

**BIOTEHNIŠKA FAKULTETA UNIVERZE V LJUBLJANI**  
**BIOTECHNICAL FACULTY OF UNIVERSITY OF LJUBLJANA**  
**INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO**  
**INSTITUT FOR FOREST AND WOOD ECONOMY**

# **ZBORNİK**

**GOZDARSTVA IN LESARSTVA**

# **RESEARCH REPORTS**

**FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY**

# **17**

LJUBLJANA 1979

Zb. gozdarstva in lesarstva, L. 17, št. 2, s. 243 - 482, Ljubljana 1979

**BIOTEHNIŠKA FAKULTETA UNIVERZE V LJUBLJANI  
BIOTECHNICAL FACULTY OF UNIVERSITY OF LJUBLJANA  
INŠTITUT ZA GOZDNO IN LEŠNO GOSPODARSTVO  
INSTITUT FOR FOREST AND WOOD ECONOMY**

# **ZBORNİK**

**GOZDARSTVA IN LESARSTVA**

# **RESEARCH REPORTS**

**FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY**

**17**

LJUBLJANA 1979

Zb. gozdarstva in lesarstva, L. 17, št. 2, s. 243-482, Ljubljana 1979

UDK 634.0.114.2:634.0.425.1(497.12)

ONEČIŠČENJE TAL Z ŽVEPLOM V BLIŽINI TOVARN

Dr.Jože SUŠIN,dipl.inž.agr.  
izredni profesor  
Katedra za tla in prehrano rastlin  
VDO Biotehniške fakultete univerze E.Kardelja v Ljubljani

61000 LJUBLJANA, Krekov trg 1, YU

Janko KALAN,dipl.inž.gozd.  
višji raziskovalni sodelavec  
nštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana

61000 LJUBLJANA, Večna pot 2, YU

## *S i n o p s i s*

### *ONEČIŠČENJE TAL Z ŽVEPLOM V BLIŽINI TOVARN*

*V okolici tovarne A z dnevno emisijo 100 t SO<sub>2</sub> v globoki dolini je zaradi žvepla močno poškodovana vegetacija. V tleh na dolomitu in laporju ni tendence zakisovanja še zlasti ne zaradi bližnje cementarne, ki emitira precej apnenčastega prahu.*

*V bližini tovarne B z 18 t SO<sub>2</sub> dnevno kažejo tla na nekarbonatni matični podlagi tendenco zakisovanja in imajo v horizontih Ol, Of in Oh 0.15 - 0.79% S, v horizontih Ah pa je količina S manjša, 0.06 - 0.18%. Tla na karbonatni matični podlagi ne kažejo tendence zakisovanja.*

## *S y n o p s i s*

### *SOIL SULPHUR POLLUTION IN THE VICINITY OF FACTORIES*

*In the vicinity of factory A with a daily 100 t SO<sub>2</sub> emission in a deep waley is the vegetation severely damaged. In soils on dolomite and marl there is no acidification especially due to factory, emitting calcareous fine material.*

*In the vicinity of factory B with a daily 18 t SO<sub>2</sub> emission the soils on uncalcareous parent material show a slight acidification and have in Ol, Of and Oh horizons 0.15 - 0.79% S and 0.06 - 0.18% in Ah horizons. Soils on calcareous parent material do not show acidification due to increased S.*

## 1. U V O D

Vpliv kisljih padavin, ki vsebujejo  $\text{SO}_2$  iz industrijskih objektov, je najbolj značilen na pH tal in na stopnjo nasičenosti tal z bazami. Tako so Mc Fee et al. (1977) ugotovili, da se je po stoletnih kisljih padavinah stopnja nasičenosti tal z bazami v zgornjih 20 cm zmanjšala za 20% in kislost tal povečala za 0.6 enote pH. Oden (1976) je ugotovil, da se je v bližini topilnice bakra po 500 letih pH tal znižal za 1 enoto in stopnja nasičenosti tal z bazami znižala za 10%.

