

GDK: 114 __ 013 : 181.45 __ 010 : (497.12)

PROUČEVANJE GOZDNIH TAL NA STALNIH RAZISKOVALNIH PLOSKVAH

Janko KALAN * , Polona KALAN ** , Primož SIMONČIČ ***

Izvleček

V Sloveniji postavljamo sistem raziskovalnih ploskev za trajno opazovanje gozdnih ekosistemov. Opisana so merila za izbiro ploskev, na katerih proučujemo gozdna tla. Navedeni so tudi napotki za terenske in laboratorijske preiskave tal ter prikaz analiznih rezultatov.

Ključne besede: tla, gozd, raziskovalna ploskev, raziskava, metoda dela, Slovenija

THE STUDY OF FOREST SOIL IN PERMANENT RESEARCH PLOTS

Abstract

In Slovenia a system of research objects for permanent monitoring of forest ecosystems is being set up. The criteria regarding the selection of objects used for the study of forest soil are described and the instructions for field and laboratory investigations as well as analysis results are given.

Keywords: soil, forest, research plots, investigations, methods, Slovenia

* Dipl. inž. gozd., Gozdarski Inštitut Slovenije, 61000 Ljubljana, Večna pot 2, SLO

** Dipl. inž. kem., Gozdarski Inštitut Slovenije, 61000 Ljubljana, Večna pot 2, SLO

*** Mag., dipl. inž. gozd., Gozdarski Inštitut Slovenije, 61000 Ljubljana, Večna pot 2, SLO

KAZALO

1	UVOD.....	59
2	PRIMERNOST GOZDNIH TAL ZA RAZISKOVANJE SPLOŠNE ONESNAŽENOSTI OKOLJA.....	60
3	ORGANIZIRANJE RAZISKAV GOZDNIH TAL V SLOVENIJI ZA POTREBE GOZDARSTVA	61
4	METODOLOGIJA RAZISKOVANJA TAL NA STALNIH RAZISKOVALNIH PLOSKVAH.....	62
4.1	MERILA ZA IZBIRO STALNIH RAZISKOVALNIH PLOSKEV.....	63
4.2	METODE TERENSKIH RAZISKAV GOZDNIH TAL	65
4.3	METODE LABORATORIJSKIH RAZISKAV GOZDNIH TAL.....	68
5	PRIKAZOVANJE REZULTATOV TALNIH RAZISKAV	69
6	ARHIVIRANJE TALNIH VZORCEV	74
7	POVZETEK.....	74
8	SUMMARY	77
9	VIRI	81

1 UVOD

Na območju Slovenije je delež poškodovanega drevja velik (ŠOLAR 1986, Črna knjiga 1987, KMECL in dr. 1989, ŠOLAR 1991, IGLG 1991). Ker si prizadevamo, da bi gozdnemu drevju pomagali in ga ohranili v čimboljšem stanju, poskušamo spoznati vzroke za njegovo propadanje in načine oz. procese delovanja škodljivih dejavnikov na gozdno drevje.

Veliko je mogočih povzročiteljev, ki lahko sami poškodujejo drevje v večjem obsegu, v največjem številu primerov pa bi verjetno lahko ugotovili, da je škodljivih več dejavnikov hkrati. Zato pravimo, da so poškodbe gozdnega drevja mnogovzročni pojav (COWLING in dr. 1988). Pri povzročanju poškodb so učinki posameznih dejavnikov različni.

Tudi gozdna tla so lahko eden izmed mogočih vzrokov za pojavljanje poškodovanosti gozdnega drevja. Talne lastnosti lahko povzročajo motnje v prehrani gozdnega drevja. Takšne motnje se lahko pojavljajo zaradi nizke vsebnosti mineralnih hranil v tleh ali pa zaradi njihovega neustreznega medsebojnega razmerja. Lahko pa tla s svojimi sestavinami tudi škodljivo (strupeno) vplivajo nanj (ULRICH. 1981). Neprimerne lastnosti tal za drevje lahko izvirajo iz lastnosti matične kamnine, iz katere se tla razvijajo, ali pa nastajajo zaradi delovanja škodljivih snovi, s katerimi onesnažujemo okolje.

Z analizo talnih vzorcev v mnogih primerih sicer lahko spoznamo neprimerne talne lastnosti za zdrav razvoj gozdnega drevja, ne moremo pa zanesljivo ugotoviti, ali izhajajo te lastnosti iz naravnih razmer gozdnega rastišča ali so posledica onesnaženega okolja. Neprimerne kemične razmere tal so lahko naravna lastnost tal na kamninah, ki npr. vsebujejo malo baz. Takšne razmere so lahko nastale tudi z degradacijskimi procesi, ki jih je povzročil človek z nepravilnim gospodarjenjem (REHFÜSS 1981, SUŠIN, KALAN 1876, SUŠIN, KALAN 1978) ali onesnaževanjem okolja (KALAN 1985).

Ponekod lahko tudi naravna tla vsebujejo visoke koncentracije škodljivih snovi

kot so npr. težke kovine (HINDEL, FLEIGE 1990). V takšnih primerih govorimo o visoki geogeni vsebnosti težkih kovin. O povečani antropogeni vsebnosti škodljivih snovi v tleh, ki je posledica onesnaženega okolja, pa lahko zanesljivo sklepamo le s primerjalno analizo vzorcev istih tal iz različnih obdobj vzorčenja (multitemporalna analiza). Za ta namen so najbolj primerni stalni raziskovalni objekti za opazovanje ekosistemov. Gozdni ekosistemi so zelo primerni za takšna opazovanja, posebej še za spremljanje onesnaženosti tal.

2 PRIMERNOST GOZDNIH TAL ZA RAZISKOVANJE SPLOŠNE ONESNAŽENOSTI OKOLJA

Gozdna tla so zaradi svojih Posebnih lastnosti in načina njihove rabe zelo primerna za opazovanje vpliva splošnega onesnaževanja okolja na tla.

Gozdna tla so v primerjavi s kmetijskimi tlemi ohranila svojo prvobitno naravno zgradbo. Pri tej je posebno značilen površinski organski in organsko mineralni del tal, ki je zelo občutljiv in se hitro odziva na spremembe okolja. V površinskem delu gozdnih tal, do globine 20 cm, lahko v posameznih primerih opazujemo tudi štiri značilne talne horizonte in več podhorizontov, ki so npr. na kmetijskih zemljiščih, na njivah združeni v enem samem sloju ornice, ki je nastal z obdelavo tal.

