

## MONITORING TLA ZA ZAŠTITU KOPNENIH EKOSUSTAVA PARKOVA PRIRODE U HRVATSKOJ

### SOIL MONITORING FOR PROTECTION OF THE TERRESTRIAL ECOSYSTEMS IN PARKS OF NATURE IN CROATIA

**J. Martinović, A. Kutle**

#### SAŽETAK

Na osnovi proučavanja ekoloških odnosa u parkovima prirode u Hrvatskoj (Martinović 2000) u ovom se radu razmatraju vrste i opseg monitoringa tla koji trebaju biti čvrst oslonac u razumnom gospodarenju kopnenim eko-sustavima. Uvažavajući vrlo raznolike i ekološki vrlo kontrastne procese u našim kopnenim ekosustavima u radu se opisuju oni koji po sudu autora imaju najveću gospodarsku i znanstvenu važnost.

Predloženi su ovi tipovi monitoringa:

1. Monitoring tla za mjerenje unosa onečišćivača iz atmosfere  
Parametri za ovaj monitoring iskazani su na tab. 4. 1.
2. Monitoring tla za utvrđivanje ciljnih prinosa. Prioritet ima održivo gospodarenje u ratarstvu. Parametri su iskazani na tab. 4.2.
3. Monitoring tla za kontrolu agrotehnike. U fokusu ovog monitoringa nalazi se praćenje stanja humizacije i strukture tla. Parametri monitoringa na tab. 4.3.
4. Monitoring za praćenje erozije tla vodom. Prioritet imaju tla oranica u bioklimatu hrasta kitnjaka i običnoga graba. Parametri iskazani na tab. 4.4.
5. Monitoring za geokemijsku ulogu šumskog drveća. Proučava se energija nakupljanja biogenih elemenata radi ekološkog protežiranja vrsta drveća. Parametri na tab. 4.5.
6. Monitoring tla za provjeru normale šumskih sastojina. Teži se utvrditi da li uspostavljena normala šumskih sastojina glavnih vrsta drveća (hrastovi, bukva, jela) uzrokuju ekološki nepovoljne promjene stanja tla. Parametri iskazani na tab. 4.6.

7. Monitoring tla za procjenu utjecaja požara na vegetaciji.  
Poučeni iskustvom izabrali smo parametre motrenja iskazane na tab. 4.7.

## ABSTRACT

The article presents different types and scope of soil monitoring, based on ecological relationships in Parks of Nature in Croatia, to be a firm in support sustainable management of terrestrial ecosystems in Croatia. Taking into account very different and contrasting ecological processes in our terrestrial ecosystems, this study presents those of the most significant economic and scientific importance. More than one type of monitoring is suggested including in some cases geochemical characteristics of vegetation.

Keywords: soil monitoring, terrestrial ecosystems, natural parks.

## 1. UVOD

Nakon što su na osnovi uglavnom pedološke i vegetacijske dokumentacije proučeni i opisani kopneni ekosustavi u našim parkovima prirode, pokazala se potreba da se za njih izradi program monitoringa.

Prema suvremenim znanstvenim spoznajama, smisao je svakog, pa i ovog našeg monitoringa, da se pribave znanstveno zasnovani i statistički pouzdani podatci koji mogu poslužiti modeliranju rješenja za odlučivanje u usmjerenju ekosustava ili njegovih sastavnica.

Kao najviša razina međunarodne suradnje i iskustava u monitoringu ekosustava, bez pogovora se zagovara integralni monitoring ekosustava (UNICEF ICP, 1998.) koji promatra stojbinu ili skup stojbina i to s gledišta glavnih komponenti ekosustava i procesa u njima (slika 1).

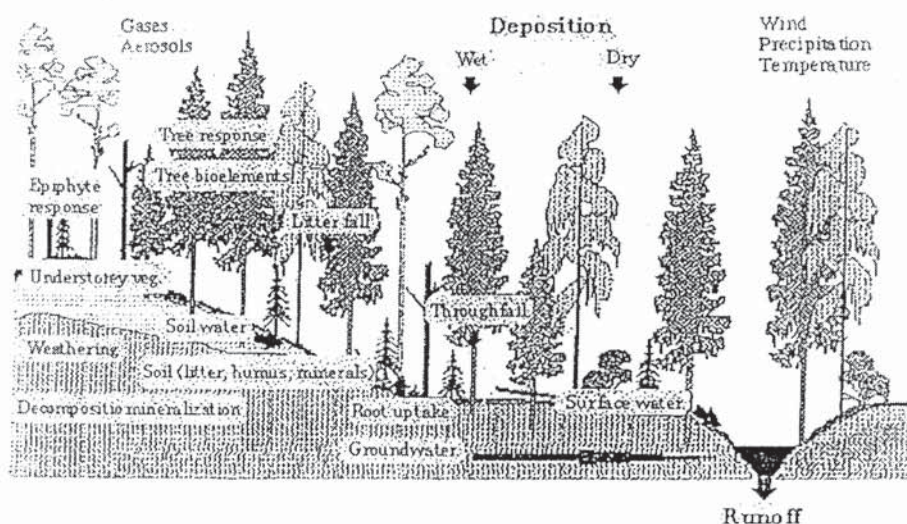
Zadatak je ovog programa da s gledišta suvremenih proučavanja (monitoringa) kopnenih ekosustava i s gledišta cjelovite problematike zaštite kopnenih ekosustava u našim parkovima prirode razradi i iskaže onaj dio programa koji se odnosi na monitoring tla uključujući i geokemiju raslinstva.

