



## Uvod

U ovom radu, proučavana je mogućnost primene autohtonog zimogenog konzorcijuma mikroorganizama za bioremedijaciju naftnog zagađenja, kao i mogućnost nastanka huminskih supstanci tokom procesa bioremedijacije. Naime, neki istraživači (1) smatraju da tokom biorazgradnje policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH) nastaju supstance slične huminskim, što je veoma značajno, s' obzirom da huminske supstance predstavljaju jedan od ključnih elemenata kvaliteta zemljišta.

U cilju ispitivanja navedene hipoteze, dizajnirano je pilot postrojenje za bioremedijaciju, i praćenje promena u ugljovodoničnom sastavu, kao i promena u sastavu huminskih supstanci.

## Materijal i metode

Pilot eksperiment bioremedijacije je realizovan u otvorenim sudovima od 1m<sup>3</sup> u količini od 0,6 m<sup>3</sup> u trajanju od 90 dana. Jedan sud predstavlja kontrolu i u njemu su umešani piljevina, pesak i otpadni mazut. Piljevina se dodaje u cilju povećanja retencionog vodnog kapaciteta, aeracije, ali i kao alternativni izvor ugljenika. U drugi sud su pored piljevine, peska i otpadnog mazuta dodati biostimulatori, izvori azota i fosfora (amonijum-nitrat i kalijum-difosfat) i biomasa.

Huminske supstance su ekstrahovane iz 40g uzorka sa 200 ml NaOH/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (2). Nakon odvajanja taloga, huminske kiseline precipitiraju iz supernatanta zakišeljavanjem sa 6M hlorovodoničnom kiselinom do pH 1. U supernatantu se nalazi fulvo frakcija, koja se na DAX smoli razdvaja na frakciju fulvo kiselina i na frakciju nehuminskih supstanci (3).

Ukupni ugljovodoniči nafta (TPH) su određivani prema ISO 16703 (4).

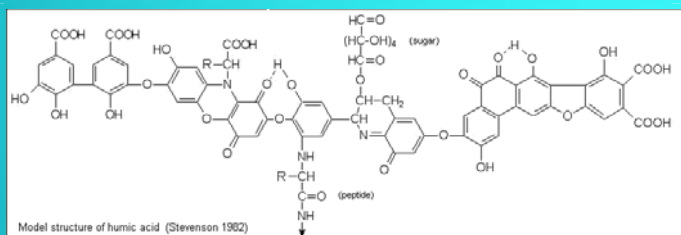
## Rezultati

Početna vrednost TPH u pilot postrojenju je iznosila 22 g/kg. Na kraju eksperimenta, ukupni ugljovodoniči su smanjeni na 7 g/kg u sudu sa biomasom, dok je u kontrolnom sudu ta vrednost iznosila 19 g/kg. Sadržaj huminskih kiselina, u početnom uzorku ih je bilo 0,23%, na kraju eksperimenta u inokulisanom sudu sadržaj huminskih kiselina je porastao na 0,70%, dok je u kontrolnom sudu primećeno neznatno povećanje sa 0,23% na 0,27%.

Humifikacija je praćena kvantifikacijom i monitoringom nastanka huminskih supstanci. Parametri koji mere razvoj huminskih supstanci su: stepen ekstrakcije (TE = C<sub>HS</sub>/C), odnos huminskih prema fulvo kiselinama (C<sub>HA</sub>/C<sub>FA</sub>), indeks polimerizacije (IP=C<sub>FF</sub>/C<sub>HS</sub>).

C<sub>HA</sub>, C<sub>HS</sub>, C<sub>FF</sub>, C<sub>FA</sub> i C predstavljaju rastvoreni organski ugljenik redom u huminskim kiselinama, u huminskim supstancama, u fulvo frakciji, u fulvo kiselinama i ukupni organski ugljenik u čvrstom uzorku.

Tabela 1. Sadržaj ugljenika u čvrsoj frakciji, rastvoreni ugljenik u huminskim frakcijama i parametri humifikacije



Na slici je prikazan hipotetički model strukture huminskih kiselina

Tabela 1. Sadržaj ugljenika u čvrsoj frakciji, rastvoreni ugljenik u huminskim frakcijama i parametri humifikacije

	C mg/g	C <sub>HS</sub> mg/g	C <sub>HA</sub> mg/g	C <sub>FA</sub> mg/g	C <sub>FF</sub> mg/g	C <sub>HA</sub> /C <sub>FA</sub>	IP	TE
Početni uzorak	49,5	6,05	3,40	2,04	3,17	1,67	0,52	0,12
Kontrola	48,8	6,28	3,61	1,91	3,1	1,89	0,49	0,13
Sud sa biomasom	42,2	7,9	4,82	1,16	2,5	4,15	0,31	0,19

IP: C<sub>FF</sub>/C<sub>HS</sub>; TE: C<sub>HS</sub>/C; FF: fulvo frakcija (fulvo kiseline+nehuminske supstance)

## Literatura

1. B. P. Ressler, Applied Microbiology and Biotechnology, Vol 53 (1999) p.85
2. ISO 5073, Brown coals and lignites — Determination of humic acids (1999).
3. www. humicsubstances.org - International Humic Substances Society
4. ISO 16703, Soil quality-Determination of content of hydrocarbon in the range C10-C40 by gas chromatography
5. M. Domeizel, A. Khalil, P. Prudent, Bioresource Technology 94 (2004) p.177

## Zaključak

Dobijeni rezultati ukazuju na nastanak huminskih supstanci tokom eksperimenta, potvrđujući hipotezu o simultanom procesu bioremedijacije i humifikacije, što je veoma važno sa aspekta ozdravljenja zemljišta.