

Razvoj inovativne sanitarne ureditve in čiščenja odpadnih voda oddaljenih turističnih objektov

Tjaša Griessler Bulc, Aleksandra Krivograd Klemenčič
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

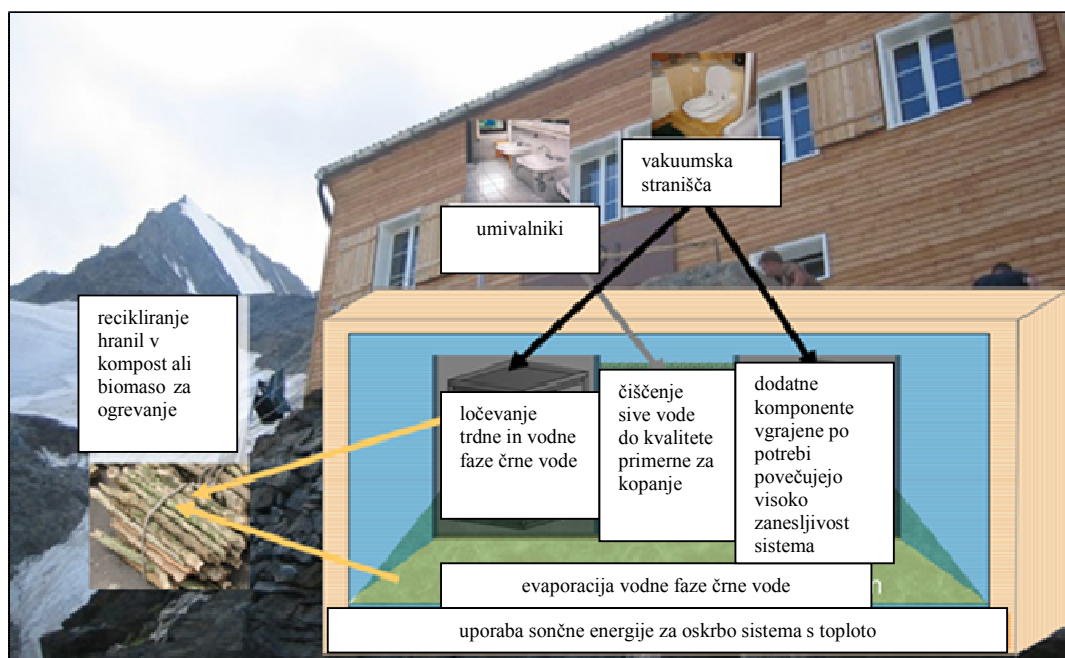
IZVLEČEK

V prispevku je prikazana zasnova raziskave in preliminarni rezultati inovativnega, kompaktnega sistema za čiščenje odpadnih vod po principu »brez odpadka« iz oddaljenih turističnih naselij kot so gorske kočice in stavbe na občutljivih obalnih ali kraških območjih. Zanimanje za tovrstni pristop je posledica zahtevnosti predpisov, ki jih morajo izpolnjevati ponudniki turističnih storitev na eni strani in vse večjimi pričakovanji turistov na drugi strani glede zaščite in ohranitve okolja. Cilj raziskave v okviru 7OP Sanbox je kompakten, varčen, visoko učinkovit sistem čiščenja odpadne vode, ki ločuje vodo na samem izvoru in je brez emisij glede izpustov črne vode, medtem ko izpusti sive vode ustrezajo kvaliteti vode primerni za kopanje.

IZHODIŠČA

Obstoječi čistilni sistemi za čiščenje odpadnih voda iz gospodinjstev običajno čistijo mešanico vode iz stranišč (črna voda) in vode iz kuhinje ter kopalnice (siva voda) v skupnem procesu. Nekateri od teh sistemov za delovanje potrebujejo različna kemijska sredstva in veliko energije. Druga slabost obstoječih sistemov je nestabilna učinkovitost delovanja in slabo odstranjevanje patogenih mikroorganizmov (1, 2). Mnogo teh sistemov zaradi zgoraj naštetega ne izpolnjuje stroge zakonodaje glede izpustov odpadne vode na občutljivih območjih brez vključevanja dodatnih sredstev in dragih dezinfekcijskih enot.

