

**PEDOLOŠKE, GEOLOŠKE I GEOKEMIJSKE ZNAČAJKE
LOKACIJA UKLJUČENIH U PROJEKT GEOKEMIJSKOG
KARTIRANJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA I PAŠNJAKA
U REPUBLICI HRVATSKOJ**

PEDOLOGICAL, GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL
CHARACTERISTICS OF THE LOCATIONS INCLUDED IN THE
PROJECT OF GEOCHEMICAL MAPPING OF AGRICULTURAL
SOILS AND GRAZING LAND SOILS IN CROATIA

S. Husnjak, J. Halamić, Ajka Šorša, V. Rubinić

SAŽETAK

Pan-Europski projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednih tala i pašnjaka – GEMAS (GEOchemical Mapping of Agricultural Soils and grazing land soils), pokrenut je 2007. godine uz sudjelovanje 35 europskih Geoloških službi, a pod vodstvom EuroGeoSurveys-Geochemistry Expert Group (EGS). U R. Hrvatskoj je u izvedbi projekta kao nositelj sudjelovao Hrvatski geološki institut - Hrvatska geološka služba (HGI-CGS), kao stalna članica EGS-a, te kao suradnik Zavod za pedologiju Agronomskog fakultet Sveučilišta u Zagrebu, uz financijsku potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Svrha ovog rada je prikazati pedološke, geološke i geokemijske značajke tla lokacija uključenih u GEMAS projekt. Metodologija terenskog rada definirana je usuglašenim uputama EuroGeoSurveys Geokemijske ekspertne grupe. Uzorkovanje je provedeno po unaprijed definiranoj pravilnoj kvadratnoj mreži 50x50km² sa slobodom izbora lokacije uzorkovanja unutar kvadrata. Na teritoriju R. Hrvatske uzeto je 58 kompozitnih uzoraka od čega 29 na oraničnim površinama, a 29 na trajnim travnatim površinama. Dubina uzorkovanja za poljoprivredno tlo bila je 0-20 cm, a za travnate površine 0-10 cm. Radi utvrđivanja sistematske pripadnosti tala dodatno su uzimani uzorci iz pedoloških profila (8 lokacija) i iz sondažnih bušotina. Kemijske analize svih uzoraka s projekta napravljene su u ACME Analytical Laboratories, Vancouver (Kanada). Analizirana frakcija bila je <2 mm, a uzorci su pripremani u zlatotopci. Analitičke tehnike bile su ICP-AES i ICP-MS. Pedološka analiza

uzoraka napravljena je prema standardnim metodama, odnosno odgovarajućim HRN ISO normama u laboratoriju Zavoda za pedologiju na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, gdje su utvrđena osnovna fizikalna i kemijska svojstva tla. Podloga većine uzetih uzoraka izgrađena je od karbonatnih stijena jure, krede i paleogena, dok su tercijarne i kvartarne klastične naslage druge po zastupljenosti. Srednja koncentracija 10 potencijalno toksičnih elemenata (As, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb i Zn) veća je u tlima na travnatim površinama za razliku od poljoprivrednih tala. Poljoprivredna tla pokazuju veće koncentracije makroelemenata K, Ca, Mg i P. Na 8 reprezentativnih lokacija otvoreni su pedološki profili i analizom je utvrđeno da se na tim lokacijama javlja 6 tipova tla od kojih tri tipa pripadaju odjelu automorfni, a tri odjelu hidromorfni tala. Na preostalim lokacijama utvrđeno je 13 tipova tala, odnosno veći broj njihovih nižih jedinica. Od toga, 9 tipova tala pripada odjelu automorfni tala, a četiri tipa tla odjelu hidromorfni tala.

Ključne riječi: GEMAS, poljoprivredno tlo, tlo pašnjaka, geokemija, Hrvatska

ABSTRACT

Pan-European project of “Geochemical Mapping of Agricultural Soils and Grazing Lands“ (GEMAS) was launched in 2007., with the participation of 35 European Geological Surveys, and under the leadership of EuroGeoSurveys - Geochemistry Expert Group (EGS_GEG). The project in the Republic of Croatia was carried out by the Croatian Geological Survey (HGI-CGS) and the Department of Soil Science at the Faculty of Agriculture of the University of Zagreb with the financial support from the Ministry of science, education and sports. The purpose of this study was to present the pedological, geological and geochemical characteristics of soils from the locations included in the GEMAS project. The methodology of field work is defined by the agreed guidelines of the EuroGeoSurveys Geochemistry expert group. Sampling was conducted at a pre-defined regular square network 50x50 km², with freedom of choosing sampling locations within the square. On the territory of the Republic of Croatia, 58 composite samples were taken, 29 of which on arable land, and 29 on permanent grassland. The depth of sampling for agricultural soil was 0-20 cm, and for the grassland soil 0-10 cm. In order to determine the systematic

affiliation of soils, further samples were taken from soil profiles (8 sites) and from auger holes. Chemical analysis of samples was done in the ACME Analytical Laboratories, Vancouver (Canada). Analysed fraction was <2 mm, and samples were prepared in aqua regia. Analytical techniques were ICP-AES and ICP-MS. Soil analysis of samples was made according to the standard methods and relevant HRN ISO standards in the laboratory of the Soil Science Department at the Faculty of Agriculture in Zagreb, where the basic physical and chemical soil properties were determined. The parent material for soil of most samples is built of carbonate rocks from Jurassic, Cretaceous and Paleogene, while the Tertiary and Quaternary clastic sediments are second in abundance. The mean concentration of 10 potentially toxic trace elements (As, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb and Zn) was higher in soils on grassland, as opposed to agricultural soils. Agricultural soils showed higher concentrations of major elements K, Ca, Mg and P. In 8 representative locations soil profiles were opened, and the analysis showed that 6 soil types occur at these locations, three of which belong to the automorphic soil division, and three to the hydromorphic soil division. At the remaining sites, 13 soil types were found, including many of their lower units. Nine of these soil types belong to the automorphic division, and four to the hydromorphic division.

