

КВАЛИТЕТ ЗЕМЉИШТА У СЛИВУ И МОГУЋИ УТИЦАЈ НА ВОДЕ АКУМУЛАЦИЈЕ „СЕЛОВА“

КАДОВИЋ РАТКО,
БЕЛАНОВИЋ СНЕЖАНА,
КНЕЖЕВИЋ МИЛАН

Извод: У овом раду је анализиран еколошки квалитет земљишта у сливу акумулације „Селова“, у функцији: приступачности елемената биљне исхране (азота, фосфора и базних катјона), осетљивости земљишта према ацидификацији и приступачности тешких метала (Zn, Pb и Cd), као и могући утицај на квалитет вода будуће акумулације. Проучавања су обављена за девет типова земљишта на основу анализа појединих земљишних својстава.

Кључне речи: тип земљишта, квалитет земљишта, индикатори квалитета, квалитет вода.

SOIL QUALITY IN THE WATERSHED AND THE POSSIBLE EFFECT ON THE WATER IN THE STORAGE "SELOVA"

Abstract: The ecological quality of the soil was analysed in the watershed of the storage "Selova", in the function of availability of plant nutrient elements (nitrogen, phosphorus and base cations), soil susceptibility to acidification, and availability of heavy metals (Zn, Pb and Cd), as well as the possible influence on water quality in the storage. The study was conducted in 9 soil types, based on the analyses of soil properties.

Key words: soil type, soil quality, quality indicators, water quality

1. УВОД

Промене у земљишту које су резултат деловања бројних процеса, нарочито глобалних, одвијају се постепено и тешко су приметне у краћим временским интервалима, а условљавају промене производних и еколошких функција. Због тога се, последњих година, интензивирају проучавања и анализе са аспекта еколошког квалитета земљишта, као значајног елемента одрживог управљања шумским екосистемима. У оквиру проучавања стања шумских земљишта Европе Van mechele et al., (1997), процена еколошког квалитета земљишта разматра се у функцији: приступачности елемената биљне исхране (азота, фосфора, базних катјона), осетљивости земљишта према ацидификацији и приступачности тешких метала (са посебним тежиштем на Zn, Pb и Cd).

Имајући наведено у виду, јасно је да је квалитет земљишта значајан параметар за анализу актуелних и потенцијалних ограничења земљишних функција. У том смислу, индикатори квалитета треба да су осетљиви на утицај система управљања, а истовремено, краткорочно гледано, да су ста-

*Кадовић Рајко, Белановић Снежана, Кнежевић Милан
Шумарски факултет, Београд*

билни у поређењу са ефектима дуготрајног коришћења. Преко индикатора квалитета, према томе, интегришу се важнија својства, што омогућује поређења између више типова земљишта. У том смислу, основни циљ овог рада је да се, у оквиру проучаваног сливног подручја, узводно од бране „Селова“, на основу анализа поједних својстава земљишта, дефинишу могући ограничавајући и угрожавајући фактори.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Слив реке Топлице, узводно од бране „Селова“, заузима површину од 349 km². У сливу, узводно од бране, отворени су педолшки профили на местима где се према педолошкој карти налазе најзаступљенији типови земљишта, водећи при том рачуна и о начину коришћења земљишта. Отворено је девет профила, а узорци су узети по фиксним дубинама 0 – 10 cm, 10 – 20 cm и 20 – 40 cm.

У оквиру основних педолошких истраживања проучена су морфолошка својства и сет стандардних физичких и хемијских својстава неопходних за педолошку карактеризацију. Поред основних педолошких проучавања обављене су анализе садржаја тешких метала у органским и органо-минералним слојевима.

Основна физичка и хемијска својства земљишта одређена су према методама ЈДПЗ (1966. и 1997), а које су у складу с дозвољеним изменама у методици UNEP-UN/ECE (1994). Садржај тешких метала (фокус на Zn, Pb и Cd) у земљишту одређен је методом атомске апсорпционе спектрофотометрије, на апарату Varian AA-10. Конзервација и припрема узорака за псеудо – укупан садржај ових елемената, урађена је према UNEP-UN/ECE (1994).

