

e-343

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO PRI BF

UGOTOVITVE VZROKOV POŠKODOVANOSTI GOZDOV
V OKOLICI RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH

LJUBLJANA, 1987

Oxf.: 48 : (497 12 žirovski vrh)



ŠOLAR, M., JURC, D., BATIČ, F., DRUŠKOVIČ, B.:

UGOTOVITVE VZROKOV POŠKODOVANOSTI GOZDOV V OKOLICI RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH

Izvleček

Z diferencialno diagnostiko, pri čemer smo uporabljali simptomatiko, kemične analize, fitopatologijo, entomologijo, epifitsko in citogenetsko bioindikacijo, smo poskušali ugotoviti vzroke poškodovanosti gozdnega rastlinja v okolici Rudnika urana Žirovski vrh. Raziskovalna metoda je temeljila na izločanju posameznih znanih, tudi v tem prostoru možnih polutantov, kot potencialnih vzrokov poškodovanosti. Osnovno vprašanje je bilo: žveplo v takšni ali drugačni obliki je ali ni vzrok za poškodbe, ki so na gozdnem drevju Žirovskega vrha zanesljivo prisotne. Ugotavljamo, da žveplove imisije ne morejo biti vzrok, vsaj ne dominantni vzrok poškodovanosti gozdov in da je na Žirovskem vrhu na delu določen drug fitotoksičen agens, verjetno fizikalne narave.

Synopsis

ŠOLAR, M., JURC, D., BATIČ, F., DRUŠKOVIČ, B.:

ESTABLISHMENT OF CAUSES OF FOREST DAMAGE IN THE SURROUNDINGS OF ŽIROVSKI VRH URANIUM MINE

The research team tried to establish by means of differential diagnosis, which comprises symptoms of damages, chemical analysis, phytopathology and entomology, epiphytic and cytogenetic bioindication, the causes of forest vegetation damage in the surroundings of Žirovski vrh uranium mine. The research method based on exclusion of individual known pollutants, common in this area, which may be considered as potential causes of damage. The essential question was set: is sulphur in one of its chemical forms the cause of damage, which is for certain present in the surroundings of Žirovski vrh uranium mine. It was established that sulphur imission can not be the reason, at least not the dominant one, as for forest damage including that present at Žirovski vrh there must be another phytotoxic agent involved, probably of physical nature.

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO
GOSPODARSTVO PRI BF

UGOTOVITEV VZROKOV POŠKODOVANOSTI GOZDOV V OKOLICI
RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH

Nosilec naloge:

Marjan Šolar, dipl.inž.goz.

M. Šolar

Direktor:

Marko Kmecl, dipl.inž.goz., oec.

M. Kmecl



INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO
GOSPODARSTVO PRI BF

UGOTOVITEV VZROKOV POŠKODOVANOSTI GOZDOV V OKOLICI
RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH

Ljubljana, januar 1987



e-343

ŽIROVSKI VRH

Naslov poročila: UGOTOVITEV VZROKOV POŠKODOVANOSTI GOZDOV V OKOLICI
RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH

UVODNO POJASNILO:

Motto: Vse je škodljivo, kar ni dokazano, da je neškodljivo

Brez dvoma je in žal zelo pogosto dokazano, da ob vsaki industrijski dejavnosti obstoji potencialna nevarnost kvarnih vplivov na okolje. Dejavnost Rudnika urana Žirovski vrh, zaradi prenekaterih slabe izkušnje iz vojne in civilne uporabe jedrske energije, v ljudeh vzbuja najrazličnejša razmišljanja o kvarnem vplivu te dejavnosti na okolje, kar v končni fazi pomeni vpliv na človeka samega.

V kompleksu tega vprašanja nastopajo v prvi fronti RUŽV, bližnji prebivalci, sredstva javnega obveščanja in strokovne službe, v zaledju pa celotna slovenska javnost z vsemi politično upravnimi in samoupravnimi mehanizmi. V tem kompleksu ne bi smelo biti v prvi vrsti nič narobe v drugi pa nič prikritega ne v obremenilnem in ne v oprostilnem pomenu problema.

Menim, da moram že v uvodu povedati nekaj dejstev o tem, kako je do naročila te ekspertize prišlo.

V letu 1985 so slovenski gozdovi na splošno tako tudi na Žirovskem vrhu utrpeli močne poškodbe po slani - pozebi ali poznemu mrazu kot temu pojavu v stroki pravimo. Na Žirovskem vrhu (ta geografski pojem bomo uporabljali v nadaljevanju tega poročila za ves obravnavani prostor) je završalo: za poškodbe je kriv RUŽV. Zadeva je prišla v sredstva javnega obveščanja, obtoženega dolžnost pa je, da se na vse uporabljane in vpeljane načine brani. Osnova te obrambe je v dokazih, dobljenih z raziskavami. Kako je pravzaprav prišlo do obdolžitve, da je za poškodbe krivo žveplo v takšni ali drugačni

obliki, koncentraciji in količini mi ni povsem jasno. Zelo verjetno ta obdolžitev izvira iz dejstva, da je "žveplo" bilo, odnosno je še danes (predvsem v laičnih krogih) glavni krivec za poškodovanost rastlinja. Morda posaditev žvepla na zatožno klop izvira iz poznanja "nevtralizacijske" tehnologije na deponiji jalovine na lokaciji Boršt. Ob tem se moramo vprašati tudi to, ali ni morda ta zadnja verzija obdolžitve komu celo povšeči.

Že ob prvem grobem pregledu Žirovskega vrha dne 11.9.1985 smo ugotovili, da je tista od daleč vidna poškodovanost gozdov (predvsem ožgano -rjavo listje listavcev) posledica poznega mraza v tem letu, ugotovili pa tudi, da s samim odgovorom hlapí žveplene kisline kot vzrok poškodovanosti gozdov iz deponije jalovine Boršt, da ali ne (kar edino zanima RUŽV in pojasnilo .. naroča pri IGLG) stvari ne bomo prišli do njenega bistva, tako v pogledu stopnje poškodovanosti, kakor tudi ne v pogledu vzročnosti.

Prav ta ugotovitev je narekovala, da smo na lastno iniciativo nalogo razširili še na področje najbolj pomembnih diagnostičnih metod na osnovi epifitske in citogenetske bioindikacije in na fitopatološko in entomološko diferencialno diagnostiko.

Naj že v uvodu damo pojasnilo, da smo raziskavo razširili daleč preko pogodbenih sredstev, ti zadostujejo samo za tiste dele ekspertize, ki bo govorila o vzročni povezavi žvepljenih hlapov iz deponije Boršt in poškodovanostjo gozdov na Žirovskem vrhu, ki zanesljivo obstoji, to povemo že na tem mestu.

V časovno in vsebinsko pogojenem vrstnem redu bomo najpreje navedli ugotovitve prve 11.9.1985 in druge 9.10.1986 prepoznoscije, nato pa ločeno prispevke posameznih članov raziskovalnega teama, na koncu pa bomo separatne zaključke strnili v generalne.

MARJAN ŠOLAR IGLG:

a/ Grobe terenske ugotovitve

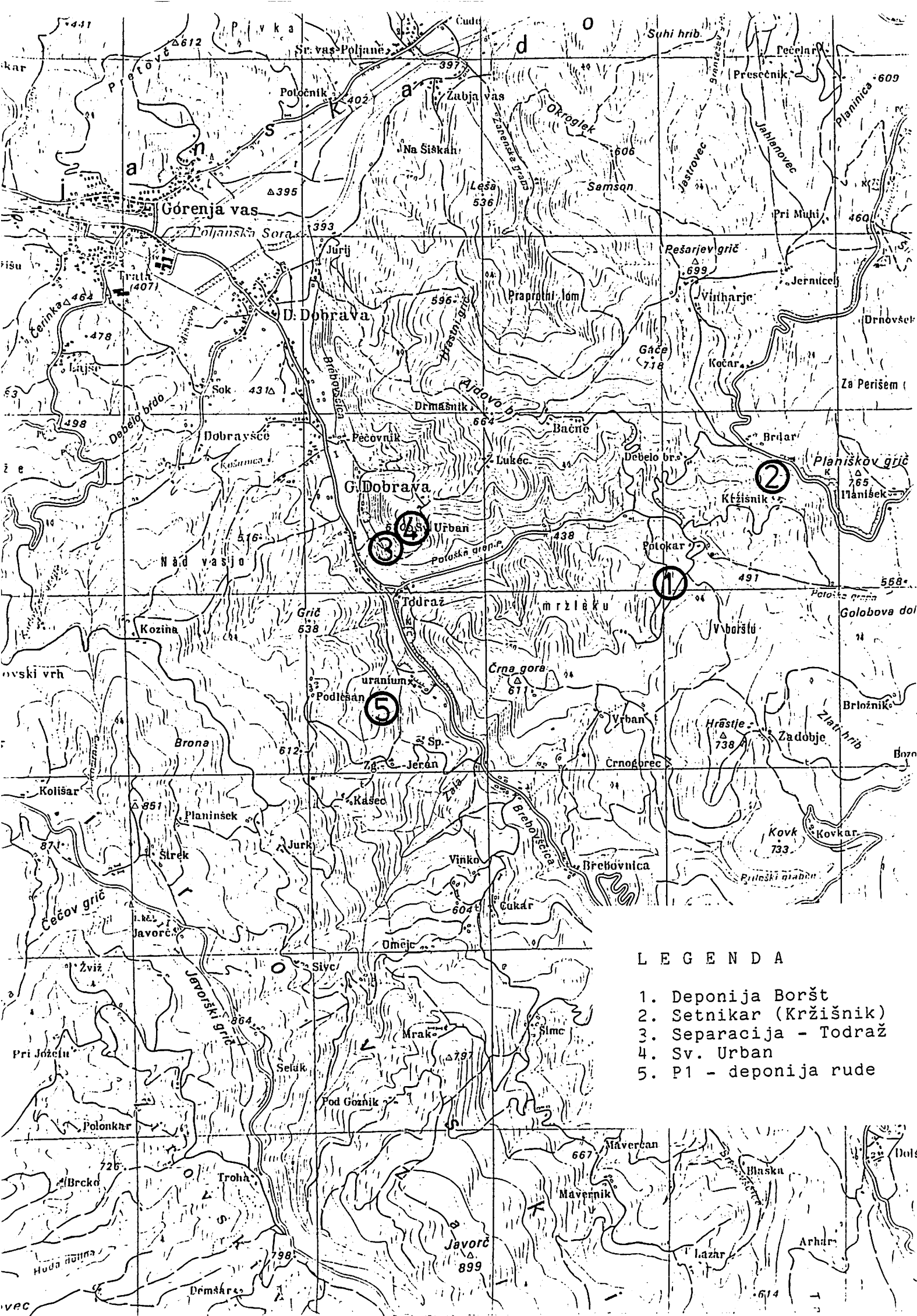
Prva podrobna rekognoscija dne 11.9.1985 nam je posredovala ugotovitev, da je tista od daleč vidna poškodovanost gozdov predvsem listavcev (bukve) posledica poznega mraza v tem letu, delno pa tudi močnega neurja s točo. Na iglavcih (smreki) nismo makroskopsko ugotovili značilnih večjih odstopanj od stanja v poprečnih slovenih gozdnih razmerah.