Key words: GEMAS, agricultural soil, grazing land soil, geochemistry, Croatia

UVOD

Pan-Europski projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednih tala i pašnjaka – GEMAS (GEOchemical Mapping of Agricultural Soils and Grazing Lands) - pokrenut je 2007. godine uz sudjelovanje 35 europskih Geoloških službi, a pod vodstvom *Geochemistry Expert Group EuroGeoSurveys-a (EGS)*. Projekt vodi Norveška geološka služba (NGU). Udruženje metalne industrije Europe (Eurometaux) financira analitički dio, a ostale troškove (terenski rad) snose geološke službe pojedinačno. Radi važnosti za našu zemlju (uključivanje u europske integracije, važnost dobivenih geokemijskih podataka i stvaranje arhiva uzoraka tala na razini Europe), Hrvatski geološki institut – Hrvatska geološka služba (HGI-CGS), kao stalna članica EGS-a, preuzela je obvezu sudjelovanja u ovom projektu. Planom projekta bilo je predviđeno da se na istraživanim lokacijama, pored geokemijskih parametara, utvrde i pedološke

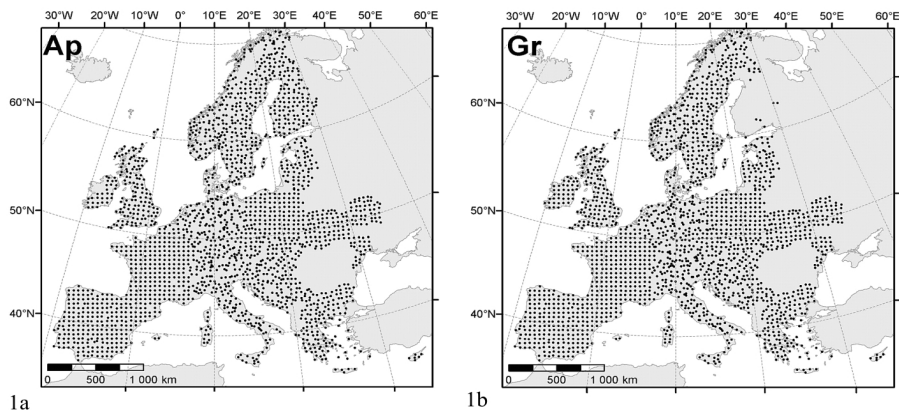
značajke tla (prije svega, sistematska pripadnost tla, te osnovna fizikalna i kemijska svojstva). Radi toga, u realizaciju projekta su bili uključeni i pedolozi sa Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu uz financijsku potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa.

Svrha ovog rada je prikazati pedološke, geološke i geokemijske značajke 58 lokacija koje su bile odabrane za provedbu navedenog projekta. Završetak projekta planiran je za 2013. godinu s izdavanjem europskog geokemijskog atlasa poljoprivrednih tala i pašnjaka.

MATERIJALI I METODE

Metode uzorkovanja

Metodologija terenskog rada definirana je usuglašenim uputama (EGS, 2008). Na nivou Europe uzorkovanje je provedeno po unaprijed definiranoj pravilnoj kvadratnoj mreži 50x50 km² (Lambert Equal Area) sa slobodom izbora lokacije uzorkovanja unutar kvadrata. HGI-CGS imala je obvezu uzimati uzorke u onim ćelijama čiji centar je pao u područje R. Hrvatske. Otoci, radi veličine na nivou Europe, nisu bili uključeni u uzorkovanje.



Slika 1. Lokacije uzorkovanja na razini Europe za poljoprivredna tla (1a) te za pašnjake (1b)

Figure 1. Sampling locations in Europe for agricultural soils (a) and for grazing lands (b)



Slika 2. Prostorna mreža uzorkovanja i lokacije uzetih uzoraka za područje R. Hrvatske.

Figure 2. Spatial sampling grid and sampling locations for the territory of the Republic of Croatia

Uzorkovanje u Europi i R. Hrvatskoj obavljeno je tijekom ljeta i jeseni 2008. godine (Slika 1a, 1b). Na teritoriju Republike Hrvatske uzeto je 58 uzoraka, od čega 29 na oraničnim površinama, a 29 na trajnim travnatim površinama (Slika 2). Osim toga uzeta su i dva kompleta kontrolnih uzoraka. Svi uzorci su pripremljeni po standardiziranoj metodologiji u Geološkoj službi Slovačke za daljnju analitičku obradu.