Dobri običaji nalažu da se u ovakvom poslu pažljivo uzmu u obzir domaća iskustva kako bi se budući rad što uspješnije povezao s proteklom.

U tom pogledu posebnu pažnju zaslužuju iskustva stečena u Šumarskom institutu Jastrebarsko, a koja se odnose na praćenje taložnih tvari u šumskim

ekosustavima (Vrbek 2000. i 2001) i provjeru normale šumskih sastojina (Martinović 1991).

U pristupu ovom zadatku postavlja se i pitanje što nam je potrebnije, veći broj punktova opažanja s manjim brojem pokazatelja ili manji broj punktova s većim brojem parametara. Dugo me je iskustvo poučilo da bi bilo opravdanije početi raditi s većim brojem punktova opažanja i uz to s manjim brojem glavnih (diktatorskih) varijabli. Ipak, ostavljena je i druga mogućnost, pa su na listama parametara monitoringa oni podijeljeni na one koji se nalažu i one koji su dati na volju.



Slika 1. Konceptualna shema malog isječka ekosustava koja pokazuje osnovne komponente (pools) i procese (fluxes) koji su objekt integriranog monitoringa (UN/EGE ICP 1998)

Fig. 1. Conceptual scheme of a small segment of the ecosystem showing basic components (pools) and processes (fluxes) which are the object of integrated monitoring (UN/ECE, ICP: 1998)

## 2. PREGLED KOPNENIH EKOSUSTAVA U PARKOVIMA PRIRODE

Ako se u identifikaciji kopnenih ekosustava poslužimo bioklimatskim raščlanjenjem našeg prostora (tablica 1), lako je zaključiti da su u parkovima prirode zastupljeni svi znanstveno i gospodarski značajni kopneni ekosustavi

naše domovine. To pruža mogućnost da se nacionalna strategija zaštite kopnenih ekosustava prioritetno projektira i ostvaruje u parkovima prirode a pritom stečena iskustva prenose na šira područja. S pravom se može pretpostaviti da će rezultat monitoringa u parkovima prirode naći primjenu za analogne ekosustave na širem području u Hrvatskoj. Uz to treba imati na umu da su parkovi prirode u Hrvatskoj već sami po sebi značajno nacionalno dobro jer pripadaju u najatraktivnija područja prirode u Hrvatskoj i zauzimaju 409826 ha odnosno 7,25 % njezina kopnenog teritorija.

Tablica 1. Zastupljenost bioklimata u parkovima prirode u Hrvatskoj.

Table 1. Distribution of bioclimates in Parks of Nature in Croatia

Bioklimat - Bioclimate		Naziv parka - Nature park										
Pojas - Area	Symbol - Symbol	Naziv bioklimata	Velebit	Biokovo	Učka	Vransko jezero	Telašćica	Lonjsko polje	Papuk	Žumberak-Samoborsko gorje	Medvednica	Kopački rit
Preplaninski	A	Viši pretplaninski bioklimat; područje dinarske klekovine bora krivulja	+									
	B	Niži pretplaninski pojas; područje pretplaninske bukove šume	+		+							
Gorski	C <sub>I</sub>	Viši gorski pojas, dinarsko potpodručje; područje i bioklimat šume bukve i jele	+	+								
	C <sub>II</sub>	Panonska varijanta bioklimata i područja šume bukve i jele							+	+	+	
	D <sub>I</sub>	Niži kopneni gorski pojas; dinarsko potpodručje gorske bukove šume	+	+	+							
	D <sub>II</sub>	Panonska varijanta bioklimata gorske šume bukve							+	+	+	
	H	Niži primorski gorski pojas i bioklimat; područje primorske bukove šume	+	+	+							
Brdski	E <sub>I</sub>	Kopneni (kontinentski) brdski pojas; područje i bioklimat hrasta kitnjaka i običnog graba - južno potpodručje	+									
	E <sub>II</sub>	Kopneni (kontinentski) brdski pojas; područje i bioklimat hrasta kitnjaka i običnog graba - središnje potpodručje						+		+	+	



### 3. OPERATIVNI ZADACI I ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKI PROBLEMI

Želimo li valjan program monitoringa tla za zaštitu prirode, on se mora čvrsto osloniti na životnu stvarnost i konkretna (područna) obilježja u odnosima čovjeka i prirodnih uvjeta njegova života.

S tim u svezi na tablici 2 dajemo pregled operativnih zadataka i znanstveno-istraživačkih problema u zaštiti tla i raslinstva koji potječe iz naše analize (Martinović, 2000.) navedenih odnosa. Iskazani su samo po našem sudu najvažniji zadatci i znanstveni problemi koje se i jedino može valjano rješavati uz primjenu suvremenog ekološkog monitoringa tj. njegove bilančne koncepcije.

### 4. MODELI MONITORINGA

Na osnovi opisanih problema (praktičnih i znanstvenih) potpuno je jasno da se u promatranim parkovima prirode radi o vrlo raznolikim i ekološki jako kontrastnim pojavama i procesima, pa nije moguće uspostaviti univerzalni model ekološkog monitoringa koji bi razumno u informatičkom, i podjedno u pogledu ekonomičnosti zadovoljio naše potrebe. Uvažavajući tu spoznaju predlažu se dalje navedeni namjenski modeli monitoringa tla.

