

## Proposal for desalinization of highly saline soils of Vojvodina

### Predlog mera desalinizacije ekstremno zaslanjenih zemljišta Vojvodine

Branislav Žeželj<sup>1\*</sup>, Zdravko Hojka<sup>2</sup>, Predrag Dimovski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Branislav Žeželj, “Meling” Ltd. Comp., Marsala Tolbuhina no.13, 11080, Belgrade-Zemun, Serbia, [melingzezelj@gmail.com](mailto:melingzezelj@gmail.com)

<sup>2</sup>Zdravko Hojka, Megatrend University, Faculty for Bio farming, M.Tito no.39, 24300 Backa Topola, Serbia, [z.hojka@yahoo.com](mailto:z.hojka@yahoo.com)

<sup>3</sup>Predrag Dimovski, Ruding engineering ltd. Belgrade, VI Licke no. 20, 11000 Belgade, Serbia, [pdimovski2@gmail.com](mailto:pdimovski2@gmail.com)

\**Corresponding author:* Branislav Žeželj, [melingzezelj@gmail.com](mailto:melingzezelj@gmail.com)

#### ABSTRAKT

Cilj istraživanja je, utvrđivanje metoda i tehnoloških postupaka desalinizacije zemljištu visokog saliniteta, gde jer  $EC_o < 40$  mmhos/cm na 25°C. Bitan kriterijum izbora prioriteta u reklamaciji slatina je i investiciona vrednost po 1 ha meliorisane površine. Ova grupa zemljišta zahteva veliki obim reklamativnih mera, pa je i cena izvođenja reklamativnih radova visoka. Uslova realizacije procesa kompleksnih melioracija je postojanje irigaciono-drenažnih sistema sa adekvatnom infrastrukturom za navodnjavanje, sa otvorenim kolektorska mrežom i poljskom drenažom. Dinamika tehnološkog postupka reklamacije zemljišta traje 24 meseca. Razlika između trajanja reklamativnog postupka je u vremenu trajanja inicijalnog ispiranja, što je određeno brojem ispirnih normi-aplikacija, te intervalima između aplikacija. U slučaju Klase III – zemljišta ekstremnog saliniteta, vreme ispiranja jedinice površine je 80 dana (Vojvodina). Skraćena dinamika inicijalnog ispiranja soli, znači i manji obim mehaničke reklamacije pre i u toku perioda ispiranja, kao i redukovanje radova na izradi unutrašnje infrastrukture, što je uzrokovana brojem ispirnih normi, kao i smanjenjog obima kontrole saliniteta.

**Ključne reči:** reklamacija zemljišta, slatine, salinitet, alkalitet, inicijalno ispiranje soli, mehanička reklamacija.

## UVOD

Značaj kompleksnih melioracija zaslanjenih zemljišta je sve veći, obzirom da su procesi globalne degradacije poljoprivrednog zemljišta nezadrživi i zadnjih decenija intenzivirani, te da je primena procesa rekultivacije, remedijacije i svakako reklamacije još uvek minorna.

Značajno je posebno na ovom mestu istaći fenomen prisutan na ogromnim površinama aridnih i semi-aridnih područja, pogotovo u zoni –obodu velikih gradskih područja i naseljenih mesta, gde usled eolske erozije sa zaslanjenih pustinjskih površina, dolazi do transporta i taloženja ogromnih količina soli, kako u formi kristala, tako i rastvora u depresijama. Svetska organizacija FAO UN, je rešenje ovog problema svrstala u grupu “prioriteta”. U tom smislu rade se specifični projekti remedijacije takvih zemljišta.

Svetski naučni i stručni autoriteti za ovu oblast su saglasni, da je trajno i ispravno rešenje ovog problema u primeni kombinovanih metoda kompleksnih melioracija-reklamacije zaslanjenih zemljišta i odgovarajućih hemijskih i bioloških metoda remedijacije istog.

