

UDK 622: 631.42

NEKA ISKUSTVA U REKULTIVACIJI BOKSITNIH JALOVIŠTA

Husnija Resulović<sup>+</sup>, Mihovil Vlahinić<sup>+</sup>, Obrad Petijević<sup>+</sup>

#### IZVOD

U ovom radu dajemo rezultate istraživanja promjena u sadržaju humusa, pristupačnog fosfora i kalijuma, te promjena u reakciji kod mlade jalovine i jalovine stare 2 godine. Dati su i rezultati adaptivnosti nekih poljoprivrednih kultura, kao i procesi koji se odigravaju u ovim "tlima" formiranim na petrološki heterogenoj sedimentnoj seriji.

U ovim istraživanjima je ustanovljeno da je nakon 2 godine došlo do smanjenja pH-vrijednosti za 0,60, povećanja sadržaja pristupačnog fosfora za 3 - 4 puta, i povećanja pristupačnog kalijuma za dvaputa.

U odnosu na adaptivnost uzgajanih kultura izdvojene su četiri klase: I klasa - veoma adaptivne, II klasa - osrednje adaptivne, III klasa - slabp adaptivne i IV klasa - neadaptivne.

Takodje su ustanovljeni i slijedeći procesi koji se odigravaju u ovim "tlima", i to: vodna erozija, stvaranje vodoložna, stvrdnjavanje i zbijanje.

#### ABSTRACT

In this paper we have investigated the changes in humus content, available phosphorus and potassium, and the changes in reaction at young bauxite mine soil and at the mine soil aged 2 years. We have found the adaptability of some agricultural crops, and some processes which occur in these "soils" developed on petrologic heterogeneous sedimentary series.

In these investigations it was found after 2 years the next changes: pH values decreased for 0,60, content of available phosphorus increased for 3-4 times, and available potassium for twice. Humus content is increased till 0,07%.

In the relation to the adaptability of agricultural crops we have divided in 4 classes: I class - very adaptable, II class - medium adaptable, III class - poor adaptable and IV class - unadaptable.

The processes which take place in these "soils" are: water erosion, forming of waterlogging, hardening and compaction.

Red. prof. dr. agr. zn.

Poljoprivredni fakultet, Sarajevo, Zagrebačka 18

## UVOD

Površinski kopovi raznih mineralnih sirovina su doveli do veoma velikih oštećenja zemljišta. Ovaj vid oštećenja dovodi do najtežih gubitaka zemljišta, posebno radi toga što kod izvodjenja ovih kopova se nastupa frontalno. Naime ovim načinom se oštećuju sve površine, i praktično nije moguće izdvojiti odnosno sačuvati najkvalitetnija zemljišta od ovakvog uticaja. Radi toga ovaj vid oštećenja spada medju najdrastičnije.

U SR Bosni i Hercegovini pored površinskih kopova uglja i željezne rude, kao treći po važnosti su kopovi boksita. Dosadašnja njihova eksploatacija je već dovela do ozbiljnih oštećenja i uništavanja zemljišta, i u nekim opštinama znatno je reducirala poljoprivredni prostor (posebno u opštinama Vlasenica i Srebrenica).

Posljednjih godina su inicirane akcije na smanjenju ovakvih oštećenja, i počelo se sa istraživanjima i ogledima na njihovoj rekultivaciji.

U ovom radu ćemo iznijeti neke rezultate ovih istraživanja, i ukazati na probleme sa kojima smo se sreli kod rekultivacije ovih javovina.

### 1. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Područje istraživanja pripada opštinama Vlasenica i Srebrenica. To je pretežno brdski i planinski reljef. Ogled je zasnovan na području Šumarnica, na nad. visini od 750 m.

#### 1.1. Geološke karakteristike

U odnosu na geološke karakteristike tzv. krovinu boksita predstavljaju tercijerni sedimenti. To je petrološki heterogena sedimentna serija, gdje alterniraju: pjeskovi, ilovače, glinoviti pjeskovi, pjeskovite gline i gline. Debljina ove krovine je od 5 do 180 m. Padinu i obod boksitnog ležišta čine srednje trijaski masivni karstifikovani i sprudni krečnjaci, koji su bili izloženi intenzivnoj karstifikaciji.