Mnoga turistična naselja na oddaljenih območjih se soočajo s strogo zakonodajo, ekstremnimi klimatskimi pogoji, omejenimi viri energije in vode ter velikimi sezonskimi nihanjem obiskovalcev. Obstoječi sanitarni sistemi, zasnovani tako, da zadostijo vsem zgoraj naštetim pogojem in potrebam, so velikokrat ekonomsko nesprejemljivi zaradi tehnične zapletenosti, visokih stroškov vzdrževanja in velike porabe energije. Številni od obstoječih sistemov, kot so na primer kompostna stranišča, pa poleg tega ne zadostijo pričakovani sodobnega turista glede standardov udobnosti. Na oddaljenih turističnih območjih vse bolj narašča potreba po bolj učinkovitih in ekonomsko bolj dosegljivih sanitarnih sistemih zaradi naraščajočega števila turistov, evropske strategije razvoja ruralnih območij (2006/144/EC) in višjih okoljskih standardov podprtih z evropsko zakonodajo kot je Okvirna Vodna direktiva (2000/60/EC).



Slika 1: Prototip Sanbox sanitarnega sistema za oddaljene turistične objekte.

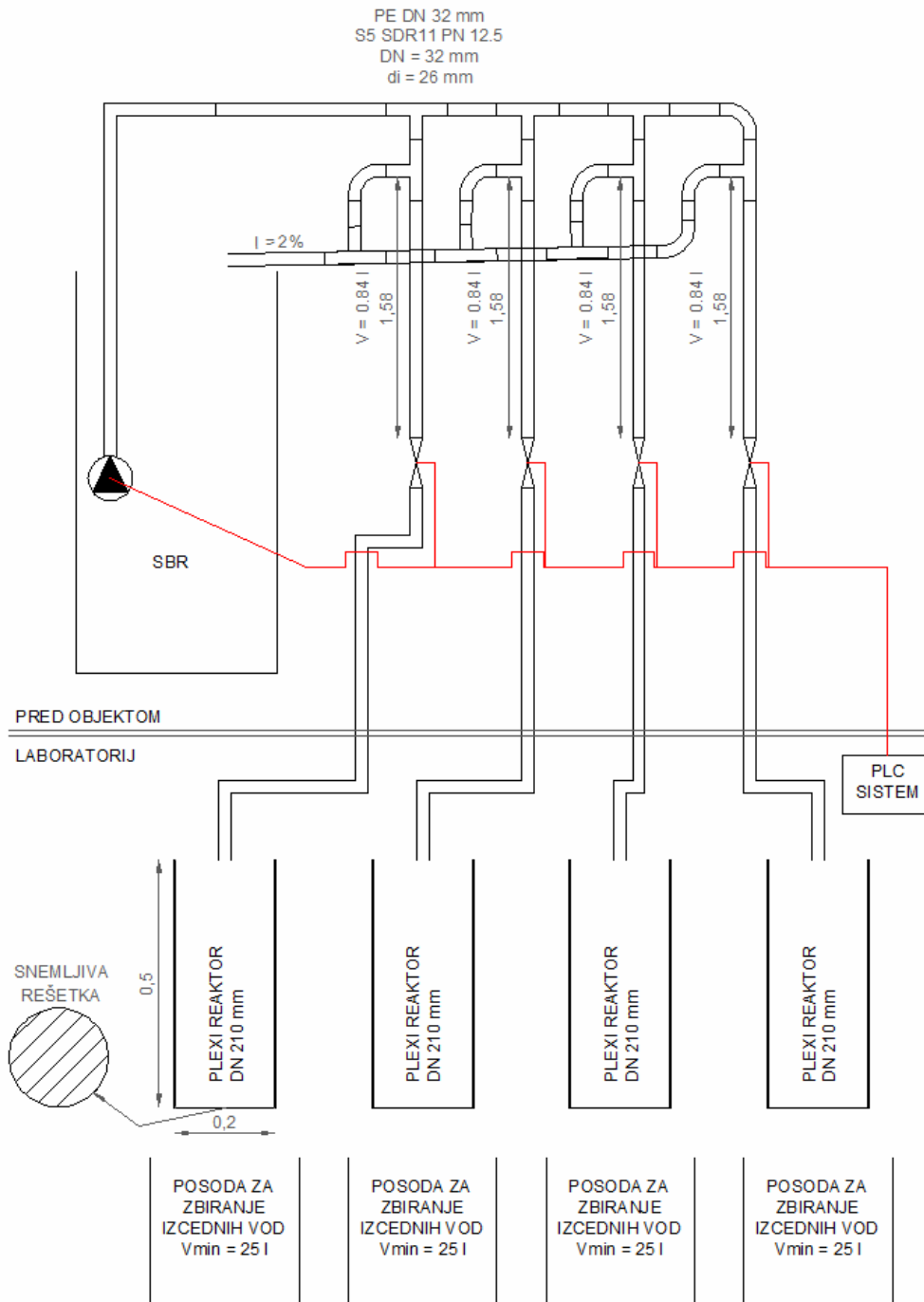
Skupina petih evropskih podjetij in štirih evropskih raziskovalnih organizacij se je v okviru 7 OP Sanbox povezala z namenom razviti inovativen, kompakten sistem za čiščenje odpadnih voda po principu »brez odpadka« iz oddaljenih turističnih naselij kot so gorske kočice in stavbe na občutljivih obalnih ali kraških območjih. Sanbox je kompakten, varčen, visoko učinkovit sistem čiščenja odpadne vode, ki ločuje vodo na samem izvoru in je brez emisij glede izpustov črne vode, medtem ko izpusti sive vode ustrezajo kvaliteti vode primerni za kopanje. Raziskave so usmerjene v razvoj posameznih tehničnih komponent sistema, ki vključuje module za ločeno čiščenje črne in sive vode ter rastlinske čistilne naprave, ki imajo visoko evapotranspiracijski potencial. V prispevku so predstavljeni prototipi sistema, ki jih bomo postavili v Sloveniji, na Norveškem in v Švici, prilagojeni različnim klimatskim pogojem v ranljivem gorskem in obalnem okolju. Ker Sanbox poganja sončna energija, ga lahko vgradimo tudi v ekstremne turistične objekte kot so na primer visokogorske kočice (Slika 1).