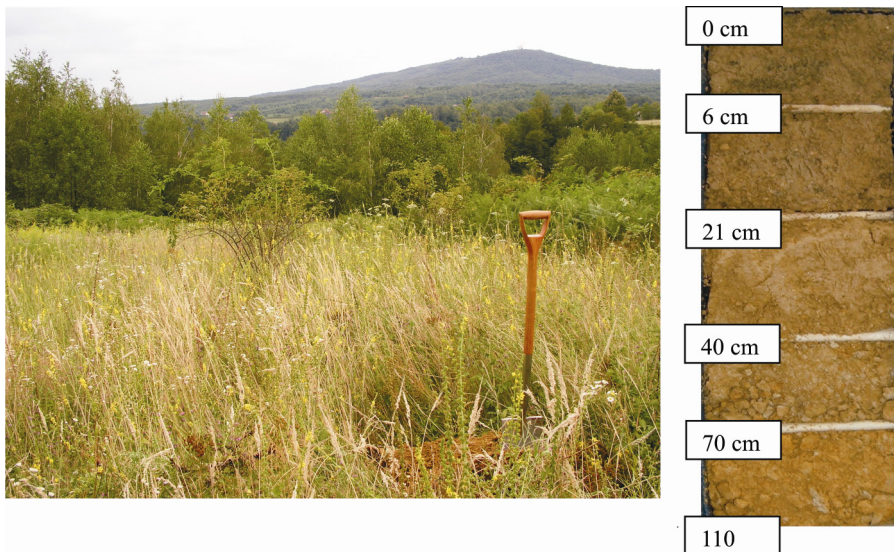


Slika 3. Krajobraz s jednim od reprezentativnih pedoloških profila na oraničnoj površini

Figure 3. Landscape with one of the representative pedological profiles on arable land

Uzorci su uzimani kao kompozit od 5 poduzoraka (1 centralni i 4 na kutovima kvadrata 10x10 m). Uzorci poljoprivrednih tala dobili su oznaku „Ap“, a travnatih površina (pašnjaka) „Gr“. Dubina uzorkovanja za poljoprivredno tlo bila je 0-20 cm, a na travnatim površinama iznosila je 0-10cm. Svaki poduzorak bio je kompozit uzorkovanog medija po dubini profila. Nakon svakog 20-og uzorka uzeti su kontrolni uzorci. Uzorci su spremljeni u RILSAN vrećice, označeni po dogovorenim oznakama: npr. CRO001Ap ili CRO001Gr (CRO - zemlja uzorkovanja, broj uzorka i Ap – medij uzorkovanja). Za kontrolne uzorke je na kraju dodana oznaka „D“. Terenski podatci upisivani su u unificirani terenski dnevnik.

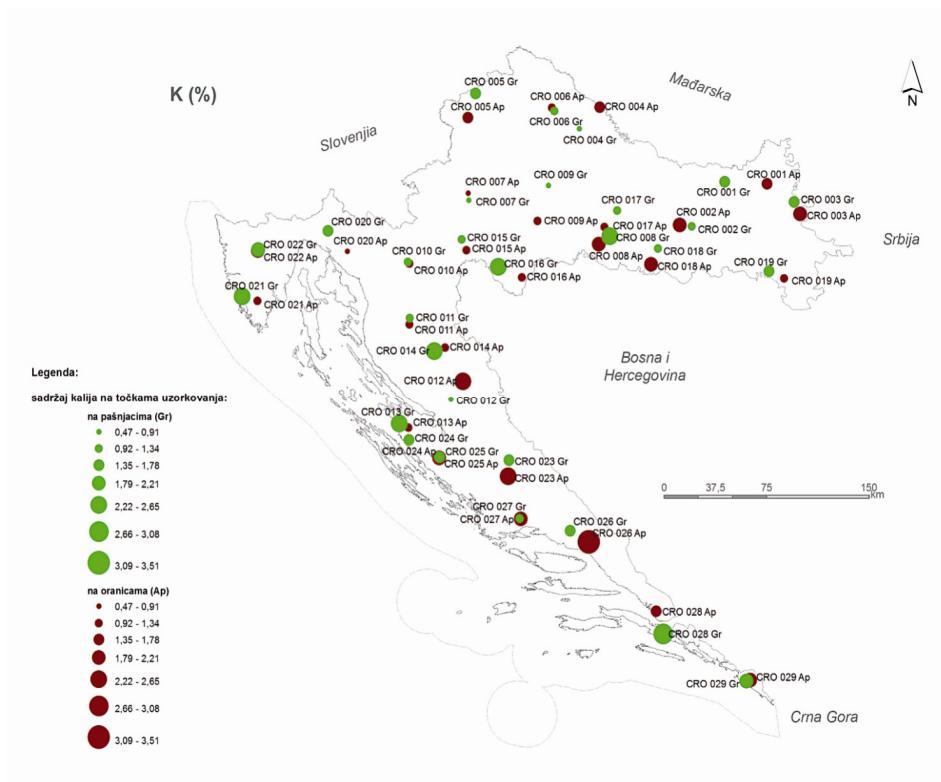
Radi utvrđivanja sistematske pripadnosti tala iz pedoloških profila po genetskim horizontima na pojedinoj lokaciji i stvaranja arhiva uzoraka tala, dodatno su uzimani uzorci tla iz pedoloških profila i iz sondažnih bušotina. Na reprezentativnim lokacijama otvoreno je osam pedoloških profila, na kojima je uzorkovano tlo iz genetskih horizonata za laboratorijske analize (Slika 3). Na



Slika 4. Krajobraz s mikromonolitom jedne od pedoloških sondi na travnatoj površini

Figure 4: Landscape with a micromonolith of one of the auger holes on grassland

ostalim lokacijama, izvršeno je samo sondiranje tla pedološkom sondom do dubine od oko 120 cm, te su uzeti mikromonoliti (Slika 4). Na temelju podataka opisa sonde s terena te postojećih pedoloških i topografskih karata iz arhive Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, utvrđena je sistematska pripadnost tla na pojedinim lokacijama. Na lokacijama istraženim pedološkom sondom, nisu uzimani uzorci tla za pedološke analize.