Lizimetske raziskave (Abrahamsen, 1977) kažejo na veliko povečanje izpiranja kalcija iz tal, če je pH vode, ki pronica skozi tla, pod pH 3.0, medtem ko v nekaj letih ni pričakovati negativnega vpliva na tla in organizme, če je pH vode nad 4.0. Nyborg et al. (1977) so ugotovili, da je približna stopnja zakisovanja tal pri dnevni emisiji 150 t S približno 1 enota pH v teku 10 - 20 let emisije S. Kisel dež vpliva na procese v tleh mnogo prej, kot se to lahko ugotovi z analizo poprečnega vzorca tal (Tamm, 1977). Tudi drugi avtorji navajajo vpliv  $\text{SO}_2$  na povečano zakisovanje tal (Antonović et al., 1972).

Namen teh raziskav je ugotoviti vpliv  $\text{SO}_2$  iz industrijskih objektov na onečiščenje tal s S in ugotoviti stopnjo zakisovanja tal v okolici 2 industrijskih objektov. Objekt A deluje od 1926 leta in precej več emitira  $\text{SO}_2$  od 1968 leta, poprečna dnevna emisija  $\text{SO}_2$  je 100 t. Objekt B deluje mnogo več časa kot A, vendar stopnje emisije  $\text{SO}_2$  niso bile znane, zdaj znaša 18 t  $\text{SO}_2$  dnevno.

## 2. TLA IN METODE

### 2.1. T l a

V okolici objekta A so bila proučevana tla pod uničenim gozdom (zaradi  $\text{SO}_2$ ) na travniku in na njivah, v coni zelo močno poškodovane vegetacije zaradi  $\text{SO}_2$ . Proučevana tla so: rendzina na dolomitu (št.1 in 2) in pokarbonatna rjava tla na dolomitu (št.3, 4,5).

V okolici objekta B so bila proučevana rendzine na dolomitu (št.2 in 5) in kislja rjava tla na granititu, na glinastih skrilav-

cih in na blestnikih (št. 1, 3, 4, 6) v različnih conah poškodovanosti vegetacije zaradi  $SO_2$ : zelo močno poškodovana vegetacija (št.5), močno poškodovana vegetacija (št.2), srednje močno poškodovana vegetacija (št.1, 4, 6) in malo poškodovana vegetacija (št.3).

## 2.2. Metode

- pH določen elektrometrijsko v solni suspenziji tal z 0,1N KCl 1: 2.5 (Jackson, 1958)
- organska snov: po Tjurinu, 1966)
- skupni dušik: modificirana Kjeldahlova metoda (Jackson, 1958)
- izmenljivi kationi: 1 N amonijev acetat (Peech et al.1962)  
Ca,Mg: atomski absorpcijski spektrofotometer Varian 1000, K: s plamenskim fotometrom
- izmenljiv H: 0.5 N  $BaCl_2$  - 0.055 N trietanolaminpH 8.0 (Peech et al., 1962)
- kationska izmenjalna sposobnost (KIK) ugotovljena računsko: vsota baz (S) + izmenljiv H
- stopnja nasičenosti z bazami:  $V = \frac{S}{KIK} \times 100$
- skupno žveplo: Eschka zmes:2 dela  $MgO$  + 1 del  $Na_2CO_3$  .  
S določeno gravimetrično z 10%  $BaCl_2$  (Standard Methods of Chemical Analysis, 6<sup>th</sup> Edition, 1962).

## 3. REZULTATI IN DISKUSIJA

V okolici tovarne A je v primerjavi s tovarno B mnogo večja emisija  $SO_2$ , saj znaša 100 t dnevno. Zaradi tako močnega izvora  $SO_2$  in še posebej zaradi velike doline, v kateri je tovarna z majhnim dimnikom (kasneje so dimnik močno povišali), je prišlo do zelo hudih poškodb vegetacije, drevesa so se posušila. V isti dolini je še cementarna, ki emitira v okolico nekoliko apnenčastega prahu, ki razkisuje kisle padavine. Tako je iz analitskih podatkov (tabela 1) razvidno, da se kislost tal ni nikjer bistveno povečala in pH znaša nad 6. Tudi stopnja nasičenosti tal z bazami je precej visoka, saj zna-

TABELA 1  
 Table 1  
 KEMIČNE LASTNOSTI TAL IN VSEBNOST ŽVEPLA V TLEH  
 CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS AND SUPPHUR CONTENT IN SOILS

