



Kisić Ivica; Zgorelec Željka, Galić Marija, Delač Domina:

Analiza mulja i vode u lagunama onečišćenim otpadnim tvarima u Kninu



Zagreb, listopad 2019.

Autori:


**Prof.dr.sc. Kisić Ivica, dipl.ing.agr.
Izv.prof.dr.sc. Zgorelec Željka
Galić Marija, mag.ing.agr.
Delač Domina, mag.ing.agr.**

**Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Zavod za opću proizvodnju bilja**

Naručitelj: Grad Knin, Dr. Franje Tuđmana 2, 22 300 Knin (OIB: 00981494061) naručuje usluge prema Ugovoru br. 1., (evidencija naručitelja od 22.05.2019., klasa: 401-03/19-01/885 ur. br. 2182/10-02-19-1) od Agronomskog fakulteta (Izvršitelj) prema istom ugovoru klasa 642-02/19-01/35, ur. broj: 251-71-11-01/5-19-1 (evidencija izvršitelja od 23.05.2019.)

Izrada kemijskih analiza tla:

- Temeljni kemijski pokazatelji tla: Marija Galić, mag. ing. agr., Agronomski fakultet, Zavod za opću proizvodnju bilja, Svetošimunska 25, Zagreb
- Mehanički sastav tla (tekstura): Nikolina Jurković Balog, dipl. ing. agr., Agronomski fakultet, Zavod za pedologiju, Svetošimunska 25, Zagreb
- Sadržaj teških metala, ugljikovodika, BTEX-a i policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH-ova) u tlu: Marija Turkalj, dipl.ing. HIDRO.LAB d.o.o. laboratorij za ekološka ispitivanja, Ružičeva 32, 51.000 Rijeka



REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA
I PRIRODE
10000 Zagreb, Ulica Republike Austrije 14
Tel: 01/3717 111 fax: 01/3717 149

KLASA: UP/I 351-02/14-08/75
URBROJ: 517-06-2-1-2-14-3
Zagreb, 6. listopada 2014.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
251 - 71 AGRONOMSKI FAKULTET

Primljeno: 14. 10. 14.	
Klasifikacijski oznaka	Org. jed.
351-04/14-08/106	
Uredbini broj:	Pril. Vrij.
517-06-2-1-2-14-3	

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode na temelju odredbe članka 40. stavka 5. i u svezi s odredbom članka 271. Zakona o zaštiti okoliša („Narodne novine“, brojevi 80/13 i 153/13) te članka 22. stavka 1. Pravilnika o uvjetima za izdavanje suglasnosti pravnim osobama za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša („Narodne novine“, broj 57/10), povodom zahtjeva Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, sa sjedištem u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, zastupanog po osobi ovlaštenoj za zastupanje sukladno zakonu, radi izdavanja suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša, donosi

RJEŠENJE

- I. Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, sa sjedištem u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, daje se suglasnost za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša:
 1. Izrada izvješća o stanju okoliša;
 2. Izrada elaborata o zaštiti okoliša koji se odnose na zahvate za koje nije propisana obveza procjene utjecaja na okoliš;
 3. Praćenje stanja okoliša.
- II. Suglasnost iz točke I. ove izreke prestaje važiti u roku od godine dana od dana stupanja na snagu propisa iz članka 40. stavka 12. Zakona o zaštiti okoliša.
- III. Ovo rješenje upisuje se u očevidnik izdanih suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša koji vodi Ministarstvo zaštite okoliša i prirode.
- IV. Uz ovo rješenje prileži popis zaposlenika ovlaštenika: voditelja stručnih poslova u zaštiti okoliša i stručnjaka slijedom kojih su ispunjeni propisani uvjeti glede zaposlenih stručnjaka za izdavanje suglasnosti iz točke I. ove izreke.

O b r a z l o ž e n j e

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, sa sjedištem u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25 (u daljnjem tekstu: ovlaštenik) podnio je 3. lipnja 2014. ovom Ministarstvu zahtjev za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša: Izrada studija o utjecaju zahvata na okoliš, uključujući i dokumentaciju za provedbu postupka ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš te dokumentacije za određivanje sadržaja studije o utjecaju na okoliš; Izrada programa zaštite okoliša; Izrada izvješća o stanju okoliša; Izrada elaborata o zaštiti okoliša koji se odnose na zahvate za koje nije propisana obveza procjene utjecaja na okoliš; Izrada sanacijskih elaborata, programa i sanacijskih izvješća; Praćenje stanja okoliša.

Ovlaštenik je uz zahtjev za izdavanje suglasnosti priložio odgovarajuće dokaze prema zahtjevima propisanim odredbama članka 5. i 20. Pravilnika o uvjetima za izdavanje suglasnosti pravnim osobama za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša (u daljnjem tekstu: Pravilnik), koji je donesen temeljem Zakona o zaštiti okoliša („Narodne novine“, broj 110/07), a odgovarajuće se primjenjuje u predmetnom postupku slijedom odredbe članka 271. stavka 2. točke 21. Zakona o zaštiti okoliša („Narodne novine“, brojevi 80/13 i 153/13) kojom je ostavljen na snazi u dijelu u kojem nije suprotan tom Zakonu.

Stranica 1 od 2

POPIS	
zaposlenika ovlaštenika: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, slijedom kojih je ovlaštenik ispunio propisane uvjete za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša sukladno rješenju Ministarstva	
KLASA: UP/I 351-02/14-08/97; URBROJ: 517-06-2-1-2-14-4 od 23. prosinca 2014.	
<i>STRUČNI POSLOVI ZAŠTITE OKOLIŠA</i>	<i>VODITELJI STRUČNIH POSLOVA</i>
1. Izrada posebnih elaborata i izvješća za potrebe ocjene stanja sastavnica okoliša	X prof.dr.sc. Ivica Kisić; prof.dr.sc. Davor Romić; prof.dr.sc. Milan Mesić; prof.dr.sc. Stjepan Husnjak; doc.dr.sc. Željka Zgorelec; mr.sc. Vesna Koščak Miočić-Stošić; Dora Tomić, mag.ing.prosp.arch.; dr.sc. Petra Pereković
2. Izrada projekcija emisija, izvješća o provedbi politike i mjera smanjenja emisija i nacionalnog izvješća o promjeni klime	X Voditelji navedeni pod točkom 1.
3. Izrada i/ili verifikacija posebnih elaborata, proračuna i projekcija za potrebe sastavnica okoliša	X Voditelji navedeni pod točkom 1.



REPUBLIKA HRVATSKA
ŽUPANIJSKI SUD U ZAGREBU
Zagreb, Trg Nikole Šubića Zrinskog 5
PREDSJEDNIK SUDA

Broj: 4 Su-754/15
Zagreb, 10. ožujka 2016.

RJEŠENJE

Sudac ovlašten za obavljanje sudske uprave Županijskog suda u Zagrebu, odlučujući o zahtjevu Ivica Kisića za imenovanje stalnim sudskim vještakom, temeljem članka 126. st. 4. Zakona o sudovima („Narodne Novine“ 28/13, 33/15 i 82/15), u vezi s čl. 10. Pravilnika o stalnim sudskim vještacima („Narodne Novine“ 38/14 i 123/15),

riješio je

Nakon što je utvrđeno da ispunjava uvjete iz čl. 2. Pravilnika o stalnim sudskim vještacima **prof.dr.sc. Ivica Kisić, dipl.ing.agr.** iz Zagreba, II. Ravnice 1, imenuje se stalnim sudskim vještakom za **PROCJENU ONEČIŠĆENJA I MJERE SANACIJE TLA/ZEMLJIŠTA** na vrijeme od četiri godine.

Imenovani vještak položio je prisegu dana **10. ožujka 2016.**

SUDAC OVLAŠTEN ZA OBAVLJANJE
POSLOVA SUDSKE UPRAVE

mr.sc. Dražen Jakovina



O tome obavijest:

1. Ivica Kisić
2. Ministarstvo pravosuđa
3. U spis



Hrvatska akreditacijska agencija
Croatian Accreditation Agency

PRILOG POTVRDI O AKREDITACIJI br: 1283

Annex to Accreditation Certificate Number:

Klasa/Ref. No.: 383-02/15-30/009

Urbroj/Id. No.: 569-02/6-17-35

Datum izdanja priloga /Annex Issued on: 2017-12-27

Zamjenjuje prilog/Replaces Annex:

Klasa/Ref. No.: 383-02/15-30/009

Urbroj/Id. No.: 569-02/6-17-31

Datum izdanja priloga /Annex Issued on: 2017-12-19

Norma: HRN EN ISO/IEC 17025:2007

Standard: (ISO/IEC 17025:2005+Cor.1:2006; EN ISO/IEC 17025:2005+AC:2006)

Akreditacija istječe: 2020-12-01

Accreditation expiry:

Prva akreditacija: 2010-12-02

Initial accreditation:

Akreditirani laboratorij

Accredited laboratory

Hidro.Lab. d.o.o.

Kolavići 5, HR-51414 Ičići

Laboratorij za ekološka ispitivanja

Ružičeva 32, HR-51000 Rijeka

Područje akreditacije:

Scope of accreditation:

Ispitivanje otpada, voda, eluata otpada, mulja, tla i taloga

Uzorkovanje otpada, otpadne vode, mulja, tla i taloga

Testing of waste, waters, waste eluate, sludge, soil and sediment

Sampling of waste, waste water, sludge, soil and sediment

Važeće izdanje Priloga dostupno je na web adresi: www.akreditacija.hr /
Valid issue of the Annex is available at the web address: www.akreditacija.hr

Ravnatelj:

Director General:

Tihomir Babić, dipl. ing.



47.	Otpadna voda, tlo, mulj <i>Waste water, soil, sludge</i>	<p>Određivanje ukupnih ugljikovodika naftnog porijekla na GC-FID <i>Determination of total petroleum hydrocarbons by GC-FID</i></p> <p>Granica kvantifikacije / <i>Quantification limit</i> 0,3 mg/L 30 mg/kg s.t./d.w.</p>	<p>Vlastita metoda <i>In-house method</i> RU-M-58 izdanje/edition 4/15 2015-10-02</p>
48.	Otpadna voda, eluat otpada, tlo, mulj, talog <i>Waste water, waste eluate, soil, sludge, sediment</i>	<p>Određivanje poliaromatskih ugljikovodika: Naftalen, Acenaftilen, Acenaften, Fluoren, Fenantren; Antracen; Floranten; Piren; Krizen; Benzo[a]antracen; Benzo[b]fluoranten; Benzo[k]fluoranten, Benzo[a]piren; Dibenzo[a,h]antracen: Benzo[ghi]perilen Indeno[1,2,3-cd]piren</p> <p><i>Determination of polyaromatic hydrocarbons:</i> <i>(Naphthalene); (Acenaphthylene) (Acenaphthene; Acenaphthylene-1,2-dihydro); (Fluorene) (Phenanthrene); (Anthracene); (Fluoranthene); (Pyrene) (Chrysene); (Benzo[a]anthracene) (Benzo[b]fluoranthene) (Benzo[k]fluoranthene) (Benzo[a]pyrene) (Dibenzo[a,h]anthracene) (Benzo[ghi]perylene) (Indeno[1,2,3-cd]pyrene)</i></p>	<p>Vlastita metoda <i>In-house method</i> RU-M-54 izdanje/edition 3/15 2015-09-22</p>
	Tlo <i>Soil</i>	<p>Kadmij, krom, nikal, olovo, živa, vanadij, talij, fosfor, bakar, cink, arsen <i>Cadmium, Chromium, Nickel, Lead, Mercury, Vanadium, Thallium, Phosphorus, Copper, Zinc, Arsenic</i></p> <p>Granica kvantifikacije / <i>Quantification limit:</i> Kadmij/<i>Cadmium</i>:0,003 mg/L Krom/<i>Chromium</i>:0,002 mg/L Nikal/<i>Nickel</i>:0,004 mg/L Olovo/<i>Lead</i>:0,004 mg/L Živa/<i>Mercury</i>:0,007 mg/L Vanadij/<i>Vanadium</i>:0,01mg/L Talij/<i>Thallium</i>:0,039 mg/L Fosfor/<i>Phosphorus</i>: 0,020 mg/L Bakar/<i>Copper</i>:0,029 mg/L Cink/<i>Zinc</i>: 0,008 mg/L Arsen/<i>Arsenic</i>: 0,062 mg/L</p>	<p>HRN EN ISO 11885:2010 (ISO 11885:2007; EN ISO 11885:2009)</p>

Kazalo:

1. UVOD	8
1.1. Uloga i značaj tla.....	8
2. ZADAĆA ELABORATA.....	9
3. METODE STUDIJSKOG RADA	10
3.1. Terenski rad.....	10
3.2. Laboratorijske analize	14
3.2.1. Onečišćenje tla ugljikovodicima.....	14
3.2.2. Teški metali i potencijalno toksični elementi u tlu/mulju.....	15
3.2.3. Policiklički aromatski ugljikovodici u tlu.....	17
3.2.4. BTEX-i u mulju i vodi	17
4. REZULTATI STUDIJSKOG RADA.....	18
4.1. Povijest razvoja TVIK-a Knin	18
4.2. Tipovi tala u širem istraživanom području	20
4.3. Ekološki rizične tvari u mulju i vodi lagune.....	21
5. STANJE KVALITETE OKOLIŠA NA ISTRAŽIVANOM PROSTORU	24
5.1. Ocjena trenutnog stanja.....	24
5.2. Tekstura i kemijske značajke tla u istraživanom prostoru i okružju	26
5.3. Sadržaj teških metala, metaloida i nemetala u mulju	27
5.4. Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH-ovi) u mulju.....	27
5.5. Sadržaj BTEX-a i ugljikovodika u mulju.....	30
5.6. Kvaliteta vode u laguni.....	30
6. MIŠLJENJE O TRENUTNOM STANJU NA ISTRAŽNOJ LOKACIJI I PREPORUKE ZA BUDUĆI RAD	31
7. MOGUĆI NAČIN SANACIJE ONEČIŠĆENOG MULJA.....	33
LITERATURA	39
ANALITIČKO IZVJEŠĆE.....	41

PROSLOV

Problemi vezani za onečišćena tla tijesno su povezani sa razvojem modernog industrijskog društva. U mnogim slučajevima onečišćenje tla posljedica je neadekvatnog odlaganja otpada, čija količina raste dramatično s povećanjem broja potencijalno toksičnih supstanci. Drugi najčešći izvor su industrijska onečišćenja kao posljedica upotrebe tehnologija koje koriste potencijalno toksične tvari. Kisić (2012.) razlikuje onečišćenja tla koja potječu iz jasno određenog izvora (lokalna ili točkasta zagađenja), linijska (cestovna) onečišćenja i onečišćenja koja su nastala raširenim (difuznim) izvorima onečišćenja.

Lokalna (ili točkasta) onečišćenja općenito su povezana s rudarstvom, industrijskim postrojenjima, odlagalištima otpada te bivšim napuštenim industrijskim ili vojnim lokacijama koje su sada zbog više razloga zatvorene. Tvornička postrojenja koja rade ili su napuštena (unutar tvorničkog kruga ostali nesanirani prostori) mogu biti glavni izvor lokalnog onečišćenja. Osobito ovo vrijedi ako se ne poštuju zakonske odredbe o gospodarenju sa otpadnim materijalima (tlo, vode i kruti otpad).