Pri tej prvi rekognosciji pa ob enem ugotavljamo neko, za druge predele manj značilno rdečkasto - vijolično pegavost in rahlo nabuhlost listov listavcev gozdnega drevja, sadnega drevja in zelišč, ki kot bo razvidno iz fitopatološkega in entomološkega prispevka mag. D. Jurca, nimajo logične povezave z znanimi biotskimi povzročitelji poškodb in deformacij na vegetacijskih organih rastlinja.

Iz mojih prejšnjih raziskovanj so mi bili podobni simptomi na nekaterih zeliščnih in grmovnih vrstah poznani iz Zasavskega imisijskega prostora, vendar v bistveno manjši izraženosti in tudi manjši pogostosti.

Druga podrobna rekognoscija dne 9.10.1986 v bistvu ne prinaša nič novega, le močno poškodovanost bukve (cela rjava pobočja) so posledica v tem letu močnega napada bukovega rilčkarja skakača (*Rhynchaenus fagi*). Pri tem terenskem ogledu smo več pozornosti posvetili tako imenovanemu pojavu osutosti ali presvetljenosti krošenj smreke in ugotovili podobno patološko situacijo kot marsikje v Sloveniji.

Naša opazovanja in meritve smo osredotočili na štiri skupno s predstavniki RUŽV določenih lokacij (Boršt, Setnikar, Todraž - separacija, P₁) in na lokacijo Sv. Urban nad Todražem (glej pregledno karto)



LEGENDA

1. Deponija Boršt
2. Setnikar (Kržišnik)
3. Separacija - Todraž
4. Sv. Urban
5. P1 - deponija rude

Če si ogledamo makroskopsko sliko poškodovanosti smreke na teh lokacijah izstopa Todraž s povprečno stopnjo 2, kar pomeni patološko izguba iglic od 26 - 60 %. Todražu po poškodovanosti - osutosti smreke sledi Boršt, vendar moramo na tej lokaciji upoštevati za smreko apriori slabo in dodatno še po človeku degradirano rastišče. Iglavci na lokacijah Setnikar in Sv. Urban so makrostopsko gledano v mejah normale.

b/ Kemične analize rastlinskih tkiv na vsebnost celokupnega žvepla:

Kratko pojasnilo: Posamezna rastlinska vrsta ima v določenem delu in položaju rastline v istem letnem času zelo konstantno, rastiščno neodvisno kemično sestavo. Onesnaženje zraka ali delovanje katerega koli fitotoksičnega agensa omenjeno konstantno kemično sestavo zelo hitro spremeni in to dejstvo je osnova za eno najstarejših a še danes povsod uporabljano kemično analitsko dignostično metodo, ta v našem primeru pove naslednje:

Rezultati kemičnih analiz

Vsebnost celokupnega žvepla v eno in dvoletnih smrekovih iglicah, bukovemu in hrastovemu listju (metoda: Westhoff - Sulmhomat)

a/ smreka

LOKACIJA	S ₁ %	r	S ₂ %	r	R	OPOMBE
BORŠT	0,086*	1	0,096*	1	1	1986
SETNIKAR	0,120	3	0,106	1	2	1986
TODRAŽ	0,119	3	0,104	1	2	1986
SV. URBAN	0,092	2	0,091	1	2	1986
SETNIKAR	0,118	3	0,115	2	3	1985

b/ Bukev

LOKACIJA	S %	Leto
BORŠT	0,115 *	1986
SETNIKAR	0,164	1986
TODRAŽ	0,137	1986

LOKACIJA	S %	Opomba	Leto
SETNIKAR	0,149	rjavo - ožgano	1985
SETNIKAR	0,128*	rdeče - vijol. pege	1985

c/ hrast

LOKACIJA	S %	Opomba
BORŠT	0,132*	
SETNIKAR	0,144	
TODRAŽ	0,150	
P ₁	0,150	deponija rude

d/ kostanj (toča)

S = 0,138 % (Setnikar) 1985

e/ češnja (Potokar)

S = 0,118 % 1985

Standardi za smreko (po modificirani metodi avstrijskega zveznega zakona o dopustnih vrednostih za vsebnost celokupnega žvepla v smrekovih iglicah)

enoletne iglice S_1 %	Razred (r1)
0,091	1
0,091 - <u>0,110</u>	2
0,111 - 0,130	3
0,130	4

dvoletne iglice S_2 %	Razred (r2)
0,111	1
0,111 - <u>0,140</u>	2
0,141 - 0,170	3
0,170	4

skupni razred (R) = r1 + r 2

vsota 2 = 1 = znatno pod normalo
vsota 3 in 4 = 2 = malo pod normalo
vsota 5 in 6 = 3 = malo nad normalo
vsota 7 in 8 = 4 = znatno nad normalo

— = mejni vrednosti

DISKUSIJA:

- Vsebnost celokupnega žvepla v eno in dvoletnih smrekovih iglicah je, razen vzorca letnikov 1985, pod mejnimi vrednostmi.
- Makroskopsko določena stopnja poškodovanosti smreke ne gre paralelno z vsebnostjo žvepla v iglicah.
- Z "žveplenim" onesnaženjem domnevno najbolj onesnažena lokacija Boršt izkazuje najnižje vrednosti 1. razreda (znatno pod normalo).
- Onesnaženost zraka z žveplenimi imisijami, določenimi s to kemično analitsko metodo, ne more biti vzrok za poškodovanost smreke na Žirovskem vrhu.
- Če v nadaljevanju poročila ne bomo ugotovili drugih vzrokov poškodovanosti gozdnega rastlinja na Žirovskem vrhu ostane odprto vprašanje uporabnosti te kemično analitske diagnostične metode v primerih ko je poškodovanost manjša ali atipična.
- O mejnih vrednostih za listovce je dosti protislovnih mnenj. Pustimo ob strani relativnost in ostanimo samo pri absolutnih vrednostih. Ne glede na drevesno vrsto in lokacijo (ponovno izjema Boršt) so vrednosti v praktično istem vrednostnem razredu.
- Zanimiva je ugotovitev, da je razlika med vsebnostmi celokupnega žvepla od slane do 75 % ožganin (rjavih) listih in listih z na Žirovskem vrhu ugotovljenimi rdečkasto - vijoličasto obarvanimi in rahlo nabuhlimi listi minimalna pa vendar obstoji.
- Zanimiva je vsekakor tudi ugotovitev, da smo prav tam kjer smo pričakovali največjo vrednost celokupnega žvepla (lokacije Boršt, Setnikarjevo rdeče - vijolično pegavo bukovo in hrastovo listje - rezultati označeni z *) dobili najnižje vrednosti. Pri tem se moramo vprašati, kateri je tisti fitotoksični agens, ki tam poškodbe povzroča..Zelo malo je indicij, da bi bilo to žveplo v takšni ali drugačni obliki. Poleg tega pa se nam poraja še eno vprašanje, zakaj je v omenjenih primerih žvepla celo manj v rastlinskih tkivih. Je tu na delu določeni fitotoksični agens, ki zavira absorpcijo žvepla?

mag. D. Jurc:

FITOPATOLOŠKE RAZISKAVE

Različni škodljivi biotski in abiotski dejavniki lahko poškodujejo gozdno rastlinje. Specifična zunanja znamenja poškodb nam omogočajo določitev zajedavskih gliv, škodljivcev in nekaterih abiotskih dejavnikov, ki so določene poškodbe povzročili. Naše delo je bilo ugotoviti povzročitelje poškodb gozdnega drevja v okolici deponije Boršt, kmetije pri Setnikarju in separacije Todraž.