Preliminarni rezultati laboratorijskih raziskav ločevanja trdne in vodne faze črne vode s poudarkom na filtraciji z različnimi filtri

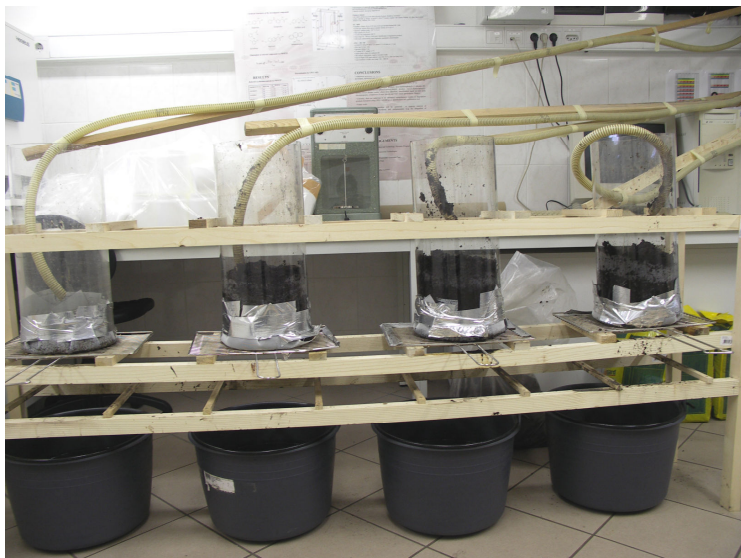
Mehanski filtrirni sistemi opisani v literaturi uporabljajo filtre z velikostjo odprtin od 35-2000 μm . Večina teh sistemov je zasnovana z namenom odstranjevanja grobih delcev večjih od 100-500 μm (3). V vakuumskih straniščih vakuumska črpalka grobe delce razkosa, zato ta črna voda vsebuje drugačno sestavo delcev kot črna voda iz navadnih stranišč. Filtri z velikostjo odprtin 100 μm lahko odstranijo samo manjši del celokupnih suspendiranih snovi (TSS), ker je največji delež delcev manjši od 100 μm . Prvi cilj raziskave je bil ugotoviti razporeditev delcev po velikosti v črni vodi, drugi cilj raziskave je evalvacija možnosti uporabe mehanske filtracije in filtracije z organskimi filtri za čiščenje črne vode. Zanima nas predvsem nosilna obremenitev različnih filtrirnih substratov (lubje, šota) in njihovih mešanice ter sama učinkovitost filtracije z namenom ločevanja trdne in tekoče faze. V prispevku so predstavljeni preliminarni rezultati filtracije črne vode z lubjem.