Jedan od takvih slučajeva (onečišćenje okoliša) dogodio se 7. travnja 2019. godine u gradu Kninu kada su se iz lagune u neposrednom okruženju tvornice DIV doo u kninsku rijeku Orašnicu prelile otpadne onečišćene vode. Kako se na kilometar udaljenosti rijeka Orašnica ulijeva u rijeku Krku neposredno je bio ugrožen Nacionalni park Krka. Budući da je voda u laguni onečišćena između ostaloga i ugljikovodicima koji se nalaze na površini lagune za pretpostaviti je da će se ovaj incident ponavljati i u budućnosti pri pojavi intenzivnijih kiša i povećanju vodostaja u lagunama ili pri pojavi povratnih voda u rijeci Orašnici. Iz toga razloga potrebno je napraviti određene zahvate/korake sa kojim bi se smanjila vjerojatnost pojave tj. ponavljanja ovoga incidenta.

Zagreb, listopad 2019.

Za autore:

Prof.dr.sc. Ivica Kisić, dipl.ing.agr.

1. UVOD

Tlo pripada tzv. obnovljivim resursima, koji se u proizvodnji "ne troše", odnosno "potrošeno" se može jednostavno i poznatim mjerama "nadoknaditi". Dugoročno gledano, gospodarski razvitak Hrvatske realno je usmjeriti upravo na gospodarske grane koje se oslanjaju na obnovljive resurse (svjetlo, toplina, zrak), odnosno na tlo kao temeljni resurs. To su ponajprije poljodjelstvo, šumarstvo, prerađivačka industrija vezana za te gospodarske grane, i turizam, koji je opet nezamisliv bez bogate i raznovrsne ponude hrane. U taj koncept razvoja veoma skladno se uklapa područje Grada Knina, koje stoga pokazuje izuzetnu osjetljivost na svaku vrstu oštećenja i degradacije okoliša, koja može dovesti u pitanje taj koncept razvitka.

1.1. Uloga i značaj tla

Tlo je temelj gospodarskog i svekolikog razvitka Republike Hrvatske, pa tako i ovog područja. Prirodne ljepote i bogatstva na prostoru Grada Knina su raznovrsne od planinskih vrhova opjevanih u mnogobrojnim pjesmama pa do rijeka i jezera te spomenika iz prošlosti. Grad Knin smješten je u kraškom polju, u Dalmatinskoj zagori, bogatom izvorima i omeđenom planinama kroz koje protječe sedam rijeka. Toliko raznolikosti i toliko ljepote, od Nacionalnog parka Krka do jedne od najljepših i najvećih srednjovjekovnih tvrđava u Europi u kojoj su svoju prijestolnicu prije tisuću godina imala četiri hrvatska kralja rijetko se gdje može sresti na tako malom prostoru.

Najvažnija je **proizvodna uloga** - opskrba biljke vodom, zrakom i hranjivima, što omogućuje fotosintezu, odnosno proizvodnju organske tvari i opskrbu hranom, krmom, obnovljivom energijom i sirovinama (drvo), odnosno proizvodima poljoprivrede i šumarstva, kao temeljnih gospodarskih grana ovoga područja. Zbog te uloge, svi heterotrofni organizmi na Zemlji, uključujući domaće životinje i čovjeka, sudbinski ovise o tlu. U svojoj proizvodnoj ulozi tlo je **temelj biološke raznolikosti**, stanište i "genski rezervoar" biljaka, životinja i mikroorganizama ispod i iznad površine. Nije od manjega značaja **regulacijska uloga** tla. Neki biološki ciklusi ili njihovi dijelovi odvijaju se kroz tlo, pa **tlo predstavlja nerazdvojni dio brojnih ekosustava**. Vrlo je značajna **klimatsko-regulacijska uloga tla**. Tlo je u toj ulozi središnja karika u lancu biotransformacije organskog ugljika. Ono utječe na sadržaj i ukupnu količinu CO₂ i drugih plinova koji uzrokuju tzv. "efekt staklenika". Važna je, napose **hidrološka uloga tla** u hidrološkom ciklusu, jer se u tlu skladišti ogromna količina vode, a svojim porama

i koloidima (humus, glina) tlo je univerzalni pročistač (filter) te vode od različitih nečistoća. Zadržavajući u sebi te nečistoće tlo u ulozi pročistača štiti pitku podzemnu vodu od onečišćenja. Osim proizvodne i regulacijske uloge, koje su najvažnije, **tlo ima i druge, manje važne uloge** - ono je **prostorna osnova** za tehničke, industrijske i gospodarske strukture (stambeni prostor, industriju, promet, šport, rekreaciju, odlagalište otpada). Tlo je zatim **izvor geogene energije i sirovina** (pijesak, šljunak, glina i pitka voda). Osim toga, tlo sudjeluje u **oblikovanju krajobraza** i predstavlja dragocjenu prirodnu - **paleontološku i arheološku "riznicu"**.

Scenariji budućeg razvitka vezani su za korištenje tla kao izvora života, ono je danas, a još više će biti sutra, čimbenik koji će definirati čvrsta ograničenja svekolikom razvitku, bilo koga pa tako i ovoga kninskog područja.

2. ZADAĆA ELABORATA

Temeljna je zadaća ovog Elaborata utvrditi koncentraciju organskih i anorganskih onečišćenja u mulju i vodi u svim lagunama u neposrednom okruženju tvornice „DIV“ doo u Kninu. Druga je zadaća temeljem rezultata analize tla izraditi okvirni projekt i prijedlog rekultivacije/sanacije onečišćene lokacije. Čimbenici koji utječu na rekultivaciju/sanaciju onečišćene lokacije prikazani su na slici 1.



Slika 1. Pokazatelji koji utječu na način sanacije onečišćene lokacije

3. METODE STUDIJSKOG RADA

Metoda rada uključuje terenski rad, laboratorijske analize i obradu podataka prikupljenih u prethodnim fazama.

3.1. Terenski rad

Terenski su radovi provedeni 26. travnja 2019. i 13. rujna 2019. Šira lokacija istraživanog područja prikazana je na slikama 2. i 3. U nazočnosti stručne ekipe (Prof. dr. sc. Ivica Kisić; Marija Galić, mag.ing.agr., Domina Delač, mag.ing.agr., prof. dr. sc. Marko Jelić, gradonačelnik grada Knina; mag. oec. Marijo Čaćić zamjenik gradonačelnika grada Knina; Marinka Kisić, mag. ing. agr., te nekoliko vatrogasaca iz lokalne vatrogasne jedinice grada Knina) izvršeno je rekognosciranje stanja oko potencijalno onečišćenog prostora – laguna (slike 4. i 5.). Budući je dubina vode u laguni između 100 i 200 cm uzorkovanje mulja i vode provedeno je improviziranom sondom iz čamca u potencijalno onečišćenoj laguni koja graniči sa DIV doo. Uzorkovanje su proveli prof. dr. sc. Ivica Kisić i djelatnici vatrogasne zajednice iz Knina (slike 6. – 10.).



Slika 2. Šira lokacija onečišćene lagune u Kninu



Slika 3. Onečišćena lokacija i ušće Orašnice u Krku



Slike 4. i 5. Rekognosciranje onečišćene lagune





Slike 6. i 7. Uzorkovanje mulja i vode u laguni DIV-a – 26. 04. 2019.
Dolje desno improvizirana oprema za uzorkovanje mulja i vode.





Slike 8. i 9. Uzorkovanje tla i vode u okolnim lagunama i rijeci Orašnici – 13. rujna 2019.



Slika 10. Točne lokacije uzorkovanja mulja iz laguna 26.travnja i 13. rujna 2019. godine

3.2. Laboratorijske analize

Uobičajene kemijske analize tla provedene su u laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta na standardni način, koristeći rutinske analitičke postupke. Korištene su naredne metode: reakcija tla, elektrometrijski u KCl (modificirana HRN ISO 10390:2005), sadržaj humusa prema modificiranoj metodi: HRN ISO 14235:2004, te elektrovodljivost prema HRN ISO 11265:1994. Rezultati analiza interpretirani su prema kriterijima koji vrijede za korištene metode, prikazanim u tablici 1.

Tablica 1. Kriteriji za interpretaciju rezultata analiza tla

Reakcija tla temeljem pH vrijednosti		Humoznost tla, temeljem sadržaja humusa u tlu u %		Mehanički sastav tla	
Jako kisela	< 4,5	Jako slabo humozno	< 1	2-0,2 mm	Krupni pijesak (P)
Kisela	4,5-5,5	Slabo humozno	1-3	0,2-0,02 mm	Sitni pijesak (P)
Slabo kisela	5,5-6,5	Dosta humozno	3-5	0,02-0,002 mm	Prah (Pr)
Neutralna	6,5-7,2	Jako humozno	5-10	< 0,002 mm	Glina (G)
Slabo alkalna	7,2-7,7	Veoma jako humozno	> 10		
Alkalna	> 7,7				

3.2.1. Onečišćenje tla ugljikovodicima

Ugljikovodici imaju veliku sposobnost brze penetracije i ekspanzije u tlu. Oni na površini strukturnih agregata tla formiraju nepropusni film, koji priječi pritjecanje vode i normalnu izmjenu plinova s atmosferom, odnosno plinovitom fazom tla. Prva je posljedica za biljku otežano disanje korijena, poremećaji u metabolizmu biljke i na kraju sušenje korijena biljke. U isto vrijeme, dolazi do pada redoks potencijala tla i postupne redukcije nekih spojeva; najprije Fe, zatim mangana i sumpora. Budući su ugljikovodici bogati ugljikom u tlu dolazi do poremećaja C : N odnosa, dakako na štetu dušika. To ima negativan utjecaj na mikrobiološku aktivnost tla i uzrokuje poremećaj ishrane biljke dušikom. Za ubrzanu mikrobiološku razgradnju ugljikovodika djelotvornim se pokazao zahvat dubinskog rahljenja tla, kojim se tlo do dubine toga zahvata prozračuje i osigurava intenzivna aerobioza (Kisić i sur., 2010).

Granične vrijednosti - maksimalna dopuštena količina ugljikovodika u tlu - Držimo da se tlo na mjestu povećanoga sadržaja mora očistiti do prihvatljivog – ekološki neškodljivog sadržaja. Maksimalno dozvoljen sadržaj ugljikovodika u tlu se razlikuju s obzirom na klimatske prilike, značajke tla, napose stanje njegova koloidnog kompleksa (sadržaj gline, vrsta glinenih minerala, sadržaj humusa) i druge posebnosti. Ne postoje jedinstveni kriteriji za ocjenu stupnja opterećenosti tla mineralnim uljima, odnosno ugljikovodicima, premda se ulažu naponi za njihovo ujednačavanje na regionalnoj razini.

Prema kriterijima Pravilnika (NN 71/19), maksimalno dozvoljena koncentracija ukupnih ugljikovodika u poljoprivrednom zemljištu lakšeg mehaničkog sastava (pjeskovito - ilovasto tlo) iznosi 1 g/kg tla, a za teža glinasta tla granična vrijednost je 2 g/kg tla. Temeljem dugogodišnjeg iskustva držimo da se kao ciljana vrijednost može uzeti sadržaj od 0,5 g/kg, odnosno 500 mg/kg tla, što prema kriterijima koji se primjenjuju u europskim zemljama predstavlja slabu opterećenost. Budući ovdje nije riječ ni o kakvom poljoprivrednom tlu, koristiti ćemo preporučljive kriterije (Kisić, 2012) koji su izrađeni temeljem **Mesić i sur., (2008)**. Mineralna ulja ili ugljikovodici naftnog podrijetla su određivani akreditiranom metodom: RU-M-14, izdane 4/14 od 13. siječnja 2014.

3.2.2. Teški metali i potencijalno toksični elementi u tlu/mulju

Fiziološka uloga i utjecaj teških metala na čovjeka, biljke i životinje još uvijek nije nedovoljno poznata. Neki od njih pripadaju skupini za život neophodnih, dakle biogenih mikroelemenata, neki u odgovarajućem rasponu sadržaja u tlu imaju stimulativno djelovanje, drugi su fitoekološki nocidni, jedna skupina je bez fiziološkog značaja, a jedan dio je toksičan i dovodi do anomalija u živim organizmima. Pri tome dolazi i do značajnijih razlika u djelovanju istog elementa u biljnom, odnosno životinjskom svijetu. Zbog toga pojedini elementi mogu promijeniti mjesto koje im danas "pripada". Pod previsokim i za tlo štetnim sadržajem teških metala podrazumijeva se sadržaj koji dovodi u pitanje osnovne uloge tla - plodnost, filtracijsku sposobnost ili upotrebljivost biljne tvari uzgojene na tlu, što naravno uključuje i fitotoksične učinke, kojima neki autori (po našoj prosudbi neopravdano) daju prednost. Kako je poznato, neki teški metali kao Cu, Fe, Mn, Mo, Zn i Co u nekim uvjetima i Ni, biogeni su elementi koji su u visokim koncentracijama fitotoksični, a uključeni u lanac ishrane iznad tolerantnog sadržaja uzrokuju akutna ili kronična oboljenja i smrt.

Analiza sadržaja teških metala i potencijalno toksičnih elemenata u mulju lagune provedena je također na standardan način metodom: HRN EN ISO 11885:2010. U tablici 2. prikazane su maksimalno dopuštene količine onečišćujućih tvari u poljoprivrednom zemljištu prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN, 71/19), dok je u tablici 3. prikazan prijedlog graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari u tlu prema raznim načinima korištenja tla (Kisić, 2012.). **Budući ovdje nije riječ o poljoprivrednom tlu, već mulju s dbna laguna kao kriterije koristiti ćemo vrijednosti iz tablice 3.**

Tablica 2. Maksimalno dopuštene (mg/kg tla) količine onečišćujućih tvari u poljoprivrednom zemljištu

Element	pH tla u 1M otopini KCl-a		
	< 5	5 – 6	> 6
Kadmij	1	1,5	2
Krom	40	80	120
Bakar	60	90	120
Živa	0,5	1	1,5
Nikal	30	50	75
Olovo	50	100	150
Cink	60	150	200
Molibden	15	15	15
Arsen	15	25	30
Kobalt	30	50	60

Izvor: NN 71/19

Tablica 3. Granične vrijednosti onečišćujućih tvari u tlu prema različitim načinima korištenja tla

Način korištenja tla → Vrsta onečišćenja u tlu ↓	Tla za poljoprivrednu proizvodnju	Dječja igrališta	Područja za stanovanje	Parkovi i rekreacijska područja	Područja za industrijske i komercijalne svrhe
1. Metali ekstrahirani u zlatotopci: (mg/kg suhog tla)					
Kadmij i njegovi spojevi (Cd)	2	5	10	30	50
Bakar i njegovi spojevi (Cu)	60	60	100	300	500
Nikal i njegovi spojevi (Ni)	50	50	70	200	500
Olovo i njegovi spojevi (Pb)	100	100	100	500	1.000
Cink i njegovi spojevi (Zn)	200	200	300	700	1.200
Krom, ukupni (Cr)	100	100	200	500	750
Živa i njezini spojevi (Hg)	2	5	10	30	50
Kobalt i njegovi spojevi (Co)	50	50	75	250	500
Molibden i njegovi spojevi (Mo)	10	10	40	250	500
Arsen i njegovi spojevi (As)	20	20	30	50	100
Barij i njegovi spojevi (Ba)	100	100	200	300	500
Vanadij i njegovi spojevi (V)	50	50	100	200	400
Talij i njegovi spojevi (Tl)	1	1	2	5	20
2. Ugljikovodici (C10 – C40), g/kg suhog tla					
	1	1	1	5	10
3. Pojedinačna i ukupna koncentracija policikličkih aromatskih ugljikovodika – PAH, mg/kg suhog tla					
Naftalen	0,1	0,1	0,25	0,25	1,0
Acenaftalen	0,1	0,1	0,25	0,25	1,0
Fluoren	0,1	0,1	0,3	0,25	1,0
Fenantren	0,2	0,2	0,6	1,5	4,5
Antracen	0,1	0,1	0,3	0,25	1,0
Fluoranten	0,2	0,2	0,5	1,5	3,0
Benzo(a)antracen	0,2	0,2	0,7	2	5,0
Benzo(a)piren	0,2	0,2	0,6	1,5	3,0
Benzo(b)fluoranten	0,2	0,2	0,6	1,5	3,0
Benzo(k)fluoranten	0,2	0,2	0,6	1,5	3,0
Benzo(g,h,i)perilen	0,2	0,2	0,6	1,5	3,0
Krizen	0,2	0,2	0,6	3	7,5
Dibenzo(a,h)antracen	0,1	0,1	0,3	0,5	1,5
Indeno(1,2,3,-c,d)piren	0,2	0,2	0,7	1,5	5,0
Piren	0,2	0,2	0,6	3	7,5
Suma PAH-ova	2	2	7,5	20	50

Izvor: Kisić, 2012.