V Sloveniji gozdove zelo malo onesnažujemo z vnašanjem kemičnih sredstev. Kemična zaščitna sredstva proti škodljivcem in boleznim uporabljajo v gozdu le zelo redko in na majhnih površinah. Tudi herbicide preizkušajo le v raziskovalne namene. Mineralna gnojila uporabljajo v nekaterih primerih kot startno gnojenje pri sadnji gozdnega drevja. Ocenjujemo, da so v tistih letih, ko so posebej priporočali startno gnojenje, na posameznih gozdnogospodarskih območjih pognojili do 30% posajenih dreves gozdnega drevja, za kar so porabili po 100-400 kg nitrofoskala na hektar. Ker je minimalna obhodnja (proizvodna doba) sestoja gozdnega drevja 80 let, je učinek takšnega enkratnega gnojenja zanemarljiv za okolje. Problem onesnaževanja gozdnega prostora so predvsem

ljudje, ki brezvestno in nenadzorovano odlagajo odpadke v gozdu. Ponekod pa najdemo v gozdu tudi organizirana odlagališča industrijskih in komunalnih odpadkov. Ta odlagališča zavzemajo zelo majhen delež skupne gozdne površine.

Tako imamo v gozdu še vedno veliko možnosti, da najdemo tla, ki so ohranila prvobitno naravno zgradbo in niso neposredno onesnažena s kemičnimi sredstvi. Taka tla so zelo primerna za spremljanje splošne onesnaženosti okolja in njegovega vpliva na gozdni ekosistem.

3 ORGANIZIRANJE RAZISKAV GOZDNIH TAL V SLOVENIJI ZA POTREBE GOZDARSTVA

Način postavljanja stalnih raziskovalnih ploskev in intenzivnost raziskav na njih sta odvisna od namena in cilja raziskav, pa tudi od denarnih in kadrovskih možnosti.

Ker je propadanje gozdov mednarodni problem, si strokovne komisije pri mednarodnih organizacijah (IUFRO, UNEP, UNECE, ICP, ARGE-ALP, ALPE-ADRIA) prizadevajo, da bi se raziskovalci različnih držav čim bolj povezovali, medsebojno usklajevali raziskovalne programe, raziskovali po čim bolj poenoteni metodologiji, si izmenjevali izkušnje, rezultate raziskav pa primerjali na mednarodni ravni.

V evropskih državah v zadnjih letih poglobljeno raziskujejo gozdna tla, da bi čim bolje opredelili:

- vlogo tal v gozdnih ekosistemih,
- vpliv tal na gozdno drevje in
- spremljali splošno onesnaženost tal.

Te raziskave izvajajo z različno intenzivnostjo. Na točkah državnih mrež za

opazovanje in spremljanje poškodovanosti gozdnega drevja proučujejo tla, da bi dobili osnovne podatke o njihovih lastnostih, še posebej tiste, ki opredeljujejo občutljivost tal za onesnaževanje zraka (raziskave I. stopnje). Na posebej izbranih stalnih raziskovalnih ploskvah združujejo na enem mestu meritve in analize gozdnega ekosistema in njegovih sestavnih delov, da bi s ponavljajočimi se ocenjevanji obsežnega niza parametrov dokumentirali njihove spremembe (raziskave II. stopnje). Posebne raziskave gozdnih ekosistemov (raziskave III. stopnje) pa so potrebne za potrditev hipoteze in natančnejše spoznavanje in opredeljevanje mehanizmov, ki povzročajo propadanje gozdnega drevja ter za načrtovanje nadaljnjega razvoja.

V Sloveniji imamo v primerjavi z drugimi evropskimi državami razmeroma dovolj dobrih virov za opredelitev lastnosti gozdnih rastišč. Poleg dobre geološke karte imamo za velik del Slovenije še pedološko in gozdnovegetacijsko karto. V gozdnem prostoru je bilo izvedenih veliko podrobnih talnih raziskav. Na podlagi teh virov smo že opredelili glavne rastiščne razmere na 86 točkah osnovne bioindikacijske mreže Slovenije. Zato smo začeli izvajati raziskave po programu II. stopnje na posebej izbranih stalnih raziskovalnih ploskvah. Prve takšne ploskve smo postavili zaradi proučevanja vpliva velike imisije SO₂ na tla in vegetacijo. Razen talnih naj bi na teh raziskovalnih ploskvah opravljali še druge raziskave, kot so npr. ocenjevanje poškodovanosti gozdnega drevja, bioindikacija in pasivno merjenje onesnaženosti zraka, foliarne analize, proučevanje odložin iz onesnaženega zraka v gozdnem ekosistemu.

4 METODOLOGIJA RAZISKOVANJA TAL NA STALNIH RAZISKOVALNIH PLOSKVAH

Stalne raziskovalne ploskve so namenjene proučevanju in spremljanju posameznih gozdnih ekosistemov, ki jih raziskujemo zato, da bi lahko njihove lastnosti časovno primerjali in ugotovljali razvojne težnje. Če bi radi te namene uresničili, moramo skrbno izbrati metode raziskovalnega dela, jih jasno opredeliti in jih natančno opisati. Vsa raziskovalna metodologija mora biti pripravljena

tako, da lahko po njej vsak strokovnjak raziskavo ponovi.

Izbira raziskovalnih metod je razmeroma težka. Po eni strani moramo upoštevati metode, ki jih za posamezne namene priporočajo mednarodne strokovne komisije, po drugi strani pa se moramo ozirati tudi na metode, ki so v splošni rabi doma, zraven pa moramo tehtati še možnosti, ki nam jih dovoljuje opremljenost domače ustanove.

Metodologija, ki smo jo pripravili, obravnava merila za izbiro stalnih raziskovalnih ploskev, metode terenskih in metode laboratorijskih raziskav gozdnih tal. Pri njeni pripravi smo upoštevali predloge že omenjenih mednarodnih organizacij, predvsem navodila za raziskovalno delo pri opazovanju gozdnih ekosistemov, ki jih je pripravila skupina strokovnjakov za gozdna tla pri UN/ECE-ICP (UNEP - UN/ECE 1991), pa tudi metode, ki so že v rabi pri nas in so na mednarodnem seznamu metod, ki jih lahko uporabljamo alternativno.