Na oglednom polju u Šumarnici odložen je uglavnom pjeskovito-ilovasti i ilovasti materijal, žućkasto-crvenkaste boje, dosta plastičan.

Ovo odlagalište = deponija je odlagana stihijno, bez separatne otkrivke, kako površinskih slojeva tla, tako i požeđenih geoloških slojeva. Danas u svom najvećem dijelu ove deponije nisu sredjene. Samo na jednom dijelu ovih deponija je izvršena rekultivacija, i zasnovani ogledi. Ovi ogledi su u 3-oj godini istraživanja.

#### 1.2. Vodni bilans i klimatske prilike

Na bazi analize vodnog bilansa (za Vlasenicu, 20-godišnji period), gdje su uzeti: padavine, potencijalna evapotranspiracija i rezerva lako pristupačne vode (uzeta za 100 mm), došlo se do kvantificiranja viškova i manjkova vode, te do procjene stvarne evapotranspiracije i sušnih efekata. Srednja godišnja suma padavina je 1101 mm, gdje je maksimalna 1355 mm, a minimalna 903 mm. Srednja godišnja potencijalna evapotranspiracija (PET) iznosi 641 mm, maksimalna 664 mm, a minimalna 600 mm. Kumulativna frekvencija godišnje PET sa rangom pojava 1/10 iznosi 670 mm, 2/10 = 603 mm, a 5/10 = 470 mm.

Srednji mjesečni viškovi su prisutni u svim mjesecima, pa čak i u onim ljetnim. Jedino se u julu, avgustu i septembru ne javljaju viškovi ranga 5/10, ali su vrlo izraženo prisutni i u tim mjesecima ranga pojave 2/10 i 1/10. To ukazuje da je problem odvodnjavanja na ovim prostorima aktuelan kod svih onih zemljišta koja ne posjeduju auto-drenažu. Posebno će ovaj problem doći do izražaja na površinama koje su u toku rekultivacije, usljed procesa zbijanja i stvrdnjavanja, te će biti potrebno predvidjeti drenažu kao jedan od uslovnih zahvata.

Srednji godišnji manjkovi vode iznose 29 mm, maksimalni 224 mm, a minimalni 0 mm. Klimatske frekvencije godišnjih manjkova sa rangom pojave 1/10 iznose 150 mm, 2/10 = 56 mm, 5/10 = 0 mm.

Analiza manjkova vode ukazuje da navodnjavanje u ovim uslovima ne bi trebalo tretirati kao posebno aktuelan problem.

U toku ovih istraživanja klimatske prilike su se kretale u okviru srednjih.

### 1.3. Način izvođenja rekultivacije

Na površinama odabranim za rekultivaciju izvršena je najprije tehnička rekultivacija, tj. nasipanje i ravnanje. Nakon toga su raštorena mineralna đubriva (meliorativno djubrenje), koja su zatim uorana. Tada se pristupilo sjetvi oglednih kultura, koje je vršeno ručno, a zatim su udrljana. Količine sjemena su bile za 50% veće od normalno korištenih količina.

## 2. METODIKA ISTRAŽIVANJA

Ogled je zasnovan na lokalitetu Šumarnica (opština Srebrenica).

Uzorci supstrata su uzeti na početku zasnivanja ogleda, i na kraju 2-ge godine rekultivacije. Uzorci "tla" prije postavljanja ogleda uzeti su sa dubine 0 - 20 cm, a nakon druge godine sa dubine 0 - 5 i 5 - 10 cm.

Na uzorcima su određena sljedeća svojstva: reakcija, humusa, pristupačnog fosfora, kalijuma, te teksturni sastav i stabilnost strukture.

Veličina oglednih parcela je bila  $5 \times 20 = 100 \text{ m}^2$ . U ogled su bile uključene sljedeće kulture: travne smjese: esparzeta (*Onobrychis* francuski 1julj (*Avena elatior*) i ježivica (*Dactylis glomerata*), te djetelinsko-travne smjese: lucerka (*Medicago sativa*), stoklasa (*Bromus inermis*) francuski 1julj, te raž sa grahoricom (*Secale cereale* *Vicia vilosa*). Kao posebne kulture u ogled su uzete sljedeće: stoklasa, francuski 1julj, ježivica, esparzeta, lucerka, crvena djetelina (*Trifolium pratense*), smiljkita (*Lotus corniculatus*), uljana repica (*Brassica napus oleifera*), pivarski ječam, lupina, i hibridsirkica sa sudankom.