METODE

Poskus so sestavljale štiri vzporedne kolone iz »pleksi« stekla premera 20 cm in dolžine 50 cm, na dnu katerih je bila pritrjena plastična mreža z velikostjo odprtin 1000 μm (Sliki 2 in 3). Kolone so bile postavljene na lesenem nosilcu, pod katerim so bile nameščene štiri 25 L zbirne posode.



Slika 2: Shema laboratorijskega poskusa ločevanja vodne in trdne faze črne vode.



Slika 3: Laboratorijski poskus ločevanja vodne in trdne faze črne vode s pomočjo filtracije z lubjem.

Tri kolone so bile napolnjene s 15 cm debelo plastjo lubja, tretja kolona je služila kot referenca. Uporabili smo komercialno dostopno, naravno, zdrobljeno lubje iglavcev proizvajalca Terrasan, Madžarska, ki se uporablja za zastiranje površin z rastlinami. pH (CaCl_2) lubja je 5 z velikostjo delcev od 0 do 40 mm. Vir črne vode je bil naknadni usedalnik šaržnega biološkega reaktorja (SBR), iz katerega je v vsako kolono steklo 25 x 0,8 L črne vode na dan (20 L na kolono) z izjemo vikendov, ko je poskus miroval. 0,8 L črne vode ustreza količini vode enkratnega spiranja ob potegu na vakuumskem stranišču. 25 spiranj na dan je bilo razdeljenih v tri sekvence, kot so prikazane v preglednici 1.

Predstavljene tri sekvence odražajo pričakovane dnevne obremenitve na turističnih objektih, ki nudijo gostom tudi nočitve. Tekom dneva sta predvidena dva večja vrhova obremenitve s črno vodo, to je zjutraj ko gostje vstanejo in zvečer pred spanjem. Manjši vrh je pričakovan tudi sredi dneva, ko se gostje vrnejo v turistični objekt na kosilo in počitek (4). Poskus je potekal od 7. do 26. avgusta 2009. V vsako kolono je v času poskusa skupaj steklo 280 L črne vode. Vzorčevanje vode je potekalo dnevno na dotoku v kolone in sicer pred prvim in pred zadnjim spiranjem zaradi pričakovanega visokega nihanja vsebnosti TSS na iztoku iz SBR ter na iztoku po filtriranju v kolonah. Skupno smo odvzeli 32 vzorcev vode na dotoku in 16 na iztoku. V vsakem vzorcu smo izmerili temperaturo vode, volumen vzorca ter TSS po standardu ISO 11923. Tekom poskusa smo dvakrat (17.8.2009 in 24.8.2009) določili tudi razporeditev delcev po velikosti na dotoku s pomočjo filtracije skozi filtre z različno velikostjo odprtin. Po zaključenem poskusu smo vzeli vzorec zgornje in vzorec spodnje plasti lubja iz prvih treh kolon za določanje deleža organske in anorganske snovi.