4.1 MERILA ZA IZBIRO STALNIH RAZISKOVALNIH PLOSKEV

Omenili smo, naj bodo pedološke raziskave na stalnih raziskovalnih ploskvah usmerjene v opazovanje in merjenje številnih talnih lastnosti. Meritve in opazovanja naj bi ponavljali v časovnih presledkih, rezultate meritev pa primerjali in ugotavljali njihove spremembe. Hkrati s talnimi raziskavami naj bi na istih ploskvah opravljali še analize in opazovanja drugih delov gozdnih ekosistemov. Pri takšni opredelitvi izhodišč za talne raziskave moramo že pri iskanju in izbiri primernih zemljišč za postavitev stalnih raziskovalnih ploskev misliti na to, da bodo izbrane raziskovalne ploskve res služile svojemu namenu. Glede na lastne izkušnje pri podobnih raziskavah (SUŠIN, KALAN 1979) in ugotovitve nekaterih drugih raziskav (KLEINSCHMIT 1969) upoštevamo že v fazi iskanja ustreznih objektov še posebna merila, s katerimi izbiramo raziskovalne ploskve, na katerih bi lahko korektno opazovali morebitne spremembe talnih lastnosti zaradi splošnega onesnaževanja okolja.

Pri izbiranju primernih zemljišč za raziskovalne ploskve upoštevamo naslednja izhodišča:

V mnogih primerih lahko tla sama v veliki meri nevtralizirajo učinke kislin, ki prihajajo vanja iz onesnaženega ozračja ali pa nastajajo pri degradacijskih procesih v tleh. Takšno samočistilno sposobnost imajo tla, ki vsebujejo veliko skeleta. Pri preperevanju skeleta, pa tudi mineralov v tleh, se sproščajo baze, ki nevtralizirajo kisline. Enake nevtralizacijske učinke lahko pričakujemo od matične podlage pri plitvih tleh. V takšnih tleh ne bi mogli opazovati spreminjanja lastnosti zaradi onesnaževanja okolja. Zato bomo iskali stalne raziskovalne ploskve na globokih tleh brez ali s čim manj skeleta vsaj v površinskih slojih.

Z raziskavami so ugotovili, da se na enakih tleh zaradi talne vode, ki se lateralno premika po pobočju, prirastek gozdnega drevja lahko bistveno poveča. Povečanje prirastka pojasnjujejo z vplivom talne vode, ki se na svoji poti obogati z mineralnimi hranili. Pojav so opazovali tudi na tleh, ki so zelo revna z bazami. Zato stalnih raziskovalnih ploskev ne izbiramo na strmejših pobočjih, kjer zanesljivo lahko pričakujemo soliflukcijo ali vsaj vpliv polzeče talne vode, ampak jih iščemo predvsem na planotah in drugih ravnih ali blago nagnjenih reliefnih oblikah.

Stalnih raziskovalnih ploskev tudi ne iščemo na pobočjih, na katerih se geološko-petrografska podlaga spreminja, kajti v takih primerih ne moremo zanesljivo oceniti porekla preperine, iz katere so tla nastala. Na pobočjih, ki leže na različnih matičnih podlagah, izbiramo raziskovalne ploskve le na posebnih reliefnih oblikah, kot so pobočni vrhovi ter ravni do zelo blago nagnjeni deli pobočja, na katerih se alohtone preperine zaradi gravitacijskega premeščanja ne morejo mešati s tlemi recentnega nastanka.

4.2 METODE TERENSKIH RAZISKAV GOZDNIH TAL

Terensko raziskovalno delo obsega izbiro mest za izkop talnega profila in za odvzem vzorcev tal, opis rastišča in morfoloških talnih lastnosti ter odvzem vzorcev za laboratorijske preiskave.

Raziskovanje tal je omejeno na nekaj cm^2 do približno 2 m^2 površine. Približno 2 m^2 površine rabimo za izkop pedološke jame, v kateri proučujemo predvsem morfološke, pa tudi druge lastnosti tal. V primerih, ko si prizadevamo, da bi tla in korenine gozdnih rastlin čim manj poškodovali, pa pedološke raziskave opravimo le z vrtanjem tal. V tem primeru so raziskovalna mesta velika le nekaj cm^2 . Tudi vzorce za laboratorijske raziskave nabiramo z zelo majhnih površin (nekaj cm^2 do dm^2). Ker so mesta za talne raziskave tako majhna, je zelo pomembno, kako jih bomo izbrali, da bodo imela tla na teh mestih čim bolj reprezentančne lastnosti raziskovanega gozdnega ekosistema. Zato je izbira reprezentančnih mest za raziskovanje tal zelo zahtevno opravilo.

Čeprav so gozdna tla na velikih površinah ohranila naravne značilnosti, je razmeroma težko najti tista mesta, na katerih imajo tla značilne lastnosti gozdnega rastišča. S pozornim opazovanjem lahko hitro ugotovimo, da površina tal ni homogena in da se zelo hitro spreminja na zelo kratkih razdaljah. Površina tal je lahko poškodovana od vlačjenja lesa, hoje ljudi ali živali (erodirana ali samo zbita tla). Površinski talni horizonti so lahko premešani tudi zaradi naravnih pojavov, kot je npr. ruvanje dreves zaradi njihove lastne teže ali ob močnem vetru. Z raziskavami so ugotovili, da se lahko kemične lastnosti tal ob drevesih zelo razlikujejo od lastnosti tal, ki so od dreves odmaknjena (GLATZEL in dr. 1983). Kemične lastnosti tal se lahko zelo spremenijo tudi ob bližini gozdnih cest zaradi posebnih lastnosti materialov, ki so vgrajeni v cestno telo, pa tudi zaradi onesnaževanja okolja, ki ga povzroča promet. Zaradi debelne odcedne vode, s katero se spirajo iz drevesa v tla razne snovi, imajo tla v neposredni bližini dreves (mikrorastišče) drugačne kemične lastnosti kot v njihovi širši okolici (makrorastišče; KOENIES 1985).