3.2.3. Policiklički aromatski ugljikovodici u tlu

Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH-ovi) ili poliaromatski ugljikovodici ili polinuklearni aromatski ugljikovodici velika su skupina cikličkih ugljikovodika koji sadržavaju 2, 3, 4, 5, 6 ili 7 povezanih benzenovih prstenova, a najzastupljeniji su PAH-ovi sa 5 ili 6 prstenova. U skladu sa svojom kemijskom građom pripadaju perzistentnim organskim onečišćivačima (tzv. POP-ovima). U prirodi je njihova količina niska, gotovo zanemariva, dok se povećan sadržaj odnosi samo uz različitu antropogenu aktivnost. Od prirodnih aktivnosti povećan sadržaj PAH-ova u okolišu mogu uzrokovati erupcije vulkana, pad kometa i meteorita, ljetni šumski požari ili pojave neke druge vrste velikih otvorenih plamenova. Povećan sadržaj PAH-ova najčešće je posljedica pirolitičkih procesa pri sagorijevanju osobito ugljena i plina pri zagrijavanju kućanstava i drugih objekata, preradi smeća, prometu te u nekim industrijskim granama (tvornice koksa, željeza, aluminijske, termoelektrane, cinčaonice, prerada nafte i naftnih derivata, izrada i korištenje asfalta i katrana). Svagdje gdje je potrebno mnogo toplinske energije za rad može se očekivati povećan sadržaj PAH-ova. Kao čiste kemikalije PAH-ovi su najčešće bezbojni, dok su rjeđe bijeli ili blijede žućkastozelene boje. Ako se čovjek nađe u prostoru s povećanim sadržajem PAH-ova, oni mogu uzrokovati nesvjesticu, pa čak i smrt.

Analize sadržaja policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH-ova) provedene su akreditiranom metodom RU-M-54 izdanom 3/15 od 22. rujna 2015. Prema kriterijima Pravilnika o zaštiti poljoprivrednog tla od onečišćenja (NN 71/19), u poljoprivrednom tlu maksimalno dozvoljen sadržaj PAH-ova za pjeskovita tla 1 mg/kg tla, dok je za teksturno teža glinasta tla maksimalno dozvoljen sadržaj od 2 mg/kg tla. Kao i za ugljikovodike, te teške metale utvrđene koncentracije PAH-ova su determinirane temeljem kriterija iz tablice 3.

3.2.4. BTEX-i u mulju i vodi

Općenito govoreći, ugljikovodici naftnoga podrijetla sastoje se od alkana (parafina), alkena (olefina) i aromatskih sastavnica. Parafinski alkani glavna su sastavnica sirove nafte, no zastupljeni su i u benzinima, kerozinu, dizelskim gorivima i gorivima za loženje. Sadržaj olefina povećava se preradom sirove nafte. Aromati sadržavaju jedan ili više ugljikovih prstenova od kojih su tri sa dvostrukom ovojnicom. Zajednički je nazivnik za aromate s jednim prstenom BTEX-i (benzen, toluen, etilbenzen i tri konstitucijska izomera ksilena – orto, meta i para ksilen). **Analize sadržaja BTEX-a** (benzena, toluena, etil-benzena, m+p

ksilena i o-ksilena) provedene su akreditiranom metodom RU-M-52 izdanom 5/15 od 7. rujna 2015.

Kanadsko Vijeće ministara za zaštitu okoliša izradilo je Pravilnik za kvalitetu tla za dvadeset određenih i u prostoru Kanade poznatih onečišćivača (CCME, 1997). Nekoliko onečišćivača koji se nalaze u CCME dokumentu su komponente sirove nafte. Te su smjernice opće naravi i nisu zakonski obvezujući. CCME dokument pruža samo smjernice za određivanje prihvatljivih razina istraživanih kemikalija u tlu. U tablici 4. prikazan je popis preporučenih smjernica za neke spojeve koji se nalaze u sirovoj nafti.

Tablica 4. Smjernice vezane uz granične vrijednosti CCME (1997) kvalitete tla za mineralna ulja i pet pojedinačnih spojeva koji su sastojci sirove nafte (mg/kg tla)

	Način korištenja zemljišta			
	Poljoprivreda	Stambene četvrti/parkovi	Poslovni prostori	Industrija
Suma ugljikovodika	1.000	5.000	5.000	5.000
Benzen	0.05	0.5	5	5
Etilbenzen	0.1	1.2	20	20
Toluen	0.1	0.8	0.8	0.8
Benzo(a)piren	0.1	0.7	0.7	0.7
Naftalen	0.1	0.6	22	22

Izvor: CCME, 1997.

4. REZULTATI STUDIJSKOG RADA

4.1. Povijest razvoja TVIK-a Knin

Tvornicu vijaka Knin (TVIK) je osnovao Narodni odbor kotara Knin 4. listopada 1954., a redovita proizvodnja je započela 1. siječnja 1956. Pogonske i poslovne jedinice TVIK-a činili su vijčara i alatnica. Na samome početku proizvodilo se 2.500 tona standardnih vijaka i matica na godinu. Već 1958. proizvodnja je utrostručena. U razdoblju od 1962. do 1964. provedena je prva rekonstrukcija tvornice i njezino proširenje, čime su se udvostručile mogućnosti za toplinsku obradu materijala te se proizvodni kapacitet povećao na 3.500 tona na godinu. Od 1967. do 1969. obavljena je druga rekonstrukcija i modernizacija tvornice te je proizvodni kapacitet povećan na 4.500 tona. Nabavljeni su strojevi za brušenje, valjanje navoja i obradu glava vijaka. U istome razdoblju izgrađeno je više od 2.200 m² radne i skladišne površine, novi prostor za peći za termičku obradbu, odjel za galvanizaciju te kotlovnica. Godine 1970. proizvodni kapacitet iznosio je 6.600 tona, a 1972. 7.800 tona. Od 1972. do 1974. izgrađeno je još nekoliko tvorničkih građevinskih objekata te je konačno ostvarena početna ideja o izgradnji posebnoga skladišta za gotove proizvode od 4.800 m².

Tada je izgrađena i utovarna rampa, skladište potrošnoga materijala te skladište kemikalija. U navedenom razdoblju u TVIK-u je bilo zaposleno oko 800 radnika, a 1974. postignuta je do tada rekordna proizvodnja od 9.700 tona.

Od 1975. TVIK je poslovao u sastavu RMK Zenica. Godine 1980. proizvodnja je dostigla 18.000 tona, a 1985. proizvedene su 22.000 tone standardne i specijalne vijčane robe, strojno obrađenih i rezervnih dijelova, alata te je počela i proizvodnja strojeva vlastite konstrukcije. Iste godine u TVIK-u je bilo zaposleno 3.100 radnika. Hala za doradu, sa svim pratećim objektima, površine 4.200 m², izgrađena je 1983. Prvi značajniji učinak (više od 3.000 tona) na izvoznome planu ostvaren je 1974., dok je 1985. izvoz dosegnuo 13.632 tona. U 1985. godini izvezena je roba u vrijednosti oko 15 milijuna USA dolara, pa je TVIK bio najveći izvoznik među vijaka u bivšoj Državi.

Nakon hrvatskog osamostaljenja i ratnih godina TVIK se nije uspio snaći na tržištu, proglašen je stečaj te je likvidiran 2005. Nekada je to bila jedna od pet najvećih tvornica vijaka na svijetu.

Samoborska tvornica vijaka DIV (www.divgroup.eu) preuzela je 2003. godine dio TVIK-ove imovine te nastavila proizvodnju u kninskim pogonima¹. U međuvremenu je DIV grupa izgradila tvornicu vijaka neposredno uz postojeću napuštenu tvornicu TVIK. Uslijed zahtjeva tržišta i potrebe za dodatnim proizvodnim kapacitetima 2013. godine izgrađen je novi dio postrojenja koji se sastoji od 5 hala u kojima su smještene dvije linije za galvansko cinčanje, 23 linije za izradu vijaka i 3 linije za toplinsku obradu vijaka (slika 11).

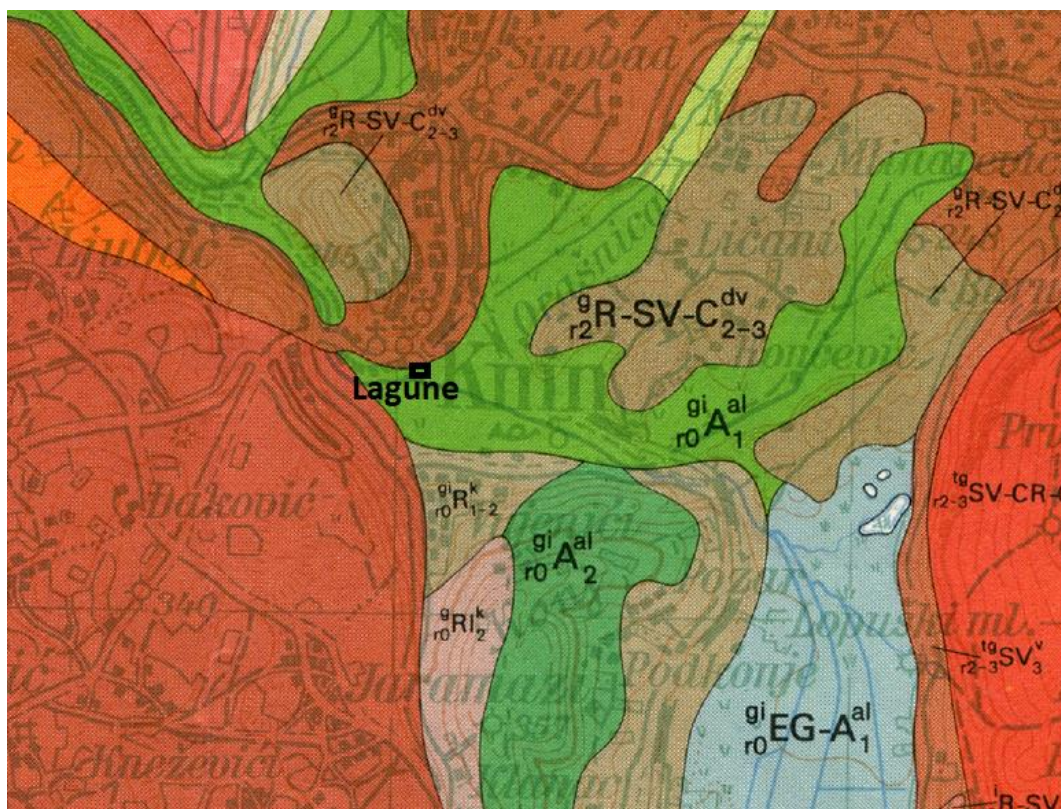
¹ Tekst o TVIK-u preuzet s portala: <http://tehnika.lzmk.hr/tvik-knin/> - Hrvatska tehnička enciklopedija



Slika 11. Točne lokacije onečišćenih laguna kraj tvornice DIV doo u Kninu

4.2. Tipovi tala u širem istraživanom području

U prostoru gdje se nalaze lagune u gradu Kninu dominiraju aluvijalna tla (slika 12). Riječ je o recentnim riječnim nanosima u kojima su procesi pedogeneze slabo izraženi zbog mladosti nanosa. Za postanak ovih tala važni su vodotoci i slivno područje. Veličina slivnog područja, reljef, oborine, vegetacija određuju koji će se materijal i u kojoj količini spirati s viših područja i taložiti u udolinama. Navedeni pokazatelji ukazuju kakav će materijal biti po teksturi te po kemijskim značajkama. U većini slučajeva riječ je o sitno pjeskovitim do ilovastim tlima, dobre aeracije ali i s dobrom propusnošću u kojima razina podzemne vode varira sve ovisno o dijelu godine. U kasno jesensko-zimskom-rano proljetnom dijelu razina je skoro na površini, dok je u ljetnom dijelu razina podzemnih voda dublja. Problem je ako su vode onečišćene. U tom slučaju potencijalna onečišćenja se kreću kroz profil tla. Poslije isparavanje vode, potencijalna onečišćenja ostaju na adsorpcijskom kompleksu tla, što narušava biljno hranidbeni kapacitet tla.



Slika 12. Širi pedološki zemljovid (M 1: 50.000)

Izvor: **Martinović (1985): Osnovna pedološka karta RH, list Knin 4.**

Legenda:

$g_{r0}A^{al}_1$	Aluvijalno karbonatno i nekarbonatno, vrlo duboka ilovasto	$g_{r0}A^{al}_2$	Aluvijalno karbonatno i nekarbonatno, vrlo duboka pjeskovito i ilovasto
$g_{r2}R-SV-C^{dv}_{2-3}$	Rendzina, kalkokambisol i crnica (70:20:10)	$g_{r2}SV-C-R^{vd}_{1-2}$	Kalkokambisol, plitki i srednje duboki, crnica i rendzina (70:20:10)

4.3. Ekološki rizične tvari u mulju i vodi lagune

Onečišćenje tla organskom odnosno anorganskom komponentom pripada II. stupnju oštećenja tala ili tzv. teško obnovljivim – uvjetno reverzibilnim oštećenjima tla (Kisić, 2012.). Na prostoru bivšeg bušotinskog radnog prostora za pretpostaviti je mogućnost onečišćenja tla anorganskim onečišćenjima – teškim metalima i potencijalno toksičnim elementima, te onečišćenje tla organskim onečišćenjima - naftnim ugljikovodicima i policikličkim aromatskim ugljikovodicima – PAH-ovima. Preliminarna procjena rizika onečišćenja okoliša s onečišćenog prostora može se prikazati na sljedeći način:

1. Rizik za onečišćenje tla i podzemnih voda:

- način iskorištavanja tla odnosno površinskih i podzemnih voda,
- vrsta, toksičnost, mobilnost, topljivost i razgradivost onečišćivača,
- prekoračenje granične vrijednosti,

- suma onečišćivača u saturiranom i nesaturiranom području,
- količina onečišćivača u tlu/mulju/sedimentu,
- površina i volumen onečišćenog tla,
- površina i volumen onečišćenih podzemnih voda,
- mjesto potencijalnog onečišćenja (poljoprivredno ili šumsko tlo, industrijsko područje, područja od posebne skrbi – nacionalni parkovi, parkovi prirode itd.).

2. Rizik za površinske vode:

- korištenje površinskih voda,
- vrsta, toksičnost, mobilnost, topljivost i razgradivost onečišćivača,
- količina onečišćenja u površinskim vodama,
- udaljenost od površinskih voda,
- prekoračenje najviše dozvoljene vrijednosti onečišćenja u površinskim vodama,
- razina zaštićenosti površinskih voda (voda za piće, kupanje, športski ribolov i dr.).