#### 4.1. Monitoring tla za mjerenje unosa onečišćivača iz atmosfere

Praćenje ovog problema regulirano je s više međunarodnih konvencija i u ovom je trenutku na međunarodnoj razini najčešća vrsta monitoringa. Teritorij Republike Hrvatske u pogledu onečišćenja kopnenih ekosustava iz atmosfere pripada tipu onečišćenja "SO<sub>2</sub> + NO<sub>x</sub> + primjese teških kovina". Naše institucije (IMI i HMZ) prate i djelomično (u pojedinim dijelovima) ostvaruju program ovoga tipa monitoringa. Parametri koje za ovaj monitoring predlažemo iskazani su na tablici 4.1. Tehničku izvedbu uzorkovanja taloženja onečišćivača, pripremu i pohranu uzoraka valja obaviti prema standardizaciji koja je prihvaćena u našim već navedenim institucijama. Potpuno je razumljivo da monitoring tla treba biti na istome objektu gdje se mjeri taloženje onečišćivača i tako osigura provedba bilančne koncepcije rada.

Tablica 2. Pregled operativnih zadataka i znanstveno-istraživačkih problema u zaštiti tla i raslinstva u parkovima prirode Republike Hrvatske

Table 2. Review of tasks in forestry practice and scientific and research problems in the protection of soil and plants of forest ecosystems in Croatia

Red. broj	Operativni zadaci	Znanstveno-istraživački problemi
1.	Uvažavanje općeg boniteta tla i primarne namjene tla u poslovnim prostornim planiranjima	Proučavanje performansi (odnosa što biljka traži i što tlo pruža), tla za glavne vrste poljoprivrednih kultura i šumskog drveća; istraživanja usmjeriti na pilot gospodarstva, šumska i farmerska
2.	Nadzor intenziteta agrotehnike u poljodjelskom prostoru, prvenstveno ratarske i vinogradarske kulture	a) Istraživanje ciljnih prinosa b) Istraživanje utjecaja navodnjavanja i primjene mineralne gnojide na svojstva (kvalitetu) tla
3.	Izbor i ograničenja upotrebe biocida u poljodjelskoj proizvodnji, prvenstveno herbicida	Istraživanje rezidualnog djelovanja herbicida i utvrđivanje njihovih maksimalno dozvoljenih i ciljanih koncentracija u tlu
4.	Nadzor intenziteta sječa u gospodarskim šumama	Istraživanje ekološke normale (šumske glavnice drvne mase) za glavne vrste drveća
5.	Protežiranje ekološki prikladnih vrsta drveća kao i omjera vrsta drveća u mješovitim sastojinama	Istraživanje geokemijske uloge šumskog drveća u procesu biološkog kruženja tvari
6.	Zaštita tla od erozije	a) Istraživanje produkcije erozije ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ ) potencijalno najugroženijih ekosustava b) Istraživanje protuerozijskog učinka raslinstva - pokusi biološke sanacije
7.	Smanjenje tehnogenetskog pritiska na ekosustav; prioritet su područni izvori: industrija, promet, poplave i dr.	Istraživanje depresivnog učinka emisija na šumsko i kulturno raslinstvo; prednost imaju ekosustavi u industrijskim zonama i uz jake prometnice
8.	Zaštita raslinstva i tla od požara vegetacije	a) Istraživanje sukcesije vegetacije i kulturne potpore sukcesiji b) Istraživanje oštećenja proizvodne snage tla c) Istraživanje utjecaja požara na eutrofikaciju ( $P_2O_5$ i $NO_3$ ) voda

Izvor podataka: Martinović, J. (2000.) Kopneni ekosustavi parkova prirode u Hrvatskoj (Fond dokumentacije Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja).

J. Martinović et al.: Monitoring tla za zaštitu kopnenih ekosustava parkova prirode u Hrvatskoj

Tablica 4.1. Monitoring tla za mjerenje unosa zračnih onečišćivača  
Table 4.1. Soil monitoring for measuring the input of air pollutants

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponuđeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH u H <sub>2</sub> O	
	S ukupni mg/kg	Fe izmjenjivi	
	P ukupni mg/kg	H izmjenjivi	
	N ukupni mg/kg	Fe ekstrahirano mg/kg	
	Ca izmjenjivi meq/kg	Cd ekstrahirano mg/kg	
	Mg izmjenjivi meq/kg	Pb ekstrahirano mg/kg	
	K izmjenjivi meq/kj	Cu ekstrahirano mg/kg	
	Na izmjenjivi meq/kg	Zn ekstrahirano mg/kg	
	Al izmjenjivi meq/kg	Ni ekstrahirano mg/kg	
	C ukupni mg/kg	Cr ekstrahirano mg/kg	
	Volumna gustoća tla kg/m <sup>3</sup>	As ekstrahirano mg/kg	
	Sadržaj skeleta m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Mo ekstrahirano mg/kg	
	% krupnog pijeska	Hg ekstrahirano mg/kg	
	% sitnog pijeska		
	% praha		
	% gline		
	Kemizam vode u tlu	SO <sub>4</sub> - S sulfati kao sumpor mg/l	S ukupni
NO <sub>3</sub> - N nitrati kao dušik mg/l		PO <sub>4</sub> - P fosfat kao fosfor µg/l	
NH <sub>4</sub> - N amonij kao dušik mg/l		P ukupni µg/l	
N ukupni dušik mg/l		Fe željezo µg/l	
Ca kalcij mg/l		Mn mangan µg/l	
Na natrij mg/l		Cd kadmij µg/l	
K kalij mg/l		Pb olovo µg/l	
Mg magnezij mg/l		Zn cink µg/l	
Cl klor mg/l		Mo molibden µg/l	
C rastvorivi ugljik mg/l		Cu bakar µg/l	
Al aluminiј mg/l			
Al pokretljivi Al mg/l			
pH			
Razina podzemne vode u cm od površine			