Slika 5. Koncentracije kalija na istraživanim lokacijama

Figure 5. Concentrations of potassium at investigated locations

2.2. Laboratorijske metode

Analiza svih uzoraka napravljena je u ACME Analytical Laboratories, Vancouver (Kanada). Prosijanih 15 g uzorka (<2mm) razarano je u 90 mL zlatotopke i izluživano jedan sat u vrućoj vodenoj kupci (90 °C). Nakon hlađenja otopina je nadopunjena do 300 mL s 5% HCl. Nakon filtriranja 1 g uzorka analizirano je na Spectro Ciros Vision Emission Spectrometer (ICP-AES) i na Perkin Elmer Elan 6000/9000 Inductively Coupled Plasma Emission Mass Spectrometer (ICP-MS) na set od 53 kemijska elementa. Točnost i

preciznost provjeravana je vlastitim standardima i standardima ACME laboratorija te ponovljenim uzorcima (Reimann et al., 2008).

U laboratoriju su na svim uzorcima određena fizikalna i kemijska svojstva koja ne spadaju u standardni set geokemijskih analiza.

Određivanje fizikalnih analiza tla koje su uključivale mehanički sastav tla, gustoću tla (volumnu gustoću i gustoću čvrstih čestica), kapacitet tla za vodu i zrak, ukupni porozitet, boju tla te retenciju vlage u tlu, izvršeno je prema standardnim metodama (Škorić, 1986). Određivanje kemijskih parametara tla, odnosno sadržaja karbonata, humusa, dušika, fiziološki aktivnih hraniva fosfora i kalija, te adsorpcijski kompleks tla i CEC, napravljeno je, također, prema standardnim metodama, odnosno prema odgovarajućim HRN ISO normama. Sistematska pripadnost tla određena je prema važećoj klasifikaciji tala u Hrvatskoj (Škorić i sur., 1985).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Geološke i geokemijske značajke lokacija

Matične stijene uzorkovanih poljoprivrednih tala i pašnjaka koreliraju s geološkim cjelinama: Panonom i Dinaridima. Na području Dinarida uzeto je 30 uzoraka, a u Panonu 28 (uzeta su još i po 2 duplikata u oba područja). Najveći broj uzoraka (14) koji su uzeti u Dinaridima ima za podlogu karbonatne naslage jure, krede i paleogena. Drugi najzastupljeniji matični supstrat, posebno za poljoprivredna tla i to na nivou cijele Hrvatske, su kvartarne deluvijalno-proluvijalne, aluvijalne i fluvijalne naslage (pretežito klastiti). Tercijarne klastične naslage nalaze se u podlozi 10 uzoraka, od kojih je 9 u panonskom dijelu, a samo jedan na karbonatnoj platformi (Krbavsko polje). Za ovu podlogu je karakteristično da ima skoro podjednak broj uzoraka poljoprivrednog zemljišta i pašnjaka. Holocenski eolski pijesci i kopneni prapor pleistocenske starosti su matični supstrat za 7 uzoraka iz panonskog dijela. U dolini rijeke Save taložen je tijekom pleistocena barski les, a tijekom holocena barske naslage, koji su podloga za 5 uzoraka većinom poljoprivrednog zemljišta. Osim u dolini Save, ovaj tip sedimenata razvijen je i u drugim područjima, tako da je on podloga za jedan uzorak pašnjaka u Podravini i jedan poljoprivrednog zemljišta u dolini Neretve. Karakteristične naslage iz paleocena i eocena na karbonatnoj platformi su flišne naslage. One su matične stijene za 6 uzoraka.

Najmanje zastupljene matične stijene su klastične i karbonatne naslage karbona i perma. One su podloga samo za dva uzorka pašnjaka: jedan s obronaka Ravne gore u Slavoniji (između Psunja i Papuka), a drugi iz Like.

Za statističku obradu odabrani su elementi As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn, Ba, Ca, K, Mg, Mn, Na, P, Ti, V i Zr. Osnovni statistički parametri (srednja vrijednost, medijan, minimum, maksimum, raspon i standardna devijacija) prikazani su u Tablici 1. Iz tih parametara vidljivo je da je srednja koncentracija devet potencijalno toksičnih elemenata veća u tlima na travnatim površinama za razliku od poljoprivrednih tala. Iznimku čini bakar čiji je srednji sadržaj isti kao i u poljoprivrednim tlima. Tla na pašnjacima i travnatim površinama bogatija su organskom komponentom u odnosu na oranična tla, tako da je veća koncentracija teških metala posljedica vezivanja tih elemenata na organsku komponentu u tlu. Osim toga, na oraničnim površinama su koncentracije pojedinih elemenata vjerojatno smanjene radi veće dubine uzorkovanja te miješanja tla oranjem. Srednja koncentracija Ba, Mn, Na, Ti, V i Zr veća je, također, u tlima ispod travnatih površina u odnosu na oranična tla.