3. Rizik za udisanje i toksičnost onečišćivača za građanstvo:

- udaljenost lokaliteta od najbližeg naselja,
- ranjivost i osjetljivost područja,
- vrsta i količina onečišćenja,
- toksičnost udisanja,
- topljivost onečišćivača,
- moćnost (debljina) onečišćivača,
- stupanj prekoračenja granične vrijednosti.

U tablici 5. prikazan je utjecaj nekih metala, metaloida i nemetala na ljudsku, biljnu i animalnu populaciju.

Tablica 5. Esencijalni i potencijalni toksični utjecaj pojedinih elemenata u tragovima na biljnu, životinjsku i ljudsku prehranu

Element	Esencijalni/povoljni utjecaj na			Potencijalni toksični utjecaj na			Komentar
	biljke	životinje	ljude	biljke	životinje	ljude	
Aluminij	Ne	Ne	Ne	Da	Da		Fitotoksičan u tlima s niskim pH; toksičan za ribe u jezerima s niskim pH; relativno netoksičan za sisavce;
Arsen	Ne	Da	Ne	Da	Da	Da	Fitotoksičan; slično geokemijsko ponašanje kao P; kancerogen; bolest crnog stopala u južnoj Aziji;
Kadmij	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Uska granica; bioakumulativan i fitotoksičan; kancerogen; <i>itai-itai</i> bolest (trovanje kadmijem);
Kobalt	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Relativno fitotoksičan; uloga u simbiotskoj N ₂ fiksaciji; kancerogen;
Krom	Ne	Da	Da	Da		Da	Cr ⁶⁺ je kancerogen, vrlo toksičan i mobilan u tlima; Cr ³⁺ relativno netoksičan za sisavce;
Bakar	Da	Da	Da	Da			Lako se veže u tlo; uska granica za biljke; nije mobilan u tlima; relativno netoksičan;
Željezo	Da	Da	Da			Da	Nedostatak željeza u ljudi uobičajen je poremećaj širom svijeta; fitotoksično u tlima s niskim pH; relativno netoksično za sisavce;
Živa	Ne	Ne	Ne		Da	Da	Biopovećavanje u akvatičnim prehranbenim lancima osobito školjkama; <i>minamata</i> bolest (trovanje živom);
Mangan	Da	Da	Da	Da			Široka granica; fitotoksičan u tlima s niskim pH; relativno netoksičan sisavcima;
Molibden	Da	Da	Da		5–20 ppm		Visokopristupačan u biljkama; stroga granica za životinje, molibdenoza kod stoke;
Nikal	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Vrlo mobilan u tlima i biljkama; kancerogen;
Olovo	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Relativno netoksično; nepokretno u tlima; ljudi su mu izloženi kod olovnog benzina, boja i vodovoda; mala djeca su vrlo osjetljiva na trovanje olovom; globalni socijalni problem;
Titan	Moguć	Moguć	Ne				Netopljiv; relativno netoksičan; potencijalno kancerogen;
Talij	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Vrlo mobilan u biljkama; fitotoksičan; vrlo toksičan za sisavce;
Cink	Da	Da	Da	Da			Široka granica; lako se veže u tlo; slično geokemijsko ponašanje kao Cd; relativno netoksičan za sisavce.

Izvor: Adriano, 2001.

5. STANJE KVALITETE OKOLIŠA NA ISTRAŽIVANOM PROSTORU

5.1. Ocjena trenutnog stanja

Do početka 60-ih godina 20. stoljeća *problem onečišćenja okoliša skoro da i nije postojao*. Sva industrijska onečišćenja i nesreće koje su uzrokovane ljudskim aktivnostima smatrale su se nužnim i opravdanim radi što boljeg prosperiteta cjelokupne zajednice. Ako je itko i počeo govoriti o problemima okoliša bilo gdje u svijetu i posljedicama koje mogu nastati ljudskom djelatnošću, bio je skoro proglašavan državnim neprijateljem. U to vrijeme situacija je ista i u državama tzv. demokratskoga zapadnoga ili socijalističkoga Istočnog bloka. Krajnji proizvod i što veća proizvodnja po jedinici površine bio je moto kojem je sve bilo podređeno. U RH najveći su problem tzv. povijesne onečišćene lokacije iz bivših vremena (osobito se to odnosi na tvornice koje su prestale s radom nakon pada socijalizma/komunizma, te bivše vojne objekte). U tom slučaju najčešće troškove sanacije, rekultivacije i remedijacije snosi država, budući lokalna zajednica nema raspoloživih novaca za te poslove.

Strategija gospodarenja otpadom RH (135/09) definira "crne točke" kao lokacije u okolišu visoko opterećene otpadom nakon dugotrajnog neprimjerenog gospodarenja proizvodnim (tehnološkim) otpadom. Jedna od takvih lokacija je i laguna u sklopu bivše tvornice vijaka u gradu Kninu. Neosporno je da je tvornica vijaka Knin uzrokovala povećan sadržaj anorganskih onečišćenja (metali, nemetali i metaloidi) u laguni, ali na drugom mjestu bi trebalo tražiti razloge za povećan sadržaj organskih onečišćenja (ugljikovodici različite težine od C₁₀ pa do C₄₀, PAH-ovi, BTEX-i) u mulju i vodi na prostoru lagune. Teško je za povjerovati da je razlog za povećan sadržaj organskih onečišćenja u vodama lagune uništenje spremnika sirove nafte od 250 m³ u industrijskoj zoni grada Knina tijekom Domovinskog rata. Navedena sirova nafta je djelomično istekla i završila u laguni. Da li ugljikovodici vidljivi na trstici u laguni potječu još iz toga doba ponavljamo, teško je za povjerovati (slike 13. - 16.). Što se još dešavalo tijekom Domovinskog rata teško je za pretpostaviti.

Neosporno je da je onečišćena lokacija ekstremno visoko rizična za okoliš, osobito za okolne vodotoke a samim time i za Nacionalni park Krka.



Slike 13. i 14. Na slici lijevo vidljivi su ostaci tzv. zečjih nasipa kojima se branila istjecanje zagađene vode iz lagune u rijeku Orašnicu (desno od nasipa). Vrijedi i obrat, u slučaju visokih povratnih voda iz rijeke Orašnice nasip priječi prelijevanje vode iz rijeke u lagunu. Na slici desno pogled od lagune na Kninsku tvrđavu. Crno što se vidi na trstici je sloj ugljikovodika.



Slike 15. i 16. Onečišćene laguna, slike gore snimljene 12. 08. i dolje slike snimljene 13. 09. 2019.



5.2. Tekstura i kemijske značajke tla u istraživanom prostoru i okružju

U tablici 6. prikazana je tekstura mulja metodom prosijavanja i sedimentacije – modificirana HRN ISO 11277:2011 metoda. Prema navedenoj oznaci u oba uzorka mulja riječ je o praškasto ilovastoj teksturi u kojoj dominiraju čestice sitnog praha promjera 0,02-0,002 mm. Temeljne kemijske značajke mulja prikazane su u tablici 7. Reakcija mulja je neutralna do slabo alkalna. Kako je lokacija dominantno obrasla raznim oblicima trstike² koji ima izrazito adventivno korijenje i na taj način se razmnaža, nije za iznenaditi vrlo visoki sadržaj organske tvari u ovom mulju. Na temelju izmjerenih EC vrijednosti, tla se klasificiraju na slana i slano-alkalna tla ($EC > 4 \text{ dS/m}$) gdje dominiraju neutralne soli te normalna i alkalna tla ($EC < 4 \text{ dS/m}$) gdje je koncentracija topljivih soli relativno niska. Dobivene vrijednosti u ovom izvješću kreću se od 0,9 dS/m do 7,6 dS/m što direktno upućuje na potrebu za upotrebom kondicionera tla (npr. gips, elementarni sumpor, stajski gnoj) u svrhu smanjenja slanosti tla. U pogledu ugljika i dušika mulj karakterizira blago povećanje dušika i izrazito povećanje ugljika, što je rezultat bogate korijenske mase odumrle trstike.

Tablica 6. Mehanički sastav i teksturna oznaka mulja*

Oznaka uzorka tla	% čestica tla u Na pirofosfatu, ϕ mm					Teksturna oznaka
	2 - 0,2	0,2 - 0,063	0,063- 0,02	0,02 - 0,002	<0,002	
Laguna – DIV I.	0,3	1,3	30,4	52,8	15,2	Praškasta ilovača (PrI)
Laguna – DIV II.	0,9	6,7	31,0	42,1	19,3	Praškasta ilovača (PrI)

Tablica 7. Kemijske značajke mulja

Oznaka uzorka	Reakcija tla, pH		Humus, %	Elektrovodljivost (EC), mS/cm	Dušik	Ugljik %	Sumpor	C / N	N / S	
	KCl	ocjena								
Uzorkovanje 26. 04. 2019.										
Laguna – DIV I.	6,98	Neutralna	38,2	V.j. humozno	7,6	0,66	20,88	2,90	32	0,23
Laguna – DIV II.	7,31	Sl. alkalno	25,6	V.j. humozno	0,9	0,47	24,01	1,08	52	0,43
Uzorkovanje 13. 09. 2019.										
Laguna I.	7,55	Sl. alkalno	18,4	V.j. humozno						
Laguna II.	7,30	Sl. alkalno	16,2	V.j. humozno						
Laguna III.	7,62	Sl. alkalno	23,7	V.j. humozno						
Orašnica	7,70	Sl. alkalno	6,5	Jako humozno						

² U Republici Hrvatskoj zastupljena su tri oblika trstike: *Arundo donax* L.; *Arundo micrantha* Lam. i *Arundo plinii* Turra

5.3. Sadržaj teških metala, metaloida i nemetala u mulju

Onečišćenje mulja teškim metalima s prostora industrijskog kruga pripada II. stupnju oštećenja tala ili tzv. teško obnovljivim – uvjetno reverzibilnim oštećenjima. Prikaz onečišćenja pojedinim teškim metalima, metaloidima i nemetalima dat je u tablici 8. U istoj tablici prikazane su maksimalno dozvoljene vrijednosti za industrijske lokacije (tvorničke radne prostore) u nekim Državama – Italija, Poljska i Velika Britanija. Također pri komentiranju utvrđenih koncentracija u mulju lagune uzeti ćemo u obzir i predložene vrijednosti iz LIFE projekta koji je proveden u RH a bio mu je jedan od ciljeva predložiti granične vrijednosti prema različitim načinima korištenja zemljišta³.

Podaci iz tablice 8. jasno upućuju da su neke vrijednosti pojedinih elemenata ekstremno visoke. Cink skoro 40 puta prelazi maksimalno dozvoljene vrijednosti. Također i krom u oba slučaja prelazi maksimalno dozvoljene vrijednosti za industrijski način korištenja zemljišta. Utvrđene vrijednosti fosfora, aluminijska, kalcija, željeza, kalija, magnezija, mangana, natrija i silicija također su ekstremno visoke. Ono što je ipak u ovoj vrlo crnoj priči sa utvrđenim vrijednostima je dobro, da su vrijednosti arsena, bakra, kadmija, nikla, olova, žive, kobalta i molibdena ispod maksimalno dozvoljenih za ovaj način korištenja zemljišta. U okolnim lagunama gdje završavaju gradske komunalne vode utvrđene koncentracije teških metala, metaloida i nemetala u mulju su puno niže, izuzev aluminijska i kalcija koji su i u ovom slučaju utvrđeni u povećanim količinama.

5.4. Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH-ovi) u mulju

Policiklički aromatski ugljikovodici velika su skupina cikličkih ugljikovodika koji sadrže jedan ili više benzenovih prstenova. Za proračun emisije, prema preporuci Protokola o postojanim organskim onečišćivačima, u razmatranje se uzimaju četiri naredna PAH-a: benzo(a)piren, benzo(b)fluoraten, benzo(k)fluoraten i indeno(1,2,3-cd)piren, a postoji ih više od stotinjak. Benzo(a)piren se vrlo često koristi kao indikator za prisutnost PAH-ova u tlu, vodi, zraku i

³ Zainteresirani više informacija mogu pronaći na:

http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/013_tlo/Program_trajnog_motrenja_tala_Hrvatske.pdf

Tablica 8. Sadržaj teških metala i drugih ekološki rizičnih tvari u mulju, mg/kg zrakosuhog tla

Oznaka uzorka	As	Cu	Zn	P	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg	Al	Ca	Co	Fe	B	Mg	Mn	Mo	Ba	Sr	Suha tvar, %
Uzorkovanje 26. 04. 2019.																				
Laguna-DIV I.	8	62	38.971	1726	1,4	986	40	24	<0,05	14.857	69.425	37	49.060	61	8.979	269	9	240	51.8	18,35
Laguna-DIV II.	18	177	69.973	6298	5	4.013	161	157	<0,1	15.229	42.601	45	144.063	41,8	5.639	447	39	50.9	57.4	35,50
Italija	50	600	1500		15	800	500	1000	5			250								
Poljska	62,5	600	1650		13	475	285	600	27			175					115			
Velika Britanija	500	-	-		1400	5000		750	480											
Uzorkovanje 13. 09. 2019.																				
Laguna I.	29	30,4	1.411	1.115	0,26	41	20,1	17	<0,09	12.632	82.897	4,62	13.718	41,2	3.503	230	7,7	94,0	96,6	7,78
Laguna II.	15,5	19,5	101	504	1,11	68	38,3	24,4	<0,09	39.589	44.489	9,30	29.980	46,1	5.525	294	25,2	118	91,9	55,5
Orašnica	3,5	1,99	4,42	61,3	<0,16	3,8	2,41	0,796	0,438	1,926	20,331	0,52	1,235	2,75	374	31	2,03	7,25	152	53,9

Tablica 9. Sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH-ova) u mulju, mg/kg suhe tvari

Oznaka uzorka	Naftalen		Acenaf-tilen	Acena-ften	Fluoren	Fenan-tren	Antra-cen	Flour-anten	Piren	Benzo (a)antra-cen	Krizen	Benzo (b) flouranten	Benzo (k) flouranten	Benzo (a)piren	Dibenz (a,h)ant-racen	Benzo (ghi) perilen	Indeno (1,2,3-cd) piren	Suma PAH-ova	Suha tvar, %	
	Dva prstena	Tri prstena																		
Uzorkovanje 26. 04. 2019.																				
Laguna-DIV I.	0,81	0,29	0,68	2,87	1,04	6,47	1,10	4,85	2,56	1,67	0,30	<0,001	0,128	<0,001	0,084	<0,001	<0,001	22,9	18,35	
Laguna-DIV II.	0,24	0,15	0,44	1,13	9,07	1,28	2,75	7,91	1,50	3,22	0,43	<0,001	0,18	<0,001	0,17	<0,001	<0,001	28,4	35,50	
Italija	50				5	5	1		10	2		0,05	10		10	0,5		100		
Poljska	25				5	5	2		25	-		0,05	22,5		52,5	0,5		110		
Španjolska	10						1		20	2		0,05	2					100		
Uzorkovanje 13. 09. 2019.																				
Laguna I.	0,35	0,028	0,071	0,155	0,301	<0,001	0,353	0,289	0,170	0,085	<0,001	0,027	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	1,83	7,78	
Laguna II.	0,052	<0,001	0,028	0,021	0,031	<0,001	0,021	0,12	0,016	<0,001	0,018	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,49	55,5	
Orašnica	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	53,9

Tablica 10. Sadržaj BTEX-a i ugljikovodika u mulju, mg/kg suhe tvari

Oznaka uzorka	BTEX					Ugljikovodici	Suha tvar, %
	Benzen	Toluen	Etil-benzen	m+p ksilen	o-ksilen		
Uzorkovanje 26. 04. 2019.							
Laguna–DIV I.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	74.543	18,35
Laguna–DIV II.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	156.392	35,50
Uzorkovanje 13. 09. 2019.							
Laguna I.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3.120	7,79
Laguna II.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	201	55,5
Orašnica	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	38	53,9

Tablica 11. Reakcija vode, sadržaj BTEX-a i ugljikovodika u vodama laguna, µg/l (BTEX) i mg/l (ugljikovodici)

Oznaka uzorka	pH vode	BTEX, µg/l					BTEX, ukupno, µg/l	Ugljikovodici, mg/l
		Benzen	Toluen	Etil-benzen	m+p ksilen	o-ksilen		
Uzorkovanje 26. 04. 2019.								
Laguna – DIV I.	6,4 (19,9 °C)	< 1	14,3	< 2	< 2	2,39	16,71	1.077
Laguna – DIV II.	6,4 (20,0 °C)	< 1	9,98	< 2	< 2	< 2	9,98	3.285
Uzorkovanje 13. 09. 2019.								
Laguna I.	6,4 (19,9 °C)							0.313
Laguna II.	6,4 (20,0 °C)							0.180
Orašnica	6,4 (20,0 °C)							0.024

hrani. Prikazane vrijednosti PAH-ova u mulju ukazuju da je njihova ukupna suma (16 pojedinačnih) niža u odnosu na maksimalno dozvoljeni sadržaj za ovaj način korištenja zemljišta. Također je „relativno dobro“ stanje budući su od pojedinih PAH-ova najviše zastupljeni PAH-ovi sa tri prstena (fenantren, antracen i fluoranten), te četiri prstena: piren, benzo(a)antracen i krizen. Benzo(a)piren je zastupljen u vrlo niskim koncentracijama. PAH-ovi u ostalim lagunama utvrđeni su u vrlo niskim koncentracijama (tablica 9).