Ko smo pri izbiri mest za proučevanje tal in nabiranje vzorcev za laboratorijske preiskave že izločili površine, ki zaradi zgoraj navedenih vzrokov niso primerne za raziskovanje tal, lahko opazimo, da so tla na preostali, za raziskave primerni površini, še vedno heterogena. Tla se razlikujejo še po večji ali manjši vsebnosti organskih snovi, zbitosti in drugih lastnosti. Na površinah, ki so prekrite z bogatim zeliščnim rastjem, lahko te razlike v tleh posredno opazujemo glede na različno sestavo prizemnega rastja, ki se po površini gozdnega zemljišča menja kot vzorec na pisanih zidnih tapetah. Zato je najbolje, če si to površino dobro ogledamo in ugotovimo, kateri "vzorec" prizemnega rastja se na izbrani raziskovalni ploskvi najbolj pogosto pojavlja oz. pokriva največjo površino ploskve. Mesta s takšnim "vzorcem" nato izberemo za talne raziskave, pri katerih izkopljemo talni profil oz. nabiramo vzorce za laboratorijske preiskave. Tam, kjer je prizemno rastje slabo razvito (zelo majhna pokrovnost zeliščnega sloja, zelo majhno število različnih rastlin), pa opazujemo mikrorelief ter obliko in sestav površinskih organskih talnih plasti. Talni profil in mesta za nabiranje vzorcev za laboratorijsko analizo morajo biti vsaj 1 m oddaljena od dreves.

Na steni pedološke jame ali pa na izvrtkih, ki jih dobimo s pedološkim svedrom, izvedemo prve raziskave tal. Najprej opišemo raziskovalni objekt, morfološko zgradbo talnega profila in lastnosti posameznih talnih plasti. Takšen opis vsebuje naslednje podatke:

- geografske koordinate raziskovalne ploskve,
- lokalno ime,
- nadmorsko višino,
- naklon raziskovalne ploskve,
- lego,
- obliko in drobno razčlenjenost površja,
- vrsto kamnine z navedbo skalovitosti in kamnitosti,
- opis gozdnega sestoja,
- popis rastja v neposredni okolici talnega profila,
- splošne značilnosti tal,

- oznako talnega horizonta z navedbo:
 - globine in izraženosti,
 - konsistence in poroznosti,
 - strukture,
 - teksture,
 - trenutne vlažnosti,
 - vrste, velikosti in deleža skeleta,
 - oblike humusa,
 - posebnih tvorb oz. znakov,
 - prekoreninjenosti,
 - vrste in deleža talne favne,
 - prepustnosti in
 - barve.

Pri splošnem opisu raziskovalne ploskve, rastišča in sestoja gozdnega drevja upoštevamo navoda, ki jih uporabljajo v gozdarstvu za opis sestojev (Rep.kom.za kmet., gozd. in prehr. 1985) in po IUFRO-vi klasifikaciji dreves v sestoju (MLINŠEK 1968). Talni profil pa opisujemo po navodilih, ki so bila pripravljena za izdelavo pedološke karte Slovenije (STEPANČIČ, VOVK 1962), ob upoštevanju klasifikacije tal Jugoslavije (ŠKORIĆ 1977), prirejene za uporabo na območju Slovenije (Republiška geodetska uprava 1984). Navodila smo izpopolnili z merili za ocenjevanje gozdnih tal, ki smo jih prevzeli iz priročnika za popis gozdnih rastišč (Forstliche Standortsaufnahme 1980).

Vzorke za laboratorijske raziskave jemljemo na dva načina. Iz talnega profila nabiramo povprečne vzorce za posamezne talne horizonte. Iz horizontov, ki so debelejši od 25 cm, vzamemo po dva ali več vzorcev iz različnih, do 20 cm debelih plasti. Na več (vsaj treh) posebej izbranih mestih (način izbire mest za nabiranje vzorcev smo že pojasnili) nabiramo kvantitativne vzorce organskega dela tal (horizont Ol, Of, Oh) in iz talnih plasti 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm s točno določeno površino. Kvantitativne vzorce posameznih talnih plasti, ki smo jih nabrali na več mestih, združimo in dobro premešamo, da dobimo homogene reprezentančne vzorce za raziskovalni objekt. Lastnosti tako nabranih vzorcev lahko prikazujemo z "intenzivnejšimi" merskimi enotami, ki so izražene na enoto

površine. S tako prikazanimi rezultati lahko primerjamo talne lastnosti npr. z lastnostmi odložen onesnaženega zraka, spiranjem snovi iz krošenj dreves, spiranjem snovi v tla ter proučujemo dogajanja v gozdnem ekosistemu. Če je le vzorčenje dovolj skrbno izvedeno, lahko bolj objektivno medsebojno primerjamo lastnosti tal posameznih raziskovalnih objektov, pa tudi lastnosti tal na istem objektu, vendar določene v različnih časovnih obdobjih (časovna primerjava rezultatov).

4.3 METODE LABORATORIJSKIH RAZISKAV GOZDNIH TAL

Kvantitativne vzorce tal v laboratoriju najprej stehamo in jim določimo trenutno vlažnost. Nato vse vzorce posušimo pri sobni temperaturi, jih zdrobimo in presejemo skozi sito z 2-milimetrskimi zankami. Tako pripravljene vzorce stehamo in hranimo v plastičnih prahovkah. Hkrati stehamo še maso korenin in skeleta, če se pojavljajo v teh talnih plasteh.

Talnim vzorcem določamo naslednje lastnosti:

- reakcijo tal (pH) v suspenziji 0,01 M CaCl_2 in v demineralizirani vodi (včasih tudi v 1 M KCl),
- elektrometrično s pH-metrom (BLUM, W. E. H. in dr. 1989, s.56-57),
- elektroprevodnost vodnega ekstrakta (BLUM, W. E. H. in dr. 1989, s.73-74),
- vsebnost CaCO_3 računsko iz anorganskega C, določenega z aparaturo CARMHOMAT 8-ADG (WÖSTHOF 1986, 556-8.01),
- organski ogljik konduktometrično z aparaturo CARMHOMAT 8-ADG po predhodnem suhem sežigu vzorca v kisiku (KREUTZSCHMAR 1984, s.374-395)
- skupni dušik po Kjeldahl-ovi metodi z aparaturo VAPODEST-5 (GERHARDT 1989, GERHARDT 1990),
- skupno žveplo konduktometrično z aparaturo SULMHOMAT 12-ADG po predhodnem suhem sežigu vzorca v kisiku (WÖSTHOFF 1982),
- skupni fosfor (P), kalcij (Ca), magnezij (Mg), kalioj (K), natrij (Na), aluminij (Al), kadmij (Cd), krom (Cr), baker (Cu), železo (Fe), mangan (Mn), nikelj (Ni), svinec (Pb) in cink (Zn) v kislinskem razklopu zmesi dušikove in perklorne kisline (BLUM, W. E. H. in dr. 1989, s. 68-71); v raztopini določamo

fosfor spektrofotometrično po predhodnem obarvanju fosforja z amonijevim heptamolibdatom, kalij in natrij s plamensko fotometrijo, druge makro- in mikroelemente pa z atomsko absorpcijsko spektroskopijo,