За проучавања својства земљишта, индикаторске вредности су израчунате према једначинама приказаним у табели 1 (Van meche len et al., 1997).

Табела 1 - Прорачун индикаторских вредности еколошког квалитета земљишта

Table 1 - Estimation of indicator values of soil quality

Индикаторска вредност Indicator values	Основне једначине Based equation
Пристапачност азота, I _N N - availability	$I_N = N_c + R_{C/N} + R_{CZ}$
Пристапачност фосфора, I _P P - availability	$I_P = P_c \cdot R_{pH} + R_{C/P} + R_{CZ} + OrgC_c$
Пристапачност базних катјона, I _{BC} Basic cation availability	$I_{BC} = BCE_c + BSc + 1/3 (Cac + Mgc + Kc)$
Статус ацидификације, I _{AS} Acidification status	$I_{AS} = pH_c + BSc + (CaCO_3)_c$
Осетљивост према ацидификацији, I _{SA} Sensitivity to soil acidification	$I_{SA} = I_{AS} + I_{BC} + I_{HC}$
Пристапачност тешких метала, I _{HM} Heavy metal availability	$I_{HM} = M \cdot R_{pH} / CE_{C_c}$

Симболи у једначинама табеле 1, имају следећа значења: N_c – кумулативна вредност класе концентрације азота у минералним слојевима земљишта; $R_{C/N}$ – кумулативна вредност односа C/N у органским и минералним слојевима; R_{CZ} – вредност за одговарајућу климатску зону; P_c – вредност класе концентрације фосфора у органском слоју; $R_{C/P}$ – вредност односа C/P у органском слоју; R_{pH} – вредност за релативну мобилност фосфора у функцији pH ($CaCl_2$); $OrgC_c$ – кумулативна вредност класе концентрација органског угљеника у минералним слојевима; BC_c – кумулативна вредност класе изменљивих базних катјона у минералним слојевима; BS_c – кумулативна вредност класе zasiћености базама у минералним слојевима; Ca_c , Mg_c , K_c – вредност класе концентрација Ca, Mg и K у органском слоју; pH_c – кумулативна вредност класе pH у органском и површинском минералном слоју; ($CaCO_3$) c – вредност класе концентрација $CaCO_3$ у минералном површинском слоју; I_{HC} – индикаторска вредност хидрауличног кондуктивитета земљишта; M – концентрације тешких метала (Zn, Pb, Cd) у органском слоју; R_{pH} – релативна мобилност Zn, Pb и Cd као функција земљишне pH; SEC_c – вредност класе SEC у површинском слоју земљишта.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Према Основној педолошкој карти Србије размере 1:50 000, у сливном подручју заступљени су следећи типови земљишта:

- Хумусно-силикатна земљишта са два подтипа (еутрична на флишу, серпентиниту, дацито-андезиту, шкриљцима, габро-дијабазу и пешчару и дистрична на дацито-андезиту, шкриљцима, флишу и пешчару);
- Смеђа земљишта са два подтипа (еутрична на флишу, андезиту и габро-дијабазу и дистрична на флишу);
- Црница на једрим кречњацима;
- Алувијални нанос;
- Колувијум;
- Литосоли који су се местимично образовали и граде мозаик са хумусно силикатним и смеђим земљиштима.

Најзаступљеније од наведених земљишта је еутрично хумусно – силикатно земљиште на флишу на површини од сса 133 km^2 (52 %), и комплекс еутрична хумусно – силикатних и литосола на осталим геолошким подлогама $66,87 \text{ km}^2$ (19,2 %).

Еутрична смеђа земљишта простиру се на површини од $9,25 \text{ km}^2$ (2,65 %). На сса 38 km^2 површине (10,9 %) еутрична смеђа земљишта се јављају у комплексима са хумусно – силикатним земљиштима и литосолима. Елементарни ареали дистричних смеђих земљишта заузимају површину од $0,25 \text{ km}^2$, док су а мозаично распоређени у комплексима са хумусно-силикатним земљиштима и литосолима на сса $1,0 \text{ km}^2$ (2,9 %). Црнице се простиру на сса 4 km^2 (1,15%), а колвијуми на $0,25 \text{ km}^2$. Алувијални наноси, карбонатни и некарбонатни иловести дубоки, у речним долинама заузимају укупно $7,5 \text{ km}^2$ (2,15%).