J. Martinović et al.: Monitoring tla za zaštitu kopnenih ekosustava parkova prirode u Hrvatskoj

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponudeni Proposed parameters	Napomena - Note
Folijarna analiza (lišća, iglica)	S ukupni mg/g	Al aluminij $\mu\text{g/g}$	Uzorci za obvezne parametre folijarne analize uzimaju se svake godine
	N ukupni mg/g	As arsen $\mu\text{g/g}$	
	P ukupni mg/g	B bor $\mu\text{g/g}$	
	Ca ukupni mg/g	Cd kadmij $\mu\text{g/g}$	
	Mg ukupni mg/g	Cl klor $\mu\text{g/g}$	
	K ukupni mg/g	Cr krom $\mu\text{g/g}$	
	Na ukupni $\mu\text{g/g}$	F fluor $\mu\text{g/g}$	
	Mn ukupni $\mu\text{g/g}$	Mo molibden $\mu\text{g/g}$	
	Fe ukupni $\mu\text{g/g}$	Ni nikal $\mu\text{g/g}$	
	Cu ukupni $\mu\text{g/g}$	Pb olovo $\mu\text{g/g}$	
	Zn ukupni $\mu\text{g/g}$		
	C ukupni mg/g		

#### 4.2. Monitoring tla za utvrđivanje ciljnih prinosa

U poljodjelskom prostoru ciljevi održivog razvoja u ratarstvu mogu se ostvariti jedino preko uspostave ciljnih prinosa. Oni u jednu ruku trebaju osigurati trajnost proizvodne snage tla, a u drugu ekonomičnost proizvodnje.

Problem je vrlo zakučast jer na njega jako utječu socijalno-ekonomski uvjeti, opći i područni. Ovim monitoringom treba obuhvatiti "pilot" gospodarstva osnivanjem trajnih pokusnih ploha na glavnim tipovima tala. Primjenom različitih tretmana (vrste kultura i agrotehnike) valja utvrditi ciljnu razinu poljoprivredne proizvodnje barem za glavne vrste ratarskih kultura: pšenice, šećerne repe i kukuruza. Parametri monitoringa iskazani su na tablici 4.2.

Tablica 4.2. Monitoring tla za utvrđivanje ciljnih prinosa u ratarstvu.

Table 4.2. Soil monitoring for target yields in cultivation of soil (tillage)

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponuđeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH u H <sub>2</sub> O	Parametri označeni sa * uzorkuju se i analiziraju svake godine na kraju vegetacijskog razdoblja. Strukturni sastav i stabilnost strukturnih agregata određuje se (prema Priručniku za ispitivanje zemljišta, knj. 5, JDPZ, Beograd) jednom u dvije godine
	S ukupni mg/kg	Fe izmjenjivi	
	P ukupni mg/kg	H izmjenjivi	
	* N ukupni mg/kg	Fe ekstrahirano mg/kg	
	* Ca izmjenjivi meq/kg	Cd ekstrahirano mg/kg	
	* Mg izmjenjivi meq/kg	Pb ekstrahirano mg/kg	
	* K izmjenjivi meq/kg	Cu ekstrahirano mg/kg	
	* Na izmjenjivi meq/kg	Zn ekstrahirano mg/kg	
	* Al izmjenjivi meq/kg	Ni ekstrahirano mg/kg	
	* C ukupni mg/kg	Cr ekstrahirano mg/kg	
	Volumna gustoća tla kg/m <sup>3</sup>	As ekstrahirano mg/kg	
	Sadržaj skeleta m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Mo ekstrahirano mg/kg	
	% krupnog pijeska	Hg ekstrahirano mg/kg	
	% sitnog pijeska		
	% praha		
% gline			
sastav i stabilnost strukturnih agregata			
Kemizam vode u tlu	SO <sub>4</sub> - S sulfati kao sumpor mg/l	S ukupni	NO <sub>3</sub> -N NH <sub>4</sub> -N N ukupni i C rastvorljivi uzorkuju se svake godine na kraju vegetacijskog razdoblja
	NO <sub>3</sub> - N nitrati kao dušik mg/l	PO <sub>4</sub> - P fosfat kao fosfor µg/l	
	NH <sub>4</sub> - N amonij kao dušik mg/l	P ukupni µg/l	
	N ukupni dušik mg/l	Fe željezo µg/l	
	Ca kalcij mg/l	Mn mangan µg/l	
	Na natrij mg/l	Cd kadmij µg/l	
	K kalij mg/l	Pb olovo µg/l	
	Mg magnezij mg/l	Zn cink µg/l	
	Cl klor mg/l	Mo molibden µg/l	
	C rastvorivi ugljik mg/l	Cu bakar µg/l	
	Al aluminij mg/l		
	All pokretljivi Al mg/l		
	pH		
	razina podzemne vode u cm od površine		