Bitan kriterijum izbora prioriteta u reklamaciji slatina je i investiciona vrednost po 1 ha meliorisane površine. Ova grupa zemljišta, zahteva veliki obim reklamativnih zahvata, pa je i cena izvođenja reklamativnih radova visoka, u odnosu na druge salinitetne klase.

Međutim, ukupna dinamika tehnološkog postupka reklamacije zemljišta je bez obzira na stepen saliniteta identičan za sve klase zemljišta i ukupno traje 24 meseca. Razlika je u vremenu trajanja inicijalnog ispiranja, što je određeno brojem ispirnih normi-aplikacija, te intervalima između istih. U slučaju ovde razmatrane Klase III-zemljišta srednjeg saliniteta, vreme ispiranja jedinice površine je 80 dana (Vojvodina). Skraćena dinamika inicijalnog ispiranja soli, znači i manji obim mehaničke reklamacije pre i u toku perioda ispiranja, kao i redukovanje radova na izradi unutrašnje infrastructure, što je uzrokovano brojem ispirnih normi, kao i smanjenjem obima kontrole saliniteta, u toku ispiranja, aplikacije svake ispirne norme.

Detaljno su date i opisane sve mere za ovu klasu zemljišta, u sklopu celovitog koncepta reklamacije-desalinizacije zemljišta.

## MATERIJAL I METOD RADA

U ovom radu prioritet u reklamaciji zemljišta dat je zemljištu srednjeg saliniteta, gde je  $EC_0 < 20$  mmhos/cm na 25°C. Ove površine su dominantno zastupljene kako u svetu, tako i

kod nas, pa je važnost kompleksnih melioracija ovih zemljišta za sva područja gde su zastupljena izuzetno.

Utvrđivanje stepena i karaktera zasoljenosti, dobija se slika o količini soli u zemljištu. Karakter zasoljenosti ukazuje na zastupljenost pojedinih vrsta soli čija su svojsva specifična (Belić 1999). Od vrste i količine različitih vrsta soli u zemljištu, znatno zavisi tok procesa desalinizacije i alkalizacije sredine, pa su prema tome i izabrane mere koje obezbeđuju najpovoljnije efekte.

Sastav i sadržaj soli u saturacionom ekstraktu zemljišta, kao i alkalnost obuhvatio je sledeća određivanja na uzorcima zemljišta iz pedoloških profila: pH, jonski sastav, ukupni i adsorbovani natrijum, ukupni adsorptivni kompleks, gips (Dobrenov 1975).

Na osnovu eksperimentalnih rezultata, usvojeni su kriterijumi za određivanje veličina normi ispiranja preko formule:

$$H=d/EC_o, \quad (1)$$

gde je H-neto visina vodenog stuba potrebna za ispiranja;  $EC_o$ -prosečna vrednost početnog sadržaja soli; d-dubina zemljišta do koje je izvršeno ispiranje soli ( $EC_o < 4 \text{ mmhos/cm}$  za dubine 60 cm, 80cm and 100 cm).

Tri su bitna elementa glavni i limitirajući faktori primene kriterijuma ispiranja soli (Boul 1973.):

- Raspoloživa količina vode za ispiranje,
- kapacitet horizontalne cevne drenaže,
- kapacitet infiltracije zemljišta.

Svi pomenuti faktori su bitni, mada se po važnosti ističe kapacitet infiltracije u vertikalnom pravcu. Analize postojećih rezultata ukazuju, da u sličaju teških zemljišta (glina, praškasta glina), u uslovima permanentnog toka, kada je hidraulički gradijent  $I=1$ , količina vode koja se dnevno infiltrira sa površine je 0.5 do 1.0 cm. Kod glinovite ilovače, peskovite glinovite ilovače, peskovite ilovače i dr., kapacitet infiltracije je u proseku 2-5 puta veći. U prvim satima infiltracije, drenažni kapacitet zemljišta je znatno veći nego u kasnijim satima, pa taj moment nije reprezentativan za determinaciju zemljišne propustljivosti. Eksperimentalni rezultati u svetu u ovoj oblasti pokazuju, da u toku trajanja procesa inicijalnog ispiranja soli, površinski sloj gubi sposobnost primanja vode, usled čega opada kapacitet infiltracije (Dieleman 1973.).