5.5. Sadržaj BTEX-a i ugljikovodika u mulju

Koncentracija BTEX-a i ugljikovodika u uzorcima mulja prikazana je u tablici 10. Za pozdraviti je da u mulju nisu utvrđene mjerljive koncentracije pojedinih BTEX-a (benzen, toluen, etil-benzen, m+p ksilen i o-ksilen).

Na žalost, vrijedi sušta suprotnost za mineralna ulja - ugljikovodike u mulju. Utvrđene koncentracije ekstremno visoko prelaze maksimalno dozvoljene vrijednosti. Prema našem prijedlogu maksimalno dozvoljena vrijednost ugljikovodika je 10 grama po kilogramu suhe tvari u industrijskim krugovima. U ovom slučaju u mulju je utvrđeno između 74 i 156 grama ugljikovodika po kilogramu suhe tvari, sedam do petnaest puta više od dozvoljenih vrijednosti. Ugljikovodici nisu utvrđeni u ostalim lagunama i rijeci Orašnici.

5.6. Kvaliteta vode u laguni

U tablici 11. je prikazana reakcija vode lagune, te koncentracija BTEX-a i ugljikovodika u vodi. Reakcija vode je u manje-više u tolerantnim vrijednostima, ali zato su problematične kako koncentracije BTEX-a u vodi a pogotovo ugljikovodika u vodi lagune kraj DIV-a. U vodama ostalih laguna nisu utvrđeni ugljikovodici i BTEX-i.

Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda u RH (NN, 80/13) i Pravilniku o izmjenama i dopunama Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda u RH (NN, 3/16) granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u otpadnim voda su za ukupne ugljikovodike u površinskim vodama 10 mg/l odnosno u sustavu javne odvodnje 30 mg/litru. Utvrđene vrijednosti ugljikovodika u vodama lagune se kreću između 1.077 i 3.285 mg/litru. Nešto bolja situacija je sa BTEX-ima. Prema istim Pravilnicima u otpadnim voda su za BTEX-e u površinskim vodama

granične vrijednosti 0,1 mg/l odnosno u sustavu javne odvodnje 1 mg/litru. Utvrđene vrijednosti BTEX-a su između 0,0167 mg/litru odnosno 0,001 mg/litru.

6. MIŠLJENJE O TRENUTNOM STANJU NA ISTRAŽNOJ LOKACIJI I PREPORUKE ZA BUDUĆI RAD

- 1. Temeljem utvrđenih činjenica – koncentracija ugljikovodika u mulju i vodama lagune nameće se primarni zaključak da je trenutno stanje na lokaciji lagune DIV-a u industrijskoj zoni grada Knina neodrživo. U ostalim laguna u kojima završavaju gradske komunalne vode nisu utvrđene povećane koncentracije onečišćenja. Također i u jednom uzorku mulja i vode koji su uzeti iz rijeke Orašnice nisu utvrđene povišene koncentracije organskih i anorganskih onečišćenja.**
2. Mulj i vode su zagađene⁴ ugljikovodicima, dok je mulj onečišćen nekim elementima (bakar, nikal, mangan i silicij), a zagađen cinkom, kromom, aluminijem, kalcijem, željezom, kalijem, magnezijem i natrijem). U pogledu arsena, kadmija, olova i žive utvrđene su koncentracije koje se kreću u tolerantnim granicama za ovaj vid korištenja prostora (industrijska postrojenja). Razlog za prekomjeran sadržaj pojedinih elemenata treba tražiti u industrijskim pogonima koji se nalaze ili su se nalazili u neposrednom okruženju lagune.
3. **Najveći su problem u ovoj laguni kraj DIV-a koncentracije organskih onečišćenja ugljikovodika različite težine (od C₁₀ pa do C₄₀), kako u mulju tako i u vodi.** Utvrđene koncentracije ekstremno visoko prelaze maksimalno dozvoljene vrijednosti prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13 i 3/16) i nekim Pravilnicima o maksimalno dozvoljenim koncentracijama ugljikovodika u tlu industrijskih krugova. Razlog za izrazito visoke koncentracije ugljikovodika kako u mulju, tako i u vodi lagune treba tražiti u ekološkim incidentima koji su se dešavali tijekom zadnjih 30-ak godina.

⁴ **Onečišćenje** - prisutnost neke strane tvari u okolišu, u koncentraciji ili nepostojanom obliku koji u kraćem vremenu ne uzrokuje izravnu štetu za zdravlje ljudi ili drugih živih organizama. Daljnje korištenje prirodnog resursa je uvjetno. **Zagađenje** je unošenje neke strane kemijske tvari u postojanom obliku, u okoliš, u koncentraciji ili količini iznad maksimalno dozvoljene, koja u nekom razdoblju uzrokuje izravnu štetu za okoliš, dijelove prirode, živa bića ili ljudsko zdravlje.

4. Sve navedeno upućuje da će se uvijek u slučaju povećanja razine vode u laguni (ako se ne poduzmu određeni zahvati), ugljikovodici koji plutaju na površini vode (jer su lakši od vode), ako dođu na razinu iznad improviziranog nasipa koji dijeli lagunu i rijeku Orašnicu, vrlo lako prelići u rijeku Orašnicu a zatim nizvodno doći i u rijeku Krku. Isto tako u slučaju visoke razine vode u Orašnici ona će se prelići preko nasipa i sa svojim povlačenjem ponijeti sa sobom ugljikovodike.
5. Temeljem svega rečenoga preporučamo pod hitno provesti naredne mjere:
 - a. Na neki način onemogućiti dolazak slivne površinske (i drugih oblika) vode u lagunu. Na ovaj način bi spriječili podizanje razine vode u laguni.
 - b. Fizikalno, kemijski ili biološki pokušati ukloniti ugljikovodike sa površine lagune.
 - c. Okolnu trstiku koja je onečišćena ugljikovodicima pod hitno bi trebalo ukloniti sa lagune. Budući je trstika brzo rastuća biljka ona će vrlo brzo ponovno izniknuti. No, u isto vrijeme trstika je vrlo poznata fitoremedijacijska biljka (Guo i sur., 2010.; Fiorentino i sur., 2013.; Mirza i sur., 2010.; Prelec i sur., 2016 i Sabeen i sur., 2013.) pa će biljka jedan dio onečišćenja sa sobom fizički odnijeti a jedan dio transferirati u atmosferu. Sakupljenu trstiku bi trebalo odložiti na deponiju opasnog otpada.
 - d. Budući se u ovom trenutku ne zna količina mulja na dnu lagune (koliko je debeli sloj) mulj na dnu lagune će se moći tek sanirati na neki od ekološki prihvatljivih načina kada se ukloni voda sa lagune. Navedeno je vrlo dug, skup i zahtjevan posao.
 - e. U narednim koracima na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu temeljem prikupljenih uzoraka mulja i uzoraka vode koji će se uzeti u prostoru lagune, provesti određene remedijacijske mjere. Ostvareni rezultati prikazani su u nastavku ovog elaborata.

7. MOGUĆI NAČIN SANACIJE ONEČIŠĆENOG MULJA

Neosporno je da je u laguni u neposrednom okruženju DIV-a utvrđena povećana koncentracija pojedinih teških metala i drugih elemenata, kao i organskih onečišćenja – ugljikovodika i PAH-ova. Odabir tehnologije sanacije najviše ovisi o: tipu i vrsti onečišćenja; prostornoj zahvaćenosti onečišćenja (površini, volumenu i mjestu onečišćenja – blizina površinskih/podzemnih voda); tipu tla (reakcija, sadržaj organske tvari, teksturi, osobito postotnom udjelu i tipu gline); vremenskom razdoblju izlaganja potencijalnom onečišćenju; budućem načinu korištenja i definiranom zakonskom okviru pojedine države o potrebnom stupnju sanacije.

Temeljem navedenih parametara odlučuje se hoće li se primjenjivati *in situ*, *on situ* ili *ex situ* remedijacija (Kisić, 2012). U ovom preliminarnom istraživanju provedena je *in situ* remedijaciju solidifikacijom. Ova metoda temelji se na solidifikaciji ili redukciji mobilnosti onečišćivača (teških metala) u tlu. Solidifikacijom su metali u onečišćenom tlu imobilizirani vezanjem s vezivim tvarima, dok stabilizacijom topljivi, mobilni i toksični metali prelaze u manje pokretljive i inertne oblike. U ovom slučaju veziva tvar je bio mulj iz gradskog pročišćivača otpadnih voda. Priprema pokusa je prikazana na slikama 17-19., dok su na slici 20. prikazane promjene reakcije tla prije i poslije miješanja mulja iz laguna i mulja gradskih otpadnih voda. Na istoj slici prikazane su i vrijednosti reakcije mulja iz gradskih otpadnih voda (označeni žutim stupovima kao materijal za solidifikaciju). U tablici 12. prikazane su promjene u koncentraciji pojedinih teških metala prije i poslije primjene solidifikacije. Na slikama 21-25. prikazane su promjene u koncentraciji pojedinih teških metala poslije postupka solidifikacije mulja iz laguna. Slika 21. prikazuje da se koncentracija cinka jako smanjila, željeza smanjila, aluminijska blago povećala a kalcija enormno povećala. Slika 22. prikazuje da se koncentracija fosfora jako smanjila, kroma blago povećala a magnezija jako smanjila. Slika 23. pokazuje da se koncentracija arsena i kobalta blago povećala, koncentracija bora smanjila a koncentracija molibdena ostala je skoro ista. Na slici 24. prikazano je da se koncentracija bakra, olova, mangana i stroncija povećala a koncentracija nikla i barija ostala je skoro ista. Na slici 25. prikazane su promjene u koncentraciji kadmija i žive. Koncentracija kadmija se jako smanjila, dok je koncentracija žive ostala skoro ista.

Nastavak istraživanja sa promjenama odnosa gradskog mulja sa pročištača i laguna dati će točnije rezultate o mogućnosti primjene solidifikacije kao metode za sanaciju lagune.

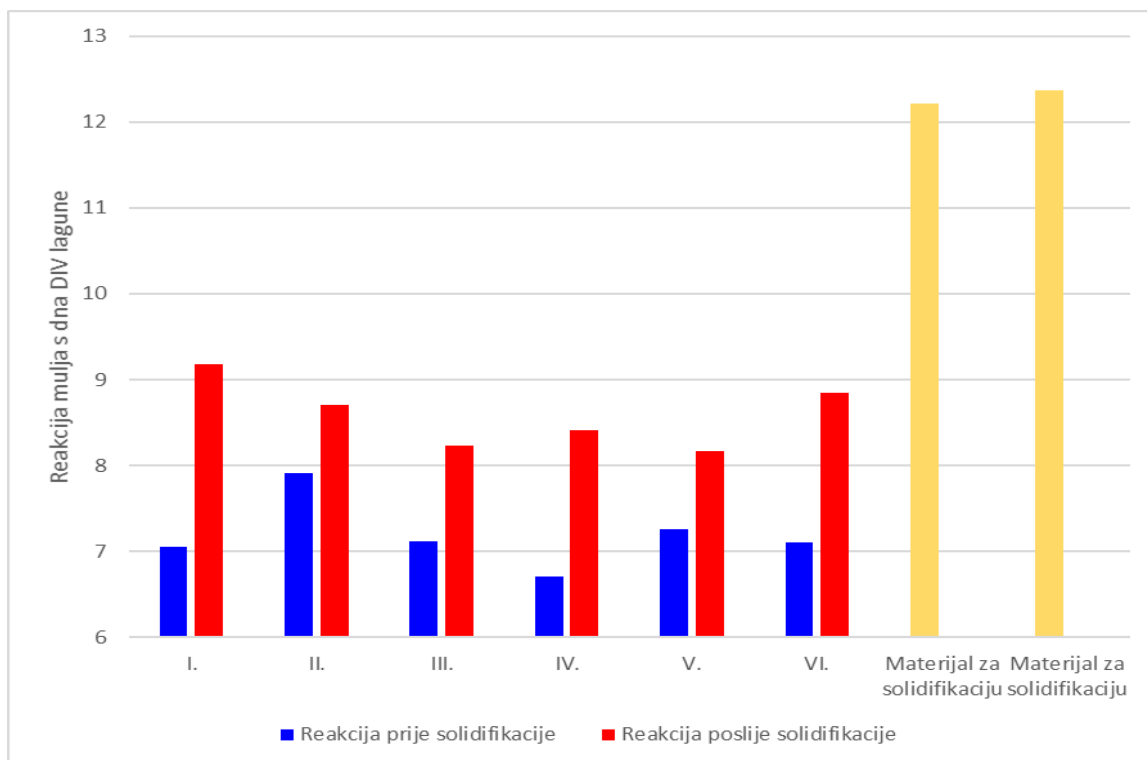


Slike 17. Pripreme uzoraka mulja i materijala za solidifikaciju (slika lijevo 13. lipanj 2019. i desno 30. lipanj 2019.)