#### 4.3. Monitoring tla za kontrolu agrotehnike

Usklađenost agrotehnike s ekološkim potencijalom staništa usko je povezana s ostvarenjem ciljnih prinosa ali se u pravilu može i treba kontrolirati na širem planu s mnogo većim brojem pokusnih ploha. U fokusu monitoringa za kontrolu intenzivne agrotehnike nalazi se praćenje stanja humizacije i strukture tla. Parametri monitoringa iskazani su na tablici 4.3.

Tablica 4.3. Monitoring tla za kontrolu agrotehnike  
Table 4.3. Soil monitoring for control of agricultural engineering

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponudeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	* pH(CaCl <sub>2</sub> )	pH u H <sub>2</sub> O	Parametri označeni sa * analiziraju se svake godine. Strukturni sastav i stabilnost strukturnih agregata određuje se (prema Priručniku za ispitiva-nje zemljišta, knj. 5, JDPZ, Beograd) jednom u dvije godine
	S ukupni mg/kg	Fe izmjenjivi	
	P ukupni mg/kg	H izmjenjivi	
	* N ukupni mg/kg	Fe ekstrahirano mg/kg	
	Ca izmjenjivi meq/kg	Cd ekstrahirano mg/kg	
	Mg izmjenjivi meq/kg	Pb ekstrahirano mg/kg	
	K izmjenjivi meq/kg	Cu ekstrahirano mg/kg	
	Na izmjenjivi meq/kg	Zn ekstrahirano mg/kg	
	Al izmjenjivi meq/kg	Ni ekstrahirano mg/kg	
	* C ukupni mg/kg	Cr ekstrahirano mg/kg	
	Volumna gustoća tla kg/m <sup>3</sup>	As ekstrahirano mg/kg	
	Sadržaj skeleta m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Mo ekstrahirano mg/kg	
	% krupnog pijeska	Hg ekstrahirano mg/kg	
	% sitnog pijeska		
	% praha		
	% gline		
sastav i stabilnost strukturnih agregata			
Kemizam vode u tlu	SO <sub>4</sub> - S sulfati kao sumpor mg/l	S ukupni	Parametri označeni sa * analiziraju se svake godine
	NO <sub>3</sub> - N nitratni kao dušik mg/l	PO <sub>4</sub> - P fosfat kao fosfor µg/l	
	NH <sub>4</sub> - N amonij kao dušik mg/l	P ukupni µg/l	
	* N ukupni dušik mg/l	Fe željezo µg/l	
	Ca kalcij mg/l	Mn mangan µg/l	
	Na natrij mg/l	Cd kadmij µg/l	
	K kalij mg/l	Pb olovo µg/l	
	Mg magnezij mg/l	Zn cink µg/l	
	Cl klor mg/l	Mo molibden µg/l	
	* C rastvorivi ugljik mg/l	Cu bakar µg/l	
	Al aluminij mg/l		
	Al pokretljivi Al mg/l		
	pH		
	razina podzemne vode u cm od površine		

#### 4.4. Monitoring za praćenje erozije tla vodom

Parkovi prirode odlično predstavljaju sve naše kopnene ekosustave, zanimljive za proučavanje erozije. Ima više razloga da se naša ukupna istraživanja i sanacija erodiranih tala smjeste u parkove prirode i povežu s onim pilot gospodarstvima koja teže utvrđivanju i ostvarenju ciljnih prinosa. U ovom trenutku prvi bi zadatak bio osnivanje postaja za mjerenje produkcije erozije ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ ) na standardiziranim erozijskim ploham. Jednu takvu postaju kod nas je na daruvarskom području uspostavio Agronomski fakultet u Zagrebu.

U osnivanju erozijskih ploha i mjerenja prioritet imaju oranice u bioklimatu hrasta kitnjaka i običnog graba i to na ovim tipovima tala: rendzina i eutrično smeđe tlo na flišu i laporu, pseudoglej obronačni oligotrofni i distrično smeđe tlo.

Parametri monitoringa iskazani su na tablici 4.4.

Tablica 4.4. Monitoring tla za praćenje erozije tla vodom

Table 4.4. Soil monitoring for the control erosion by water

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponuđeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH u H <sub>2</sub> O	
	S ukupni mg/kg	Fe izmjenjivi	
	P ukupni mg/kg	H izmjenjivi	
	N ukupni mg/kg	Fe ekstrahirano mg/kg	
	Ca izmjenjivi meq/kg	Cd ekstrahirano mg/kg	
	Mg izmjenjivi meq/kg	Pb ekstrahirano mg/kg	
	K izmjenjivi meq/kg	Cu ekstrahirano mg/kg	
	Na izmjenjivi meq/kg	Zn ekstrahirano mg/kg	
	Al izmjenjivi meq/kg	Ni ekstrahirano mg/kg	
	C ukupni mg/kg	Cr ekstrahirano mg/kg	
	Volumna gustoća tla kg/m <sup>3</sup>	As ekstrahirano mg/kg	
	Sadržaj skeleta m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Mo ekstrahirano mg/kg	
	% krupnog pijeska	Hg ekstrahirano mg/kg	
	% sitnog pijeska		
	% praha		
	% gline		