Djubrenje je izvršeno sa udarnim dozama mineralnih đubriva, gdje su dodane sljedeće količine hraniva: azota (N) - 200 kg/ha, fosfora ( $P_2O_5$ ) - 400 kg/ha, i kalijuma ( $K_2O$ ) - 600 kg/ha.

U toku ogleda vršena su fenološka opažanja, gdje je brižljivo praćen razvoj poljoprivrednih kultura. U toku ovog ogleda vršena su mjerenja i količine zelene mase pojedinih oglednih kultura.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVO TUMAČENJE

U ovom poglavlju obradićemo slijedeće:

- karakteristike jalovinskog materijala prije i nakon rekultivacije,
- adaptivnost pojedinih oglednih kultura i
- neki procesi na rekultivisanim površinama.

#### 3.1. Karakteristike jalovinskog materijala prije i nakon rekultivacije

##### 3.1.1. Reakcija "tla"

Iz tabele 1 se vidi da je za 2-godišnji period došlo do izvjesne acidifikacije materijala. Od početne pH-vrijednosti u vodi 7,40, ova reakcija danas iznosi 6,80. Slično tome su i vrijednosti u KCl. Za ova kratak vremenski period došlo je do snižavanja reakcije za 0,60 pH. Ovoj acidifikaciji je posebno doprinijela humidnost klime odnosno izraženi viškovi vode.

##### 3.1.2. Sadržaj humusa

Iz tabele 1 se vidi da svježi materijal ne sadrži uopšte humusa, što je i logično. Naime ovi materijali su duboki geološki slojevi (dubina kopova je danas cca 50 m). Nakon 2-godišnjeg perioda sadržaj humusa iznosio je u sloju 0 - 10 cm od 0,07 do 0,072%. Ova humizacija je rezultat humifikacije izumrlog korijena. Dalja istraživanja će pokazati kakav je tempo humizacije ovog supstrata, i procesa stvaranja organo-mineralnog kompleksa tla. U nekim našim ranijim istraživanjima deposola na laporovitim materijalima smo ustanovili da je za 15 godina jednog starog deposola došlo do akumulacije humusa na 2,50% (R e s u l o v i ć et al, 1980).

##### 3.1.3. Sadržaj pristupačnog fosfora i kalijuma

Sadržaj pristupačnog fosfora (tabela 1) u svježem materijalu je bio mali, i iznosio je 0,70-1,00 mg. U 2-godišnjem tlu ovaj sadržaj je iznosio 3,23 do 4,00 mg. Ovo predstavlja veoma značajno povećanje u odnosu na ishodišni materijal. Rezultat ovoga je veliko unošenje fosfora putem mineralnih đubriva. Iako je međjutim došlo do povećanja fosfora za 3 do 4 puta, ova povećanja nisu bila u korelaciji sa dodanim količinama. Ovo upućuje da je došlo do njegove inaktivacije, odnosno vezivanja sa gvoždjem u nerastvorljive oblike. Moguća su i izvjesna ispiranja iz tla, s obzirom da se radi o dosta lakom materijalu.

Sadržaj pristupačnog kalijuma u svježem materijalu je iznosio od 5,00 do 5,30 mg. Nakon 2-godišnjeg perioda sadržaj je narastao na 9,25 do 11,85 mg, odnosno za skoro dva puta više. Ovo je svakako rezultat uništenja ovog hraniva putem mineralnih đubriva. Prema sadašnjem stanju ovo tlo se već nalazi u kategoriji osrednje obezbjeđenosti.

##### 3.1.4. Teksturni sastav i stabilnost strukture

U tabeli 2 se vidi da je ovaj jalovinski materijal teksturno dosta čvrst, da se radi o pjeskovitoj ilovači i ilovači. Sadržaj čestica gline je u rasponu od 13,3 do 26,6%. Ovako povoljan teksturni sastav uz primjenu visokih količina mineralnih đubriva je u svakom slučaju doprinio uspješnom razvoju svih uzgajanih kultura.