Poljoprivredna tla za razliku od tla na travnatim površinama, pokazuju veće koncentracije makroelemenata kao što su K (Slika 5), te Ca, Mg i P. Povećana koncentracija ovih elemenata je posljedica njihovog unosa poljoprivrednom aktivnošću (gnojidba organskim i mineralnim gnojivima). Tla s koncentracijama *arsena* iznad zakonom propisanih vrijednosti (Narodne Novine, 2010) nalazimo u dolini rijeke Save u Lonjskom polju i na južnim obroncima Psunja, a vezana su za travnate površine. *Kadmij* pokazuje povećane koncentracije u tlima iznad karbonatne podloge u krškim područjima. Visoke koncentracije *kroma* nalazimo u pašnjačkim tlima na aluvijalnim sedimentima rijeke Save zapadno od Županje. Ovaj element ima i povećane koncentracije, kako u poljoprivrednim tlima tako i u tlima pašnjaka, u srednjoj i južnoj Dalmaciji. Veće koncentracije u tlima u dolini rijeke Save su posljedica nanosa materijala rijekom Bosnom koja drenira centralnu ofiolitnu zonu u Bosni i Hercegovini. Veće koncentracije tog metala u Dalmaciji posljedica su njegovog većeg sadržaja u crvenicama. Isto kao i krom, *nikal* (Slika 6), pokazuje također povećane koncentracije u tlima iznad karbonatnih stijena u krškom dijelu R. Hrvatske, s tim da su veće vrijednosti većinom vezane za tla na pašnjacima

Tablica 1. Osnovni statistički parametri analiziranih tala

Table 1: Basic statistical parameters of analysed soils

	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std.Dev.
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
As_Ap	10,0	9,9	3,1	18,9	15,8	3,28
As_Gr	14,6	11,4	4,9	67,4	62,5	11,93
Cd_Ap	0,55	0,31	0,14	2,97	2,83	0,65
Cd_Gr	0,76	0,35	0,14	4,85	4,72	1,05
Co_Ap	15	14	7	34	27	6,77
Co_Gr	18	18	8	30	22	5,73
Cr_Ap	44	36	16	130	115	25,01
Cr_Gr	47	37	20	124	104	26,95
Cu_Ap	34	24	7	157	150	27,75
Cu_Gr	34	23	11	190	179	32,98
Hg_Ap	0,050	0,044	0,025	0,105	0,080	0,02
Hg_Gr	0,070	0,053	0,019	0,230	0,211	0,05
Mo_Ap	1,0	0,6	0,2	4,7	4,5	0,98
Mo_Gr	1,4	0,7	0,2	7,7	7,6	1,62
Ni_Ap	43	32	10	213	204	38,11
Ni_Gr	49	40	18	176	157	38,78
Pb_Ap	25	22	10	59	49	9,74
Pb_Gr	32	25	15	74	59	17,89
Zn_Ap	64	66	21	116	94	19,94
Zn_Gr	66	60	39	106	66	19,35
Ba_Ap	100	94	28	249	221	45,08
Ba_Gr	104	94	35	239	204	44,18
Ca_Ap	22207	4038	585	133594	133009	38602,99
Ca_Gr	13061	2904	985	116936	115951	24109,30
K_Ap	1543,11	1440,50	472,94	3514,67	3041,73	632,71
K_Gr	1505,18	1455,10	550,15	2808,31	2258,16	584,68
Mg_Ap	5419	4667	1121	25874	24753	4714,37
Mg_Gr	4302	4052	1069	10496	9426	2192,00
Mn_Ap	899	688	300	2466	2167	566,63
Mn_Gr	970	1025	227	1859	1631	432,57
Na_Ap	56,4	47,6	18,0	128,9	111,0	25,35
Na_Gr	62,9	46,0	28,5	143,4	114,9	34,80
P_Ap	652,2	645,4	232,7	1255,6	1022,9	255,95
P_Gr	564,8	519,0	296,4	1399,9	1103,6	236,85
Ti_Ap	106,0	99,2	18,7	226,4	207,8	67,07
Ti_Gr	126,6	108,4	15,3	340,0	324,7	85,03
V_Ap	46	36	21	103	82	23,63
V_Gr	58	44	21	200	179	42,61
Zr_Ap	5,1	3,0	0,2	16,7	16,5	5,09
Zr_Gr	7,3	3,1	0,4	42,4	42,0	10,10

i travnatim površinama. U kontinentalnom dijelu R. Hrvatske veća koncentracija nikla u tlu pašnjaka registrirana je u Banovini. Neposredna podloga toga tla su ultrabazične stijene koje prirodno imaju povećanu koncentraciju toga elementa. Veće koncentracije bakra od dozvoljenih registrirane su u pašnjačkom tlu neposredno istočno od Zadra, a u poljoprivrednom tlu u Konavlima. Na oba lokaliteta se vjerojatno radi o antropogenom unosu toga elementa u tlo (vinogradarstvo).

Pedološke značajke lokacija

Pedološke značajke na reprezentativnim lokacijama utvrđene na pedološkim profilima

Uvažavajući heterogenost prirodnih značajki (prije svega matičnog supstrata) i prostor R. Hrvatske, izabrano je osam reprezentativnih lokacija na kojima su potom otvoreni pedološki profili. Značajke tla na tim lokacijama prikazane su u Tablici 2. Ukupno je utvrđeno 6 tipova tla, od kojih tri (černozem, lesivirano i rigolano tlo) pripadaju odjelu automorfnih tala, a preostala tri (aluvijalno livadsko, pseudoglej-glej i močvarno glejno tlo) odjelu hidromorfnih tala. Odjel automorfnih tala karakterizira vlaženje samo oborinskom vodom, pri čemu nema dužeg zadržavanja suvišne vode u profilu tla. Odjel hidromorfnih tala karakterizira povremeno ili često prisustvo viška vode u profilu tla, odnosno prekomjerno vlaženje. Ostale značajke tih tala prikazane su u spomenutoj Tablici 2.