Staga se u cilju povećanja infiltracije-propustljivosti, primenjuju specifične mere kultivacije i pripreme zemljišta (duboko rastresanje do 40-60 cm dubine i sl.).

Osnovni koncept inicijalnog ispiranja soli je u tome, da se na početku procesa cela površina tretira sa uniformnom količinom vode od 20-30cm, nakon čega se pristupa kontroli saliniteta i identifikaciji površina koje se mogu svrstati u klasu I, izdvojeno u druge dve. Ako se tretira samo klasa I, izdvojeno na celoj površini, onda nema izdvajanja druge dve klase. Tako izdvojeno zemljište klase I, podleže dalje specijalnom tretmanu, odnosno ispiranju soli tokom reklamativne proizvodnje.

U toku druge etape etape reklamacije zemljišta-ispiranje tokom reklamativne proizvodnje, treba primeniti odgovarajući režim zalivanja useva (kalendari zalivanja), što će obezbediti kontinualnu perkolaciju i time stvoriti uslove za dodatno ispiranje tkz. "Leaching requirement" (Allison, 1956).

Zemljište svrstano u Klasu III-jako zaslanjeno (inicijalni stepen saliniteta < 40 mmhos/cm, do 1 m dubine zemljišnog profila), reklamiraju se na sledeći način (primer za aridne i semi-aridne klimatske uslove):

- inicijalni ispiranje soli treba izvršiti količinom vode od 800 m<sup>3</sup>/ha,
- neposredno po završetku inicijalnog ispiranja soli (1-2 meseca nakon otpočinjanja reklamacije, zavisno od rasporeda ispiranja i uslova rada), započinje druga faza reklamacije, odnosno ispiranje tokom prelazne-reklamativne proizvodnje,
- zemljišta I klase ulaze u period ugaru tokom letnje sezone prve godine procesa reklamacije zemljišta,
- tokom zimskog perioda druge godine reklamacije, površine se zasejavaju i navodnjavaju (dodatno ispiranje soli additional salt leaching),
- u letnjem period druge godine trajanja procesa i postupka reklamacije, površine klase I zadržavaju se pod ugarom.

Za elaboraciju koncepta izvođenja reklamacije zemljišta sačinjena je šema i dat raspored po vrstama radova uključenih u reklamativni tretman, u toku 2 faze koje se daju:

**Faza I:**

- meliorativno rastresanje zemljišta od 40-60 cm dubine ili duboko oranje, paralelno sa poljskom-cevnom drenažom,
- oranje do 15 cm,

- tanjiranje u oba-dva pravca,
- fino ravnanje zemljišta poljoprivrednim ravnjačem,
- izrada nasipa basena-kaseta za ispiranje soli (sa ostavljanjemtrake od 4-6 m širine iznad ose poljskog drena). Izrada lateralnih nasipa i razvodnih distributivnih kanala u nasipu,
- primena prva aplikacije vode, prema planu ispiranja (od 17-30 cm neto)
- verifikacija efekata ispiranja nakon aplikacije prve ispirne norme, uzimanjem uzoraka zemljišta i kontrolom saliniteta. Klasifikacija površina (ako je postignut zadati kriterijum ispiranja), u zemljište klase I, na kome započinje Faza II reklamacije (reklamacija zemljišta tokom prelazne proizvodnje ).

### ***Faza II:***

- dezintegracija nasipa i ravnanje zemljišta,
- oranje do dubine od 20-25 cm,
- tanjiranje u oba pravca,
- fino ravnanje zemljišta,
- predsetvena priprema zemljišta sa predsetvenim navodnjavanjem (uslovno),
- izrada nasipa i distributivnih kanala za navodnjavanje, ili postavljanje razvodne mreže,
- setva useva predviđenih setvenom strukturom,
- navodnjavanje sa dodatnom količinom vode od 60 mm mesečno (pored redovne zalivne norme), u cilju dodatnog ispiranja soli,
- žetva, ili skidanje otkosa, tj. zaoravanje mase leguminoznih biljaka,
- u zavisnosti od raspoložive količine vode : Ugar ili nastavak ispiranja tokom reklamativne proizvodnje.