- izmenljivi vodik (H^+) titrimetrično po ekstrakciji talnih vzorcev z raztopino 0,5 N $BaCl_2$ - 0,005 N trietanolamina, (PEECH in dr. 1962) oz. iz razlike v pH vrednosti ekstrakcijske raztopine 0,1 M $BaCl_2$ in ekstrakta vzorca s to raztopino (BLUM, W. E. H. in dr. 1989, s. 64-68),
- izmenljive baze (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) v 1 N amonijevem acetatu (PEECH in dr. 1962),
- izmenljive katione (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) z atomsko absorpcijsko spektroskopijo po ekstrakciji talnih vzorcev z 0,1 M $BaCl_2$ (BLUM, W. E. H. in dr. 1989, s. 64-68),
- mehanski sestav (teksturo) tal s pripravo vzorca z natrijevim pirofosfatom ter z analizo s pipetiranjem po Köhnu (FIEDLER 1964); teksturni razred določamo po ameriški teksturni klasifikaciji (JDPZ 1971).

Analizne postopke ovrednotimo z vključevanjem certificiranih vzorcev v serijske analize. Natančnost analiznih rezultatov preverjamo s stalno uporabo kontrolnih vzorcev in z mednarodnimi krožnimi analizami (Ringanalyse 1982, Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen; IUFRO 1987, ECE 1992) in rednim izmenjavanjem vzorcev z gozdarskim zveznim inštitutom na Dunaju (MUTSCH ENGLISCH 1992).

5 PRIKAZOVANJE REZULTATOV TALNIH RAZISKAV

Rezultate laboratorijskih raziskav prikazujemo v merskih enotah, ki jih je predlagala skupina strokovnjakov za gozdna tla pri ECE/UN za raziskovalno delo pri opazovanju gozdnih ekosistemov (UNEP - UN/ECE 1991). Upoštevali smo še nekatere enote iz legende pedološke karte sveta (FAO-UNESCO 1989). Način prikazovanja rezultatov talnih analiz je razviden iz naslednjih tabel.

Preglednica 1: Talne lastnosti - Raziskovalna ploskev : Osankarica

Table 1: Soil properties - Research plot : Osankarica

Horizont	Globina Depth	pH CaCl ₂	Org. snov Org. matt g/kg	C/N	Izmenljivi kationi (Exchangeable cations)								
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺	KIK CEC	V	
					cmol(+)/kg tal (soil)							%	
Talni profil (Soil profil):													
OI	3-1	4,58	914	47,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Of/Oh	1-0	4,77	552	24,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ah	0-5	3,66	207	15,8	0,60	0,28	0,33	0,04	1,25	28,50	29,75	4,2	
Ah(B)v	5-15	3,88	112	17,6	0,10	0,07	0,20	0,09	0,46	24,00	24,46	1,9	
(B)v1	15-37	4,66	66	21,1	0,07	0,03	0,03	0,04	0,17	19,50	19,67	0,9	
(B)v2	37-64	4,51	34	25,0	0,05	0,01	0,03	0,13	0,22	14,50	14,72	1,5	
C/(B)v	64-80	4,28	17	16,7	0,06	0,01	0,03	0,09	0,19	11,50	11,69	1,6	
	80-100	4,04	14	16,0	0,04	0,01	0,03	0,09	0,17	9,50	9,67	1,8	
	100-112	4,03	10	30,0	0,05	0,01	0,03	0,09	0,18	8,50	8,68	2,1	
Ploskev (Plot) 25 x 25 cm:													
OI	3-1	4,58	914	47,7	-	-	-			-	-	-	
Of/Oh	1-0	4,69	586	28,3	-	-	-			-	-	-	
	0-5	3,70	205	17,8	0,56	0,26	0,50	0,17	1,49	15,50	16,99	8,8	
	5-10	3,27	117	17,4	0,24	0,12	0,25	0,23	0,84	12,40	13,24	6,3	
	10-20	3,63	86	18,5	0,12	0,05	0,08	0,14	0,39	11,30	11,69	3,3	

Preglednica 2: Talne lastnosti - Raziskovalna ploskev : Osankarica

Table 2: Soil properties - Research plot : Osankarica

Horizont	Globina	Pesek	Grob melj	Droben melj	Glina	Teksturni razred
Horizon	Depth	Sand	Rough silt	Fine silt	Clay	Texture class
	cm	%	%	%	%	
Talni profil (Soil profil):						
OI	3-1	-	-	-	-	-
Of/Oh	1-0	-	-	-	-	-
Ah	0-5	-	-	-	-	-
Ah(B)v	5-15	-	-	-	-	-
(B)v1	15-37	62,5	9,5	8,2	19,8	PI
(B)v2	37-64	63,4	12,6	15,8	8,2	PI
C/(B)v	64-80	67,2	12,9	14,6	5,3	PI
	80-100	65,5	14,6	15,5	4,4	PI
	100-112	72,5	12,1	12,2	3,2	PI
Ploskev (Plot) 25 x 25 cm:						
OI	3-1	-	-	-	-	-
Of/Oh	1-0	-	-	-	-	-
	0-5	-	-	-	-	-
	5-10	-	-	-	-	-
	10-20	62,0	13,0	15,0	10,0	PI

Preglednica 3: Talne lastnosti - Raziskovalna ploskev : Osankarica

Table 3: Soil properties - Research plot : Osankarica

Talni sloj Soil stratum	Totalne vsebnosti (Total contents)							
	Org. snov Org. matter	C/N	N	S	P	K	Ca	Mg
	g/kg		g/kg	mg/kg				
OI	914	47,7	11	1040	620	1000	4790	780
Of/Oh	586	28,3	12	1400	910	1080	2070	1270
0-5 cm	205	17,8	7	890	610	910	640	1750
5-10 cm	117	17,4	4	560	450	830	500	1810
10-20 cm	86	18,5	3	360	440	1000	570	2650

Preglednica 4: Talne lastnosti - Raziskovalna ploskev : Osankarica

Table 4: Soil properties - Research plot : Osankarica

Talni sloj Soil stratum	Totalne vsebnosti (Total contents)								
	Al	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/kg tal								
OI	8990	2	2	9	1050	677	4	31	61
Of/Oh	1060	8	10	12	10760	444	1	95	51
0-5 cm	-	5	10	8	24530	327	10	76	36
5-10 cm	-	7	11	6	20760	467	10	56	32
10-20 cm	-	10	12	6	18100	588	3	44	42