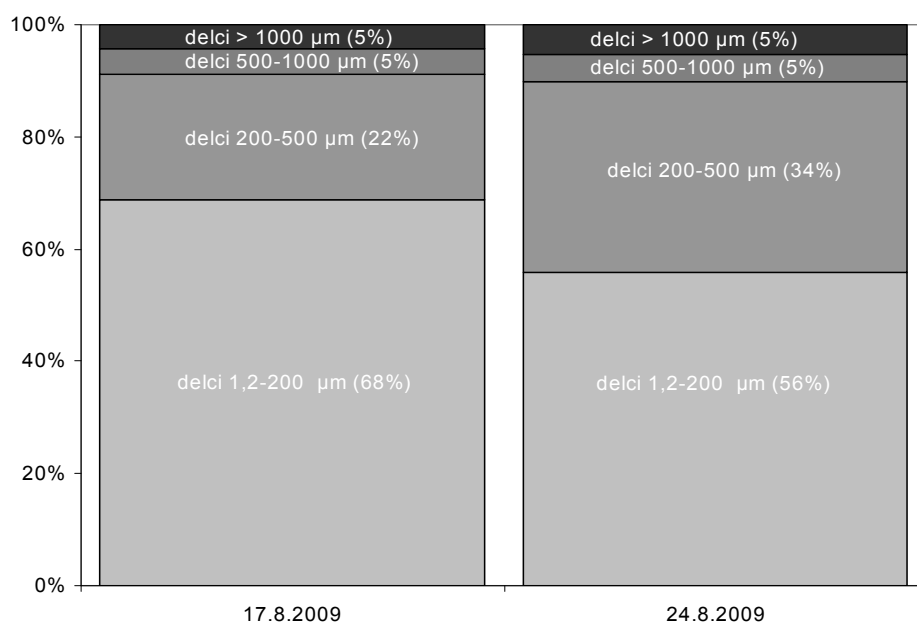
Preglednica 1: Časovna razporeditev, število spiranj ter intervali med spiranji pri laboratorijskem poskusu ločevanja vodne in trdne faze črne vode s pomočjo filtracije z lubjem.

sekvenca	čas	število potegov	časovni interval
1	08:00-9:00	10	5 min
2	11:00-12:00	5	12 min
3	14:00-15:00	10	5 min