Štev. No. prof. on from	Oddaljenost od tovarne Site locati-fac.	Horizont Horizon	Globina Depth cm	pH (KCl)	Org. snov mather. %	N %	C/N	Izmenljivi kationi Exchangeable cations				KIK CEC	V Base. satur. %	S %	Opomba Remarks	
								Ca	Mg	K	H					
me/100g tal- soil																
1.	2200 m	Of	2-5	5.6	39.5	0.81	28.3	20.9	3.2	5.1	29.2	30.5	59.7	48.9	0.43	
		Ah	5-7	7.2	14.9	0.39	22.2	20.5	5.5	1.9	27.9	4.0	31.9	87.5	0.07	
2.	1600 m	Ah1	0-10	6.4	14.0	0.67	12.4	18.7	4.8	1.7	25.2	9.7	34.9	72.1	0.13	
		Ah2	10-35	6.6	8.1	0.47	9.9	15.0	4.8	0.4	20.2	6.5	26.7	75.8	0.09	
		Ah3	35-65	6.7	6.0	0.38	9.7	19.9	6.1	0.3	26.3	9.0	35.3	74.6	0.06	
3.	2100 m	Oh	0-0.7	6.0	27.4	0.75	21.2	20.4	2.5	7.4	30.3	22.2	52.5	57.6	0.34	
		Ah	0.7-6.0	6.1	12.1	0.48	14.6	19.6	2.8	3.7	26.1	16.5	42.6	61.2	0.26	Tovarna A
		Bv	6-38	4.9	5.6	0.20	16.4	8.9	2.1	1.7	12.7	14.5	27.2	46.7	0.19	
4.	2200 m	Ap	0-18	6.8	5.5	0.30	10.5	8.8	3.4	2.8	15.0	8.0	23.0	65.2	0.08	
		Ah	18-34	6.7	5.0	0.28	10.4	7.8	3.3	1.3	12.4	8.5	20.9	59.3	0.07	Factory A
		Bv	55-85	6.6	3.4	0.20	9.9	6.4	3.1	1.3	10.8	7.5	18.3	58.8	0.03	
5.	2000 m	Ap	0-15	6.7	5.9	0.32	10.7	8.3	3.3	1.3	12.9	6.5	19.4	66.7	0.06	
		ABv	15-27	6.3	5.2	0.26	11.7	7.7	3.8	0.7	12.2	6.5	18.7	65.1	0.06	
		Bv	27-70	6.3	2.5	0.13	10.9	7.9	4.9	0.6	13.4	6.7	20.1	66.7	0.03	
6.	Kontrola	Ah1	0-10	6.4	9.4	0.43	12.6	10.3	6.5	0.4	17.2	4.7	21.9	78.3	0.07	
		Ah2	10-25	6.4	6.6	0.30	12.7	10.4	6.6	0.4	17.4	5.5	22.9	75.9	0.04	
		Ah3	25-60	6.4	5.2	0.22	14.0	9.4	5.8	0.5	15.6	6.4	22.0	71.1	0.04	
1.	2500 m	O1	0-2	-	95.1	1.29	37.4	-	-	-	-	-	-	-	0.31	
		Of	2-6	3.5	87.4	2.30	18.3	1.1	0.6	8.1	9.8	-	-	-	0.33	
		Ah	7-16	3.7	34.5	0.78	17.4	0.2	0.3	2.3	2.8	35.5	38.3	7.4	0.18	
		Bv	16-40	4.3	8.1	0.22	18.0	0.1	0.1	0.8	1.0	30.0	31.0	3.3	0.08	
		Bv	40-90	4.7	3.6	0.16	13.1	0.1	0.1	0.9	1.1	23.0	24.1	4.5	0.07	

TABELA 1  
Table 1

KEMIČNE LASTNOSTI TAL IN VSEBNOST ŽVEPLA V TLEH  
CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS AND SUPHUR CONTENT IN SOILS