Pedološke značajke na lokacijama utvrđene iz pedološke sonde

Istraživanje pedoloških značajki tla na osnovu pedološke sonde, izvršeno je na 50 lokacija. Na osnovu mikromonolita, uz uvažavanje postojećih pedoloških, geoloških i topografskih karata, kao i terenskih opažanja, utvrđena je pripadnost sistematske jedinice tla.

Na istraživanih 50 lokacija, utvrđeno je 13 tipova tala, odnosno većeg broja njihovih nižih jedinica. Od toga, 9 tipova tala pripada odjelu automorfnih tala, a četiri tipa tla odjelu hidromorfnih tala (Graf 1).

S. Husnjak i sur.: Pedološke, geološke i geokemijske značajke lokacija uključenih u projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednog zemljišta i pašnjaka u RH

Tablica 2. Pedološke značajke na lokacijama s otvorenim pedološkim profilima
Table 2. Pedological properties on locations with pedological profiles

Naziv i oznaka lokacije	Matični supstrat	Naziv sistematske jedinice tla	Osnovna fizikalna svojstva tla**			Osnovna kemijska svojstva tla**				
			Tekstura tla*	Gustoća tla volumna g/cm ³	Ukupni porozitet % vol.	Kapacitet tla za zrak % vol.	pH u MKCl	Sadržaj CaCO ₃ %	Sadržaj humusa %	V*** %
Kućevo CRO 002 Ap	Les	Lesivirano tlo, na lesu, tipično	PrI-PrGI	1,37-1,56	41,6-48,9	3,9-12,3	4,22-7,18	0,0-5,5	0,6-1,1	63,2-100,0
Dalj CRO 003 Ap	Les	Černo zem na lesu, karbonatni	PrI-PrGI	1,19-1,57	41,7-56,2	6,1-15,8	7,12-7,65	1,5-33,3	0,0-2,5	100,0
Ždala CRO 004 Ap	Aluvijalni nanosi	Aluvijalno livadsko tlo, srednje duboko glejno, nekarbonatno, ilovasto	Pr-I	1,39-1,43	46,8-48,1	6,5-7,2	5,14-6,44	0,0	0,0-3,8	37,2-50,5
Vuko-meričke gorice CRO 007 Ap	Pleistocenske ilovine	Lesivirano na pleistocenskim ilovačama, pseudooglejeno, ilovasto	PrI-GI	1,30-1,70	35,2-48,9	0,5-5,5	5,75-6,25	0,0	0,3-2,9	84,8-89,5
Šasina greda CRO 009 Ap	Pleistocenske ilovine	Pseudooglej-glej, srednje duboko glejni, srednje duboki, eutrični	PrI-PrGI	1,21-1,43	45,6-51,4	1,9-6,1	6,51-7,47	0,0-11,1	0,1-3,7	79,3-100,0
Lipik CRO 017 Ap	Holocenski nanosi	Močvarno glejno tlo, hipoglejno, mineralno, nekarbonatno	PrI-PrGI	1,46-1,58	39,3-43,4	0,6-1,5	5,68-7,05	0,0	1,5-2,3	84,7-99,2
Šavica CRO 018 Ap	Holocenske gline	Močvarno glejno tlo, amfignjejno mineralno, nekarbonatno vertično	G	1,01-1,07	58,2-59,8	0,8-2,6	5,15-7,12	0,0	0,8-4,8	86,3-92,0
Konavoško polje CRO 029 Ap	Koluvijalni flišni nanosi	Rigolano tlo, iz koluvija, terastrano, karbonatno, skeletoidno	PrG sk.	1,32-1,35	50,0-50,9	5,8-12,3	7,03-7,21	2,9-5,8	0,4-2,3	100,0

* Pr-prah; PrI-praškasta ilovača; PrGI-praškasto glinasta ilovača; PrG-praškasta gлина; G-glina; ** minimalne i maksimalne vrijednosti po dubini profila *** V-stupanj zasićenosti tla bazama

S. Husnjak i sur.: Pedološke, geološke i geokemijske značajke lokacija uključenih u projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednog zemljišta i pašnjaka u RH

Tablica 3. Sistematska pripadnost tla na istraživanim lokacijama pedološkom sondom
Table 3. Pedosystematic units at locations investigated with pedological auger