У оквиру основних група земљишних ареала, детаљним проучавањима су обухваћена следећа земљишта: литосол на серпентиниту, дистрични ранкер на пешчару, дистрични ранкер на флишу, дистрични ранкер на дациту, еутрични ранкер на серпентиниту, еутрични ранкер на шкриљцима, посмеђен ранкер на пешчару, еутрично смеђе земљиште на шкриљцима, алувијално земљиште.

Приступачност хранљивих материја за биљке највише зависи од природе хранљивих материја у земљишном раствору. При процени приступачности хранљивих материја, израчунате индикаторске вредности имају релативан карактер, али се користе за поређење између типова земљишта.

На основу параметара хемијских својстава земљишта, према једначинама из табеле 1, израчунате су индикаторске вредности за приступачност азота, фосфора, базних катјона и осетљивости према ацидификацији и приказане у табели 2.

Табела 2 - Вредности индикатора за приступачности азота, фосфора, базних катјона и осетљивости према ацидификацији
Table 2 - Indicator values of N, P and BC availability, and the susceptibility to soil acidification

Тип земљишта	Индикаторске вредности за приступачност			Осетљивост према ацидификацији
	I _N	I _P	I _{BC}	
Дистрични ранкер на пешчару	14,7 Н	9,0 Н	19,66 В	31,98 Н
Посмеђен ранкер на пешчару	15,3 Н	8,8 Н	14,33 (С)	25,99 (Н)
Алувијално земљиште	11,0 ВН	11,0 С	21,0 В	37,65 ВН
Дистрични ранкер на флишу	16,3 Н	11,5 С	19,32 В	35,97 ВН
Дистрични ранкер на дациту	13,0 Н	14,5 С	21,33	36,65
Еутрични ранкер на серпентиниту	12,33 Н	23,85 ВВ	22,67 ВВ	39,32 ВН
Еутрично смеђе земљиште на шкриљцима	18,33 С	25,5 В	23,0 ВВ	35,0 ВН
Еутрични ранкер на шкриљцима	15,67 Н	13,5 С	23,0 ВВ	39,5 ВН
Литосол на серпентиниту	13,32 Н	16,0 В	14,64 С	28,63 Н

Азот се у шумским земљиштима налази, углавном, у органском облику у слоју простирке и хумусно-акумулативном хоризонту. Приступачност азота детерминисана је брзином разлагања биљних остатака и брзином минерализације хумусних и других органских материја у површинским слојевима земљишта. У проучаваним земљиштима индикаторска вредност азота, углавном, припада класи ниске или врло ниске приступачности. Изузетак представља еутрично смеђе земљиште на шкриљцима, које карактерише средња приступачност (табела 2).

Слично азоту, приступачност фосфора много више зависи од брзине разлагања органске материје, него од укупне резерве фосфора у земљиш-

ту. Брзину разлагања значајно одређују елементи климе а дефинише однос C/P. Однос C/P се сужава у условима интензивнијег разлагања органског материјала. Приступачност фосфора у проучаваним земљиштима варира од ниске до врло високе приступачности.

Базни катјони (калцијум, магнезијум и калијум) у већини случајева, налазе се у земљиштима у довољним количинама. Углавном, у киселим земљиштима изражен је дефицит у погледу садржаја базних катјона. Концентрације основних хранљивих елемената у органским слојевима, користе се за процену приступачности базних катјона. Сума адсорбованих базних катјона и степен засићености базама изражавају капацитет минералних слојева земљишта да задрже изменљиве базне катјоне. Индикаторске вредности базних катјона за проучавана земљишта, углавном, припадају класи високе или врло високе приступачности. Изузетак представља посмеђен ранкер на пешчару и литосол на серпентиниту, који припадају класи средње приступачности (табела 2).

Пуферни капацитет земљишта детерминише његову осетљивост на ацидификацију. Процеси укључени у ацидификацију земљишта доводе до губитка капацитета за неутралисање киселина. Проучавана земљишта сврставају се у односу на индикаторску вредност осетљивости према ацидификацији у класу ниске и врло ниске осетљивости (табела 2).