J. Martinović et al.: Monitoring tla za zaštitu kopnenih ekosustava parkova prirode u Hrvatskoj

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponudeni Proposed parameters	Napomena - Note
Kemizam površinski otjecajne vode	SO <sub>4</sub> - S sulfati kao sumpor mg/l	S ukupni	Analize se obavljaju jednom godišnje
	NO <sub>3</sub> - N nitrati kao dušik mg/l	PO <sub>4</sub> - P fosfat kao fosfor µg/l	
	NH <sub>4</sub> - N amonij kao dušik mg/l	P ukupni µg/l	
	N ukupni dušik mg/l	Fe željezo µg/l	
	Ca kalcij mg/l	Mn mangan µg/l	
	Na natrij mg/l	Cd kadmij µg/l	
	K kalij mg/l	Pb olovo µg/l	
	Mg magnezij mg/l	Zn cink µg/l	
	Cl klor mg/l	Mo molibden µg/l	
	C rastvorivi ugljik mg/l	Cu bakar µg/l	
	Al aluminiј mg/l		
	Al pokretljivi Al mg/l		
	pH		
	razina podzemne vode od površine u cm		

#### 4.5. Monitoring za geokemijsku ulogu šumskog drveća

U postupku uzgajanja šuma uvijek je prisutno protežiranje vrsta drveća i njihovih fenotipova. S gledišta zaštite ekosustava poželjno je protežirati vrste drveća veće energije nakupljanja biogenih elemenata, napose bazičnih kationa. Takve vrste drveća povoljno djeluju na održivost plodnosti tla i sprječavanje (ublažavanje) njegove acidifikacije što ima pozitivan učinak na stabilnost kopnenog ekosustava u cjelini. Zadatak je ovog monitoringa poredbenim istraživanjima na ključnim objektima utvrditi energiju nakupljanja biogenih kao i potencijalno toksičnih elemenata naših glavnih vrsta drveća. U ovim istraživanjima valja ne samo dopuniti naša znanja o koncentraciji elemenata već utvrditi i njihove ukupne količine koje se u bilančnom smislu uzimaju i vraćaju tlu. Parametri monitoringa iskazani su na tablici 4.5.

Tablica 4.5. Monitoring tla za geokemijsku ulogu šumskog drveća  
Table 4.5. Soil monitoring for geochemical role of forest trees

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponuđeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH u H <sub>2</sub> O	
	S ukupni mg/kg	Fe izmjenjivi	
	P ukupni mg/kg	H izmjenjivi	
	N ukupni mg/kg	Fe ekstrahirano mg/kg	
	Ca izmjenjivi meq/kg	Cd ekstrahirano mg/kg	
	Mg izmjenjivi meq/kg	Pb ekstrahirano mg/kg	
	K izmjenjivi meq/kg	Cu ekstrahirano mg/kg	
	Na izmjenjivi meq/kg	Zn ekstrahirano mg/kg	
	Al izmjenjivi meq/kg	Ni ekstrahirano mg/kg	
	C ukupni mg/kg	Cr ekstrahirano mg/kg	
	Volumna gustoća tla kg/m <sup>3</sup>	As ekstrahirano mg/kg	
	Sadržaj skeleta m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Mo ekstrahirano mg/kg	
	% krupnog pijeska	Hg ekstrahirano mg/kg	
	% sitnog pijeska		
	% praha		
	% gline		
Folijarna analiza otpada lišća (iglica)	S ukupni mg/g	Al aluminij µg/g	Analize se obavljaju svake godine Koncentracije elemenata iskazuju se u mg/g a ukupna količina elementa iskazuje se u kg·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup>
	N ukupni mg/g	As arsen µg/g	
	P ukupni mg/g	B bor µg/g	
	Ca ukupni mg/g	Cd kadmij µg/g	
	Mg ukupni mg/g	Cl klor µg/g	
	K ukupni mg/g	Cr krom µg/g	
	Na ukupni µg/g	F fluor µg/g	
	Mn ukupni µg/g	Mo molibden µg/g	
	Fe ukupni µg/g	Ni nikal µg/g	
	Cu ukupni µg/g	Pb olovo µg/l	
	Zn ukupni µg/g		
	C ukupni mg/g		

#### 4.6. Monitoring tla za provjeru normale šumskih sastojina

Kao što je uspostava ciljnih prinosa i kontrola intenzivne agrotehnike glavni pravac pedoloških istraživanja u poljodjelskom prostoru tako je i provjera normala šumskih sastojina vrlo važan i prioritetan pedološki zadatak u istraživanju šumskih ekosustava. Važnost provjere i nadzora provedbe u šumarskoj struci usvojenih normala šumskih sastojina odavno je objašnjena (Martinović, 1973.) a o tom su problemu objavljeni i prvi rezultati istraživanja (Martinović, 1991.). Bit problema je ova: normale šumskih sastojina trebale bi biti "glavnica" šume u koju se ne smije dirati. Ujedno bi normala trebala biti optimum za proizvodnju i druge uloge šumskih ekosustava. Pritom se uvijek u proučavanju odnosa čovjeka i tla postavlja pitanje, da li je kulturno uspostavljen ili usmjeren ekosustav stabilan i održiv ili predstavlja samo prolaznu stubu u pravcu njegove degradacije. Dobar gospodar mora tražiti i znati odgovor na to pitanje.