Nadaljevanje  
Continued

Štev. No. prof. on_from	Oddaljenost od tovarne Site locati-on	Horizont Horizon	Globina Depth cm	pH (KCl)	Org. snov mather. %	N %	C/N	Izmenljivi kationi Exchangeable cations				KIK CEC	V Base. satur. %	S %	Opomba Remarks
								Ca	Mg	K	S H				
me/100g tal-soil															
2.	2500 m	O1	0-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.79
		Of	3-7	4.3	67.3	1.10	35.6	10.8	2.6	1.6	15.0	-	-	-	0.25
		Ah <sub>1</sub>	7-11	4.5	57.1	1.10	32.6	9.2	4.1	2.1	15.4	-	-	-	0.18
		Ah <sub>2</sub>	11-30	6.3	20.6	0.81	14.8	25.8	4.7	1.2	31.7	8.5	40.2	78.9	0.09
3.	2700 m	Of	2-6	3.9	75.3	1.23	35.6	6.0	1.4	2.9	10.3	49.3	21.1	0.20	
		Oh	6-19	3.9	63.1	1.15	31.9	5.9	1.8	2.5	10.2	-	-	-	0.18
		Ah	19-22	3.9	30.8	0.45	40.2	0.9	0.5	1.9	3.3	39.7	43.0	7.5	0.07
		Bv	22-34	4.5	11.4	0.26	24.9	0.2	0.1	0.5	0.8	29.8	30.6	2.5	0.06
4.	2000 m	Oh	1.5-3	3.8	60.9	1.14	30.8	4.7	1.5	3.1	9.3	-	-	-	0.18
		Ah	3-6	4.2	21.9	0.50	24.9	0.4	0.2	0.8	1.4	38.7	40.1	3.3	0.06
		Bv	6-16	4.7	10.4	0.26	22.8	0.1	0.1	0.2	0.4	30.3	30.7	1.2	0.06
		BvC	16-70	5.2	1.9	0.10	12.3	0.2	0.2	0.1	0.5	17.3	17.8	3.0	0.03
5.	800 m	O1	0-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.63
		Of	10-20	3.6	69.4	1.17	34.4	1.6	1.4	1.3	4.3	-	-	-	0.38
		Oh	20-28	-	-	-	-	4.4	3.2	1.5	9.1	-	-	-	0.31
		Ah	28-40	6.3	15.2	0.40	23.3	10.9	5.8	0.4	17.1	4.0	21.1	81.1	0.07
6.	6000 m	Oh	12-16	4.2	38.5	0.99	22.4	1.7	0.7	3.3	5.7	39.5	45.2	12.6	0.15
		Ah	16-20	3.8	10.5	0.31	19.6	0.3	0.3	1.3	1.9	37.4	39.3	4.8	0.06
		Bv	25-65	4.1	1.5	0.07	11.8	0.2	0.1	1.0	1.3	18.0	19.3	6.9	0.08
		Of	1.5-2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22
7.	Kontrola	Ah	2.5-6.0	3.9	33.9	0.70	-	1.3	0.4	2.4	4.1	-	-	-	0.12
		Bv	6-35	4.6	18.2	0.29	36.3	0.3	0.1	1.1	1.5	31.3	32.8	4.6	0.10
		Bv	35-98	5.1	7.3	0.21	20.1	0.3	0.1	0.9	1.3	27.7	29.0	4.8	0.08



ša do 87.5%, najmanj pa 46.7%. Tako zaradi karbonatne matične podlage (dolomit + lapor) in zaradi dotoka apnenčastega prahu iz cementarne ni prišlo do zakisovanja tal niti ne do zmanjšanja stopnje nasičenosti tal z bazami. Količina žvepla pa se je v površinskih horizontih Of in Ah, Ap do globine 18 cm le povečala in znaša 0.08 - 0.43%, v primerjavi s tlemi iz neogroženega področja, kjer je količina S 0.07%.

Precej drugačna je slika v okolici tovarne B, čeprav je tu manjša emisija SO<sub>2</sub> (18 t dnevno), vendar je čas emisije mnogo daljši. Tla so že po naravi močno zakisana in revna z bazami, saj znaša pH tal izven ogroženega področja 3.9 do 4.6. Tla vsebujejo tudi več skupnega S, 0.08 - 0.12%. Vsa tla v ogroženem območju vsebujejo nekoliko več žvepla, saj ga je v horizontih Ol, Of in Oh 0.15 - 0.79%, medtem ko je njegova količina v horizontih Ah precej nižja 0.06 - 0.18%. Tako imamo v tleh na nekarbonatnih podlagah nakazano tendenco zakisovanja tal zaradi povečanih količin žvepla, medtem ko v tleh na karbonatni matični podlagi ta tendenca ni ugotovljena.