Preglednica 5: Talne lastnosti - Raziskovalna ploskev : Osankarica

Table 5: Soil properties - Research plot : Osankarica

Talni sloj Soil stratum	Totalne vsebnosti (Total contents)						
	Org. snov Org. matter	N	S	P	K	Ca	Mg
	kg/ha						
Ol	6295	76	7	4	7	33	5
Of/Oh	17155	351	41	27	32	61	37
0-5 cm	54844	1791	238	163	243	171	468
5-10 cm	36204	1205	173	139	256	154	559
10-20 cm	52439	1643	219	268	608	347	1612
Skupaj	166938	5066	678	601	1146	766	2682

Preglednica 6: Talne lastnosti - Raziskovalna ploskev : Osankarica

Table 6: Soil properties - Research plot : Osankarica

Talni sloj Soil stratum	Totalne vsebnosti (Total contents)								
	Al	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	kg/ha	g/ha			kg/ha		g/ha		
Ol	62	14	14	62	7	5	28	214	420
Of/Oh	31	234	293	351	315	13	29	2780	1493
0-5 cm	-	1336	2673	2138	6556	87	2673	20313	9622
5-10 cm	-	2126	3398	1853	6413	144	3089	17299	9885
10-20 cm	-	6083	7300	3650	11011	358	1825	26767	25550
Skupaj	-	9830	13677	8055	24302	607	7644	67372	46970

6 ARHIVIRANJE TALNIH VZORCEV

Pomemben del talnih raziskav na stalnih raziskovalnih ploskvah je tudi trajno shranjevanje (arhiviranje) talnih vzorcev. Shranjevanje vzorcev je potrebno:

- za preverjanje analiznih rezultatov,
- za primerjalne analize ob ponovljenih raziskavah na isti raziskovalni ploskvi,
- za preverjanje rezultatov analiz ob uporabi novih in natančnejših analiznih postopkov,
- za morebitne analize talnih lastnosti, ki jih danes ne določujemo.

Shranjujemo le reprezentančne povprečne talne vzorce, to je kvantitativno nabrane vzorce organskega dela tal (horizont Ol, Of, Oh) in iz talnih plasti 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm s točno določeno površino ter vzorce iz globljih plasti talnega profila. Zračno suhe vzorce shranjujemo v plastičnih prahovkah.

7 POVZETEK

Velik del raziskav v gozdarstvu je namenjen proučevanju pojavljanja poškodovanosti gozdnega drevja in z njim povezanega propadanja gozdov. Poškodbe gozdnega drevja nastajajo pod vplivom različnih dejavnikov, ki se v velikem številu primerov združujejo in hkrati delujejo na gozdno drevje. Zato govorimo o poškodovanosti gozdnega drevja kot o mnogovzročnem pojavu.

Tudi gozdna tla so eden izmed dejavnikov, ki vplivajo na gozdno drevje in lahko povzročajo njegovo poškodovanost. Zaradi neprimernih talnih lastnosti se lahko pojavljajo motnje v prehrani gozdnega drevja. Včasih pa lahko talne sestavine tudi škodujejo drevju in ga zastrupljajo.

Za gozdno drevje neprimerne talne lastnosti lahko izvirajo iz matične kamnine, iz katere so tla nastala, lahko pa so jih povzročili tudi degradacijski procesi v tleh, ki jih je povzročil človek z nepravilnim gospodarjenjem z gozdovi in z onesnaževanjem okolja.

Gozdna tla so zelo primerna za opazovanje vpliva splošnega onesnaževanja okolja na tla. Ohranjena je prvobitna naravna zgradba tal, pri kateri je posebno značilen površinski organski in organsko mineralni del. Ta del je zelo občutljiv in se hitro odziva na ekološke spremembe. Poleg tega pri gospodarjenju z gozdom in gozdnim prostorom le redko uporabljajo kemična sredstva. Zato so tla v gozdu manj onesnažena zvaradi neposrednega vnosa kemičnih sredstev kot tla na negozdnih površinah.

V Sloveniji bomo opazovali gozdna tla na manjšem številu stalnih raziskovalnih ploskev, ki so enakomerno razporejene po območju države. Na istih ploskvah bomo lahko opravljali še druge raziskave kot npr. ocenjevanje poškodovanosti gozdnega drevja, bioindikacija in pasivno merjenje onesnaženosti zraka, foliarne analize, proučevanje odločin onesnaženega zraka v gozdnem ekosistemu, ipd.

Metodologijo za talne raziskave na raziskovalnih ploskvah smo pripravili na podlagi lastnih izkušenj in priporočil za raziskovalno delo pri opazovanju gozdnih ekosistemov, ki jih je pripravila skupina strokovnjakov za gozdna tla pri UN/ECE-ICP. Upoštevali smo tudi metode, ki jih že rabimo pri nas in so na mednarodnem seznamu metod, ki jih lahko uporabljamo alternativno. Metodologija vsebuje merila za izbiro raziskovalnih ploskev, metode terenskih in laboratorijskih raziskav, način prikazovanja analiznih rezultatov in navodila za arhiviranje talnih vzorcev.

Raziskovalne objekte za proučevanje in opazovanje tal iščemo predvsem na planotah in drugih ravnih ali blago nagnjenih reliefnih oblikah, na mestih, kjer se alohtone preperine s soliflukcijskimi procesi ne morejo mešati s tlemi. Tla naj bodo globoka in naj vsebujejo čim manj skeleta.

Zelo pozorni moramo biti tudi pri izbiri mest za izkop talnega profila in odvzem vzorcev za laboratorijske preiskave. Izogibati se moramo cestam, vlakam, stezam, mestom, kjer so bila izravana drevesa, neposredni bližini dreves. Izbrati moramo takšna mesta, ki bodo čim bolj predstavljala talne lastnosti gozdnega ekosistema.