Uspeh procesa reklamativne proizvodnje u cilju održanja postignutog vodno-sonog režima zemljišta nakon faze inicijalnog ispiranja zavisi od adekvatnog izbora kultura reklamativne proizvodnje.

Kako reklamativna proizvodnja kao bitna faza ukupnog tehnološkog koncepta ima presudnu ulogu i značaj na ukupnu dinamiku i kvaliteta reklamativnih mera, autori ovog rada su u fazi pripremi celovite studije koja se odnosi na ovu materiju, kao rezultat dosadašnjih iskustava u svetu, kao i rezultata eksperimentalnih istraživanja i shodno njima praktične primene koje je autor B.Ž. ostvario u ranijem period na globalnom nivou.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Generalnu koncepciju reklamacije zemljišta određuju prirodni uslovi područja, kao i razvojni koncept poljoprivredne proizvodnje i zahtev za najraniju ostvarenje redovnih prinosa. U smislu tako postavljenog koncepta, pre uspostavljanja regularne proizvodnje, process reklamacije zemljišta treba sprovesti kroz dve fundamentalne etape: 1. Inicijalno ispiranje soli do nivoa koji obezbeđuje uslove zasnivanja poljoprivredne proizvodnje, 2. Ispiranje soli u toku prelazne-reklamativne proizvodnje.

Saglasno usvojenom konceptu koji se ovde daje, proces reklamacije zemljišta (obe etape), traje 2 godine, posle čega se zemljište prevodi u regularnu proizvodnju. Nakon dvogodišnjeg perioda reklamacije, fizičko-hemijske i biološke osobine zemljišta su znatno poboljšane. Da bi se proces i postupak reklamacije sproveo uniformno, nužno je primeniti specifične metode reklamacije svake grupe ponaosob, a u zavisnosti od njihovih prirodnih svojstava.

Klasifikacija zemljišta kao preduslov definisanju klasa koje uključuju stepen i obim reklamativnih mera i postupaka (u ovom slučaju Klasa III, gde je  $EC^0 < 40$  mmhos/cm), izvršena je na osnovu: Teksture zemljišta, vodopropustljivosti zemljišta (cm/h) i naravno saliniteta zemljišta ( $EC_0$  mmhos/cm na  $25^{\circ}C$ ).

Pre početka ispiranja izvršeno je određivanje EC na  $25^{\circ}C$  do dubine od 100 cm, na svim drenažnim deonicama. Na osnovu dobijenih vrednosti izračunati su kapacitet adsorpcije natrijuma (SAR) i % adsorbovanog natrijuma u AC zemljišta.

Na ispirnoj površini iz plitkih bušotina uzimani su uzorci zemljišta sa dubina: 0-20, 20-40 i 40-60 cm, pre i posle ispiranja, kao i povremeno tokom ispiranja, radi određivanja stepena saliniteta u saturisanoj pasti.

Posle završenog ispiranja, iz pedoloških profila uzeti su uzprci na svakih 20 cm do dubine do 200 cm, radi određivanja fizičko-hemijskih osobina zemljišta, po istom postupku i obimu, kao i pre ispiranja.

Za stanje pre ispiranja očigledno je veće prisustvo svih katjona i anjona, osim  $HCO_3$  sa malim sadržajem po celoj dubini od 200 cm. Obrnuta je slika posle ispiranja u odnosu na početno stanje. Naročito su приметni vrlo visoki efekti ispiranja do 1 m dubine.