Тешки метали акумулацијом у земљишту, укључују се у биохемијске процесе кружења елемената, где подлежу различитим нивоима промена, које утичу на њихову покретљивост, везивање и испирање или површински транспорт ерозионим процесима, и на тај начин доспевају у површинске и подземне воде.

При процени оптерећености земљишта тешким металима, велики проблем представљају бројни утицајни фактори и њихове интеракције. Иако укупна концентрација указује на оптерећеност земљишта неким елементом, генерално, пружа малу информацију о ризику од токсичности у односу на шумско дрвеће и приземну флору, или у случају ниског садржаја, од могућности дефицита. Приступачност појединих метала биљкама зависи од облика у којем се јавља и од биљне врсте (Ка до вић, Кнежевић, 2002).

Биолошку приступачност Zn, Pb и Cd у шумским и другим природним екосистемима, карактеришу одређена својства земљишта, међу којима се посебно издвајају реакција земљишног раствора и капацитет измене катјона (СЕС). Према овим својствима и концентрацијама елемената у површинском слоју земљишта, дефинисан је индикатор биолошке приступачности (I_{HM}), као један од елемената квалитета земљишта.

Анализом наведених елемената, индикаторске вредности биолошке приступачности тешких метала (Zn, Pb и Cd), приказане су у табели 3.

Табела 3 - Средње вредности индикатора биолошке приступачности
Zn, Pb и Cd

Table 3 - Mean indicator values of Zn, Pb and Cd availability

Тип земљишта	Индикаторска вредност приступачности		
	Zn	Pb	Cd
Дистрични ранкер на пешчару	20,63 (РД)	7,63 (Н)	0,04 (Н)
Посмеђен ранкер на пешчару	14,15 (РД)	3,89 (Н)	0,14 (Н)
Алувијално земљиште	34,36	75,21	-
Дистрични ранкер на флишу	15,71	2,75	0,16
Дистрични ранкер на дациту	23,50	25,38	-
Еутрични ранкер на серпентиниту	23,74	13,69	-
Еутрично смеђе земљиште на шкриљцима	15,60	13,01	-
Еутрични ранкер на шкриљцима	25,88	7,1	-
Литосол на серпентиниту	19,15	2,33	0,31

Према приказаним подацима индикаторске вредности биолошке приступачности, проучавана земљишта припадају класи ризика од дефицита цинка (<34,7). Вредности за Pb припадају класи ниске приступачности (<21,0), изузимајући алувијално земљиште где припада класи високе приступачности. Вредности за Cd (<1,8), у проучаваним земљиштима припадају ниској класи. Супституцијом катјона металима, површински слојеви земљишта имобилишу тешке метале и на тај начин штите биљке од директних токсичних ефеката.

За квалитет воде у акумулацији Селова, поред биолошке приступачности Zn, Pb и Cd, велики значај имају и концентрације Ni и Cr у земљишту. Ово се, пре свега, односи на она земљишта која су образована на супстратима са високим садржајем ових елемената и земљишта која се обогађују Ni и Cr процесима секундарне акумулације у сливу. У сливу акумулације 1 „Селова“ то су: еутрични ранкер на серпентиниту и литосол на серпентиниту, као и алувијална земљишта (табела 4).

Табела 4 - Садржај Ni и Cr у неким проучаваним земљиштима
Table 4 - Content of Ni and Cr in some studied soils

Тип земљишта	Слој cm	Ni mg.kg ⁻¹	Cr mg.kg ⁻¹
Алувијално земљиште	0 – 10	399,80	274,86
	10 – 20	449,57	324,69
	20 – 40	349,67	449,57
Еутрични ранкер на серпентиниту	0 – 10	2047,85	1348,58
	10 – 20	2375,24	1275,13
	20 – 40	2424,52	1149,77
Литосол на серпентиниту	0 – 10	2347,77	849,19

Садржаји Ni и Cr веће су од критичних ограничења (Ni – 10 – 85 mg.kg⁻¹; Cr – 30 -130 mg.kg⁻¹), која су сагласна концепту мултифункционалног ко-