Terensko delo smo opravili v dveh dneh:

raziskovalne ploskve smo izbrali 9.10.1986, vzorce poškodovanih rastlinskih delov pa smo na ploskvah nabrali 15.10.1986. Pregledali smo drevje gozdnega roba, predvsem pa drevje v okolici smrek iz katerih so bili odvzeti vzorci za kemijske analize. Nabrane vzorce smo v fitopatološkem laboratoriju pregledali z binokularno lupo in mikroskopom ter determinirali povzročitelje poškodb. Poškodovane smrekove iglice smo tri dni gojili pri 23 °C v vlažni komori, da so se razvila trosišča v njih razraščeni gliv.

1. Bolezni

1. Okolica deponije Boršt

a/ hrast (dob in graden)

- na listih so rdečkastorjave ali rjave pege s premerom do 1,5 cm. V sredini teh peg so se razvila drobna (premer 100 - 200 μm) trosišča zajedavske glive *Discula umbrinella* (Berk. et Br.) Sutton.
- mlade poganjke in liste je močno okužila hrastova pepelovka (*Microsphaera alphitoides* Griffon et Moubanc). Gliva oblikuje sivo belo prevleko - površinsko razraslo podgobje na listih in poganjkih, na podgobju pa so številna črna trosišča (kleistoteciji) z značilnimi priveski (appendices). Bolezen povzroča nekrotične pege na listju in odmiranje poganjkov, predvsem kresnih.

b/ javor:

- na listih so številne črne pege, ki so sklerociji zajedavske glive *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. Okuženi listi predčasno odpadejo.

c/ trepetlika:

- liste je močno okužila rja *Melampsora* sp. Poleg redkih uredijev z uredosporami so bili na listih razviti predvsem teliji s teliosporami.

č/ evropski macesen:

- veje se sušijo zaradi macesnovega raka, ki ga povzroča zajedavska gliva *Lachnellula wilkommii* (Hartig) Dennis. Tipičnih rakavih ran na vejah in deblu nismo opazili, na odmrlih vejah na drevesu in na odpadlih vejah pa so bila razvita značilna trosišča (apoteciji) te glive. Premer imajo do 3 mm, trosovnica je rumenooranžna, šterilni del je bel in dlakav, imajo kratek pecelj.

d/ breza

- liste je rahlo okužila brezova rja (*Melamporidium betulinum* /Fr./Kleb.) Razviti so teliji s teliosporami.
- na listih so številne črne okrogle pege, ki merijo v premeru nekaj mm. Očitno jih povzroča zajedavska gliva, vendar trosišč ni oblikovala, zato je nismo mogli determinirati.

e/ pravi kostanj:

- rjave pege na listih povzroča zajedavska gliva *Phyllosticta maculiformis* Sacc., spolna oblika glive se imenuje *Mycosphaerella maculiformis* (Pers.) Schroet..Listi so močno okuženi in pege se pogosto združujejo, tako da obsega nekrotizirana površina lista večino listne ploskve.

f/ smreka:

- na porjavelih iglicah, ki pa še niso odpadle, ni bilo razvitih trosišč nobene glive. V mezofilu iglic pa smo opazili posamične rjave hife, ki so dokazovale, da je iglice okužila neka gliva. Zato smo rjave, odmrle iglice tri dni gojili pri 23 °C, na vlažnem filtrirnem papirju. Razvila so se trosišča glive *Rhizosphaera kalkhoffii* Bub., ki so izraščala iz listnih rež na spodnji strani iglic. Glivo v literaturi navajajo kot gniloživko ali kot pogojno zajedavsko glivo, ki lahko okuži le odmrle ali močno oslabiljene iglice.

g/ fuchscov grint (Senecio fuchsii):

- na listih je obilno razvito površinsko podgobje in številna trosišča pepelovke *Erysiphe cichoracearum* D.C. ex Merat.

2.) Gozd nad kmetijo pri Setnikarju:

a/ hrast (dob in graden):

- *Microsphaera alphitoides*
- pege na listih povzročča nedeterminirana gliva iz poddebla Deuteromycotina in razreda Hyphomycetes.

b/ bukev:

- na listih povzročča do nekaj cm velike, nepravilne pege zajedavska gliva *Gloeosporium fagi* (Desm. et Rob.) Westend. Spolna oblika glive se imenuje *Apiognomonium errabunda* (Rob.) Höhn. Pege so redke in bolezen ne povzročča škode.

c/ smreka - *Rhizosphaera kalkhoffii*

č/ pravi kostanj

- *Phyllosticta maculiformis*

d/ gozdni črnilec (*Melampyrum silvaticum*)

- na listih in steblih so številni urediji in teliji rje *Coleosporium melampyri* Tul. Gostitelja te rje sta še rdeči bor in rušje.

e/ grahor (*Lathyrus montanus*)

- liste je močno okužila pepelovka *Erysiphe trifolii* Grev.

3. Okolica separacije Todraž, gozd na južnem pobočju hriba s cerkvijo Sv. Urbana.

a/ smreka

- *Rhizosphaera kalkhoffii*

- naraven pomladek se množično suši. Na vejah in debelcih niso razvita trosišča nobene glive. Menimo, da se drevesa sušijo zaradi pomanjkanja svetlobe v pregostem sestoj.

b/ hrast

- *Microsphaera alphitoides*

II. Škodljivci

Pisec tega poročila je fitopatolog, zato škodljivci niso podrobneje obdelani. Navajamo le tiste, ki so najbolj poškodovali gozdno drevje in so razširjeni na vsem področju.

spremembe v izgledu listja povzročil nek drug škodljivi dejavnik, ne vemo. V letu 1986 nismo opazili tako jasno izražene spremembe barve in oblike bukovega listja.

Naštete bolezni gozdnega drevja na vsaki ploskvi so v razponu od popolnoma običajnih, ki se pojavljajo v vsej Sloveniji, do redkih, kar pa je prej odraz neraziskanosti bolezni gozdnega drevja pri nas kot pa pokazatelj večje ogroženosti raziskovalnega območja zaradi bolezni in škodljivcev.

Posebej smo bili pri delu pozorni na makroskopka znamenja kakršnihkoli poškodb, ki bi bile neobičajne ali nam neznane. Probleme pri tem delu smo imeli predvsem zaradi neidealnega termina terenskega dela (zaradi drugih delovnih obveznosti tega dela nismo mogli opraviti v optimalnem času in večkrat - spomladi, poleti in jeseni, to je bilo nemogoče tudi zaradi majhnega števila ur, ki so bile namenjene za vsako raziskavo - 50 ur). Drevje je listje že odmetavalo, saj je jutranji mraz povzročil njegovo naglo odmiranje, rjavenje in odpadanje. Gozd je imel jesenski izgled, kakršnega bi pričakovali v okviru poprečne poškodovanosti gozda pri nas.

Moramo pa opozoriti, da enkratni fitopatološki pregled, ki obsega makroskopsko opazovanje simptomov na terenu ter pregled vzorcev v laboratoriju, ne more zaslediti subtilne, drobne spremembe zdravstvenega stanja vegetacije. Velikost poškodb in simptomi, ki jih povzročajo škodljivi biotski dejavniki, so močno odvisni od vsako leto spreminjajočih se ekoloških razmer in znamenja poškodovanosti zaradi neznanih ali predvidenih možnih abiotskih dejavnikov so lahko "prekrita", "zabrisana" s simptomi znanih škodljivih dejavnikov. Odgovor na vprašanje ali so v okolici RUŽV prisotne nove ali neobičajne poškodbe gozdnega rastja je torej nepopoln in nedokončen. Za nedvoumne zaključke bi bile potrebne daljše raziskave, stalne raziskovalne ploskve in verjetno tudi eksperimentalno izpostavljanje testnih rastlin vsem možnim škodljivim dejavnikom, ki se pojavljajo na področju Rudnika urana Žirovski vrh.

dr. F. BATIČ

LIHENOLOŠKE ANALIZE

1. UVOD

V okolici rudnika urana na Žirovskem vrhu smo analizirali epifitsko lišajsko floro. Namen raziskave je bil ugotoviti eventualen vpliv rudnika na okolico z vidika onesnaženosti zraka. Epifitski lišaji so zaradi svoje zgradbe in načina življenja znani bioindikatorji kvalitete zraka, o čemer je na voljo veliko tuje (Ferry in sod. 1973, Deruelle 1978, itd.) pa tudi domače literature (Batič in sod. 1979, Batič & Martinčič 1981, 1982). Še posebej so lišaji dobri indikatorji onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom, fluoridi, težkimi kovinami in nekaterimi radioaktivnimi snovmi. Za primere onesnaženja zraka s SO_2 so angleški avtorji (Hawksworth & Rose 1970, Gilbert 1970 b) s hkratnim opazovanjem epifitskih lišajev in merjenjem koncentracije SO_2 v zraku izdelali občutljivostne lišajske lestvice z ozirom na ta polutant. Pojavljanje ali izginotje določene epifitske lišajske vrste nakazuje čisto določeno koncentracijo žveplovega dioksida v zraku, pri čemer epifitski lišaji odražajo bolj dolgoročno obremenitev okolja s tem polutom kot pa trenutno stanje. Najboljša je korelacija med stanjem epifitske lišajske flore in povprečno mesečno koncentracijo SO_2 v zraku, izmerjeno kot povpreček zimskih mesecev. Natančnost določanja SO_2 v zraku s pomočjo te lišajske lestvice je okrog 10 mikrogramov SO_2/m^3 . Zaradi klimatskih in drugih vzrokov pa te lestvice ne moremo nespremenjene uporabiti pri nas, saj jo moramo tudi mi prej preveriti z neposrednimi meritvami polutantov. Za druge polutante so koncentracijske meje uspevanja epifitskih lišajev poznane še za fluoride, medtem ko so podatki za ozon, dušikove okside in organske oksidante še zelo različni. Za vse te primere velja, da epi -

fitski lišaji s svojo prisotnostjo ali izginotjem nakazujejo njihovo koncentracijo v zraku in so torej aktivni bioindikatorji. Drugače je v primeru onesnaženja zraka s težkimi kovinami in radioaktivnimi snovmi, kjer izkoriščamo le veliko akumulatorsko sposobnost epifitskih lišajev, ki te snovi le kopičijo, poškodbe na njih pa so dalj časa neopazne.