Znači da je u pitanju pretežno NaCl, poznata kao lako rastvorljiva so. Upravo dobri efekti ispiranja soli u prvim horizonima, do dubine rizosfere (80 cm), se objašnjavaju prisustvom velikih količina NaCl. Ostale soli, a naročito gips,  $CaCO_3$  i  $MgCO_3$ , prelaze u

rastvor samo delimično, u zavisnosti od sastava i koncentracije ravnotežnog rastvora. Na osnovu ove konstatacije može prosuditi, da se najštetnije soli (hloridi i natrijumove soli), brzo i efikasno ispiraju naročito iz površinskog dela zemljišta do 1 m dubine.

Nakon inicijalnog ispiranja, sadržaj gipsa opada u svim slojevima po dubini, obzirom na reakciji izmene gipsa sa natrijumom iz adsorptivnog kompleksa. Posle ispiranja sadržaj kreča ostaje manje-više ne promenjen. Količina aktivnog kreča koja stupa u reakciju zamene sa Na iz zemljišnog adsorptivnog kompleksa, biće kompenzovana sa novim količinama kreča iz ispirne vode (Ćirić, 1963.).

Sličnu pozitivnu ulogu ima i voda za navodnjavanje u rediciranju ESP u zemljištu. To znači da irigaciona voda sadrži rastvorljivi gips ( po pravilu kada su u pitanju vodni resursi aridnih područja reka Eufrata i Tigrisa npr.), koji povoljno utiče na proces desalinizacije, obzirom da preventivno utiče na povećanje alkalne reakcije zemljišta, odnosno provocira opadanje ESP u AC zemljišta.

Sastav i sadržaj soli u zemljištu posle ispiranja, naročito do 60 cm dubine ukazuju na značajno smanjenje sadržaja soli.

Međutim po sastavu je  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  postao dominantno prisutna lakorastvorljiva so. Zapaža se i smanjenje Ca jona, sto i dalje predstavlja problem, i ako je sadržaj ukupnog  $\text{CaCO}_3$  veliki. Ovo je uslovljeno i sa malim sadržajem gipsa u zemljištu. Daljim korišćenjem vode u svrhu navodnjavanja, process ispiranja bi trebalo istovremeno da teče i dalje, tako da i na većim dubinama sastav isadržaj treba da bude identičan sa stanjem u površinskom ispranom delu zemljišnog profila.

Upoređujući podatke o reakciji zemljišta pre i posle ispiranja, zaključak je da netreba očekivati značajne razlike, sem izvesnog povećanja do 80 cm dubine i to u kategoriji “slabo alkaline” reakcije. U toku procesa ispiranja treba očekivati izvesno smanjenje lakorastvorljivog fosfora i kalijuma, dok sadržaj organske materije ostaje ma istom nivou (Dobrenov 1975).

Treba istaći, da dobijeni rezultati u poređenju sa rezultatima D.J. Dilemana (Dileman 1973), pokazuju zadovoljavajuću kompatibilnost podataka i veličina.

Dejstvom prve aplikacije ispirne norme za jako zaslanjena zemljišta koja se ovde tretiraju, vrednost EC brzo opada do 10 mmhos/cm, ali dosta sporo ispod ispod 5 mmhos/cm. Ova pojava je katrakteristična za letnji period ispiranja, odnosno povećanu evaporaciju sa slobodne vodene površine (površine ispirnih jedinica, basena-čekova).

## ZAKLJUČAK

1. Imajući u vidu zastupljenost i značaj jako zaslanjenih zemljišta kako u svetu, tako i u Srbiji (Vojvodini), u ovom radu je izvršena elaboracija tehnoloških mera i postupaka, u sklopu celovitog koncepta reklamacije anizotropnih zemljišta sa primenom na globalnom nivou.
2. Bez obzira što jako zasoljena zemljišta pripadaju Klasi III- sa velikim obimom reklamacionim zahvatima, ukupna dinamika reklamacije traje 24 meseca. Suština koncepcije inicijalnog ispiranja soli je u tome, da se na početku procesa cela površina tretira sa uniformnom količinom vode od 20-30cm, nakon čega se pristupa kontroli saliniteta i identifikaciji površina koje se mogu svrstati u klasu I. Zemljište klase I, podleže ispiranju soli tokom reklamativne proizvodnje
3. U toku druge etape reklamacije zemljišta- ispiranje tokom reklamativne proizvodnje, primenjuje se specifičan režim zalivanja useva, što obezbediti kontinualnu perkolaciju i time stvaraju uslove za dodatno ispiranje tkz. "leaching requirement".
4. FAO UN, je rešenje problema eolskog transporta i taloženje soli sa ogromnih pistinjskih površina po obodima gradova i naselja, svrstala u grupu "prioriteta".
5. Trajno rešenje ovog problema je u primeni kombinovanih metoda kompleksnih melioracija-reklamacije zaslanjenih zemljišta i odgovarajućih hemijskih i bioloških metoda remedijacije zemljišta.