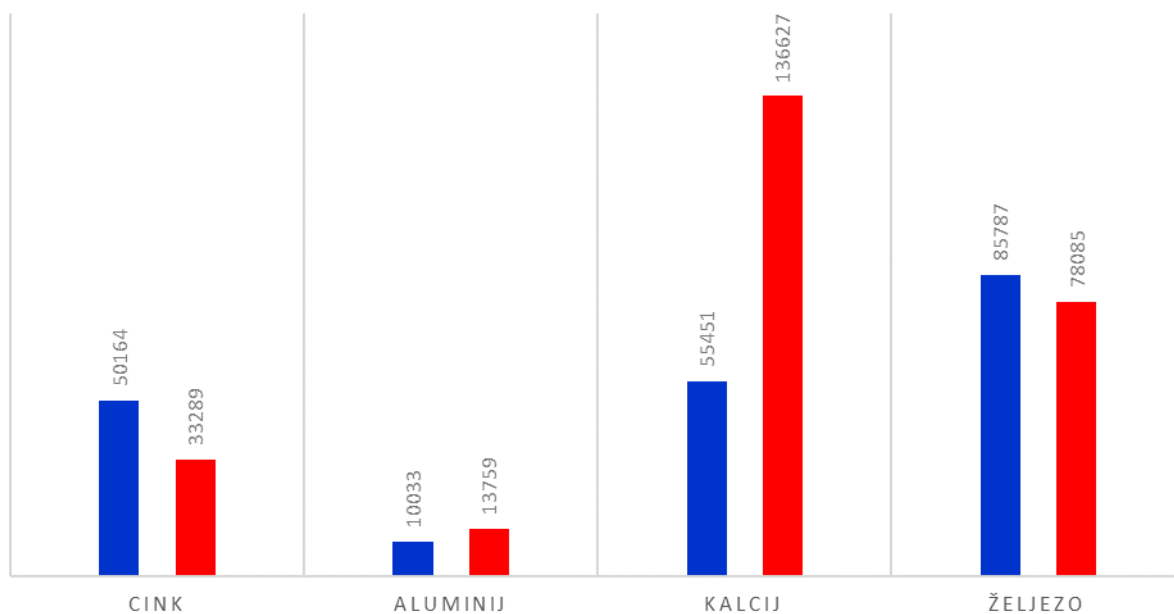
Slike 18. i 19. Odvage i priprema za miješanje mulja iz lagune i mulja iz gradskih otpadnih voda





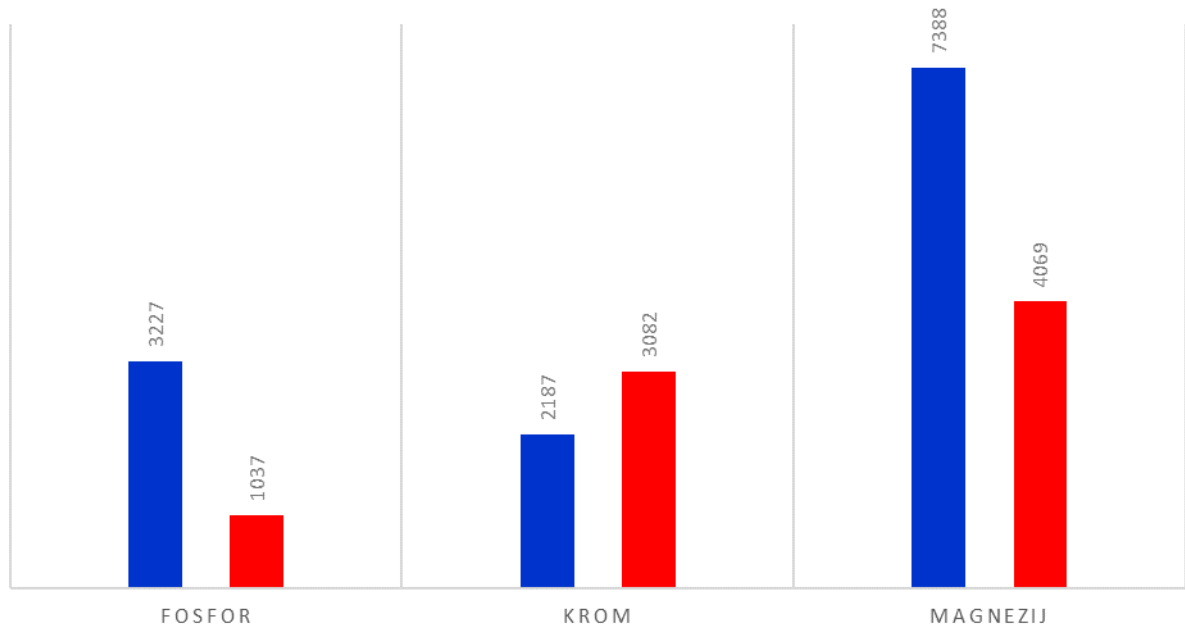
Slika 20. Promjene reakcije mulja uslijed primjene materijala za solidifikaciju

■ Koncentracija prije solidifikacije, mg/kg suhe tvari ■ Koncentracija poslije solidifikacije, mg/kg suhe tvari



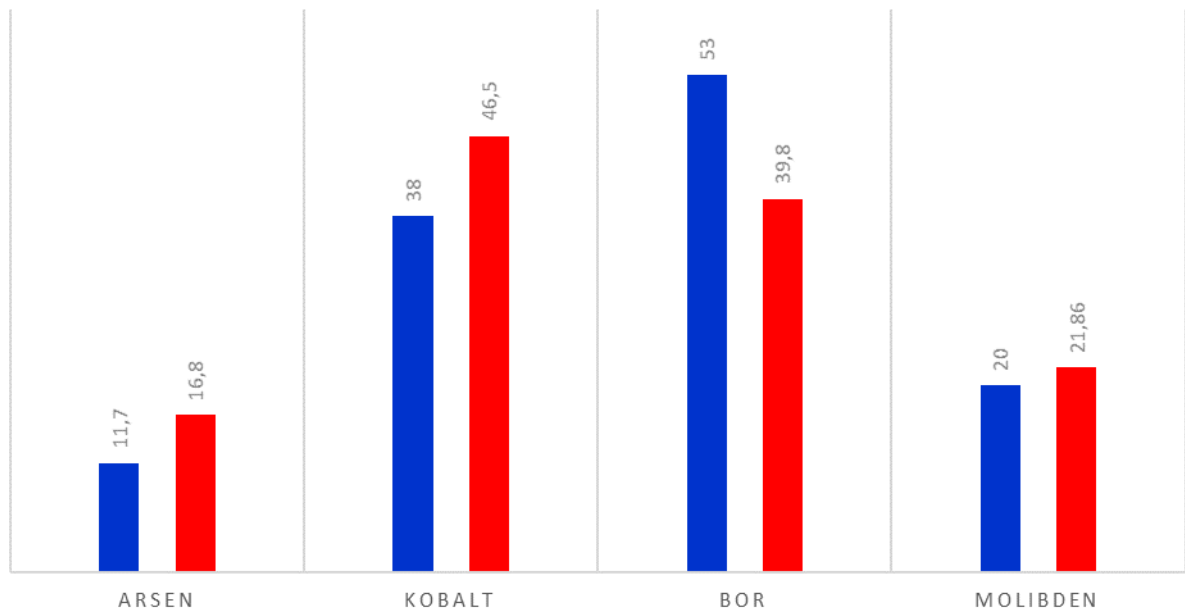
Slika 21. Koncentracije cinka, aluminijsa, kalcija i željeza prije i poslije primjene materijala za solidifikaciju

■ Koncentracija prije solidifikacije, mg/kg suhe tvari ■ Koncentracija poslije solidifikacije, mg/kg suhe tvari

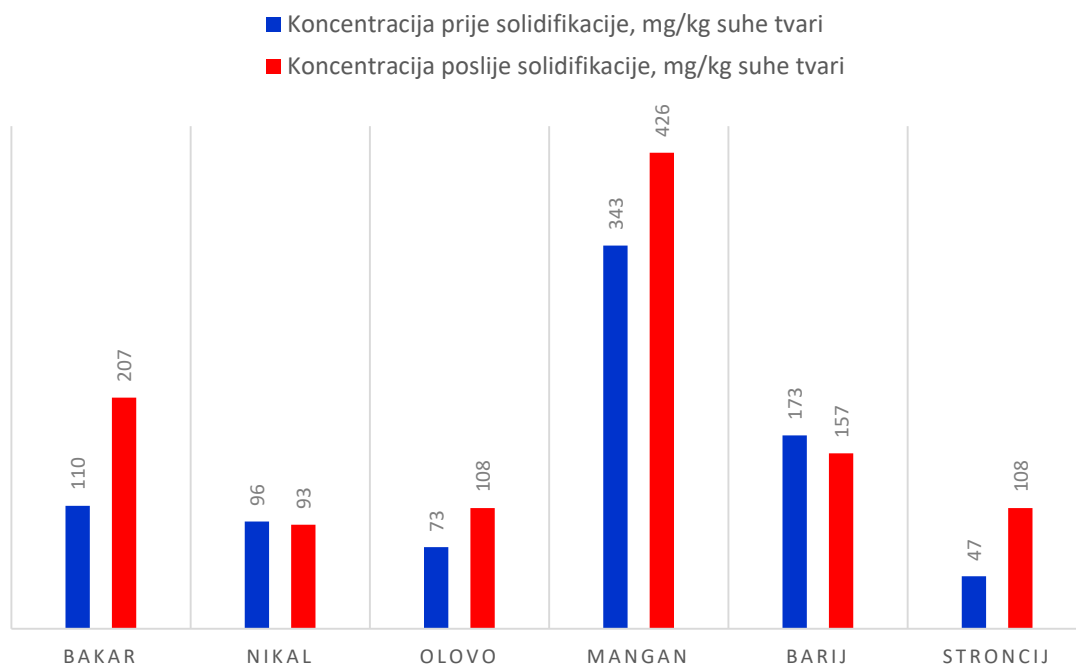


Slika 22. Koncentracije fosfora, kroma i magnezija prije i poslije primjene materijala za solidifikaciju

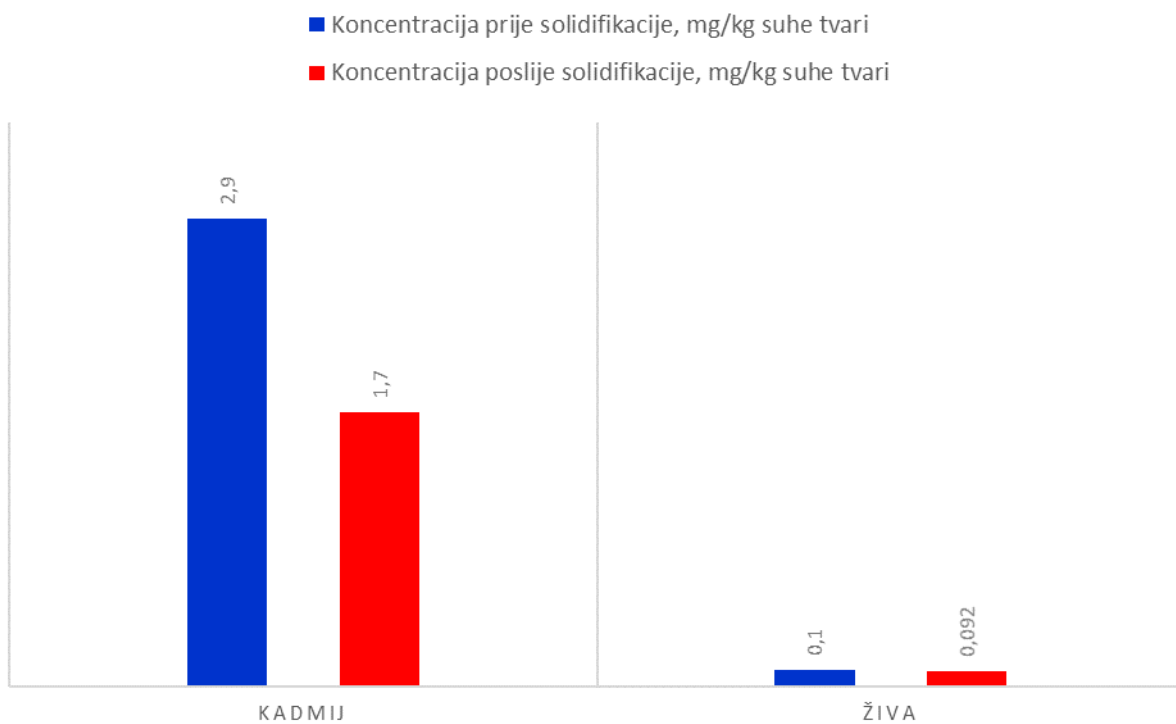
■ Koncentracija prije solidifikacije, mg/kg suhe tvari ■ Koncentracija poslije solidifikacije, mg/kg suhe tvari



Slika 23. Koncentracije arsena, kobalta, bora i molibdena prije i poslije primjene materijala za solidifikaciju



Slika 24. Koncentracije bakra, nikla, olova, mangana, barija i stroncija prije i poslije primjene materijala za solidifikaciju



Slika 25. Koncentracije kadmija i žive prije i poslije primjene materijala za solidifikaciju

Tablica 12. Sadržaj teških metala i drugih ekološki rizičnih tvari u mulju, mg/kg zrakovih tla


Oznaka uzorka	As	Cu	Zn	P	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg	Al	Ca	Co	Fe	B	Mg	Mn	Mo	Ba	Sr	Suha tvar, %
Prije solidifikacije																				
Uzorak I.	8	62	38.971	1.726	1.4	986	40	24	<0,05	14.857	69.425	37	49.060	61	8.979	269	9	240	51.8	18.35
Uzorak II.	9	92	41.548	1.658	2.4	1.562	87	38	<0,05	12.872	54.328	32	64.239	56	7.547	312	12	107	46.8	18.35
Uzorak II.	18	177	69.973	6.298	5	4.013	161	157	<0,1	15.229	42.601	45	144.063	41.8	5.639	447	39	50.9	57.4	35.50
Srednja vrijednost	11.7	110	50.164	3.227	2.9	2.187	96	73	0,1	10.033	55.451	38	85.787	53	7.388	343	20	173	47	24.1
Poslije solidifikacije																				
Uzorak I.	20.8	244	34.630	1.123	1.78	3.939	92,6	139	<0.095	11.417	150.319	55.2	79.631	42.0	2.892	438	24,7	228	108	16.65
Uzorak II.	12.8	171	32.199	1.221	1.77	2.777	78.4	104	<0.084	14.469	137.994	44.7	67.074	42.4	4.541	414	18.8	133	90.3	23.4
Uzorak II.	5.0	73.7	33.039	766	1.40	2.529	74.1	80.1	<0.098	15.392	121.569	39.5	87.549	39.8	4.775	427	16.0	111	99.0	32.7
Srednja vrijednost	16.8	207	33.289	1.037	1.7	3.082	93	108	0.092	13.759	136.627	46.5	78.085	39.8	4.069	426	21.859	157	108	24