REZULTATI IN RAZPRAVA

Razporeditev delcev po velikosti

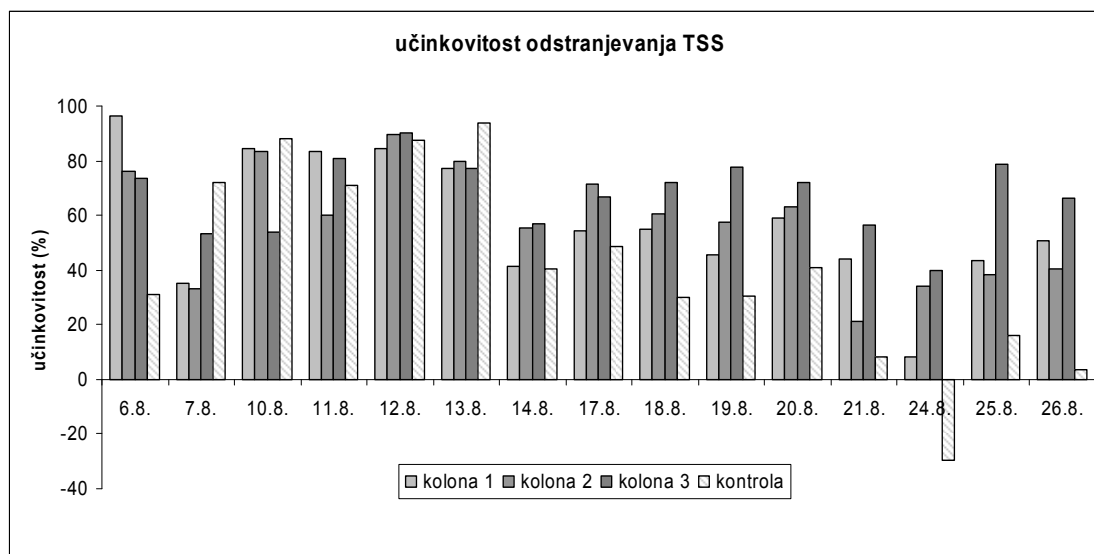
Analiza razporeditve delcev (Slika 4) je pokazala, da je bila v črni vodi iz SBR večina delcev manjših od 200 μm (56-68 %), 22-34 % delcev je bilo velikostnega razreda 200-500 μm , 5 % je bilo velikostnega razreda 500-1000 μm in 5 % delcev je bilo večjih od 1000 μm . Naše podatke smo primerjali s podatki pridobljenimi v poskusu, ki so ga izvedli na Norveškem (Norwegian University of Life Sciences) s črno vodo iz vakuumskih stranišč. Primerjava je pokazala, da vsebuje črna voda iz vakuumskih stranišč bistveno večji delež manjših delcev, več kot 90 % delcev je bilo manjših od 100 μm . Velikost delcev, ki jih vsebuje črna voda je izredno pomembna pri odločitvi, kateri postopek mehanske filtracije uporabiti. Uporabljen filter iz drobljenega lubja je bil učinkovit za čiščenje črne vode iz SBR, vendar pa se postavlja vprašanje ali bo v primeru čiščenja črne vode iz vakuumskih stranišč v prototipu prišlo, zaradi visoke vsebnosti delcev manjših od 100 μm , do zamašitve por in mašenja. Mehanska filtracija za ločevanje trdne in tekoče faze črne vode iz vakuumskih stranišč je namreč najboljša, če uporabimo filtre z zelo majhno velikostjo odprtin, ki pa se lahko hitro zamašijo. 1,2 μm membrana, ki so jo uporabili na Norveškem za TSS analizo, se je zamašila po filtraciji 15-20 mL vzorca, kar odgovarja obremenitvi 10-13 mm (10-13 L/m³).



Slika 4: Razporeditev delcev po velikosti v črni vodi na dotoku v kolone.

Učinkovitost odstranjevanja TSS

Vsebnost TSS v vzorcih črne vode na dotoku v kolone se je gibala med 208 in 12,822 mg/L. Visoko nihanje vsebnosti TSS nakazuje na nehomogeno razporeditev delcev v naknadnem usedalniku SBR. Voda v rezervoarju se je mešala le takrat, ko se je vključila črpalka za črpanje vzorcev v kolone. Iz slike 5 je razvidno, da je učinkovitost odstranjevanja TSS med posameznimi kolonami zelo nihala, odstopanja so bila velika tudi po dnevih. Učinkovitost odstranjevanja TSS se je za prvo kolono gibala med 8-96 %, za drugo kolono 21-90 %, za tretjo kolono 40-90 % in za kontrolo -29-93 %. Od sedmega dneva poskusa dalje se je začela kazati razlika med učinkovitostjo odstranjevanja TSS