ришћења према De Vries и Bakker (1998). Измерене концентрације веће су и од критичних према важећем Правилнику о максимално дозвољеним количинама, опасних и штетних материја за пољопривредна земљишта (Службени гласник Р. Србије 11/91): Ni – 50 mg.kg⁻¹, Cr – 100 mg.kg⁻¹). Садржаји Ni и Cr се повећавају са дужином у еутричном ранкеру, док су у алувијалном земљишту уједначене концентрације. Измерене концентрације Ni и Cr у еутричном ранкеру као и у литосолу су уобичајене за земљишта формирана на серпентинитима. Белановић (2000) наводи да су у земљиштима формираним на серпентиниту, концентрације Ni и Cr високе, али хемијском екстракцијом утврђено је да су ови елементи везани за резидијум као и за оксиде Fe и Mn, што указује на њову неприступачност. Међутим, садржаји у алувијалном земљишту, иако знатно нижи од измерених у ранкеру, већи су од критичних, што је последица транспорта наноса из горњих делова слива са земљишта формираних на серпентинитима. Алувијално земљиште простире се на 2% укупне површине, а изградњом акумулације педогенетски слој се уклања формирањем шкољке акумулације, што значи да неће имати утицај на квалитет воде у акумулацији. Међутим, транспорт наноса из горњих делова слива таложитиће се у акумулацији и утицаће на квалитет воде. Стога је неопходно комплетно антиерозионо уређење горњег дела слива реке Топлице.

4. ЗАКЉУЧАК

Еколошки квалитет земљишта у сливу акумулације „Селова“, од посебног је значаја за квалитет воде будуће акумулације. Због тога дефинисање и квантификовање параметара еколошког квалитета земљишта има велики значај у погледу сагледавања могућих ограничења и дефинисања мера за њихово отклањање. У том контексту еколошки квалитет земљишта у сливу акумулације „Селова“ разматран је у функцији: осетљивости према ацидификацији и индикаторских вредности приступачности елементарна биљне исхране (азота, фосфора и базних катјона), и тешких метала. Анализирани су: литосол на серпентиниту, дистрични ранкер на пешчару, дистрични ранкер на флишу, дистрични ранкер на дациту, еутрични ранкер на серпентиниту, еутрични ранкер на шкриљцима, посмеђен ранкер на пешчару, еутрично смеђе земљиште на шкриљцима, алувијално земљиште.

Индикаторске вредности приступачности азота крећу се у границама класа ниске и врло ниске приступачности, изузимајући еутрично смеђе земљиште на шкриљцима, које карактерише средња приступачност. Приступачност фосфора у проучаваним земљиштима варира у широком распону, које карактеришу класе ниске до врло високе приступачности. Индикаторске вредности приступачности базних катјона, углавном, припадају класи високе или врло високе приступачности, изузетак представља посмеђен ранкер на пешчару и литосола на серпентиниту, а који припадају класи средње приступачности. Осетљивост земљишта према ацидификацији карактеришу класе ниске и врло ниске осетљивости.

Средње индикаторске вредности за Zn, у свим земљиштима сливног подручја су у оквиру класе ризика од дефицита (<34,7). Вредности за Pb

припадају класи ниске приступачности (<21,0), само у случају алувијалног земљишта припада класи високе приступачности. Вредности за Cd (<1,8), у проучаваним земљиштима припадају ниској класи.

Садржаји Ni и Cr веће су од критичних ограничења према De Vries и Bakker (1998), као и од критичних концентрација према важећем Правилнику о максимално дозвољеним количинама, опасних и штетних материја за пољопривредна земљишта (Службени гласник Р. Србије 11/91). Измерене концентрације Ni и Cr у алувијалном земљишту су последица транспорта наноса из горњих делова слива са земљишта формираних на серпентинитима. Алувијално земљиште простире се на 2% укупне површине, а изградњом акумулације педогенетски слој се уклања формирањем шкољке акумулације, што значи да неће имати утицај на квалитет воде у акумулацији. Међутим, транспорт наноса из горњих делова слива таложит ће се у акумулацији и утицаће на квалитет воде. Стога неопходно је комплетно антиерозионо уређење горњег дела слива реке Топлице.