Mafični supstrat	Oznaka (broj) lokacije	Pedosistematske jedinice tla	Br. lokacija
Zamočvareni les	CRO 001 Gr	Pseudoglej-glej na zamočvarenom lesu	1
Deluvijalni nanos s fragmentima granita	CRO 002 Gr	Distrično smeđe tipično na deluvijalnom nanosu s fragmentima granita	1
Les	CRO 003 Gr	Rendzina na lesu antropogenizirana	4
	CRO 006 Ap	Lesivirano na lesu tipično	
	CRO 006 Gr	Lesivirano na lesu tipično	
	CRO 007 Gr	Lesivirano na lesu pseudoglejno	
Pjeskoviti les	CRO 004 Gr	Lesivirano na pjeskovitom lesu	1
Glinoviti lapor	CRO 005 Ap	Rendzina na glinovitom laporu karbonatna	1
Pjeskoviti lapor	CRO 005 Gr	Eutrično smeđe na pjeskovitom laporu	1
Lapor	CRO 008 Gr	Rendzina na laporu, karbonatna, vertična	3
	CRO 018 Gr	Eutrično smeđe tipično na laporu	
	CRO 024 Ap	Rendzina karbonatna na laporu	
Pleistocenske ilovače	CRO 009 Gr	Eutrično smeđe pseudoglejno na pleistocenskim ilovačama	1
	CRO 010 Ap	Distrično smeđe na reliktnoj crvenici	2
Relikna crvenica	CRO 010 Gr	Lesivirano akrično	
Proluvijanski nanos	CRO 011 Ap	Rigolano tlo njiva na proluvijском nanosu	4
	CRO 011 Gr	Lesivirano na proluvijском nanosu tipično	
	CRO 023 Ap	Rendzina karbonatna na proluvijalnim sedimentima	
	CRO 020 Ap	Rendzina na proluvijalnom nanosu	
Vapnenac i dolomit	CRO 012 Ap	Smeđe tlo na vapnencu, duboko	10
	CRO 013 Gr	Smeđe tlo na vapnencu srednje duboko	
	CRO 021 Gr	Smeđe na vapnencu duboko	
	CRO 027 Ap	Smeđe na vapnencu, tipično, srednje duboko, skeletoidno	
	CRO 027 Gr	Smeđe na vapnencu, tipično, plitko, skeletoidno	
	CRO 028 Gr	Smeđe na vapnencu, tipično, plitko	
	CRO 029 Gr	Smeđe na vapnencu, tipično, srednje duboko	
	CRO 020 Gr	Crnica vapnenačko dolomitna, organomineralna	
	CRO 021 Ap	Crvenica plitka	
	CRO 026 Gr	Crvenica tipična, srednje duboka	
Nekarbonatna trošina	CRO 012 Gr	Distrično smeđe tipično na nekarbonatnoj trošini	1
Skeletoidni lapor	CRO 013 Ap	Rigolano tlo njiva na skeletoidnom laporu	1
Dolomitne breče	CRO 014 Gr	Rendzina na dolomitnim brečama	1

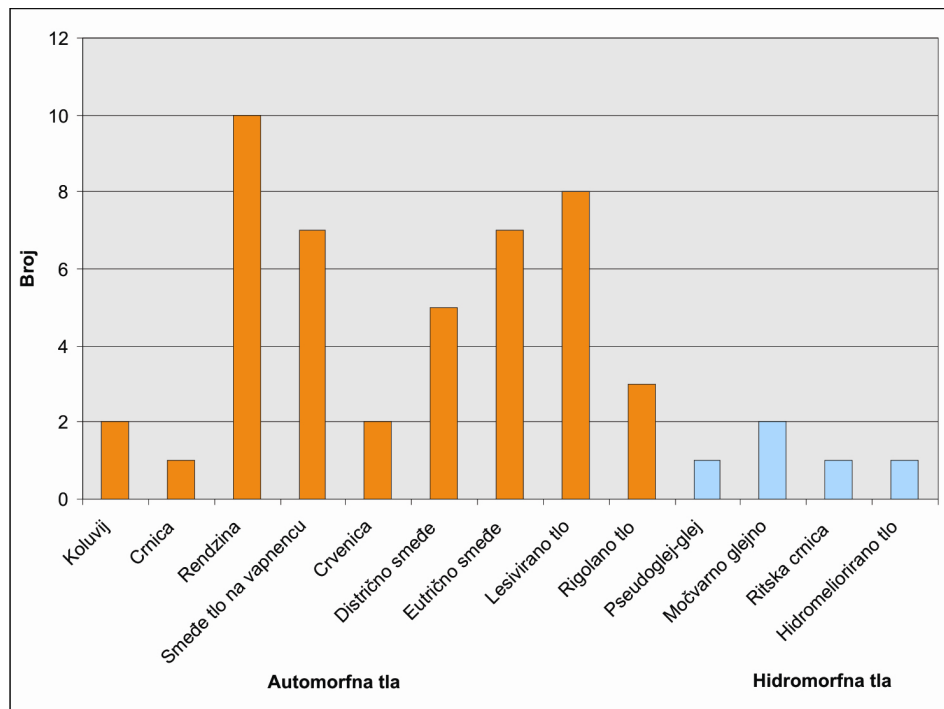
S. Husnjak i sur.: Pedološke, geološke i geokemijske značajke lokacija uključenih u projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednog zemljišta i pašnjaka u RH

nastavak tablice 3
table continued 3

Matični supstrat	Oznaka (broj) lokacije	Pedosistematske jedinice tla	Br. lokacija
Ilovine i gline	CRO 015 Gr	Lesivirano tlo pseudoglejno, na ilovinama i glinama	1
	CRO 016 Ap	Distrično smeđe pseudoglejno, na ilovačama	
Ilovine	CRO 024 Gr	Eutrično smeđe na ilovačama vertično	2
	CRO 016 Gr	Eutrično smeđe tipično na bazitnim erupтивima	
Bazični eruptivni	CRO 017 Gr	Lesivirano tipično na pjesčenjacima	1
Pješčenjaci	CRO 022 Gr	Rendzina na flišu karbonatna	
Proluvijalne breče	CRO 023 Gr	Rendzina na proluvijalnim brečama karbonatna	1
	CRO 025 Ap	Rendzina na koltuvjalnom nanosu	
Koltuvijalni nanos	CRO 008 Ap	Koltuvij s prevagom sitnice, neoglejeni, nekarbonatni	3
	CRO 022 Ap	Koltuvij nekarbonatni s prevagom sitnice, oglejeni	
Šljunak i pijesak	CRO 025 Gr	Eutrično smeđe na šljunku i pijesku	1
	CRO 026 Ap	Rigolano tlo na siparima	
Aluvijalni nanosi	CRO 001 Ap	Močvarno glejno mineralno amfiglejno karbonatno	4
	CRO 019 Ap	Ritiska crnica nekarbonatna ilovasta	
	CRO 019 Gr	Močvarno glejno hipoglejno mineralno karbonatno	
	CRO 028 Ap	Hidromeliorirano tlo iz mineralnog subhidričnog tla	
Klastične naslage	CRO 014 Ap	Eutrično smeđe tlo	2
	CRO 015 Ap	Distrično smeđe pseudoglejno	