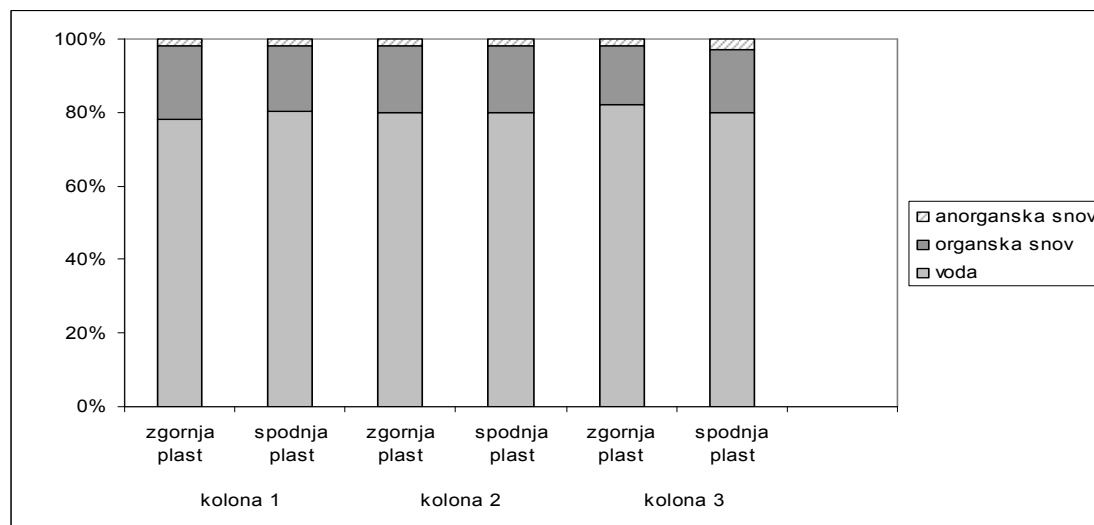


Slika 5: Učinkovitost odstranjevanja TSS iz črne vode v mesecu avgustu.

prvih treh kolon in kontrole. Najbolj učinkovito je TSS odstranjevala tretja kolona. Opazili smo, da se je črna voda v tretji koloni zaradi lege in dolžine dotočne cevi razporedila bolj enakomerno po površini lubja kot v prvih dveh kolonah, kar pomeni da so rezultati odvisni tudi od načina vnosa črne vode na filtrirni material.

Delež organske in anorganske snovi v lubju po zaključenem poskusu

Analiza razmerja med organsko in anorgansko snovjo v zgornji in spodnji plasti lubja je pokazala (Slika 6), da je bilo v vseh treh kolonah razmerje med organsko in anorgansko snovjo v zgornji in spodnji plasti lubja enako. Iz tega lahko sklepamo, da je filtracija delcev potekala enakomerno po stolpcu filtrirnega materiala in ne samo v zgornji plasti lubja, za razliko od poskusa na Norveškem s šoto, kjer je bila pri filtraciji odločilna le zgornja plast.



Slika 6: Razmerje med organsko in anorgansko snovjo v lubju po zaključku poskusa.

SKLEP

Rezultati analize velikosti delcev v črni vodi nakazujejo, da konvencionalni mehanski filtri za čiščenje odpadnih voda niso najbolj primerna rešitev za čiščenje črne vode iz vakuumskih stranišč, zaradi prevelikih odprtih oziroma hitrega mašenja v primeru manjših odprtih. Filtri iz organske snovi naj bi delovali veliko bolje, saj delujejo bolj na osnovi fizikalnih in kemijskih adsorpcijskih procesov in jih je možno po zamašitvi kompostirati. Rezultati čiščenja črne vode s pomočjo lubja so pokazali, da je bilo lubje dokaj učinkovito za čiščenje črne vode, vendar je učinkovitost odstranjevanja TSS močno nihala (8-96 %). V naslednjih nekaj mesecih bomo izvedli še podobne poskuse s šoto in različnimi mešanici filtrirnih substratov. Dobljeni rezultati bodo osnova za nadaljnje procese kompostiranja in čiščenja v rastlinski čistilni napravi ter zasnovi prototipa na Sečoveljskih solinah.

SEZNAM OKRAJŠAV

TSS celokupne suspendirane snovi
SBR šaržni biološki reaktor
7 OP sedmi okvirni program Evropske Unije

LITERATURA

1. Johannesen E, Ovell L, Eikum AS (2007). Optimal organisering og funksjonskontroll av renseanlegg i spredt bebyggelsen. P:\1219\121993\Rapporter\Rapport_Morsa_erjo000025 COWI AS Fredrikstad, Norway.
2. Yri A, Hensel GR, Aasen R, Mæhlum T (2007). Undersøkelse av mindre avløpsanlegg i normal drift. Bioforsk Rapport Vol. 2 Nr. 146 2007.
3. Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD (2002). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4 ed. New York: McGraw-Hill Professional.
4. Walter A (2009). Situationsanalyse von SAC-Hütten im Bezug auf das Abwassersystem. Term Paper. Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Life Science and Facility Management.