Rudnik urana na Žirovskem vrhu je prvi industrijski objekt v Sloveniji, kjer smo stanje epifitske lišajske vegetacije analizirali pred začetkom delovanja rudnika (Martinčič in sod.1977.). Tako imamo sedaj možnost primerjati stanje in ugotavljati vpliv delovanja rudnika na okolico. Poleg popisov epifitskih lišajev na večini drevesnih vrst v gozdu in sadovnjakih (osem popisnih mest), je bila pred začetkom obratovanja rudnika analizirana še vsebnost radioaktivnih snovi v steljkah nekaterih epifitskih lišajskih vrst (Stegnar in sod. 1978). Na željo rudniške uprave smo se letos odločili ponovno preučiti stanje epifitske lišajske flore v okolici rudnika in s tem ugotoviti eventuelen delež, ki ga ima rudnik pri onesnaževanju okolja. Glede na to, da smo imeli premalo časa in da so se nekatere okoliščine spremenile smo od starih popisnih mest izbrali le dve, dve pa smo postavili na novo . Izbrali smo tista mesta, ki so najbližje predelavi rude in deponiji jalovine, kjer je pričakovati tudi največji vpliv.

2. MATERIAL IN METODE

Epifitsko lišajsko vegetacijo smo pregledali na naslednjih mestih:

- 1) Popis po profilu hriba od tovarne do cerkvice Sv.Urbana (star popis št. 3)
- 2) Popis nad kmetijo Potokar (star popis št.6)
- 3) Popis v okolici deponije jalovine (nov popis)
- 4) Popis v okolici kmetije Setnikar (nov popis)

Enako kot prvič smo tudi ob tem popisu inventarizirali vso epifitsko lišajsko floro na večini drevesnih vrst v gozdu in sadovnjakih na zgoraj omenjenih točkah popisa. Podobno kot prvič smo tudi to pot popisovali v profilu glede na eventualen vir polutantov in topografijo pokrajine. Poleg vrstnega sestava smo pri večjih vrstah lišajev opazovali še tipične poškodbe steljke, njihovo pogostnost, pokrovnost in mesto rasti na drevesih. Pri vrsti *Hypogymnia physodes* smo analizirali vsebnost klorofila v steljki.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

Rezultati popisa epifitske lišajske flore so prikazani v popisih od 1 do 4. Na popisnih mestih, kjer smo imeli na razpolago popise iz leta 1977 so manjkajoče vrste označene z znakom - , nove, dodatne vrste pa z znakom +. Ker pri prvem popisu ni bila zajeta ocenitev stanja (pogostnost, pokrovnost in poškodovanost steljk posameznih epifitskih lišajskih vrst) ga tudi zdaj v tabelah ne navajamo. Primerjava epifitske lišajske flore pred začetkom obratovanja rudnika in njenim stanjem danes kaže, da se vrstni sestav ni bistveno spremenil, vendar opažamo že začetke tega procesa. Večina vrst je prisotnih v obeh popisih na vseh vrstah podlag. Pri primerjavi se moramo zavedati, da takšni enkratni posnetki stanja nikdar ne morejo zajeti vseh vrst. Zato ni čudno, da je število vrst ob drugem popisu ponekod celo večje. Ugotavljamo, da so prisotni še vsi trije tipi epifitskih lišajev, to je listasti, skorjasti in grmičasti. Tudi vrstni sestav je za izbrana podlage in biotope še dokaj pester, kar kaže predvsem še velika številčnost vrst iz rodov *Parmelia*, *Hypogymnia*, *Lecanora*, *Pertusaria* in *Opegrapha*. Tudi epifitske lišajske združbe, značilne za posamezne podlage so zaenkrat še ohranjene. To velja predvsem za bolj kisle in nevtralne podlage kot so hrasti, iglavci in do neke mere tudi bukev. Tako v gozdu kot v sadovnjakih

še najdemo tudi občutljivejše vrste, vendar so razlike v njihovem stanju med posameznimi popisnimi mesti zelo velike. Na občutljivejših vrstah, predvsem iz rodov *Usnea*, *Evernia*, *Ramalina*, *Alectoria*, *Anaptychia*, *Pseudevernia*, pa tudi na vrstah iz rodu *Parmelia* in *Hypogymnia* so poškodbe, ki kažejo prisotnost polutantov v zraku zelo jasne. To so predvsem kloroze in nekroze na robovih steljk, zelo očitna pa je tudi tvorba regeneracijskih krpic. Te poškodbe nastanejo povsod tam, kjer so lišaji izpostavljeni delovanju SO_2 , fluoridov in vplivu prometa. Zabeležili smo jih pri svojih opazovanjih okrog znanih virov onesnaženja zraka v Sloveniji (Šoštanj, Trbovlje, Kidričevo) in pri presajevanju lišajev v onesnaženo okolje (Ljubljana). Te poškodbe steljk so najbolj izrazite na popisnih mestih 1 in 2. Najbolj občutljive vrste, kot so na primer sivi kodravček (*Anaptychia ciliaris*), vrste iz rodu *Ramalina* (*R. fastigiata*, *R. farinacea*, *R. pollinaria*), *Evernia prunastri*, *Usnea subfloridana* in *Pseudevernia furfuracea* postopoma propadajo. Njihove steljke so ne normalno razvite, pogosto čisto zakrnele. Izpostavljeni deli steljk teh vrst so klorotični in nekrotični, izredno močno je prisotna tudi tvorba regeneracijskih krpic, ki še posebej dobro kaže na stresno situacijo, v kateri so se znašle te rastline. Najbolj nenormalni so primerki z jesena, ki raste približno 200 m od predelave rude (popis Ia F) in lišaji s češnjetik pod deponijo jalovine (popis 2 b). V prvem primeru so močno deformirane izredno občutljive vrste (*Anaptychia ciliaris*, *Ramalina fastigiata*, *R. farinacea*, *Evernia prunastri*), v drugem pa so poškodbe močno izražene tudi na rezistentnih vrstah kot sta *Hypogymnia physodes* in *Parmelia sulcata*. V milejši obliki smo opazili poškodbe steljk na celem pregledanem območju. Tudi listaste vrste, katerih flora in vegetacija sta še dokaj normalni, kažejo poškodbe. Posebno bolj občutljive (*Cetrelia olivetorum*, *Platismatia glauca*, *Parmelia caperata*, *P. scorstea*, *P. subrudecta* itd.) so močno poškodovane. Tudi najbolj rezistentne listaste vrste kot sta n.pr.

Hypogymnia physodes in Parmelia sulcata so ponekod že močno poškodovane. Naslednja stvar, ki smo jo opazili, je izginjanje nekaterih nevtrofilnih vrst s podlag kot so jesen, javor, oreh in do neke mere tudi s sadnega drevja. Tako na popisnih mestih 1 in 2 komaj da še najdemo vrste iz rodov Physcia, Physconia in Xanthoria, na popisnem mestu 3 pa je njihovo stanje še zadovoljivo.

Poleg popisa lišajev in opazovanja poškodb steljk smo na vseh popisnih mestih pobrali še vzorce napihnjene hipogimnije (*Hypogymnia physodes* (L.) (Nyl.) za analizo klorofila. Rezultati analize so prikazani na tabeli 1. Vsebnost klorofila je na vseh popisnih mestih zelo nizka, tudi za polovico nižja kot je za to vrsto normalno (Batič in Martinčič 1981, Batič 1985, 1986). Glede na to, da koncentracija klorofila v steljki, posebno pa še vsebnost klorofila a zelo dobro odraža vpliv zračnih polutantov na lišaje, lahko trdimo, da so ti v tem okolju prisotni. Količina klorofila a je najnižja na popisnih mestih 1a in 1c, torej najbližje predelavi rude. Na tem mestu so tudi poškodbe občutljivejših lišajev največje. V neposredni okolici deponije (2a, 2b) je klorofila a več, pač pa opazamo povečanje količine klorofila, b, kar je tudi eden izmed znakov delovanja polutantov (Batič in Martinčič, 1981).