Opis gozdnih tal vsebuje naslednje podatke:

- geografske koordinate raziskovalne ploskve,
- lokalno ime,
- nadmorsko višino,
- naklon raziskovalne ploskve,
- lego,
- obliko in drobno razčlenjenost površja,
- vrsto kamnine z navedbo skalovitosti in kamnitosti,
- opis gozdnega sestoja,
- popis rastja v neposredni okolici talnega profila,
- splošne značilnosti tal,
- oznako talnega horizonta z navedbo:
 - globine in izraženosti,
 - konsistence in poroznosti,
 - strukture,
 - teksture,
 - trenutne vlažnosti,
 - vrste, velikosti in deleža skeleta,
 - oblike humusa,
 - posebnih tvorb oz. znakov,
 - prekoreninjenosti,
 - vrste in deleža talne favne,
 - prepustnosti in
 - barve.

Vzorke za laboratorijske preiskave nabiramo s posameznih talnih horizontov. Če je horizont debelejši od 25 cm, ga razdelimo na več do 20 cm debelih plasti in vzorčimo vsako plast posebej. Nabiramo še vzorce z znano površino in znano prostornino (kvantitativni vzorci). Jemljemo jih iz organskega dela tal (horizont OI, Of, Oh) in iz nižje ležečih talnih plasti 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm.

V laboratoriju vzorcem določamo:

- reakcijo tal (pH)
- elektroprevodnost vodnega ekstrakta
- vsebnost CaCO_3
- organski ogljik
- skupni dušik
- skupno žveplo
- skupni fosfor (P), kalcij (Ca), magnezij (Mg), kalij (K), natrij (Na), aluminij (Al), kadmij (Cd), krom (Cr), baker (Cu), železo (Fe), mangan (Mn), nikelj (Ni), svinec (Pb) in cink (Zn)
- izmenljivi vodik (H^+)
- izmenljive katione (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+})
- mehanski sestav (teksturo) tal

Način prikazovanja analiznih rezultatov je razviden v preglednicah 1-6.

Kvantitativne vzorce in vzorce iz globljih plasti talnih profilov shranjujemo:

- za dokumentiranje talnih raziskav,
- za preverjanje analiznih rezultatov,
- za primerjalne analize ob ponovljenih raziskavah na isti raziskovalni ploskvi,
- za preverjanje rezultatov analiz ob uporabi novih in natančnejših analiznih postopkov,
- za morebitne analize talnih lastnosti, ki jih danes ne določujemo.

8 SUMMARY

A great deal of forestry investigations is intended for the study of the emerging of damage in forest trees and consequently the dying back of forests. The damage to forest trees is caused due to different factors, in many cases acting jointly, thus exerting influence on forest trees. Consequently, forest tree damage can be classified as a multi-cause phenomenon.

Forest soil as well is one of the factors having influence on forest trees and can consequently cause damage. Due to inappropriate soil properties forest tree nutrition can be disturbed. Soil components can sometimes damage trees and poison them.

Inappropriate soil properties regarding forest trees can have their origin in the parent material from which the soil has been formed. They can well be formed by degradation ground processes caused by the man due to unsuitable managing with forests and air pollution.

Forest soil is highly convenient for the monitoring of the influence of general environmental pollution on the soil. The preserved original natural structure of soil, which is especially characterised by the surface organic mineral part. This is a highly sensitive part, quickly reacting to ecological changes. Besides, chemicals are only seldom used in the managing with forest and forest space. Therefore, the level of soil pollution due to direct introduction of chemicals in the forest is lower than it is in nonforest areas.

In Slovenia forest soil is going to be monitored in few research plots, which are regularly distributed throughout the country. The same plots will also enable other investigations, such as the assessment of forest tree damage, bioindication and passive assessment of air pollution, foliar analyses, the study of the deposits of polluted air in the forest ecosystem. and similar.

The methodology of soil research in research plots has been developed on the basis of our own experiences and recommendations regarding scientific work in the monitoring of forest ecosystems, which was prepared by a group of professionals in forest soil with the UN/ECE-ICP. The methods which have already been in use in Slovenia and have been put on the international list of methods as alternative possibilities have also been taken into consideration. The methodology includes the criteria for the selection of research plots, field and laboratory methods, the manner of the presenting of analyses results and instructions how to conserve soil samples.

Research plots for the studying and monitoring of soil are first of all picked out in plateaus and other level and slightly inclined relief forms, in places where allocthonous decayed substances cannot mix with the soil through solifluction processes. Soil should be deep and contain as little skeletal soil as possible.

Great attention must also be paid in the selection of the spots for the removing of ground profile and the sampling intended for laboratory research. Roads, skid trails, footpaths, spots where trees have been extracted and localities situated close to trees have to be avoided. The spots which will represent soil properties of a forest ecosystem as good as possible have to be selected.

The description of forest soil includes the following data:

- geographic coordinates of a research plot,
- the name of the place,
- altitude,
- research plot inclination,
- exposition,
- form and surface configuration,
- stone type with the indication of rocky and stone character,
- forest stand description,
- vegetation inventory in the vicinity of a soil profile,
- general soil characteristics,
- denotation of a soil profile with the indication of:
 - dept and realisation,
 - consistence and porosity,
 - structure,
 - texture,
 - relevant moisture,
 - the type, size and share of skeleton,
 - humus form,
 - special formations or signs,
 - the share of roots,
 - the type and share of soil fauna,
 - permeability and
 - colour.

Samples for laboratory investigations are collected in individual soil horizons. If a horizon is thicker than 25 cm, it is divided into more layers which are up to 20 cm thick; sampling is then performed separately in each layer. Samples of a known area and known volume are collected (quantitative samples). They are taken from the organic soil part (O_l, O_f, O_h horizon) and from lower soil layers at 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm.

In a laboratory, the following is established for individual samples:

- soil reaction (pH)
- electric conductivity of water extract,
- CaCO₃ content,
- organic carbon,
- total nitrogen (N), sulphur (S), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), aluminium (Al), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn),
- exchangeable hydrogen (H⁺),
- exchangeable cations (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Fe²⁺, Mn²⁺)
- soil texture.

The presentation method of the results of analyses can be seen in tables 1-6.

Quantitative samples and the samples from deeper soil profile layers are conserved for:

- the recording of soil investigations,
- the testing of analyses results,
- comparative analyses after repeated investigations in the same research plot,
- the testing of analyses results using new and more precise analysis procedures,
- the possible analyses of soil properties which are not established at present.

9 VIRI

BLUM, W.E.H., SPIEGEL, H., WENZEL, W. W. 1989. Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien. 95 s.

COWLING, E., KRAHL-URBAN, B., SCHIMANSKY, C. 1988. Hypotheses to Explain Forest Decline. V: Forest Decline. Jülich, s. 120-125. KFA Jülich GmbH.

