

---

**UNIVERZITET U KRAGUJEVCU  
AGRONOMSKI FAKULTET U ČAČKU**

**Dragutin A. Đukić, Aleksandar M. Semenov,  
Mitar V. Lutovac, Leka G. Mandić,  
Galina A. Iutinska, Valentin S. Podgorski**

**ZEMLJIŠNI EKOSISTEMI -  
ZAGAĐENJE I OČIŠĆENJE**

Čačak, 2020.

---

---

**Dragutin A. Đukić, Aleksandar M. Semenov, Mitar V. Lutovac  
Leka G. Mandić, Galina A. Iutinska, Valentin S. Podgorski**

**ZEMLJIŠNI EKOSISTEMI - ZAGAĐENJE I OČIŠĆENJE**

Recenzenti:

*prof. dr Ljiljana Čomić, dr Marijana Pešaković, dr Nastasija Mrkovački*

Kompjuterska obrada i slog: *prof. dr Leka Mandić*

Izdavači:

*Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku i  
Balkanski naučni centar Ruske akademije prirodnih nauka, Beograd*

Za izdavača: *prof. dr Tomo Milošević; Akademik prof. dr Mitar Lutovac*

Štampa: *Štamparija „SAJNOS” DOO., Novi Sad*  
Štampano u 300 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд  
502.521:504.5  
502.174:502.521

**ZEMLJIŠNI ekosistemi - zagađenje i očišćenje** / Dragutin A. Đukić ... [et al.]. - Čačak : Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet ; Beograd : Balkanski naučni centar Ruske akademije prirodnih nauka, 2020 (Novi Sad : Sajnos). - 628 str. : ilustr. ; 25 cm

Slike autora. - Tiraž 300. - Biografije autora: str. 623-628. - Bibliografija uz svako poglavlje.

ISBN 978-86-87611-77-1 (AFČ)

1. Ђукић, Драгутин, 1952- [аутор]

а) Земљиште -- Загађење б) Земљиште -- Ремедијација

COBISS.SR-ID 17344521

Odlukom Nastavno naučnog veća Agronomskog fakulteta u Čačku br. 2753/5-XXII od 05. 12. 2019. godine odobreno je izdavanje monografije "Zemljišni ekosistemi – zagađenje i očišćenje"

Štampanje monografije pomoglo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## SADRŽAJ

<b>PREDGOVOR</b> .....	9
<b>DEO I – ZEMLJIŠTE KAO ŽIVOTNA SREDINA MIKRO-ORGANIZAMA</b> .....	11
Glava 1. <b>BIOGEOCENOTIČKE FUNKCIJE ZEMLJIŠTA, NJE-GOVA BIOLOŠKA KOMPONENTA I EKOLOŠKE VEZE MIKROORGANIZAMA</b> .....	13
<b>Biotička komponenta zemljišta</b> .....	16
<b>Ekološke veze mikroorganizama</b> .....	20
Glava 2. <b>MIKROBNE CENOZE ZEMLJIŠTA I PRINCIPI NJIHOVE ORGANIZACIJE</b> .....	31
<b>2.1. Mikrobne cenoze kao komponente prirodnih ekosistema</b> .....	31
<b>2.2. Konceptija organizacije mikrobne cenoze zemljišta</b> .....	36
<b>2.3. Prostorna struktura mikrobne cenoze</b> .....	37
<b>2.4. Taksonomska struktura mikrobne cenoze</b> .....	41
<b>2.5. Funkcionalna struktura mikrobne cenoze</b> .....	54
Glava 3. <b>ZEMLJIŠTE KAO ŽIVOTNA SREDINA MIKROORGANIZAMA, NJEGOV SASTAV I ENDEMSKI ZNAČAJ</b> .....	61
<b>3.1. Sastav zemljišta</b> .....	64
<b>3.2. Endemski značaj zemljišta</b> .....	66
<b>3.3. Zemljište kao faktor prenošenja infektivnih i parazitskih bolesti</b> .....	67
Glava 4. <b>HIGIJENSKI I EPIDEMIOLOŠKI ZNAČAJ ZEMLJIŠTA</b> .....	69
<b>4.1. Zemljište kao prirodna sredina za dekontaminaciju otpada</b> .....	71
<b>4.2. Higijensko normiranje egzogenih hemijskih materija u zemljištu</b> .....	71
<b>4.3. Kvantitativni i kvalitativni sastav zemljišnih mikroorganizama</b> .....	75
<b>4.4. Sanitarna ocena zemljišta na osnovu mikrobioloških pokazatelja</b> .....	77
<b>4.5. Sakupljanje tečnog komunalnog otpada</b> .....	81
<b>4.6. Etape prečišćavanja otpadnih voda</b> .....	81
<b>Literatura</b> .....	83
<b>Deo II – SANITARNO-MIKROBIOLOŠKA ISPITIVANJA ZEMLJIŠTA</b> .....	89
Glava 1. <b>RAZVOJ POGLEDA NA ULOGU ZEMLJIŠTA U ŠIRENJU INFEKTIVNIH OBOLJENJA</b> .....	89
Glava 2. <b>MIKROBNE ASOCIJACIJE NEZAGAĐENIH ZEMLJIŠTA</b> .....	101
<b>2.1. Specifične osobine mikroorganizama različitih tipova zemljišta</b> .....	101
<b>2.2. Faktori koji regulišu sastav zajednica zemljišnih mikroorganizama</b> .....	118
<b>Literatura</b> .....	122