Tabl.1

Hemijska svojstva "tla" prije i nakon 2.godišnje rekultivacije  
The chemical properties of "soil" before and after 2-year reclamation

| Dubina-Depth<br>cm | Starost "tla"<br>Age of "soil" | pH               |      | Humus<br>% | Pristupačni u mg/100 g Tla<br>Available in mg/100 g of soil |                  |
|--------------------|--------------------------------|------------------|------|------------|-------------------------------------------------------------|------------------|
|                    |                                | H <sub>2</sub> O | nKCl |            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                               | K <sub>2</sub> O |
| 0 - 20             | svježa-fresh                   | 7,40             | 6,40 | 0,00       | 1,00                                                        | 5,30             |
| 0 - 20             | svježa-fresh                   | 7,40             | 6,40 | 0,00       | 0,70                                                        | 5,00             |
| 0 - 5              | 2.godine-2-years               | 6,80             | 6,05 | 0,07       | 3,20                                                        | 11,80            |
| 5 - 10             | 2.godine-2-years               | 6,80             | 5,90 | 0,07       | 4,00                                                        | 9,25             |

Tabl.2

Teksturni sastav i stabilnost strukture  
Soil Texture and Stability of Structure

| Dubina-Depth<br>cm | Starost "tla"<br>Age of "soil" | Pijesak-S <sub>and</sub> | Prah - Silt    | Glina-Clay | Stability of<br>Strucure |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|------------|--------------------------|
|                    |                                | 2-0,06 mm                | 0,06 -0,002 mm | <0,002 mm  |                          |
| 0 - 20             | Svježa-fresh                   | 63,35                    | 23,23          | 13,42      | 6                        |
| 0 - 20             | Svježa-fresh                   | 37,30                    | 35,97          | 26,73      | 6                        |
| 0 - 5              | 2.god.-2.years                 | 65,89                    | 18,00          | 16,00      | 6                        |
| 5 - 10             | 2.god.-2.years                 | 54,38                    | 32,31          | 13,31      | 6                        |

Kao što se je moglo i očekivati stabilnost strukture je vrlo nepovoljna. Ona je imala vrijednosti po Sekeri oznaku "6", što znači veoma veliku nestabilnost. Ni nakon 2-godišnjeg perioda nije došlo do izmjene ovog važnog svojstva..

Kao jedna od osnovnih mjera na poboljšanju ovog svojstva će biti povećanje sadržaja organske materije. Nestabilna struktura dovodi do mnogih neželjenih pojava na ovom mladom tlu. To se u prvom redu manifestuje na veoma izraženoj erodibilnosti, te procesima stvrđnjavanja.

### 3.2. Adaptivnost pojedinih oglednih kultura

U odnosu na uzgajanu kulturu u 2-godišnjem periodu smo konstatovali da su neke kulture veoma adaptivne, za razliku od drugih, koje to nisu.

Sve ispitane kulture podijelili smo u četiri klase, i to:

- I klasa - veoma adaptivne
- II klasa - srednje adaptivne
- III klasa - malo adaptivne
- IV klasa - neadaptivne.

U I klasu uključili smo slijedeće: ježivica, stoklasa, uljana repica, raž, pivarski ječam;

U II klasu dolaze: crvena djetelina, smiljkita, francuski ljulj;

U III klasu dolaze: lucerka, maljava grahorica, obična grahorica, i u

U IV klasu dolaze: esparzeta, slatka lupina, hibr. sirka i sudanke.

### 3.3. Neki procesi na rekultivisanim površinama

Specifični procesi koji se odigravaju na rekultivisanim površinama su slijedeći:

- vodna erozija
- pojava vodoležina
- proces stvrđnjavanja, i
- proces zbijanja.