4. ZAKLJUČKI

Iz ponovnega pregleda stanja epifitske lišajske flore v okolici rudnika urana na Žirovskem vrhu lahko zaključimo sledeče:

- Epifitska lišajska flora je v primerjavi s stanjem pred začetkom obratovanja še dokaj bogata. Vrstni sestav zaenkrat na večini podlag še ni bistveno spremenjen.
- Prisotnost polutantov v zraku (SO₂, HF ali kateri drugi) je očitna. Dokazujejo jo poškodbe na steljkah občutljivejših vrst epifitskih lišajev, njihovo postopno propadanje na izpostavljenih mestih in vsebnost klorofila v steljkah vrste *Hypogymnia physodes*.

- Natančen vir in vrsto zračnih polutantov, ki so poškodovali epifitske lišaje v okolici rudnika je težko določiti. Vemo, da je stanje epifitske lišajske vegetacije v Sloveniji danes že povsod bolj ali manj spremenjeno. Da pa rudnika kot možnega emitenta polutantov v tem primeru ne moremo izključiti kažeta popisa in analiza lišajske flore na mestih 1 in 2.

- Po dognanjih tujih avtorjev (Barkman 1958, Hawksworth Rose, 1970, Gilbert 1970b, itd) in po lastnih spoznanjih (Batič in Martinčič, 1981) lahko sklepamo na vpliv žveplovega dioksida, vendar je njegova koncentracija še tako nizka, da ni pričakovati še večjih vidnih poškodb na višjih rastlinah.

- Količina je količina drugih polutantov in kateri so, na osnovi analize epifitske lišajske flore ne moremo ugotoviti. Glede na to, da so epifitski lišaji znani akumulatorji radioaktivnih snovi, bi bilo umestno narediti tovrstne analize, posebej še zaradi izredno močnih in nenavadnih poškodb steljk, ki jih opažamo v okolici predelave rude in deponije jalovine.

A) *Fagus*, *Carpinus*, *Corylus*

+ *Parmelia subrudecta*, *P.glabratula* ssp.*glabratula*, *P.caperata*,
P.sulcata, + *Pertusaria albescens*, - *Lecanora subfusca* s.l.,
- *Pertusaria amara*, - *P.hymenea*, - *Ramalina roeslerii*

A) *Fraxinus*, *Acer*, *Tilia*

+*Normandia pulchella*, + *Candelariella reflexa*, + *Caloplaca herbidella*,
Parmelia caperata, + *P.perlata*, *P.scorteae* v.*pastilifera*, *P.saxatilis*,
P.sulcata, *P.glabratula* ssp. *glabratula*, - *P.laevigata*, - *P.subrudecta*,
Ramalina farinacea, *Candelaria concolor*, + *Physcia orbicularis*,
- *Ph.labrata*, *Pertusaria albescens*, *P.amara*, *Lecidea euphorea*,
Tomasellia sp., - *Cetrelia olivetorum*, - *Xanthoria polycarpa*,
+ *Arthonia* sp., *Graphis scripta*, + *Opegrapha* sp., *Xanthoria parietina*,
+ *Lecanora allophana*, + *Buellia* sp.

AF * *Fraxinus*

Anaptychia ciliaris, *Candelaria concolor*, *Cetrelia olivetorum*, *Evernia*
prunastri, *Graphis scripta*, *Hypogymnia physodes*, +*Collema furfuraceum*,
Lecidea euphorea, *Lecanora subfusca* s.l., + *Normandia pulchella*,
Parmelia caperata, *P.arnoldii*, *P.glabratula* ssp.*glabratula*, - *P.saxatilis*
- *P.scorteae* v. *pastilifera*, - *P.subrudecta*, *P.sulcata*, *Pertusaria*
albescens, *P.amara*, + *P.coccodes*, + *P.leioplaca*, + *P.pertusa*, *Physcia*
aipolia, *Ph.ascendens*, - *Ph.labrata*, *Physconia pulverulenta*, *Ramalina*
fastigiata, *R. farinacea*, *R.pollinaria*, +*R.roeslerii*, *Usnea subfloridana*,
- *Xanthoria*

A) QUERCUS

+*Cladonia* sp., + *Candelariella reflexa*, - *Evernia prunastri*,
- *Graphis scripta*, + *Lepraria* sp., - *Lecanora subfusca* s.l.
- *Lecidea euphorea*, *Parmelia caperata*, *P.sulcata*, *P.tylorensis*,
- *P.glabratula* ssp.*glabratula*, + *Normandia pulchella*, *Pertusaria*
amara, + *P.szatalai*, *P.albescens*, + *Pertusaria* sp., + *Hypogymnia*
physodes, - *Ramalina pollinaria*

B) *Fagus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Ostrya*

Graphis scripta, *Pertusaria amara*, + *P.pertusa*, *P.hymenea*, + *Hypogymnia*
physodes, + *Parmelia scorteae*, *P.glabratula* ssp.*glabratula*, *P.saxatilis*,
- *P.caperata*, - *P.exasperatula*, - *P.sulcata*, + *Opegrapha atra*,
+ *Opegrapha* sp., + *Lecanora chlorotera*, - *L.intumescens*, + *Cladonia*
parasitica, - *Lecidea euphorea*, - *Ramalina roeslerii*

B) *Quercus*

+ *Graphis scripta*, + *Lepraria* sp., + *Lecanora chlorotera*, +*Parmelia*
caperata, + *P.glabratula* ssp.*glabratula*, + *P.scorteae*, - *P.subrudecta*,
+ *P.saxatilis*, + *Pertusaria amara*, + *P.albescens*

B) Pinus, Picea

+ Cladonia coniocraea, Hypogymnia physodes, Parmelia caperata,
+ P.glabratula ssp.glabratula, P.saxatilis, - P. sulcata,
+ Parmeliopsis ambigua, P.hyperopta

B) Acer, Fraxinus, Tilia

+ Graphis scripta, + Lecanora chlarotera, + Lepraria sp., + Opegrapha
sp., + Parmelia sulcata, + P.glabratula ssp.glabratula, + Pertusaria
albescens v.globulifera

C) Fraxinus

+ Candelaria concolor, + Hypogymnia phycodes, + Lecanora chlarotera,
+ Lecidea euphorea, Parmelia glabratula ssp. glabratula, P.sulcata,
P.scorteae v.pastilifera, P.caperata, Platismatia glauca, Pertusaria
sp., - Pyrenula nitidella

C) Fagus, Ostrya

+ Caloplaca citrina v. phlogina, + C.herbidella, + Candelariella
reflexa, Graphis scripta, Lepraria sp., + Lecidea elaeochroma,
+ Lecanora chlarotera, Lecidea euphorea, Parmelia saxatilis, P. sub-
rudecta, + P.scorteae v.pastilifera, + P.glabratula ssp. glabratula,
P.sulcata, Pertusaria amara, P.hymenea

C) Pinus, Picea

+ Pseudevernia furfuracea, Hypogymnia physodes, -Chaenotheca chryso-
cephala, Parmelia caperata, Parmeliopsis hyperopta, + P.ambigua,
- Pertusaria amara

POPIS 2

A) *Quercus*

Evernia prunastri, *Cetrelia olivetorum*, *Candelariella* sp.,
Cladonia coniocraea, *Cl. parasitica*, *Caloplaca citrina* v. *phlogina*
Alectoria nadvornikiana, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora jamesii*,
L. carpinea, *L. pallida*, *Lecidea euphorea*, *Normandina pulchella*,
Parmelia caperata, *P. glabratula* ssp. *glabratula*, *P. laevigata*,
P. saxatilis, *P. scorteae* v. *pastilifera*, *P. subrudecta*, *Pertusaria*
albescens, *P. amara*, *P. szatalai*, *Platismatia glauca*, *Ramalina*
farinacea, *R. roeslerii*, *Usnea subfloridana*

A) *Juglans*

Candelaria concolor, *Candelariella* sp., *Evernia prunastri*, *Hypogymnia*
physodes, *Lecanora glabrata*, *L. carpinea*, *L. intumescens*, *Lecidea*
euphorea, *Parmelia caperata*, *P. glabratula* ssp. *glabratula*, *P. glabra-*
tula ssp. *fuliginosa*, *P. scorteae* v. *pastilifera*, *P. subrudecta*,
P. sulcata, *Pertusaria albescens*, *P. szatalai*, *P. amara*, *Physcia ascendens*,
Ramalina fastigiata, *R. pollinaria*

A) *Pinus*, *Picea*, *Larix*

Alectoria nidulifera, *Hypogymnia physodes*, *H. bitteriana*, *Lecanora*
subfusca s.l., *Lecanora* sp., *Parmelia* sp., *Pseudevernia furfuracea*,
Usnea subfloridana

A) *Malus*, *Pyrus*, *Prunus*

Cladonia coniocraea, *Caloplaca citrina* v. *phlogina*, *Cladonia chloro-*
phaea, *Collema* sp., *Candelaria concolor*, *Evernia prunastri*,
Hypogymnia physodes, *Lecanora jamesii*, *Normandina pulchella*, *Parmelia*
caperata, *P. laciniatula*, *P. glabratula* ssp. *glabratula*, *P. saxatilis*,
P. scorteae v. *pastilifera*, *Pertusaria albescens*, *P. amara*, *Physcia*
ascendens, *Ramalina pollinaria*, *Usnea* sp.