Deo III – MIKROORGANIZMI KAO POKAZATELJI ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA .....	127
Glava 1. MIKROBNE ASOCIJACIJE ZAGAĐENIH ZEMLJIŠTA ....	129
1.1. Mikrobne zajednice u zemljištu naselja i uticaj polutanata na njihovu populaciju .....	129
1.2. Preživljavanje patogenih bakterija u zemljištu (na primeru <i>Coxiella burnetii</i> i amebo-rezistentnih bakterija) .....	140
Glava 2. SAPROFITNI MIKROORGANIZMI KAO POKAZATELJI ZAGAĐENOSTI ZEMLJIŠTA .....	147
2.1. Promena sastava saprofitnih bakterija pri zagađenju zemljišta .....	147
2.2. Dinamika brojnosti saprofitnih mikroorganizama zagađenih zemljišta u procesu njihovog samoočišćenja .....	150
2.3. Brojnost saprofitnih bakterija u zagađenim zemljištima .....	155
2.4. Nitrifikacioni proces kao pokazatelj procesa samoočišćenja zemljišta .....	159
Glava 3. TERMOFILNI MIKROORGANIZMI KAO POKAZATELJI ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA .....	161
3.1. Termofili i njihovo nalaženje u prirodi .....	161
3.2. Termofilni mikroorganizmi u fekalijama čoveka i životinja .....	163
3.3. Termofili u stajnjaku i kompostu .....	166
3.4. Širenje termofilnih mikroorganizama u zemljištima .....	168
3.5. Razmnožavanje termofilnih mikroorganizama u zemljištima .....	171
3.6. Termofilni mikroorganizmi i ocena sanitarnog stanja zemljišta .....	173
Glava 4. BAKTERIJE GRUPE CREVNOG ŠTAPIĆA KAO POKAZATELJI SANITARNOG STANJA ZEMLJIŠTA ....	177
4.1. Osnovne osobine bakterija grupe crevnog štapića .....	177
4.2. Širenje bakterija grupe <i>coli</i> u fekalijama čoveka i životinja .....	181
4.3. Sastav vrsta bakterija grupe <i>coli</i> koje se nalaze u zemljištu .....	184
4.4. Samoočišćenje zemljišta od bakterija crevne grupe .....	193
4.5. Uticaj organske materije unesene u zemljište i biljaka na preživljavanje bakterija crevne grupe .....	200
Glava 5. SANITARNO-INDIKATORSKI ZNAČAJ ENTEROKOKI I <i>Cl. perfringens</i> .....	205
5.1. Enterokoki kao pokazatelji zagađenja zemljišta .....	205
5.2. <i>Clostridium perfringens</i> kao indikator fekalnog zagađenja zemljišta .....	207
Glava 6. STEPEN ZAGAĐENOSTI ZEMLJIŠTA I NJEGOVA SANITARNA OCENA NA OSNOVU TITRA BAKTERIJA CREVNE GRUPE I <i>Cl. perfringens</i> .....	215