#### 3.3.1. Vodna erozija

Na rekultivisanim površinama smo uočili da dolazi do veoma izraženih procesa erozije, gdje se formiraju brazde, a one mjestimično poprimaju i karakter jaružne erozije. Ovi procesi se manifestuju i pri malim padovima. Uzroci ovakvih pojava, iako se radi o tlu sa povoljnim teksturnim sastavom (pjeskovita ilovača) usljed pomnjanja povoljne strukture, te pojava stvrđnjavanja, doprinose ovoj pojavi.

Ovaj problem će i dalje biti prisutan, a posebno će se stvarati teškoće radi toga što će biti potrebno formirati određene padove radi sprečavanja stagnacije vode, a s druge strane na ovim padinama će dolaziti do izraženih erozionih procesa. Kao proto-erozione mjere biće potrebno obratiti pažnju da padovi budu veoma mali, i da se ove površine održavaju što je moguće češće i duže pod travnim pokrivačem. Naime u prvim fazama rekultivacije

ovih površina, biće nužno uključiti trajni pokrivač (travni) koji ima najefikasnije djelovanje u zaštiti tla. Tek kada se bude u tlu akumuliralo dovoljno organske materije i stvori stabilna struktura, moći će se preći i na uzgoj drugih kultura.

### 3.3.2. Pojava vodoležina

Na oglednom polju Šumarnica usljed neravne površine, te pojava stvrdnjavanja dolazi do stvaranja vodoležina u manjim udubljenjima. Logično, ovakva mjesta su bez vegetacije, i stvaraju probleme u obradi. Ako se tome dodaju veoma izraženi viškovi vode, onda će ovaj proces u ovakvim uslovima biti stalno prisutan.

Do njihovog stvaranja može doći čak i na prvi pogled izvršenog potpunog ravnjanja terena, uslje sekundarnih pojava slijeganja tla, koja se vrše u kasnijem periodu. Naime ovi jalovinski materijali koji su ovde donešeni vještački, još nisu stabilizovani, te dolazi do njihovog slijeganja, koje se odigrava naravnomjerno, što sve dovodi do pojava formiranja ovakvih depresija.

### 3.3.3. Procesi stvrdnjavanja

Na rekultivisanim površinama, konstatovali smo dosta izražene procese stvrdnjavanja. Ti se procesi manifestuju u tome da se cijela zemljišna masa povezuje u monolitnu cjelinu, koja postaje veoma tvrda kada se isuši. Do ove pojave dolazi usljed slijedećih uzroka: malog sadržaja organske materije i nestabilne strukture. U ovakvim uslovima svaki teksturni element se ponaša kao zasebni element. U suhoj fazi dolazi do međusobnog privlačenja pojedinih teksturnih elemenata, usljed izraženih kohezivnih sila, tako da se cijela ova masa pretvara u veoma tvrdi sistem. Ovaj proces je reverzibilan, jer se ponovnim kvašenjem čestice razdvajaju, i tada tlo prelazi u drugo nepovoljno stanje, u kašastu masu, koja ima izražena svojstva ljepljivosti i plastičnosti. Mjerama okulturnjenja ovog tla, posebno stvaranjem stabilne strukture doći će u znatnoj mjeri do smanjenja ovih nepovoljnih pojava.

### 3.3.4. Procesi zbijanja tla

Na ovim površinama koje su u procesu rekultivacije dolazi do još jedne pojave, do zbijanja tla. U prvom periodu kada je izvršeno formiranje deponije, tj. nasipanje i ravnjanje, uslovi zbijenosti su manje izraženi, i cijela ova masa je razdvojena. Međutim ovo stanje se ne zadržava, nego usljed slijeganja materijala dolazi do sve većeg njegovog zbijanja, i prema tome do smanjenja poroznosti, i povećanja zapreminske težine. Na ovaj momenat se mora računati, jer on može da dovede do neželjenih posljedica, naročito kod višegodišnjih kultura.

Svi gore navedeni procesi sa aspekta korijenovog sistema biljke su nepovoljni. Pred nama se postavlja da se ovi procesi svedu na što je moguće kraći vremenski period, čemu će posebno doprinijeti što ef. kasniji način na povećanju organske materije.

