NW	600	odprto

 $\bar{x} =$ 0,237 0,341

* najvišji vrednosti

 Δ najnižji vrednosti

Tabela št. 2: Primerjalni vzorci iz alpskega prostora
(Pokljuka, Bohinj) 1973

Štev. vzorca	enoletne		triletno	
	SO % ₄	S%	SO % ₄	S%
1	0,388	0,113	0,656	0,219*
2	0,342	0,114	0,355	0,118
3	0,476	0,159	0,550	0,184
4	0,480	0,160*	0,527	0,176
5	0,456	0,152	0,466	0,156
6	0,382	0,128	0,452	0,151
7	0,435	0,145	0,458	0,153
8	0,334	0,112	0,383	0,128
9	0,443	0,148	0,450	0,150
10	0,382	0,128	0,440	0,147
11	0,335	0,112	0,480	0,161
12	0,350	0,117	0,368	0,123
$\bar{x} =$		0,132		0,156

Tabela št. 3: Primerjalni vzorci - Krim 1971

Štev. vzorca	enoletne		triletno	
	SO % ₄	S%	SO % ₄	S%
1	0,28	0,094	0,33	0,110
2	0,30	0,100	0,35	0,117
3	0,40	0,134	0,46	0,154
4	0,40	0,134	0,42	0,140
5	0,27	0,090	0,29	0,097
6	0,37	0,124	0,36	0,120
$\bar{x} =$		0,113		0,123

Tabela št. 4: Primerjalni vzorci - Karavanke 1971

Štev. vzorca	enoletne		triletne	
	SO ₄ %	S%	SO ₄ %	S%
1	0,33	0,110	0,39	0,130
2	0,35	0,117	0,58	0,194
3	0,22	0,073	0,40	0,134
4	0,38	0,127	0,43	0,144
$\bar{x} =$		0,107		0,151

Tabela št. 5: Primerjalni vzorci - Zasavje 1971

Štev. vzorca	enoletne		triletne	
	SO ₄ %	S%	SO ₄ %	S%
1	0,40	0,134	0,71	0,237
2	0,43	0,144	0,88	0,294
3	0,59	0,197	0,67	0,224
4	0,36	0,120	0,45	0,150
5	0,45	0,150	0,50	0,167
$\bar{x} =$		0,149		0,214

Tabela št. 6: Primerjalni vzorci - Celje 1971

Štev. vzorca	enoletne		triletne	
	SO ₄ %	S%	SO ₄ %	S%
1	0,65	0,217	1,06	0,354
2	0,50	0,167	0,57	0,190
3	0,44	0,147	0,58	0,194
4	0,45	0,150	0,53	0,177
$\bar{x} =$		0,170		0,229

Tabela št. 7: Primerjalni vzorci - Koroška

Štev. vzorca	enoletne		triletno	
	SO ₄ %	S%	SO ₄ %	S%
1	0,34	0,114	0,48	0,160
2	0,34	0,114	0,36	0,120
3	0,24	0,080	0,29	0,097
\bar{x} =		0,103		0,126

Tabela št. 8:

CELJE					ŠOŠTANJ (rob nad 4 km)				
Štev. vzorca	enoletne		triletno		Št. v.	enoletne		triletno	
	SO ₄ %	S%	SO ₄ %	S%		Št.	S%	S%	
1	0,54	0,180	0,62	0,207	16	0,240	0,339		
2	0,65	0,217	0,84	0,281	17	0,166	0,285		
3	0,59	0,197	0,89	0,297	18	0,184	0,276		
4	0,69	0,230	1,01	0,337	19	0,171	0,234		
5	0,46	0,154	0,88	0,294	20	0,136	0,261		
6	0,55	0,184	0,96	0,321	22	0,251	0,307		
7	0,62	0,207	0,91	0,304	23	0,281	0,353		
8	0,57	0,190	0,83	0,277	24	0,206	0,329		
9	0,47	0,157	0,74	0,247	25	0,317	0,349		
10	0,56	0,187	0,79	0,264	26	0,233	0,283		
11	0,46	0,154	0,80	0,267					
12	0,44	0,147	0,64	0,214					
13	0,44	0,147	0,59	0,197					
14	0,47	0,157	0,63	0,277					
15	0,65	0,217	0,79	0,264					
16	0,50	0,167	0,73	0,244					
17	0,57	0,190	0,73	0,244					
\bar{x} =		0,178		0,267	\bar{x} =	0,219	0,301		

PREGLJEDNA KARTA LOKACIJ ODVZEMA VZORCEV