Glava 7. IZAZIVAČI CREVNIH INFEKCIJA U ZEMLJIŠTU .....	223
7.1. Toksinogeni i patogeni mikroorganizmi u zemljištu .....	223
7.2. Bakterije roda <i>Salmonella</i> u zemljištu .....	224
7.3. Bakterije roda <i>Shigella</i> u zemljištu .....	231
7.4. Bakterije rodova <i>Salmonella</i> i <i>Shigella</i> u zemljištu polja natapanja .....	241
7.5. Vibriion kolere u zemljištu .....	245
Glava 8. IZAZIVAČI TROVANJA HRANE I KRME U ZEMLJIŠTU .....	249
8.1. <i>Clostridium botulinum</i> u zemljištu .....	249
8.2. Bakterije – izazivači prehrambenih toksičnih infekcija i intoksikacija u zemljištu .....	258
8.3. Izazivači mikotoksikoza čoveka i životinja u zemljištu .....	262
Glava 9. PATOGENE KLOSTRIDIJE U ZEMLJIŠTU .....	267
9.1. Izazivači tetanusa .....	267
9.2. Izazivači gasne gangrene .....	272
Glava 10. IZAZIVAČI ZOONOZA U ZEMLJIŠTU .....	279
10.1. Bacil crnog prišta u zemljištu .....	279
10.2. Preživljavanje izazivača bruceloze u zemljištu .....	288
10.3. Vitalnost izazivača tularemije u zemljištu .....	291
10.4. Vitalnost izazivača listerioza u zemljištu .....	292
10.5. Preživljavanje leptospira u zemljištu .....	295
10.6. Izazivač kuge u zemljištu .....	297
10.7. Izazivač sakagije u zemljištu .....	299
Glava 11. IZAZIVAČ TUBERKULOZE I NEKE DRUGEPATOGENE BAKTERIJE U ZEMLJIŠTU .....	301
Glava 12. PATOGENE GLJIVE I AKTINOMICETE U ZEMLJIŠTU .....	307
Glava 13. VITALNOST VIRUSA U ZEMLJIŠTU .....	311
Glava 14. PATOGENE AMEBE U ZEMLJIŠTU .....	317
Literatura .....	319
Deo IV – SANITARNA ZAŠTITA ZEMLJIŠTA .....	345
Glava 1. IZVORI, NAČINI I OBLICI ZAGAĐIVANJA ZEMLJIŠTA .....	347
Glava 2. OSNOVE SANITARNE ZAŠTITE ZEMLJIŠTA .....	351
2.1. Primena savremenih smetlišta i kompostiranja u detoksikaciji smeća .....	353
2.2. Prerada smeća u fabrikama .....	359
2.3. Detoksikacija otpadnih voda i tečnog otpada .....	364

2.4. Antiepidemijske mere u sanitarnoj zaštiti zemljišta .....	372
2.5. Sanitarna i antiepidemiološka kontrola i zaštita zemljišta .....	376
2.6. Sanitarna zaštita zemljišta i čišćenje naseljenih mesta .....	378
2.7. Čišćenje i detoksikacija zemljišta .....	379
Literatura .....	380
ZAKLJUČAK .....	383
Deo V – PREČIŠĆAVANJE ZAGAĐENIH ZEMLJIŠTA .....	385
UVOD .....	387
Glava 1. OSNOVNI FAKTORI KOJI UTIČU NA IZBOR NAČINA REMEDIJACIJE ZEMLJIŠTA .....	389
Glava 2. KLASIFIKACIJA METODA I TEHNOLOGIJA REMEDIJACIJE .....	399
Glava 3. NEBIOLOŠKE METODE I TEHNOLOGIJE REMEDIJACIJE .....	401
3.1. Metode <i>ex situ</i> i <i>on site</i> .....	401
3.1.1. Izvlačenje i zakopavanje .....	401
3.1.2. Fiksiranje i stabilizacija .....	401
3.1.3. Frakcionisanje .....	403
3.1.4. Izdvajanje zagađenja .....	406
3.1.5. Termička obrada .....	408
3.1.6. Destruktivno prečišćavanje .....	411
3.2. Metode <i>in situ</i> .....	416
3.2.1. Lokalizacija zagađenja .....	417
3.2.2. Ispiranje i oduvavanje .....	427
3.2.3. Termička obrada .....	434
3.2.4. Barijere .....	438
3.2.5. Destruktivno prečišćavanje .....	443
3.2.6. Elektrokinetička obrada .....	444
Glava 4. BIOLOŠKE I KOMBINOVANE METODE .....	447
4.1. Samoprečišćavanje (prirodno iscrpljivanje - razgrađivanje) .....	447
4.2. Biostimulacija <i>in situ</i> .....	450
4.3. Bioaugmentacija .....	462
4.4. Biokoncentrovanje i lokalizacija .....	466
4.5. Biomobilizacija i bioekstrakcija .....	468
4.6. Reakciono-aktivne biološke barijere .....	469
4.7. Obrada u naslagama, kamarama, nasipima i kompostiranjem ....	471
4.8. Obrada u bioreaktorima .....	474
4.9. Kombinovani i hibridni procesi .....	477