B) Quercus

Canderaliella reflexa, Caloplaca citrina v. phlogina , Cladonia coniocraea , Hypogymnia physodes, Lepraria sp., Lecanora carpinea, L. intumescens, L. jamesii, L. pallida, Lecidea euphorea , Normandia pulchella ,Cladonia fimbriata, Parmelia caperata, P. glabratula ssp. glabratula, P. scorteia v. pastilifera, P. saxatilis, P. sulcata, P. taylorensis , Pertusaria albescens, P. coccodes, P. flavida, P. szatalai, Pertusaria sp., Ramalina sp., Platismatia glauca Arthonia sp., Bacidia sp., Opegrapha sp., Graphis scripta, Buellia disciformis, Caloplaca herbidella, Ochrolechia pallescens ,Lecanora subfusca, Opegrapha rufescens, O. atra, Cladonia parasitica, Pertusaria hemisphaerica

B) PRUNUS , Malus, Pyrus

Alectoria nidulifera, Parmelia caperata, P. sulcata , Pseudevernia furfuracea , Hypogymnia physodes , Parmelia saxatilis, P. laciniatula, Hypogymnia tubulosa, Usnea subfloridana, Pertusaria albescens, P. pertusa, Lecanora pallida, Platismatia glauca

C) Picea, Pinus

Alectoria nadvornikiana, Cladonia digitata, Cl. parasitica, Evernia prunastri , Lecanora subfusca sl., Pertusaria miniescens, Parmelia saxatilis, Hypogymnia physodes

C) Fagus

Cladonia coniocraea, Graphis scripta , Hypogymnia physodes, Lecanora jamesii , Lecidea euphorea, Opegrapha sp., Parmelia caperata, P. glabratula ssp. fuliginosa , P. glabratula ssp. glabratula, P. saxatilis, P. sulcata, P. subrudecta, P. taylorensis, Pertusaria albescens v. corallina, P. amara , P. pertusa, P. szatalai , Lecidea elaeochroma

C) Quercus

Acrocordia alba, Caloplaca citrina v. phlogina, Cetrelia olivetorum, Cladonia coniocraea, Cl. parasitica, Hypogymnia physodes, Lecanora subfusca s.l., Lecidea euphorea, Normandina pulchella, Parmelia caperata, P. glabratula ssp. glabratula, P. saxatilis, P. subrudecta, Pertusaria albescens v. albescens, P. albescens v. corallina, P. amara, P. coccodes, P. flavida, Pseudevernia furfuracea, Ramalina farinacea

POPIS 3

Quercus

Arthonia lurida, Cladonia coniocraea, Cl. macilenta, Cl. parasitica, Cl. digitata, Cetrelia olivetorum, Evernia prunastri, Hypogymnia physodes, Lecanora sp., Lecidea euphorea, Parmelia caperata, P. glabratula ssp. glabratula, P. saxatilis, P. sulcata, P. taylorensis, Parmeliopsis ambigua, Platismatia glauca, Pseudevernia furfuracea, Pertusaria albescens, P. amara,

Picea

Alectoria nadvornikiana, Cladonia parasitica, Evernia prunastri, Hypogymnia bitteriana, H. physodes, H. tubulosa, Lecanora sp., Parmelia caperata, P. saxatilis, P. sulcata, Parmeliopsis ambigua, P. hyperopta, Pertusaria miniescens, Usnea subfloridana

Malus, Pyrus, Prunus

Alectoria nadvornikiana, A. nidulifera, Candelaria concolor, Cetrelia olivetorum, Cladonia coniocraea, Evernia prunastri, Buellia punctata, Hypogymnia physodes, Normandina pulchella, Lecanora subfusca s.l., Parmelia caperata, P. glabratula ssp. glabratula, P. glabratula ssp. fuliginosa,

Parmelia laciniatula , *P.scorteav.pastilifera* , *P.saxatilis*,
P.sulcata, *Pertusaria albescens* , *P.amara*, *P.coccodes*, *P.szatalai*,
Physcia ascendens, *Pseudevernia furfuracea* , *Platismatia glauca*

Juglans

Anaptychia ciliaris , *Candelaria concolor*, *Lecidea euphorea*, *Lecanora*
carpinea, *Hypogymnia physodes* , *Parmelia caperata*, *P.glabratula* ssp.
glabratula, *P.scorteae v. pastilifera*, *P.subrudecta*, *P.sulcata*,
Pertusaria albescens , *Physcia aipolia* , *Ph. ciliata*, *Ph. orbicularis*,
Physconia pulverulenta , *Ramalina fastigiata* , *Xanthoria parietina*

Fagus

Graphis scripta , *Lecanora chlorotera* , *Hypogymnia physodes*, *Parmelia*
glabratula ssp.*glabratula*, *P.elegantula*, *P.scorteae v. pastilifera*,
P.saxatilis, *P.sulcata* , *Pertusaria pertusa* , *P.amara*

POPIS 4

Quercus

Alectoria nadvornikiana, *Alectoria nidulifera*, *Cladonia coniocraea* ,
- *Cl. digitata*, - *Cl. furcata*, - *Cl. nemoxyna*, *Cetraria pin-astri* , *Evernia*
prunastri , + *Lecanora subfusca* , *Lecanora sp.*, + *L. pallida*, *Lecidea*
euphorea, *Hypogymnia physodes*, - *Parmelia caperata*, *P.glabratula* ssp.
fuliginosa, *P.glabratula* ssp.*glabratula*, *P.sulcata* , *Platismatia glauca*,
Pertusaria amara, *Ramalina farinacea*, + *R. roeslerii* , + *Usnea subflo-*
ridana , - *Graphis scripta* , + *Acrocordia alba*

Malus , Pyrus, Prunus

Arthonia sp., + Buellia punctata, + Candelaria concolor , + Cetrelia
olivetorum, - Cladonia macilenta , Evernia prunastri, Hypogymnia
physodes, Lecanora subfusca s.l. , Lecidea euphorea, Parmelia caperata,
+ Parmelia glabratula ssp. glabratula , P.laciniatula , P.scortea , v.
scortea,+P. subrudecta, P.sulcata , - Platismatia glauca , Pertusaria
albescens , + P.amara , + Pseudevernia furfuracea , Physcia ascendens,
+ Usnea subfloridana , - U.glabrata

PINUS , Picea

Hypogymnia physodes , Evernia prunastri, Parmelia saxatilis , Chenotheca
chrysocephala

TABELA 1 : VSEBNOST KLOFORILA (miligrami/na g suhe teže) V STELJKAH
EPIFITSKEGA LIŠAJA (*Hypogymnia physodes* (L.)Nyl.) V OKOLICI
RUDNIKA URANA NA ŽIROVSKEM VRHU

Odvzemno mesto	Vsebnost klorofila			
	a	b	a + b	a / b
1A	0,127	0,060	0,187	2,12
1AF*	0,242	0,256	0,498	0,94
1C	0,111	0,058	0,169	1,91
2A	0,244	0,104	0,348	2,35
2B	0,434	0,194	0,628	2,24
2C	0,114	0,053	0,167	2,15
3	0,226	0,099	0,325	2,28
4	0,157	0,080	0,237	1,96

5. LITERATURA

Batič, F., Martinčič, A., Smrdu, N., Vrhovšek, D., 1979: Epifitska flora in onesnaženje zraka na področju mesta Ljubljane. Drugi kongres ekologa Jugoslavije: 149-163, Zagreb

Batič F., Martinčič, A., 1981: Vpliv onesnaženega zraka na propadanje klorofila v nekaterih vrstah presajenih lišajev. Biol. Vestn. 29(2):1-22

Batič, F. Martinčič, A., 1982: Vpliv fluoridov iz tovarne glinice in aluminija v Kidričevem na epifitsko floro lišajev. Biol. vestn. 30 (2):1-22

Batič, F. 1986: Epiphytic lichen vegetation in service of forest dieback studies. 18th IUFRO World Congress Ljubljana, Div. 2, Vol. 2.: 825.

Barkman, J.J., 1969: The influence of air pollution on bryophytes and lichens. In : Air Pollution, Proceedings of the first european congress on the influence of air pollution on plants and animals : 197-209, Wageningen, The Neatherlands

Deruelle, S., 1978 : Les lichens et la pollution atmospherique. Bull. Ecol. 9 (2) : 87-128

Ferry, B.W., Baddley, M.S., Hawksworth, D.L., 1973 : Air pollution and lichens. University of London The Athlone Press, London, UK

Gilbert, O.L. 1970b : Biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. New Phytol. 69 : 629-634

Hawksworth, D.L. & Rose, F., 1970 : Qualitative scale for estimation sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227 : 145-148.

Martinčič, A., in sod., 1977: Biološke raziskave na območju rudnika urana Žirovski vrh. Zaključno poročilo, Inštitut za biologijo UEK, Ljubljana

Stegnar, P., in sod., 1978 : Raziskave indikatorskih organizmov v okolju. Poročilo IJŠ za leto 1978, Ljubljana

dr. Blanka Druškovič

CITOGENETSKE RAZISKAVE

Kadar govorimo o poškodovanosti rastlin na določenem območju, pri tem večinoma mislimo pojavljanje različnih vizuelnih efektov kot so n.pr. spremembe v barvi listov in iglic, spremembe v oblikovanosti listov, spremembe v obliki rasti itd. Pri tem pa se mnogo premalo zavedamo, da so vizuelne spremembe velikokrat le zunanji odraz sprememb in poškodb v notranjosti rastlin, v notranjosti listov, v notranjosti celic.