## ZAKLJUČCI

Na deponijama stvorenim pri površinskoj eksploataciji boksita, na kojima su nakon rekultivacije zasnovani ogledi sa više kultura. Nakon 2-godišnjih istraživanja mogu se izvući slijedeći zaključci:

1. Na rekultiviranim površinama, u sloju od 0 - 10 cm došlo je do smanjenja pH-vrijednosti, gdje je pH u  $H_2O$  sa 7,40 pao na 6,80, odnosno smanjio se za 0,60 pH. Sadržaj pristupačnog fosfora je u navedenom periodu narastao za 3 do 4 puta, gdje on danas iznosi 3,20 do 4,00 mg. Sadržaj pristupačnog kalijuma je narastao za dvaputa, gdje njegov sadržaj danas iznosi 9 - 10 mg. Sadržaj humusa je narastao za 0,07%.

2. U odnosu na adaptivnost oglednih kultura izdvojene su četiri klase: I klasa (veoma adaptivne) obuhvata slijedeće kulture: ježevica, stoklasa, uljana repica, raž, pivarski ječam; u II klasu (osrednje adaptivne) dolaze: crvena djetelina, smiljkita, francuski ljulj; u III klasu (slabo adaptivne) dolaze: lucerka, maljava grahorica, obična grahorica; u IV klasu (neadaptivne) dolaze: esparzeta, slatka lupina, hibrid sirka i sudanke.

3. U toku 2-godišnjeg perioda konstatovali smo da na rekultiviranim površinama dolazi do slijedećih procesa: vodne erozije, vodoležina, stvrdnjavanja i zbijanja.

4. Za uspješan razvoj kultura, naročito u prvim godinama rekultivacije, potrebno je primjeniti tzv. udarne doze mineralnih đubriva, a količina upotrebljenog sjemena se mora povećati za najmanje 50% od normalne količine.

## LITERATURA

- B r a d s h a w, A. D., C h a d w i c k, M. J. (1980): The Restoration of Land, Blackwell, London.
- P a t e j d a l, C. (1974): Agricultural Reclamation of Spoil and Areas Disturbed by Industrial Activities. Scientific monographs, No 5, Zbraslav, ČSSR.
- R e s u l o v i ć, H. (1978): Uticaj tehnološkog progressa na proces oštećenja i potrošnje zemljišta. Zemljište i biljka, Vol. 27, No 1-3, Beograd.
- R e s u l o v i ć, H. (1980): Neke specifičnosti procesa pedodinamike i pedogeneze u deposolima. VI Kongres JDZPZ, Novi Sad.
- T r o m f i m o v, S. S. (1979) Počwoobrazovanie tehnogenih Landšaš-tah. Nauka, Novosibirsk.

## SOME EXPERIENCES IN RECLAMATION OF BAUXITE MINESOILS

H. Resulović, M. Vlahinić, O. Petijević

Faculty of Agriculture - Sarajevo

### S u m m a r y

On the heaps formed by surface mining of bauxite after their reclamation it was designed the experiments with several agricultural crops. After 2-year investigation we can conclude the next:

1. On the reclaimed surfaces in the layer 0 - 10 cm (sandy loam and loam) pH-value is decreased from 7,40 to 6,80 (pH in  $H_2O$ ), i.e. for 0,60 pH. The content of available phosphorous is increased for 3 to 4 times, where it contents from 3,20 to 4,00 mg. The content of available potassium is increased for twice, where its content is increased is today 9 - 10 mg. Humus content is increased for 0,07%.

2. In the relation to the adaptability we have divided the crops in four classes: I class (very adaptable) comprises the next: *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis*, *Brasica napus oleifera*, *Secale cereale*, *Hordeum sativa*; in II class (medium adaptable) come: *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus*, *Arrhenatherum elatius*; in III class (poor adaptable) come: *Medicago sativa*, *Vicia villosa*, *Vicia sativa*; in IV class (unadaptable) come: *Onobrychis sativa*, *Lupinus albus*, *Sorghum vulgare*.

3. During 2-year period of investigation we have found that on reclaimed surfaces take place the next processes: water erosion, forming of waterlogging, hardening and compaction.

4. For successful growth of experimental crops, especially in the first years after reclamation it is necessary to apply very high doses of fertilizers, and the amount of seed must be increased at least for 50% from the normal amount.