#### 4. P O V Z E T E K

V okolici tovarne A z dnevno emisijo 100 t SO<sub>2</sub> v globoki dolini je prišlo do močne poškodbe vegetacije, drevesa so se posušila. V bližini tovarne so vsa tla nastala na karbonatni matični podlagi (na dolomitu in laporju) in v njih ni ugotovljena nobena tendenca zakisovanja, še zlasti zaradi tega ne, ker je v isti dolini tudi cementarna, ki emitira v okolico nekoliko apnenčastega prahu. Stopnja nasičenosti tal z bazami je precej visoka, 46.7 - 87.5% in pH tal znaša nad 6.

V bližini tovarne B je slika precej drugačna, čeprav je emisija SO<sub>2</sub> precej manjša (18 t dnevno). Tla so že po naravi močno zakisana in revna z bazami, saj znaša pH tal izven ogroženega področja 3.9 - 4.6. Vsa tla v ogroženem območju vsebujejo nekoliko več skupnega žvepla, ki ga je v horizontih Ol, Of in Oh 0.15 - 0.79%, medtem ko je njegova količina v horizontih Ah precej nižja,

0,06 - 0.18%. V tleh na nekarbonatnih podlagah je ugotovljena tendenca zakisovanja tal zaradi povečanih količin žvepla. Tla na karbonatni matični podlagi ne kažejo tendence zakisovanja tal.

## 5. S U M M A R Y

In the vicinity of factory A with a daily production of 100 t  $SO_2$  in a deep valey the vegetation was severely damaged. All soils have developed on calcareous parent material (dolomite and marls). No acidification of soils is found additionally because there is a factory emitting a calcareous material. Base saturation percentage is 46.7 - 87.5, soil pH is above 6.

In the vicinity of factory B the situation is quiet different, although the daily emission of  $SO_2$  is smaller (18 t  $SO_2$ ). The soils are very acid and poor on bases, pH is 3.9 - 4.6. All soils contain a little more S in O<sub>1</sub>, O<sub>f</sub> and O<sub>h</sub> horizons, 0.15 - 0.79%, Ah horizons lower contents, 0.06 - 0.18%. The soils on noncalcarcous parent materials are due to S a little acidified, soils on calcareous parent material show no acidification du to S.

6. LITERATURA

1. ABRAHAMSEN, G., HORNTVEDT, R. & TVEITE B. (1977): Impacts of acid precipitation on coniferous forest ecosystems. Water, air, and soil pollution 8:57-73
2. ANTONOVIĆ, G.M., ALEKSIĆ, Ž.B. (1972): Uticaj sumpornih gasova na promene vekih osobina zemljišta u okolini Borskog rudnika. Zem. i biljka vol. 21:271-276
3. MCFEE, W.W., KELLY, G.M., & BECK, R.H. (1977): Acid precipitation effects on soil pH and base saturation of exchange sites. Water, soil and air pollution 7: 401-408
4. FRINK, C.R., VOIGT, G.K. (1977): Potential effects of acid precipitation on soils in the humid temperate zone. Water, soil and air pollution 7: 371-388
5. JACKSON, M.L. (1958): Soil chemical analysis. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
6. NYBORG, M., CREPIN, J., HOCKING, D., BAKER, J. (1977): Effect of sulphur dioxide on precipitation and on the sulphur content and acidity of soils in Alberta, Canada. Water, air and soil pollution 7:439-448
7. ODEN, S. (1976): The acidity problem - An outline of concepts. Soil, water and air pollution 6:137-166
8. ROSEMARY, P., ROSS, F.F. (1972): Sulphur in air and soil. Water, air and soil pollution 1:286-302
9. TAMM, C.D. (1977): Acid precipitation and forest soils. Water, air and soil pollution 7:367-369
10. \* (1966): Hemijske metode ispitivanja zemljišta. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga 1, Beograd
11. \* (1962): Standard methods of chemical analysis, 6<sup>th</sup> edition, Vol. 1. New York