V mnogo primerih je stvar še resnejša. Obstaja namreč čedalje več dokazov - tudi mi smo jih zbrali že precejšnje število (Druškovič 1981 - 1986) - da poleg vidnih poškodb rastlin v ekološko obremenjenih predelih nastopajo tudi poškodbe genetskega materiala. Te nastanejo kot posledica prisotnosti t.im. genotoksičnih agensov (kemijskih in fizikalnih dejavnikov, katerih delovanje se odraža v spremembah in poškodbah dedne snovi).

Vso resnost poškodb genetskega materiala si ni težko predstavljati, če se zavedamo, da gre pri tem za poškodbe informacijskega materiala, od katerega je odvisno oblikovanje vseh naših lastnosti. Čim več informacijskega materiala je poškodovanega, tem več lastnosti se spremeni ali tudi izgine, in tem težje je organizem prizadet. Ker je proces v bistvu ireverzibilen, poleg tega pa je zaradi porušenja genetskega ravnotežja večinoma prizadeta še reproduktivna sposobnost organizmov, to pomeni, da je od stopnje poškodovanosti genetskega materiala neposredno odvisna tudi zmožnost in stopnja preživetja organizma in hkrati tudi zmožnost ohranitve vrste kot take.

Večje-težje poškodbe genetskega materiala lahko direktno opazujemo in ovrednotimo s pomočjo tako imenovane citogenetske analize. Citogenetika je namreč proučevanje genetskega materiala, ko se ta na stopnji delitve celic formira v tako imenovane kromosome, ki jih lahko opazujemo pod mikroskopom. Njihovo število in oblika sta za posamezno vrsto specifična in točno določena. In tako, kot lahko opazujemo normalno stanje, lahko opazimo tudi vsakršno spremembo oz. odstopanje od osnovne sheme, vsakršno poškodbo kromosomov. Te poškodbe

lahko glede na njihov tip in njihovo frekvenco direktno matematično ovrednotimo. Torej je citogenetska analiza ena od neposrednih in predvsem objektivnih metod za ugotavljanje genotoksičnih onesnaževalcev. To in pa dejstvo, da iz prevladujočih tipov poškodb lahko deloma sklepamo tudi na samega onesnaževalca (t. im. specifične aberacije so bolj značilne za delovanje fizikalnih, nespecifične pa za delovanje kemijskih agensov) je bil vzrok, da smo citogenetske analize uvrstili v iskanje povzročiteljev nastalih poškodb na Žirovskem vrhu.

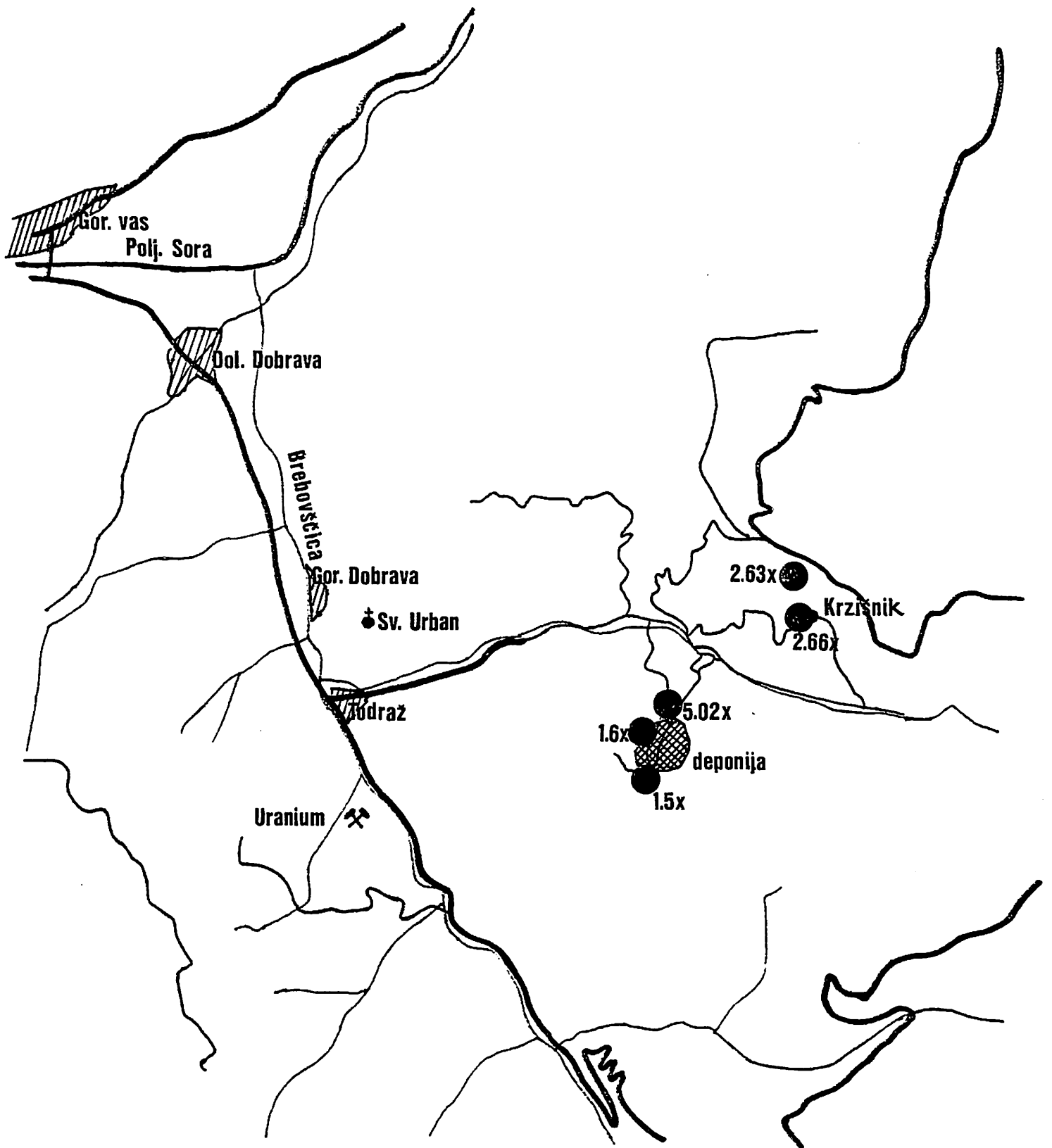
Sicer pa smo prve raziskave na tem področju opravili leta 1975 in to v okviru bioloških raziskav na območju rudnika urana Žirovski vrh, ki jih je izvajal Inštitut za biologijo Univerze E. Kardelja v Ljubljani. Takrat smo kot vzorčne rastline vzeli naslednje rodove: *Picea* (smreka), *Plantago* (trpotec) in *Pastinaca* (rebrinec). Rastline smo nabrali ob samem rudniku ter ob potočku, ki je takrat tekel iz rudnika. Že takrat smo pri analiziranih rastlinah opazili nekatere značilne poškodbe dedne snovi, kot n. pr. nastopanje specifičnih aberacij (fragmenti, obroči), fragmentacijo kromosomov, nepravilno porazdelitev genetskega materiala na hčerinski celici. (anafazni mostovi) ter nerazvrščene oz. obležale kromosome, kar smo tudi slikovno dokumentirali.

MATERIAL IN METODE

Sedanje raziskave smo opravili na mestih, kot jih kaže slika 1, to je na treh lokacijah okrog odlagališča v Borštu in na dveh lokacijah pri kmetu Setnikarju.

Kot testni rastlini smo uporabili *Plantago lanceolata* (ozkolistni trpotec) in *Picea abies* (smreka), ki ju tudi sicer v našem laboratoriju uporabljamo kot testni rastlini za ugotavljanje prisotnosti genotoksičnih onesnaževalcev.

Plantago lanceolata smo nabrali cca 70 m nad odlagališčem (zaklonjena lega), cca 50 m desno od odlagališča (zaklonjena lega), direktno pod odlagališčem ter ob vrtu in ob gozdu pri kmetu Setnikarju, medtem ko smo *Picea abies* analizirali le iz gozda pri Setnikarju. Analize smo opravili po ustaljenih metodah (Druškovič 1986, poročila RSS) v citogenetskem laboratoriju Inštituta za biologijo Univerze v Ljubljani. Skupno je bilo analiziranih okrog 1200 metafaznih konfiguracij (=faza celične delitve) trpotca ter cca 300 metafaznih konfiguracij smreke.



SLIKA 1

Vse dobljene vrednosti smo primerjali z rezultati t.im.kontrolnih rastlin, to je tistih istovrstnih rastlin, pri katerih smo ugotovili najnižjo stopnjo poškodovanosti genetskega materiala v okviru Slovenije.

REZULTATI

Dobljeni rezultati citogenetskih analiz so prikazani v treh tabelah:

V prvem primeru podajamo vrednosti, ugotovljene pri trpotcu, nabranem na različnih lokacijah in oddaljenostih okrog odlagališča v letu 1985.