Slijedom rečenoga ovim se monitoringom želi utvrditi da li uspostavljene normale šumskih sastojina uzrokuju ekološki nepovoljne promjene stanja šumskih tala i, što je posebno važno, kakav je trend tih promjena. Parametri monitoringa iskazani su na tablici 4.6.

Tablica 4.6. Monitoring tla za provjeru normale šumskih sastojina  
Table 4.6. Soil monitoring for the control of normal forest stand

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponuđeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH u H <sub>2</sub> O	
	S ukupni mg/kg	Fe izmjenjivi	
	P ukupni mg/kg	H izmjenjivi	
	N ukupni mg/kg	Fe ekstrahirano mg/kg	
	Ca izmjenjivi meq/kg	Cd ekstrahirano mg/kg	
	Mg izmjenjivi meq/kg	Pb ekstrahirano mg/kg	
	K izmjenjivi meq/kg	Cu ekstrahirano mg/kg	
	Na izmjenjivi meq/kg	Zn ekstrahirano mg/kg	
	Al izmjenjivi meq/kg	Ni ekstrahirano mg/kg	
	C ukupni mg/kg	Cr ekstrahirano mg/kg	
	Volumna gustoća tla kg/m <sup>3</sup>	As ekstrahirano mg/kg	

Nastavak na sljedećoj stranici

J. Martinović et al.: Monitoring tla za zaštitu kopnenih ekosustava parkova prirode u Hrvatskoj

Nastavak sa prethodne stranice

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponudeni Proposed parameters	Napomena - Note
Svojstva tla	Sadržaj skeleta m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Mo ekstrahirano mg/kg	
	% krupnog pijeska	Hg ekstrahirano mg/kg	
	% sitnog pijeska		
	% praha		
	% gline		
Kemizam vode u tlu	SO <sub>4</sub> - S sulfati kao sumpor mg/l	S ukupni	Uzorci za obvezne parametre analiziraju se svake godine
	NO <sub>3</sub> - N nitrati kao dušik mg/l	PO <sub>4</sub> - P fosfat kao fosfor µg/l	
	NH <sub>4</sub> - N amonij kao dušik mg/l	P ukupni µg/l	
	N ukupni dušik mg/l	Fe željezo µg/l	
	Ca kalcij mg/l	Mn mangan µg/l	
	Na natrij mg/l	Cd kadmij µg/l	
	K kalij mg/l	Pb olovo µg/l	
	Mg magnezij mg/l	Zn cink µg/l	
	Cl klor mg/l	Mo molibden µg/l	
	C rastvorivi ugljik mg/l	Cu bakar µg/l	
	Al aluminij mg/l		
	Al pokretljivi Al mg/l		
	pH		
	razina podzemne vode od površine u cm		
Folijarna analiza (lišća, iglica)	S ukupni mg/g		Uzorci se analiziraju svake godine
	N ukupni mg/g		
	P ukupni mg/g		
	Ca ukupni mg/g		
	Mg ukupni mg/g		
	K ukupni mg/g		
	C ukupni mg/g		

#### 4.7. Monitoring tla za procjenu utjecaja požara na vegetaciji

Stečena su iskustva (Martinović i sur. 1978., Martinović 1997) o tome koja svojstva tla najbolje odaju promjene edafskog i ekološkog stanja tla uzrokovane požarom na vegetaciji. Poučeni iskustvom izabrali smo parametre motrenja iskazane na tablici 4.7.



Tablica 4.7. Motrenje tla za procjenu utjecaja požara na vegetaciji  
Table 4.7. Soil monitoring of the effect of forest fire on vegetation

	Parametri obvezni Compulsory parameters	Parametri ponuđeni Proposed parameters	Napomena - Note
Kemijska svojstva tla	pH (CaCl <sub>2</sub> )		Uzorci se analiziraju jednom u dvije godine
	S ukupni mg/kg		
	P ukupni mg/kg	P po Al metodi	
	N ukupni mg/kg		
	Ca izmjenjivi meq/kg		
	Mg izmjenjivi meq/kg		
	K izmjenjivi meq/kg	K po Al metodi	
	Na izmjenjivi meq/kg		
	Al izmjenjivi meq/kg		
	C ukupni mg/kg	grupni sastav humusa	
Fizikalna svojstva tla	% krupnog pijeska		Uzorci se analiziraju jednom u tri godine
	% sitnog pijeska		
	% praha		
	% gline		
	% skeleta	sastav i stabilnost strukturnih agregata	
Folijarna analiza (lišća, iglica)	S ukupni mg/g		Uzorci se analiziraju svake godine s najmanje 5 vrsta raslinja
	N ukupni mg/g		
	P ukupni mg/g		
	Ca ukupni mg/g		
	Mg ukupni mg/g		
	K ukupni mg/g		
	C ukupni mg/g		