LITERATURA

- Adriano, D.C. (2001):** Trace Elements in Terrestrial Environments – Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. Springer, Second Edition. p. 866.
- Alloway, B.J., (1995):** Heavy Metals in Soils. Black Academic & Professional, p. 368, London.
- Barbosa, B., Boleo, S., Sidella, S., Costa, J., Duarte, M.P., Mendes, B., Cosentino, S.L., Fernando A.L. (2015):** Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soils Using the Perennial Energy Crops *Miscanthus* spp. and *Arundo donax* L. Bioenerg. Res., 8:1500-1511.
- Bašić, F., (1994):** Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske, Agronomski glasnik, 3-4, 291-310, Zagreb.
- Butorac, A., (1999).** Opća agronomija, Školska knjiga, udžbenik, str. 650, Zagreb.
- Fiorentiono, N., Fagnano M., Adamo, P., Impagliazzo, A., Mori., M., Pepe, O., Ventrino, V., Zoina, A., (2013):** Assisted phytoextraction of heavy metals: compost and *Trichoderma* effects on giant reed (*Arundo donax* L.) uptake and soil N-cycle microflora. Ital. J. Agron., 8:244-254.
- Guo, Z.M., Miao X.F. (2010):** Growth changes and tissues anatomical characteristic of giant reed (*Arundo donax* L.) in soil contaminated with arsenic, cadmium and lead. J. Cent. S. Univ. Technol, 17:770-777.
- Halamić, J., Miko, S. (2009):** Geokemijski atlas Republike Hrvatske. Hrvatski geološki institut, Zagreb, str. 87.
- Healy, M., Wise, D. L., Moo-Young, M. (2001):** Environmental Monitoring and Biodiagnostics of Hazardous Contaminants. Kluwer Academic Publishers. str. 337, Boston-London.
- Kabata-Pendias, A. (2001):** Trace Elements in Soils and plants. 3rd ed. CRC Press. Boca Raton, str. 253.
- Kausar, S., Mahmood, Q., Raja, I.A., Khan, A., Sultan, S., Gilani, M.A., Shujaat, S. (2012):** Potential of *Arundo Donax* to treat chromium contamination. Ecol Eng, 42:256-259.
- Kisić, I. (2014):** Effects of Soil Contamination on the Selection of Remediation Method. Chapter in book: Handbook of Research on Advancements in Environmental Engineering, Ed. Gaurina-Međimurec, N., p. 200-227.
- Kisić I., Jurišić A., Durn G., Mesić H., Mesić S. (2010):** Effects of hydrocarbons on temporal change in soil and crops. African Journal of Agricultural Research. 5/14: 1821-1829.
- Kisić I., Jurišić A., Mesić H., Mesić S. (2011):** Heavy Metals Uptake by Aerial Biomass and Grain of Soybean. Soybean – Biochemistry, Chemistry and Physiology, dio II, poglavlje 24, 425-434. Urednik: Tzi Bun Ng, Izdavač: InTech open acces publisher. Rijeka Croatia.
- Kisić I., Mesić S., Bašić F., Brkić V., Mesić M., Durn G., Zgorelec Ž., Bertović L. (2009):** The effect of drilling fluids and crude oil on some chemical characteristics of soil and crops. Geoderma, 149/3-4:209-216.
- Kisić, I. (2012):** Sanacija onečišćenoga tla. Sveučilišni udžbenik, str. 276. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Mesić, H., Bakšić, D., Bašić, F., Čidić, A., Durn, G., Husnjak, S., Kisić, I., Klaić, D., Komesarović, B., Mesić, M., Miko, S., Mileusnić, M., Nakić, Z., Pernar, N., Pilaš, I., Romić, D., Vrbek B., Zgorelec, Ž. (2008):** Program trajnog motrenja tala Hrvatske. Agencija za zaštitu okoliša, str. 131. Zagreb.

- Mirza, N., Mahmood, Q., Pervez, A., Ahmad, R., Farooq, R., Shah, M.M., Azim, M.R. (2010):** Phytoremediation potencial of *Arundo donax* in arsenic-contaminated synthetic wastewater. *Bioresour Technol*, 101:5815-5819.
- Prelec, M., Bilandžija, N., Zgorelec, Ž. (2016):** The phytoremediation potential of heavy metals from soil using *Poa* energy crops: A review. *J. of Central European Agriculture*, 17/3: 901-916, doi: 10.5513/JCEA01/17.3.1789.
- Sabeen, M., Mahmood, Q., Irshad, M., Fareed, I., Khan, A., Ullah, F., Hussain, J., Hayat Y., Tabassum, S. (2013):** Cadmium phytoremediation by *Arundo donax* L. from contaminated soil and water. *Int. J. Biomed. Res.*, Article ID 324830, doi:10.1155/2013/324830.
- xxx (1997):** Canadian Council of Ministers of Environment – CCME.
- xxx (2003):** Manual – Sampling and sample pretreatment for soil pollutant monitoring. Published by Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL, Berne, Switzerland.
- xxx (2005):** Manual on risk assessment and measures for polluted soils. Published by the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL, Berne, Switzerland.
- xxx (2013):** Narodne novine, br. 73/13; 151/14; 78/15; 61/16 i 80/18. Uredba o standardu kakvoća voda.
- xxx (2013):** Narodne novine, br. 80/13. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda.
- xxx (2013):** Narodne novine, br. 80; 153/13; 78/15; 12/18 i 118/18. Zakon o zaštiti okoliša.
- xxx (2014):** Narodne novine, br. 56; 14/14; 52/18 i 115/18 - Zakon o rudarstvu.
- xxx (2015):** Narodne novine, br. 87 – Pravilnik o registru onečišćivača okoliša.
- xxx (2016):** Narodne novine, br. 3/16. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda.
- xxx (2017):** Narodne novine, br. 117 - Pravilnik o gospodarenju otpadom.
- xxx (2019):** Narodne novine, br. 71 - Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima, Zagreb.

ANALITIČKO IZVJEŠĆE

	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-AI-03	
		IZDANJE: 03/17	
		STRANICA: 1/1	

Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25
10 000 Zagreb


Datum: 08.05.2019.
Redni broj: 609/19

Vrsta uzorka: voda
Oznaka uzorka za analizu: 1
Uzorak dostavljen: 30.04.2019.
Analizirano: 30.04.-08.05.2019.
Izgled uzorka: svijetlo žuta, blago zamućena tekućina sa smeđim talogom
Miris: po naftnim derivatima

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
pH	HRN EN ISO 10523:2012*	pH jed.	6,4(19,9°C)
Benzen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<1
Toluen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	14,3
Etil-benzen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<2
o-ksilen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<2
m+p-ksilen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	2,39
BTEX (benzen, toluen, o-,m-,p-ksilen i etilbenzen)	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	16,7
Ukupni ugljikovodici	HRN EN ISO 9377-2:2002*; Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	mg/l	1077

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:
Marija Turkalj, dipl. inž.


HIĐRO.LAB.
 d.o.o.
 IČIĆI

Napomena: Ovi rezultati se odnose isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, IČIĆI - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-AI-03	
		IZDANJE: 03/17	
		STRANICA: 1/1	

Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25
10 000 Zagreb

Datum: 08.05.2019.
Redni broj: 610/19

Vrsta uzorka: voda
Oznaka uzorka za analizu: 2
Uzorak dostavljen: 30.04.2019.
Analizirano: 30.04.-08.05.2019.
Izgled uzorka: svijetlo žuta, blago zamućena tekućina sa smeđim talogom
Miris: po naftnim derivatima

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
pH	HRN EN ISO 10523:2012*	pH jed.	6,4(20,0°C)
Benzen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<1
Toluen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	9,98
Etil-benzen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<2
o-ksilen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<2
m+p-ksilen	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	<2
BTEX (benzen, toluen, o-,m-,p-ksilen i etilbenzen)	Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	µg/l	9,98
Ukupni ugljikovodici	HRN EN ISO 9377-2:2002*; Vlastita metoda RU-M-59, izd. 4/15 od 02.10.2015.*	mg/l	3285

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:
Marija Turkalj, dipl. inž.


 HIDRO.LAB.
 d.o.o.
 IČIČI 1

Napomena: Ovi rezultati se odnose isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, IČIČI - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566



 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17	
		STRANICA: 1/2	

Datum: 10.05.2019.
 Redni broj: 441/19

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU FIZIKALNIH I KEMIJSKIH SVOJSTAVA MULJA

Naručitelj analize: AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
 Adresa: Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
 Oznaka uzorka za analizu: mulj 1
 Uzorak dostavljen: 30.04.2019.
 Analizirano: 30.04.-10.05.2109.
 Izgled uzorka: smeđe tlo
 Miris: po naftnim derivatima

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Suha tvar	HRN EN 12880:2005	%	18,35
PAH, ukupni	Vlastita metoda RU-M-54 izd. 3/15 od 22.09.2015.*	mg/kg s.t.	22,9
Naftalen		mg/kg s.t.	0,812
Acenaftilen		mg/kg s.t.	0,292
Acenaften		mg/kg s.t.	0,683
Fluoren		mg/kg s.t.	2,87
Fenantren		mg/kg s.t.	1,04
Antraceni		mg/kg s.t.	6,47
Fluoranteni		mg/kg s.t.	1,10
Piren		mg/kg s.t.	4,85
Benzo(a) antraceni		mg/kg s.t.	2,56
Krizeni		mg/kg s.t.	1,67
Benzo(b) fluoranteni		mg/kg s.t.	0,296
Benzo(k) fluoranteni		mg/kg s.t.	<0,001
Benzo(a) piren		mg/kg s.t.	0,128
Indeno(1,2,3-cd) piren		mg/kg s.t.	<0,001
Dibenzo(a,h) antraceni		mg/kg s.t.	<0,001
Benzo(ghi) perilen		mg/kg s.t.	0,0836
Mineralna ulja	Vlastita metoda RU-M-14-4, izd. 4/14 od 13.01.2014.*	mg/kg s.t.	74543,5

	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17	
		STRANICA: 2/2	

Datum: 10.05.2019.
Redni broj: 441/19

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI	
BTEX	Vlastita metoda RU-M-52 izd. 5/15 od 07.09.2015.*	mg/kg s.t.	<0,1	
Benzen		mg/kg s.t.	<0,1	
Toluen		mg/kg s.t.	<0,1	
Etil-benzen		mg/kg s.t.	<0,1	
m+p ksilen		mg/kg s.t.	<0,1	
o-ksilen		mg/kg s.t.	<0,1	
Arsen, As	HRN EN ISO 11885:2010*	mg/kg s.t.	18,4	
Bakar, Cu		mg/kg s.t.	177	
Cink, Zn		mg/kg s.t.	69973	
Fosfor, P		mg/kg s.t.	6298	
Kadmij, Cd		mg/kg s.t.	4,87	
Krom, Cr		mg/kg s.t.	4013	
Nikal, Ni		mg/kg s.t.	161	
Olovo, Pb		mg/kg s.t.	157	
Živa, Hg		mg/kg s.t.	<0,103	
Aluminij, Al		HRN EN ISO 11885:2010	mg/kg s.t.	15229
Kalcij, Ca			mg/kg s.t.	42601
Kobalt, Co			mg/kg s.t.	44,6
Željezo, Fe			mg/kg s.t.	144063
Kalij, K			mg/kg s.t.	5680
Magnezij, Mg	mg/kg s.t.		5639	
Mangan, Mn	mg/kg s.t.		447	
Molibden, Mo	mg/kg s.t.		39,1	
Natrij, Na	mg/kg s.t.		1142	
Silicij, Si	mg/kg s.t.		1183	
Titan, Ti	mg/kg s.t.	539		

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:
Marija Turkalj, dipl. inž.


HIDRO.LAB.
 d.o.o.
 IČIĆI 1

Napomena: Ovi rezultati odnose se isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, IČIĆI - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17	
		STRANICA: 1/2	

Datum: 10.05.2019.
Redni broj: 442/19

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU FIZIKALNIH I KEMIJSKIH SVOJSTAVA MULJA

Naručitelj analize: AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
 Adresa: Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
 Oznaka uzorka za analizu: mulj 2
 Uzorak dostavljen: 30.04.2019.
 Analizirano: 30.04.-10.05.2019.
 Izgled uzorka: smeđe tlo, muljasto
 Miris: po naftnim derivatima

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Suha tvar	HRN EN 12880:2005	%	35,50
PAH, ukupni	Vlastita metoda RU-M-54 izd. 3/15 od 22.09.2015.*	mg/kg s.t.	28,4
Naftalen		mg/kg s.t.	0,239
Acenaftilen		mg/kg s.t.	0,146
Acenaften		mg/kg s.t.	0,436
Fluoren		mg/kg s.t.	1,13
Fenantren		mg/kg s.t.	9,07
Antracen		mg/kg s.t.	1,28
Fluoranten		mg/kg s.t.	2,75
Piren		mg/kg s.t.	7,91
Benzo(a) antracen		mg/kg s.t.	1,50
Krizen		mg/kg s.t.	3,22
Benzo(b) fluoranten		mg/kg s.t.	0,426
Benzo(k) fluoranten		mg/kg s.t.	<0,001
Benzo(a) piren		mg/kg s.t.	0,180
Indeno(1,2,3-cd) piren		mg/kg s.t.	<0,001
Dibenzo(a,h) antracen		mg/kg s.t.	<0,001
Benzo(ghi) perilen		mg/kg s.t.	0,166
Mineralna ulja	Vlastita metoda RU-M-14-4, izd. 4/14 od 13.01.2014.*	mg/kg s.t.	156392,1

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03
		IZDANJE: 08/17
		STRANICA: 2/2

Datum: 09.05.2019.
Redni broj: 442/19

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
BTEX	Vlastita metoda RU-M-52 izd. 5/15 od 07.09.2015.*	mg/kg s.t.	<0,1
Benzen		mg/kg s.t.	<0,1
Toluen		mg/kg s.t.	<0,1
Etil-benzen		mg/kg s.t.	<0,1
m+p ksilen		mg/kg s.t.	<0,1
o-ksilen		mg/kg s.t.	<0,1
Arsen, As	HRN EN ISO 11885:2010*	mg/kg s.t.	7,54
Bakar, Cu		mg/kg s.t.	62,0
Cink, Zn		mg/kg s.t.	38971
Fosfor, P		mg/kg s.t.	1726
Kadmij, Cd		mg/kg s.t.	1,43
Krom, Cr		mg/kg s.t.	986
Nikal, Ni		mg/kg s.t.	40,0
Olovo, Pb		mg/kg s.t.	24,2
Živa, Hg		mg/kg s.t.	<0,046
Aluminij, Al		HRN EN ISO 11885:2010	mg/kg s.t.
Kalcij, Ca	mg/kg s.t.		69425
Kobalt, Co	mg/kg s.t.		37,4
Željezo, Fe	mg/kg s.t.		49060
Kalij, K	mg/kg s.t.		5415
Magnezij, Mg	mg/kg s.t.		8979
Mangan, Mn	mg/kg s.t.		269
Molibden, Mo	mg/kg s.t.		8,56
Natrij, Na	mg/kg s.t.		491
Silicij, Si	mg/kg s.t.		653
Titan, Ti	mg/kg s.t.	676	

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:
 Marija Turkalj, dipl. inž.


 HIDRO.LAB.
 d.o.o.
 IČIČI 1

Napomena: Ovi rezultati odnose se isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, Ičići - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

List 1

 Hidro.Lab. <small>IZ OBLASTI ZAŠTITE OKOLIŠA</small>	IZRAČUN METALI U OTPADU	KODNA OZNAKA: OB-IZ-METALI
		IZDANJE: 1/13
		STRANICA: 1/1

BROJ UZORKA	METAL	VAJNA DULJINA	OČITANJE (mg/l)	MASA UZORKA (g)	VOLJMEN UZORKA (ml)	REZULTAT (mg/kg) <i>f</i>		
441/19 Su. 021	Ag	328,068	0,00122	0,9718	100	0,434		
	A	197,081	140	0,9718	100	15229		
	As	189,042	0,179	0,9718	100	10,4		
	B	200,959	0,593	0,9718	100	61,0		
	Ba	230,424	2,33	0,9718	100	240		
	B	173,193	0,0135	0,9718	100	1,39		
	Ca	220,861	414	0,9718	100	42601		
	Cd	214,436	0,0473	0,9718	100	4,87		
	Co	225,616	0,433	0,9718	100	44,6		
	Cr	205,652	39,3	0,9718	100	4013		
	Cu	327,306	1,72	0,9718	100	177	IZ OSUŠENOG UZORKA	
	Fe	239,147	1400	0,9718	100	144063		
	Ca	234,364	0,182	0,9718	100	19,3		
	Hf	277,358	0,433	0,9718	100	44,6		
	Ir	212,681	0,0224	0,9718	100	2,31		
	Hg	184,950	0,0010	0,9718	100	<0,103		
	Pb	234,881	0,0010	0,9718	100	<0,103		
	K	766,699	56,2	0,9718	100	5680		
	Li	670,754	0,430	0,9718	100	44,2		
	Mg	296,213	64,8	0,9718	100	5639		
	Mn	299,373	4,34	0,9718	100	447		
	Mo	202,030	0,380	0,9718	100	39,1		
	Na	568,552	11,1	0,9718	100	1142		
	Ni	251,800	1,99	0,9718	100	161		
P	177,199	61,2	0,9718	100	6298			
Pb	270,353	1,53	0,9718	100	157			
Se	208,833	0,884	0,9718	100	70,4			

Izradio: Ana Jurečić, dipl. Ing.