## LITERATURA

- Allison LE: 1956: Soil and plant responses to VAMA and HPANsoil conditions in the presence of high exchangeable sodium. *Soil Sci. of Amer. Proceed.* vol. 20, No.2
- Boul S. et al. 1973: *Soil genesa and Classification*: The Iowa State Univer. Press. Ames.
- Belić M. 1999: *Uticao meliorativnih mera na adsorptivnih kompleks solonjeca*. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, doiktorska disertacija.
- Dieleman PJ. 1973: *Reclamation of Salt affected Soils*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.
- Dobrenov V. 1975: *Vodna svojstva slatina Severnog Banata sa gledišta uređenja njihovog vodnog režima*. Zbornik za prirodne nauke Matice srpske, sv. 49.
- Ćirić M. 1991: *Pedologija*, Svjetlost, Sarajevo.



## PROPOSAL FOR DESALINIZATION OF HIGHLY SALINE SOILS OF VOJVODINA

Branislav Žeželj<sup>1\*</sup>, Zdravko Hojka<sup>2</sup>, Predrag Dimovski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Branislav Žeželj, “Meling” Ltd. Comp., Marsala Tolbuhina no.13, 11080, Belgrade-Zemun, Serbia, [melingzezelj@gmail.com](mailto:melingzezelj@gmail.com)

<sup>2</sup>Zdravko Hojka, Megatrend University, Faculty for Bio farming, M.Tito no.39, 24300 Backa Topola, Serbia, [z.hojka@yahoo.com](mailto:z.hojka@yahoo.com)

<sup>3</sup>Predrag Dimovski, Rudnist Engineering, Licka 20, 11000 Belgrade, Serbia

\**Corresponding author:* Branislav Žeželj, [melingzezelj@gmail.com](mailto:melingzezelj@gmail.com)

### ABSTRACT

In this work the priority in desalinization have been given to the soils belonging to high salinity content, classified in salinity class III, i.e.  $EC_o < 40$  mmhos/cm at 25° C. The main criterion of priority selection towards the land reclamation of “Slatinas” is investment value per 1 ha of a reclaimed soil. These groups of soils require high range of reclamative measures and procedures, so that consequently the land reclamation execution costs would be pretty high. The basic condition in land Reclamation process is an existence of an adequate irrigation and drainage systems with a proper infrastructure for irrigation with open collector network as well as the field drainage system. Dynamic of a Land reclamation technological procedure lasts 24 months. A differences between reclamative procedure duration-time scheduling, depends on initial salt leaching lasting. This would be defined by the numbers of salt leaching rates, i.e. water applications and intervals between each application. When III salinity class is concerned-soils of extremely salinity, a leaching time duration will be 80 days (Vojvodina). By shortening the initial salt leaching duration, causes a limited volume of mechanical reclamation measures, before and in the course of the leaching process too. The above will cause a significant reduction of the internal infrastructural works, influenced by the numbers of initial salt leaching norms and shortening the volume of salinity control after the leaching activities completion.

**Ključne reči:** land reclamation, slatinas, salinity, alkalinity, initial salt leaching, mechanical reclamation.

Primljeno 22. aprila 2019.

Primljeno sa ispravkama 16. maja 2019.

Odobreno 17. maja 2019