Graf 1. Broj tipova tla na lokacijama istraženim pedološkom sondom.

Graph 1. Number of soil types on locations investigated by pedological auger



U postojećoj znanstvenoj i stručnoj literaturi, prikazane su osnovne značajke pojedinih tipova tla. Ti podaci, premda su vrlo općeniti, mogu se koristiti kao izvor orijentacijskih informacija o možebitnim osnovnim fizikalnim i kemijskim svojstvima utvrđenih sistematskih jedinica tla, koje su prikazane u Tablici 3.

ZAKLJUČCI

U radu su prikazane pedološke, geološke i geokemijske značajke tla na 58 lokacija odabranih za provedbu GEMAS projekta. U istraživanja su bila uključena poljoprivredna tla, odnosno tla pod oranicama, te tla pod pašnjacima i travnatim površinama na području R. Hrvatske.

1. Najveći broj lokacija kao matični supstrat posjeduju karbonatne stijene krških područja. Zatim slijede deluvijalno-proluvijalne stijene i klastiti tercijarne starosti. Eolski pijesci i prapor su kao podloga analiziranih tala manje zastupljeni, dok su klastiti i karbonati karbonske i permske starosti supstrat samo dva uzorka.
2. Na 8 reprezentativnih lokacija (14%) otvoreni su pedološki profili te su utvrđena osnovna fizikalna i kemijska svojstva tla, temeljem čega je utvrđeno da se na tim lokacijama javlja 6 tipova tla, od kojih tri tipa pripadaju odjelu automorfnih, a tri odjelu hidromorfnih tala.
3. Na preostalih 50 lokacija, istraživanje pedoloških značajki tla izvršeno je na osnovu pedološke sonde. Na tim lokacijama registrirano je 13 tipova tala, odnosno veći broj njihovih nižih jedinica. Od toga, 9 tipova tala pripada odjelu automorfnih tala, a četiri tipa tla odjelu hidromorfnih tala.
4. Srednja koncentracija devet potencijalno toksičnih elemenata je veća u tlima na travnatim površinama za razliku od oraničnih. To je posljedica povećanog sadržaja organske tvari u tlima na pašnjacima i travnatim površinama. Iznimku čini bakar, čiji je srednji sadržaj u tlima na travnatim površinama isti kao i u oraničnim tlima.
5. Oranična tla pokazuju veće koncentracije makroelementa kao Ca, K, Mg i P, što je posljedica njihovog unosa gnojidbom
6. Veće koncentracije kadmija, kroma, nikla i bakra od zakonom propisanih sadrže uglavnom tla pašnjaka i travnatih površina iznad karbonatnih litoloških jedinica. Iznimku čini arsen čije veće koncentracije nalazimo samo u pašnjačkim tlima sjeverne Hrvatske, i to iznad klastičnih aluvijalnih sedimenata.

LITERATURA

1. Eurogeosurveys (2008): EuroGeoSurveys Geochemical Mapping of Agricultural and Grazing Land Soil of Europe (GEMAS) – Field manual. NGU report 2008.038, Norges geologiske undersøkelse, Trondheim, Norway.
2. Hrvatski geološki institut (2009): Geološka karta Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.

S. Husnjak i sur.: Pedološke, geološke i geokemijske značajke lokacija uključenih u projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednog zemljišta i pašnjaka u RH

3. Husnjak, S., Rubinić, V. (2009): Izvještaj o terenskim i laboratorijskim istraživanjima tla te tipološke pripadnosti pedoloških profila i sondažnih bušotina - Projekt GEMAS. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju, Zagreb.
4. Narodne Novine (2010): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, 32/10, Zagreb.
5. Reimann, C., Demetriades, A., Eggen, O.A., Filzmoser, P., Eurogeosurveys Geochemistry Expert Group (2009): The EuroGeoSurveys Geochemical Mapping of Agricultural and Grazing Land Soils Project (GEMAS) – Evaluation of quality control results of aqua regia extraction analysis. NGU report 2009.049, Norges geologiske undersøkelse, Trondheim, Norway.
6. Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Posebno izdanje knjiga Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine - odjela prirodnih i matematičkih nauka, Sarajevo.
7. Škorić, A. (1986): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.

Adresa autora - authors` addresses:

Prof. dr. sc. Stjepan Husnjak

Primljeno – Received

25.07.2010.

Vedran Rubinić, dipl. ing.

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju

Svetošimunska 25, 10 000, Zagreb, Hrvatska

Dr. sc. Josip Halamić

Ajka Šorša, dipl. ing.

Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju

Sachsova 2, 10 000, Zagreb, Hrvatska