## 5. SMJERNICE ZA IZVEDBU MONITORINGA EKOSUSTAVA

Posljednjih je 20 godina prikupljeno toliko podataka iz monitoringa ekosustava da je bilo moguće uspostaviti standardizaciju za manje više sve faze i postupke mjerenja. Posebno valja uvažavati činjenicu da je u međunarodnim projektima ove vrste propisan izbor standarda za sve laboratorijske analize tla,

vode i biljnog materijala. Nema razloga da se međunarodni standardi za laboratorijske analize u našem sustavu monitoringa odmah ne prihvate. Ti su standardi<sup>1</sup> dostupni i ovdje se ne komentiraju. U pogledu terenskih faza istraživanja svi postupci nisu usuglašeni (standardizirani) i postoje alternativna rješenja. Na osnovi dosad stečenih iskustava mogu se dati ove upute:

5.1. Izbor dubine uzorkovanja tla. Separatno se uzorkuje organski horizont (Olfh) i humusno akumulativni horizont. Uporedo s tim uzorkuje se tlo s fiksnih dubina 0-5; 5-20; 20-40; 40-80 cm.

5.2. Uzorkovanje tla obavlja se u pravilu svakih 5 godina. Međunarodna koordinacija (UN/ECE ICP Forest, 1994.) predlaže da to bude 2000., 2005. i 2010. godine. Kao najpovoljnije doba uzorkovanja tla uzima se kolovoz-listopad.

5.3. Za uzorkovanje tla uspostavljaju se stalne plohe veličine 40x40 m podijeljene na 16 polja radi randomiziranog uzimanja uzoraka. Za naše preborne šume valja primijeniti koncept elementarnih areala tla.

5.4. Za uzorkovanje vode u tlu primjenjuju se usisni i gravitacijski lizimetri s tim da za uzorkovanje vode u A horizontu nisu prikladni usisni lizimetri.

5.5. Folijarna analiza. Uzorak se skuplja sa 6-10 stabala iz dominantne i nadstojne etaže i to iz gornje 1/3 krošnje listača. Kod četinjača uzorak se uzima iz 7. od vrha do 15. pršljena. Za uvijek zelene vrste uzimaju se ovogodišnje i prošlogodišnje iglice (lišće). U uzorku su zastupljene sve četiri ekspozicije. U uzorku se određuje ukupna koncentracija elemenata. Uzorkovanje lišća obavlja se nakon prestanka visinskog rasta i prije starenja. Otpalo lišće (iglice) skuplja se u otpadne vrećice otvora 50x50 ili 70x70 cm i uzorkuje najmanje jedanput mjesečno.

5.6. Uz opisane parametre monitoringa snimaju se i promjene u prizemnom račću vegetacije. Posebnu pozornost zaslužuje razvoj subcenoza uvjetovanih učinkom tehnogenetskog pritiska. Svi se ti biološki podatci mogu koristiti kao indikatori promjene. Još nisu adekvatno razvijene metode da se biološki pokazatelji uključe u monitoring ekosustava.

---

<sup>1</sup> Standardi analitičkih metoda (ISO/CEN) mogu se pribaviti iz: (1) Nacionalne agencije za standardizaciju, (2) International Organization for Standardization, DIN, Burggrafenstrasse 6, 10787 Berlin, Germany, (3) ISO International Organization for Standardization, Casa Postale 56, CH-1211, Geneve, Switzerland, (4) CEN European Committee for Standardization, Rue de Stassart 36, B-1050, Brussels, Belgium.

LITERATURA

- Common Methods for the Soil Inventory on the Permanent Observation, Official Journal of the European Communities, No L 125/13, Annexes IV-V (18. 5. 1994.)
- Martinović, J.** (1973.): Osnovna pedološka karta Republike Hrvatske, Tumač sekcije Sušak 2.
- Martinović, J., N. Komlenović, D. Jedlovski** (1978.): Utjecaj požara vegetacije na tlo i ishranu šumskog drveća. Šum. list, br. 4-5, Zagreb.
- Martinović, J.** (1991.): Prilog poznavanju stanja tla u zajednici Calamintho-Abieti-Fagetum u Hrvatskoj, ANU BiH, knj. XCVIII, Sarajevo.
- Martinović, J.** (1997.): Tloznanstvo u zaštiti okoliša, Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb.
- Martinović, J.** (2000.): Kopneni ekosustavi u parkovima prirode u Hrvatskoj (rukopis).
- Medvedović, J., J. Milković, B. Vrbek, L. Pelaš, I. Seletković, N. Potočić, D. Novosel** (1998.): Motrenje stanja šume bukve i jele na pokusnoj plohi "Sljeme" Rad. Šumar. Inst. 33 (2): 31-49, Jastrebarsko.
- UN/ECE ICP on Integrated Monitoring, Manual, August 1998.
- Vrbek, B.** (2000.): A Method for monitoring deposited matter in forest Ecosystems. Arh. Hig Rada Toksikol Vol 51 :No 2 pp 207-216, Zagreb.
- Vrbek, B., I. Pilaš** (2001.): Praćenje utjecaja taložnih tvari na pokusnim plohama u Hrvatskoj. Znanost u potrajnom gospodarenju, znanstvena knjiga, str 388-394. Zagreb.

**Adresa autora** – Author's address:  
Dr. sc. Jakob Martinović  
10000 Zagreb, Braće Domany 4

Primljeno - Received:  
10. 10. 2003.

Dr. Ante Kutle  
10000 Zagreb, "Lijepa naša", Palmotićeva 17a