Datum: 23.04.2013.

Potpis djelatnika: *Bložew*

08.05.2013.

Stranica 1

Lisrt

 Hidro.Lab. <small>Laboratorij za hidrološka ispitivanja</small>	IZRAČUN METALI U OTPADU	KODNA OZNAKA: OB-IZ-METALI
		IZDANJE: 1/13
		STRANICA: 1/1

REDNI UZORKA	METAL	VALNA DULJINA	OCITANJE (mg/l)	MASA UZORKA (g)	VOLU MEN UZORKA (ml)	REZULTAT (mg/kg) \times		
44219 Su.	Ag	328,008	0,00019	2,1600	100	0,286		
	Al	187,081	321	2,1600	100	14857		
	As	190,042	0,163	2,1600	100	7,64		
	B	208,855	0,904	2,1600	100	41,8		
	Ba	230,424	1,10	2,1600	100	50,9		
	Bi	179,193	0,0010	2,1600	100	<0,046		
	Ca	220,001	1500	2,1600	100	69425		
	Cd	214,438	0,0310	2,1600	100	1,43		
	Ce	228,618	0,607	2,1600	100	37,4		
	Cr	206,662	2,3	2,1600	100	986		
	Cu	327,388	1,54	2,1600	100	62,0		IZ OSUŠENOG UZORKA
	Fe	236,147	1060	2,1600	100	49060		
	Ga	294,884	0,166	2,1600	100	9,21		
	Hf	277,330	0,206	2,1600	100	13,7		
	Ir	312,581	0,00545	2,1600	100	0,253		
	Hg	184,950	0,0010	2,1600	100	<0,046		
	Be	284,861	0,0010	2,1600	100	<0,046		
	K	788,896	117	2,1600	100	5415		
	Li	670,784	1,02	2,1600	100	47,2		
	Mg	280,213	190	2,1600	100	8979		
Mn	259,673	5,82	2,1600	100	269			
Mo	202,030	0,165	2,1600	100	8,66			
Na	590,882	10,6	2,1600	100	491			
Ni	231,804	0,665	2,1600	100	40,0			
P	177,480	37,3	2,1600	100	1726			
Pb	220,353	0,523	2,1600	100	24,2			
Sb	208,833	0,531	2,1600	100	15,3			

Izradio: Ana Juretić, dipl.ing.

Datum: 27.04.2019.

Potpis glavnika:

Blažew

08.05.2019.

Stranica 1

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17	
		STRANICA: 1/2	

Datum: 02.10.2019.
Redni broj: 897/19

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU FIZIKALNIH I KEMIJSKIH SVOJSTAVA TLA

Naručitelj analize: AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
 Adresa: Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
 Mjesto uzorkovanja: Zagreb, Agronomski fakultet - na lokaciji
 Oznaka uzorka za analizu: tlo 1
 Uzorak dostavljen: 20.09.2019.
 Analizirano: 20.09.-02.10.2019.
 Izgled uzorka: tamno smeđe tlo
 Miris: neodređen

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Suha tvar	HRN EN 12880:2005	%	7,78
PAH, ukupni	Vlastita metoda RU-M-54 izd. 3/15 od 22.09.2015.*	mg/kg st.	1,83
Naftalen		mg/kg st.	0,350
Acenaftilen		mg/kg st.	0,0282
Acenaften		mg/kg st.	0,0712
Fluoren		mg/kg st.	0,155
Fenantren		mg/kg st.	0,301
Antracen		mg/kg st.	<0,001
Fluoranten		mg/kg st.	0,353
Piren		mg/kg st.	0,289
Benzo(a) antracen		mg/kg st.	0,170
Krizen		mg/kg st.	0,0852
Benzo(b) fluoranten		mg/kg st.	<0,001
Benzo(k) fluoranten		mg/kg st.	0,0266
Benzo(a) piren		mg/kg st.	<0,001
Indeno(1,2,3-cd) piren		mg/kg st.	<0,001
Dibenzo(a,h) antracen		mg/kg st.	<0,001
Benzo(ghi) perilen		mg/kg st.	<0,001
Mineralna ulja	Vlastita metoda RU-M-14-4, izd. 4/14 od 13.01.2014.*	mg/kg st.	3120,0

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03 IZDANJE: 08/17 STRANICA: 2/2
---	----------------------------	--

Datum: 02.10.2019.
Redni broj: 897/19

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Bakar, Cu	HRN EN ISO 11885:2010*	mg/kg zrakosuhog tla	30,4
Arsen, As		mg/kg zrakosuhog tla	29,0
Cink, Zn		mg/kg zrakosuhog tla	1411
Kadmij, Cd		mg/kg zrakosuhog tla	0,261
Kobalt, Co		mg/kg zrakosuhog tla	4,62
Krom, Cr		mg/kg zrakosuhog tla	41,0
Molibden, Mo		mg/kg zrakosuhog tla	7,66
Nikal, Ni		mg/kg zrakosuhog tla	20,1
Olovo, Pb		mg/kg zrakosuhog tla	17,0
Živa, Hg		mg/kg zrakosuhog tla	<0,099

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:
 Marija Turkalj, dipl. inž.


HIDRO.LAB.
 d.o.o.
 IČIČI 1

Napomena: Ovi rezultati odnose se isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, Ičići - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17	
		STRANICA: 1/2	

Datum: 02.10.2019.
Redni broj: 898/19

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU FIZIKALNIH I KEMIJSKIH SVOJSTAVA TLA

Naručitelj analize: AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
 Adresa: Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
 Mjesto uzorkovanja: Zagreb, Agronomski fakultet - na lokaciji
 Oznaka uzorka za analizu: tlo 2
 Uzorak dostavljen: 20.09.2019.
 Analizirano: 20.09.-02.10.2019.
 Izgled uzorka: tamno smeđe tlo
 Miris: neodređen

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Suha tvar	HRN EN 12880:2005	%	55,54
PAH, ukupni	Vlastita metoda RU-M-54 izd. 3/15 od 22.09.2015.*	mg/kg st.	0,492
Naftalen		mg/kg st.	0,0518
Acenaftilen		mg/kg st.	<0,001
Acenaften		mg/kg st.	0,0279
Fluoren		mg/kg st.	0,0208
Fenantren		mg/kg st.	0,0307
Antracen		mg/kg st.	<0,001
Fluoranten		mg/kg st.	0,208
Piren		mg/kg st.	0,120
Benzo(a) antracen		mg/kg st.	0,0157
Krizen		mg/kg st.	<0,001
Benzo(b) fluoranten		mg/kg st.	0,0178
Benzo(k) fluoranten		mg/kg st.	<0,001
Benzo(a) piren		mg/kg st.	<0,001
Indeno(1,2,3-cd) piren		mg/kg st.	<0,001
Dibenzo(a,h) antracen		mg/kg st.	<0,001
Benzo(ghi) perilen		mg/kg st.	<0,001
Mineralna ulja	Vlastita metoda RU-M-14-4, izd. 4/14 od 13.01.2014.*	mg/kg st.	200,9

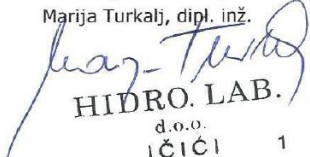
 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03 IZDANJE: 08/17 STRANICA: 2/2
---	----------------------------	--

Datum: 02.10.2019.
Redni broj: 898/19

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Bakar, Cu	HRN EN ISO 11885:2010*	mg/kg zrakosuhog tla	19,5
Arsen, As		mg/kg zrakosuhog tla	15,5
Cink, Zn		mg/kg zrakosuhog tla	101
Kadmij, Cd		mg/kg zrakosuhog tla	1,11
Kobalt, Co		mg/kg zrakosuhog tla	9,30
Krom, Cr		mg/kg zrakosuhog tla	67,7
Molibden, Mo		mg/kg zrakosuhog tla	25,2
Nikal, Ni		mg/kg zrakosuhog tla	38,3
Olovo, Pb		mg/kg zrakosuhog tla	24,4
Živa, Hg		mg/kg zrakosuhog tla	<0,096

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:
 Marija Turkalj, dipl. inž.


HIDRO.LAB.
 d.o.o.
 IČIČI 1

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17 STRANICA: 1/2	

Datum: 02.10.2019.
Redni broj: 899/19

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU FIZIKALNIH I KEMIJSKIH SVOJSTAVA TLA

Naručitelj analize: AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
 Adresa: Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb
 Mjesto uzorkovanja: Zagreb, Agronomski fakultet - na lokaciji
 Oznaka uzorka za analizu: tlo 4
 Uzorak dostavljen: 20.09.2019.
 Analizirano: 20.09.-02.10.2019.
 Izgled uzorka: smeđe tlo
 Miris: neodređen

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Suha tvar	HRN EN 12880:2005	%	53,90
PAH, ukupni	Vlastita metoda RU-M-54 izd. 3/15 od 22.09.2015.*	mg/kg st.	<0,001
Naftalen		mg/kg st.	<0,001
Acenaftilen		mg/kg st.	<0,001
Acenaften		mg/kg st.	<0,001
Fluoren		mg/kg st.	<0,001
Fenantren		mg/kg st.	<0,001
Antracen		mg/kg st.	<0,001
Fluoranten		mg/kg st.	<0,001
Piren		mg/kg st.	<0,001
Benzo(a) antracen		mg/kg st.	<0,001
Krizen		mg/kg st.	<0,001
Benzo(b) fluoranten		mg/kg st.	<0,001
Benzo(k) fluoranten		mg/kg st.	<0,001
Benzo(a) piren		mg/kg st.	<0,001
Indeno(1,2,3-cd) piren		mg/kg st.	<0,001
Dibenzo(a,h) antracen		mg/kg st.	<0,001
Benzo(ghi) perilen		mg/kg st.	<0,001
Mineralna ulja	Vlastita metoda RU-M-14-4, izd. 4/14 od 13.01.2014.*	mg/kg st.	38,1

 Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE	KODNA OZNAKA: OB-O-TL-AI-03	
		IZDANJE: 08/17	
		STRANICA: 2/2	

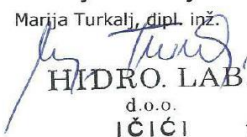
Datum: 02.10.2019.
Redni broj: 899/19

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI
Bakar, Cu	HRN EN ISO 11885:2010*	mg/kg zrakosuhog tla	1,99
Arsen, As		mg/kg zrakosuhog tla	3,47
Cink, Zn		mg/kg zrakosuhog tla	4,42
Kadmij, Cd		mg/kg zrakosuhog tla	<0,163
Kobalt, Co		mg/kg zrakosuhog tla	0,518
Krom, Cr		mg/kg zrakosuhog tla	3,76
Molibden, Mo		mg/kg zrakosuhog tla	2,03
Nikal, Ni		mg/kg zrakosuhog tla	2,41
Olovo, Pb		mg/kg zrakosuhog tla	0,796
Živa, Hg		mg/kg zrakosuhog tla	0,438

Akreditirane metode su označene znakom *

Voditelj laboratorija:

Marja Turkalj, dipl. inž.


HIĐRO. LAB.
 d.o.o.
 IČIĆI 1

Napomena: Ovi rezultati odnose se isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, Ičići - Laboratorij Rijeka, Ružićeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

 Hidro.Lab. d Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE VODA	KODNA OZNAKA: OB-V-AI-02 IZDANJE: 03/17 STRANICA: 1/1 Datum: 07.10.2019. Redni broj: 1711/19
--	-------------------------------------	---

AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
Svetošimunska cesta 25
10 000 Zagreb

Vrsta uzorka: uzorak vode - 109
 Uzorak dostavljen: Zagreb, Agronomski fakultet - na lokaciji
 Datum dostavljanja: 20.09.2019.
 Analizirano: 20.09.-07.10.2019.
 Izgled uzorka: bistra, bezbojna tekućina
 Miris: bez mirisa

Naziv parametra	Metoda	Mj.jed	REZULTATI
Mineralna ulja (indeks ugljikovodika)	HRN EN ISO 9377-2:2002*	µg/l	313

Akreditirane metode su označene znakom *.

Voditelj laboratorija:
Marija Turkalj, dipl. inž.



HIDRO. LAB.
d.o.o.
IČIČI 1

Napomena: Ovi rezultati se odnose isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, Ičići - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

 Hidro.Lab. Laboratorij za ekološka ispitivanja	ANALITIČKO IZVJEŠĆE VODA	KODNA OZNAKA: OB-V-AI-02 IZDANJE: 03/17 STRANICA:1/1 
--	-------------------------------------	---

AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
 Svetošimunska cesta 25
 10 000 Zagreb

Datum: 07.10.2019.
Redni broj: 1712/19

Vrsta uzorka: uzorak vode - 110
 Uzorak dostavljen: Zagreb, Agronomski fakultet - na lokaciji
 Datum dostavljanja: 20.09.2019.
 Analizirano: 20.09.-07.10.2019.
 Izgled uzorka: bistra, bezbojna tekućina
 Miris: bez mirisa

Naziv parametra	Metoda	Mj.jed	REZULTATI
Mineralna ulja (indeks ugljikovodika)	HRN EN ISO 9377-2:2002*	µg/l	24

Akreditirane metode su označene znakom *.

Voditelj laboratorija:
 Marija Turkalj, dipl. inž.



HIDRO. LAB.
 d.o.o.
 IČIĆI 1

Napomena: Ovi rezultati se odnose isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, Ičići - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566

 <p>Hidro.Lab. d.o.o. Laboratorij za ekološka ispitivanja</p>	<p>ANALITIČKO IZVJEŠĆE VODA</p>	KODNA OZNAKA: OB-V-AI-02
		IZDANJE: 03/17
		STRANICA: 1/1

AGRONOMSKI FAKULTET U ZAGREBU
Svetošimunska cesta 25
10 000 Zagreb

Datum: 07.10.2019.

Redni broj: 1713/19

Vrsta uzorka: uzorak vode - 112
Uzorak dostavljen: Zagreb, Agronomski fakultet - na lokaciji
Datum dostavljanja: 20.09.2019.
Analizirano: 20.09.-07.10.2019.
Izgled uzorka: bistra, bezbojna tekućina
Miris: bez mirisa

Naziv parametra	Metoda	Mj.jed	REZULTATI
Mineralna ulja (indeks ugljikovodika)	HRN EN ISO 9377-2:2002*	µg/l	180

Akreditirane metode su označene znakom *.

Voditelj laboratorija:
Marija Turkalj / dipl. inž.


HIDRO. LAB.
d.o.o.
IČIČI 1

Napomena: Ovi rezultati se odnose isključivo na analizirani uzorak

Hidro.Lab. d.o.o. Kolavići 5, Ičići - Laboratorij Rijeka, Ružičeva 32, Rijeka; tel: 051/268-565; fax: 051/268-566