При процени оптерећености земљишта тешким металима, велики проблем представљају бројни утицајни фактори и њихове интеракције. Значајно је разматрати кроз даља истраживања: шта су критичне концентрације у погледу рецептора у нашим условима; шта је основна екотоксиколошка критична вредност за површинске воде?

ЛИТЕРАТУРА

- Белановић, С., (2000): Проучавање садржаја тешких метала у земљишту и наносу у огледним сливовима под засадима смрче и црнога бора на серпентинитима Гоча, магистарски рад, Универзитет у Београду, Београд, стр. 146.
- De Vries W., Bakker D. J. (1998): Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems. Guidelines for critical limits, calculation methods and input data. Wageningen, DLO Winand Staring Centre, Report 166, 144 pg
- De Vries W., Bakker D.J. (1996): Manual for calculating critical loads of heavy metals for soils and surface waters. Preliminary guidelines for critical limits, calculation methods and input data, DLO Winand Staring Centre, Report 114, Wageningen (173)
- Кадовић, Р., Кнежевић, М. (2002): "Тешки метали у шумским екосистемима Србије", Шумарски факултет Универзитета у Београду, Министарство за заштиту природних богатстава и животне средине Р. Србије, Београд, 278 стр.
- VAN MECHELEN, L., ED. (1997): Forest Soil Condition in Europe - Results of Large-Scale Soil Survey, Prepared by Forest Soil Co-ordinating Centre, Report EC-UN/ECE, Brussels, Geneva.
- Шкорић, А., Филиповски, Г., Ђирић, М. (1985): Класификација земљишта Југославије, АН БиХ, књига LXXVIII, Сарајево
- (1997): Методе истраживања и одређивања физичких својстава земљишта, ЈДПЗ
- (1966): Хемијске методе испитивања земљишта, Књига 1, ЈДПЗ

SOIL QUALITY IN THE WATERSHED AND THE POSSIBLE EFFECT
ON THE WATER IN THE STORAGE "SELOVA"

*Kadović Ratko,
Belanović Snežana,
Knežević Milan*

Summary

Ecological quality of the soil in the watershed of the storage "Selova" is of particular significance for water quality in the future storage. Therefore the definition and quantifying of the parameters of the soil ecological quality has a high significance for the study of the potential limitations and the definitions of the measures for their elimination. In this context, the ecological quality of the soil in the watershed of the storage "Selova" was analysed in the function of: susceptibility to acidification and indicator value of the availability of plant nutrients (nitrogen, phosphorus and base cations), and heavy metals. The analysed soils are: syrozem on serpentinite, dystric ranker on sandstone, dystric ranker on flysch, dystric ranker on dacite, eutric ranker on serpentinite, eutric ranker on schists, brownised ranker on sandstone, eutric brown soil on schists, alluvial soil.

Indicator values of the availability of nitrogen range within the classes of low and very low availability, except eutric brown soil on schists, which is characterised by medium availability. The availability of phosphorus in the study soils varies widely, characterising the class of low to very high availability. Indicator values of the availability of base cations are mainly within the class of high or very high availability, except brownised ranker on sandstone and syrozem on serpentinite, which are in the class of medium availability. The susceptibility of the soil to acidification is characterised by the class of low and very low susceptibility.

The mean indicator values for Zn, in all watershed soils are within the risk of deficit (<34.7). The values for Pb are in the class of low availability (<21.0), only in the case of alluvial soil, they are in the class of high availability. The values for Cd (<1.8) in the study soils belong to the low class.

The contents of Ni and Cr are higher than critical limits after de Vries and Bakker (1998), as well as higher than the critical concentrations according to the valid regulation on the maximum admissible concentrations of dangerous and harmful substances for agricultural soils (Official Gazette R. Serbia 11/91).

The measured concentrations of Ni and Cr in alluvial soil are the consequence of sediment transport from the upper parts of the watershed with the soil formed on serpentinites. Alluvial soil covers 2% of the total area, and by the construction of the storage, the pedogenetic layer is removed by the formation of the storage shell, which means that it will not affect the quality of the water in the storage. However, the sediment transported from the upper parts of the watershed, will be deposited in the storage and it will affect the water quality. Therefore, the complete erosion control management of the upper part of the river Toplica watershed is necessary.