V drugem primeru dodajamo za primerjavo vrednosti, ugotovljene leta 1975 ob takratni haldi ter ob takratnem iztoku iz rudnika.

V tretjem primeru pa prikazujemo stopnje poškodovanosti genetskega materiala smreke pri Setnikarju, dodajamo za primerjavo rezultate analiz iz nekaterih drugih delov Gorenjske, ter na koncu (zaradi primerjave prevladujočih tipov poškodb gen.mat.) še rezultate citogenetskih analiz smreke iz emisijskega območja TE Šoštanja (vpliv SO_2).

Pri analizah genetskega materiala trpotca (tab.1) smo naredili samo analizo nespecifičnih aberacij (sprememb, ki se pojavljajo na vseh kromosomih), saj bi zaradi majhne velikosti kromosomov analiza specifičnih aberacij (posledica sprememb posameznih kromatid ali kromosomov) bila nezanesljiva. Vendar pa kljub temu že na osnovi dobljenih rezultatov in v primerjavi s kontrolo brez nadaljnega lahko sklepamo na povečane frekvence poškodb gen.mat. na Žirovskem vrhu. Zlasti opozarjamo na povečan AI pri rastlinah, nabranih neposredno pod odlagališčem ter na vrednosti AI pri Setnikarju. Zanimiva je tudi primerjava z rezultati rastlin, nabranih ob takratni haldi in ob iztoku iz rudnika (tab.2).

TABELA 3: Relativno število poškodb genetskega materiala (AI), relativno število aberantnih delitev (AC), relativna števila posameznih tipov specifičnih in nespecifičnih aberacij ter povečanje AI v primerjavi s kontrolo pri *Picea abies*.

LOKALITETA	N	AI	AC	SPECIFIČNE ABERACIJE				NESPECIFIČNE ABERACIJE						POVEČANJE	
				špr.	lom	fragm.	obroč	pov.	zlep.	AKM	di-k.	c.c.	fr.-ja		raz.k.
kontrola	500	26.50	24.34			2.17	1.37	4.17	8.56	4.18	0.82	1.74	3.12	0.33	
SETNIKAR	263	90.48	54.69	0.38		23.19	9.50	2.66	15.59	1.90	1.90	10.27	20.91	4.18	3.41 x
DAVČA	280	50.36	47.14			2.50	1.07	8.57	17.86	2.86	0.36	1.43	15.71	0.36	1.90 x
ŽIRI	450	47.11	42.22	0.22		6.00	2.44	7.11	12.89	5.78	1.55	0.89	6.44	3.78	1.78 x
LUBNIK	300	30.33	21.67			9.33	2.00	4.67	6.33	1.00	2.33	1.00	3.00	0.67	1.15 x
LJUBNO	300	41.33	38.67			2.67	1.67	3.67	16.33	3.67	0.67	3.00	7.33	2.33	1.56 x
PLAN.P.GOL.	300	68.67	52.67			11.00	3.67	7.33	30.67	4.33	7.33	1.33	1.67	1.33	2.59 x
VEL.V.ŠOŠT.	220	26.82	23.91	0.91	0.91	1.36	0.91	4.54	14.54	2.73	0.91	-	-	-	3.24 x doseg. kon.

N = število analiz
 AI = frekvenca poškodb gen.mat.
 AC = frekvenca aberantnih celic
 špr. = špranje
 fragm. = fragment
 pov. = povezave
 zlep. = zlepjanja
 AKM = amorfne kromatinske mase
 di-k. = diplokromosomi
 c.c. = cepitev centromer
 fr.-ja = fragmentacije
 raz.k. = razpad kromosomov

TABELA 1: Relativno število poškodb genetskega materiala (AI)
 Relativno število posameznih tipov nespecifičnih aberacij
 ter povečanje AI v primerjavi s kontrolo pri *Plantago lanceolata*,
 nabranem 1985 v Todraški dolini.

LOKALITETA	N	AI	NESPECIFIČNE ABERACIJE			DIPLOKR.	POV.
			Povezave	Zlepljanja	AKM		
kontrola	150	6.67	2.00	3.33	1.33		
nad odlagal.	300	9.67	2.33	6.00	1.33	1.50 x	
desno od odlag.	300	10.67	7.00	-		1.60 x	
pod odlagal.	176	33.52	6.25	23.86	2.84	5.01 x	
Setnikar ob vrtu	300	18.00	6.00	11.67	-	0.33 2.66 x	
Setnikar ob gozdu	114	17.54	3.51	14.03	-	2.63 x	

TABELA 2: Relativno število poškodb genetskega materiala, relativno število
 posameznih tipov nespecifičnih aberacij ter povečanje AI v primerja-
 vi s kontrolo pri *Plantago lanceolata*, nabranem 1975 pri rudniku.

LOKALITETA	N	AI	NESPECIFIČNE ABERACIJE			DIPLOKR.	POV.
			Povezave	Zlepljanja	AKM		
kontrola	150	6.67	2.00	3.33	1.33		
ob haldi	200	16.00	4.50	10.00	0.50 1.00	2.40 x	
iztok iz rudnika	130	34.62	3.08	29.23	2.31	5.19 x	

Pri analizah genetskega materiala smreke (tab. 3), katere kromosomi so mnogo večji, smo upoštevali tako specifične kot nespecifične aberacije. Opozarjamo predvsem na visoke frekvence specifičnih aberacij pri Setnikarju oz. na izrazit premik poškodb genetskega materiala v območje specifičnih aberacij na tej lokaciji, medtem ko pri vseh ostalih lokalitetah opazimo večje število poškodb v območju nespecifičnih aberacij. Isto sliko (prevladujejo nespecifične aberacije) dobimo tudi pri rastlinah, nabranih na Velikem vrhu v emisijskem območju TE Šoštanj, kjer je nedvoumno dokazan vpliv SO_2 .

V primeru Vel.vrha opozarjamo, da smo za primerjavo vzeli drugo kontrolo, saj so bile rastline vzorčene ob drugačnem času. Realno sliko kaže rubrika povečanje.

ZAKLJUČKI

Na osnovi rezultatov analiz genetskega materiala ozkolistnega trpotca in smreke smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- Pri vseh analiziranih vzorcih rastlin z Žirovskega vrha smo ugotovili povečano frekvenco poškodb genetskega materiala (AI) v primerjavi s kontrolo.
- Poškodbe genetskega materiala se izpreminjajo glede na lego vzročnega mesta. Najvišje frekvence (AI) smo ugotovili neposredno pod odlagališčem v Borštu. Na tem mestu so tako visoke oz. je povečanje v primerjavi s kontrolo skoraj identično tistemu, ki smo ga l. 1975 ugotovili pri rastlinah, katere je oblivala voda, ki je takrat direktno tekla iz rudnika.

- Razmeroma visoke frekvence poškodb (AI) smo ugotovili tudi na lokacijah pri kmetu Setnikarju, ki so direktno obrnjene proti odlagališču. Te vrednosti so približno enake tistim, ugotovljenim l. 1975 ob takratni "haldi".
- Zaklonjene oz. proti odlagališču zaščitene lege kažejo dokaj manjšo prizadetost genetskega materiala.
- Na območju Žirovskega vrha ugotovljeno število poškodb genetskega materiala (AI) je najvišje v Sloveniji in hkrati tudi izstopa v okviru rezultatov vseh na področju Gorenjske opravljenih analiz genetskega materiala.
- Poškodbe genetskega materiala rastlin z Žirovskega vrha - konkretneje iz Todraške doline, so predvsem specifičnega tipa (neobičajno visoko število fragmentov in obročev), poleg tega pa nastopajo še zelo visoke frekvence cepitev centromer (c.c.) in fragmentacij (fr. - ja popoln razpad kromosomov).
- Ker na vseh ostalih primerjanih lokacijah na območju Gorenjske (tudi na Planini pod Golico) prevladujejo nespecifične aberacije in ker tudi na lokaciji Veliki vrh, kjer je dokazan vpliv SO₂ iz TE Šoštanj, prav tako prevladujejo nespecifične aberacije (tudi sicer značilne za delovanje kemijskih genotoksičnih agensov) sklepamo, da je poškodbe genetskega materiala rastlin z Žirovskega vrha v veliko večji meri kot SO₂ povzročil še nek drug agens.

SKUPNI ZAKLJUČKI:

- grobo simptomatsko in kemično izhaja, da žveplove imisije ne morejo biti dominantni vzrok poškodovanosti vegetacije
- fitopatološke in entomološke raziskave determinirajo znane bolezni in škodljivce, ki so v obsegu in obliki, ki jo srečamo v slovenskem gozdnem prostoru
- analize epifitskih lišajev kažejo določene poškodbe občutljivejših vrst. Očitna je prisotnost polutantov v zraku, vendar poškodbe ne tipizirajo samo SO_2 , RUŽV kot vir polucije ne moremo izključiti
- analize genetskega materiala potrjujejo ugotovitve, da SO_2 nikakor ni primarni vzrok poškodovanosti vegetacije Žirovskega vrha. Frekvence poškodb so najvišje v okviru Slovenije, pri čemer prevladujejo predvsem specifične aberacije (fragmenti, obroči) in fragmentacije kromosomov, kar kaže, da poškodovanost ni posledica delovanja samo kemijskih genotoksičnih agensov.