Glava 5. <b>SPECIJALIZOVANI BIOPREPARATI</b> .....	479
<b>5.1. Biopreparati i njihovo dobijanje</b> .....	479
<b>5.2. Biopreparati za eliminaciju zagađenja</b> .....	483
<b>5.3. Biopreparati za rekultivaciju teritorija i obnavljanje plodnosti zemljišta</b> .....	504
Glava 6. <b>FITOREMEDIJACIJA</b> .....	515
<b>6.1. Primena algi i viših biljaka u prečišćavanju zagađenih zemljišta i voda</b> .....	515
6.1.1. Specifičnosti akumulacije i transformacije zagađenja od strane biljaka i algi .....	515
6.1.2. Metode prečišćavanja i detoksikacije zagađenih sredina uz primenu algi i biljaka .....	524
6.1.3. Fitoekstrakcija .....	526
6.1.4. Fitotransformacija, fitodegradacija, fitoisparavanje .....	533
6.1.5. Rizosferna bioremedijacija .....	537
6.1.6. Fitostabilizacija .....	540
6.1.7. Fitozaštitne barijere .....	541
6.1.8. Izolacioni biljni pokrivač .....	542
6.1.9. Rizofiltracija .....	544
6.1.10. Polja natapanja .....	545
6.1.11. Izbor i putevi usavršavanja fitometoda za prečišćavanje prirodnih sredina .....	546
6.1.12. Smisao praktičnih mera pri izvođenju fitoremedijacije .....	549
6.1.13. Troškovi fitoremedijacije .....	555
Deo VI – <b>PRIMENA MIKROBNE BIOTEHNOLOGIJE U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE</b> .....	557
Glava 1. <b>EKOLOŠKI ASPEKTI MIKROBIOLOŠKE BIOTEHNOLOGIJE</b> .....	561
<b>1.1. Ekološka situacija u svetu i uloga mikrobiološke biotehnologije u njenom poboljšanju</b> .....	561
1.1.1. Ekološka situacija u svetu .....	561
1.1.2. Karakteristike otpada prerađivačke industrije .....	565
1.1.3. Uloga mikrobiološke biotehnologije u zaštiti i popravci biosfere .....	567

Glava 2. <b>BIOLOŠKA ALTERNATIVA MINERALNIM ĐUBRIVIMA I PESTICIDIMA I MIKROBIOLOŠKA RAZGRADNJA POTENCIJALNIH I STVARNIH KSENOBIOTIKA</b> .....	571
<b>2.1. Biološke alternative hemiskim pesticidima i mineralnim đubrivima</b> .....	571
2.1.1. Mikroorganizmi kao alternativa hemijskim pesticidima .....	571
2.1.2. Biološka fiksacija atmosferskog azota kao alternativa azotnom mineralnom đubrivu .....	578
2.1.3. Mikrobna solubilizacija fosfata .....	583
2.1.4. Kompleksni bakterijski preparati .....	585
<b>2.2. Biološko prečišćavanje otpadnih voda</b> .....	589
2.2.1. Aerobni procesi prečišćavanja otpadnih voda .....	589
2.2.2. Anaerobni procesi prečišćavanja otpadnih voda .....	591
<b>2.3. Obrada čvrstog otpada</b> .....	594
<b>2.4. Kompostiranje</b> .....	598
<b>2.5. Biokonverzija nedeficitnih obnovljivih biljnih sirovina</b> .....	602
<b>2.6. Mikrobiološka detoksikacija ksenobiotika</b> .....	606
<b>2.7. Mikrobiološka razgradnja nafte i njenih proizvoda</b> .....	611
<b>Literatura za delove V i VI</b> .....	615