Črna knjiga o propadanju gozdov v Sloveniji leta 1987, 1987. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 46 s.

FAO-UNESCO, 1989. Soil Map of the World. Wageningen, 138 s.

FIEDLER, H., J., 1964. Die Untersuchung der Böden. Band 1. Dresden und Leipzig, 235 s.

Forstliche Standortsaufnahme. Vierte Auflage. 1980. Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH, 188 s.

GERHARDT, 1989. Bedienungsanleitung Kjeldatherm Aufschluss-System KT-4/8/12/20/40, C.Gerhardt, Laboratory Instruments, 10 s.

GERHARDT, 1990. Bedienungsanleitung Vapodest-5. C.Gerhardt, Laboratory Instruments, 48 s.

GLATZEL, G., SONDEREGGER, E., KAZDA, M., PUXBAUM, H. 1983. Bodenveränderungen durch schadstoffangereicherte Stammablaufniederschläge in Buchenbeständen des Wienerwaldes. Allgemeine Forst Zeitschrift, 38, 26/27, s. 693-694.

- HINDEL, R., FLEIGE, H. 1990. Geogene Schwermetallgehalte in Böden der Bundesrepublik Deutschland. V: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden. Einträge - Bewertung - Regelungen. Teil 1. VDI Berichte 837, Düsseldorf, s. 53-74.
- IGLG. 1991. Novinarska konferenca. Popis poškodovanosti gozdov v letu 1991. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 19 s.
- JDPZ, 1971. Priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga V. Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd, 207 s.
- KALAN, J. 1985. Stabilnost gozdnih tal in onesnaženo okolje. V: Stabilnost gozda v Sloveniji. Gozdarski študijski dnevi, Portorož - 1984. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani, VTOZD za gozdarstvo, s. 68-76.
- KLEINSCHMIT. 1969. Auswirkung der Hanglage auf die Ertragsleistung der Fichte in Abt. 61, Forstamt Escherode. Escherode. (Vodič po raziskovalnem objektu), 7 s.
- KMECL, M., ŠOLAR, M., JURC, D., KALAN, J., BATIČ, F., MIKULIČ, V., KRALJ, T., ŠKULJ, M, 1989. Osnovni podatki popisa propadanja gozdov v letu 1989. Gradivo za novinarsko konferenco. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 19 s.
- KOENIES, H., 1985. Über die Eigenart der Mikrostandorte im Fussbereich der Altbuchen unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetallgehalte in der organischen Auflage und im Oberboden. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Walsterben, Göttingen, Bd. 9, 288 s.
- KREUTZSCHMAR, R., 1984. Kulturtechnisch-bodenkundliches Praktikum, Ausgewählte Laboratoriumsmethoden, Eine Anleitung zum selbständigen Arbeiten an Böden, 4. Auflage. Institut für Wasserwirtschaft und Meliorationswesen der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, 466 s.

- MLINŠEK, D. 1968. Sproščena tehnika gojenja gozdov na osnovi nege. Ljubljana, 117 s.
- ENGLISCH, M., MUTSCH, F., 1992. Zusammenarbeit Österreich-Slowenien auf dem Gebiet der Waldbodenkunde. Zbornik gozdarstva in lesarstva Ljubljana, 39, s. 101-116
- PEECH, M. in dr. (1962). A critical study of the $BaCl_2$ -trietanolamine and the ammonium acetate methods for the determining the exchangeable hydrogen content of soils. Soil Sci.Soc.Proc. 26, s. 37-40.
- REHFÜSS, K., E. 1981. Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Hamburg und Berlin. 193 s.
- Republiška geodetska uprava, 1984. Pravilnik za ocenjevanje tal pri ugotavljanju proizvodne sposobnosti vzorčnih parcel. Ljubljana, 59 s.
- Republiški komite za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 1985. Navodila za zbiranje in obdelavo podatkov v gozdnogospodarskih načrtih gospodarskih enot. Ljubljana. 52 s.
- STEPANČIČ, D., VOVK, B., 1962. Sistematična klasifikacija. Začasni delovni ključ za kartografijo tal v Sloveniji. Ljubljana, 5 s. Inštitut za nauk o tleh in prehrano rastlin Biotehniške fakultete.
- STEPANČIČ, D., VOVK, B., 1962. Tolmačenja pri opisu profilov. Ljubljana, 11 s. Inštitut za nauk o tleh in prehrano rastlin Biotehniške fakultete.
- SUŠIN, J., KALAN, J., 1976. Vpliv steljarjenja na nekatera tla na karbonatni matični podlagi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 14, 2, s. 191-200.
- SUŠIN, J., KALAN, J., 1978. Lastnosti steljarjenih psevdoglejev in kisljih rjavih tal. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 16, 1, s. 5-16.

SUŠIN, J., KALAN, J. 1979. Onečiščenje tal z žveplom v bližini tovarn. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 17, 2, s. 457-465.

ŠKORIĆ, A., 1977. Tipovi naših tala. Zagreb. 134 s.

ŠOLAR, M., (1986). Onesnaževanje zraka in propadanje gozdov v Sloveniji. V: Gozd in okolje - FOREN 86. Jugoslovansko posvetovanje - 14. in 15. maj 1986. Ljubljana, Zvezni komite za kmetijstvo, Beograd, Republiški komite za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana, Splošno združenje gozdarstva Slovenije, Ljubljana, Svet za varstvo okolja pri predsedstvu RK SZDL Slovenije, Ljubljana, Republiški komite za varstvo okolja in urejanje prostora, Ljubljana, s. 57-84.

ŠOLAR, M., 1991. Popis poškodovanosti gozdov v Sloveniji leta 1990. Gozdarski vestnik 49, 5, s. 234-239.

ULRICH., B., 1981. Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 144, s. 289-305.

UNEP - UN/ECE. 1991. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests for the large scale representative survey and assessment and for the intensive study of forest soils on permanent plots (revised and completed version). Brussel. (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects in the ECE-region). 11 s.

WÖSTHOFF, 1982. Gasanalysen-Messanlage. Typ: "CARMHOMAT 8 ADG". Gebrauchsanleitungen. WÖSTHOFF GmbH, Messtechnik, Bochum

WÖSTHOFF, 1986. Gasanalysen-Messanlage. Typ: "SULMHOMAT 12 ADG". Gebrauchsanleitungen. WÖSTHOFF GmbH, Messtechnik, Bochum